

ワールド ワイド下水道

〔下水道事業の海外展開〕

近年、地球温暖化による気候変動が水不足や水害リスクの増大などに深刻な影響を与えると懸念され、世界的に緩和策と適応策の総合的な強化が必要といわれています。下水道分野ではこれまでに、下水道整備計画の策定や下水道施設の維持管理に係る技術指導のために国土交通省、地方公共団体及び日本下水道事業団などの職員を長期専門家等として派遣し、下水道施設の計画的な整備等を実施してきました。この動きを加速、さらに時宜に即したものにするため、わが国の豊富な経験と多様な技術を活用しつつ、持続可能な下水道システムを提案、普及するための産学官による下水道グローバルセンターが発足しました。世界的な水と衛生の問題の解決や地球温暖化対策の推進に向け、今後、下水道の国際化に一層拍車がかかるものと見られています。

本機構でもこれを機に「ワールドワイド下水道」を企画しました。今回からシリーズで先進的に海外事業に取り組んでいる各企業にその独自技術や工法などをはじめ、計画または事業実施段階での課題と解決方法、今後の展望などをご紹介します。第1回は、浅田一洋・(株)日水コン海外事業部事業部長、国井光男・(株)日立プラントテクノロジー環境エンジニアリング事業部長、松井雅志・清水建設(株)国際支店マレーシア営業所マレーシア下水処理施設建設所所長のお三方をお願いいたしました。





日本の経験を生かした きめ細かい援助を

(株)日水コン
海外事業部 事業部長
浅田 一洋

1. 海外展開の概要

我が国の海外における下水道に関する活動は、政府開発援助（ODA）を中心に展開されている。もっとも中近東では少し趣が異なるが、我が社では現在のところ90%以上がODA関連の受注である。

我が社の海外下水道プロジェクトは1967年、世銀資金で実施したパキスタンのラホールが最初で、次が台湾であった。日本のODAで我が社が下水道のコンサルタント業務を最初に受注したのは1971年のスラバヤ（インドネシア）である。その後、1970年代にパキスタン、マレーシア、タイと続くが、JICA（独立行政法人国際協力機構：現在名）のスタディーが実施に移されたのは1980年のバターワース（マレーシア）が先駆けである。残念ながら、このプロジェクトは円借款ではなく、マレーシア政府の資金で実施された。

1980年代以降にはバンコクや韓国を始め東南アジア、アフリカ、中近東、中南米でJICAによる調査や計画が行われているが、円借款により下水道の大規模な建設が実施されたのは韓国以外には記憶にない。2000年代に入って、開発途上国にも下水道の必要性が増したことで、無償から有償の円借款対象国に昇格した国が多くなったこと等により、開発途上国の下水道事業もようやく盛況を極めるようになった。マレーシアでは下水道施設の改築を行っているし、インド、ベトナム、スリランカ、パプアニューギニア、ブラジル、アルバニアでも新規都市の下水道事業に着手している。

今後は、植民地時代に建設された大都市における下水道施設の老朽化対策や処理施設の建設（海洋投棄も多い）が必要になると考えられる。さらに、急激な市



マレーシア バターワース
アイアンモール工法による推進（1983年）



マレーシア バターワース
下水道工事現場をペナン州知事が視察
（クリングス法による開削、1982年）

街化や生産活動の活発化により、河川の汚濁が顕著化すると想定され、工場排水規制や工場排水処理から流域管理へと日本の昭和45年以降の展開が予想される。

2. 東南アジアの下水道

現在、マレーシア、インドと同様に多くの下水道プロジェクトを手掛けているのがベトナムである。ハノイ、ホーチミン、ハイフォン、ビンズン、フエは既に円借款契約が締結されており、実施または実施に向けての詳細設計に入っている。着手待ちの都市も目白押しである。

開発途上国の下水道計画では、常に排除方式と各戸の接続が大きな問題である。ベトナムの下水道整備でも例外ではない。総じて都市部で浸水が多いベトナムでは、ある程度の規模で雨水排水網が完備しており、雨水排水管に腐敗槽からの排水と雑排水が流入しているのが一般的である。また、家庭からの雑排水は雨水管に接続されず、既存の池や道路に垂れ流しとなっているものも多い。道路上の雑排水は、雨季には流されてしまうし、乾季は道路にたまって蒸発する。雑排水を収集する蓋掛け側溝の整備が必要となる地区もある。

一方、ベトナムの法律では各戸の接続費用は個人負担となっている。従って、排除方式として、合流式を採用する都市が多い。浸水対策の必要性も考えれば、合流式も捨てたものではないが、雨季における水量の調整、処理場への流入水質には注意を要する。現状での接続も不完全であるため、合流式を採用しても、分流式と同様に各戸の接続問題は存在する。従って、接続費用に対するリボルビングファンド制度の制定や、コミュニティー単位での資材と労力の提供に関する分担制度等が議論されている。

分流式を採用する場合に問題となる各戸接続に関して、スリランカのキャンディ下水道計画では、円借款対象工事の中に取り付け管工事も含めることができた。

そのため、住民の協力を促すPRや啓蒙活動、社会配慮担当者によるきめの細かい活動等もプログラムに含めている。

いずれにしろ、各戸の接続に関しては長期間にわたる忍耐強い努力が必要となる。法整備もさることながら、住民に理解を促し協力を得る活動、費用の補填や融通に関する制度の拡充等、この面に関して、日本の経験を生かしたきめ細かい援助が必要である。



マレーシア バターワースにおける
下水道管渠工事のサインボード（1981年）



マレーシア バターワース
処理場用地測量（1982年）



マレーシア バターワース
処理場（安定化池）建設中（1984年）



中東ドバイでの生活排水処理事業に着手

(株)日立プラントテクノロジー
環境エンジニアリング事業部長
国井 光男

1. はじめに

弊社海外水事業は、製鉄所排水処理に始まり、ODA無償での水道施設EPCビジネスを経てマレーシアでの初の本格的下水道整備事業（円借款）参画の機会に繋がった。一方で自らのグローバル展開を図るべく中東ドバイでの生活排水処理、再生水供給事業に着手したところでもある。

2. マレーシア下水プロジェクト

(1) 概要

急速な経済発展や都市化の進展に伴う下水道整備の要請から計画が策定され、2004年に建設が開始された。ここで弊社は、首都クアラルンプール近郊で5ヶ所の処理場機械・電気設備工事を担当した。処理対象人口は約百万人、全処理水量は約25万 m^3 /日になる。

(2) 特長

現在、同国には数千ヶ所にも及ぶ処理施設が稼働しているが、その大半は規模の小さい浄化槽やポンド方式による簡易な処理である。今回の処理場も、既設オキシデーションポンドを省面積・高級処理が可能な活性汚泥処理方式に変更したものである。3ヶ所でステップ式硝化脱窒法、1ヶ所が回分法で、効率的な下水処理と処理水質の向上が可能になった。発生する汚泥は、濃縮、消化及び、最新式の機械脱水（スクリーュー式、遠心式）により効率的に減容化処理される。

一方、浄化槽汚泥を集中処理する汚泥処理場では、脱水ろ液に含まれる高濃度の窒素を処理する為に固定化担体を用いた3段ステップ式硝化脱窒法（ペガサス）



マレーシア5ヶ所の処理場中最大規模の
93,000 m^3 /日の能力を持つPantai STP

が採用されている。

更に、施設の運転・維持管理を行なう現地技術者養成のための1年間の研修プログラムが含まれている。最新の技術を導入し自動化された施設の安定した運転により常に放流基準を遵守する運転管理のノウハウを技術移転する目的である。これをスムーズに効果あるものにするのは一企業にとって大きなハードルであったが、国内での処理場長経験を有するベテランスタッフとその人的ネットワークが大きな助けとなった。

3. 中東ドバイでの排水処理・再生水プロジェクト

(1) ドバイにおける水環境事情

2006年現在のドバイ市の人口は142万人、水道水製造量は71万 m^3 /日、ほぼ全て海水の淡水化で賄っている。公共の下水処理場は1ヶ所のみで、計画水量の26万 m^3 /日に対して50万 m^3 /日の汚水を処理、処理水は



図
ブルジ・ドバイ完成予想図



図 ブルジ・ドバイ用再生水製造設備

色や臭いなどがあり再利用水質としては必ずしも良好とはいえない状況である。

この原因は、急激な開発ラッシュに伴う建設従事労働者の増加であり、約50万人とも言われている。労働者は郊外のレイバーキャンプという地域に居住し、ここでの生活排水は、敷地内に一時貯留後タンクローリーで処理場に運ばれ処理されるが、この処理費用が異常に高騰しているのが現状である。

(2) MBRシステムの導入

1) レイバーキャンプ向け排水処理

タンクローリーによる処理場への排水移送ではなくキャンプ単位での効率的個別処理を図るうえで、MBRシステムは省面積、維持管理が容易、灌漑用水などに再利用できる良質な処理水が得られること等、キャン

プの排水処理には最適なシステムである。

2) MBR-ROシステム

MBR処理水をRO処理するもので、処理水のより高度な再利用を目指したシステムである。MBR処理水中のイオン類をRO設備で除去するため、再生水は工業用水として利用できる。ドバイでは地域冷房用の補給水やコンクリートの練り水などでの用途がある。

(3) ドバイにおける排水の再生事例

1) 修景用水利用

世界最高層ビル「ブルジ・ドバイ」の周りには環境調和を図る池とともに、高さ150mにまで達する噴水設備を建設中で、この噴水に使用する水はこの地域住民の生活排水をMBR-ROシステムで処理した再生水である。弊社はこの再生水製造設備を受注、今春に完成した。

2) MBR-ROシステムを用いた水再生事業

ドバイでのMBRシステムの拡販事業を展開する過程で、水再生事業がここでの水環境の問題解決に寄与できることが分かった。レイバーキャンプの生活排水を集めて処理し、再生水を販売する事業モデル・計画を策定、昨年8月に現地企業との合弁会社を設立した。キャンプの近傍に処理プラントを建設、排水を市場値よりも安価で引取り、MBR処理とRO処理を行い水質レベルの異なる再生水を製造する。MBR水はトイレ用水や灌漑用水に、高度な水質のRO水は水道水に近い価格でコンクリート練り水などの産業用水や地冷用の補給水等に供給する。キャンプの周りには工業団地があり、数km以内の狭い地域で貴重な水を循環利用することが可能になる。

4. おわりに

水道、下水道、…壁をなくした「水のトータルソリューション」、海外水ビジネスを推進する上でのキーワードであると思う。

ODAを主とした「官民連携」[EPC+一年間のO&M指導]形態の更なる拡大、一方でMBR、MBR-ROシステムによる排水の再生技術が水環境・水不足という課題に対する解決策の一つを提供していると言える。様々な技術をさらに現地事情にマッチしたシステムに仕上げることで、水問題の解決に寄与できると幸いである。



マレーシア・パンタイ 処理場建設へ

清水建設(株)国際支店 マレーシア営業所
マレーシア下水処理施設建設所 所長
松井 雅志

1. 事業の経緯と目的

マレーシア政府は河川と周辺海域の水質環境の早急な改善に向けて、2004年から2009年にかけてマレーシア国家下水道整備事業を3工区に分割して下水道整備を推進した。整備の内容は従来のため池による処理方式から標準活性汚泥処理（汚水）ならびに機械式処理（汚泥）への更新による排出水質改善、処理の効率化、汚臭低減、また、下水道幹線・汚水管路網の更新、補強である。清水建設は地元大手建設会社であるロードビルダー社、日立プラントテクノロジー社と3社から成る特定建設工事共同企業体を構成し、3工区のうち最大規模の首都クアラルンプールを中心とした地域の第1工区を施工した。図-1に工事位置を、表-1に各下水処理場の規模、要求性能を示す。図-1に示すように第1工区は4ヶ所の下水処理場、1箇所の汚泥処理場、延長約5.4kmのシールド工法による下水道幹

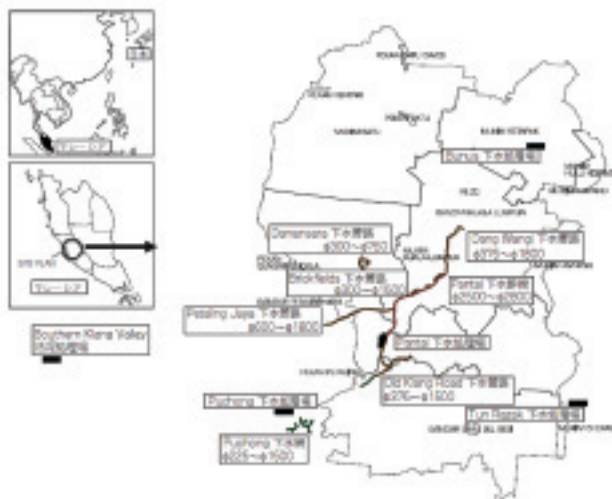


図-1 工事位置図

線、総延長約17.3kmにおよぶ推進、開削工法による汚水管路網をクアラルンプール市内及びその周辺地域に建設するものである。資金は国際協力銀行（JBIC）が75%、マレーシア政府が25%を拠出した。

2. 建設段階での課題と解決方法

(1) 構造物の耐久性向上

厳しい腐食環境にさらされる下水構造物の耐久性向上のため、本工事には以下の特徴がある。

(a) 水密コンクリートの要求規定

日本の土木学会コンクリート標準示方書においては水密コンクリートの規定は水セメント比の上限を規定することによっているが、本工事においてはコンクリートの水密性に関し以下の2試験と基準値が規定されており、いずれも日本における工事に適用された例がないと思われる特殊なものである。

(i) 吸水性（BS1881：Part 122） 1%以内

供試体を3日間オープンで乾燥させ、1日間常温の乾燥容器内で温度を下げ、その後水中に30分間浸漬し、重量増加を計量し乾燥状態との重量比を求める。

(ii) 透水性（DIN1048） 10mm以内

供試体表面に0.5N/mm²の水圧を3日間作用させた後、割裂させる。破断面での水の浸透深さ（最大値）を計測する。

(b) 生下水に接する部材のライニング

生下水に接する部材には高密度ポリエチレンシートをライニングとして敷設し、化学的耐久性、擦り減り抵抗性の向上に供した。

表－1 下水処理場の規模、要求性能

	平均処理量 (m ³ /日)	計画処理人口 (人)	要求処理性能(排水水質)
バンタイ処理場	93,000	373,000	BOD：50mg/liter TSS：100mg/liter ただし設計規準は BOD：20mg TSS：40mg
プチョン処理場	37,000	150,000	
サザン克蘭バレー汚泥処理場	16,000	65,000	
ブヌス処理場	87,000	352,000	
バンダールツンラザク処理場	25,000	100,000	

(2) 下水幹線、管路網工事における多様な地盤への対応
これらは市街地の道路下でのシールド工法、推進工法による施工であり、掘進中のトラブルを最小限に抑えるためには地盤に適合した掘削機械の選定が重要であり、そのための地盤調査を綿密に実施した。推進工事においては多様な地盤に下水管の径の種類の多さも相俟って、約14kmの施工に合計で23台の掘削機を使用しての工事となった。

- (3) 新設処理場の有効利用のために下水道幹線、管路網整備がタイムリーに行われる必要がある。
(4) 下水処理施設整備が遅れている地域において、まず汚泥処理施設が必要である。
(5) 高度処理施設の運転管理費が高いことから、ため池方式とのバランスをとっていくことが必要である。

3. 事業完了後の相手国の評価

完成したバンタイ処理場を写真－1に示す。本工事の処理施設はマレーシア初の活性汚泥、機械式処理を行うものであり、現地の下水处理オペレーターにとってはまったく未経験のものである。本共同企業体はトレーナーとして日本の同種処理場で数十年の経験を持つ大ベテランを招いて、引渡し後の運営、維持、管理の指導に当たっている。ハード、ソフト両面で生きたノウハウの伝達を試みているわけで、処理場のオーナーである下水道局、さらにはオペレーターから高く評価されている。

4. 今後の展望

9000以上ともいわれる旧来のため池方式の処理が行われているマレーシアで、今回のような高度処理を行う下水処理場の必要性はますます高まると思われる。今後の下水処理施設整備へ向けて本プロジェクトからのフィードバックとして、以下が議論されている。

- (1) 下水処理場の建設地は環境改善という本来の目的にふさわしい場所であるべきである。この観点から下水施設が存在するが処理能力が過負荷となったり、河川の汚染度が高い、また、人口増加が顕著な都市部における整備が有効である。
(2) 計画処理人口の多い処理場の費用対効果が高い。

5. 国や関係機関への要望

下水処理施設を新設、有効利用するためには周辺の管路網整備が不可欠である。今回の工事ではコントラクターにとって管路網工事実施に当たり道路管理者、埋設管理者等の関係機関からの施工許可取得に多大な労力と長時間を要した点が大きな課題であった。より容易な管路網工事実施へ向けて下水施設のオーナーと関係機関の官庁間の事前協議、また施工中の積極的な協議が必要不可欠であると感じられる。



写真－1 完成したバンタイ処理場