

PC タンクの海外普及に向けて

— スリランカにおける PC タンク普及・実証事業 —

河合 真樹*1・堅田 茂昌*2・宮島 朗*3・西尾 浩志*4

日本国内における水道普及率がほぼ 100 % である一方、海外では安全な水の安定的な供給が十分に行われていない地域もある。水道が普及していない地域世帯では井戸水や湧水などを飲用しており、保健衛生上の問題や生活利便性向上の観点から、上水道の整備が喫緊の課題となっている。一方、水道施設の計画・工事においては、建設費財源の不足、建設用地の確保、建設労働者の低い安全意識などの課題を抱えている。そこで、配水池建設にかかる時間とコストが節約でき、かつ高品質である PC タンクの導入がこれらの課題を解決し、上水道の普及に貢献できると考えた。

著者らはこれまでにスリランカにて案件化調査を行い、同国の水道事情および水道用 PC タンクの需要を調査した。また、現在、スリランカで実際に PC タンクを建設することでその有用性を実証することを目的とした、PC タンクの普及活動を実施している。本稿ではこれらの調査および活動について報告する。

キーワード：海外普及、PC タンク、案件化調査、普及・実証事業

1. はじめに

筆者らは 1981 年から 1983 年にかけて、エジプト・アラブ共和国のカイロ市に建設された水道用 PC タンク 3 基に対し、技術協力および資機材納入を行っている。また、1990 年代後半には、同国ギザ市において 2 基の水道用 PC タンクの建設にも携わった。その後、2003 年から 2009 年の間にヨルダン・ハシミテ王国にて 3 基の水道用 PC タンクの施工に際し技術協力・資機材納入を行ったが、それ以来、筆者らが海外にて水道用 PC タンクの建設に携わることはなかった。

水道用 PC タンクは日本国内では数多くの実績を有し、水道水の安定供給を支えている。筆者らは上述した国のみならず他の海外の上水道が普及していない地域においても、PC タンクはその有用性を十分に発揮し、上水道の普及に貢献し得ると考え、PC タンクの海外普及を目指している。その取り掛かりとして、著者らはこれまでに、スリランカ民主社会主義共和国（以下、スリランカ）を対象として、平成 25 年度外務省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」（以下、案件化調査）により、スリランカの水事情および水道用 PC タンクの需要の調査を行った¹⁾。同調査結果を踏まえ、独立行政法人国際協力機構（以下、JICA）による平成 25 年度補正予算中小企業海外展開支援事業～普及・実証事業～（以下、普及・実証事業）に企画を提出し採択され、スリランカにて水道用 PC タンクを建設する機会を得た。

本稿は、これらの案件化調査および普及・実証事業の概

要について記載するものである。なお、普及・実証事業は現在実施中の事業であり、本稿は PC タンク本体の施工着手前の段階での報告である。

2. 案件化調査

2.1 調査目的と概要

「案件化調査」は、開発途上国の開発課題の解決に向けて、日本の中小企業が保有する製品・技術の活用可能性を調査することを対象とした支援事業である。今回の案件化調査では、水道用 PC タンクの建設事業をスリランカにおいて展開し、同国における日本の ODA 案件やその他の上下水道事業への導入につなげるための事業計画を策定することを目的として、スリランカの水事情および水道用 PC タンクの需要の調査を行った。

調査期間は 2013 年 9 月から 2014 年 2 月までの約 5 ヶ月であり、うち 3 ヶ月間はスリランカにおける現地調査を行った。調査にあたり、スリランカ上下水道公社 National Water Supply and Drainage Board（以下、NWSDB）、在スリランカ日本大使館、JICA スリランカ事務所から情報提供などの協力を得た。

2.2 現地の水事情の調査

案件化調査当時、スリランカ国内で安全な飲料水へのアクセスが確保されているのは全人口の 87.7 % であり、水道普及率は 43 % であった。同国の開発政策では、2020 年までに水道普及率を 60 % にすると同時に、スリランカ全土に安全な飲料水を供給することが目標となっている。NWSDB の事業計画では、2016 年までに水道普及率を 52.4 % に引き上げるのが中期目標である（表 - 1）。

*1 Maki KAWAI：(株)安部日鋼工業 技術工務本部 容器技術部

*2 Sigemasa KATADA：(株)安部日鋼工業 技術工務本部 容器技術部

*3 Akira MIYAJIMA：(株)安部日鋼工業 工事本部 工事部

*4 Hiroshi NISHIO：(株)安部日鋼工業 専務取締役

表 - 1 安全な水へのアクセス目標値 (%)²⁾

項目	年	2013	2014	2015	2016
	上水道合計		47.0	48.8	50.6
NWSDB による上水道		36.0	37.4	38.9	40.4
掘り井戸		30.5	30.0	29.5	29.0
チューブ井戸・手押しポンプ		7.5	7.0	7.0	7.0
雨水活用その他		1.0	1.0	1.0	1.0
合計		86.0	86.8	88.1	89.4

目標達成に向け、NWSDBは現在、数多くの浄水場および貯水池の新設・更新を予定している。保健衛生や生活便利性の向上、内戦被災地の復興などを目的として、とくに地方給水施設の整備が急がれている。一方、NWSDBは、大規模な水道施設の新設・更新を海外からの資金援助を活用して実施しているが、NWSDBの債務返済額や債務利子額の負担は年々深刻化しており、水道施設の建設費用の節減は重要な課題である。PCタンクはRCタンクと比較して経済性・工期短縮の面で優れているため、PCタンクの普及はNWSDBの目標達成に大きく貢献できるものと考えられる。

現地にて既設貯水池の修理やメンテナンスの事例を確認したところ、大型円筒形RC貯水池が長年漏水し、使用不可能になっていたものを補修・補強した例(写真-1)、設計・施工上の問題から円筒形のRC貯水池に漏水が発生し、PC鋼材で補強した例(写真-2)などがいくつか見られた。



写真 - 1 大型RCタンクを控え壁で補強した例
(カンパハ県チャーチヒル)

これらのタンクは英国基準 British Standard (以下、BS)に基づいて設計されているが、BS8007 (Design of concrete structures for retaining aqueous liquids)では、RC構造の貯水構造物の設計にはひび割れ幅を制御する手法が採用されている。施工直後の貯水性能を確認する水張試験の規定からは、ひび割れからのわずかな漏水は、コンクリート中の成分が水と炭酸ガスに反応することによって生成する炭酸カルシウムによりひび割れが塞がって漏水が止まれば良いという考え方で設計されていることが読み取れる。しかしながら、写真-1のような大型のRC構造物の場合は水圧が大きいため漏水が止まらず、補強が必要となったと考え



写真 - 2 RCタンクをPC鋼材で補強した例
(マータラ県ガバダーウィーディヤ)

られる。このような事例は、同国における、貯水池の設計・施工技術の向上と、PC技術の導入による貯水池の品質向上や耐久性向上のニーズが高いことを示している。

2.3 PCタンクの現地適合性の検証

調査の結果、スリランカには、ゴール県に1基、コロombo県に2基(うち1基は案件化調査当時建設中)のPCタンクがあることが分かった。しかし、NWSDB職員をはじめ関係者の多くは、スリランカにPCタンクがあることを把握していないようであった。また、ゴール県のPCタンクは側壁下端から漏水が発生しており、今後の課題が垣間見えた(写真-3)。



写真 - 3 側壁下端から漏水したPCタンクの例
(ゴール県ゴール)

スリランカ国内においてPCタンクが普及に至っていない第一の理由としては、PCタンクの設計・施工の技術が普及していないことがあげられる。第二の理由は、PCタンクのコスト面での優位性が明確に示されていないことである。これは、同国でRCタンクの設計概念が統一されておらず、どのような設計概念のRCタンクを比較対象に設定するかが難しいことも一因である。

また、調査によって、PC鋼材およびその他の建設資材は、おおむねスリランカで現地調達できる目処が立った。現地調達できる製品は、スリランカ国内で適用されているBSの品質基準を十分満足する物であることを確認した。現地の価格にてPCタンクと円筒形RCタンクの建設費を

試算したところ、2 000 m³ 程度の容量のものを含め、小容量のものでも PC タンクに価格優位性があることが分かった。

2.4 調査結果と展開

当調査により、スリランカに PC タンクを導入することにより、コスト削減、工期短縮、耐久性向上などの同国のニーズに応えられること、同国には PC タンクの導入にふさわしい貯水池の建設計画があること、PC タンク建設に必要な資材が現地調達可能なこと、パイロット事業として普及・実証事業の枠組みが有効に活用できることなどが分かった。

案件化調査後の展開として、以下のことが考えられた。

(1) 普及・実証事業

PC タンクを普及させるには、PC タンクの優位性や PC タンクの設計・施工技術をスリランカにおいて実証し、NWSDB がそれらを確信する必要がある。このため、普及・実証事業の枠組みを活用し、パイロット事業として PC タンクを一基建設し、その優位性を実証することが効果的であると考えられる。また建設と並行して、PC タンクに係わる計画、設計、施工の技術移転を行い、同国における今後の事業展開の環境作りを行う。

(2) 大型貯水池建設案件の形成

案件化調査時点で、NWSDB は西部州内に 5 箇所の大規模なタンク（3 000 m³ 以上）の建設を計画しているという情報を得た。これらの貯水池建設事業は、詳細設計や建設業者の選定の段階にはなく、日本企業参入の余地があると考えられた。

3. 普及・実証事業

3.1 普及・実証事業概要

「普及・実証事業」は、開発途上国の社会経済の課題解決につながる製品・技術を持った中小企業の海外展開に向けた普及活動および実証活動を対象とした、JICA の支援事業である。中小企業からの提案に基づき、製品・技術の現地適合性を高めるための実証活動を通じ、その普及方法を検討することを目的としている。実証・普及の取り組みにより、より多くの途上国政府の事業や ODA 事業にその製品・技術が活用され、あるいは市場を通じその技術・製品が広がり、中小企業の海外事業展開とともに、地域経済の活性化の促進が期待されている。

今回の事業は、案件化調査の結果をふまえて選択したスリランカのバールワラ市において PC タンクを建設し、PC タンクが同国の開発課題の解決に資することを実証し、同時に将来の PC タンクの海外普及のための事業展開の戦略・計画を策定するものである。

3.2 事業の目標

本事業の主な目標は以下のとおりである。

- ① スリランカにて PC タンクを建設することで、NWSDB および関係者に PC タンクの優位性を実証し、PC タンクとそれに係る技術が同国の開発課題の解決に貢献できることを示す。優位性については、建設コストの節約、工期の短縮、安全性の向上、用地の節約、耐久性

の向上を主な項目とし、提案する PC タンクを NWSDB の計画に加えることを具体的な目標とする。

- ② 今後、同国で PC タンクを普及・展開するために必要な環境を整備する。そのために、計画から施工に至る手順と留意事項のマニュアル（手順書）を作成し、現地関係者と協議のうえ、最終化する。その後、運用・活用のための導入研修・セミナーなどを現地や日本国内で実施することにより、PC タンクの計画から施工に係る技術移転を行う。
- ③ PC タンクの建設により配水地域の給水能力を向上させ、同地域の住民の社会生活環境の改善に貢献する。
- ④ 今後の海外展開のために、海外業務の経験を積み、海外で通用する人材の育成と PC タンク普及に係る経験と技術の継承を行う。

3.3 建設地の選定

バールワラ市を本業務の建設地として選定した背景は以下のとおりである。まず、普及・実証事業の目的と事業予算を鑑み、建設地選定の基準を表 - 2 のとおり設定した。

表 - 2 PC タンク建設地選定基準

選定基準	最適な状態
PC タンク容量	1 000 m ³ ~ 3 000 m ³
立地	西部州内 NWSDB からアクセスが便利
建設の緊急性 優先度	高い
建設後の活用	完成後すぐに活用
建設用地	用地取得完了
資金調達先 建設業者	未定

PC タンクの容量は普及・実証事業の予算内で対応可能な容量とした。立地は本業務の目的の一つが NWSDB への PC タンクの有用性の実証であることを考慮して、西部州内の NWSDB 本部からアクセスの良いところとした。事業の効果発現を考慮し、配水池建設の緊急性や優先度が高いことを条件とした。また PC タンクが完成後に活用されるよう、配水池に付属する送配水管やポンプなどの施設の整備計画が確定もしくは進行中であるところを優先した。その他、NWSDB が建設用地をすでに取得していること、他の出資者の支援との重複を避けるため、資金調達の目的が立っておらず、建設業者も未定であることも条件に入れた。

これらの選定基準に沿って、NWSDB の配水池建設計画の調査や NWSDB 地方事務所への聞き取りを行い、バールワラ市、カトナーヤカ市、ドダングダ市、マトゥガマ市の候補地（図 - 1）が浮上した。これらを訪問し、上述の選定基準について再確認するとともに、発破工事の必要性や社会環境配慮などの建設条件なども慎重に検証した。

その結果、配水池建設のニーズが明らかであり、準備状況が良好で、用地取得も完了している西部州カルタラ県のバールワラ市を選定した。その後、NWSDB から同地における 2 000 m³ の配水池建設事業への関心表明が提出され、事業形成への協力と整地・付属施設建設に関し責任と費用

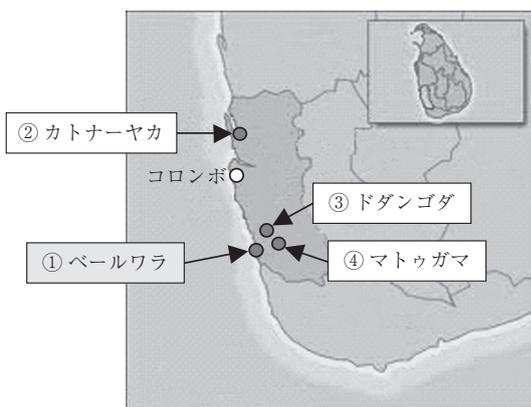


図 - 1 配水池建設計画の候補地

を負担することが表明された。

3.4 建設する PC タンクの概要

パイロット事業として建設する PC タンクの構造概要は以下のとおりである。また、PC タンクの一般図を図 - 2 に示す。

工事場所：スリランカ民主社会主義共和国ベールワラ市

工期：2015 年 8 月～2016 年 3 月（予定）

構造形式：水道用 PC 円筒形タンク

基礎形式：直接基礎

工事規模：有効容量 $V_e = 2\,000\text{ m}^3$ ，有効水深 $H_e = 10.000\text{ m}$

鉛直方向 PC 鋼材：PC 鋼棒 $\phi 26\text{ mmB}$ 種 2 号，90 本

円周方向 PC 鋼材：PC 鋼より線 $\phi 15.2\text{ mm}$ ，64 段

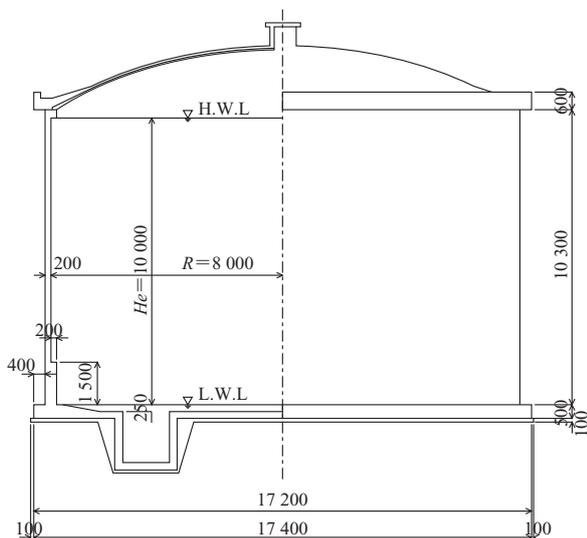


図 - 2 ベールワラ市 PC タンクの一般図

本配水池を新設することで、ベールワラ市とその南部のアルトゥガマ地域での給水能力が強化される。当該地域では上水道が普及している世帯もあるが、現時点では 1 日の内で給水される時間に制限がある時間給水となっている。本配水池の新設により給水能力が強化されることで、既存の給水世帯への 24 時間給水ならびに 14 650 世帯の新規接続の実現が期待される。

3.5 技術移転

今後、スリランカにおいて PC タンクを普及させるために、計画から施工に至る手順と留意事項のマニュアル（手順書）を作成し、現地関係者と協議のうえ、最終化する。また、運用・活用のための導入研修・セミナーなどを現地や日本国内で実施することにより、PC タンクの計画から施工に係る技術移転を行う。マニュアルを作成することで、NWSDB が PC タンクの利点や計画、設計、施工に係る技術を十分理解し、長期に渡り知見を共有することができると考えられる。そして、将来的には NWSDB がスリランカの標準配水池として PC タンクを採用する政策決定を行うことができると考えられる。

なお、マニュアルの作成においては、日本の PC タンクに係る技術をスリランカの実情に合わせる必要があり、その例を以下に示す。

① 側壁下端の形状の変更

日本国内においては側壁下端は斜めハンチの形状が一般的であるが、スリランカの施工能力をふまえ、斜めハンチから等断面拡幅形状に変更する（図 - 2）。

② 側壁の補強鉄筋の配置変更

日本国内においては、側壁の補強鉄筋は複鉄筋としているが、コンクリートの充填が容易かつ経済的な設計である単層鉄筋を採用する。

③ 構造計算の諸物性について

PC タンクの構造計算に用いる諸物性は BS にしたがうが、BS にない材料のみ JIS にしたがうこととする。

4. おわりに

スリランカにおける案件化調査ならびに普及・実証事業の概要について報告した。本稿執筆時は PC タンク本体の施工着手前であるため、タンク完成後には別途報告したいと考えている。

なお、本事業は事業者を株式会社安部日鋼工業とし、外部人材として、株式会社かいはつマネジメント・コンサルティングならびに、水のいのちものづくり中部フォーラム（名古屋市上下水道局、中日本建設コンサルタント株式会社、一般社団法人名古屋環未来研究所）にご協力いただき、実施している。本事業完了後には、その経験を活かして周辺国へも PC タンクを普及させ、安全な水道水の安定供給に寄与していきたいと考えている。

最後に、本事業における PC タンクの建設が無事故無災害で竣工を迎えることを祈念して締め言葉とする。

参考文献

- 1) 株式会社 安部日鋼工業・株式会社 かいはつマネジメント・コンサルティング共同企業体：平成 25 年度外務省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」スリランカ民主社会主義共和国途上国における経済的な水道施設に資する PC タンク普及のための案件化調査、2014
- 2) NWSDB：Cooperate plan 2012-2016, 2012

【2015 年 7 月 28 日受付】