

平成 2 5 年度政府開発援助海外経済協力事業
(本邦技術活用等途上国支援推進事業)委託費
「案件化調査」

ファイナル・レポート

インド国

上水道漏水検知サービスの案件化調査

平成 26 年 3 月

(2014 年)

水道テクニカルサービス株式会社
エム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、水道テクニカルサービス株式会社およびエム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社が実施した平成２５年度政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

目 次

巻頭写真

略語表

要旨

はじめに

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認	1
1-1 対象国の政治・経済の概況	1
1-1-1 人口構成・民族・言語	1
1-1-2 国土・気候	1
1-1-3 政治状況	1
1-1-4 経済状況	2
1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状	4
1-2-2 対象都市で課題となる上水整備・運用管理と課題	10
1-3 対象国の関連計画、政策（外資政策含む）および法制度	17
1-3-1 インドにおける関連計画	17
1-3-2 インドにおける水資源政策	17
1-3-3 インドにおける水資源に係る法制度	18
1-3-4 カルナタカ州における水資源計画並びに法制度	18
1-4 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析	20
1-4-1 対インドの日本のODA政策	20
1-4-2 対インド円借款事業	20
1-4-3 海外ドナーの動向	27
第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し	28
2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み	28
2-1-1 業界分析（漏水検知事業）	28
2-1-2 提案企業の業界における位置づけ・国内外の同業他社比較	28
2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ	31
2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献	32
2-4 想定する事業の仕組み	33
2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール	35
2-6 リスクへの対応	36
第3章 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性の検証（実証・パイロット調査等）	38
3-1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性の検証（実証・パイロット調査等）	38
3-1-1 調査対象範囲	38
3-1-2 調査対象工法・技術	40
3-2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果	45

3-2-1	漏水調査結果	45
3-2-2	工法毎の検証結果	47
3-2-3	検証結果を踏まえた調査機器の改良課題	52
3-2-4	バンガロール市において最適な漏水管理システムの検討	53
3-3	採算性の検討	56
第4章	ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果	57
4-1	提案製品・技術と開発課題の整合性	57
4-2	ODA案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果	58
4-3	ODA案件の実施による提案企業の事業展開に係る効果	59
第5章	ODA案件化の具体的提案検討	64
5-1	ODA案件概要	64
5-1-1	民間提案型普及・実証事業	64
5-1-2	円借款付帯技術支援プロジェクト	64
5-1-3	有償資金協力	65
5-1-4	中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力	66
5-1-5	検討結果	66
5-2	具体的な協力内容及び開発効果	68
5-3	他ODA案件との連携可能性	72
5-4	その他関連情報	72
5-4-1	カウンターパートとの協議状況	72

添付資料

英文要約

巻頭写真



給水ラインマンによる給水バルブの開閉



サンプル（個人宅受水槽）



各家庭に設置されている水道メーター



音聴式による漏水検知（１）



音聴式による漏水検知（２）



相関式による漏水検知（１）



相関式による漏水検知（２）



L-sign を用いた漏水箇所のモニタリング



調査により特定した漏水箇所（１）



調査により特定した漏水箇所（２）



BWSSB に対する調査結果の報告



BWSSB 訪問時の記念撮影

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
BWSSB	Bangalore Water Supply and Sewage Board	バンガロール上下水道公社
DfID	Department for International Development	英国国際開発省
DMAs	District Metered Areas	測定対象区域
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的内部収益率
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的内部収益率
GAP	Ganga Action Plan	ガンジス川浄化計画
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JNNURM	Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission	ジャワハルラール・ネルー国家都市再生ミッション
L&T	Larsen & Toubro Limited	L&T 社
MLD	Millions of Liters Day	日間 100 万 L
M/M	Minutes of Meeting	会議議事録
NRCD	National River Conservation Directorate	インド国家河川保全局
NRW	Non Revenue Water	無収水
PHED	Public Health Engineering Department, Government of Rajasthan	ラジャスタン州公衆衛生局
PWD	Public Works Department	ゴア州公共事業局
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	上下水道制御システム
STS	Suido Technical Service Co. Ltd	水道テクニカルサービス株式会社
UFW	Unaccounted For Water	不明水
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁
YAP	Yamuna Action Plan	ヤムナ川浄化計画

要旨

本調査は、水道テクニカルサービス株式会社（以下、当該企業）が保有する漏水検知技術の移転・普及により、インド共和国（以下、インド）における開発課題の解決に寄与することを目的に実施した。具体的には、インドにおける水道サービスの質の向上というニーズに応えるための ODA 案件を具体化するため、インドにおける漏水検知業務の実情、インドにおける当該企業技術の有効性、優位性等に関する情報を収集し、ODA 案件化に向けた提案内容の具体化及び ODA 事業後の民間ベースでのビジネスモデルの構築について検討した。

第 1 章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

インドの人口は 12 億 1,019 万人（2011 年）に達しており、特に都市における人口増加は今なお続いている。インドの経済状況は、2006 年度から 2010 年度の平均 GDP 成長率は 8.5%であり、2008 年の世界的経済・金融危機以降も比較的高い経済成長を維持してきた。2012 年度の GDP 成長率は、欧州債務危機による需要の減退やインフレ抑制のための高金利政策、ルピー安による輸入コストの増大といった要因が重なり、企業の設備投資や消費行動が衰え、実質 GDP 成長率は 5.0%に低下した。

インド国政府は国内水供給に関し 5 カ年計画を策定しており、現在は第 12 次 5 カ年計画（2012 年 4 月～2017 年 3 月）の計画期間である。第 12 次 5 カ年計画では、2017 年度までに都市部全人口への上水供給、24 時間連続給水等が目標として含まれている。しかしながら、2011 年時点において、急速な都市化に伴う需給ギャップ拡大に伴い、都市部では水道へアクセスできない人口が 7,500 万人程度存在しており（都市人口は 3 億 7,710 万人）、また、水道サービスを受けられる地区においても十分な水質・水量・給水時間が確保されていない。

本調査の検討対象都市であるバンガロールはカルナタカ州の州都であり、インド第 3 の人口を有する大都市である。急速な産業発展に伴い、バンガロールにおける人口は、2012 年には 850 万人に達しており、今なお人口流入が続いている。バンガロールにおける上下水道の整備および維持管理は上下水道公社（Bangalore Water Supply and Sewage Board）（以下、BWSSB）が行っており、同社は 2011 年時点でバンガロール市内および郊外の約 900 万人に対して水供給を行っている。BWSSB による一日あたりの給水量は 950MLD（Millions of Liters Day）であり、給水人口の需要水量 1,800MLD（200 L/人日）に比べ 850 MLD が不足している状況にある。

この様な状況のもと、バンガロール市内を始め、デリー、ジャイプール、ゴアなどインド国内数箇所において漏水対策事業が行われている。各都市における漏水率はその対策事業によりある程度削減されているものの、漏水対策技術の成熟度はいまだに高いとは言えない。このため、国内全体において漏水検知技術の向上や新たな漏水検知技術の導入に対し強いニーズがある。

日本国内で用いられている漏水検知手法にはいくつかの方式がある。中でも、音聴式は最も一般的な漏水検知方法であり、インド国内においても適用可能性が高いと予想されるものの、一部の交通量の多い道路に埋設された水道管の漏水検知にあたっては、激しい道路交通による騒音や振動により適用できない可能性がある。

インド都市開発省（Ministry of Urban Development）は、音聴式について、1990 年以降に世界銀行の支援で音聴式による漏水調査を実施したものの、音聴式は非効率であるとの結論であり、他の漏水検知手法を望んでいる。相関式は、漏水の可能性のある箇所を挟む形でバルブにセンサを

設置し、漏水箇所から送配水管を伝播する漏水音を検知して箇所を特定する手法である。この手法は、人員面での効率化が図れること、検査員のトレーニング期間が短いこと等の点で、音聴式に比べ優れている。ただし、インドでの適用については管路素材、バルブ間長等によりパラメータ設定をチューニングするといった、現地実証が必要である。これらの他には、トレーサ式と呼ばれる、管路内にガスを圧送し、ガスの漏出を検知する手法がある。トレーサ式は断水していても検査できる手法であり、インドの不連続給水という実態に適合できる調査方法であると考えられる。実際にインド国内においては、マハラシュトラ州の Pimpri-Chinchwad において、フランス企業の Suez 社と州の公営企業 (Pimpri-Chinchwad Municipal Corporation (PCMC)) が MOU を締結し、フランスの二国間基金を利用した事業を行っている。しかしながら、インド都市開発省 (Ministry of Urban Development) はトレーサ式よりも経済的な漏水探知技術を求めている。

バンガロールにおいては、BWSSB が JICA の円借款事業による資金を活用して漏水対策に係るパイロットプロジェクトを立ち上げている。従来、バンガロールでは地下漏水の調査が行われておらず、地表面で観察できる漏水のみが補修されているに過ぎないものの、漏水検査員 5 名体制によるパトロールでひと月に約 130 箇所もの漏水を確認している。これに加え、地下では相当の漏水地点があることが想定されるため、地表・地下における早急な漏水対策がバンガロールにおいて求められている。

これを受け、現在、Distribution improvement and UFW (Unaccounted For Water) reduction project がバンガロール市内 6 division のうち 3 division において、実施されている。このうちの 1 地区では、インド国内企業である L&T 社が社員 3~4 名の体制で漏水探知機と相關式検知器を用いた漏水調査工法を試験的に実施している。しかしながら、水圧が低いことから良好な結果が得られていないことが、L&T 社に対するヒアリングで明らかとなった。また、漏水調査のタイミングに合わせて給水するよう BWSSB に求めているものの、調査対象地域が広く調査に適した水圧が確保出来ていないとの回答も得ることができた。

本調査では、先進諸国で実施されている音聴式、トレーサ式といった調査手法をそのままインドにおいて適用することに課題が生じていることが明らかとなった。課題の解決に向け、既存の技術を現地の状況、特に低水圧条件に合わせてチューニングした漏水検知技術とそれを可能にする技術的知見が求められている。

第 2 章 提案企業の製品・技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

水道テクニカルサービスは、相關式やトレーサ式のほかに、センサ (L-sign) を面的に配置して漏水可能性のある箇所を絞り込む常時漏水モニタリングセンサ及びセンサを活用した技術も保有している。L-sign は、計測器本体に搭載された高感度受振センサを管路の適正位置に常時固定設置することにより、漏水を検知する製品である。

当該企業がインドに対し技術輸出を提案するに至った背景は、昨年度ニーズ調査によって当該企業のノウハウの適用可能性が示唆されたことである。これにより、当該企業は、将来的な事業拡大を展望し有望市場である海外への進出を検討するために、案件化調査を実施するに至った。当該企業の営業エリアは神奈川県であり、オフィスを置く横浜市では、市の主催する「横浜水ビジネス協議会」に参加している。このため、当該企業のインド市場への進出は、水道管網の維持管理と補修を担う協議会参加企業と連携した技術輸出・人材育成・技術開発といった波及効果が見込まれる。

当該企業のインド市場への進出について、BWSSB、その他関連企業を対象とした調査を実施し

た。その結果、来年度以降、以下の3つの事業モデルが有望であった。

- ① 新興国地元デベロッパーが実施する不明水対策プロジェクトへの漏水検知サービスの提供
- ② 水道事業体（BWSSB）に対する管路管理サービスの提供
- ③ 漏水検知サービスの提供（他の地域・新興国向け）

第3章 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性の検証（実証・パイロット調査等）

日本国内での漏水特性に合わせ開発・調整された機器は、バンガロール市にて使用するために改良が必要となる。改良点及び最適な検知手法の組み合わせを見出すことを目的に、実証試験を実施した。

実証試験はバンガロール市の東に位置する「E1 Subdivision」地区の一部の、管路延長 8000m、給水戸数 400 件を対象に実施した。実証試験により適用を調査する検知手法は L-Sign、音聴式、相関式とし、トレーサ式については現場調査で実現可能性を調査した。実証試験の結果、実際に 8 件の漏水（2 件の地下漏水を含む）箇所を特定した。8 つの漏水箇所からの漏水量の合計は、110 L 毎分（約 4.67 円/M¹、6,724.8 円/D、2,454,552 円/Y）と推計された。

実証試験における各検知手法の適用可能性は次の通りである。音聴式：音聴棒による手法は、低水圧でもメーターを介して漏水音を検知することが可能であった。都市騒音が発生している幹線道路沿いでは、この手法の適用可能性が低いと予想していたものの、熟練技術者は漏水音を検知できた。漏水探知器による手法は、低水圧でも配水管分岐部において漏水音を検知することが可能であった。

L-sign：配水管及び給水管どちらにおいても漏水音の検知が可能であった。一方で、各戸に設置された sump tank への注水音をも検知した。このため、sump tank 注水を考慮したタイマー設定や、機器プログラミング改良の必要が示された。また、車両騒音が常時発生している箇所では騒音の影響を受けたものの、住宅街では影響を受けなかった。都市騒音による誤検知を防ぐために、設置場所により L-sign の感度を調整する必要性が示された。

相関式：通水開始後の管内に多量に空気が残っている場合、音波の波形に乱れが生じるため漏水位置の特定は困難であった。通水開始から 1～2 時間経過後の、管内の空気が少量の場合は、波形が安定し漏水位置特定が可能になった。従って、給水開始後の調査実施時間帯によっては、当該手法は適用可能であった。

トレーサ式：この手法は、ガスの注入口と管路を一定の区間に仕切るための仕切弁を必要とする。しかしながらインドでは 300m を超える長い間隔でしか仕切弁が存在していない路線も多く、これらをガスで満たすことは多大なコストを要する。従って、現状施設に適用するには新たな仕切弁の設置が必要であり、直近での適用は難しい。

第4章 ODA 案件化を通じた当該国における開発効果及び当該企業の事業展開に係る効果

インドでは都市部の急速な成長に伴い水道インフラの整備が急ピッチで行われている。インフ

¹ 給水原価 1m³ 当り INR25/m³=1L 当り INR0.025、110L/M 当り =0.025×110=2.75 円換算、2.75×1.7=4.675 円≒4.67 円

ラ整備のみならず水源開発も大きな課題であり、課題の要因は絶対的な水不足および未熟な処理技術である。

当該企業の保有する製品・技術供与の ODA 案件化は、早期の漏水防止を実現し、水資源の確保と言う課題に直面するバンガロール市の水道サービスの向上に貢献できるという点で、直接的な効果がある。実施したパイロットテストの結果に基づく（3章参照）、地下漏水の検知・補修の実施はバンガロール市の管路 1km 当たり約 $0.5\text{m}^3/\text{hr}$ (=漏水量 $0.852\text{m}^3/\text{hr}$ × 漏水検知による漏水防止率 60.4%) の漏水防止効果を期待する。今後の ODA 案件の実施により、バンガロール市（BWSSB の給水地域）全域において漏水率改善の施策が取られた場合、以下の水資源確保及び経済効果が予測され、給水時間帯及び給水人口の拡大への対応が可能となる。

- ・バンガロール市全域（BWSSB の給水地域）の漏水防止効果予測 $48,611,430\text{m}^3/\text{year}$
- ・年間経済効果予測 $48,611,430\text{m}^3/\text{year} \times \text{Rs}25 = \text{Rs}1,215,285,750 = \text{US \$ } 24,305,715$
(1 US \$ = 100 円換算 = 2,430,571,500 円)

第5章 ODA 案件化の具体的提案検討

バンガロール上下水道局への漏水検知技術の移転・導入、常時漏水モニタリングの機材導入について、ODA スキームによる案件化を提案した。ODA スキームは、民間提案型普及・実証事業、円借款付帯技術支援プロジェクト、既存の有償資金協力の新規パッケージ、中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力の4つを候補とした。4つの ODA スキームによる案件化の検討結果及び提案した具体的なスケジュールを図表にて示した。

表 ODA 案件の検討結果

ODA スキーム	概要	検討結果
民間提案型普及・実証事業	民間提案型普及・実証事業において、水道テクニカルサービスが BWSSB と M/M を締結し、L-Sign を核とした漏水検知システムの普及・実証事業を実施。技術の改良・開発及び BWSSB 職員の研修を行う。	◎ 次年度進めるべき事業
円借款付帯技術支援プロジェクト	現在 BWSSB が実施中の円借款案件に関して付帯する技術協力を供与	○ 2～3年後に進めるべき事業
有償資金協力	BWSSB が実施する既存の円借款事業の新たなパッケージを受注	△ 長期的には検討の余地があるがパッケージ組成に時間が必要
中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力	BWSSB の調達する機材として L-Sign を登録	× 現時点では実現可能性が低い

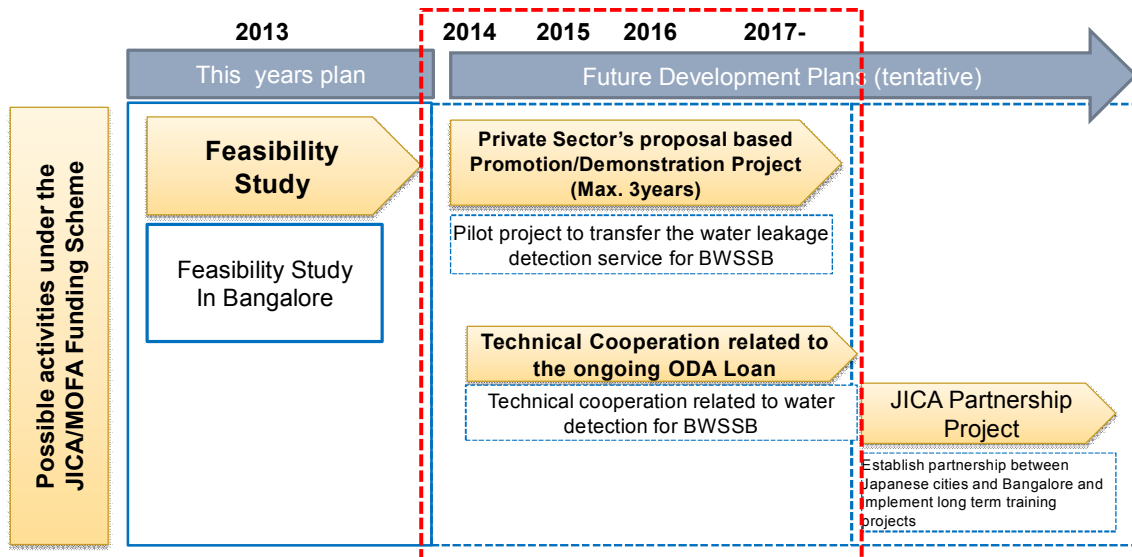


図. 次年度以降の ODA 案件化スケジュール案

インド 漏水検査技術・製品案件化調査

インド国 上水道漏水検知サービスの案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：水道テクニカルサービス株式会社
- 提案企業所在地：神奈川県横浜市
- サイト・C/P機関：インド国バンガロール市・Bangalore Water Supply and Sewerage Board (BWSSB)

インド国の開発課題

- インドにおける水道施設の運用管理課題
 - 老朽化した水道管における漏水対策
 - 人口増加に対応する水源・水質の確保
 - 24時間給水などサービスレベルの向上
- バンガロールにおける運用課題
 - 老朽化による管路の破損、未熟な敷設施工技術による継手接続部ゆがみに起因する漏水
 - 未熟な漏水検知手法

中小企業の技術・製品

- 漏水検知技術と常設型自動配(給)水管監視装置(L-Sign)
 - 相関式：漏水音を機械検知する
 - トレーサー式：管路内にガスを圧送して漏出を検知する
 - L-Signを活用した常時漏水モニタリング：L-Signセンサー(高感度受振センサ)を用いて漏水箇所を絞り込む

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

- 【想定されるODAスキーム】民間提案型普及・実証事業、円借款付帯技術支援プロジェクト、有償技術協力
- 漏水検知による漏水防止の早期実現、水資源確保によるバンガロール市の水道サービスの向上
- 無収水の削減による収入の増大、給水時間の拡大や給水人口の拡大による水道事業の健全化

日本の中小企業のビジネス展開

- インド国における漏水検知システム導入・普及事業
- 現地仕様にチューニングした漏水監視システムL-Signを核とした漏水モニタリング・検知システムの提供
- L-Signを核とした漏水モニタリングシステムのインド国内での普及



はじめに（調査概要）

◇ 本調査の背景

調査対象国であるインド国では、都市部の急速な成長に伴い水道インフラの整備が急ピッチで行われている。一方で、インフラ整備のみならず水源開発も大きな課題であり、絶対的な水不足や発展途上の水処理・上水供給技術に起因し、日本のような高品質な上水供給が行われていない。具体的には、水質に問題のある上水供給、時間制約のある不連続な給水等の問題が生じている。このように、インド国における持続可能な水道事業の運営に向けては、多くの課題が生じているのが実情である。

特に、老朽化した既存水道インフラ（管路）からの漏水はインド国南部地域において貴重な水資源の浪費につながっており、喫緊且つ継続的な対応が必要な課題となっている（漏水を含めた無収水率は、バンガロール市で 60%程度にも達すると言われている）。現在、バンガロール市では、安価な調査人員を多く投入し目視で漏水検知を行っているが、調査できる範囲に限界がある。また、バンガロール市では路上交通による騒音・振動が激しいため、我が国では一般的な音聴式による検査では検知が困難であり、また、24 時間給水ではないという事情から常時検査は不可能である。

このような問題を解決するためには、上水供給を所管する上下水道局に対し目視や音聴式に依らない漏水検知技術を移転・普及させることを目的として、人材育成と漏水検知機材の供給が必要である。

なお、「平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費によるニーズ調査－排水・汚水処理システム改善のための水の浄化・水処理関連製品・技術等の活用」（株式会社三菱総合研究所受託）（以下、「昨年度ニーズ調査」と言う。）において、本邦中小企業が保有する浄水・排水処理技術シーズの適用を念頭に置いたニーズの調査が実施され、横浜水ビジネス協議会との連携、インド南部地域（バンガロール市）において漏水検知に関する強いニーズが同市関係者からあることが確認された。加えて、ODA を端緒としたビジネス展開の可能性についても有望な形態が提案されている。

◇ 本調査の目的

本調査は、上記を背景にして、漏水検知に関する水道テクニカルサービス株式会社（以下、「当該企業」と言う。）の技術を活用しながら、インドの水道サービスの向上というニーズに応えるための ODA 案件の具体化を目的とするものである。

◇ 調査概要

● 団員リスト

氏名	担当業務	所属	専門分野
大島 健司	総括	水道テクニカルサービス株式会社	水道施設管理（漏水調査）、事業総括
金原 伸光	実証実施（工法の検証）	水道テクニカルサービス株式会社	水道施設管理（漏水調査）、工法検討
三間 優	実証実施（水道施設の分析）	水道テクニカルサービス株式会社	水道施設管理（漏水調査）、水道施設分析
阿部 弘嗣	実証実施（計画・結果分析）	水道テクニカルサービス株式会社	水道施設管理（漏水調査）、計画・結果分析
小林 信之	水道事業の実態把握	エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社	環境ビジネス、環境政策、水道事業全般
長谷川 健	市場調査実施（文献調査）	エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社	環境ビジネス、環境政策、市場調査
山村 桃子	ビジネスモデル検討	エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社	環境ビジネス、環境政策、ビジネスモデル検討
三堀 純	実証実施支援	エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社	環境ビジネス、環境政策、実証実施支援
柴 英隆	ODA 案件化検討	補強（株式会社三菱総合研究所）	環境ビジネス、環境政策、ODA 案件化検討
遠藤 峻	市場調査実施（現地調査）	補強（株式会社三菱総合研究所）	環境ビジネス、環境政策、市場調査

● 現地調査スケジュール

第1回現地調査：2013年10月20日（日）～2013年10月26日（土）

日付			行程
1	10月20日	日	
			成田空港発→デリー空港着
			都市開発省 榑原 JICAExpert 面会
2	10月21日	月	
			都市開発省訪問 (Ministry of Urban Development)
			JICA インド事務所訪問
			デリー空港発→バンガロール空港着
3	10月22日	火	
			バンガロール上下水道局訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board)
4	10月23日	水	
			バンガロール上下水道局 EAST 事務所訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board EAST1 Div.)
			実証実施サイト視察
5	10月24日	木	
			実証実施サイト視察
6	10月25日	金	
			バンガロール上下水道局訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board)
7	10月26日	土	
			成田空港着

第2回現地調査：2013年11月24日（日）～2013年12月7日（土）

日付			行程
1	11月24日	日	
			成田空港発→バンガロール空港着
2	11月25日	月	
			バンガロール上下水道局訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board)
			漏水調査パイロットテスト準備
3	11月26日	火	
			漏水調査パイロットテスト準備/漏水調査パイロットテスト
4	11月27日	水	
			漏水調査パイロットテスト
5	11月28日	木	
			漏水調査パイロットテスト
6	11月29日	金	
			漏水調査パイロットテスト
			バンガロール空港→成田空港（団員：遠藤）
7	11月30日	土	
			成田空港発→バンガロール空港着（団員：柴、三堀）
8	12月1日	日	
			（予備日）
9	12月2日	月	
			漏水調査パイロットテスト
			バンガロール上下水道局 EAST 事務所中間報告 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board EAST1 Div.)
10	12月3日	火	
			漏水調査パイロットテスト
11	12月4日	水	
			漏水調査パイロットテスト
			L&T 社訪問 (Larsen & Toubro Limited)
12	12月5日	木	
			バンガロール上下水道局訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board)
			TATA コンサルティング面会 (TATA Consulting Engineers Ltd.)
13	12月6日	金	
			バンガロール空港発
14	12月7日	土	
			成田空港着

第3回現地調査：2014年1月5日（日）～2014年1月11日（土）

日付			行程
1	1月5日	日	
			成田空港発
2	1月6日	月	
			バンガロール空港着
3	1月7日	火	
			バンガロール上下水道局訪問 (Bangalore Water Supply and Sewerage Board)
4	1月8日	水	
			JCSS 久保木氏面会
5	1月9日	木	
			バンガロール空港発→デリー空港着
6	1月10日	金	
			JICA インド事務所訪問
			都市開発省訪問 (Ministry of Urban Development)
			デリー空港発
7	1月11日	土	
			羽田空港着

第 1 章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1-1 対象国の政治・経済の概況

1-1-1 人口構成・民族・言語

インドの人口は 12 億 1,019 万人（2011 年）であり、首都デリーの人口は 1,675 万人（2011 年人口センサス）である²。民族としては、インド・アーリア族、ドラビダ族、モンゴロイド族等が生活をしている。連邦公用語はヒンディー語であるが、他に憲法で公認されている州の言語が 21 存在する。また、宗教としては、ヒンドゥー教徒 80.5%、イスラム教徒 13.4%、キリスト教徒 2.3%、シーク教徒 1.9%、仏教徒 0.8%、ジャイナ教徒 0.4%である（2001 年国勢調査）³。

1-1-2 国土・気候

インドは南アジアのインド半島上に位置し、東はベンガル湾、西はアラビア海、南はインド洋に面しており、国土面積は 328.7 万 km²である（パキスタン、中国との係争地を含む）。北はアフガニスタン、パキスタン、中国、ブータン、ネパールと、東はミャンマー、バングラデシュと国境を接している。またインド半島と海峡を隔ててスリランカが存在している。国土は山岳地帯、インダス・ガンジス平野、砂漠地帯、南半島部の 4 つの区分に分けられる。

インドの気候は乾季(11 月～2 月)・暑季(3 月～6 月)・雨季(6 月下旬～10 月)に分けられる。乾季が最も過ごしやすいとされ、暑季は日中最高気温が 40℃を超える日が続く。雨季は、モンスーンの影響で雨が多く、蒸し暑い季節とされている。しかし、インドの気候は地域によってかなり異なり、例えば、デリーやジャイプール等、北インド内陸部の暑季は、連日 40 度以上で、しかも空気がたいへん乾燥しているが、海に面した南インドのチェンナイでは、気温がデリーやジャイプールと同程度でも湿度が高く、同じ暑さでも印象がかなり異なる⁴。

1-1-3 政治状況

(1) 政治体制

インドは連邦共和制であり、2014 年 2 月時点での元首はプラナブ・ムカルジー（Pranab Kumar Mukherjee）大統領(2012 年 7 月 25 日～任期 5 年)である。議会は二院制（上院・州会議(ラジャ・サバー) 定数 245 名、任期 6 年。下院・人民会議(ロク・サバー) 定数 545 名、任期 5 年)である⁵。

2004 年の第 14 回下院議員総選挙の結果、 kongress 党を中心とする連立政権として、統一進歩同盟（UPA）政権（マンモハン・シン（Dr. Manmohan Singh）首相）が発足。2009 年 4 月から 5 月に行われた第 15 回下院議員総選挙では、与党 kongress 党が大勝を収め UPA が過半数を確保し、第 2 次 UPA 政権が発足した。現在の外相はサルマン・クルシード（Mr. Salman Khurshid）外相であり、2012 年 10 月から就任している。

第 2 次シン政権は、「包摂的成長」を掲げ、農村、貧困、弱者対策、教育等の優先課題に取り組むとともに、インフラ整備等の経済開発を推進している。一方で、物価高騰や汚職等の問題で守勢に立たされることも多い。汚職の問題では、2011 年 8 月にオンブズマン制度の導入を訴える社会活動家アンナ・ハザレ氏がハンガーストライキを行ったことをマスコミが連日報じたことに

² JETRO ウェブサイト「インド基礎データ」 http://www.jetro.go.jp/world/asia/in/basic_01/

³ 外務省ウェブサイト「インド」 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/india/data.html>

⁴ 独立行政法人日本学生支援機構ウェブサイト www.jasso.go.jp/study_a/documents/india1.pdf

⁵ JETRO レポート <http://www.jetro.go.jp/world/gtir/2013/pdf/2013-in.pdf>

より、若い世代を中心に全国的な支持が集まった。インド政府は 2011 年の冬期国会にオンブズマン制度導入法案を議会に提出したが、2012 年 3 月時点では法案の成立には至っていない。

（２）外交

伝統的に非同盟、多極主義を志向しているが、近年、米国との関係を積極的に強化している。また、ロシアとの伝統的な友好関係を維持しており、中国との経済関係も急速に発展している。さらに、パキスタンとの関係改善を促進しており、東アジアとの関係を重視する「ルック・イースト」政策を推進している⁶。

（３）日本との関係

日インド両国は 1952 年に国交を樹立した。2000 年 8 月の森総理訪印の際に「日印グローバル・パートナーシップ」構築に合意した。その後、2005 年 4 月の小泉総理訪印以降、毎年交互に首脳が相手国を訪問し、年次首脳会談を実施した。2011 年 12 月には野田総理がインドを訪問し、「国交樹立 60 周年を迎える 日インド戦略的グローバル・パートナーシップの強化に向けたビジョン」と題する共同声明を発出した⁶。

１－１－４ 経済状況

インドは独立以来、国内の産業育成を目指した国家主導の経済運営を行ってきた。これにより一定の技術蓄積が図られた半面、市場競争の制限等により経済の停滞が続き、1991 年には深刻な外貨危機に陥った。これを契機としてインドは経済自由化に踏み切り、規制緩和・積極的な海外技術・投資の受入れを推進してきた結果、経済危機を克服するとともに、高い経済成長を達成した。最近では中国、日本に続きアジア第三位の GDP を誇っている。近年、BRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）という枠組みで語られるようになり、著しい経済発展から国際社会における存在感を強めている。

（１）基礎的経済指標

インドは 2006 年度から 2010 年度の GDP 成長率の平均が 8.5%と、2008 年の世界的経済・金融危機以降も比較的高い経済成長を維持してきた。しかしながら、欧州債務危機や物価高対策のための金融引き締め等の影響により、近年は減速傾向にあり、2011 年度の GDP 成長率は 6.2%に落ち込んだ。2012 年度の GDP 成長率は、欧州債務危機による需要の減退、インフレ抑制のための高金利政策、ルピー安による輸入コストの増大が重なり、企業の設備投資や消費行動が衰えたことにより、実質 GDP 成長率は 5.0%と、2003 年度以降の 10 年間で最低となった²。

インドの 28 州の一人当たり州内純生産（Net State Domestic Product :NSDP）を比較すると、デリー準州等都市部が中心の州は除外するとしても、最貧州ビハール州と比較的順調な経済成長をしてきたパンジャブ州、マハラシュトラ州等との間の格差は 4～5 倍にも達し、後述するように貧困等の社会開発にも格差が生じている。

（２）産業構造

2011 年度および 2012 年度におけるインドの産業別主要経済指標は表 1-1 に示すとおりであ

⁶ 外務省ウェブサイト「インド」 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/india/data.html>

る。2012 年度の GDP を業種別にみると、GDP の 6 割弱を占めるサービス産業部門の成長率が高く、なかでも金融保険・不動産等は前年度比 8.6%増と経済を牽引した。農林水産部門は、モンスーンの到来の遅れと降雨量の減少により、ハリヤナ州、ラジャスタン州、グジャラート州等でカリフ期（6～9 月の雨季）の作物の収穫高が落ち込んだことが主因となり、1.9%の微増にとどまった。鉱業・採掘は、0.6%減となり、前年度の 0.6%減に引き続きマイナス成長となった。これはインドの鉱山が集中するカルナタカ州における鉄鉱石の違法採掘事件を受け、2011 年 8 月以降、同州の主要鉱山に対して採掘禁止措置がとられたことにより、採掘量が大幅に減少していることが主因とみられる。製造業はインフレ抑制のための高金利政策やルピー安によるコスト増などを反映して 1.0%増にとどまり、前年度（2.7%増）から減速している。

表 1-1 インド主要経済指標

単位：％

	2011 年度	2012 年度	
	成長率	成長率	構成比
農林水産	3.6	1.9	13.7
鉱業・採掘	-0.6	-0.6	2.0
製造	2.7	1.0	15.1
電力・ガス・水道	6.5	4.2	1.9
建設業	5.6	4.3	7.8
貿易・ホテル・運送・通信	7.0	6.4	27.8
金融保険・不動産・ビジネスサービス	11.7	8.6	18.7
地域・社会・人的サービス	6.0	6.6	13.0
実質 GDP	6.2	5.0	100.0

〔出所〕 インド中央統計局

（３）カルナタカ州の経済概況

本案件化調査における対象都市であるバンガロールは、カルナタカ州の州都である。バンガロールは、海拔 920 メートルでデカン高原の南端に位置し、年間を通して比較的穏やかな気候である。ガーデンシティとも呼ばれ街路樹が市内に数多く植えられている。カルナタカ州の基本情報を表 1-2 に示す。

表 1-2 カルナタカ州の概要

州都	バンガロール市
面積	19.2万平方キロメートル
人口	6110万人（2011年）
識字率	75.6%（2011年）
州経済成長率	6.4%（2011年度）、8.2%（2010年度）、5.2%（2009年度）、3.7%（2008年度）、12.9%（2007年度）
一人当たり GDP	カルナタカ州 40,204INR（2010年度） バンガロール 84,380INR（2008年度）
州総生産	41,540億INR（2011-2012年）
主な産業	自動車および自動車部品、IT・ITeS、設計、電子機器、鋼鉄
連結インフラ	国道15路線（総距離3,973 km） 鉄道ネットワーク（3,089km） 2国際空港（バンガロール、マンガロール）、5国内空港 大港湾1、小港湾10
電力	12,146.14 MW（2012年3月）

出所）経済産業省資料⁷及びJETRO バンガロール事務所提供資料⁸をもとに、水道テクニカルサービス株式会社・エム・アール・アイリサーチアソシエーツ株式会社共同企業体（以下、共同企業体）作成

カルナタカ州はインド国内においては国防産業の街として発展を遂げ、今日では約 2,200 社の IT 企業が存在しており、「インドのシリコンバレー」の名の通りのハイテク産業拠点となっている⁷。州内には約 500 社の IT 関連の外国企業が進出しているほか、自動車および自動車部品など幅広い産業基盤を有する。産業セクターを支えるエンジニア人材育成機関も豊富であり、産業が育成される土壤が整っている。カルナタカ州に進出している日系企業は、2011 年 11 月現在で 231 社であり、そのほとんどがバンガロールに拠点を設けている⁸。国内企業では、トヨタ自動車株式会社が 1997 年に事業拠点を設立し、カルナタカの Bidadi にインド初の生産工場を整備した⁹。

2008 年度（会計年度）には 2 兆 4,303 億ルピーであった州総生産は、その後平均年率 14% の成長を遂げ、2010 年度には 3 兆 559 億ルピー、2012 年度には 4 兆 1543 億円に達している¹⁰。海外直接投資（Foreign Direct Investment, FDI）動向としては、IT/ITeS、インフラ、通信、自動車・自動車部品といった分野における増加が目立っている。

1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

（1）概要

インド国内においては、都市を中心に、安全な飲料水の確保が喫緊かつ将来にわたる重要な課題となっている¹¹。具体的には、都市部だけでも水道へアクセスできない人口が 7,500 万人程度存在しているほか、急速な都市化に伴う需給ギャップ拡大に伴い、十分な水質・水量・給水時間

⁷ 経済産業省 平成 24 年度内外一体の経済成長戦略構築にかかる国際経済調査事業 新興国における我が国企業の進出拠点の開発に関する調査・分析報告書

⁸ カルナタカ州概観

⁹ トヨタ株式会社ホームページ

¹⁰ Directorate of Economics and Statistics, Govt. of Karnataka, Indian Port Association, Central Electricity Authority (CEA)

¹¹ 外務省 対インド事業展開計画 <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/jigyoku/pdfs/india.pdf>

が確保できないといった課題がある。また、下水処理能力を超過した汚水が排出されることによる河川水の汚濁や、地下水の過剰揚水による地下水位の低下、ヒ素、フッ素汚染などの取り込み等も顕在化している。ここでは、インドにおける上水整備・運用管理の現状と課題を整理する。

（２）インドにおける上水整備・運用管理の現状

インドでは、安全な水へのアクセス率は、1990年に都市部90%、農村部で66%であったものが、2008年には都市部96%、農村部で84%へと改善しており、第11次5カ年計画（2007年4月～2012年3月）で掲げられている「インド全土での飲料水への持続的なアクセスの確立」という目標に向けて着実に改善が見られる¹²。加えて、第12次5カ年計画（2012年4月～2017年3月）では、2017年度までに都市部全人口への上水供給、24時間連続給水、均等給水の実現、水道事業体の独立採算経営（O&Mコストに対するコストリカバリーの実現）の達成が目標として盛り込まれている。

インド国内の都市における給水状況、ならびに漏水対策について次に記す。

インド国内の都市における給水状況

クラス1都市とよばれる人口10万人以上の都市における水供給状況を以下に示す。クラス1都市における平均給水量は179.0百万L/日(MLD)となっている。他方、これらの都市の一人あたりの1日当たり水供給量は79.9MLDから540MLDまで大きな幅がある。

表1-3 州ごとのクラス1都市（人口10万人以上）における水供給量

州名	クラス1 都市数	人口（2008）	水供給 (MLD)	水供給量 (L/人日)
Andaman&Nicobar アンドマン・ニコバル諸島	1	107,200	15	140
Andhra Pradesh アーンドラ・プラデーシュ	47	20,143,050	2,205	109
Assam アッサム	5	1,417,820	428	302
Bihar ビハール	23	5,783,554	1,262	218
Chandigarh チャンディガール	1	994,820	537	540
Chhattisgarh チャッティスガー	7	2,515,100	438	174
Delhi デリー	1	14,858,800	4,346	292
Goa ゴア	1	122,330	12	100
Gujarat グジャラート	28	14,678,240	2,101	143
Haryana ハルヤナ	20	5,494,110	783	143
Himachal Pradesh ヒマチャル・プラデーシュ	1	163,490	36	221

¹² JICA ジャイプール無収水対策プロジェクト プロジェクト基本情報

州名	クラス 1 都市数	人口 (2008)	水供給 (MLD)	水供給量 (L/人日)
Jammu&Kashmir ジャム&カシミール	2	1,910,060	267	140
Jharkhand ジャークハンド	14	4,964,171	1,038	209
Karnataka カルナタカ	33	15,102,373	2,238	148
Kerala ケララ	8	3,778,516	719	190
Madhya Pradesh マドヤー・プラデーシュ	25	10,795,000	1,561	145
Maharashtra マハラシュトラ	50	40,255,170	12,483	310
Manipur マニプール	1	249,870	43	174
Meghalaya メガラヤ	1	186,030	26	140
Misoran ミソラン	1	282,550	40	140
Nagaland ナガランド	1	171,810	24	140
Orissa オリッサ	12	3,335,930	826	248
Pondicherry ポンディチェリー	2	504,130	71	140
Punjab パンジャブ	19	6,329,860	1,837	290
Rajasthan ラジャスタン	24	9,611,490	1,728	180
Tamilnadu タミルナドゥ	42	16,852,940	1,347	80
Tripura トリプューラ	1	214,327	30	140
UttarPradesh ウッタール・プラデーシュ	61	25,762,280	4,383	170
Uttarakhand ウットラクハンド	6	1,249,380	221	177
West Bengal ウェストベンガル	60	19,818,471	3,728	188
TOTAL	498	1,430,830,804	44,769	179

出所) Status of Water Supply, Wastewater Generation and Treatment in Class-I Cities & Class-II Towns of India-2009

なお、人口 (2008) の合計値については原典のまま記載しているが、表中の州別人口合計値は、「227,652,872」となる。この場合、表中の人口合計値より水供給量合計値を算出すると「197」となる。

人口 5～10 万人のクラス 2 都市における水供給状況は、クラス 1 都市よりも水供給量が低い状況にある。中央汚染規制局がクラス 2 レベルの都市に実施したアンケート調査結果では、クラス 2 都市の 88%以上が組織的な上水供給サービスを享受できているものの、実質的には地下水へ過度に依存しているなど、クラス 1 都市に比べ脆弱な水供給状況にあることが想定される。

表 1-4 州ごとのクラス 2 都市（人口 5～10 万人）における水供給

州名	クラス 2 都市数	人口（2008）	水供給 （MLD）	水供給量 （L/人日）
Andaman&Nicobar アンダマン・ニコバル諸島	52	3,448,610	272	79
Assam アッサム	8	573,290	76	132
Bihar ビハール	14	1,113,800	134	121
Chhattisgarh チャッティスガー	7	566,080	51	90
Goa ゴア	2	172,850	17	100
Gujarat グジャラート	31	2,180,590	284	130
Haryana ハルヤナ	7	544,040	50	91
Jammu&Kashmir ジャム&カシミール	4	244,990	35	142
Jharkhand ジャークハンド	10	826,300	98	118
Karnataka カルナタカ	26	1,800,258	292	162
Kerala ケララ	26	1,686,660	164	97
Madhya Pradesh マドヤー・プラデーシュ	23	1,745,050	164	94
Maharashtra マハラシュトラ	34	2,503,080	267	107
Meghalaya メガラヤ	1	81,750	14	172
Nagaland ナガランド	1	126,520	18	140
Orissa オリッサ	12	904,510	98	108
Pondicherry ボンディチェリー	1	79,690	10	125
Punjab パンジャブ	14	1,109,670	197	177
Rajasthan ラジャスタン	21	1,599,260	185	116
Tamilnadu タミルナドゥ	42	3,254,950	231	71
Uttar Pradesh ウッターール・プラデーシュ	46	3,382,520	432	128
Uttarakhand ウットラクハンド	1	69,460	11	163
West Bengal ウェストベンガル	27	2,004,440	226	113
TOTAL	410	30,018,368	3,325	121

出所) Status of Water Supply, Wastewater Generation and Treatment in Class-I Cities & Class-II Towns of India-2009

なお、水供給量（L/人日）の値については原典のまま記載しているが、表中の人口合計値、水供給量合計値より算出すると「111」となる。

クラス 2 都市の一部では地下水による給水に依存しているように、一部の都市と農村部では、地下水が利用されている。また、インドの代表的都市の 1 日平均給水時間は 4.3 時間であり、24 時間連続給水を達成している大都市は存在しない¹³。

¹³ アジア開発銀行（ADB）レポート（2007 年）

無収水、漏水対策

かつて英国が統治していた古い時代の水道管や下水管渠が、その耐用年数を超えて現在でも使用されているものがある。漏水の原因として管路の破損が考えられ、水資源の有効利用や水道事業のサービスレベル向上の面でも、早急な対応が求められる。漏水対策においては、漏水場所の検知→補修工事→適切な水圧での供給→施設管理を繰り返し行う必要があるが、まずは検知することが最優先とされる。一般的な検知方法としては、音聴による漏水音を検知する方法があるものの、通水しているときでないと検査はできないため、時間給水制が取られているインドで実務的な漏水検知をするためには、機材の選定、チューニングに加え、給水されているブロックごとに検査を実施するなど、用意周到な計画が必要である。

インド国内においては、日本の資金援助だけでなく、他国の資金やインド自国資金を用いた漏水対策が実施されている。

表 1-5 インド国内で実施されている無収水対策事業

都市	実施主体	事業概要	資金調達方法
デリー	SPML (総合水資源開発企業)	2012 年 12 月より事業開始。デリー市内に 2 箇所のパイロットエリアを設置し、パイロットエリア内の NRW を 20%以下に削減することを目標としている。	Delhi Jal Board 100%出資
ティルヴァナンタプラム	Kerala Water Authority	2004 年より事業開始。ケララ州の州都、ティルヴァナンタプラムとコジコードにおいて、JICA による支援のもと、漏水検知の実証試験を実施。総延長 36km の管路において、複数の漏水探知手法の実証試験を実施。 ・ Smart ball ・ Mechanical listening stick ・ Electronic listening stick ・ Ground microphone (Omikron) ・ Leak noise correlator (ZetaCorr)	JICA ODA ケララ州上水道整備計画
ゴア	ゴア州公共事業局 (PWD)	2011 年 3 月～2014 年 2 月の 3 年間に行われる、技術移転を目的とした実証事業。ゴア市内のパイロットエリアにおいて戸別の流量計測、音聴式及び漏水探知機による漏水検査を実施。この他、PWD 内での組織的な技術力を強化を目的として、活動のマニュアル化やパイロット区域外での PWD 独自の無収水削減活動を推進。	JICA 円借款、有償技術支援付帯プロジェクト ゴア州無収水対策プロジェクト
ジャイプール	ラジャスタン州公衆衛生局 (Public Health Engineering Department, Government of Rajasthan)	無収水対策をより本格的に全市に展開するため、無収水対策を強化 (漏水探知、管補修、給水管接続、水道メーターの不備等による見かけの損失の削減等) し、給水時間の延長による水道サービスの向上や、料金収入の増加を図る。	JICA 円借款事業 ジャイプール上水道整備事業

都市	実施主体	事業概要	資金調達方法
	Rajasthan : PHED)	この他、PHED 職員の無収水削減対処能力の向上を目的として、以下のプロジェクト活動を実施。 (1) 無収水削減マネジメントチームの無収水対策計画策定能力の向上支援 (2) 無収水削減活動を実施するための技術と運営能力の向上支援	

(3) インドにおける上水整備・運用管理の課題

インド国内では前項に記した水供給、漏水対策を実施しているものの、人口増加や経済発展に伴う水需要の増加に施設整備が追いついておらず、水量、水質、及びサービスの面で依然として数多くの問題を抱えている。具体的な問題としては、①人口増加に対応する水源・水質の確保、②老朽化した水道管における漏水対策、③次なる課題としての 24 時間給水などのサービスレベルの向上、などが挙げられる。ここでは、供給能力の向上に向けた課題である①および②について詳述する。

水需要拡大への供給能力整備

インド国内において、100 万人を超える都市の数は 1951 年の 12 都市から 2011 年には 53 都市に急増している。現在、インドの人口の約 31%は都市部に居住しており、都市人口の約 42%は 100 万人都市に居住している。各都市において、水道に限らず基礎インフラ整備が急務の状況にある。特に、1 人当たりの年間利用水量が、国際基準に当たる 1,000m³以下の流域が国内に 5 地域（カーヴェリ、ペンネルー、サーバルマティ、クリシュナー河流域であり、インド南部に 3 流域、西部に 2 流域）存在しており¹⁴、これらの地域では早急な対策が求められている。当該地域では、下水処理能力を超過した汚水が排出されることによる河川水の汚濁や、地下水の過剰揚水による地下水位の低下や、ヒ素、フッ素汚染などの取り込みなどが顕在化しており、解決が急務である。

漏水対策¹⁵

インド国内に敷設された配水管で最も古いものは、英国植民地時代のものであり、敷設から 100 年以上が経過しているため、老朽化による管路の破損が漏水原因の一つとなっている。また、新設時および漏水修繕時の施工技術が未熟なことから、継手接続にゆがみが生じ漏水が発生している。さらには、通水、断水の繰り返しで常時加圧されていないため、継手部分の麻パッキンにゆがみが生じている。このような現状を受け、インド国内において無収水対策事業、漏水対策事業はいくつかの都市で行われており、ある程度の漏水率の削減に寄与しているものの、技術の成熟度については依然として多くの課題を抱えている。このため、国内全体において漏水検知技術の向上や新たな技術の取り入れに対し強いニーズがある¹⁵。

日本国内における漏水検知手法にはいくつかの方式があり、音聴式が一般的な漏水検知方法である。インド国内においても適用可能性が高いものの、一部の交通量の多い道路に埋設された水

¹⁴ インドの水問題、多田博一、2005、p.33

¹⁵ 「平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費によるニーズ調査－排水・汚水処理システム改善のための水の浄化・水処理関連製品・技術等の活用」株式会社三菱総合研究所受託（2013.3）

道管の漏水検知にあたっては、激しい道路交通による騒音や振動により適用できない場合が考えられる。実際、1990 年以降に世界銀行の支援で音聴式による漏水調査が実施されたものの、非効率であり、より効率的かつ経済的な手法が望まれている¹⁶。

音聴式以外の方法として、漏水の可能性のある箇所を挟む形でバルブにセンサーを設置し、漏水箇所から伝播する漏水音を検知し、箇所を特定する相関式という方法がある。人員面での効率化が図れること、検査員のトレーニング期間が短いこと等から音聴式に比べ効率化を図れる手法である。ただし、管路素材、バルブ間長等によりパラメータ設定が必要であり、インドでの適用について現地実証が必要と考えられる。

この他、管路内にガスを圧送してガスの漏出を検知する「トレーサ式」がある。「トレーサ式」は断水していても検査できる方法であり、インドの不連続給水という実態に適合できる調査方法と推測される。実際にインド国内においては、マハラシュトラ州の Pimpri-Chinchwad において、フランスの 2 国間基金を利用して、フランス企業の Suez 社が州の公営企業（Pimpri-Chinchwad Municipal Corporation (PCMC)）と MOU 契約を 6300 万ルピーで締結して事業を行っている¹⁷。

1-2-2 対象都市で課題となる上水整備・運用管理と課題

（1）概要

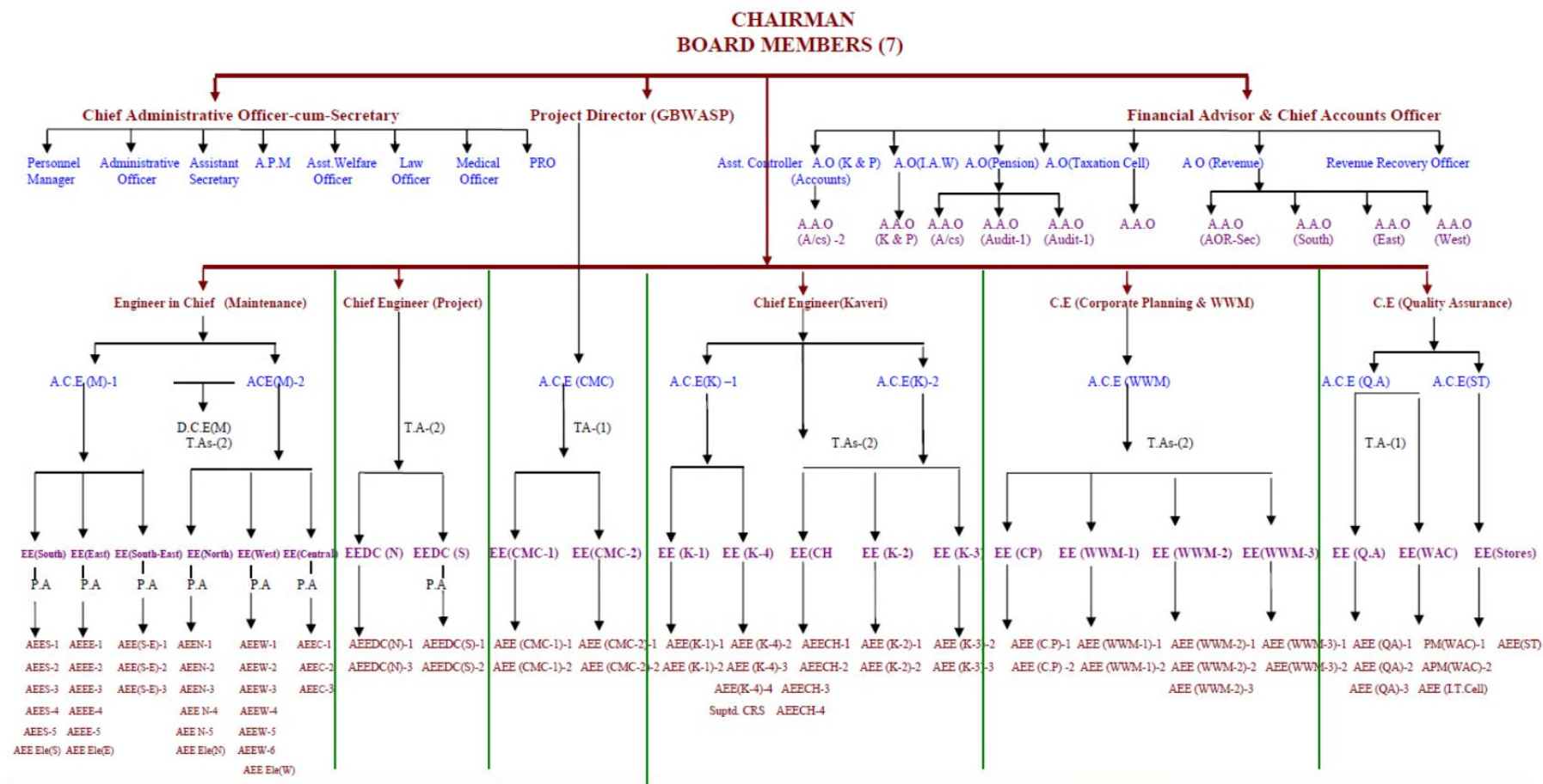
急速な産業発展に伴い、バンガロールにおける人口は、2012 年には 850 万人に達した¹⁸。2011 年には 730 万人であった同市では今なお人口流入が続いている。バンガロールにおける上下水道の整備および維持管理はバンガロール上下水道局 Bangalore Water Supply and Sewage Board（以下、BWSSB）が行っている。同社の組織図を図 1-1 に示す。

¹⁶ インド都市開発省に対するヒアリングによる結果

¹⁷ MiD Day（インド国内報道機関）の発表資料

¹⁸ インド統計局人口 統計資料(2011)

http://www.censusindia.gov.in/2011-prov-results/paper2/data_files/India2/Table_3_PR_UA_Cities_1Lakh_and_Above.pdf



出所) BWSSB ウェブサイト

図 1-1 BWSSB の組織図

同社のサービスエリアはバンガロール郊外も含まれるため、2011 年時点で約 900 万人に対して水供給を行っている。BWSSB による一日あたりの給水量は 950MLD であり、需要水量 1,800MLD (200L/人日) に比べ 850 MLD が不足している状況にある。従って、上水道施設の整備による安定した水供給の実現は緊急の課題となっている。BWSSB による上水整備・運用管理状況を表 1-6 に示す。

表 1-6 BWSSB による上水整備・運用管理状況

大項目	項目	状況
水道水供給システムと現状	エリア人口 ¹⁹	2013 年 : 10 million(estimated population) 【参考】 ・ 2001 : 6.2 million ・ 2005 : 6.9 million ・ 2011 : 9 million ・ 2015 : 11 million(推計) ・ 2020 : 12 million(推計) ・ 2025 : 15 million(推計)
	給水人口 ²⁰	2011 年 : 8.5 Million / 800 km ²
	供給量 ¹⁹	2013 年 : 1,470 MLD(Total Supply) 【参考】 ・ 2001 : 540 MLD ・ 2011 : 950 MLD ・ 2015 : 1,470 MLD (推計) ・ 2020 : 1,470 MLD (推計) ・ 2025 : 1,470 MLD (推計)
	供給内訳 ¹⁹	Domestic : 41% Non domestic : 4% Public fountains : 11% Industrial : 5%
	給水量	950MLD
	需要量 ¹⁹	・ 2001 : 870 MLD ・ 2011 : 1,800 MLD ・ 2015 : 2,200 MLD (推計) ・ 2020 : 2,400 MLD (推計) ・ 2025 : 3,000 MLD (推計)
	1 人 1 日あたり供給量 ¹⁹	About 128 Lpcd (liter per caputa day)
	コネクション数 (Number of the Connections (Consumers)) ²⁰	Total : 654,393(54,427 Sanitary Cnns.) Individual taps : 601,474 Public taps : 2,640
	配水管の長さ ²⁰	6,500 km
	給水時間 ²¹	4 hour/alternative Days
	1 日の最大供給量 ²⁰	946.08 ML (946,080 m ³)
	1 日の平均供給量 ²⁰	940.0 ML (940,000 m ³)
	配水管の新規敷設延長と年間敷設費用 ²⁰	500 km Rs. 100,000 Lakhs(US\$ 2 million)
	水圧 ²¹	ca.0.1MPa (1kg/cm ²)
水道料金	m ³ 当たりの平均料金 ²⁰	Rs.22(US \$ 0.44)
	料金回収率 ²⁰	99.20 %
	料金徴収方法 ²⁰	Monthly Billing

¹⁹ JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料)

²⁰ BWSSB 提供資料

²¹ BWSSB ヒアリング結果

大項目	項目	状況
	料金計算方法 ²⁰	Telescopic slab calculation
	原価 ²⁰	Rs.25 (US \$ 0.5)
	無収水率 (NRW) ¹⁹	About 50% of supply
	支払方法 ²²	Consumers can make their water bill payments through the payment gateways AXIS/ICICI/IDBI Bank using any credit or debit card which is Visa/ Master/ Maestro Card issued by any private or nationalized bank. ※KIOSK での支払いも可。

(2) バンガロールにおける上水道施設の整備・運用状況

デカン高原に位置する標高 900m のバンガロール市の水源は、都市の南西約 100km に位置するカーヴェリ川である、河川水面の標高は 600m 程度であるため、標高差約 300m を揚水してバンガロールへ送水している。なお、カーヴェリ川の河川水量は上流に設けられた Gorur Hemavathi 貯水湖や Krishnaraja Segara 貯水湖等により調整されている。なお、バンガロール市外にカーヴェリ川の水が送水されたのは 1974 年以降であった。以降、1982 年、1995 年、2002 年、2012 年と 5 次に渡って供給能力の増強が図られており、1974 年当初に 135MLD であった送水量は、2012 年には 500 MLD に増強された。

しかしながら、バンガロール都市圏での生活用水の給水時間は現在も 1 日おきの 4 時間のみにとどまっている。この要因の一つが給配水管からの漏水である。

バンガロール市中心部の水道管は、最も古いもので敷設から 70 年が経過しており、老朽化による管路の破損が漏水原因の一つとなっている。また、敷設施工技術が不十分であるため継手接続にゆがみが生じ、漏水が発生しているといった要因も存在している。漏水は貴重な水資源の喪失（ひいては水道サービスの低下につながる）や水道事業の財政悪化をもたらすとの認識から、BWSSB ではパイロットプロジェクトを立ち上げるなどして、漏水対策を実施している。しかしながら、現地では地下漏水の調査が行われておらず、市民からの通報（出水不良）やパトロールによる目視（表出水の巡回）での検知が行われ、地表面で確認できる漏水のみが補修されている状況である。漏水検査員 5 名で約 130 箇所/月の検知実績があるものの²³、さらなる漏水対策が急務であると言える。なお、現地調査では漏水補修は BWSSB が委託している地元の水道工事会社がやっていることが確認された。

BWSSB は同都市圏における給水対策として、表 1-7 に示す NRW (Non Revenwe Water、無収水) 対策事業を外部事業者に委託して実施している。

表 1-7 バンガロールにおける NRW 対策事業案件

地区	区域面積	受託者	契約期間・現状
D2b (South)	52km ²	L&T(Lean & Toubro Limited)	6 年間・1 年目が終了
D2a (West)	54km ²	L&T	7 年間・発注手続きが完了したところ
D1a (Central)	26km ²	Suez を筆頭とする JV	7 年間・発注手続きが完了したところ

²² BWSSB HP

²³ 「平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費によるニーズ調査－排水・汚水処理システム改善のための水の浄化・水処理関連製品・技術等の活用」株式会社三菱総合研究所受託（2013.3）

バンガロールにおける NRW 対策事業案件の実施期間内の内容を表 1-8 に示す。

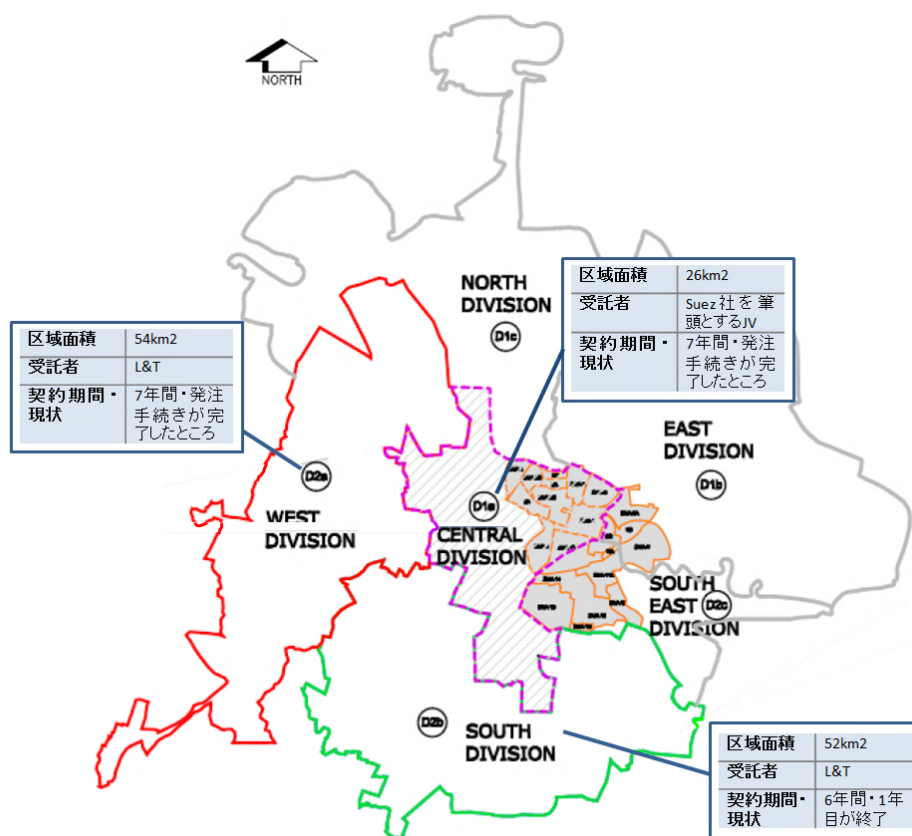
表 1-8 バンガロールにおける NRW 対策事業の実施期間内の内容

1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目※
① 事業実施期間			② 予備年	③ アセスメント期間		

※7 年目については D2a 地区、D2b 地区の案件のみ

JICA および JBIC による円借款プロジェクトとして、バンガロール上下水道整備事業が 2005 年から 2007 年まで行われた。同プロジェクトでは、バンガロール都市圏に対するカーヴェリ川からの供給水量を増強するため、上水道施設の整備（給水能力 50MLD の増強）を行った。この他、水道経営の包括的な改善に向けた取り組みとして、人材開発、30%を超える漏水率削減のための配水網の改修、自動料金支払機の普及、民間への業務委託を行うほか、バンガロール市民による水道業務への理解促進のための広報活動、及び節水等の重要性に関する消費者の啓発活動も行われた。

さらに、円借款プロジェクトと並行して漏水対策事業が BWSSB により行われており、2003 年から 2005 年にかけてパイロットプロジェクトが行われた。現在ではこのパイロットプロジェクト結果を受け、バンガロール上下水道整備事業のフェーズⅡの枠組みの中で BWSSB によるサービスエリア全 9 エリアのうち、3 エリアを対象とした漏水対策事業が実施されている。



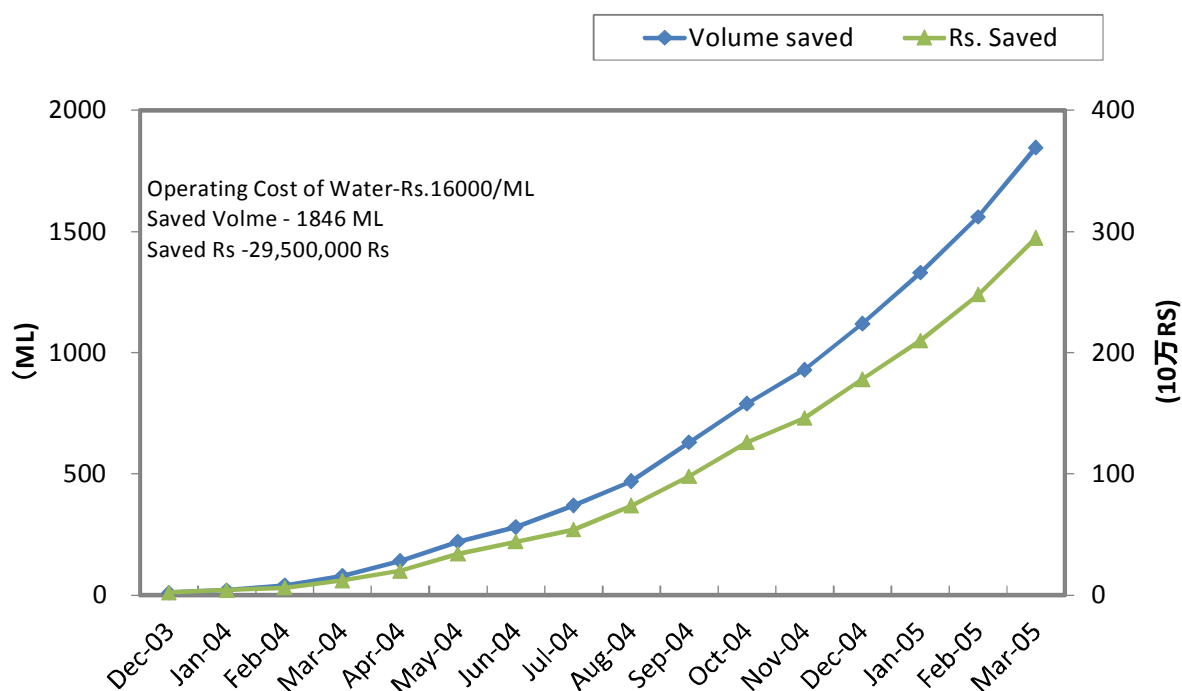
出所) JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料) および現地ヒアリングにより共同企業体作成

図 1-2 バンガロール市内で現在実施されている UFW 対策事業と対象エリア

漏水対策に係るパイロットプロジェクト —Unaccounted flow of water (UFW) & Water Distribution System Rehabilitation(WDSR) Project²⁴—

プロジェクトにおけるパイロットエリアは、16 km²であり、エリア内には 35,000 コネクションがあった。プロジェクトは 2003 年 5 月から 2005 年 3 月まで実施された。プロジェクトコストは約 4 億 8 千万ルピーであった。

パイロットテストの結果、漏水量や、水道施設の状況（管路位置、バルブの埋設、メーター故障、給水管腐食等）が明らかとなった。プロジェクトによって、UFW は 64%から 38%まで削減され、漏水率は 56%から 30%まで削減された。プロジェクト期間内で累計して 1,846 ML の漏水量が削減され、推計費用回収額は 2,950 万ルピーと推計された（16,000 INR/ML×1,846ML = 29,536,000 INR）。

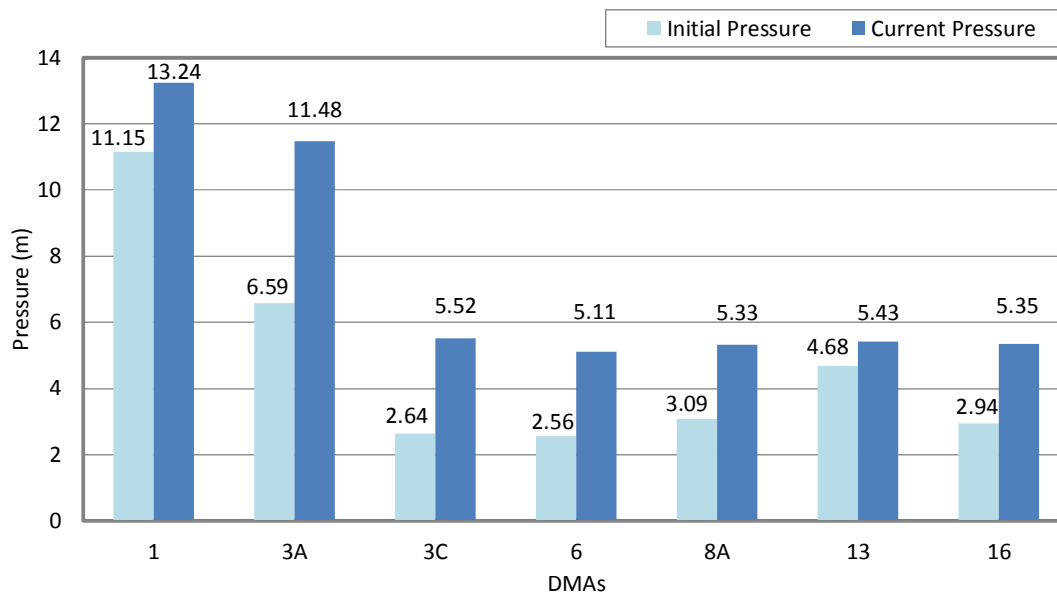


出所) JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料) より共同企業体作成

図 1-3 漏水削減量と費用回収額

また、パイロットエリアにおいて設置された DMAs においては、水圧の上昇が見られ、事業実施前に比べ最大で 4.89 m、70%の水圧増加が見られた。

²⁴ JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料)



出所) JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料) より共同企業体作成

図 1-4 DMAs における事業実施前後の水圧比較

漏水対策 —Distribution improvement and UFW reduction project²⁵—

このプロジェクトの目的は、central、west、east、north、south-east、south からなる 6 つの BWSSB の給水地区における配水管の改良と漏水率の低減である。現在、South、Central、West の 3 地区におけるプロジェクトが JICA 有償資金協力バンガロール上下水道整備事業フェーズ II の枠組の中で実施されている²⁶。

対象地区は 300km² (South 地区を除く)、対象戸数 60 万戸 (South 地区を含む)、プロジェクトコストの総額は 160 億ルピーである。現在実施されているプロジェクトにより、少なくとも 300 MLD の漏水が削減されると見込まれている。プロジェクトは 3 年計画で実施され、受託者は UFW の削減目標 (16%) を達成する責務を負う。目標達成状況についてはアセスメント期間で検証され、この期間で数値が達成できない場合はペナルティが課される。

プロジェクトにおいて、受託者は DMAs (District Metered Areas) の計画・設計・施工を実施する。D2b 地区では、52km² に対して 85 の DMA の設置が完了している。受託者は DMAs の作成に必要なとなる資材 (境界バルブや GSM 通信に適用した電子メーター、需要家のメーター等) の調達・設計・設置・試運転も行う必要があり、地区 1 における接続戸数は 150,000 程度である。この他、漏水確認を目的とした最低流量調査 (Minimum night flow test) を行い、この結果から、位置の特定を行うために音聴機器や相関式により詳細な漏水位置を特定する。D2b 地区では、全 85 の DMA のうち 31 の DMA について UFW アセスメントが終了し、漏水量が測定された。漏水箇所の特定は 2013 年 10 月頃より開始しており、現在、ノウハウを蓄積しながら進めているところであり、実際の掘削・補修は今後実施予定である²⁷。

²⁵ JICA インド事務所提供資料 (BWSSB 講演資料)

²⁶ BWSSB/TATA コンサルティングエンジニアリングに対するヒアリング結果

²⁷ L&T(Lean & Toubro Limited)社に対するヒアリング結果

BWSSBは受注者が6年または7年間の事業実施期間を終了した段階で当該地区の運転管理を引き継ぐこととなるため、受注者は6～7年の事業期間において、平行してキャパシティビルディングを実施することが求められている。これまでにメーター検針員に対してのワークショップを実施しており、今後は研修、ワークショップを主体とした職員育成を中心に行う予定である。技術協力事業についてはTATAコンサルティング・エンジニアズ社を始めとする発注者側コンサルティング企業が中心となり外注先を活用して実施する予定である。

（３）バンガロールにおける上水道施設の整備・運用課題

BWSSBでは、地下漏水対策が重要課題の一つとなっている。地下漏水の検知に関しては、BWSSBがこれまでにスマートボール（配水管内を移動しながら、ボールに内蔵された音響センサ、記録装置で漏水箇所、エアークケットなどを探知するシステム）による位置特定を実施しているものの、ボールの大きさ100mmに対して50mmの管路が多いなどの理由で漏水位置を特定するに至っていない²⁶。また、現在実施されている漏水対策事業において、D2b地区ではL&T社員が3～4名体制で漏水探知機と相関式検知器を用いた漏水調査工法を試験的に実施しているものの、水圧が低いことから良好な結果が得られていない²⁷。漏水調査のタイミングに合わせて給水するようBWSSBに求めているものの、調査対象地域が広く調査に適した水圧が確保出来ない状況である。

このように、先進諸国で実施されている音聴式、相関式といった調査手法をそのまま現地に適用することに様々な課題が生じている。今後は、課題の解決に向け、既存の技術を現地の状況、特に低水圧条件に合わせてチューニングした漏水検知技術と、それを可能にする技術的知見が求められている。

1－3 対象国の関連計画、政策（外資政策含む）および法制度

1－3－1 インドにおける関連計画

インドの基本的な開発政策は、インド政府計画委員会（Planning Commission）が策定する「5カ年計画」に記されている。第1次5カ年計画が策定されたのは1951年であり、現在は第12次5カ年計画（2012年確定、2012年4月～2017年3月）に基づいた施策が実行されている。

第11次5カ年計画（2007年4月～2012年3月）で掲げられている「インド全土での飲料水への持続的なアクセスの確立」という目標に向けて着実に改善が見られたものの、人口増加や経済発展に伴う上水需要の増加に依然として施設整備が追いついていない。加えて、第12次5カ年計画（2012年4月～2017年3月）では、2017年度までに都市部全人口への上水供給、24時間連続給水、均等給水の実現、水道事業体の独立採算経営（O&Mコストに対するコストリカバリーの実現）の達成が目標として含まれており、水量、水質、及びサービスの面で依然として数多くの問題を抱えている。

1－3－2 インドにおける水資源政策

国内における水資源の量的不足と水質の劣化に対し、上水道インフラの整備を所管する都市開発省は、2009年に「Service Level Benchmarking」という計画の中で、都市部の上水道整備に関し、普及率100%、24時間給水の達成、無収水率の20%以下への削減等の目標値を設定し、地方政府による水道事業の改善に向けた取り組みを促している。1992年の第74次憲法改正によって、上水道事業は州レベルから市あるいは町レベルの地方自治体に権限を移譲していく方針が示されているが、多くの地方自治体のキャパシティは法的・制度的にも、人材面からも十分ではな

く、権限移譲の進捗は州によって異なる。

1-3-3 インドにおける水資源に係る法制度

(1) 法体系

インドでは、インド憲法第 246 条（国会及び州立法府の立法事項）第 3 項および第 7 附則第 2 表（州管轄事項表）第 17 項にもとづいて、州政府は第 1 表（連邦管轄事項表）第 56 項を条件として、「水、すなわち給水、灌漑および用水路、排水および築堤、貯水ならびに水力発電」に関する立法権限を与えられている。州際河川、州際流域については別途、憲法に基づき法が定められており、河川審次会について定めた河川審議会法（The River Boards Act, 1956）、州際河川の水紛争に関する取り決めに記載した州際水紛争法（The Inter-State Water Disputes Act, 1956）がある。

1-3-4 カルナタカ州における水資源計画並びに法制度

(1) カルナタカ州における水資源計画

カルナタカ州における水資源計画は、水資源局（Department of Water Resources）により策定され、各関係主体により実行されている。カルナタカ州には 7 つの水系があり、水系の地図を図 1-5 に示す。Krishna 水系が州の面積のほとんどを占めている。バンガロールに水を供給している Cauvery 水系は州で 2 番目に大きい流域面積を有している。

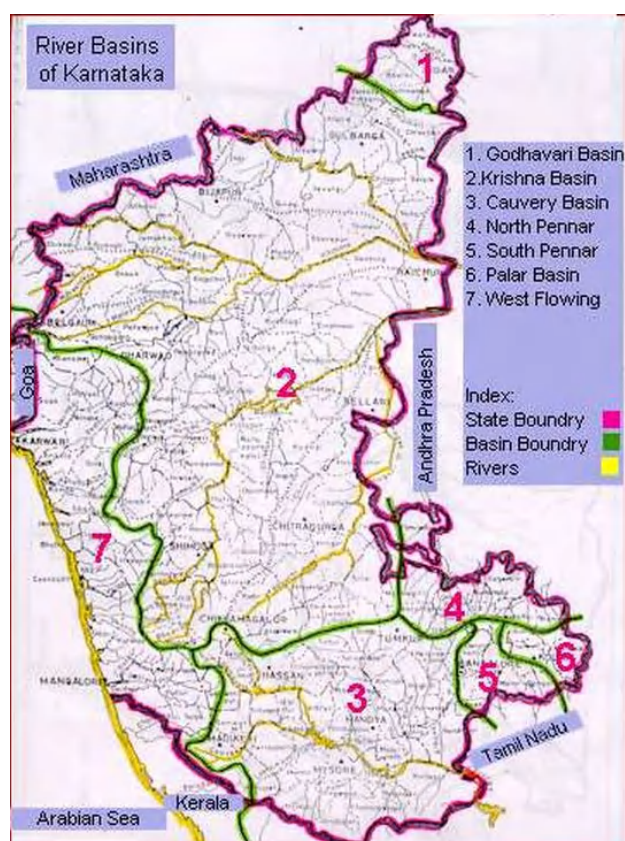


図 1-5 カルナタカ州の水系地図

出所) Department of Water Resources ウェブサイト

それぞれの水盆について事業計画が立てられており、各水盆における事業計画数を表 1-9 に

示す。遂行中の大規模事業数の最も多い水系は Krishna 水系である。

表 1-9 カルナタカ州の各水系における大規模事業計画数

水系	遂行中の事業数	新規事業数
Krishna	24	2
Cauvery	16	0
Godavari	2	1
Other	1	0

出所) Department of Water Resources ウェブサイト

Krishna 水系で遂行されている事業のうち、最も利水量の大きい事業は Upper Krishna Project (Phase I, II) である。Narayanapur Dam および Almatti Dam を建造する事業で、484 万 m³ の利水量増をもたらす規模の事業である。Cauvery 水系では、Kabini 貯水湖の造成 (利水量: 182 万 m³) 等が実施されている²⁸。

(2) カルナタカ州における水資源に係る法制度

カルナタカ州政府において、水道事業に係る法制度としてカルナタカ州取水法 The Karnataka Irrigation (Levy of Betterment Contribution and Water Rate) Act, 1957 および The Karnataka Irrigation Act, 1965 が施行されている。

The Karnataka Irrigation (Levy of Betterment Contribution and Water Rate) Act, 1957

州内の各地域においては建物毎、管理手法毎に取水に係る規制が適用されており、取水に係る様々な問題があった。カルナタカ州 取水法はマイソール取水法 (改善貢献へのための賦課金と水料金について定めた法律) を改訂して制定されたもので、1957 年に州議会で承認され、利水に係る法律は全てこれに統合されている。本法では、水の利用に係る州政府の料金徴収権限、料金体系、支払義務について規定している。

本法で提示された水の利用に係る料金はカルナタカ州全土で適用されている (同州の Kharab 市については、耕作が難しいため除外されている)。水利用料金は、施設改良費 (betterment contribution) と水料金 (water rate) に分けて徴収することが規定されている。施設改良費は土地ごとを料金徴収対象としており、その徴収額は土地につき 1500Rs までと規定されている。水料金については、The Krishna Bhagya Jala Nigam 社が配水する地域においては当社が料金徴収を行うと規定されている。

The Karnataka Irrigation Act, 1965

1965 年に制定された本法では、州政府は取水に係る組織 (Irrigation officers) を作り、当該組織に対し取水事業に係る調査、施工、維持等に関する権能を認可することが規定されている。Irrigation officers に対して当該用地への立入権限の認可や取水施設の安全性の保全について規定しているほか、用水路の建設・管理・維持の手続き、用地原所有者に対する用地取得に係る損害賠償請求権を付与することなどが規定されている。

²⁸ Department of Water Resources ウェブサイト

1-4 対象国の対象分野のODA事業の事例分析および他ドナーの分析

1-4-1 対インドの日本のODA政策

1958年に最初の円借款をインドに供与して以来、円借款は日本のインドに対する経済協力を中心となっている。1998年の核実験を受け、新規無償資金協力や新規円借款が凍結された時期もあったが、2003年から対インド経済協力が本格的に再開された。その後は、政策対話において確認された重点分野（経済インフラ、保健医療、農業・農村開発、環境保全）に沿って実施され、なかでも、対インドODAの95%以上を占める円借款による協力によって、電力、運輸等のインフラ整備に貢献してきており、経済成長を通じた貧困の削減に大きく寄与している。インドから見て日本は最大の二国間ドナーであり、また日本から見てインドは2003年以来円借款の最大級の受取国となっている²⁹。

現地ODAタスクフォースにおける議論やインド側との政策対話を踏まえ、2006年5月に策定された「対インド国別援助計画」では、(1)経済成長の促進、(2)貧困・環境問題の改善、(3)人材育成・人的交流の拡充が重点目標として掲げられており、環境問題への対処として、河川、土壌、地下水の汚染を防止・改善し、住民の衛生環境を改善するため、上下水道セクターに対する支援を行うことが明記されている。支援の実施に当たっては、十分かつ安全な水資源の確保や安定的な水供給の観点から踏まえ、適切な維持管理体制を確保するための権限の地方への移譲、管理組織の能力強化、水資源の有効活用（節水、漏水対策）などの政策・制度改善への知的協力も積極的に行うこととしている³⁰。

1-4-2 対インド円借款事業

(1) これまで実施されている案件

円借款による支援としては、ガンジス川浄化計画（Ganga Action Plan: GAP）やヤムナ川浄化計画（Yamuna Action Plan: YAP）に基づいて、これら河川の流域において下水道施設・公衆トイレ等の施設整備を実施しているほか、経済発展の著しい地方の大・中規模の都市を対象に、上・下水道施設の拡充・改良を目的とした事業を実施してきている。これまでの案件例を表1-10に示す。

²⁹ 外務省ウェブサイト 国別データブック（インド）

³⁰ 外務省「対インド国別援助計画」（平成18年5月）

表 1-10 対インド円借款事業（上下水道・衛生セクター）一覧（2013年3月時点）

No	案件名	借款契約日	借款契約額 (百万円)	事業実施者名
1	西ベンガル州上水道整備事業	2013年3月28日	14,225	西ベンガル州公衆衛生局
2	デリー上水道改善事業	2012年10月29日	28,975	デリー水道局
3	ラジャスタン州地方給水・フッ素症対策事業	2012年9月28日	37,598	ラジャスタン州公衆衛生局
4	ヤムナ川流域諸都市下水等整備事業（3）	2011年2月17日	32,571	デリー水道局
5	グワハティ上水道整備事業	2009年3月31日	29,453	グワハティ市都市開発局
6	ケララ州上水道整備事業（III）	2009年3月31日	12,727	ケララ州水道局
7	ホゲナカル上水道整備事業・フッ素症対策事業 （フェーズ2）	2009年3月31日	17,095	タミルナドゥ州上下水道公社
8	タミルナドゥ都市インフラ整備事業	2008年3月10日	8,551	タミルナドゥ都市開発基金
9	ホゲナカル上水道整備・フッ素症対策事業	2008年3月10日	22,387	タミルナドゥ州上下水道公社
10	ゴア州上下水道整備事業	2007年9月14日	22,806	ゴア州公共事業局
11	アグラ上水道整備事業	2007年3月30日	24,822	ウッタール・プラデシュ州水道局
12	アムリトサル下水道整備事業	2007年3月30日	6,961	パンジャブ州上下水道公社
13	オリッサ州総合衛生改善事業	2007年3月30日	19,061	オリッサ州上下水道公社
14	ケララ州上水道整備事業(II)	2007年3月30日	32,777	ケララ州水道局
15	コルカタ廃棄物管理改善事業	2006年3月31日	3,584	コルカタ都市圏開発庁
16	バンガロール上下水道整備事業(II-2)	2006年3月31日	28,358	バンガロール上下水道局
17	フセイン・サガル湖流域改善事業	2006年3月31日	7,729	ハイデラバード都市開発庁
18	ガンジス川流域都市衛生環境改善事業(バラナシ)	2005年3月31日	11,184	環境森林省国家河川保全局
19	バンガロール上下水道整備事業(II-1)	2005年3月31日	41,997	バンガロール上下水道局
20	ジャイプール上水道整備事業	2004年3月31日	8,881	ラジャスタン州公衆衛生局
21	ヤムナ川流域諸都市下水等整備事業（II）	2003年3月31日	13,333	環境森林省国家河川保全局
22	ケララ州上水道整備事業	1997年2月25日	11,997	ケララ州水道局
23	バンガロール市上下水道整備事業	1996年1月25日	28,452	バンガロール市上下水道局
24	地方上水道・衛生環境整備事業	1996年1月25日	8,670	住宅都市開発公社
25	チェンナイ市上下水道整備事業	1995年2月28日	17,098	チェンナイ市上下水道局
26	ヤムナ川流域諸都市下水等整備事業	1992年12月21日	17,773	環境森林省
27	地方都市上水道整備事業	1992年1月9日	6,788	住宅都市開発公社

出所) JICA HP

（2）主な案件の概要

表 1-10 に整理した案件のうち、バンガロールにおける上下水道に係る事業及び有償資金協力による無収水プロジェクトの概要を以下に示す。

上下水道整備事業：バンガロール上下水道整備事業(II-1)及び(II-2)

バンガロールは、人口約 600 万人を擁する都市であり、インドにおける IT、電子機器、機械部品等の産業拠点として急速な成長を遂げている。しかし、同市は年間降水量が少なく、同市の上水供給量は急増する需要に対応できていない。特に、工業用水等は需要の 3 分の 1 が満たされるのみであり、不足分は地下水汲上等で補わなければならないことは、同市の産業立地上の課題となっている。今後とも、同市の人口増加に合わせた生活用水の需要増加や産業成長による工業用水の需要増加が見込まれていることから、同市における上水道整備が急務となっている。標記プロジェクトについて、概要を表 1-11 及び表 1-12 に示す。

表 1-11 バンガロール上下水道整備事業(II-1)の概要

項目	内容																																									
国/案件名	インド/バンガロール上下水道整備事業（Ⅱ-1）																																									
目的	バンガロール都市圏を対象に、カーヴェリ川を水源とする上水道施設及び下水道施設の整備を行い、水需要に対する安定的な上下水道サービスの提供図り、衛生的な居住環境の整備及び産業の活性化に寄与する。																																									
地域	カルナタカ州バンガロール都市圏																																									
事業概要	① 上水道施設：導水路、浄水場（500MLD）、送水管、ポンプ施設、配水池の建設及び配水網の改修 ② 下水道施設：下水管、ポンプ施設、下水処理場の建設（11 箇所/合計 403MLD） ③ 経営改善：研修、広報・啓蒙活動、上下水道制御システム（SCADA）整備、料金徴収体制改善 ④ スラム開発：配水管・下水管整備 ⑤ コンサルティング・サービス																																									
総事業費	81,207 百万円（うち、本借款は、上水道施設の一部（導水路、浄水場、送水管及びポンプ施設）を対象とする 41,997 百万円）																																									
実施期間	2005 年 1 月～2013 年 3 月を予定（計 99 ヶ月）																																									
実施体制	① 借入人：インド大統領（The president of India） ② 実施機関：バンガロール上下水道局（Bangalore Water Supply and Sewerage Board：BWSSB） ③ 運営・維持管理体制：②に同じ																																									
成果目標	(1) 評価指標（運用・効果指標） ① 上水道 <table><tr><th>指標名</th><th>基準値 (2003 年)</th><th>目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])</th></tr><tr><td>給水人口（百万人）</td><td>4,016</td><td>7,420</td></tr><tr><td>給水量（m³/日）</td><td>810,000</td><td>1,310,000</td></tr><tr><td>施設利用率（%）</td><td>-</td><td>100</td></tr><tr><td>無収水率（%）</td><td>36</td><td>16</td></tr><tr><td>漏水率（%）</td><td>31</td><td>13</td></tr><tr><td>水道普及率（%）</td><td>66.5</td><td>95.0</td></tr></table> ② 下水道 <table><tr><th>指標名</th><th>基準値 (2003 年)</th><th>目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])</th></tr><tr><td>汚水処理人口（百万人）</td><td>3.19</td><td>7.02</td></tr><tr><td>汚水処理量（m³/日）</td><td>408,000</td><td>1,111,000</td></tr><tr><td>施設利用率（%）</td><td>-</td><td>90</td></tr><tr><td>放流 BOD 濃度（mg/l）</td><td>< 20</td><td>< 20</td></tr><tr><td>水道普及率（%）</td><td>53</td><td>90</td></tr></table> (2) 内部収益率 ① 財務的内部収益率（FIRR）：7.4% ・ 費用：事業費、運営・維持管理費 ・ 便益：上下水道料金収入 ・ プロジェクト・ライフ：30 年 ② 経済的内部収益率（EIRR）：14.4% ・ 費用：事業費（税金を除く）、運営・維持管理費 ・ 便益：上下水道料金収入、BWSSB 以外からの上水購入費用節減 ・ プロジェクト・ライフ：30 年			指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])	給水人口（百万人）	4,016	7,420	給水量（m ³ /日）	810,000	1,310,000	施設利用率（%）	-	100	無収水率（%）	36	16	漏水率（%）	31	13	水道普及率（%）	66.5	95.0	指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])	汚水処理人口（百万人）	3.19	7.02	汚水処理量（m ³ /日）	408,000	1,111,000	施設利用率（%）	-	90	放流 BOD 濃度（mg/l）	< 20	< 20	水道普及率（%）	53	90
指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])																																								
給水人口（百万人）	4,016	7,420																																								
給水量（m ³ /日）	810,000	1,310,000																																								
施設利用率（%）	-	100																																								
無収水率（%）	36	16																																								
漏水率（%）	31	13																																								
水道普及率（%）	66.5	95.0																																								
指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])																																								
汚水処理人口（百万人）	3.19	7.02																																								
汚水処理量（m ³ /日）	408,000	1,111,000																																								
施設利用率（%）	-	90																																								
放流 BOD 濃度（mg/l）	< 20	< 20																																								
水道普及率（%）	53	90																																								
外部要因リスク	(1) インド国及び事業対象周辺地域の経済の停滞/悪化並びに自然災害等 (2) バンガロール市周辺 8 自治体を対象とする配水網及び下水道管網整備の実施の遅れ																																									

出所) バンガロール上下水道整備事業(II-1) 事前評価資料

表 1-12 バンガロール上下水道整備事業(II-2)の概要

項目	内容																																									
国/案件名	インド/バンガロール上下水道整備事業（Ⅱ-2）																																									
目的	バンガロール都市圏を対象に、カーヴェリ川を水源とする上水道施設及び下水道施設の整備を行い、水需要に対する安定的な上下水道サービスの提供図り、衛生的な居住環境の整備及び産業の活性化に寄与する																																									
地域	カルナタカ州バンガロール都市圏																																									
事業概要 （今次円借款では、①配水池建設、配水網改修、②下水道施設建設が対象）	① 上水道施設：導水路、浄水場（500,000m ³ /日）、送水管、ポンプ施設、配水池の建設及び配水網の改修 ② 下水道施設：下水管、ポンプ施設、下水処理場の建設（11 箇所/合計 403,000m ³ /日） ③ 経営改善：研修、広報・啓発活動、上下水道制御システム（SCADA）整備、料金徴収体制改善 ④ スラム開発：配水管・下水管整備 ⑤ コンサルティング・サービス																																									
総事業費	84,172 百万円（うち、円借款対象額：70,355 百万円）																																									
実施期間	2005 年 5 月～2013 年 3 月を予定（計 95 ヶ月）																																									
実施体制	① 借入人：インド大統領（The president of India） ② 実施機関：バンガロール上下水道局（Bangalore Water Supply and Sewerage Board：BWSSB） ③ 運営・維持管理体制：②に同じ																																									
成果目標	(1) 評価指標（運用・効果指標） ① 上水道 <table><thead><tr><th>指標名</th><th>基準値 (2003 年)</th><th>目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])</th></tr></thead><tbody><tr><td>給水人口（百万人）</td><td>4,016</td><td>7,420</td></tr><tr><td>給水量（m³/日）</td><td>810,000</td><td>1,310,000</td></tr><tr><td>施設利用率（%）</td><td>-</td><td>100</td></tr><tr><td>無収水率（%）</td><td>36</td><td>16</td></tr><tr><td>漏水率（%）</td><td>31</td><td>13</td></tr><tr><td>水道普及率（%）</td><td>66.5</td><td>95.0</td></tr></tbody></table> ② 下水道 <table><thead><tr><th>指標名</th><th>基準値 (2003 年)</th><th>目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])</th></tr></thead><tbody><tr><td>汚水処理人口（百万人）</td><td>3.19</td><td>7.02</td></tr><tr><td>汚水処理量（m³/日）</td><td>408,000</td><td>1,111,000</td></tr><tr><td>施設利用率（%）</td><td>-</td><td>90</td></tr><tr><td>放流 BOD 濃度（mg/l）</td><td>< 20</td><td>< 20</td></tr><tr><td>水道普及率（%）</td><td>53</td><td>90</td></tr></tbody></table> (2) 内部収益率 ① 財務的内部収益率（FIRR）：7.2% ・ 費用：事業費、運営・維持管理費 ・ 便益：上下水道料金収入 ・ プロジェクト・ライフ：30 年 ② 経済的内部収益率（EIRR）：13.1% ・ 費用：事業費（税金を除く）、運営・維持管理費 ・ 便益：上下水道料金収入、BWSSB 以外からの上水購入費用節減 ・ プロジェクト・ライフ：30 年			指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])	給水人口（百万人）	4,016	7,420	給水量（m ³ /日）	810,000	1,310,000	施設利用率（%）	-	100	無収水率（%）	36	16	漏水率（%）	31	13	水道普及率（%）	66.5	95.0	指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])	汚水処理人口（百万人）	3.19	7.02	汚水処理量（m ³ /日）	408,000	1,111,000	施設利用率（%）	-	90	放流 BOD 濃度（mg/l）	< 20	< 20	水道普及率（%）	53	90
指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])																																								
給水人口（百万人）	4,016	7,420																																								
給水量（m ³ /日）	810,000	1,310,000																																								
施設利用率（%）	-	100																																								
無収水率（%）	36	16																																								
漏水率（%）	31	13																																								
水道普及率（%）	66.5	95.0																																								
指標名	基準値 (2003 年)	目標値 (2015 年 [事業完成 3 年後])																																								
汚水処理人口（百万人）	3.19	7.02																																								
汚水処理量（m ³ /日）	408,000	1,111,000																																								
施設利用率（%）	-	90																																								
放流 BOD 濃度（mg/l）	< 20	< 20																																								
水道普及率（%）	53	90																																								
外部要因リスク	(1) インド国及び事業対象周辺地域の経済の停滞/悪化並びに自然災害等 (2) バンガロール市周辺 8 自治体を対象とする配水網及び下水道管網整備の実施の遅れ																																									

出所) バンガロール上下水道整備事業(II-2) 事前評価資料

無収水対策

ゴア州無収水対策プロジェクト

ゴア州は、アラビア海に面するインド亜大陸西岸のほぼ中央に位置する人口 140 万人の州で、国内外から観光客を集めるインド有数の観光地である。近年、人口・観光客の増加と生活水準の上昇を背景として、上下水道施設の整備が急務となっているが、①需要に対する上水供給不足（平均給水時間：8 時間／日、平均無収水率：約 35%）、②既存設備の適切な維持管理体制の欠如、③下水道施設未整備による地下水や海水の汚染、といった課題が指摘されている。

こうした状況を改善するため、JICA はインド政府からの要請に基づき、2005 年 3 月から 2006 年 11 月にかけて、開発調査「インド国ゴア州上下水道強化計画調査」を実施した。さらに同開発調査の成果を受け、2007 年 9 月より円借款プロジェクト「ゴア州上下水道整備事業」を実施している。同プロジェクトでは、上水道施設の整備（浄水場拡張、送水管建設、上水ポンプ施設建設、配水網改修など）とともに下水道施設の整備（3 箇所の下水処理場建設、下水管敷設、下水ポンプ施設建設など）を行うこととしているが、開発調査において指摘された高い無収水率（35%前後）を削減するため、インド政府は 2007 年 8 月に円借款付帯プロジェクト「ゴア州無収水対策プロジェクト」を我が国に要請した。標記プロジェクトについて、概要を表 1-13 に示す。

表 1-13 ゴア州無収水対策プロジェクトの概要

項目	内容
国/案件名	インド/ゴア州無収水対策プロジェクト
目的	高い無収水率（35%前後）を削減する
地域	ゴア州
事業概要	カウンターパート機関であるゴア州公共事業局（PWD）を対象として、無収水対策能力の強化を行う。具体的には、ゴア州全体の無収水削減計画を策定したうえで、選定したパイロット区画において無収水削減活動の実地研修（OJT）を行う。さらに、活動のマニュアル化やパイロット区域外での PWD 独自の無収水削減活動の推進を通して、PWD 内での組織的な技術力強化を進める。
協力総額	約 3.7 億円（日本側）
実施期間	2010 年 10 月～2013 年 9 月（36 ヶ月）
実施体制	① 協力相手先機関：ゴア州公共事業局（Public Works Department : PWD） ② 国内協力機関：厚生労働省
成果目標	(1) 裨益対象者及び規模、等 ターゲットグループは、一次的にはゴア州 PWD 内に設置するプロジェクトチーム（約 56 名）であり、二次的には無収水対策に関する全ての PWD 職員である。さらに本案件終了時には、無収水削減パイロット区画内の住人（州内 3 地域の約 6,000 世帯）が有効水量の増大により間接的に裨益することが見込まれている。 (2) 協力の目標 ① 協力終了時の達成目標（プロジェクト目標）と指標・目標値 ゴア州 PWD の無収水対策能力が向上する 指標 ・パイロット区画における無収水率（20%以下） ・パイロット区画外で完了した無収水対策事業の数 ② 協力終了後に達成が期待される目標（上位目標）と指標・目標値 ゴア州における無収水率が削減される 指標 ・州平均無収水率（23%以下）
外部要因（満たされるべき外部条件）	(1) 前提条件 技術移転の対象となるゴア州 PWD のカウンターパートが配置される。 (2) 成果達成のための外部条件 ・ゴア州 PWD のカウンターパートが異動しない。 ・パイロット事業に必要な資材がゴア州 PWD により円滑に投入される。

項目	内容
	(3) プロジェクト目標達成のための外部条件 ・パイロット区画外での無収水削減活動に必要な資材がゴア州 PWD に より円滑に導入される。 (4) 上位目標達成のための外部条件 ・ゴア州 PWD 無収水削減に係る政策が変更されない。

出所) インド国ゴア州無収水対策プロジェクト事業事前評価表

「ゴア州無収水対策プロジェクト」における課題としては、以下の4点が挙げられる。

第1に、使用機材、機器等の故障によるプロジェクトの遅延である。プロジェクト3年次に調達された超音波流量計はインド国外製品であったが、その多くが使用中に故障したため、国外での交換・修理に長い期間を要し、パイロットプロジェクト地域の無収水削減計測の遅れの原因となっている。バンガロールにおいて無収水対策を実施する際にも、同様の問題が発生する可能性がある。漏水検知機材については、STS社の独自製品であるL-signを中心とした日本製の機器等の使用を想定しているが、使用中に故障した場合の対応方法を事前に想定しておく必要がある。また海外製品を使用する場合においては、現地サプライヤーからの調達可否やサービス体制等についても調査を行う必要がある。

第2に、管理職に対して技術移転の重要性を認識してもらえない場合、支援が得られない可能性があることである。ゴアでは、実際に漏水検知・修理を行うSub-Divisionのテクニカルアシスタントやジュニアエンジニアを技術移転対象者（直接的なC/Pの対象）としていたため、プロジェクト開始当初はシニアマネジメントおよび中間管理職が、プロジェクトに興味を示していなかった。このため、無収水削減活動を実施する際に、テクニカルアシスタントやジュニアエンジニアが直属の上司の理解や支援を得られず、プロジェクトを円滑に進めることができなかった。バンガロールで実施する場合、C/PはBWSSBとなるが、技術移転対象者は実際に漏水検知のパトロールを行っている職員となる。このため、事前にBWSSB上層部に対して技術移転の重要性を十分認識してもらい、プロジェクトに対する理解・支援を得られるよう留意する必要がある。

第3に、無収水対策プロジェクトを実施する際には、漏水検知を行える現地人員の確保やそのための予算付けを行う必要があることである。無収水対策専門の部署等がない場合、これを設置し人員を確保するために、予算を確保する必要がある。BWSSBでは、現在漏水検知を専門に行う部署はなく、給水ラインマンが漏水パトロールを実施しているため、本格的に漏水検知を行う際には人員体制の整備や予算の確保が必要となるため、事前にBWSSB上層部と調整を行い、プロジェクトに必要な人員を確保しておく必要がある。

第4に、ゴアでは給水栓及び水道メータ回りでの漏水が多く発見されているが、これらの原因としては、給水接続や水道メータ設置に係る基礎的技術が不足していること、また設置基準図が未整備であることが挙げられる。このため、これらの技術指導を行うことにより、さらなる漏水の発生を防ぐ必要がある。

ジャイプール無収水対策プロジェクト

インド北西部に位置するラジャスタン州の州都ジャイプール市(人口約307万人、2011年)は、年間降水量約650mmの半乾燥地に位置しており、上水供給の大部分を地下水に依存していたため、降雨による涵養量を上回る地下水揚水により、一部地域では地下水の水位低下や枯渇が報告されていた。また、州政府の一部局である公衆衛生局(PHED)により運営される同市の水道サービスは、断続的な給水(1日平均1時間)、低いコスト回収率(水道料金収入は維持管理費の約30%)、漏水や水道メーターの不備による高い無収水率(PHEDによると約30%)等の課題を有していた。

これらの問題に対処するため、2004年3月より円借款プロジェクト「ジャイプール上水道整備事業」を実施し、ジャイプール市の地下水依存度は97%から25%前後と改善が図られているものの、高まる需要に対し水源が限られていることに加え、高い無収水率(50%)による給水量の不足から、供給時間は平均1日2時間程度に限られる等、給水サービスの質は依然として低い状況にある。このような状況を踏まえ、PHEDは、給水サービスの改善に取り組んでおり、無収水対策においては、職員へのマニュアル配布や短期研修、小区画でのパイロット事業等を試行しているものの、技術・ノウハウの不足や実施体制が不十分であること等により効率的な無収水対策が望めない状況にある。このため、円借款の効果増大を目的として、2010年に円借款附帯プロジェクト「ジャイプール無収水対策プロジェクト」を我が国に要請した。標記プロジェクトについて、概要を表1-14に示す。

表 1-14 ジャイプール無収水対策プロジェクトの概要

項目	内容
国/案件名	インド/ジャイプール無収水対策プロジェクト
目的	無収水対策をより本格的に全市に展開する必要があることなど、漏水探知、管補修、給水管接続、水道メーターの不備等による見かけの損失の削減等の無収水対策を強化し、給水時間の延長による水道サービスの向上や、料金収入の増加を図る。
地域	ラジャスタン州ジャイプール市
事業概要	PHED 職員の無収水削減対処能力の向上を目的として、以下のプロジェクト活動を C/P とともに行う。 (1) 無収水削減マネジメントチームの無収水対策計画策定能力の向上に関する活動を行う。 (2) 無収水削減活動を実施するための技術と運営能力の向上に関する活動を行う。 (3) 無収水対策技術の内部研修の実施に関する活動を行う。
総事業費	—
実施期間	2013年9月上旬～2017年3月中旬(約42ヶ月)
実施体制	ラジャスタン州公衆衛生局 (Public Health Engineering Department, Government of Rajasthan : PHED)
成果目標	(1) 上位目標：ジャイプール市の無収水率が削減される。 (2) プロジェクト目標：PHED ジャイプール支部職員の無収水対処能力が向上する。

出所) ジャイプール無収水対策プロジェクト事業事前評価表

「ジャイプール無収水対策プロジェクト」は開始されたばかりのプロジェクトであるが、事前調査時の問題点としては、以下の事項が指摘されている。

- ・ 無収水対策技術に関する研修が実施されておらず、地下漏水を発見する手法が組織的に共有されていない。
- ・ 特に旧市街地では配水管が老朽化しており、漏水の原因となっている。しかしながら、漏水修理は顧客の申請に基づき実施しているのみであり、定期的な検査や予防的観点からの老朽管の更新は行われていない。
- ・ 近年では Mild Density Polyethylene (MDPE) 管が給水管として採用されてきているが、既存の給水管である GI 管がいまだに多く残っており、GI 管の腐食や破損による漏水が多く発生していると考えられる。

上記について、バンガロールにおいても同様の問題が生じている可能性もあるため、BWSSB における無収水対策技術の保有状況や老朽管の更新状況、給水管の種類・敷設状況等について、把握しておく必要がある。

1－4－3 海外ドナーの動向

海外ドナーによる協力としては、世銀と ADB による JNNURM への資金協力がある。JNNURM は、都市における社会基盤の整備、都市貧困地域の住民への基礎的サービス提供を目的として、対象事業のうち承認されたものに補助金を支給するものであり、この対象事業のなかに、上下水道事業が含まれている。

最近の動向としては、ガンジス川浄化についてこれまで、NRCD の Ganga Action Plan などの取り組みがされてきている。これまでのセクターごと、都市ごとの対応では十分効果が得られないとして、シン首相をヘッドに省庁横断的・流域管理のための National Ganga River Basin Authority(NGRBA)が立ち上がっている。

このほか、二国間ドナーとして USAID や DfID が水・衛生分野での協力を行っているが、地方自治体の経営改善や初等衛生設備の整備、地方給水などが主な協力分野となっている。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2-1-1 業界分析（漏水検知事業）

日本国内における漏水検知事業に関する統計データは存在しないものの、漏水調査を専門として業務を実施している企業としては、業界全体としては26～30社程度と考えられる。その市場規模としては40～50億円程度とみられ、仏ヴェオリアグループ資本による事業者もその中には存在する。

これらの企業のほとんどは漏水検知そのものを主要業務としており、付随業務として管路の腐食状況や劣化状況、水圧等を把握する管路診断も実施している。また、漏水調査により漏水箇所が特定された後の管路の修繕は、地元工事業者が実施している。一方で、漏水修繕や管工事を主体としてこれまで事業を行ってきた企業が、工事の減少に伴い漏水検知業務にシフトしてきている例もある。

今後はメーター検針・漏水調査、管洗浄、修繕等の業務を一体的に行えることが強みになると考えられるため、仏ヴェオリアグループのように、メーター検針業務と漏水調査を一体化してサービス提供することが可能な企業は、他企業にとって非常に脅威であるといえる。このような外資の大きな力に対抗できる企業は、日本企業においても大手水処理企業や大手エンジニアリング企業のみであり、漏水検知を主としているような小規模企業単体では差別化することが難しいと考えられる。

このように業界内における競争の激化、漏水検知業務単独での発注減少に伴い、国内市場規模は漏水検知業務のみで考えると、今後は横ばいもしくは低下すると考えられる。

2-1-2 提案企業の業界における位置づけ・国内外の同業他社比較

日本国内で現在導入されている漏水検知技術としては、主に音聴式（戸別音聴、路面音聴）、相關式、漏水監視システム、ガス式（トレーサ式）が挙げられる。その他、電子音聴棒や時間積分式漏水発見器を用いた漏水検知も一部採り入れられている。

表 2-1 日本国内で導入されている漏水検知技術の特徴

漏水検知技術		技術概要
音聴式	戸別音聴	音聴棒を用い、各戸のメーターや止水栓、道路上に設置されている弁・栓にて漏水音を探知。
	路面音聴	漏水探知器を用い、配給水管が敷設されている箇所の路面上から漏水音を探知。
相關式		相關式漏水発見器を用い、漏水位置を特定する。踏査が困難な場合や、ボーリングが不可能な場合に実施。
漏水監視システム		監視型漏水検知機を設置し（一定期間常設）、巡回調査を行い漏水監視する工法。音聴式に代わり監視型漏水検知機を配水管付属設備（仕切弁等）に設置し、複数回の巡回操作を実施し漏水有無の確認を行う。復元に対する早期の対策や調査コスト軽減が可能。
ガス式（トレーサ式）		管内にヘリウムガスや非可燃性水素ガスを圧送し、地表へ漏出するガスを探知して漏水箇所を特定。音聴式では発見不可能な微小漏水の特定が可能。

漏水検知に使用する機器は、各種探知機器、測定機器の開発・販売を行っているフジテコム株式会社のシェアが 80%となっており、水道テクニカルサービスも含め競合企業のほとんどがフジテコム社の機器を使用している。近年はフジテコム社以外に株式会社グットマンも進出してきてはいるものの、いずれの企業も同様の機器を使用して調査を行っている。漏水検知技術は各社ともほぼ差がないため、技術・機器等による強みを発揮しにくい状況であるといえる。

水道テクニカルサービスの強み

水道テクニカルサービスでは、主な漏水検知技術である音聴式、相関式、漏水監視システム、ガス式（トレーサ式）のいずれの技術も保有しているが、他社に先駆けて常設型配水管監視装置（L-sign）を用いた監視型漏水調査システムの導入を行っている。

漏水検知に使用する機器の調達先は、競合企業同様フジテコム社が主である。ガス式については他社のものを使用している。同社の主要顧客は、同社の本社所在地である神奈川県下の自治体（水道局）、教育委員会（学校）、民間施設（工場、マンション、ゴルフ場、遊園地等）であり、自治体・学校が 90%を占めている。漏水調査の専門会社は横浜市内に同社のみであり、神奈川県でみても同社含め 2 社となっており、このような地域性を一つの強みとして、地域に根付いた事業展開を行っている。また、東日本地下埋調査株式会社、株式会社リクチ漏水調査とともに、有限責任事業組合（LLP）を組織し連携して営業活動を行っており、業務遂行に際しても状況により応援要請可能な体制が整備されている。

水道テクニカルサービスでは、センサ（L-sign）を面的に配置して漏水可能性のある箇所を絞り込む常時漏水モニタリングセンサ及びセンサを活用した技術を保有している。L-sign に搭載された高感受振センサを管路の適正位置に常時固定設置することにより、漏水を検知するものであるが、この L-sign は東日本地下埋調査株式会社、株式会社リクチ漏水調査の 2 社と共同開発したものであり、独自の製品である。競合製品としては 2 社ほどが挙げられるが、L-sign は「1 台あたりの価格が安い」、「検知時の誤作動が少ない」、「常時モニタリングによる漏水復元への対応が可能」、「目視確認により漏水検知後の解析が不要」、「メータ検針作業との併用によりランニングコストを抑制できる」等、多くの優位性を持っている。特に、プログラミングや感度の調整など、現地の施設状況に併せたカスタマイズが可能であることから輪番給水を余儀なくされる BWSSB 施設に対する適応度は高いと考えられる。

漏水検知業務では一般的に、給水エリアの中で漏水が発生しているエリアや管路を特定した後に、漏水の具体的な箇所を特定するという 2 段階で実施する。2 段階のうち、1 段階目のスクリーニングにおいて技術者の作業量が多くなると費用が嵩むことになる。しかし、スクリーニングを L-sign で代用することにより人件費を抑えることが可能であり、費用対効果が期待できるものである。

表 2-2 L-sign と競合製品との比較

製品名	L-sign給水管型	T社 RT製品	F社 RN製品
設置・取扱い	メータ付近給水管へ常設置	作業者が携帯	配水管付属設備(バルブ)へ設置
漏水判定	内蔵LEDの点滅を目視確認 任意作成する巡回表等により集計・保存	積分率判定 液晶板に漏水マーク表示 PCへデータ転送により集計・保存	分析器でデータ収集後、PCソフトにて解析・保存
調査方法	メータ検針時に常設機器を目視確認	メータ検針員または作業者に携帯させ調査	作業者による巡回調査
検知方法	高感度振動センサー内蔵による自動検知	時間積分式	音圧センサーによる漏水音計測
検知時間	水運用に併せタイマー及び感度をプログラミング 365日×8年間 (輪番給水へ対応可)	作業者(検針時)が各戸を訪問し、棒状センサーをメータガラス面に1秒～5秒接触 (給水時間のみ調査可)	365日×8年間 35日分のデータ保存 (輪番給水への対応不可)
無線等	機能なし	検針用ハンディーターミナルへBluetoothにより保存可能(オプション)	専用分析器へ無線送信
連続動作	8年間(リチウム電池)	単3電池2本	8年間(リチウム電池)
価格	1台3000円	レンタル	20器+分析器+ソフト=2,300,000円
その他	監視型機器(給水管タイプ、配水管タイプ) 計測時間を長くすることにより誤作動を防止	調査機器(作業時に携帯、音聴棒の電子化) 瞬間的に計測するため、都市騒音や使用水等による漏水音以外を検知する誤作動が多い	監視型機器(配水管タイプ) 計測時間を長くすることにより誤作動を防止 1台当たりが高価なため常設にはコスト高



図 2-1 漏水モニタリングセンサー (L-sign)

今後の国内事業展開としては、まずは L-sign を用いた漏水監視サービスの販売実績を国内で拡充するとともに、将来に向けて水道分野においてもスマートメーターの開発が進む中、これに L-sign を組み込むことも視野に入れ、改良版の開発を検討することを想定している。また、自社開発製品であることの強みを生かし、顧客のニーズに合わせた L-sign の改良も可能である。特に、海外の特殊な状況（水圧、管路敷設状況、給水の輪番制等の特殊な給水事情など）に合わせてカスタマイズすることができる点は、大きな強みであるといえる。

漏水検知は単なる装置・機器の導入では実現出来ず、水道事業の特性、検知機器の原理を熟知していることに加え長年の経験が求められる。水道テクニカルサービスの技術者は 15～20 年の実績を有しており、職員の研修等も含め、海外の上水供給における開発課題解決に十分貢献できると考えられる。

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

水道テクニカルサービスの事業は、現在、地元行政の水道分野における海外協力への協力を除き、ほぼ国内事業に限定されている。神奈川県下の自治体・水道事業体を対象とした漏水調査の受注が 60% 程度（受注高ベース）を占めている。国内事業に関しては、他の都道府県・市町村への漏水検知サービスの展開も考え得るが、現状、我が国水道の漏水率は世界的に見ても低い水準で維持されており、漏水検知の国内市場は大きな拡大は期待できない（我が国における水道インフラ老朽化は深刻な問題ではあるが、給水量・給水人口が頭打ちになるため成長領域ではない）。昨今、水ビジネスの海外展開という動きがマスコミを賑わしており、水道テクニカルサービスにおいても、成長著しい新興国への展開についても徐々に関心を持つに至った。横浜水ビジネス協議会への参加もその一環であり、事業参加の可能性があるかについて、機会を窺っていたところである。平成 24 年度に株式会社三菱総合研究所の実施した水分野でのニーズ調査によって、漏水検知サービスのノウハウが適用できる事業があることが分かったため、将来的な事業拡大を展望し、有望市場である新興国への進出を検討しているところである。

これまで、水道テクニカルサービス自らは海外事業の経験はなく、国内事業が当面のコア領域であることは間違いない。しかし、長期的には、国内事業は大きな成長が見込めないため、成長著しい途上国での事業関与を展望したい。そのためには、まず民間提案型・普及実証事業や現在、

新興国で実施されている ODA 事業の付帯技術プロジェクトを通じ、先方の実態に合わせた漏水検知技術のノウハウ移転を行い、地元事情を把握しつつ、地元企業とのパートナーリングにより他の漏水検知プロジェクトへの関与していくことが必要と考えている。

なお、当面は、漏水検知サービスに注力するものの、将来的には管路・漏水履歴解析に基づく漏水事故発生前の予防的な管路管理技術に関する技術移転、新興国の水道事業体職員の教育等、関与領域を広げていきたい。なお、水道テクニカルサービス単体では人的リソースが限定的であるため、海外展開を念頭に置いた検知技術開発および人材の育成についても、戦略実現のためのカギと認識し、(国内外の) 同業他社と連携を模索している(国内については既に連携体制を構築している)。

2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

水道テクニカルサービスの主たる事業領域は、水道インフラの漏水検知サービスであり、横浜市内を中心に神奈川県下全域及び関東周辺の自治体から受注している。水道は産業の血液であり、漏水検知サービスは、地元産業のみならず市民および社会活動全般のベースとなる基礎インフラの安定運営を支えている重要な事業である。

さらに、横浜市は 2011 年 11 月に「横浜水ビジネス協議会」を設置した。同協議会は、横浜市の上下水道分野が一体となり、新興国などにおける水環境に関する問題解決や、市内企業等のビジネスチャンスの拡大を通じて、市内経済の活性化等を目指すことを目的とするものである。水道テクニカルサービスは当初からこの協議会に参画し、横浜市の支援を受けながら海外での水ビジネス展開の可能性を模索している。当面は本業である漏水検知調査での展開を希望するが、将来的には管路の維持管理、補修等を担う地元企業との連携も視野に入れて、人材育成および技術開発を含めた、ビジネス範囲の拡大も検討している。今回の案件化調査への主体的な参画を含めた海外事業展開への取組を、上記協議会を通じて他の企業と共有することにより、中小規模を中心とした他の企業の海外事業展開意欲の拡大、地域経済への貢献を果たすことができると想定している。

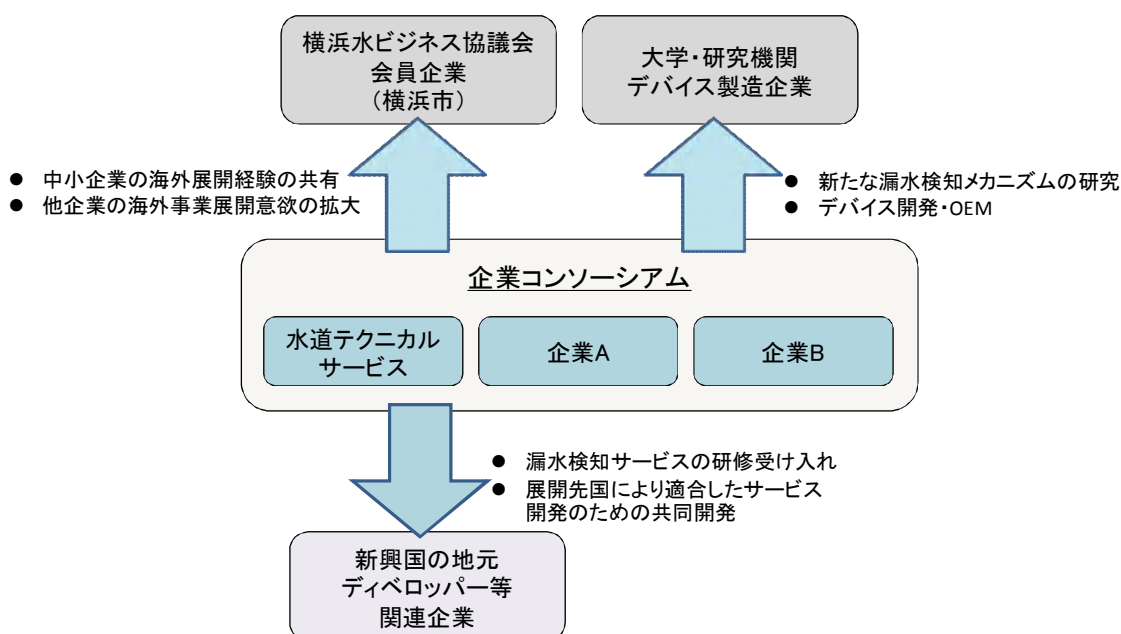


図 2-2 漏水検知サービスの海外展開による波及効果

また、今後は我が国大学・研究機関との連携を通じて新たな漏水検知メカニズムの開発やデバイスの開発も志向しており、こうした動きを通じて水道関連技術の地域的な集積にも貢献が可能である。

2-4 想定する事業の仕組み

対象分野における、バンガロール市での BWSSB、その他関連企業を対象とした調査の結果、来年度以降、有望と考える以下の事業展開を想定し、そのための検討、提案等を進めていく。

下表の①～③の事業モデルを展開していくためには、管路の敷設・補修等の包括マネジメントを実施しているインド国内あるいは我が国企業と連携することが必要となる。具体的な連携先として、インド国内で事業を実施している企業としては、L&T や TATA コンサルティング・エンジニアズ社、我が国企業として、例としては積水化学工業やクボタ等の企業が挙げられる。なお、インド企業へのアプローチ方法として、本案件化調査を通じて BWSSB に当該企業の漏水検知サービスの有効性が理解されたこともあり、官側（バンガロール市では BWSSB）と連携した漏水検知のデモ実施及びその結果を連携先候補企業に示していくことが有用であると考えている。

また、漏水調査以外の技術者トレーニングの対象企業への提案、実施にあたっては、我が国水道事業体との連携が必要であり、例えば、現在、水道テクニカルサービスが参画している横浜水ビジネス協議会を通じて横浜市水道局及び横浜ウォーターと連携していくことが考えられる。

表 2-3 想定する事業モデルと事業の仕組み

事業モデル	サービス提供・販売先	市場概況・競合企業等	市場開拓の方法
①新興国地元デベロッパーが実施する不明水対策プロジェクトへの漏水検知サービスの提供／技術者の養成	民需 (L&T、Suez JV 等、現在バンガロールにおいて漏水削減プロジェクトを実施している事業体)	・バンガロール市内において 3 つの不明水対策プロジェクトを計画・一部実施中 ・DMA により不明水評価を実施するも、受注企業において漏水箇所の特定に困難生じている ・受注企業が漏水検知に関する海外企業の情報収集を実施(インド国内にないため、イスラエルの TaKaDu 社等が候補か)	・不明水対策プロジェクト対象地域内外での、民間提案型普及・実証事業による漏水調査のデモ実施を通じた民間企業への営業 ・漏水調査以外の技術者トレーニングの対象企業への提案
②新興国水道事業体を対象にした管路管理サービスの提供／職員トレーニング	官需 (BWSSB)	・BWSSB サイドの財政・人的リソースの不足を反映して、BWSSB の独自事業として実施予定はないため、現状では対応する企業はない	・①の事業モデル(民間提案型普及・実証事業)を通じた BWSSB への事業提案 ・我が国の ODA 事業である不明水対策プロジェクトの付帯技術

事業モデル	サービス提供・販売先	市場概況・競合企業等	市場開拓の方法
		・不明水対策プロジェクトの一環として、受託企業が職員の漏水検知のトレーニング等を実施予定(トレーニング実施のキャパシティの有無は不明)	プロジェクトとしてのBWSSBへの事業提案
③他地域・新興国での漏水検知サービスの提供	官需あるいは民需 (インドあるいは他国の水道事業体、水道関連エンジニアリング会社・デベロッパー等)	・不明水対策プロジェクトのように、独立したプロジェクトが案件化されない限り、継続的に漏水検知・点検が行われていないケースが多い	・他の地域・新興国向けのODA事業等の提案 ・漏水検知デバイスの製造の現地化 ・漏水検知サービスの現地化 (OEM、サービス販売代理店ネットワークの構築)

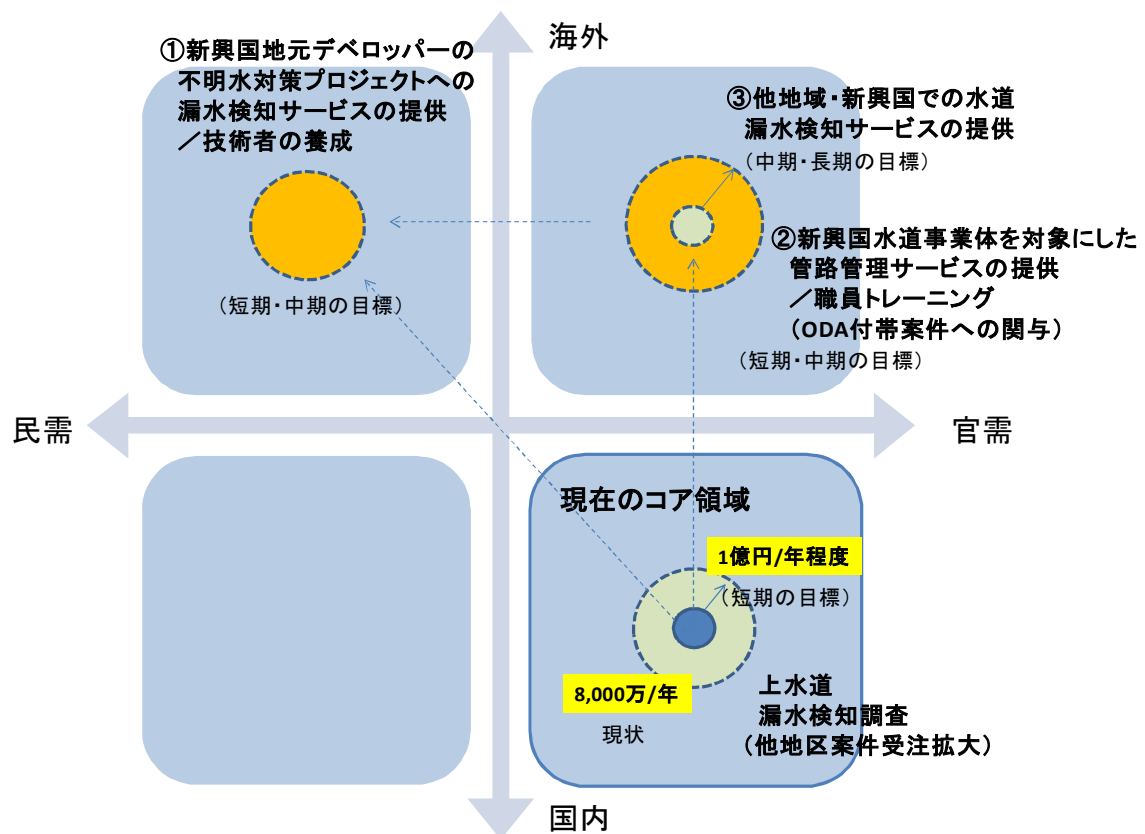


図 2-3 想定する事業モデルとセグメント別の展開の方向性

なお、「①新興国地元デベロッパーが実施する不明水対策プロジェクトへの漏水検知サービスの

提供」については、現在のインドにおいては水道事業体が定常的に漏水検知（特に地中に隠れた漏水の検知）を実施することはほぼないと考えられるため、漏水検知サービスに関する競合企業、参照すべき提供価格・コストについて、当該セグメントのみを切り出し、明示的に把握することができない。

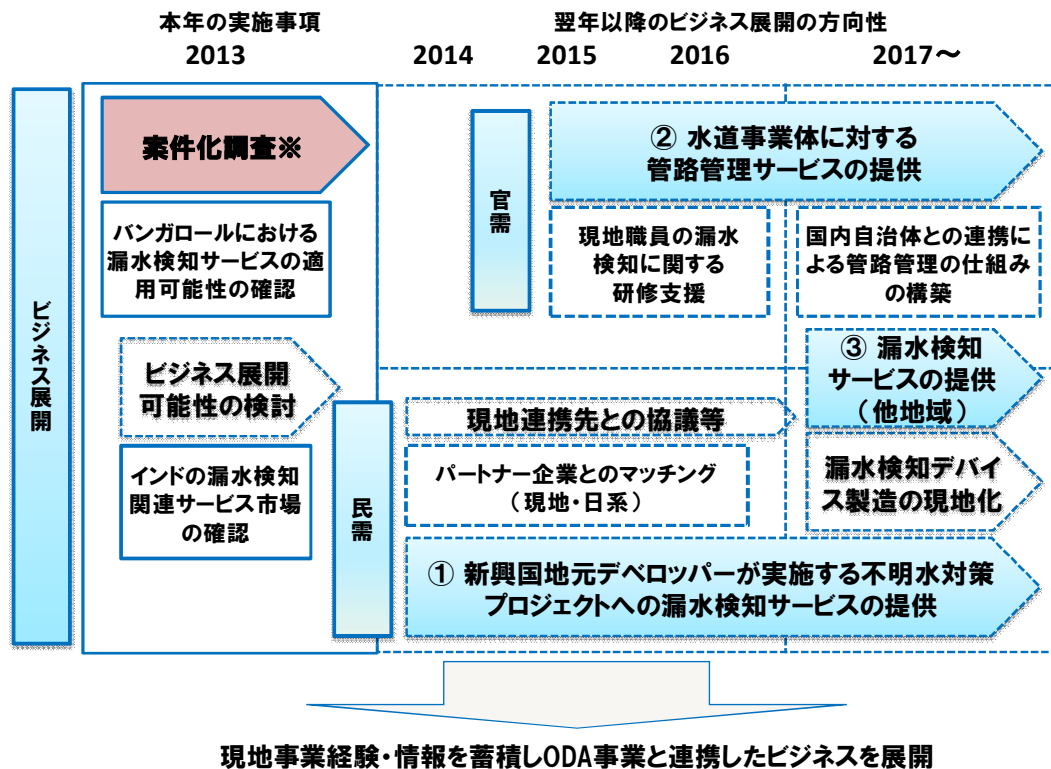
このため、バンガロール市内において３つの不明水対策プロジェクトを実施予定の事業者への継続的な調査・提案を通じて、水道テクニカルサービスとしての海外事業の採算性を評価していくことが今後の事業展開上の課題である。

また、「②水道事業体に対する管路管理サービスの提供」については、水道テクニカルサービスの事業全体の中での寄与の度合い、対象水道事業規模により大きく売上規模、費用等も変動してくるため、今後、民間提案型普及・実証事業等の実施を通じて事業計画への落としこみを図っていく必要があると考えている。

２－５ 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

２－４に示した事業モデルの具体的な展開に向けたスケジュールについては、次図を想定している。事業実施体制については、①の新興国地元デベロッパーが実施する不明水対策プロジェクトへの漏水検知サービスの提供については、既に連携している国内の漏水検知企業及び国内・インド国のコンサルタント企業との連携により実施が可能である。

一方、②として提示した水道事業体に対する管路管理サービスの提供については、事業範囲がより包括的な内容となるため、関連するノウハウ・経験を保有する自治体等との連携が必須と考えている。また、③漏水検知サービスの提供（他の地域・新興国向け）については、それぞれの地域・国向けの現地パートナー企業の検討・連携が必要であり、やや中長期の取組となる。



※政府開発援助海外経済協力事業委託費による案件化調査

図 2-4 具体的な普及に向けたスケジュール（案）

2-6 リスクへの対応

本案件化調査の開始にあたり、以下のリスク（留意）事項についての検討を行っている。結果を以下に示す。

- ①「相関式漏水検知」は、微弱な電波を利用している。日本国内では電波法に適合しているが、インド国内における機器使用条件・制約等については十分確認の上、試用を行う。
→相関式漏水検知器そのものは他の都市でも使用されており、特段の規制は受けてない。電波の最大出力規制等については今後詳細を確認する必要があるが、漏水検知精度と漏水検知管路長さの関係から特段留意すべき事項ではないと考えられる。
- ②将来的な適用可能性を検討する「トレーサ式漏水検知」は、通常、ヘリウムガスを使用しているが、水素・窒素の混合ガス等についても導入が可能である。これらのガスそのものは人体に無害であるが、ガスの取扱条件や社会慣習的な受容性などインド国内での実施の前提条件を十分な確認を行う。
→トレーサ式の漏水検知については、インド国内での使用事例が試験的なものに限られており、発注仕様に応じて調整される使用ガスの価格について新たな情報が得られていない。先行して実施されているプネ市での漏水検知プロジェクトの結果を入手し検討する必要がある³¹。
- ③ODA 案件化に際しては民間提案型普及・実証事業、円借款付帯技術支援プロジェクト並びに中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力を念頭に置いた案件化を念頭に調査を行う。
→本項については、5章を参照されたい。
- ④入札体制の確認、当該製品・サービスの価格優位性、機材・資材の現地調達の可能性の確認について調査する。
→現時点では、BWSSB において水道事業体としての独自の漏水検知業務を行っていないため、漏水検知サービスに関する競合企業、参照すべき提供価格・コストについて、当該セグメントのみを切り出し、明示的に把握することができない。このため、バンガロール市内において3つの不明水対策プロジェクトを実施予定の事業者への継続的な調査・提案を通じて、水道テクニカルサービスとしての海外事業の採算性を評価していくことが今後の事業展開上の課題である。
- ⑤本調査は漏水検知の調査を主とするが、カウンターパートの要望によっては、漏水箇所の修繕や、無収水率の改善、検針や料金システムの改善等、水道事業全体におけるパッケージでの解決方法の提案を検討する。
→漏水検知のみならず、漏水箇所の修繕等の業務については効率的かつ実効的な手法について、BWSSB より情報提供の要望があった（補修方法については、我が国自治体の対応事例について情報を提供）。検針や料金システムの改善ニーズはあるものと想定されるが、配水施設や配水管のバルブの設置施工不良に関する改善ニーズのほうははるかに大きいと考えられるため、優先順位をつけた水道事業の改善提案が必要である。

³¹ マハーラーシュトラ州の Pimpri-Chinchwad（プネの西に位置、人口 172 万人）において、ガス式（ヘリウムガス）の漏水検知技術を用いたパイロットプロジェクトが実施されている。詳細は不明である（都市開発省に対するヒアリング結果）。

その他漏水検知業務に係るリスク要因について、今回の案件化調査において把握したリスク要因と対応方針について下表に示す。

表 2-4 想定されるリスクと対応方針

リスク分類	リスク要因	対応方針
① 知財・法的 リスク	・ L-sign と同種製品の開発・販売 ・ L-sign 盗難の可能性	・ L-sign について、我が国においては製品特許を取得している。インドにおいては未取得であるが、仮に取得したとしても権利侵害に対して有効な手立てを講じることは困難である。このため、L-sign のセンサ部分等、中核デバイスについて一層のブラックボックス化を図り、模倣されない対策を講じる。 ・ 給水管用 L-sign は各戸敷地内に設置されるため、配水管用 L-sign に比べて盗難の可能性は少ないが、何れにせよ双方について取り付け器具の特殊化で対応する。
② 事業リスク	・ 常時給水でないことによる漏水調査時間の制約 ・ バルブ等の設置状況（バルブ間が長い、バルブからの漏れ）による漏水調査方法の制約 ・ 交通量が多いことによる音聴方式に寄る漏水調査による制約	・ 水道事業体との連携により、漏水調査時間帯の調整を行う。 ・ 不明水対策プロジェクトと連携したバルブの改良（給水メーターについては DMA 対象地域については全戸取替を実施しているため、併せて改良を実施）。
③ 環境リスク	(該当事項なし)	(該当事項なし)

第3章 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性の検証（実証・パイロット調査等）

3-1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性の検証（実証・パイロット調査等）

本邦での漏水特性に合わせ開発・調整された機器をバンガロール市にて使用するに当たり、必要な改良点と適合するシステムを見出すことを目的に、次の点に留意し実証を実施した。

- ① バンガロール市水道施設・環境、水運用状況（水圧、給水時間制限 等）の確認・把握
- ② 対象水道施設への機器設置可否判断、設置時の付加機能の必要性
- ③ 発生する漏水に対する各種機器の検知状況と機器調整の確認
- ④ 水道施設・水運用状況に見合った漏水モニタリングシステムの検討

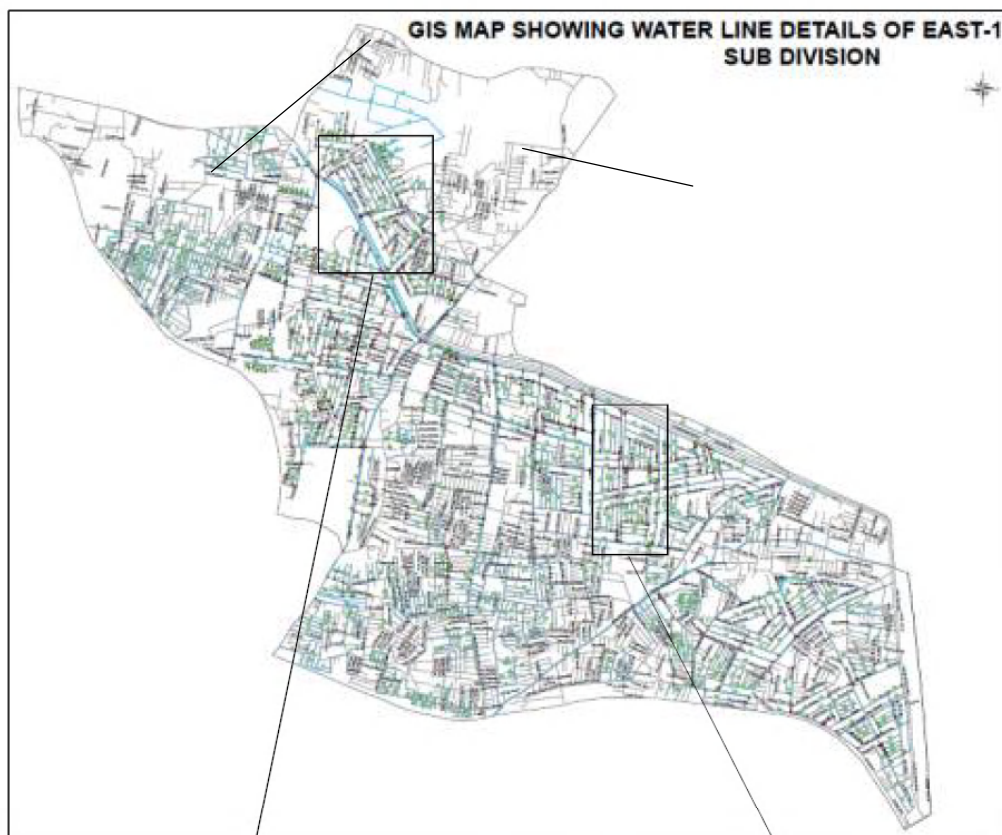
3-1-1 調査対象範囲

実証・パイロット調査を実施する場所については、バンガロール上下水道局との協議の上、バンガロール市の東に位置する「E1 Subdivision」地区内の、HBR Layout（地区記号）および HRBR Layout（地区記号）の2地区を選定した。このうち、HBR Layout においては、主要道路沿いを含む住宅地区を対象とし、一方の HRBR Layout 内選定地区は、新興住宅街で施設も比較的新しい地区を対象とした。

以下の表に各地区における調査対象範囲を、次ページの図に対象地区を示す。

表 3-1 調査範囲

エリア名	HRBR レイアウト	HBR レイアウト	合計
調査対象 管路延長（m）	5,000	3,000	8,000
調査対象 給水戸数（件）	250	150	400



East1 Subdivision



HRBR Rayout

図 3-1 調査エリア

3-1-2 調査対象工法・技術

実証・パイロット調査にあたっては、漏水モニタリング工法、音聴型調査工法および相関式調査工法をバンガロール現地において実施した。トレーサ式調査工法（ガス式）については、現地における実証は実施しなかったが、現地設備等の状況について確認を行った。

工法毎の実施実施箇所数、調査距離を以下に示す。

表 3-2 実証実施工法及び実施箇所数

工法毎の実施箇所・調査延長	地区名		合計
	HRBR レイアウト	HBR レイアウト	
漏水モニタリング工法			
配水管用 L-sign 設置数（箇所）	2	8	10
モニタリング延長（m）	500	550	1,050
給水管用 L-sign 設置数（箇所）	60	30	90
音聴型調査工法			
メーター音聴調査箇所数（箇所）	190	120	310
路面音聴調査延長（m）	4,500	2,450	6,950
相関式調査工法			
相関式漏水調査箇所数（箇所）	2	1	3
調査距離（m）	180	30	210

以下、対象工法の概要及び検証項目について整理した。

（１）漏水モニタリング工法（L-sign 常設型自動漏水音検知器）

漏水モニタリング工法は、L-sign 常設型自動漏水音検知器を用いて、機器を仕切弁や各戸の給水管に設置して漏水音を検知する工法であり、漏水を検知した場合は LED が点滅して通知する。可動時間帯は、任意にプログラミング可能であり、水運用状況や地域の特性にあわせた動作が可能である。配水管用はマグネットによって仕切弁に固定し、給水管用はボールチェーンによって給水管に固定される。

本調査工法は、本来は仕切弁やメーターに長期間機器を設置し、メーター検針員等の定期的な巡回に併せて漏水状況をモニタリングすることで、漏水調査の効率化を図ることを目的として開発されたものである。このため、通常 L-Sign は騒音の少ない深夜に漏水を検知するようプログラミングして用いる。

本実証・パイロット調査においては、L-Sign の漏水検知性能をバンガロール市水道施設において実証することを目的としたため、実証実施用としてプログラミングされた機器（配水管用＝1 分間測定・給水管用＝5 分間測定）を使用し、設置撤去を繰り返して実証実施を行った。

表 3-3 常設型自動漏水検知器 L-sign 仕様（抜粋）

仕 様	配水管用	給水管用
漏水音検知可能範囲	金属管＝100m～150m 樹脂管＝ 50m～ 70m	概ね 10m～30m
設置箇所	仕切弁スピンドル 水道管本体	メーター付近給水管
可動期間（メンテナンスフリー）	8 年	8 年

本工法に関する検証項目としては以下を設定した。

- 機器の設置可否（不可能な場合の代替方法検討）
- 漏水音捕捉状況
- 都市騒音等の影響（誤作動の有無）



図 3-2 常設型自動漏水監視装置

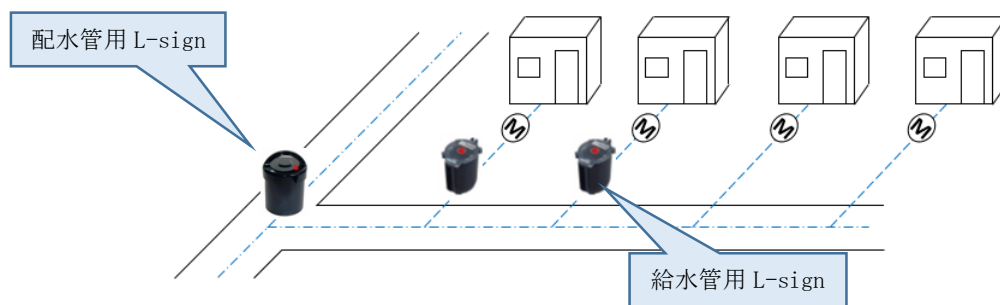


図 3-3 常設型自動漏水検知器（L-sign）設置状況図

（２）音聴型調査工法

音聴型調査工法は、技術者が主に配水管上の地面について漏水探知機で、各戸メーター・仕切弁を対象に音聴棒を使用して漏水音を探知する従来型工法である。本調査工法は漏水調査における最も基本的な工法であるが、調査の実施にあたっては技術者が一定程度熟練している必要がある。

本実証・パイロット調査では、バンガロール市における通水音・漏水音の特性と音聴調査時の都市騒音による影響を把握するために実施した。



図 3-4 音聴調査工法

（３）相関式漏水調査工法

相関式漏水調査工法は、相関式漏水探知器を用いて、漏水擬似音箇所（漏水があると推定された箇所）に対し、漏水位置を特定するために相関式漏水探知器が有効であるか否かを検証するた

めに実施するものである。

相関式漏水探知器は、漏水箇所から伝わる漏水音の伝播速度差を利用して漏水位置を判定し、各センサから漏水箇所までの距離として表示する。センサと本体は無線によりデータの送受信が行われる。無線電波の送受信範囲内であれば長距離の調査が可能であるが、調査範囲は漏水音が伝播する範囲内に限られる。一般的な相関式漏水探知器は、電波の送受信距離は本体とセンサ間が約 100m であるため、調査範囲は 2 点間最大約 200m である。(漏水音の伝播距離は漏水量、水圧、配管材質、により異なる)

本工法に関する検証項目としては以下を設定した。

- 都市騒音による影響
- 通水直後、配管内に空気が残存する状態での漏水検知可否
- サンプ（個人宅受水槽）流入時の影響
- 相関式漏水探知器使用の前提になるバルブ位置状況の確認

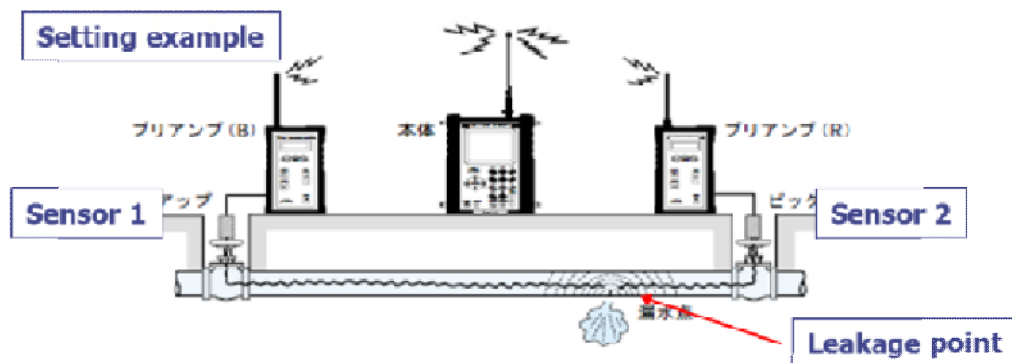


図 3-5 相関式漏水調査

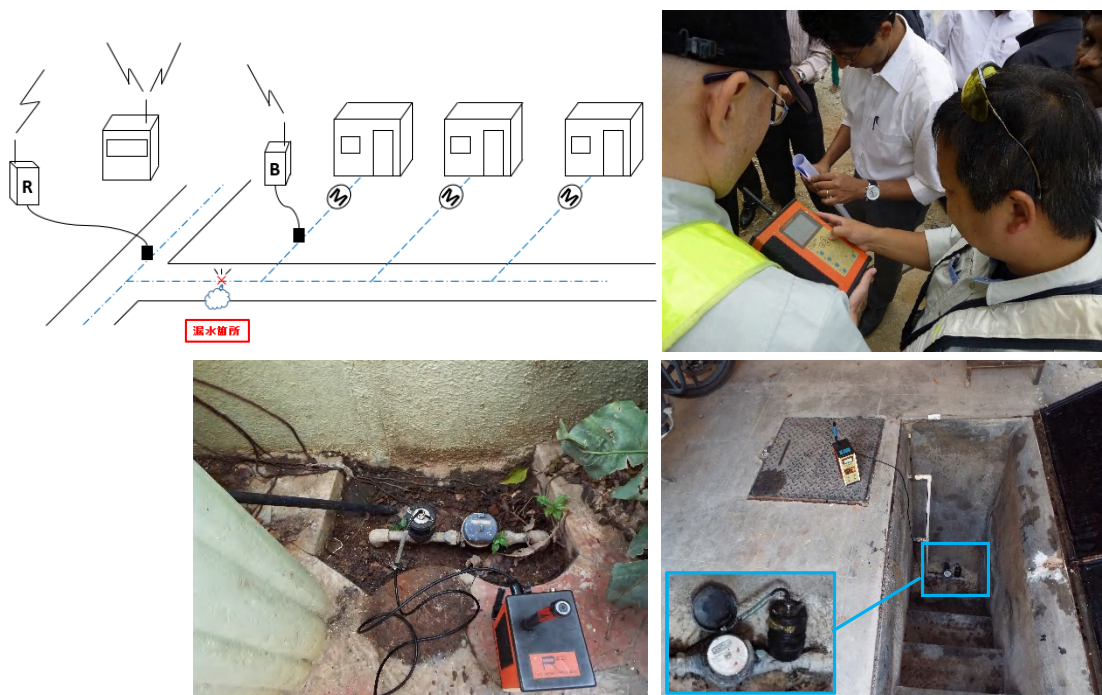


図 3-6 相關式漏水探知機設置状況・操作状況

(4) トレーサ式調査工法

トレーサ式調査工法は水道配管内にトレーサ用のヘリウムガスを注入し、地表面からガスをトレースして漏水位置を特定する工法である。今回は、実証は行わず調査実施に際しての必要項目の検証を目的として以下の検証項目を設定した。

- 調査実施にあたって一定区画に仕切るために要する仕切弁状況（埋没や破損・配置状況）の確認
- ガスを注入するための注入口の確保可能性

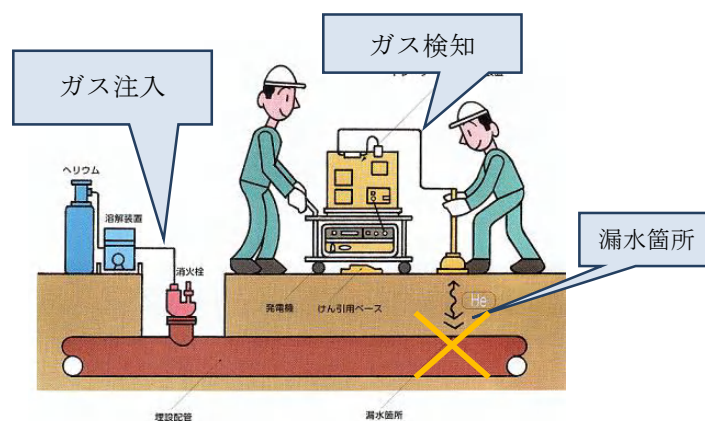


図 3-7 トレーサ式調査工法

3-2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

3-2-1 漏水調査結果

本実証・パイロット調査においては、実際の漏水調査を実施しながら、漏水調査工法の実証を実施した。これにより、以下の漏水箇所が特定された。各漏水の状況は **LeakPointReport** として BWSSB に提出した。

調査の結果から、配水管からの漏水が 5 箇所、仕切弁からの漏水が 2 箇所、給水管からの漏水が 8 箇所特定され、合計毎分 110L の漏水が推定された。

表 3-4 項目別調査結果

漏水名	件数	漏水量 (L/min)
配水管上漏水	5	90.0
仕切弁漏水	2	15.0
給水管上漏水	1	5.0
計	8	110.0

表 3-5 調査結果一覧

No.	エリア	漏水名	漏水量 (L/min)	状態
1-1	HRBR レイアウト	給水管上漏水	5.0	地上流出
1-2	HRBR レイアウト	配水管上漏水	50.0	地下漏水
1-3	HRBR レイアウト	配水管上漏水	10.0	地下漏水
1-4	HRBR レイアウト	仕切弁漏水	10.0	地上漏水
2-1	HBR レイアウト	配水管上漏水	15.0	地上漏水
2-2	HBR レイアウト	仕切弁漏水	5.0	地上漏水
2-3	HBR レイアウト	配水管上漏水	10.0	地上流出
3-1	HBR レイアウト	配水管上漏水	5.0	地上流出
計		8 件	110.0	

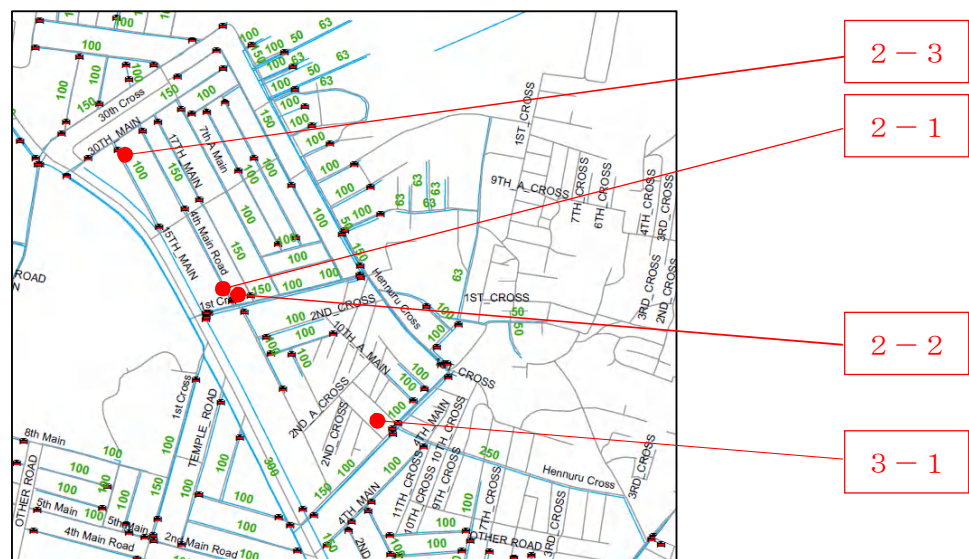
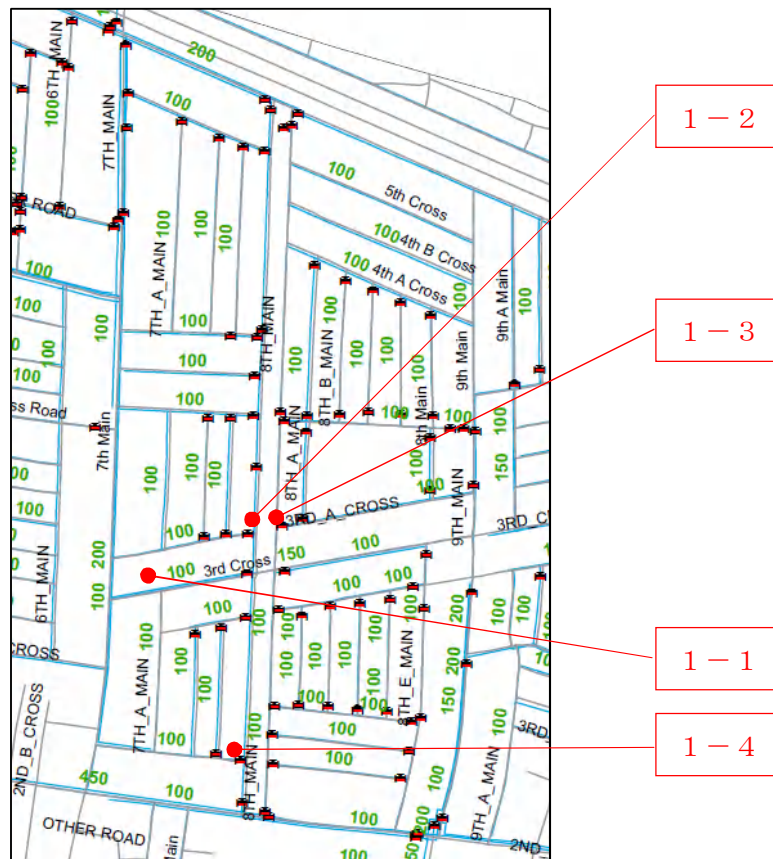




図 3-10 漏水箇所報告書

3-2-2 工法毎の検証結果

上記に示した検証項目についての工法毎の検証結果を以下に示す。

(1) 常時漏水モニタリング工法

① 機器の設置可否、不可能な場合の代替方法検討

配水管用 L-sign に関しては、仕切弁保護板（花崗岩）の作業孔が狭く、設置するためには保護板の移動を要する箇所がある。また、常設するには盗難防止のため、弁筐・弁蓋の配置が必要とされる一方、サイズが小型の給水管用 L-sign については実証実施地区内の約 90%以上において現状施設で設置が可能であることが確認された。

② 漏水音捕捉状況の確認

漏水が発生している箇所付近の仕切弁および各戸メーターに L-Sign を設置し漏水音の検知状況を確認した結果、正常に漏水音を検知（LED が点滅）されることが確認された。また、漏水音や使用水音が無い箇所では LED の点滅は認められなかった。

③ 都市騒音等の影響（誤作動の有無）

今回使用したテスト用 L-Sign では、配水管用 L-Sign の場合センサをリセット後 1 分で検知、給水管用 L-Sign の場合は 5 分で検知するようにプログラミングを行い設置した。結果、交通量が多く車両騒音が常時発生している幹線道路沿いの 3 箇所（配水管用 2 箇所、給水管用 1 箇所）ではこれらの騒音を受け、誤作動が確認されたが（約 100 箇所設置のうち 3%）、その他の住宅街では騒音の影響無く機能することが確認された。



図 3 - 1 1 仕切弁の状況と配水管用 L-sign 設置状況



図 3 - 1 2 給水管用 L-sign 設置状況

（２）音聴調査工法

① 通水音・漏水音の特性と音聴調査時の都市騒音による影響

音聴棒による聴音については、メーターでは低水圧でも通水音・漏水音を十分聴き取ることが可能であった。また、都市騒音が発生している幹線道路沿いでも漏水調査技術を有している者であれば音の確認（判別）が可能であることが確認された。仕切弁では、聴音箇所付近で多量の使用水並びに漏水が存在すれば音を捕捉することは可能、反面、聴音箇所より音源が遠い場合は捕捉が困難であった。

漏水探知器による配水管路上（路面）の聴音状況は、低水圧でも配水管分岐部において使用水を聴き取ることが可能であった。また、発見された 2 箇所の配水管上漏水の特性は、漏水孔より発生する漏水音に空気音（エア－排出音）が混じる状況で発生しており、独特の漏水音として聴音することが出来た。（管内にエア－を注入し漏水擬似音を検知する工法であるコンプレッサー工法での音と近似している）

これは、エリア内給水開始直後に実施したことにより生じた音と考えるが、調査員が慣れれば聴音し易い音であることから、輪番制給水施設における漏水検知手法として利用できる可能性が確認された。

（３）相関式調査工法

① 通水直後、配管内に空気が残存する状態での漏水検知可否

通水開始後、管内に多量に空気が残っている状態では漏水音を示す波形に乱れが生じるため、相関式漏水探知器の使用による漏水位置特定は困難であることが確認された。ただし、通水開始から 1～2 時間後、管内に残存する空気が徐々に排出され少量になると波形が安定し、漏水位置特定が可能になった。このため、給水後 1～2 時間後から開始とすることで、当該機器の使用は可能であることが実証された。

これにより、漏水調査を実施する場合、6時間の給水地区では4～5時間程度の調査時間となるが、この時間内であれば移動を含め5～7箇所程度の漏水確認調査が実施できることから作業時間の短縮による影響は無いものとする。

② サンプ（個人宅受水槽）へ流入音の影響

複数のサンプに一斉に給水されている場合は、調査精度に影響が生じることが判明した。サンプへの給水が停止している状態か、一時的にサンプのバルブを閉栓し機器への影響を最小限にすることで相關式漏水探知機器の使用が可能となることが確認された。相關式調査は、ある程度漏水箇所のある地域を絞り込んだ後に実施するため、検知の作業を行う者が各戸のバルブの閉栓を行うことも、実際の作業上は可能と考えられる。

なお、パイロットテスト時にサンプ工事を確認したところ、1.5m×3m×有効高さ約2mの容量9tのサンプであった。現地での確認によれば、このサンプは大きい部類で平均的なサンプ容量は、3t程度とのことであった。また、現地にて口径15mmの給水管により（エア混在中ではあるが）サンプへ補給される量をメーターで計測したところ、16～25L/minの流量が確認出来た。容量3tのサンプへ25L/minの流量で補給した場合の給水時間を算出すると、完全に空の状態では2時間、サンプ内に残存水があると想定した場合で1時間～1時間半程度となる。

（４）トレーサ式調査工法

① 調査実施にあたって一定区画に仕切るために要する仕切弁の状況（埋没や破損・配置状況）

仕切弁については、BWSSBの有するGIS図面上では200m～400mの間隔で設置されていることが示されているが、現地で確認した状況からは通常使用されている仕切弁については埋没しており存在を確認できない状況や、設置が確認されても機能に問題があると判断される仕切弁も見受けられた。このため、トレーサ式調査工法のために、区画を仕切るために実質使用できる仕切弁は極めて限られていることが確認された。バンガロールにおいてトレーサ式調査工法を実施するためには、新たな仕切弁の設置が必要と考えられる。

② ガスを注入するための注入口の確保可能性

ガスの注入にあたっては、バンガロール市における現状施設では、各戸のメーターを撤去し注入口とする方法しか存在しない。

トレーサ式工法は、埋設管の漏水孔より噴出するガスを地上面より検知する方式である。このため、音聴式で必要とされるような専門技術は必要ではなく、機器操作技術のみで実施可能である。又、水道管にガスを注入することから、調査実施は断水時の方が適している。

これらの要因からバンガロール市への適性が高いことが想定されたが、今回の確認において、現状の施設において当該工法を実施することは、以下の点から困難であることが確認された。

- 仕切弁の間隔が長く、調査には大量のガスを注入することが必要となりコストが割高となる。
- 定期的な開閉が行われていない仕切弁については点検や動作確認が実施されていないため、ガスを密閉できるかが不透明。
- 各戸の受水槽（サンプ）はボールタップによって水位に応じてバルブの開閉が行われているが、気密性が不十分であるため、ガスの気密性を確保するためには、調査員が各戸のバルブを閉栓する必要がある、大きな手間がかかる。
- ガス流入口として、メーターを撤去し流入口を設置する必要があるが、調査延長が長い

場合や大口径の場合は、これだけでなく新たな注入口とする設備が必要。

※ 上記の前提としては、ガスの不要な箇所への拡散を防ぐために、小区画に仕切る方法を想定する。トレーサ工法におけるガスの使用量について、配水管にトレーサガスを注入するに当り 0.1MPa で注入した場合の注入量を記す。

表 3-6 トレーサ工法におけるガスの使用量 (単位 m^3)

管路延長 口径	100m	200m	300m	400m
100mm	0.76	1.57	2.36	3.14
150mm	1.77	3.53	5.30	7.01
200mm	3.14	6.28	9.42	12.56

漏水が発生する圧力と、水とトレーサガスの圧縮比を考えて使用する必要があり、0.15MPa で漏水が発生する場合は、その圧力までガス圧をあげる必要が生じる。

また、実調査に使用するガス量を考慮する項目として、配水管内の残存水排出作業分、給水管の体積分、サンプ流出分、漏水箇所からの流出分及び地表に達するまでの時間分等、管内圧力維持を計算し注入する必要がある。従って、調査開始までに表の約 4 倍のガス量を注入する必要があり、また、調査開始後は時間経過毎に圧力維持のため、ガス注入を継続することから 1 時間で約 2 倍加算する必要が生じる。結果として、ガスの注入開始と調査が 2 時間かかるとした場合、少なくとも表の 8 倍の量を必要とする。

下記に例として、調査対象管路口形 100mm×延長 300m、調査時間 2 時間要した場合のガス使用量と概算費用を算出する。

$$2.36 \text{ m}^3 (\text{表より}) \times 4 \text{ 倍} \times 2 \text{ 時間} \times \text{ガス単価 } 3,000 \text{ 円/m}^3 = 56,640 \text{ 円}$$

3-2-3 検証結果を踏まえた調査機器の改良課題

上記検証結果より、L-Sign のバンガロール市の状況に適した改良を行う必要性が以下のとおり明らかとなった。

(1) 内部設定に関する改良課題

バンガロール市では、エリア毎に給水時間が指定されている輪番給水制であることから、各エリアの給水時間内にセンサが可動する設定とする必要がある。

特に各エリアへの給水開始直後は、配管内に空気が多量に混入している事とサンプヘー齊に給水されている事から漏水音の捕捉は困難である。このため、給水開始から一定時間を置いてから可動する設定とする必要があるが、検知プログラム、時間設定の変更により対応可能である。

(2) 設置方法に関する改良課題

バンガロール市では、仕切弁がバルブボックス等で保護されておらず、岩盤製の保護板の隙間から誰でも手を入れることができる状態にある。このため、配水管用 L-Sign については何らかの外的要因による脱落防止と盗難対策が必要である。

給水管用 L-Sign については、各戸の敷地内のメーター付近に設置するために、盗難の可能性は低い、メーターボックス等で保護されていないため、何らかの外的要因による脱落防止が必要であるが、固定部品の改良により対応が可能である。

(3) 感度に関する改良課題

L-Sign については、日本の施設環境に最適化された現在の設定では感度が高すぎる傾向にあり、設置環境によっては都市騒音による誤検知の恐れがある。このため、バンガロール市の都市騒音の特性に合わせた適正な感度調整が必要であるが、検知プログラムの変更等により対応可能である。。

3-2-4 バンガロール市において最適な漏水管理システムの検討

前項までは、漏水調査における工法別の検証を実施した。これらの検証結果をもとに、バンガロール市における課題や制約要因に対応した形での、最適な漏水管理システムについて検討を行った。本調査では、バンガロール市における漏水管理上の課題や制約要因として以下の事項が抽出された。

＜バンガロール市における漏水管理上の課題・制約要因＞

- 調査時間の制約：輪番給水制であり、給水エリア単位、週内指定日（2～3日）に平均4時間の給水
- 平均水圧 0.1MPa の低水圧で給水されている（我が国の水道法での最低水圧は 0.15MPa）
- 断続給水のため管内に空気が滞留し、エア－溜が常態化している
- 仕切弁等の配水管付属設備が少ない
- 各戸への給水はサンプを経由しているため、給水開始と共に一斉に使用が開始される
- BWSSB には漏水検知を行う技術者が在籍していない（技術指導・トレーニングにより2年～3年後を目標に技術者を育成する予定となっている）

以下の表では、本調査において検証を行った工法について、機能、必要な技術レベル、調査コスト、検証・パイロット調査におけるバンガロール市における実施可能性について比較を行った。表に示すとおり、漏水調査の実施にあたっては、広範な給水エリアの中から漏水が発生しているエリアを絞りこむための、漏水エリア選定と、選定された漏水エリアの中から具体的な漏水箇所を特定するための漏水位置特定の2つ段階が存在する。

表 3-7 バンガロール市に対する工法別適応評価表

漏水調査工法		機能	必要 技術レベル	調査コスト		バンガロールにお ける実施可能性
				初期 費用	運転 費用	
管路モニタ リング工法	L-sign 配水管用	漏水エリア選定	低	高	低	○
	L-sign 給水管用	漏水エリア選定	低	高	低	◎
音聴式 調査工法	戸別音聴調査	漏水エリア選定 漏水位置特定	中 (漏水音の有無確認)	低	中	○ ※要技術力育成
	路面音聴調査	漏水エリア選定 漏水位置特定	高 (漏水音の判別)	低	中	○ ※要技術力育成
相関式調査工法		漏水位置特定	中 (要機器操作技術)	高	低	○ ※施設状況に依存
トレーサ式調査工法		漏水位置特定	低 (機器操作技術)	高	高	×

バンガロール市における課題・制約要因および上記表に示した工法別の特性を踏まえ、バンガロール市に最適なシステムとして「常設型漏水監視機器 L-sign を用いたモニタリング漏水調査システム」を提案する。

同システムでは、調査業務のうち最も負荷の高い作業である「広域な調査区域内からの漏水エリアの選定」を、L-sign を使用することで現在の BWSSB における調査技術の不足を補いながら実施できるものである。

L-sign を選定した理由は、次のとおりである。

- ・作業効率の確保

音聴棒による人的調査では給水状況の影響を受け、通水時間に併せて調査を実施しなければならず、調査作業の連続性が失われ作業効率の大幅低下を招きかねない。しかし、L-sign はプログラムを調整することにより、漏水エリア検知・選定が輪番給水に併せ自動的に行うことが出来る。

- ・調査効率化による費用対効果の向上

漏水エリア選定作業（L-sign 作動の巡回調査）をメーター検針時の付随作業として実施することにより、作業効率の向上と調査費用の削減が可能となる。

- ・安定した調査成果

技術者が主体となる人的音聴調査では、掛かる作業量や費用の面で困難と考えられる年複数回の調査が、メーター検針時の付随作業として実施することで年複数回の巡回調査が実施可能となる。これにより、漏水の発生→検知→修繕までの間隔が短縮されることで、初期発見漏水はもとより修繕後に発生する漏水復元への早期防止により、損失水量が安定的に抑制、無収水の削減に効果が発揮できると考える。

- ・漏水調査技術の補完

L-sign は特殊な技術を必要とせず、目視確認により漏水有無が判別できることから、漏水調査技術を保有する職員が不在である現在の BWSSB において、漏水調査技術の補完的要素として効果が期待できる。

モニタリング漏水管理システムの具体的な実施手順を以下に示す。モニタリング漏水調査では、第 1 段階として漏水管理計画を策定した後、給水エリアに漏水モニタリング機器である配水管および給水管用の L-Sign を配置する。モニタリング機器を配置したエリアを対象として、定期的に巡回する。なお、巡回にあたっては、メーター検針業務等と同時に実施する等により、作業が大幅に効率化できる。定期的な巡回により、漏水が発生しているエリアが抽出される。抽出されたエリアについては漏水位置特定調査を実施する。調査の工法については、相関式及び音聴式工法のうち当該施設状況に望ましい工法によって実施されることが想定される。漏水位置特定調査により特定された漏水箇所については修繕が実施される。

モニタリング漏水管理システムを導入することで、これらの漏水調査サイクルを年に数回実施することができる。

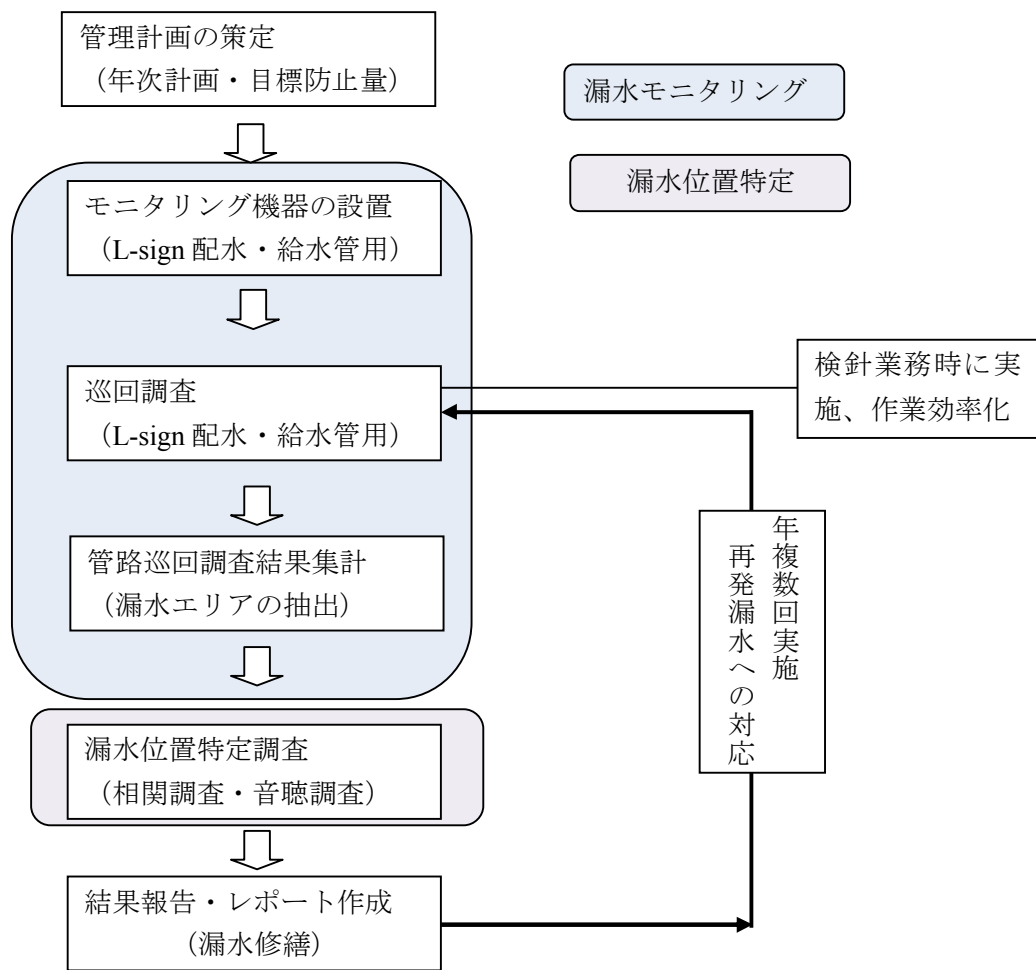


図 3-1 3 モニタリング漏水管理システム

実施にあたっては、現状の日本版 L-sign についてプログラム変更を行い当該施設に適応する自動監視機器へとカスタマイズすることで輪番給水やサンプ同時給水等、バンガロールにおける給水上の制約要因に対応することが可能である。

また、常設された機器に対する巡回調査は、漏水による異常を示す LED の目視確認であることからメーター検針時検針員が実施することで、BWSSB の人員が限られる中、作業の効率化と 1 年間に複数回の調査が可能となることから、再発する漏水への対応が可能となり、長期的な観点から漏水を削減することが可能となる。

なお、バンガロールにおいては仕切弁の設置間隔が広く配水管用 L-Sign の十分な設置が難しい状況が想定されるが、このような場合は、給水管用 L-sign の設置を増やすことで面的に漏水音に対して補填・捕捉が可能となる。

3-3 採算性の検討

本調査の対象は漏水検知に係る機器売りではなく、漏水検知サービスのバンガロールにおける展開である。このため、採算性については単純な想定ではなく、今後展開が考えられる漏水検知サービスの方向性もとにした検討が必要である。

以下では、BWSSB 側のニーズに立脚した形での今後の事業の方向性について整理を行い、L-sign を用いた漏水検知サービスの提供による具体的な効果と費用については「4-3 ODA 案件の実施による提案企業の事業展開に係る効果」の中での概略試算を行ったので参照されたい。

(1) 事業概要案

今後事業を実施する内容としては、以下の3つの構成要素を想定する。

① インド版 L-Sign の開発・改良

L-sign のインド版への改良は、現行 L-sign を現地施設及び水運用に併せるため、現地での漏水管データ収集と得られたデータを基にした試作機の製作、試作機によるフィールドテスト等の作業が必要となり、改良点としては、感度調整・自動検知プログラムの変更・設置方法の検討となる。

② BWSSB 職員への技術指導・技術移転

BWSSB が希望する、提供エリア内の漏水調査業務を本邦技術職員と協業実施する中で行う方法とする。なお、BWSSB からは1サブディビジョン（例：EAST 1 配水管延長 L=415km）を要望されていることから、当該地区を実施した場合は相応の日数が想定される。

③ 事業終了時での BWSSB によるシステムの自主運用

漏水調査に関する知見、漏水位置を特定するために使用する各種機器の取扱い、調査技術の習得が必要となるが、上記②の協業の中でその習得を目指す。（自身の施設環境下で技術を取得する）システム構築に必要な監視機器 L-sign 給水管用・配水管用については、上記①インド版 L-sign の開発を受け、提供されるエリア内にパイロット地区（想定：配水管延長 L=20～30km、給水戸数=1,500～2,500 戸）を作り、機器を常設した上でシステムの運用を実現する。その後、運用実績を踏まえ年次計画等により範囲を順次拡大する。

(2) 事業経費

上記に示した事業概要から採算性を鑑みると、機器改良費用については現地でのデータ収集に関する人件費並びに試作機製作に関する費用は要する。

一方、漏水調査に関する技術指導では、各種漏水調査機器の購入と現地技術指導（漏水調査業務の実施）に関する人工費用が必要とされる。

システムの構築・運用については、機器納品と設置および巡回計画策定・指導が主なものとなるが、機器の納品時に巡回計画の策定・指導を行い、機器設置については BWSSB 職員の作業とすれば掛る費用は機器代金となる。

カウンターパートから次期スキームに関し強いニーズはあるものの、漏水調査業務の実施、技術指導・トレーニングに関しては技術提供が主となることから、規模により掛る経費は想定できるものの採算性については次期 ODA スキームを踏まえた上での検討・協議が必要と考える。

第4章 ODA案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性

インドでは、安全な水へのアクセス率は、1990年に都市部90%、農村部で66%であったものが、2008年には都市部96%、農村部で84%へと改善しており、第11次5カ年計画（2007年4月～2012年3月）で掲げられている「インド全土での飲料水への持続的なアクセスの確立」という目標に向けて着実に改善が見られる。加えて、第12次5カ年計画（2012年4月～2017年3月）では、2017年度までに都市部全人口への上水供給、24時間連続給水、均等給水の実現、水道事業体の独立採算経営（O&Mコストに対するコストリカバリーの実現）の達成が目標として盛り込まれている。

こうした計画・目標に基づき、インドでは都市部の急速な成長に伴い水道インフラの整備が急ピッチで行われているものの、絶対的な水資源量の不足および未熟な処理技術に起因し、日本のような高品質な水道供給が行われていない（低品質な水質、時間制約のある不連続給水）。結果として、水道サービスの向上が大きな課題である。特に老朽化した既存水道インフラからの漏水も由々しき問題であり、貴重な水資源の浪費につながっているため、その解決は喫緊の課題となっている（無収水率はバンガロールで最大50%程度である）。

水道テクニカルサービスでは、漏水音を機械検知する「相関式」及びセンサ（L-sign）を面的に配置して漏水可能性のある箇所を絞り込む「常時漏水モニタリング」技術を保有している。L-signは、搭載された高感度受振センサを管路の適正位置に常時固定設置することにより、漏水を検知する製品である。これら漏水検知技術は、今回の現地におけるパイロットテストによる実証を通じて、バンガロール市に適用可能な技術であることが明らかとなった（管路内にガスを圧送してガスの漏出を検知する「トレーサ式」漏水検知サービスについては、引き続き管路・バルブの状況を見極めつつインドにおける適用可能性を検討することが必要）。

また、上記に加えて、水道テクニカルサービスの技術者は15～20年の漏水検知に関わる実績を有しており、漏水検知のみならずインド国内の水道事業体職員の研修含め、インドの上水供給における開発課題解決（漏水量・率の削減）に貢献できる。

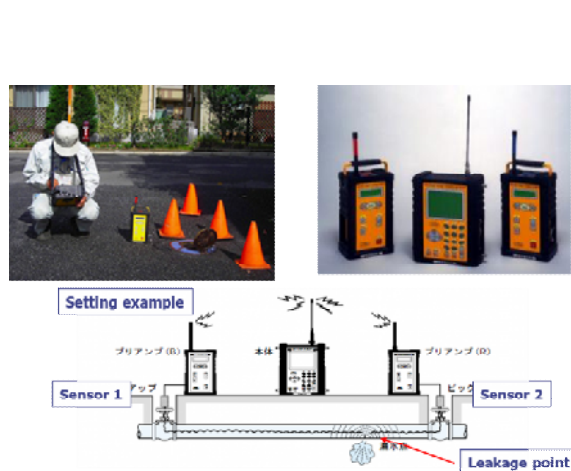


図4-1 相関式

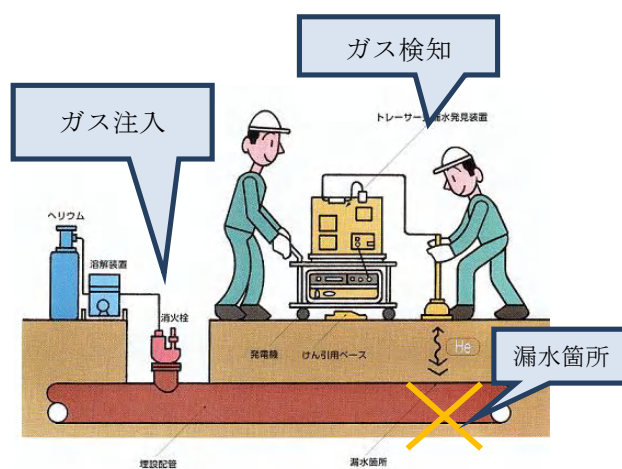


図4-2 トレーサ式



図 4-3 漏水モニタリングセンサ (L-sign)

4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

漏水は貴重な水資源の浪費である（漏水を含めた無収水率は、バンガロール市で 50%程度にも達する）。漏水検知により早期の漏水防止が実現でき、水資源の確保と言う課題に直面するバンガロール市の水道サービスの向上に貢献できるという直接的な効果がある。加えて、無収水の削減による収入の増大、現在、輪番制となっている給水時間の拡大や給水人口の拡大を通じて水道事業の健全化にも貢献できる。

中長期的には、水道テクニカルサービスの漏水検知技術・製品の活用により、計画的な漏水検知の実施及び予防的な管路改修等の水道管路マネジメントの向上を通じて更なる漏水量・率の低減及び低漏水量・率の維持につながるという効果が期待される。

漏水量

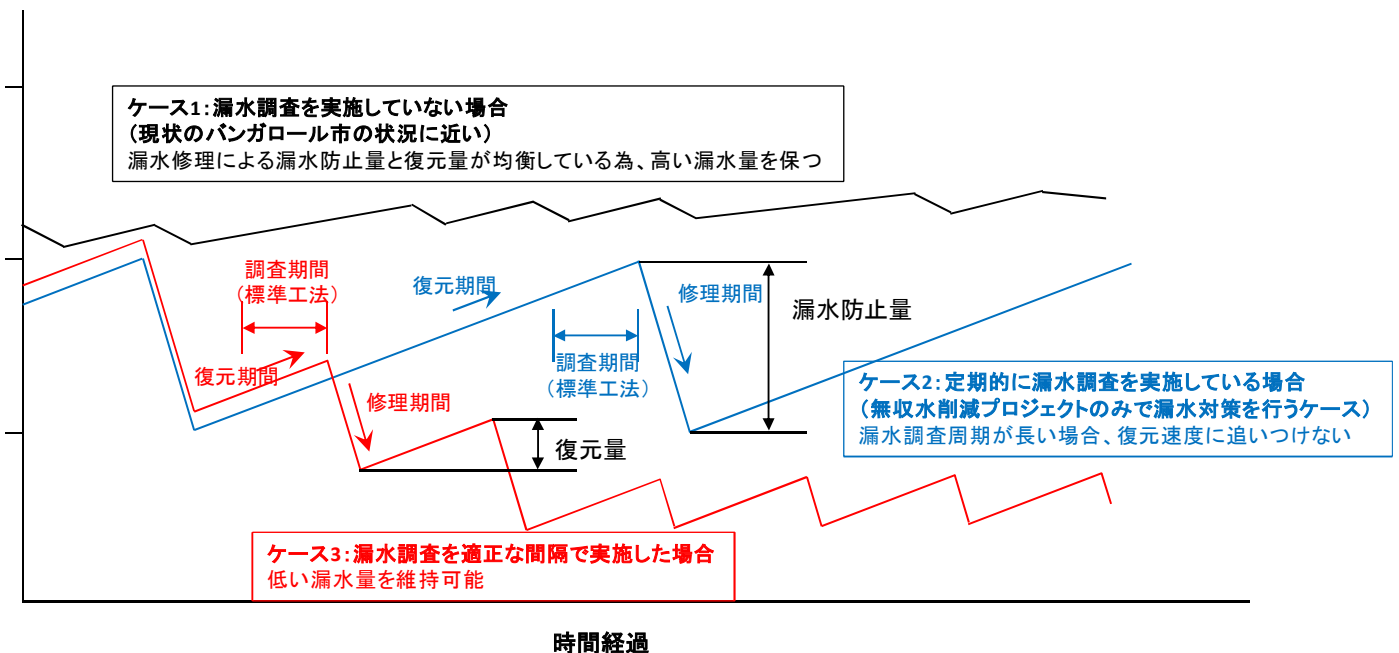


図 4-4 漏水調査の継続実施による漏水量の削減効果

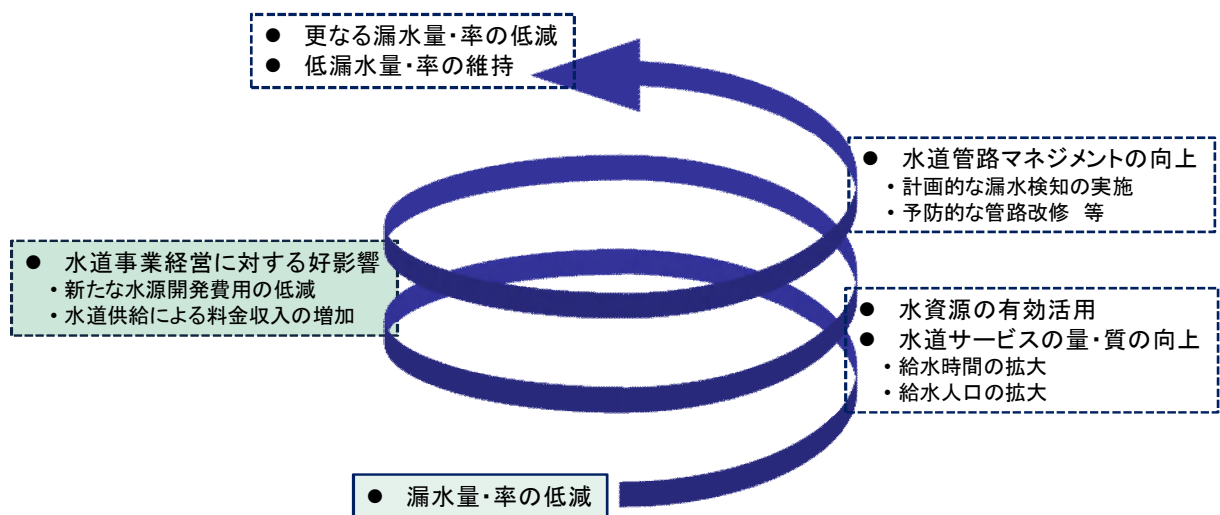


図 4-5 漏水対策による水道事業に対する好影響と開発効果

4-3 ODA 案件の実施による提案企業の事業展開に係る効果

(1) 漏水防止を通じた追加給水可能量の検討

実施した L-sign を用いたパイロットテストの結果に基づくと、L-sign を用いた漏水検知及び補修の実施によりバンガロール市においては管路 1km 当たりの漏水量約 1.4m³/hr に対して、約 0.8 m³/hr の漏水防止効果（漏水防止率 58.4%、表 4-2 参照）を期待しうる。

今後の ODA 案件の実施により、バンガロール市（BWSSB の給水地域）全域において漏水率改善の施策が取られた場合、以下の水資源確保及び経済効果が予測され、給水時間帯及び給水人口の拡大への対応が可能となる。

・バンガロール市全域（BWSSB の給水地域）の追加給水可能量	約 47,000,000 m ³ /年
（年間の上水生産コスト削減可能量	約 20 億円）

上記算出の根拠となる数値及び計算方法を以下表 4-1、4-2 に示す。

表 4-1 バンガロール市全体における水道事業運営状況

No.	項目	単位	数値	備考	出典
1	給水面積	km ²	800		2011 年 JICA 研修 資料
2	給水人口	万人	850		
3	配水管延長	km	6,500		
4	給水戸数	件	654,393	メーター数	
5	1 日平均給水量	ML/日	1,470	1,470,000,000L/日	
6	1 日 1 人平均給水量	L/人日	128		
7	平均水圧	MPa	0.1	1kg/cm ²	現地ヒアリング
8	1m ³ 当たり平均料金	Rs	22		2013JICA ワーク ショップにおけ る BWSSB 発表 資料
9	1m ³ 当たり生産コスト	Rs	25		
10	無収水率 (UFW)	%	39~50	39%のケース →573,300,000L/日 50%のケース →735,000,000L/日	
11	漏水率	%	15~20	15%のケース →220,500,000L/日 20%のケース →294,000,000L/日	

表 4-2 バンガロール市における水道事業運営状況を基にした試算結果

漏水損失金額 (Rs/日)	5,512,500	=	漏水量 (L/日) 15%漏水の場合	220,500,000	×	生産コスト (Rs/L)	0.025
km 当り損失量 (L/km/日)	33,923	=	漏水量 (L/日) 15%漏水の場合	220,500,000	÷	管路延長 (km)	6,500
km 当り損失量 (m ³ /km/時間)	↓ 1.413						
L-sign を用いた 漏水検知による km 当り防止量 (L/km/日)	19,800	=	パイロット地区 における防止量 (L/日)	158,400	÷	パイロット地区 調査延長 (km)	8
km 当り防止量 (m ³ /km/時)	↓ 0.825						
km 当り損失量に 対する漏水防止率 効果予測 (%)	58.4%	=	km 当り防止量 (m ³ /km/時)	0.825	÷	km 当り損失量 (m ³ /km/時間)	1.413
全漏水量に対する 漏水防止量 (m ³ /日)	128,742	=	漏水量 (L/日)	220,500,000	×	km 当り損失量に 対する漏水防止 率 効果予測	58.4%
全漏水量に対する 防止効果予測 (m ³ /年)	↓ 約 47,000,000						
年間経済効果予測 (千 Rs)	1,175,000	=	全漏水量に対す る防止効果予測 (m ³ /年)	約 47,000,000	×	生産コスト (Rs/ m ³)	25
年間経済効果予測 (千円)	↓ 約 2,000,000						

(2) 漏水検知に要する費用

漏水検知に要する費用を算出するにあたり、以下の条件を設定し、「①L-sign を用いたモニタリング漏水調査を活用した漏水検知」と従来型の「②音聴調査工法による漏水検知」の各々に要する費用を算定した。

【漏水検知プロジェクトの前提条件】

- ・事業期間：8 年間（給水管用 L-sign の稼働年限）
- ・対象地域：BWSSB の給水対象地区全域
(給水戸数 650 千戸、配水管延長 6,500km)
- ・配水管長さ当たり接続戸数：100 戸/km
- ・漏水検知作業のレベル：①及び②何れの工法においても、同等の漏水率削減（58.4%）を実現するため全給水地域に対して年間 3 回の漏水調査を実施
- ・労務コスト：現地中堅エンジニアを調査に従事させるものとし 7,000 円/人日と設定（在アジア・オセアニア日系企業活動実態調査（2012 年度調査）、JETRO より算定）

費用算定の根拠となる数値及び計算方法を以下表 4-3、4-4 に示す。表に示すとおり、「②音聴調査工法による漏水検知」と比較して「①L-sign を用いたモニタリング漏水調査を活用した漏

水検知」に要するコストは年間約 1 億円程度安価となっている。

要する費用も 3 億円を下回る金額となっており、漏水防止を通じた追加給水による年間経済的効果 20 億円が漏水検知プロジェクト開始後すぐに達成されるものではないとしても、効果に比べて費用は十分に小さいと考えられる。

なお、上記の試算では考慮しなかったが、「②音聴調査工法による漏水検知」を実施しようとする場合、BWSSB の給水対象地区において少なくとも 50~60 人規模 (=650,000 戸/4 ヶ月÷月÷日/4 ヶ月÷月÷0 戸/人) の漏水検知技術を身につけた作業者が必要であり、実際にはそのトレーニングに係る期間・費用に留意する必要がある、この点からも「①L-sign を用いたモニタリング漏水調査を活用した漏水検知」は有用である。

表 4-3 ①L-sign を用いたモニタリング漏水調査を活用した漏水検知に要する費用

初期費用						
	単価	単位	数量	単位	金額 (千円)	算定根拠等
給水管用 L-sign の製造等	2,800	円/台	650,000	台	1,820,000	製造の現地化(部品調達、 組立)による削減を想定
L-sign 設置費用	140	円/台	650,000	台	91,000	1 人 1 日 50 台の設置を想定
合計					1,911,000	
調査費用(年間)						
	単価	単位	数量	単位	金額 (千円/年)	算定根拠等
戸別音聴調査	47	円/戸	0	戸/年	0	1 人 1 日 150 戸の調査を想 定 L-sign 活用のため当該調査 は不要
路面音聴調査	7,000	円/km	1,950	km/年	13,650	1 人 1 日 1km の調査を実施 L-sign による事前の対象絞 り込みにより対象管路は各 調査回毎に管路全長の 1/10 となる(年間 3 回実施)
漏水確認調査	7,000	円/km	1,950	km/年	13,650	1 人 1 日 1km の調査を実施 L-sign による事前の対象絞 り込みにより対象管路は各 調査回毎に管路全長の 1/10 となる(年間 3 回実施)
合計					27,300	
年間平均費用					266,175	事業期間 8 年で単純平均 (割引率や経年的な漏水率 の削減・復元は考慮せず)

表 4-4 ②音聴調査工法による漏水検知に要する費用

調査費用(年間)

	単価	単位	数量	単位	金額 (千円/年)	算定根拠等
戸別音聴調査	47	円/戸	1,950,000	戸/年	91,000	1人1日150戸の調査を想定 年間3回実施
路面音聴調査	7,000	円/km	19,500	km/年	136,500	1人1日1kmの調査を実施 年間3回実施
漏水確認調査	7,000	円/km	19,500	km/年	136,500	1人1日1kmの調査を実施 年間3回実施
年間合計					<u>364,000</u>	

また、ここまでで効果・費用を算定しているプロジェクトに水道テクニカルサービスが関わることにより、売上規模の拡大に資することは十分に想定しているが、対象地域の規模、民需・官需それぞれでの受容コストレベルにより大きく売上や利益の規模、費用等も変動してくるため、今後、民間提案型普及・実証事業等の実施を通じて事業計画への落としこみが可能な具体的な事業規模を検討していきたいと考える。

第5章 ODA 案件化の具体的提案検討

5-1 ODA 案件概要

第3章及び4章における検討結果から、水道テクニカルサービスの漏水検知サービスをインドにおいて実施し、現地課題を解決するためには、①L-Sign を始めとした漏水検知技術の現地状況に適合した形での改良（漏水検知技術の開発・改良）、②バンガロール上下水道局の漏水調査能力の向上（現地政府の漏水検知体制構築への貢献）、の両面を継続的に実施していく必要性が明らかとなった。今後 ODA 案件化によりこれらの課題に取り組むことが必要であることから、4つのスキームを対象として案件化可能性の検討を行い、有力な2つのスキームについて具体的な案件内容を5-2に示した。

5-1-1 民間提案型普及・実証事業

（1）概要

JICA による民間提案型普及・実証事業は、上限1億円、事業期間3年間（最長）のスキームで、機材を現地に持ち込んだ上での長期の実証活動が実施できる。中小企業人材の派遣による技術指導及び上下水道局関係者を日本に招いた研修も実施可能であるため、BWSSB にこれを活用し、「相関式」の漏水検知技術の移転・導入と、「L-Sign を活用した常時漏水モニタリング」を組み合わせた実証事業を想定。

（2）検討結果

漏水検知技術の開発・改良

本スキームで現地フィールドを活用して後複数年に渡り、バンガロールにおいて実証実験を実施しつつ、技術改良を実施することが可能であることから、漏水検知技術の開発・改良の観点から極めて適したスキームである。

なお、現地フィールドについては、現在3地区で実施されている有償資金協力による無収水対策事業の実施地区以外での実施を BWSSB より要請されており、事業が実施されていない残りの6地区の中から実施地区を BWSSB と調整の上、選定していく予定である。

現地政府の漏水検知体制構築への貢献

本スキームにおいて、長期間現地において技術の実証を行う際に、BWSSB 職員の積極的な参画を得ることにより、現地政府の漏水検知体制構築への貢献が可能である。

5-1-2 円借款付帯技術支援プロジェクト

（1）概要

バンガロール市の急速な産業発展に伴い市域人口は今後急増すると予想され、水道施設の整備による安定した水供給の実現はバンガロール市の継続的な発展に向けた緊急の課題となっている。我が国は「バンガロール上下水道整備計画事業」として、有償資金協力（実施機関：BWSSB）で1996年にフェーズⅠ（28,452百万円）を供与し、現在はフェーズⅡ（70,355百万円）を実施中である。

当該有償資金協力では、水道施設の建設のみならず、水道経営の包括的な改善に向けた取り組みとして、漏水率削減のための配水網の改修、自動料金支払機の拡大を行うほか、無収水対策事業の民間業務委託を行っている。特に漏水対策に関するプロジェクトについては6～7年の契約期間内に漏水率を16%に引き下げることが目標として3地区において民間企業に対して委託済である。ここでは、当該有償資金協力に付帯する技術支援プロジェクトとして、BWSSB 内部における

漏水検知に関わる人材育成・技術導入を想定する。

（２）検討結果

漏水検知技術の開発・改良

円借款付帯技術協力においては、現地カウンターパートの能力向上を主眼として事業を実施することから、現地における研修、技術指導が中心となることが想定されるが、これらの取組の中で漏水検知技術の開発・改良の要素を織り込むことは十分可能であると考ええる。一方、円借款付帯技術協力プロジェクトについては、比較的広いスコープでの事業実施が求められることが想定されることから、水道テクニカルサービスの人員体制も含め、担当する漏水検知技術の開発・改良についてどの程度焦点を当てて取り組むことができるかについては不透明である。

現地政府の漏水検知体制構築への貢献

現地政府の漏水検知体制構築への貢献の観点からは、技術協力の形態が最も望ましいと考えられる。一方でバンガロール上下水道整備計画事業のコンサルタントである、TATA コンサルティング・エンジニアズ社へのヒアリングによれば、当該事業の枠組みの中で既に漏水検知に関する研修について実施を予定していることから、追加的に技術協力を実施する必要性、意義については詳細な検討が求められる。

このため、TATA コンサルティング・エンジニアズ社が、有償資金協力の枠組みの中で実施しようとしている研修に関する技術協力パッケージの内容について把握しつつ（現在、当該パッケージは計画・実施されていないため TATA コンサルティング・エンジニアズ社としても情報提供ができないものと考えられる）、円借款付帯技術支援プロジェクトを組み立てていくことが必要となる。

５－１－３ 既存の有償資金協力における新規パッケージ

（１）概要

BWSSB によると、バンガロールでは現在有償資金協力であるバンガロール上下水道整備計画の中のパッケージとして、無収水（UFW）対策事業を実施中であるが、現在民間企業に発注済の 3 地区に加え、今後新たに 3 地区を対象として実施することを予定している。調達形態については現在の 3 地区の成果に応じて検討が行われる予定である。ここでは、水道テクニカルサービスが今後パッケージ化される部分へ応札することが考えられる。

（２）検討結果

漏水検知技術の開発・改良

有償資金協力の枠組みの下、入札案件に参加するにあたっては、技術開発、改良については完了している必要がある。このため、今後 2～3 年間で開発・改良を行った技術によって事業への参画を行うことが最適である。

現地政府の漏水検知体制構築への貢献

バンガロール市においては既に実施中の有償資金協力案件が進行中であり、現行のパッケージについては既に発注済である。

一方、現在受注している L&T へのヒアリングによると、受注側企業の技術力についても十分ではなく、より効果的な漏水検知技術へのニーズが高い。具体的には、DMA を設定して漏水量の定量を済ませたものの、漏水探知機と相関式検知器を用いた工法では漏水箇所の特定につながっ

ていないとのことである。このため、L-sign を用いた常設型モニタリングに関し、今後、更に改良を実施した製品により、BWSSB が計画している次の 3 地区を対象とするパッケージについて、現地企業等との協業を行う可能性は十分にあり、これにより現地政府の漏水検知体制をより効果的なものに出来る可能性も存在する。

5-1-4 中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力

(1) 概要

日本の中小企業の製品について、「水の浄化・水処理」、「環境・エネルギー・廃棄物処理」等のテーマごとにパッケージとして調達品目を被援助国に示した上で、被援助国側の要請に基づいて品目を供与する。本調査において「L-Sign を活用した常時漏水モニタリング」のニーズを確認し、中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力による上下水道局への導入を促進する。

(2) 検討結果

本スキームについては、インドにおける供与実績、および現地政府において無償資金協力の予定がないこと、及び単純な機器の供与だけでは現地において漏水検知が行われないことが確認されたことから、検討の対象外とした。

5-1-5 検討結果

以上の検討結果をまとめると以下の通りとなる。結果からも明らかなように、バンガロール市において漏水対策に関するニーズが高く、既に有償資金協力による案件も実施中であり、さらに案件実施の中で技術的な課題に直面していることから、各スキームオプションについては 10 年程度の時間軸の中で連続的又相互関係の中で捉える必要がある。

このため、ここでは次年度の最有力スキームを「民間提案型・普及実証事業」と捉え、同事業を出発点としたバンガロール市における ODA 案件を活用した展開可能性についての検討を行った。次頁に検討結果を示す。

表 5-1 ODA 案件化可能性の検討結果

ODA スキーム	概要	検討結果
民間提案型普及・実証事業	民間提案型普及・実証事業において、水道テクニカルサービスが BWSSB と M/M を締結し、L-Sign を核とした漏水検知システムの普及・実証事業を実施。技術の改良・開発及び BWSSB 職員の研修を行う。	◎ 次年度進めるべき事業
円借款付帯技術支援プロジェクト	現在 BWSSB が実施中の円借款案件に関して付帯する技術協力を供与	○ 2～3 年後に進めるべき事業
有償資金協力	BWSSB が実施する既存の円借款事業の新たなパッケージを受注	△ 長期的には検討の余地があるがパッケージ組成に時間が必要
中小企業ノン・プロジェクト無償資金協力	BWSSB の調達する機材として L-Sign を登録	× 現時点では実現可能性が低い

（１）民間提案型普及・実証事業

平成 26 年度から最大 3 年間を目安として民間提案型・普及実証事業を行い、バンガロールに適した漏水検知技術の改良及び技術開発を行う。事業実施の期間において、研修コンポーネントを用意し、現地職員の実証事業への積極的参画を求め、漏水調査の基礎や L-Sign の活用方法等を研修する。又、現在有償資金協力によって実施中の、西地区、南地区、中央地区の無収水対策事業を実施している企業に対しても、実証事業の実施期間に技術のデモンストレーションを行い、次期案件等における協業可能性についても協議を図る。

（２）円借款付帯技術協力

民間提案型・普及実証事業の中に組み込まれた研修コンポーネントを基礎として、当該事業の 2 年目以降に、当該コンポーネントの規模拡大及び漏水検知のみならず上水道施設改善まで範囲を広げる形での技術協力の実施可能性について、バンガロール上下水道局側のニーズを確認し、検討を行う。

（３）有償資金協力

民間提案型普及・実証事業によって技術開発・改良を実施した漏水検知システムをもとに、既存の有償資金協力案件中の新規パッケージの形成を図る。形成にあたっては、普及・実証事業実施中に技術交流を図る現地企業等とのパートナー関係を構築し、JV 等により対応する。

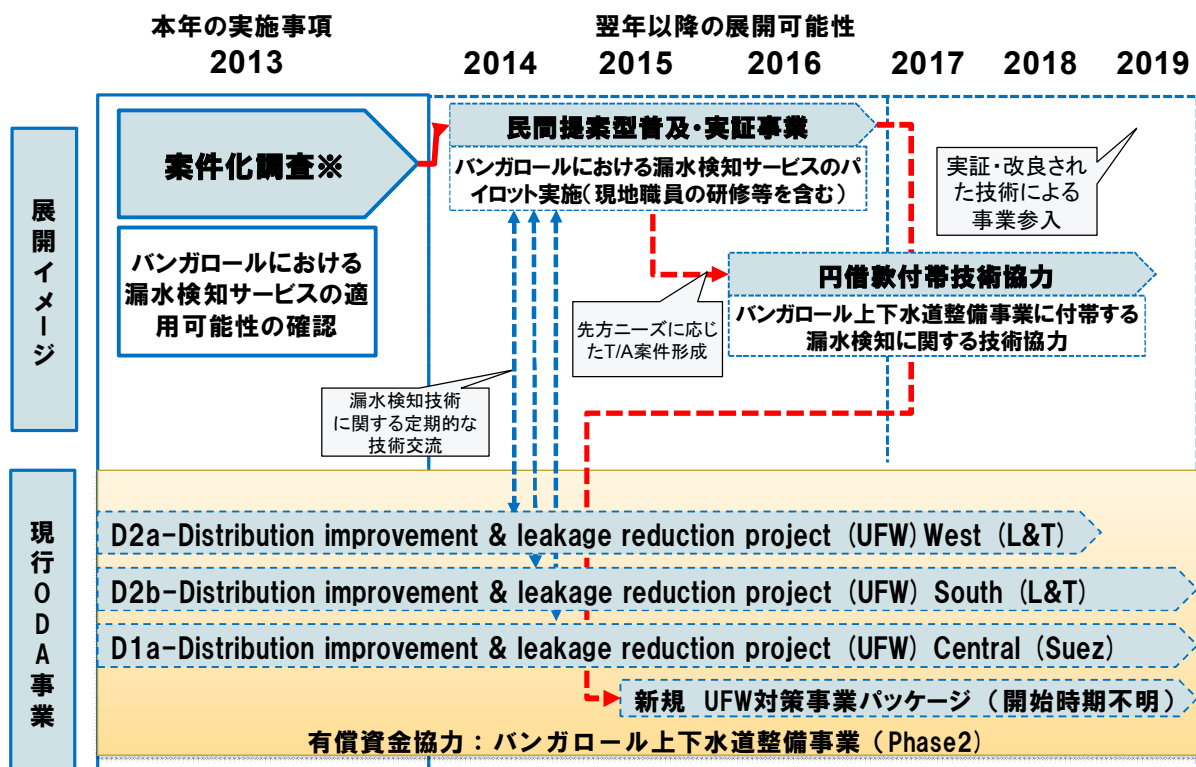


図 5-1 バンガロール市における ODA 案件化の方向性（案）

5-2 具体的な協力内容及び開発効果

ODA 案件化の内容について、現段階で最も実施する可能性が高い民間提案型普及・実証事業について具体的な内容を検討した。

(1) 案件名

- バンガロール市における漏水検知システム導入に関する普及実証事業

(2) 概要

- 平成 24 年度の案件化調査においては、漏水監視システム L-sign を含む複数の漏水検知技術についてバンガロールでの適用可能性を検証した。この知見を踏まえ、漏水監視システム L-Sign を核とした漏水のモニタリングおよび検知のシステムについて、インド全体での普及を念頭にバンガロール市における水道施設環境に適したインド版 L-Sign の開発を行う。これにより BWSSB における課題解決への貢献と、L-Sign を核とした漏水モニタリングシステムの横展開による水道テクニカルサービス社のインド市場開拓を目指す。

(3) 相手国ニーズ

- BWSSB では、円借款を活用し、現在 3 地区においてパフォーマンス型契約による漏水検知、施設改修案件を発注済みである。
- 第 2 回現地調査における BWSSB、発注者側コンサルタントである TATA コンサルティング・エンジニアズ、受注者である L&T 社へのヒアリングによると、事業開始から 1 年が経過した 1 件については DMA (Districted Meter Area) の構築が一部完了し当該地区についてはエリアへの水供給量とメーター数値とのギャップの把握が可能となっている。その先の段階として、漏水箇所の検知および漏水管路の改修が必要となるが、L&T 社では漏水調査に係る技術力が不足しており、具体的な漏水箇所特定に苦慮している状況にある。

(4) 内容

① 実施項目

- バンガロール市水運用及び施設状況に適応する L-sign の開発 (給水管・配水管) (輪番/時間給水への対応、感度調整、設置方法 等)
- 上記機器を主体にした 常時漏水モニタリングシステムの構築 (メーター検針、ラインマンによる定期的モニタリングと技術職員による漏水有無並びに位置の特定)
- BWSSB 職員による常時漏水モニタリングシステム運用と、システム運用により高い防止効果を得るための 漏水調査技術の指導並びに技術移転

② 対象エリア

普及・実証事業の実施エリアについては以下の 2 案が考えられる。

- 案 A
 - 平成 25 年度においてはバンガロール East1SubDivision の一部 8km の区間について漏水調査を実施した。本案件においては対象を East1Subdivision 全体に拡大し、漏水調査を行い、L-Sign を活用した漏水箇所特定による効果を実証する。

- ✧ 実施にあたっては BWSSB と水道テクニカルサービスが M/M を締結することが前提となる。

● 案 B

- 現在 BWSSB が円借款を活用して L&T 社に発注している地区を対象として、課題となっている漏水箇所特定を L-Sign を活用して実施する。
 - ✧ 実施にあたっては、BWSSB と水道テクニカルサービスの M/M 締結および L&T 社との何らかの取決めが必要である。
 - ✧ 現状では、BWSSB からは、案 A についての要請がより大きい。

③ スケジュール

普及・実証事業の事業実施項目とスケジュールの現時点でのイメージを下表に示す。

表 5-2 民間提案型普及・実証事業の事業実施項目とスケジュール

実施項目案		第 1 年度				第 2 年度				第 3 年度			
1	バンガロール市に適合した常設型自動漏水音検知器の開発												
2	漏水モニタリングシステムの検討												
3	漏水モニタリングシステムの実証実施												
4	常設型自動漏水音検知器テスト版の設置～検証～改良												
5	技術指導（音聴・相関・ボーリング）												
6	音聴型漏水調査（職員との協業）												
7	技術指導～職員による調査技術の確立												
8	エリア内給水各戸への機器設置～システムの運用開始												
9	システム運用による漏水防止状況の確認												

(5) 想定される開発効果

- 事業実施に伴う研修により、BWSSB 職員の漏水調査に関する技術の習得
- バンガロール市の水道事業環境に対応した漏水検知機器の開発による漏水調査の効率化及びバンガロール市での漏水率低下への貢献

上述した民間提案型普及・実証事業について、現時点で記載しうるプロジェクト・デザイン・マトリックの概要を次ページに示す。

表 5-3 プロジェクト・デザイン・マトリックの概要（案）

● 事業名：インド・バンガロール市における常設型モニタリング漏水検知技術を用いた上水道漏水検知サービスの普及・実証事業（実施期間：3 カ年） ● 対象地域：インド・バンガロール市（BWSSB 上水供給地域） ● 受益者層：BWSSB の上水供給先 650 千戸（世帯）及び現在上水の供給を受けていない世帯			
プロジェクト要約	指標	指標データ入手方法	外部条件
上位目票 ・民間からの支援を受けつつ、BWSSB 自身の漏水検知の継続実施により、プロジェクト実施地域外においても給水時間の延長あるいは給水戸数が増加	・上水供給地域における ・有収水量・率 ・給水戸数 ※目標については、国レベルの現在あるいは次期 5 カ年計画の目標を踏まえて BWSSB としての目標値を設定	・浄水場における造水量及び送水量 ・検針データによる給水戸数・有収水量	・漏水検知技術習得した BWSSB 職員による漏水箇所の特特定・修繕の実施 ・BWSSB 職員による漏水検知技術習得のためのプログラム実施 ・プロジェクト対象地域の拡大のための人員・予算の確保
プロジェクト目標 ・プロジェクト実施地域における漏水率の削減	・プロジェクト実施地域における ・漏水率 ※目標については、対象地域のベースラインデータを入手した上で設定	・プロジェクト実施地域への送水量 ・検針データによる有収水量	・プロジェクト対象地域の拡大のための人員・予算の確保 ・送水量把握のためのメーター設置
成果 ・漏水箇所の特特定 ・漏水箇所の修繕 ・BWSSB 職員による漏水検知技術習得	・プロジェクト終了時点において、プロジェクト実施地域における ・漏水率 ※目標については、対象地域のベースラインデータを入手した上で設定 ・水道テクニカルサービスのサポートを得た BWSSB 職員による漏水箇所の特特定件数	・プロジェクト実施地域への送水量 ・検針データによる有収水量 ・漏水特定箇所の件数記録	・BWSSB 職員による漏水検知技術習得のための研修プログラムの作成・実施 ・送水量把握のためのメーター設置
活動 ・バンガロール市に適合した常設型自動漏水音検知器の開発 ・漏水モニタリングシステムの検討 ・漏水モニタリングシステムの実証実施 ・常設型自動漏水音検知器テスト版の設置・検証・改良 ・技術指導（音聴・相関・ボーリング） ・音聴型漏水調査（職員との協業） ・技術指導～職員による調査技術の確立 ・エリア内給水各戸への機器設置（システムの運用開始） ・システム運用による漏水防止状況の確認	投入		・漏水特定箇所に関する適切な修繕の実施 前提条件 ・BWSSB と水道テクニカルサービスを含めた日本側 JV のプロジェクト実施に関する M/M 締結 ・現地側投入の確保（特に管路修繕、送水量計測のためのメーター設置）
	日本側 ・バンガロール市に適合した常設型漏水音検知器 ・バンガロール市に適合した常設型漏水音検知器の開発の予算、漏水音特性分析に関するリソース（予算、専門家） ・漏水検知を十分に身につけた技術者（及び当該技術者を派遣するための各種リソース） ・研修プログラム作成のためのスキル ・漏水箇所の特特定・修繕の記録管理のための各種リソース	現地側 ・漏水特定箇所に関する修繕スキル確保、体制整備のための人材、予算 ・送水量把握のためのメーター設置の予算、施工のための人材、予算	

5-3 他 ODA 案件との連携可能性

2 章に示したとおり、現在バンガロール市では円借款によるバンガロール上下水道事業が実施されており、漏水対策に関しては、受注民間企業がプロジェクト完工時の漏水率（16%）を保証する形であるパフォーマンス型のプロジェクトが 3 件発注済である。又、TATA コンサルティング・エンジニアズ社へのヒアリングによると、バンガロール上下水道事業全体のコンサルタントである、日本上下水道設計株式会社/Mott MacDonald（英国）/TATA コンサルティング・エンジニアズ（インド）の JV により、BWSSB 職員に対する漏水調査に関する研修についても実施される予定である。

これらの案件については今後 6~7 年の期間実施されるものであり、バンガロール市における漏水対策に関する中心的な役割を担うものである。一方で、現状では不明水対策プロジェクトについては、漏水率の低減に関する成果が受注企業側の力量次第であり、受注企業である L&T 社へのヒアリングによると、漏水箇所の特定作業については今後順次実施していく予定であり、人員についても今後増強を行うものとしている。

これらの案件との連携可能性については前項の ODA 案件の具体的内容の検討の中で述べた。

5-4 その他関連情報

5-4-1 カウンターパートとの協議状況

本調査におけるカウンターパートである BWSSB に対して、第 3 回調査において、次年度以降の協力継続の可能性について協議を実施した。バンガロール上下水道局としては、現在有償資金協力により、既に UFW 対策の事業を西地区、南地区で発注済であることから、今後新たな案件を実施するにあたっては東地区における漏水対策案件の実施を望んでいる。具体的に以下の要望があった。

- BWSSB としては、水道テクニカルサービスがバンガロールにおいて継続的に活動を行うことを歓迎する。
- 次年度以降は、本年度より広い範囲での漏水技術の実証及び漏水調査の実施を希望する
- また、実証にあたっては、BWSSB の職員をアサインし、積極的に案件に参加することで、研修効果も得ることが望ましい。
- 現在 L&T 社等が受注し実施している UFW 対策事業についても、水道テクニカルサービスの技術が実証された暁には積極的な活用を行う旨の仲介を行うことが可能である。³²
- 仮に民間提案型普及・実証事業を実施する場合には、BWSSB が水道テクニカルサービスと M/M を締結することは何ら問題ない。具体的な雛形をベースに協議を始めたい。

³² L&T 社のインタビュー調査の際に L-sign の利用形態について、購入が可能なのか、漏水検知サービスを購入する形となるか等について照会があった。現段階では、漏水検知サービスの提供の形態を想定しており、短期的には日本から技術者を派遣して一定地域の漏水検知を L-sign を用いて効率的に実施するプロジェクトを受注することを想定。

添付資料

