



インドにおける下水道分野の展望



独立行政法人 国際協力機構 専門家（インド都市開発省派遣） **榎原 隆**

7 はじめに

筆者は、2011年9月よりインド国都市開発省にJICA（独）国際協力機構）専門家として派遣されている。都市開発省は、都市開発、都市交通、上下水道、廃棄物処理等の都市インフラに関する政策の策定、補助金等による州政府や市町村の事業実施支援を主務とする機関である。筆者は、都市開発省の内部組織である公衆衛生・環境技術中央機構に所属し、同機構の主要業務の1つである

研修業務の改善を支援している^{1)、2)}。

現在インドの諸都市は、急速な発展を遂げており、これに伴い、上下水道の整備が加速している。下水道等衛生施設分野においては、今後10年間で約4兆円の投資が必要との試算結果もある。現在わが国では、インド国に対しJICA円借款プロジェクトを中心に上下水道施設の建設を支援しているが、今後どのようなビジョンが必要だろうか。

本稿は、JICA 専門家の目から見たインドにおける下水道分野の展望を述べるものである。

写真-1 下水が流れる水路（デリー市内）



写真-2 アオコで汚れた昔の貯水池（デリー市内）



2 衛生施設の現状

インドの人口増加は最近やや鈍化したものの、2030年には中国を抜いて総人口で世界1位になると予想されている。とりわけ都市部の人口増加は激しいものがあり、2001年から2011年までの10年間に2.86億人から3.77億人へと約0.9億人増加した。この勢いは、今後とも継続すると予想されている。人口増加に伴い水需要も増大することから、各都市とも上水道の整備が急務になっている。上水道の整備に合わせて下水道が整備されることが理想であるが、財政的な理由等により上水道整備に追いついていないのが現状である。

2011年国勢調査結果によると、都市部の全家屋のうちトイレのある家屋の割合は81.4%、うち下水道への接続が32.7%、腐敗槽への接続が38.2%となっている。また、トイレのない家屋の割合は18.6%、うち公衆トイレが6%、野外排泄が12.6%となっている。衛生的なトイレの設置により野外排泄を根絶することが、対外的に表明し

ているインドの国家的課題である。

他方、遅れている下水道等衛生施設の整備をいかに効率的に進めるかも大きな課題となっている(写真-1、2)。なお腐敗槽については、定期的な汚泥引き抜きが必要であるが、実態はほとんど管理がされておらず、水質汚濁の原因となっている。このため、腐敗槽を適切に管理するためのアドバイザリーノートが2013年1月に都市開発省から刊行され、州政府等に配布され、参考とされている³⁾。

3 下水道等衛生施設の将来像

都市開発省が作成中の資料をもとに、下水道等衛生施設の将来像について概説する。

表-1は、2013年度から2022年度までの10ヵ年間に下水道等衛生施設に整備に必要な投資額を都市規模別にまとめたものである。この投資により、現時点(2012年度)での普及率32%を10年後の2022年度には72%に伸ばすこととされている。

表-1 下水道等衛生施設の将来整備費用の推計(2013年度から2022年度まで) [単位: 千万ルピー]

項番	費目	クラス IA	クラス IB	クラス IC	クラス II	クラス III	クラス IV+	計
1	管きよ費(通常)	18,891	13,736	19,770	9,053	13,259	9,057	83,766
2	管きよ費(簡易下水道)	6,297	4,579	6,590	3,018	4,420	3,019	27,922
3	処理場費	22,185	10,059	18,428	10,020	12,794	6,857	80,342
4	戸別トイレ	5,887	3,613	5,998	2,220	3,979	4,130	25,828
5	コミュニティトイレ	970	556	878	334	505	606	3,848
6	公衆トイレ	118	137	154	49	61	47	566
7	腐敗槽	1,981	3,574	5,498	1,930	2,670	2,503	18,156
8	旧施設の更新	38,769	29,268	29,429	1,298	132	—	98,896
9	水の再利用							8,516
10	インフレ補正分							26,552
11	管きよ、腐敗槽の清掃に関わる初期費用							13,300
12	事務費、能力開発費、調査費							23,755
13	プロジェクト管理費							7,181
14	研修費							14,361
15	総計							405,702

注1) クラス IA : 7大都市(デリー、ムンバイ、コルカタ、チェンナイ、バンガロール、ハイデラバード、アーメダバード)、クラス IB : 人口100万人以上、クラス IC : 人口10万人以上、クラス II : 人口5万人以上、クラス III : 人口2万以上、クラス IV + : 人口2万人未満

注2) 簡易下水道とはフラジルのコンドミニアル下水道のように接続管を含めた管きよのレイアウトを柔軟に計画したり、通常より小さい口径の管きよを布設することで建設コストの低減を図った下水道システムをさす。インドではまだ事例がない。

表－2 主要都市の水需要、水供給と需給ギャップ

[単位：千m³/日]

都市名	水需要量	水供給量	需給ギャップ
デリー	3,830	2,950	880
ムンバイ	4,000	2,970	1,030
コルカタ	2,258	1,558	690
チェンナイ	300	135	165
バンガロール	840	665	175
ハイデラバード	1,100	850	250

表－3 再生水利用プロジェクトの概要

都市名	プロジェクト規模 (千m ³ /日)	用途	処理方式	備考
ハイデラバード	30	農業および都市	A ₂ O + UF 膜	処理水の割合 15% (間接利用) 7% (直接利用)、JICA プロジェクト
デリー	30	工業、病院、建設、 洗浄等	MBR、RO 膜	YAP 第3期事業で提案中
ナグプール	130	非飲用	砂ろ過	ガイドラインを2011年に作成し、 設計/建設中
スーラト	60	工業	不明	EPCにより建設中
コラプール	76	農業	回分式+ろ過	PPP (2012 - 20年) により建設中
バンガロール	75 (150)	間接利用	UF 膜、活性炭 (浄水場) UF 膜、RO 膜 (下水処理場)	JICA プロジェクトを提案中

表－1を見ると、下水道等衛生施設の整備に関する総費用は約4兆ルピーと、巨額の投資が必要であることがわかる。うち、下水道管きょ費は1.2兆ルピー、下水道処理場費は約0.8兆ルピー、既存施設の更新費用は約1兆ルピーと、下水道関係だけで全体の4分の3を占める。またトイレ、腐敗槽等の衛生施設の整備は約0.5兆ルピーと、少なくない額の投資が必要とされる。

4 今後の展望 —— 再生水利用を中心に

4.1 再生水の現状と課題

前述したように、人口の急激な増加に伴い上水道整備が急ピッチで進められているが、需給ギャップは解消されていない。表－2に主要都市の上水需要量、供給量、需給ギャップを示す。

この需給ギャップを解消するために、都市水源としての再生水が注目されている。表－3はNJS ConsultantsのUday Kelkar氏が2012年4月に都市開発省が主催したワークショップにおいて発表した資料をもとに、筆者が各都市のプロジェクトの概要をまとめたものである。なお、再生水利用の事例は下記以外にもあるが、今回は省略する。

この表から明らかなように、各都市の再生水利用は、用途、処理方式、事業形態ともに多様であり、典型的な特徴を抽出することは難しい。各都市のおかれている水供給水需要の状況がさまざまであることから、統一的な説明がしにくいと考えられる。なお再生水については、都市開発省が公表している28のベンチマーク指標の1つに挙げられており、目標値として20%が設定されている⁴⁾。

今後はインドの制度・方式や周辺環境などの諸条件を十分理解したうえで、早急に指針・ガイド

写真－3 流入水は汚濁した排水路より



ライン、処理水基準を整備する必要がある。

4.2 再生水利用の事例紹介—デリー市 Sen Nursing Home Nalla 処理場

再生水利用の事例として、デリー市中心部の Dr. Sen Nursing Home Nalla 下水処理場（日量 1 万 m³）を紹介する（写真－3）。

日本の援助による「ヤムナ川流域諸都市下水等整備事業」（通称 YAP）の第 1 期事業により 2003 年に完成した当処理場は、敷地面積の制約と流入水濃度が高い（2012 年 3 月実績（平均値）で BOD200 mg/ℓ、TSS377 mg/ℓ、COD596 mg/ℓ）点を考慮して、前段に DENSADeg と呼ばれる物理化学処理（薬品沈殿＋傾斜管沈殿池）、後段に BIOFOR と呼ばれる 2 段生物ろ過という日本の公共下水道では珍しい処理方式を採用している。処理状況は非常に良好で、前段の物理化学処理でほとんどの浮遊成分を除去している様子であった（写真－4）。当処理場では隣接する火力発電所の冷却水用に処理水を供給しているが、その対価として、処理場の維持管理経費（人件費、電力費等）はすべて電力会社側が肩代わりしている。

公共事業の一環として建設された下水処理場だが、経営上および機能上は火力発電所の冷却水製造プロセスの一部として扱われている点は、大変ユニークで参考となる形態と思われる。このことは「処理場の所有者であるデリー市上下水道局が、上

写真－4 左より流入水、物理化学処理水、放流水



水の供給権限を有するがゆえに可能なことだ」とは JICA インド事務所水セクタ担当の M.P.Singh 氏の説明である。

なお、当処理場の維持管理は、建設を担当した Degremont India Ltd. が引き続き実施している。

4.3 将来の方向性—日本企業の参画の可能性

日本企業が再生水利用の分野に参画するためには、以下の点に留意が必要かと思われる。

(1) 適切なパートナー企業の選択

日本企業が独力で入札に参加し、再生水利用に参加するのは、当該都市および州の状況に関する情報の欠如、契約後の維持管理の持続性等の観点から不可能に近い。特に、当該都市および州との信頼関係が前提になれば技術力に優れていても参画は困難である。

インドでこの分野に関する実績があり、長期間にわたる信頼関係を構築可能な企業を見極める点が最も重要である。

(2) コスト競争力の確保

当該都市、州、パートナー企業は、日本企業の製品の優秀さはよく理解している。

ただ、一般消費財と違い、多少高くても維持管理性、耐久性、サービスの迅速性、ブランド力に優れているので購入する、ということは制度的に許されていない。わが国でいう総合評価制度のよ

うに、価格以外の要素が評価される制度が導入されておらず、価格のみで評価されてしまうためである。この点については、わが国から働きかけが必要である。

(3) リスクに耐えられる体力

パートナー企業と組んでも、途中の状況の変化により離脱がありうる。その際のペナルティはほとんどないというのがインドの現状である。

このようなリスクを内包していることを理解し、なおかつリスクに耐えられる体力が必要である。

5 おわりに

筆者による本稿とほぼ同趣旨の記事が、最近別誌に掲載されている。本稿はそれとの重複をできる限り避けたつもりである。本稿と並んで参照い

ただければ幸いである⁵⁾。

なお、本稿は筆者個人の考えに基づくものであり、JICA としての見解をあらわしたものではない。

〈参考文献〉

- 1) 榊原隆、山田雅利：「インド国都市開発省公衆衛生・環境技術中央機構における下水道技術政策の現状と課題」、第49回下水道研究発表会講演集、日本下水道協会、2012年
- 2) 榊原隆：「インド国都市開発省公衆衛生・環境技術中央機構の研修計画の改善」、第50回下水道研究発表会、日本下水道協会、2013年
- 3) 都市開発省ホームページより「都市域の腐敗槽汚泥管理に関するアドバイザリーノート」、2013年
http://urbanindia.nic.in/programme/uwss/Advisory_SMUI.pdf
- 4) 都市開発省ホームページより「サービスレベルベンチマーク指標」、2013年
http://moud.gov.in/sites/upload_files/moud/files/pdf/Indicators&Benchmarks.pdf
- 5) 榊原隆「インドの都市水環境の現状と望まれる技術支援」、水環境学会誌 Vol.36 (A) No.11、pp.2-6、2013年

イベント情報

21世紀水倶楽部：

設立10周年記念シンポジウム開催へ テーマは「地球環境時代の下水道」

NPO 法人 21世紀水倶楽部（亀田泰武理事長）は2014年1月14日、東京・千代田区の日本水道会館において、設立10周年記念シンポジウム「地球環境時代の下水道を考える」を開催する。

同 NPO は設立以来、下水道に関わるさまざまな問題提起とその解決方法を議論する研究集会活動などに取り組んできたが、設立10周年を記念して行われる今回のシンポジウムでは、地球環境問題と下水道をテーマ据え、地球生態学の分野で数々の栄誉（2008年日本学士院エジンバラ公賞等）に輝く、和田英太郎京都大学名誉教授・総合地球環境学研究所名誉教授に迎え、記念講演を行うとともに、花木啓祐東京大学大学院工学研究科都市工学専攻教授を講師に招き、これからの地球環境問題や下水道が果たすべき役割などについて議論を行う。

- ◆日時：2014年1月14日（火）
13：30～17：00
- ◆会場：日本水道会館7階会議室
（東京都千代田区九段南4-8-9）
- ◆後援：国土交通省（予定）、（公社）日本下水道協会、

（一社）全国上下水道コンサルタント協会、
（一社）日本下水道施設業協会

- ◆協賛：日本水道新聞社、水道産業新聞社、環境新聞社、公共投資ジャーナル社
- ◆プログラム：①開会挨拶「21世紀水倶楽部設立10周年を迎えて」21世紀水倶楽部理事長・亀田泰武氏、②記念講演「地球温暖化と生態系変動」京都大学名誉教授・総合地球環境学研究所名誉教授・和田英太郎氏、③特別講演「新下水道ビジョンの議論と課題」東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授・花木啓祐氏、④講演「下水処理の今日的課題と展望」21世紀水倶楽部理事・佐藤和明氏、⑤総合討論「地球環境時代の下水道の目指すもの」
- ◆定員：100名
申込み先着順、定員になり次第締切
- ◆参加費：無料
- ◆申込み：21世紀水倶楽部ホームページ
<http://www.21water.jp>
参加登録フォームから
- ◆問合せ：E-mail：sympo-info2@21water.jp
Tel.03 - 3980 - 4567
- ◆懇談会：シンポジウム終了後、会費制（1,000円）で開催