

スリランカ国

スリランカ国上下水道公社

スリランカ国
経済的な水道整備に資する
PC タンクの普及・実証事業

業務完了報告書

平成 31 年 4 月

(2019 年 4 月)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社 安部日鋼工業

民連
JR (P)
19-071

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

地図	vi
略語表	viii
図表番号	x
案件概要	xi
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における当該開発課題の現状及びニーズ	1
(2) 普及・実証を図る製品・技術	3
2. 事業内容	6
(1) 事業目的	6
(2) 期待される成果	7
(3) 事業の実施方法・作業工程	8
(4) 業務フローチャートと進捗状況	11
(5) 作業工程計画と実施状況	12
(6) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	14
(7) 事業実施体制	15
(8) 相手国政府関係機関の情報	16
3. 普及・実証事業の実績	19
(1) 活動項目毎の結果	19
① 成果1に係る活動	19
② 成果2に係る活動	48
③ 成果3に係る活動	64
④ 成果4に係る活動	66
(2) 事業目的の達成状況	70
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	71
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	71
(ア) 中部フォーラムを通じた日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	71
(イ) 論文発表や広報活動による日本国内での技術の普及	72
(5) 環境社会配慮	73
(6) ジェンダー配慮	74
(7) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	74
(8) 今後の課題と対応策	74
(ア) 実証活動	74
(イ) 普及活動	74

(ウ) ビジネス展開計画.....	75
4. 本事業実施後のビジネス展開計画.....	75
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	75
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）.....	77
② ビジネス展開の仕組み.....	78
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	81
④ ビジネス展開可能性の評価.....	86
(2) 想定されるリスクと対応.....	86
(ア) PC タンク・エアードーム工法の模倣リスク.....	86
(イ) 競合国および企業.....	87
(ウ) 対応.....	87
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	88
(ア) 経済的なインフラ整備に資するプレストレストコンクリート技術.....	88
(イ) 隣諸国へのビジネスモデルの水平展開の可能性.....	88
(ウ) ABE に於ける海外事業への理解と自信.....	89
(4) 本事業から得られた教訓と提言.....	89



工事着手前の現場
Beruwala OIC 場内



PC タンク側壁施工中
配筋作業



工事着手前の住民説明会



コンクリート品質管理



本邦研修中の現場集合写真



安全管理
朝礼



現地施工会社
現場職員の給料日



PC タンク側壁の PC 鋼材定着柱
コンクリート打設



元旦の現場新年会



円周方向 PC 鋼材緊張作業
側壁に圧縮力を導入する作業



現場施工状況
進捗率 50%



エアードーム空気膜設置作業



エアードーム工法
現場見学会



オープニングセレモニー



モルタルドーム
散水養生



PC タンク供用開始後
住民ヒアリング

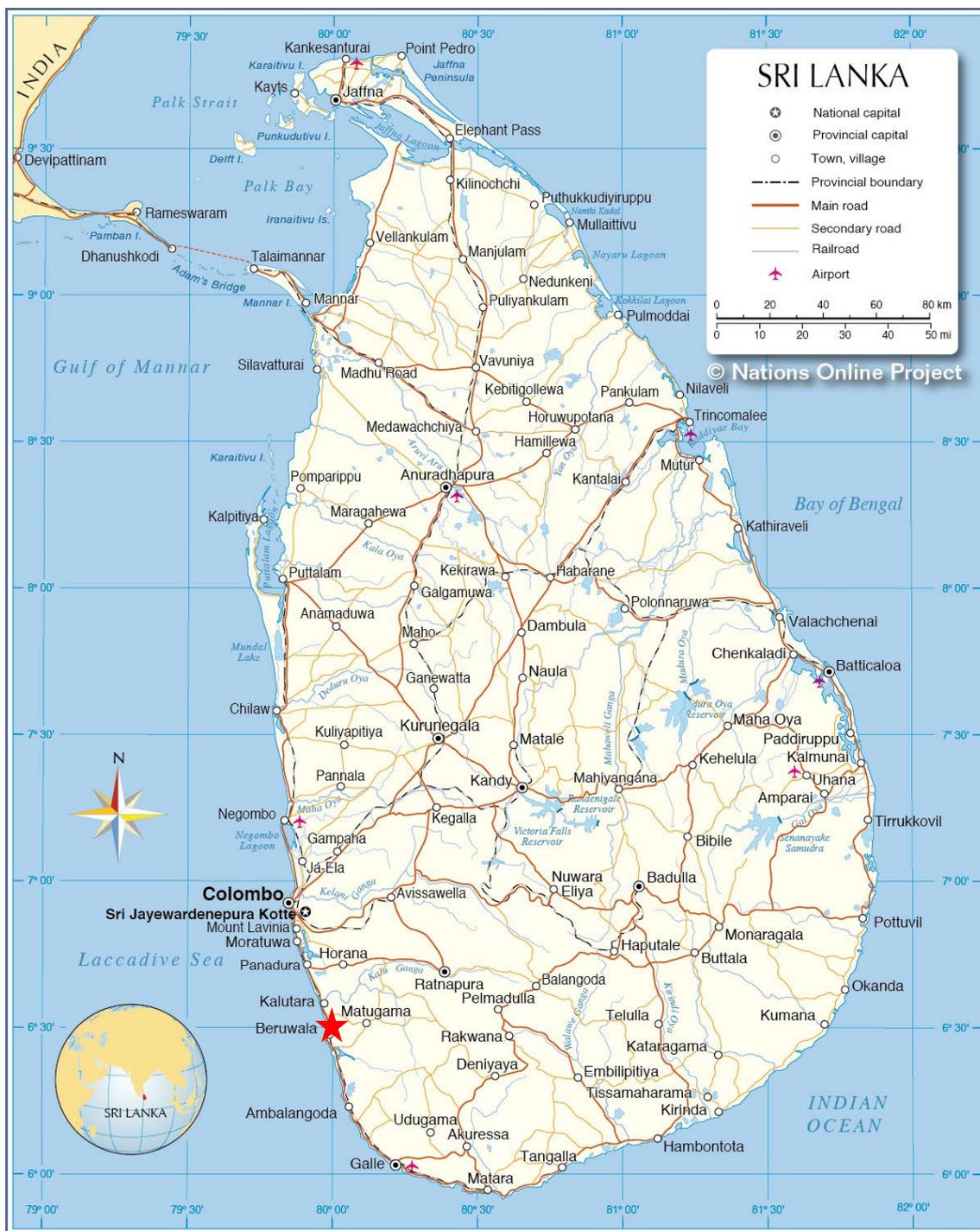


PC タンク完成



塩水遡上（水道水に塩水が混じる時）
給水車で水道水を給水
Beruwala OIC 場内

地図



スリランカ全国地図 (★印がサイト箇所)

(出典 : Map based on a UN map. Source: UN Cartographic Section)



事業サイト位置図 (★印がサイト箇所)

(出典：国家上下水道公社の計画図 (Aluthgama, Mathugama & Agalawatta Integrated Water Supply Project))

略語表

略語	英語表記	日本語表記
ABE	ABE NIKKO KOGYO CO., LTD.	株式会社安部日鋼工業
AGM	Assistant General Manager	課長
BOQ	Bill of Quantities	数量明細
BS	British Standard	英国規準
CE	Chief Engineer	主任技術者
CIF	Cost, Insurance and Freight	運賃・保険料込み条件
DAP	Delivered at Place	仕向地持込渡
DGM	Depty General Manager	部長／出先事務所の所長
FEM	Finite Element Method	有限要素法
ICTAD	Institute for Construction Training and Development	建設産業研修・振興研究所
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響調査
JETRO	Japan External Trade Organization	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
JPU	Japanese Projects Unit	日本担当
KDAW	K D A Weerasinghe & Company (Pvt) Ltd	PC タンクを現地で施工した建設会社
KMC	Kaihatsu Management Consulting, Inc.	株式会社かいはつマネジメント・コンサルティング
MSDS	Material Safety Data Sheet	安全データシート
NWSDB	National Water Supply and Drainage Board	国家上下水道庁
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OIC	Officer In Charge	配水場責任者
OJT	On the Job Training	現場訓練、実務訓練
PC	Pre-stressed Concrete	プレストレストコンクリート
PE	Polyethylene	ポリエチレン
POD	Prefabrication Oxidation Ditch method	プレハブ式オキシデーションディッチ法
PPP	Public Private Partnership	官民連携
PQ	Prequalification	入札参加資格事前審査
P&D	Planning & Designs	計画・設計
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
RSC	Regional Support Center	地域支援センター／出先事務所

SPC	Special Purpose Company	特定目的会社
WS	Western South	西部南地区（出先事務所）

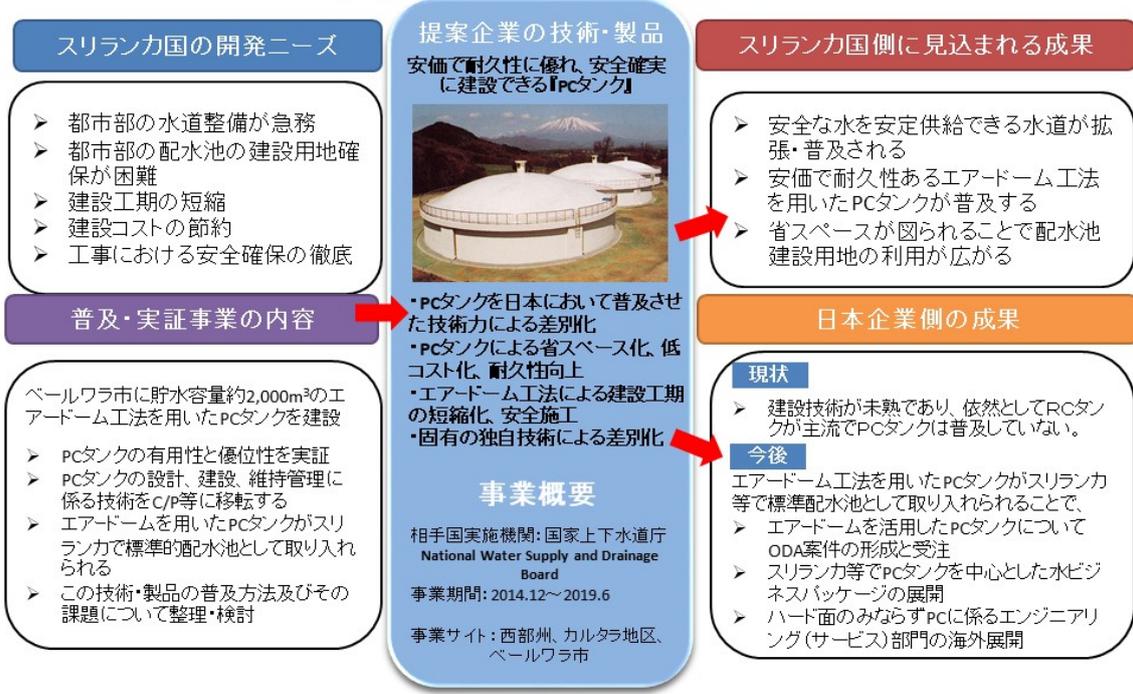
図表番号

図 1-1	PC タンク建設前後の水の流れ-----	6
図 1-2	Beruwala に建設する PC タンクの一般構造図-----	7
図 2-1	要員計画-----	14
図 2-2	実施体制図-----	16
図 2-3	NWSDB 組織図 -----	18
図 3-1	側壁下端の形状変更-----	23
図 3-2	エアードーム工法と従来工法の工期の比較-----	38
図 3-3	同容量の RC タンクと PC タンクに必要な土地面積の比較-----	39
図 3-4	同容量・同形状の RC タンクと PC タンクの工事費の比較-----	41
図 3-5	容量 2,000m ³ 在来工法 PC タンクと本事業で建設した PC タンクの工事費の比較--	45
図 4-1	ビジネス展開の仕組み-----	78
図 4-2	ビジネス展開の計画・スケジュール-----	81
表 2-1	作業工程（計画 実施）-----	12
表 2-2	要員配置表-----	14
表 2-3	業務責任分担表-----	15
表 3-1	入札の流れ-----	24
表 3-2	NWSDB RSC(WS)Web に掲載されている進捗情報-----	29
表 3-3	在来工法とエアードーム工法の価格比較 2,000m ³ -----	43
表 3-4	在来工法とエアードーム工法の価格比較 15,000m ³ -----	44
表 3-5	訪問した既設 PC 構造物-----	60
表 3-6	訪問した建設中の PC 構造物-----	61
表 3-7	水ビジネスパッケージ展開に向けた活動-----	67
表 3-8	粉塵、騒音、振動のモニタリング状況-----	72
写真 1-1	PC タンク-----	3
写真 3-1	契約調印式-----	25
写真 3-2	住民説明会-----	26
写真 3-3	プラーク除幕式-----	26
写真 3-4	本邦受入活動（福岡市高宮浄水場 PC タンク建設現場視察）-----	55
写真 3-5	本邦受入活動-----	59

案件概要

スリランカ

経済的な水道整備に資する PC(Pre-stressed Concrete)タンクの普及・実証事業 株式会社安部日鋼工業(岐阜県)



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	<p>経済的な水道整備に資する PC タンクの普及・実証事業</p> <p>Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Pre-stressed Concrete Tanks for Water Supply and Sewage Treatment Systems</p>
事業実施地	スリランカ民主社会主義共和国（以下、スリランカ）
相手国政府関係機関	<p>国家上下水道庁</p> <p>National Water Supply and Drainage Board (NWSDB)</p>
事業実施期間	2014年12月～2019年6月28日
契約金額	99,904,320 円（税込）
事業の目的	<p>本事業はスリランカにおける上水道普及の向上に資するため、対象地域においてエアードーム工法 PC タンクの設計・建設・維持管理を通じ、同製品・技術の有用性及び優位性について実証を行う。同時に、同技術・製品のスリランカ内における普及方法及びその課題について整理・検討する。更に、上述の技術協力活動を同国で行いビジネスモデルを構築する。</p>
事業の実施方針	<p>本事業は以下の方針をもって実施する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ABE の PC タンク建設を通じ、PC タンク設計・施工に関するデモンストレーションやプロモーションを効果的かつ適時行うことで NWSDB 及び関係者に PC タンク優位性を立証する。 2. 本事業実施のために各部門の代表者からなる合同運営委員会を結成し、事業実施に同職員の積極的な関与を図る。 3. スリランカにおける PC タンク普及、ビジネス展開に必要な環境を整備していくことを念頭に、以下事項に取り組む。 <ul style="list-style-type: none"> ・計画から施工に至る手順と留意事項のマニュアル案（手順書案）を作成し、現地関係者と協議のうえ最終化する。 ・現地建設会社やコンサルタント会社と協調して本事業を進めることにより、PC タンク設計や施工に係る将来の現地パートナーの技術力や実施能力、社風等を精査する。 ・本事業の進捗および、第三国の PC タンク設計・施工業者の動向も踏まえ、今後の ABE の事業展開の戦略・計画の詳細を策定する。 ・本事業を通じ、今後の事業展開において的確な経営判断ができる人材の育成及び PC タンク普及にかかる経験と技術の継承を行う。

	<p>4. 「水のいのちとものづくり中部フォーラム」と協力し、同フォーラム会員企業と共同でパッケージ型の水ビジネスについて事業提案を行う。</p> <p>5. PC タンクの建設によりペールワラ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。</p>
実績	<p>【要約】本事業で建設した PC タンクは、対象地域の住民に、給水状況の改善や、生活環境や便利性の改善などの便益をもたらした。NWSDB にとっても、ABE からの技術移転と共に、ポンプ運転の電気代の節約という経済効果が発生した。PC タンクの経済性や耐久性に加え、これらの便益も、上水普及率の改善、NWSDB の経営改善など、同国の開発課題に貢献するものである。以上のように、PC タンクの比較優位性の実証、技術移転、今後の普及と営業展開のいずれについても、十分な成果が発現しており、PC タンクは同国の開発課題にも貢献している。これらから、本事業の目的は達成されたといえる。</p> <p>1. 実証・普及活動</p> <p><u>成果 1.</u> 本事業によりエアードーム工法を用いた耐久性の高い PC タンクがスリランカで建設され、狭い土地を有効利用して、従来の RC タンクと同価格で、より耐久性が高いタンクが建設できることが実証された。エアードーム工法についても、その安全性、施工の利便性、工期短縮について高い評価が得られた。このように、本事業の実証活動により期待通りの成果が発現した。</p> <p><u>成果 2.</u> PC タンクの技術・製品の普及に必要な技術移転が、本邦研修、ミニセミナー、マニュアルの共同作成を通じて実施された。特にマニュアルは、その作成に NWSDB 職員が積極的に関与したことで、スリランカの技術者が使いやすく、理解しやすいものとなり、今後、NWSDB が PC タンクの建設を計画・設計するにあたり欠かせないものとなった。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p><u>成果 3.</u> NWSDB は本事業を通して、PC タンクの有用性や優位性を理解した結果、現在 NWSDB が円借款事業として実施中のカル河プロジェクトで、PC タンクが建設される計画となっている。これは PC タンクがスリランカの標準的配水池として取り入れられたことを示す。</p> <p><u>成果 4.</u> ABE は 2017 年 10 月に、今後の営業活動拠点となる現地連絡事務所を開設し、上記の円借款事業での受注を目指し情報収集や営業活動を実施している。将来は PC 技術を生かし、下水や、橋梁・都市交通の分野への進出も目指している。このように本事業</p>

	業での経験を生かし、今後、スリランカにおいてさらなる事業展開を実施する計画である。
課題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実証活動 <ul style="list-style-type: none"> ・ PC タンクの価格優位性・有用性をさらに実証する。 カル河プロジェクトにて PC タンクの建設を受注し、大容量のタンクにて、より大きい価格優位性があることを実証する。 ・ エアードーム工法の優位性を示す 空気膜材が高価との意見があるが、安全性や品質、維持管理コストを含めたライフサイクルコストに優位性があることを機会あるごとに NWSDB に説明し、理解のを醸成をはかる。 2. 普及活動 <ul style="list-style-type: none"> ・ PC タンクの他国勢との差別化。 ・ 小規模下水処理用のプレハブ式オキシデーション ディッチ法（以下、POD）の市場調査。 3. ビジネス展開計画 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高架タンクの市場へ PC タンクを売り込む。 ・ 高架タンクのプレキャスト化で市場が拡大する。
事業後の展開	PC タンクの優位性が認められ、カル河プロジェクトで PC タンク建設の計画が進められている。今後は、この円借款事業における受注をはじめとし、下水その他の分野を含めた同国での事業展開を実施していく計画である。
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社安部日鋼工業
企業所在地	岐阜県岐阜市六条大溝 3 - 1 3 - 3
設立年月日	1949 年 2 月 8 日
業種	建設業
主要事業・製品	プレストレストコンクリート製品の設計施工 PC タンク、PC 橋梁、PC 建築、PC まくらぎ
資本金	3 億円（2019 年 3 月時点）
売上高	28,295 百万円（2018 年 6 月）
従業員数	516 名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における当該開発課題の現状及びニーズ

スリランカ民主社会主義共和国（以下、スリランカ）では、安全な水の安定的な供給が十分に行われておらず、全人口の 83%は井戸や表流水等を通じて安全な飲み水にアクセスしているものの、上水道の普及率は全国平均で 43%（2011 年）に留まっていた。この状況を踏まえて、スリランカ政府は国家開発計画の最上位に位置付けられる「マヒンダ構想」（2010-2016）において、2020 年迄に全国民に安全な水を供給し、上水道普及率を 60%にすることを掲げていた。これを受け、国家上下水道公社は「Corporate Plan 2012-2016」および「Corporate Plan 2016-2020」を策定し、2020 年迄に水道普及率を 60.0%まで向上させることを目標としている。2016 年時点での水道普及率は 48.1%である。¹

特にスリランカ都市部においては、水道創設期に整備された施設の老朽化対策や経済成長に伴う水需要拡大への対応のため、配水池等の給水施設の更新・増設が喫緊の課題となっており、工期短縮による対応が急務となっている。他方で、このような水需要に対応するためには大容量の配水池建設が必要であり、一定規模の土地の確保を要するが、すでに住宅地等の土地利用が進み、また地価も高騰しており、広大な土地取得も難しい状況に直面している。

スリランカでは、National Water Supply and Drainage Board（以下、NWSDB）が上水道事業において主要な役割を担っており、海外からの資金援助を活用して大規模な水道施設の新設・更新を行っている。一方で、債務返済額や債務利子額の負担は年々深刻化しており、水道施設の工事費用の節減は大きな課題となっている。しかしながら、保健衛生や生活利便性の向上、内戦被災地の復興等を目的として、同国では地方給水施設の整備が急がれている状況下において、NWSDB は引き続き数多くの浄水場および貯水池の新設・更新していくことを余儀なくされている。

そのような中、スリランカの配水池の大部分が鉄筋コンクリート（RC）製であり、大規模な上水道施設の建設予定が集中している西部州においても RC タンクの建設が予定されている。これは NWSDB が PC タンクの特徴や利点に関して十分な認識を持っていないことが大きな要因ではあるが、ABE の PC タンクは従来の RC タンクに比べて工事費が安価であるなど様々利点を持っており、現在同国が抱える上水道事業普及における課題に対し大きく貢献できうる技術であり、ABE の PC タンクの普及の早期化が期待されている。

スリランカの上水道普及における主な課題について、2013 年に実施した「途上国における経済的な水道整備に資する PC タンク普及のための案件化調査」を通じ、以下の点を確認している。

¹ P1-P2, Summary of Progress Status on Corporate Action Plans at First of Fourth Quarter 2018, NWSDB, Sri Lanka.

① 水道施設の工期短縮が急務

スリランカで水道が普及していない地域世帯では、井戸水や湧水を飲用しているが、地下水にはバクテリアや塩分が混入している場合も多く、保健衛生上問題となっている。例えば、北中部州のアムラダプラ県は水資源が乏しい地域であるが、上水道の整備が遅れ、多くの住民は井戸から飲用水を得ている。近年、この地域一帯の地下水から同国の安全水準を超える高濃度のフッ素が検出された。高濃度フッ素は骨や歯への影響が懸念されるほか、腎臓病への被害が大きな問題となり、現在、同地域では上水道の整備が火急の課題となっている。また、都市部においては、水道施設の創設期に整備された施設の老朽化対策や水需要の拡大に伴う施設拡大が必要となっており、配水池などの更新・増設の際の工期短縮が急務となっている。

② 水道施設工事における安全確保の徹底

2013年12月、スリランカにて中国企業が受注した水道工事中に死亡事故が発生し、大きな問題となった。NWSDBもこのような事故を未然に防止すべく、施工業者などの安全意識の高揚が不可欠との認識である。しかし、ABEが現地調査により観察したところ、建設労働者の安全対策は依然乏しく、インフラ整備に係る安全確保は大きな課題であることを確認した。

③ 水道施設の工事費節約

NWSDBは海外からの資金援助を活用して大規模な水道施設の新設・更新を実施しているが、NWSDBの債務返済額や債務利子額の負担が年々深刻化しており、水道施設の工事費の節約は同公社の財務状況の改善のための重要な課題となっている。

④ 都市部の配水池の建設用地確保が困難

特にスリランカのコロンボ市近郊では、経済発展に伴う上水の急速な需要増加に対応するため、浄水施設の更新や増設が計画されている。このような都市の水需要に対応するためには、大容量の配水池を建設する必要があり、そのためには一定規模の土地の確保が必要である。

一方で、コロンボ近郊はすでに住宅地や工業地としての土地利用が進んでおり、また地価も年々高騰している。加えて、スリランカの用地取得法に沿って、私有地の用地取得をするには、少なくとも72週間も要する。NWSDBにとって、都市近郊の配水池建設における用地取得は、金銭・時間いずれにおいても大きな負担を強いることとなり経営上の大きな懸念となっている。

⑤ 配水池の耐久性の向上が望まれている

案件化調査の際にスリランカの配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 タンクが長年漏水し、使用不可能になっていたものを補修・補強した例、設計・施工上の問題から円筒形の RC タンクに漏水が発生し、PC 鋼材で補強した例などがいくつも見られた。このような事例は、同国における、配水池の設計・施工技術の向上と、品質や耐久性向上のニーズが高いことを示している。

(2) 普及・実証を図る製品・技術

本事業で活用予定の製品は、写真 1-1 に示すような、水道用プレストレストコンクリート製配水池（以下「PC タンク」という）である。ABE は、この PC タンクを 1957 年に開発し、日本で初めて設計施工した。その後、耐久性があり、工事費用が安価であることが水道事業体から評価され、日本における配水池の 7 割に採用されている。PC タンクは設計・施工において高度な技術を要するが、ABE は 1957 年から今日まで、地域の施工業者の PC タンク施工を技術指導し、日



写真 1-1 PC タンク

本水道協会の PC タンクの設計施工指針の策定に携わり、同タンクを日本において普及し、必要不可欠な工法にまで成長させてきた PC タンクの技術的リーダーである。

PC タンクは側面のコンクリートを鋼材で締め付ける樽型の構造で、タンクに圧縮力（プレストレス）が導入されることで水圧を相殺できる特徴を有する。また、当該製品・技術の導入により、以下の効果・優位性が期待される。

効果	優位性
工期短縮化	従来技法で必要となる型枠・足場・支保工等の設置及び解体作業が不要となり、1 か月以上の工期短縮化が可能。また、工場で製造されたコンクリートパネルを建設現場で組み立てる工法を用いることで、建設現場でコンクリート打設作業が不要となり、工期を短縮することができる。
安全性向上	従来の屋根建設作業は型枠・足場・支保工等の設置及び解体作業含め高所・暗所での作業のため、危険性が高まる一方で、エアードーム工法では空気膜上で屋根建設作業を行うため、暗所での作業がなくなるとともに高所での作業も軽減され、作業安全性の大幅向上を実現可能。
経費効率化	PC タンクは、RC タンクの 1/2 以下まで壁厚を薄くでき、コンクリート使用量削減により経費の節約が可能。

土地利用効率化	RC タンクは、水圧によって生じるコンクリートのひび割れを制御するため水深 6m 程度が限界である。PC タンクは PC 鋼材を締め付けることで水圧を相殺でき、ひび割れが生じないので水深を高くとることができるので土地利用の効率化が可能。
耐久性向上	RC タンクはひび割れるが、PC タンクはひび割れない。

本事業では、西部州バールワラ地域の配水システムに 2,000 m³ の PC タンクを建設する。

名称	プレストレストコンクリート製配水池 (PC タンク)
スペック (仕様)	現場で施工するプレストレストコンクリート製の上水道用円筒形配水池 (PC タンク)
特徴	工事費が安価で特別なメンテナンスを必要としない水道用配水池。水深を高くできるので建設用地が小さくできる。 エアードーム工法 (空気膜型枠) を採用するので建設工期の短縮、施工時の安全性が向上する。
競合他社製品と比べた優位性	日本国内で最も普及した地上式配水池。 地上式配水池には、他社が手がける、鋼製タンク、鉄筋コンクリート製 (RC タンク)、PC タンクがあるが、PC タンクだけは近年の大規模災害 (地震、津波、土石流) にも耐え ² 、確実に水を確保した実績がある。
国内外の販売実績	・国内：水道事業体の配水池 (施工実績 5,000 基) ・海外：エジプト、ヨルダン、台湾、マレーシア (施工実績 10 基)
サイズ	貯水容量 2,000 m ³ (内径 16m、水深 10m、壁厚 0.2m)
設置場所	バールワラ市
今回提案する機材の数量	PC タンク 1 基 (容量 2,000m ³)
価格	・ 1 基当たりの販売価格 45,825 千円 (税込) ・ 本事業での機材費総額 (輸送費・関税等含む) 54,845 千円

なお、本報告書で記載する配水池及び配水高架タンクの定義は以下の通りである。

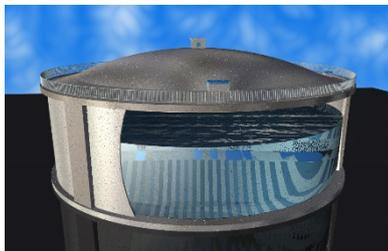
① 配水池

浄水場で処理された水を末端の蛇口まで送る途中に設置され、水需要の時間変動を吸収し所定の水圧を確保する機能を持つ。

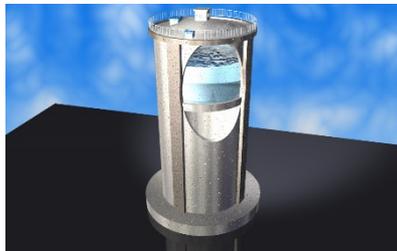
² プレストレストコンクリート工学協会：2011 年東日本大震災調査報告

② 配水高架タンク

配水エリアに高台が無い場合、配水池を高架タンクとすることで、自然流下で配水できる。



配水池



配水高架タンク

2. 事業内容

(1) 事業目的

本事業では、スリランカにおける上水道普及の向上に資するために、対象地域において工事費用が安価で耐久性のあるエアードーム工法を用いたPCタンクの設計・建設・維持管理を通じ、同製品・技術の有用性及び優位性について実証を行う。同時に、NWSDB が関わる同国内での日本の ODA 事業及びその他上下水道事業への導入につなげるため、同技術・製品の普及方法及びその課題等について整理・検討することを目的として実施する。

なお、本事業を通じベールワラ市に 2,000 m³ の PC タンクを建設(下図)するものであり、同地域の浄水貯留能力を増強させ、急増するベールワラ市及びアルトゥガマ市の水需要に応えるものである。

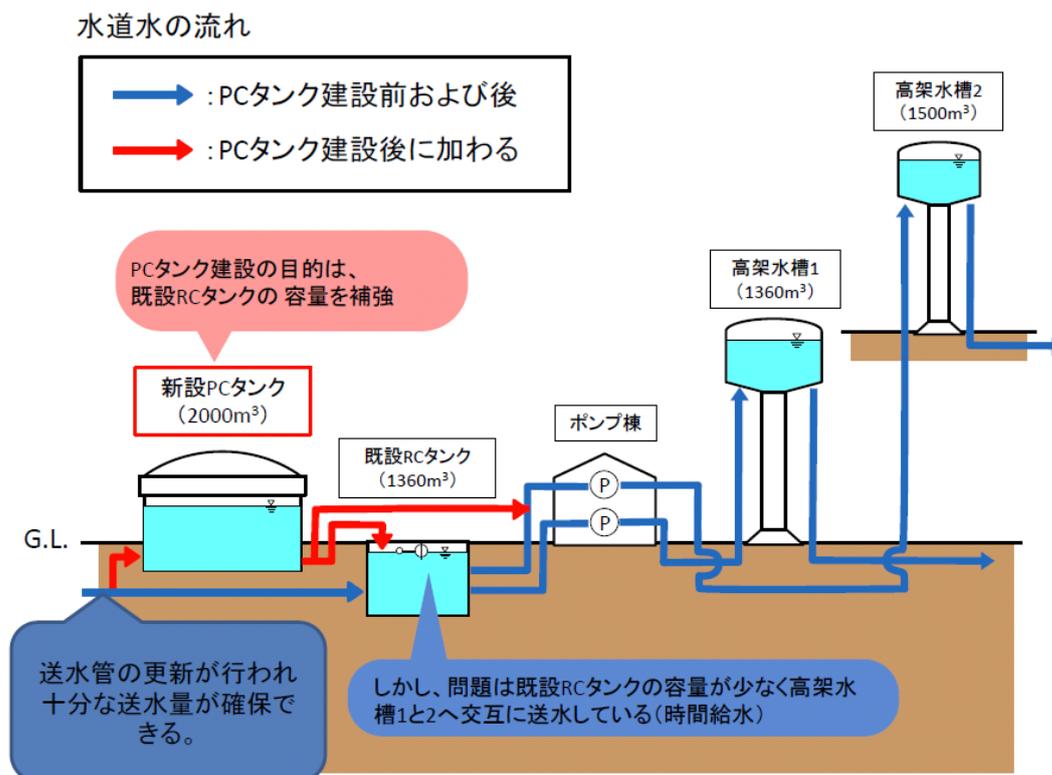


図 1-1 PC タンク建設前後の水の流れ
「JICA 調査団作成」

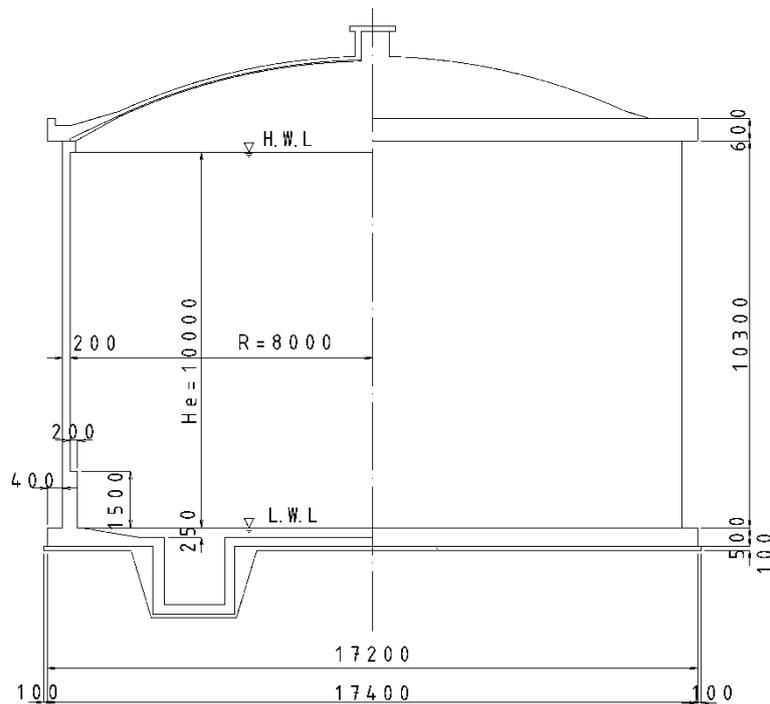


図 1-2 Beruwala に建設する PC タンクの一般構造図

(2) 期待される成果

本事業を通じて、PC タンクの優位性が現実のものとして理解されスリランカにおける PC タンクの普及につながり、以下の成果が期待される。

- 成果 1. エアードーム工法を用いた PC タンクが建設され、配水システムにおける PC タンクの有用性及び優位性が認知される。
- 成果 2. エアードーム工法を用いた PC タンクの設計・建設・維持管理に関するスリランカ関係者の知識・技術が醸成される。
- 成果 3. エアードーム工法を用いた PC タンクが、NWSDB によってスリランカの標準的配水池として取り入れられる。
- 成果 4. スリランカ内におけるエアードーム工法を用いた PC タンクの普及展開案が策定される。

また、本事業により建設する PC タンクにより、ベールワラ市及びアルトゥガマ市の既設水道利用者に対しては 24 時間給水が実現し、更に PC タンク完成 1 年後には約 7,000 世帯、2 年後には約 7,650 世帯、合計 14,650 世帯への新規接続が見込まれている。給水時間及び給水世帯の拡張により、当該地域の住民の生活環境改善が期待される。

(本事業提案時の予測数)

(3) 事業の実施方法・作業工程

【成果1に係る活動】

成果1. エアードーム工法を用いたPCタンクが建設され、配水システムにおけるPCタンクの有用性及び優位性が認知される。

- 1-1) スリランカにおける都市給水計画及び西部州における給水状況及び今後の活動方針・計画についてレビューする。
- 1-2) PCタンク建設に関連する法令、税務について確認する。
- 1-3) PCタンク建設予定地であるベールワラ地域の水道整備計画の妥当性を調査する。(ベールワラ地域の水道整備計画妥当性調査には、水道整備計画策定に経験豊富な外部人材(名古屋市上下水道局と中日本建設コンサルタント)を活用予定。)
- 1-4) 同地域の水道維持管理状況について調査する。
- 1-5) PCタンク建設予定地の地質調査及び測量を行う。
- 1-6) PCタンク的设计条件を確認する。また、外部人材の知見を踏まえ、PCタンクを効率的に活用できる提案もしくは助言を行う。
- 1-7) 设计条件に基づき、エアードーム工法を用いたPCタンク建設に必要な資機材を適切に調達する。
- 1-8) 设计条件に基づき、エアードーム工法を用いたPCタンクを建設する。(ローカルコンサルタントにPCタンク建設業社の調達に係る業務を委託する。なお、業者調達については案件化調査結果等を踏まえ、指名競争入札もしくはプロポーザル方式を予定している。業者選定にあたっては、価格、経験、資格、財務状況などを総合的に検討できる基準を設け評価・決定する。)
- 1-9) PCタンク的设计・施工の各段階で、デモンストレーション及びプロモーションをNWSDB等のスリランカ関係者向けに実施する。特に、ABEの技術である緊張作業やエアードーム工法について、実際に建設作業現場の視察を通じてスリランカ関係者にプロモーションを行う。
- 1-10) PCタンク建設終了後、NWSDBによる対象地域への配水管整備状況及び対象地域における給水状況についてモニタリングする。竣工後、半年および1年経過後の新規接続世帯数、24時間給水の実施状況、給水量の変化を調査し、報告書に記載する。
 - 1-11) PCタンク建設終了後、約4か月毎に外観目視検査により水密性を調査する。
 - 1-12) PCタンク建設終了後、PCタンクの優位性である耐久性、工期短縮可能性、土地利用効率性、経費効率性、安全性について分析する。
 - 1-13) PCタンク建設及び給水状況を踏まえ、PCタンクの有用性について分析する。
 - 1-14) PCタンクの優位性及び有用性等の分析結果についてまとめ、国家上下水道公社等スリランカ関係者を対象にセミナー等を開催しプロモーションを行う。

【成果2に係る活動】

成果2. エアードーム工法を用いた PC タンクの設計・建設・維持管理に関するスリランカ関係者の知識・技術が醸成される。

- 2-1) スリランカの一般的な給水タンク建設に係る標準的な手順等をレビューする。
- 2-2) スリランカの状況に合った PC タンク設計・施工指針（案）を作成する。
- 2-3) PC タンク設計・施工にかかる技術移転として、設計・施工の各段階で NWSDB 職員に対しマニュアル（案）に基づき現場指導（OJT）を行う。
- 2-4) 安全教育にかかる意識向上及び安全管理徹底のため、NWSDB 職員及び現地施工業者に対し安全講習会を開催する。
- 2-5) 本事業実施期間中、設計及び施工それぞれについて2回の本邦受入活動を行う。
NWSDB 職員及び現地施工業者 を本邦に受け入れ、日本国内での PC タンクの安全管理及び品質管理について研修を行い、設計・施工指針（案）を改訂する。
- 2-6) PC タンク完成後、約4か月毎に実施する外観目視検査を NWSDB とともに実施し、PC タンク維持管理方法について指導する。

【成果3に係る活動】

成果3. エアードーム工法を用いた PC タンクが、NWSDB によってスリランカの標準的配水池として取り入れられる。

- 3-1) 2-6) を通じ改訂した設計・施工指針（案）を設計・施工指針策定中間会議にてスリランカ関係者に提案する。
- 3-2) NWSDB 等のスリランカ関係機関と協働で設計・施工指針を最終化する。
- 3-3) 同指針を踏まえ、スリランカの標準的配水池に沿う PC タンク規格（案）を作成する。
- 3-4) PC タンク規格（案）を規格化判断会議にて提案する。
- 3-5) スリランカにおける PC タンク規格（案）を最終化する。
- 3-6) NWSDB 等と協働で、PC タンク普及計画（案）について策定する。

【成果4に係る活動】

成果4. スリランカ内におけるエアードーム工法を用いた PC タンクの普及展開案が策定される。

- 4-1) スリランカの今後の給水需要及び配水池建設状況、今後の建設計画についてレビューし、配水池の需要予測（市場規模）を調査する。
- 4-2) スリランカの政治経済・社会状況にかかるカントリーリスク、為替等の金融リスク、税制や法務等のビジネスリスク等、提案製品・技術の普及展開上のリスクについて調査・分析する。（調査・分析結果については、「水のいのちのものづ

くり中部フォーラム」にて発表・共有予定。)

4-3) スリランカでの提案製品・技術を普及展開していく上での課題を整理する。

4-4) 上記4-2)、3)を踏まえ、「水のいのちものづくり中部フォーラム」と協力し、PCタンクをベースとした「水ビジネスパッケージ」のスリランカにおける展開可能性について調査する。(NWSDBと名古屋市上下水道局の繋がりは深く、中部フォーラムメンバーによる活動を通してスリランカにおいて「NAGOYA WATER」の知名度は高まってきている。自治体による水道事業の知識と企業製品を連携させるため、地方自治体水道事業の幹部OBで構成される名古屋環未来研究所を活用し、中部フォーラム会員企業と水ビジネスに関する共同提案を行うことを企図している。具体的な製品例として、PCタンクの付随する流入管からの流入量を制御するフロート弁(例:兼工業)、そして、配水流量を管理するための流量計(例:愛知時計電機、アズビル)等があり、配水域全体を統括的かつ合理的に管理・運営する仕組みや考え方を官民の経験を組み合わせた事業提案に結び付ける。)

4-5) 上記調査結果を踏まえ、提案製品・技術の普及・事業展開(案)及び営業方針を策定する。

4-6) 営業方針に基づき、現地パートナーを発掘し、販売先について調査・検討する。

【環境社会配慮に係る活動】

5-1) 環境チェックリストの内容を踏まえ、初回渡航時に調査すべき項目を検討・決定する。

5-2) 決定した調査項目を踏まえ、初回調査時に具体的な現地法令等を調査する。

5-3) PCタンク施工前までに、IEE及び簡易住民移転計画を作成し、国家上下水道公社の承認を得る。

(4) 業務フローチャートと進捗状況

日本

国外

国外：Cewater

国外：NWSDB

業務フロー

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...	32	....	51	52				
	2014	2015												2016												2018	2019			
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	...	7月	....	2月	3月				
提出物	業務計画							進捗報告							進捗報告						進捗報告					報告				
準備作業 ／合同運営委員会	国内準備作業 PJチーム、合同 運営委員会設立 設計条件確認		委員会 設計承認				委員会									委員会				水張試験				委員会		委員会				
環境社会配慮	調査								モニタリング													調査								調査
設計業務 妥当性確認：名古屋市 ＋ 中日本建設 設計：Cewater	現地調査 計画の妥当性確認 測量地盤調査		設計業務				入札 24th							契約 14th																
PCタンク建設 付随する工事：NWSDB 施工監理：Cewater						準備・サイトクリアランス							施工計画確認																	
PCタンク運用 特長の実証と周知																														
技術移転 補助：中日本建設コン サルタント							計画・設計に係る技術 読み合わせ 本邦研修 4～12th						施工に係る技術 読み合わせ 本邦研修 11th 調査 9～16th				設計 施工 指針 策定 会議				マニュアル仕上げ 規格化 判断会 議 緊張 講習 10th									
水ビジネスパッケージ 水のいのちのものづく り中部フォーラム							事業 紹介 セミナー 12th																							
ビジネス展開 PCタンクを中心としたパッ ケージ化					施工 能力 調査											市場 調査 8～14th														
スリランカの行事	新学期				新年	満月祭								新学期																

(5) 作業工程計画と実施状況

以下、表 2-1 のとおり、作業工程計画を示す。

表 2-1 作業工程 (計画 実施)

作業項目	期間	1年目				2年目				3年目				4年目				5年		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
準備	本事業の契約後、速やかに名古屋市上下水道局と相互協力に関する協定を締結し、団内会議を開催して事業計画の確認を行う。	●																		
現地作業	運営委員会	●																		
	PCタンク計画と設計	名古屋市による配水計画の妥当性確認を経て設計条件を確定する。＜外部人材＞	■																	
		PCタンクの基本計画から構造設計の過程を、現地コンサルとNWSDBに示す。	●																	
	技術移転	計画と設計および施工マニュアルによる技術移転、本邦受入活動によるマニュアルの最終化。その後、普及につながる指針案の策定を行う。	●	●			●	→												
	PCタンクの建設	PCタンクに付随する設計の妥当性を確認した後、設計図書を作成。＜一部外注＞	●																	
		指名競争入札を実施して建設業社を決定する＜外注＞	●																	
		PCタンクの施工指導＜施工監理を外注＞日本の安全管理を示す。必要に応じ改善に向けた指導を行う。		■	■	■	■	■	■											
		緊張管理技術（安全と品質）の移転			●	→														
		エアードーム工法の実施			●	→														
		PCタンク供用開始：PCタンクをNWSDBへ引き渡し、配水を開始する。														●	→			
	ひずみ計測																			●
	普及活動	環境社会配慮：モニタリングを行い報告する。		■	■	■	■	■												
PCタンクの施工管理：日本の安全管理、施工管理を示し、成果1、成果2に繋げる。逐次講習を行い留意事項、安全管理技術を移転する。対象者はNWSDB、現地建設業社			■	■	■	■														
PCタンクの緊張管理講習：講習を行い留意事項、安全管理技術を移転する。対象者はNWSDB、現地建設業社				●	→															
緊張作業前後のひずみ変化をモニタリング（計測）してプレストレス構造の構造的優位性、耐久性を示す。				●	→															
エアードーム工法現場見学会：スリランカ政府関係者、NWSDB、コンサルなど多くの関係者に現場見学して頂き、エアードーム工法の特長（安全性、工期短縮）をPRする。				●	→															
現地最終報告会で、PCタンクを中心としたパッケージ提案を行い本事業のビジネス展開に繋げる。																			●	
水ビジネスパッケージ	日本国内で開催する事業紹介セミナーを通して、中部地区がスリランカでビジネス展開するための課題を洗い出した後、現地調査を行う。（調査項目：水道資機材のニーズと課題、カウンターパートの情報、スリランカにおける会員企業への関心度など） 調査後に日本国内で開催する中間報告会（技術移転の評価、今後の支援に対する示唆など）を踏まえ、PCタンクを中心としたパッケージ提案を煮詰め、最終報告会で提案する。				●														●	
関連事業との連携	同国の開発事業との連携を検討する。 ・水セクター開発事業（Ⅲ）準備調査 ・無収水対策（テスコアジア、名古屋市など）		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

4) 古川 幸司	ABE	協業に向けた施工能力調査
5) 宮島 朗	ABE	施工管理
6) 瀬川 睦夫	ABE	施工指導
7) 伊藤 朋紀	ABE	設計施工マニュアル
8) 河合 真樹	ABE	計画設計マニュアル
9) 西川 幸雄	NWSB	水道整備計画
10) ヒン・ラチャナー	NEC	送配水計画
11) 田村 智子	KMC	チーフアドバイザー/環境社会配慮
12) 川元 美歌	KMC	業務アドバイザー
13) 山田 雅雄	WAL	ビジネス展開

事業者 ABE：株式会社安部日鋼工業

外部人材 KMC：株式会社かいほつマネジメント・コンサルティング

NWSB：名古屋市上下水道局、

NEC：中日本建設コンサルタント株式会社

WAL：一般社団法人名古屋環未来研究所

資機材リスト

- ① 機材名：PC タンク一基
- ② ア) 上水道用の地上式円筒形プレストレストコンクリート製配水池（1池）
イ) エアードーム工法を用いた現場打ちコンクリート
ウ) 貯水容量 2,000m³、内径 D=16.0m、有効水深 H=10.0m

機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1.	2. ア)～ウ)	1基	2018年2月	ベールワラ市

(7) 事業実施体制

本事業実施にあたり責任分担および実施体制については表 2-3 及び図 2-2 のとおり。外部人材や現地再委託を活用し、効率的な業務実施を図る。

表 2-3 業務責任分担表

作業項目	ABE	KMC	NWSB	NEC	WAL	現地再委託
国内作業	◎	○				
設計、入札・契約	○	△	○	○		◎
PC タンクの施工指導	◎	△				○
情報・営業活動	◎	△				
設計施工指針	◎			○		

プレキャストタンク	◎	△		○		
本邦受入活動	◎		△	△	△	
現地セミナー	○	◎		△	○	
ビジネス展開	○	△			◎	
技術移転	○	△	○	◎		
普及活動	◎	△			○	
環境社会配慮		◎				
業務調整		◎				

◎主担当 ○担当 △補佐

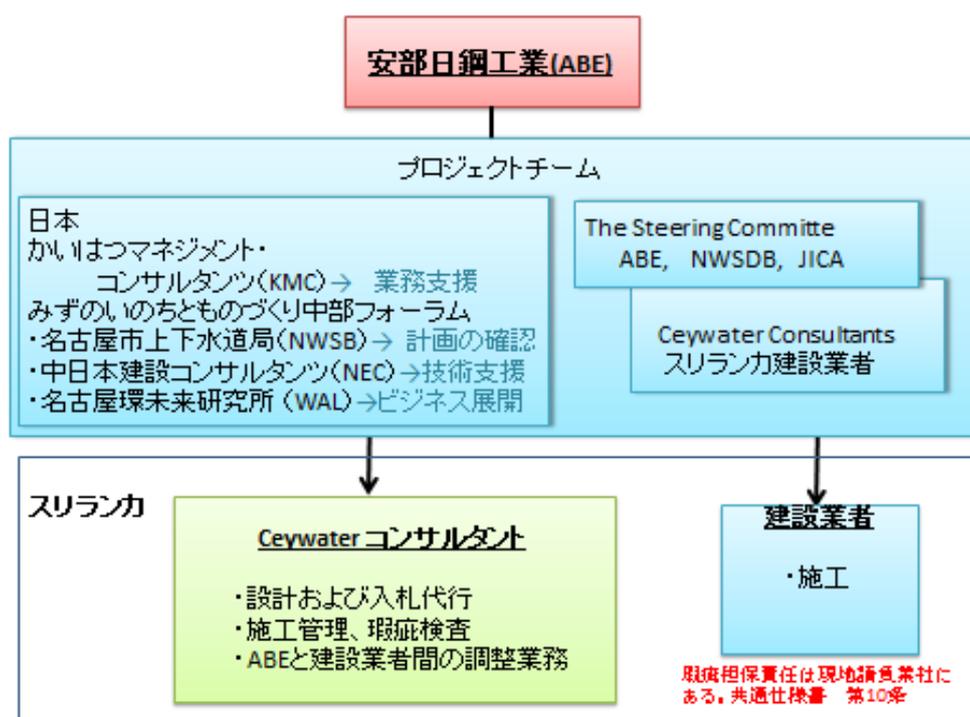


図 2-2 実施体制図

(8) 相手国政府関係機関の情報

機関名：国家上下水道公社 National Water Supply and Drainage Board (NWSDB)

概要³：NWSDB は当時の公共事業局（Department of Public Works）の給水と排水の部門を担当する部として設立され、1965 年に地方政府省（Ministry of Local Government）に移管された。1970 年以降、同部は灌漑・電力・道路省傘下に配置され、1974 年に制定された「National Water Supply and Drainage Board Law, No. 2 of 1974」に基づいて、1975 年 1 月に NWSDB

³ 2017 年 スリランカ民主社会主義共和国上水道セクター 基礎情報収集・確認調査報告書（環境/JR/17-067）

が設立された。NWSDB は、スリランカの国民に水の供給と衛生設備の提供を行っている。主に都市における上・下水道を所管しているが、コミュニティ給水についても必要に応じて地方政府やコミュニティ組織に対して技術支援を実施している。

NWSDB の主な役割・機能は以下のとおりである。

- 国内資金あるいは国際協力による資金提供を受けて、上下水道プロジェクトの調査、計画、設計、施工を行うこと。また、これらプロジェクトのフィージビリティ調査、費用積算、環境影響評価を実施すること。
- 顧客満足度の高い上下水道事業の運営維持管理を行うこと。
- 廉価な料金設定による料金の請求と徴収を行うこと。

機関基礎情報：NWSDB は上下水道省の下部組織としてスリランカにおける上下水道事業を担っており、水道整備計画の立案から建設と運営・維持管理を行っている。例えるならば東京都水道局に近い。上下水道の施設建設および維持管理において、十分な権限と能力を有している。

- ・ 所在地：本部所在地は Galle Road, Rathmalana, Sri Lanka。全国 10 か所に地域サポートセンター（RSC）をもつ。
- ・ 設立年：1965 年に当時の公共事業局の上下水道部として設立され、その後、1975 年に現在の組織体制となった。
- ・ 予算の出所：上下水道施設の運営維持管理は消費者からの料金徴収でまかない、新規事業についてはドナー資金や国家予算から融資を受けている。2016 年の決算報告書によれば、収入 LKR26,299 百万、支出は LKR23,309 百万であった⁴。
- ・ 組織図

⁴ 2016 年 12 月末の為替レートでそれぞれ約 20,207 百万円、17,910 百万円である。

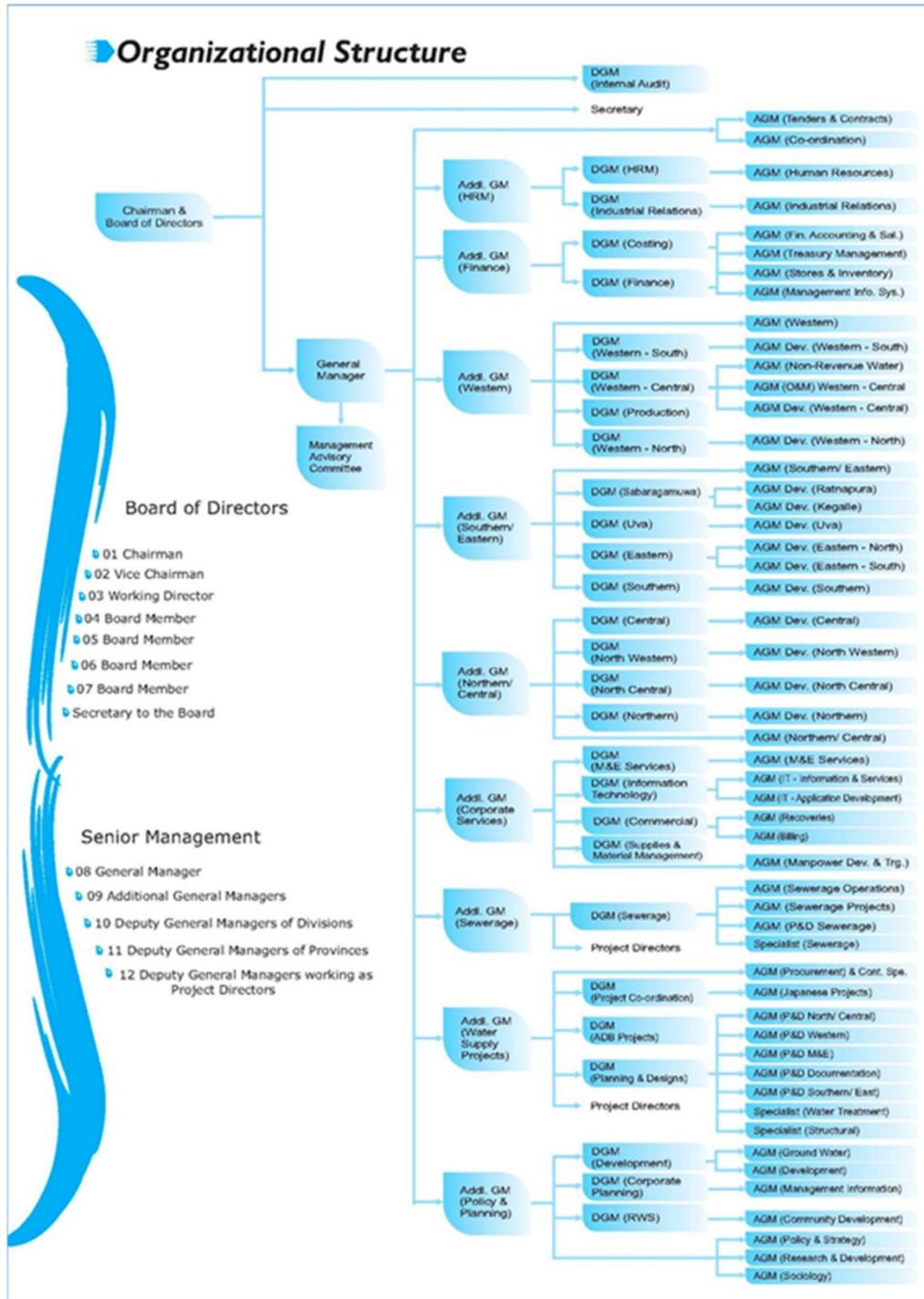


図 2-3 NWSDB 組織図

出所：NWSDB ウェブサイト、

(http://waterboard.lk/web/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=105&lang=en, 2019年3月15日アクセス)

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

① 成果 1 に係る活動

エアードーム工法を用いた PC タンクが建設され、配水システムにおける PC タンクの有用性及び優位性が認知される。

活動 1-1) スリランカにおける都市給水計画及び西部州における給水状況及び今後の活動方針・計画についてレビューする。

案件化調査において確認した、スリランカにおける都市給水計画及び西部州における給水状況及び今後の活動方針・計画について更新情報を入手し、本事業に影響を与えるような変更がないことを確認した。NWSDB の事業計画については更新版（2016 年-2020 年）が作成されており、これを入手した。PC タンクの導入可能性がある新規事業については、事業実施中、適宜情報収集を行なった。

活動 1-2) PC タンク建設に関連する法令、税務について確認する。

スリランカの建設規準 ICTAD、JICA SBD（Standard Bidding Documents）による入札図書を活用することでスリランカ国の法令（労働安全衛生、環境）を順守した施工ができることを確認した。

税務については、第三国調達と本邦資機材の免税措置を以下の通り確認した。

- ・本邦調達の場合、税金、通関料、輸送費は NWSDB が負担
- ・第三国調達の場合は、税金のみ NWSDB が負担

なお、日本へ持ち帰る機材に関し、建設に係る資機材輸出にはカルネが適用できないため、課税相当額の銀行保証を取得し、持ち帰る時に税金を支払った。

活動 1-3) PC タンク建設予定地であるべールワラ地域の水道整備計画の妥当性を調査する。

PC タンク建設予定地であるべールワラ地域の水道整備計画の妥当性を調査した。調査結果は添付資料 2 を参照のこと。

活動 1-4) 同地域の水道維持管理状況について調査する。

同地域の水道維持管理状況について調査し、調査結果を活動 1-6) に繋げた。調査結果は添付資料 2 を参照のこと。

活動 1-5) PC タンク建設予定地の地質調査及び測量を行う。

建設地内において、3 ヶ所の地質調査（ボーリング）と平面測量を現地コンサルタント

(Ceywater) に委託した。地質調査の結果、土質は砂質土が主体で水はけは良く地盤強度に問題はないことを確認した。

活動 1-6) PC タンクの設計条件を確認する。また、外部人材の知見を踏まえ、PC タンクを効率的に活用できる提案もしくは助言を行う。

平面測量を実施し、その結果よりベールワラポンプ場場内の道路幅員では工事車両が進入できないことが明らかとなった。このため、現場進入路の進入ゲートなど狭隘部の改善をステアリングコミッテイで協議し、NWSDB による改善工事（門柱と圧力タンクの撤去）を実施することとなった。工事は予定通りが行われた。

また、外部人材を活用し、対地域の送配水計画について以下のような調査分析を実施し、これを踏まえて、PC タンクを効率的に活用できるように送水管増設の提案を行った。NWSDB はこれを承認し、増設を含めた配管レイアウトが適用された。

(ア) PC タンク建設前の送配水の状況

PC タンク建設に先立ち、PC タンク導入地域の送配水のオペレーションの状況を確認した。その結果、NWSDB は、配水池または貯水池の水位を見て、送水ポンプの運転を手動で ON・OFF していること、すぐに自動化する予定はないこと、Beruwala の新設 $\phi 600\text{mm}$ の送水管のバルブは、図面上は電動になっているが実際は手動バタフライ弁が入っており手動であることを確認した。

(イ) 状況の分析

上記の状況を踏まえ、NWSDB が考えているパラレル配水（P5 図 1-1 参照、既設貯水槽を Beruwala 配水高架タンク専用、新 PC タンクを Dargatown 配水池専用にする案）はバルブの更新や Ketena 送水ポンプの操作方法が複雑になり、この案を手動で実施するのは非現実的であることを NWSDB に説明した。

(ウ) 代替案の提案

代替案として ABE は、送水管を新 PC タンクに入れ、同タンクから既設貯水池に自然流下させる方法を提案した。2015 年 3 月 2 日に現場で ABE と NWSDB の計画設計部が説明・協議し、NWSDB はこの提案を受け入れた。

活動 1-7) 設計条件に基づき、エアードーム工法を用いた PC タンク建設に必要な資機材を適切に調達する。

スリランカ国内で調達できない資機材に関して、エアードームに係る資機材は本邦調達し、PC 鋼材と PC 鋼材金具は、価格の安い第三国より調達した。PC 鋼材については、資材価格が本邦より安価でありドイツに本社を置く DSI 社が品質管理している中国製を調達した。PC 鋼材に係る資機材は、シンガポールに本社を置く UTRACON から調達し、DAP 契約とした。UTRACON 社は、先の案件化調査で得た情報とスリランカ JETRO 建設部会員からの情報を踏まえ選定したものである。なお、スリランカ国内で調達できないこれらの資機材

は、ABE が調達して施工業者へ支給した。調達にかかる詳細なスケジュールおよびその他の情報は以下のコラムの通りである。

<スリランカ国内で調達できない資機材の調達に関する詳細情報>

○本邦調達

本邦第1船（混載便）

現場着手時に必要な資材と現地調達が難しい資材を、海上輸送の第1便（混載便）で輸送した。

本邦第2船（コンテナ便）

出港 2016年1月11日、コロンボ港到着 2016年2月5日

主な輸送資機材は、エアードーム膜材、接着剤関係、現地より再輸出する、コントロールシステム等である。詳細は後述するが、コントロールシステムの関税手続きに手間取り、コンテナヤードで資機材が止まったことによる港保管料が発生した。

第2船には危険品（接着剤やシンナー等）に該当するため、MSDSの英語版を海運会社へ提出。また、発電機については、輸出貿易管理令対策として非該当証明書を取り寄せた。

海運会社より、トルエンを含む接着剤を輸出する際には輸出者が『麻薬等原料輸業者業務届』を厚生局に対して申請し、許可証を持っていなければならないとの通知があり出港予定を変更し、コロンボ港には2月5日に到着。

エアードームコントロールシステム持ち帰り時、日本側通関にて免税処置がなされるよう、返却品にタグを取り付け、出荷前の状態を写真に収めた。なお、スリランカは国際植物防疫条約に該当するため、輸出する梱包資材等に通常の木材は使用できなく、燻蒸処理をした木材またはプラスチックパレット等を使用した。

○第三国調達

UTRACON 調達 - 第1回輸送（コンテナ便）

海外では調達の出来なかったPC鋼棒と付属品をUTRACONが住友電工スチールワイヤー(株)から調達し、神戸港からCIF契約にて輸送を行った。2015年8月15日に出港し、2015年9月9日にベールワラの現場に到着した。

UTRACON 調達 - 第2回輸送（コンテナ便）

シンガポール港からの主な輸送品は、PCストランド、定着具、PC鋼棒用亜鉛メッキシース、アンカープレート、グラウトホース等である。2015年9月14日にシンガポール港を出港し、2015年9月20日にコロンボ港に到着予定で手配した。

コロンボ港には予定通り到着したが、NWSDBの手違いでスリランカ側財務省からの許可証がUTRACONに届いておらず、コンテナヤードで資機材が止まったことによる港保管料が発生した。

UTRACON 調達 - 第3回輸送

UTRACON から調達した機材（ジャッキやポンプ等）を、2016年2月に搬入した。

エアードーム工法に係る資機材は日本から調達、PC鋼材は現地工事費に組み入れ計画していた。前者の機材は、本事業着手した後に、建設に係わる機材輸出にカルネは適用できないことがわかり、持ち帰る機材についてはスリランカから輸出する時に課税された。後者のPC鋼材は、工事業者への事前ヒアリングより現地任せにすると工事費の上昇と品質に係る不具合が懸念されたため、第三国より調達して支給した。また、スリランカ国内と第三国では調達できない、鉛直方向PC鋼棒用の鞘管（シース）を本邦調達とした。スリランカ国への資機材輸出は、CIF（Cost Insurance and Freight）として、コロンボ港から現場までの輸送と税金支払をNWSDBが行う計画でいた。日本からの第2船で輸出する機材（エアードームコントロールシステム）を持ち帰るため、スリランカ側輸出入の通関業務とスリランカ国内の陸送を海運会社が手配するDAP（Delivered at Place：仕向地持込渡）契約とした。

上記の通り、エアードームコントロールシステムは使用后、日本に持ち帰る計画であった。これについて、NWSDBは再輸出品であり、コロンボ港に荷物が到着したときに再輸出品の関税は払わないと言い出したため、機材を港から持ち出せなくなった。再輸出する機材は、スリランカ国内における使用期間に応じて税利額が決まるため、現地乙仲（Forwarder）から、機材輸入時に関税を納め再輸出に還付請求する、もしくは、銀行保証を付けて機材を持出して再輸出時に関税を支払う、との2案を提示された。JETRO建設部会へのヒアリングによれば、税金還付請求は時間と労力が必要となるため、後者の銀行保証を付ける対応とした。エアードームコントロールシステムは、2016年4月21日に現場から搬出し、供用期間が3ヶ月以内であり課税評価額の25%を納付し、75%が還付された。

スリランカ国内で調達できる資機材は、NWSDB積算価格に示されており、この価格表にて入札価格を決めて、指名競争入札で選定した施工業者が調達した。以上の通りいずれも資機材は適切に調達された。

活動 1-8) 設計条件に基づき、エアードーム工法を用いたPCタンクを建設する。

(ア) PC タンク設計最終化

建設に先立ち、PC タンクの設計の最終案を作成した。設計において、現地コンサルタントと協議の上、以下のような工夫をした。

- スリランカ国の施工能力を踏まえ側壁下端の形状を斜めハンチから等断面拡幅形状に変更することで施工性を高めた。
- 側壁の補強鉄筋を複層から単層とすることでコンクリートの充填が容易で、使用材料が少なくなる経済的なディテールを採用した。

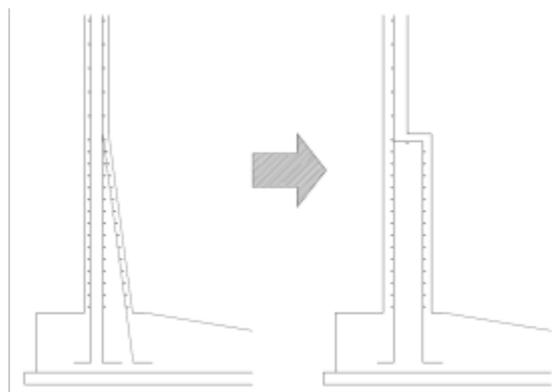


図 3-1 側壁下端の形状変更

なお、設計の最終化にあたっては、構造計算とそれに用いる基準への NWSDB との同意が必要であったので、第三回調査で NWSDB 職員と構造計算書の読み合わせを行なった。また、技術移転マニュアル案を作成し、これを NWSDB 職員に示して留意事項を確認した。その結果、PC タンクの構造計算に用いる諸物性は英国規準（以下 BS とする）に従うこととし、BS に記載が無い材料のみ JIS に従うことで同意した。

PC タンクの経済寸法は、内径 D と水深 H 比率にして $D/H=3\sim 4$ であるが、以上の協議の結果、要求される貯水容量 $2,000\text{m}^3$ 、敷地の寸法から内径 16m 、水深 10m とした。また、エアードーム工法は、水深が深くなるにしたがい在来工法と比較して経済的に優位となることより、在来の鉄筋コンクリート構造の 2 倍の水深とした。

タンクの付属施設である管類は、NWSDB の指示に従い計画・設計したが、NWSDB からの指示のうち、下記の 3 点には疑問が残った。これらはタンクの管類の計画・設計における今後の課題と思われる。

- ・日本とは異なり越流管と排水管が下水管に直結しており、管の閉塞事故が懸念される。
- ・配水池に設ける通気管を 4 ヶ所設けることを要求された。
(扁平な角タンクで仕切り壁を設けた配水池の換気を踏まえた規定と思われる。)
- ・フランジ接合の曲管へのスラストブロックが要求された。
- ・配管の曲がり部には水圧による水平力が作用するため押し輪接合（接合強度が低い）の異形管をコンクリートで固定するスラストブロックを設けているが、接合強度の高いフランジ接合の異形管にもスラストブロックを設けることを求められるなど、各規定の背景への理解が浅いと思われる。

(イ) PC タンク建設準備：施工業者の選定

施工業者選定に向けた入札図書の作成を Ceywater Consultants に外注し、以下の手順で施工業者選定した。

表 3-1 入札の流れ

	項目	日付
1	入札図書配布	2015年5月22日
2	入札前の説明会 Pre-Bid meeting	2015年5月27日
3	入札、開札	2015年6月24日
4	第1候補と最初の交渉	2015年7月7日
5	第1候補の2回目の交渉／交渉決裂	2015年7月9日
6	第2候補と最初の交渉	2015年7月24日
7	第2候補と交渉成立	2015年7月25日

- ・ 業者の選定

PC タンク建設を行う現地施工業者は、PC タンクを普及させるためのビジネスパートナー候補（現地協力業者、共同企業体等）にしたいとの思いがあり、技術提案による指名競争入札で選定することとした。

先の案件化調査では、ICTAD Class1、Class2 に登録された建設会社を訪問しており、NWSDB（JPU）のアドバイスを参考に施工業者5社を選定した。

- ・ 業者ヒアリング

入札に先立ち、5社の企業を再訪問して本事業の概要を説明し、参加への意思を確認した。

- ・ 入札準備

スリランカの建設規準 ICTAD、JICA SBD による図書を活用することでスリランカ国の法令（労働安全衛生、環境）を順守できると判断した。

- ・ 入札実施

入札に先立ち、本事業の概要説明書類をメールするとともに、施工と安全に係わる提案書を求め、その回答を踏まえて第四回調査において各企業をヒアリング評価した後、入札前説明会を開催した。

入札方法として、ICTAD に従った NWSDB の手順と JICA 小規模調達の手順があるが、後者を準用することで品質を確保しリスクに備えることとした。注意事項として、スリランカでは、入札図書の金額明細（BOQ）の確認義務は発注者にあり、BOQ に記載された単価に対し金額が少なく計上され工事金額が少ない場合、精算時において単価が優先されることであった。

- ・ 入札評価

入札結果は、最低価格の第1候補は、設計金額の1.4倍であった。入札図書BOQの内容では、コンクリート・鉄筋など土木工事の金額は設計価格と大きな差がないが、PCタン

クに取り付けるステンレス製梯子などの付属設備は、従来スリランカ国内で使用していない SUS316（ステンレス鋼材）を使用する必要があることから、当初積算価格の 7.8 倍となり、予算を大幅に超過していた。また、配管材を支給した設置工事のみの見積も設計金額の 4.7 倍であった。

- ・ 契約交渉

最低入札価格の第 1 候補と交渉したが ICTAD Class 1 の企業としては所定の経費（Over Head）が必要とのことで、契約金額が折り合わなかった。NWSDB とコンサルタントの助言を踏まえ、第 2 候補と交渉して契約に至った。

- ・ 契約

2015 年 8 月 14 日に、JICA スリランカ事務所の篠崎氏が立会、スリランカ上下水道省の会議室で契約を行った。調印式には、NWSDB が TV 局 2 社と新聞社を招集しており、調印式の模様が夕方のテレビニュースで紹介されていた。



写真 3-1 契約調印式

- ・ 住民説明会

PC タンク建設に先立ち、2015 年 9 月 25 日に近隣住民を対象に住民説明会を開催した。説明会には村落のアドバイザー的存在である村の住職（僧侶）が参加し、住民が以前配管工事をした道路が修繕されていないことや、別の工事の影響で壁が壊れたことへの NWSDB の対応に不満を持っていることが判明した。今回の工事でも同様の事態が発生する可能性があるため、問題が発生した場合は協議する委員会を発足してほしいとの要望があった。そのため住民代表 5 名と NWSDB と KDAW により協議会 (stakeholders meeting) が組織され、住民側から KDAW に対して速やかな道路修復を求められた。そのため 9 月 28 日付けで NWSDB RSC (WS) Deputy General Manager に対して道路修復実施に係るレターを発信、10 月上旬に NWSDB による道路の舗装工事が完了した。



写真 3-2 住民説明会

(ウ) 準備工事

サイトクリアランス及び工事大型車両の進入に障害となる構造物撤去は NWSDB により行われ、8 月 14 日に NWSDB から KDAW へ現場ヤードの引き渡しが行われた。現場事務所は現場に隣接する住宅 1 棟を借り上げて現場事務所とした。

(エ) プラーク除幕式

現地では建設工事に先立ち、工事中の安全等を祈願する定礎式を開催するのが通例であるが、スリランカ国会議員選挙後の大臣交代の影響より定礎式の開催が順延され建設工事に影響することが明らかとなり、定礎式の代りにプラーク（銘板）除幕式を開催することになった。

除幕式は、NWSDB 主催で 2015 年 11 月 2 日（月）午後、ベールワラの現場で開催された。主賓として、スリランカ国の都市計画兼水道大臣、同副大臣、日本大使館 中津熊書記官、JICA 事務所天田所長及び阿部次長が参加し、地域住民を含め 250 名程が参加した。式典は、歓迎の儀式、国旗掲揚、プラーク除幕、スピーチの順に行われた。



写真 3-3 プラーク除幕式

(オ) 建設工事

・ NWSDB 所管の配管工事に係る設計変更

本事業の協議議事録 (M/M) に従い、PC タンクの設計・施工は本事業が実施し、PC タンク建設サイトの場合内配管 (ヤードパイピング) は NWSDB が設計・施工を行った。ポンプへの送水管は 2 本平行して並ぶが、NWSDB によりポンプを大きくする設計変更がなされたため、PC タンクの設計についても送水管 2 本の間隔を広げる配管レイアウトへの変更が求められた。同時点において既に配管ピットの施工準備 (鉄筋、型枠) が完了していたため、曲管を挿入して所定の間隔を確保する対応とすることで、同変更に伴う修正や手戻りを回避した。

事業開始後から施工に至るまで、NWSDB は配管設計を 4 回変更した。変更の背景は、NWSDB は設計計画や図面化などの作業を分業化していることと、設計に係る情報の共有、照査、及び承認体制に課題があるためである。また、NWSDB の設計担当者が、現場の環境を十分理解せずに場内配管を設計していたため、配水池への流入管や排泥管に係わる場内配管工事時に、掘削スペースの確保が困難なことが判明し、大掛かりな仮設工事が必要となった。このように、NWSDB による場内配管の度重なる設計変更や大掛かりな仮設工事のために、NWSDB 所管の場内配管工事が大幅に遅れた。

・ 建設工事

池内配管について、計画では NWSDB が配管材料を現場まで運送し支給することとなっていた。一方、NWSDB は、経費節約のために配管材料を新規に購入せず、各事業で使用した配管材料の残り (在庫) を掻き集めて揃える方法をとった。その結果、配管材料は NWSDB によって現場まで運搬・支給されず、本事業の施工業者が NWSDB の各資材置き場まで取りに行くこととなった。また、配管材料については寸法が違う物も数点あり、掘削深さを変えて対応せざるを終えなかった。材料についても保管状態が悪い物もあり錆取りを行い使用した。もっとも大きな問題は期日までに材料が揃わず、配管工事着手に影響を与えた。これらのことから、NWSDB による物品管理が不十分であることが課題と思われる。

PC タンクの底版下に布設した配管は NWSDB によって施工管理されたが、水圧試験の最高の圧力 6Bar (=600kPa) を要求された。配水池の最高水深から勘案しても 1~2Bar 以上は必要ないことを説明し安全を見て 3Bar で良いのではないかと提案したが拒否された。結局、水圧試験器具が耐え切れず、何度も試験をやり直し工程が遅れた。これは、担当のエンジニアの現場経験が少なく、管路に作用する水圧を理解せず、試験規格値を満たすことを優先したためと考えられる。

また、管保護コンクリートについては NWSDB でスラストブロックを設置する際はコンクリートの配合強度は鉄筋構造物に使用する G25 だとのことで、通常よりも高い強度のコンクリートで施工するように要求された。

屋上部分の手摺については、必要最低限設置するとして BOQ 作成時に担当者へ説明して

了解を得て、尚且つステアリングコミッテイにおいても説明していたが、工事着手後に手摺をドーム上の全周に設置する要求があった。これは、通常ならば現場に出ないエンジニアがPCタンクの上へのぼり不安を覚えたためと思われる。

底版工事に先立ち、外部足場を組立てた後、PC鋼棒を均しコンクリート上に配置した。PC工事の実績がないため、事前にPC鋼材の取扱（溶接の禁止など）について作業員に教育を実施した。鉄筋ならびに型枠の組立に要する時間は、日本とほぼ同様であったため、スリランカの作業員も、適切に指導すれば日本の作業員と遜色ない仕事の質を保てる。

底版コンクリートは、NWSDBの指定するG35A（強度35N/mm²）を用いて打設した。生コンクリートに添加する混和剤（単位水量の低減と作業性確保を目的とした薬剤）は、当初シンガポールで製造し、スリランカで調剤されたものを使用していた。しかしこの混和剤は様々な外因（温度、骨材の水分）により所定の品質（コンクリートの流動性を示すスランプ値）を確保することが難しく、コンクリート打ち込みを2度中止するに至った。そこでニュージーランド国製で日本でも実績ある混和剤に変更し、ミキサー車とポンプ車の管理（加水、回転数、点検）によって、生コンクリートに要求される所定の品質を継続して確保することが可能となり、2015年12月16日に底板コンクリートを打設した。その後、2015年12月31日に側壁第1段目のコンクリートを打設している。

現地施工業者の入札については、入札価格が予算を超過したため、附帯設備の変更と塗装に一部を除外するなどの変更を行い、BOQの変更をJPUに確認して施工業者との契約にいたった。しかし、同変更に伴う議事録を確認する段階において、同変更を認めない旨NWSDBから言い渡された。（設計変更の協議を断食中に行ったためか記憶が無いとの由。）契約したBOQは若干安全を見込んでおり未使用の予算から充当できることが明らかとなったため、NWSDBとの今後の関係に重きを置き、手すりの設置と外壁ペイントを追加することとした。

なお、本事業の建設の経験から、工事中の安全管理の現状と課題について考察した結果を以下のコラムに示した。

<工事中の安全管理の現状と課題>

- ・作業員だけにすると、安全帯を使用しなくなるため定期的巡視が必要となる。
- ・ゴム草履で作業する作業員がいる。長靴を支給すれば着用するが、作業員の入れ替わりがあり、貸し与えても返ってこないため、全ての現場作業員への支給は困難を極めた。
- ・足場材料は中国で製作されており外観は日本製と同じに見えるが、鋼材の肉厚が薄く、溶接も粗悪なため、1現場で壊れスクラップにされてしまう。そのためか、足場材料の取扱いが雑である。（すぐ壊れるから愛着心もわかないと思われる。）

・場内配管工事と水張試験

第4回ステアリングコミッテイにおいて、PCタンク水張試験を2016年9月に完了しな

いと、本事業の工程に収まらないことを説明した。NWSDB は同年 2 月に場内配管工事の入札を行ったが、応札業者が 1 社のみで入札は無効となり、再入札を実施した。その後、NWSDB の場内配管の完了は同年 10 月の計画であった。このため、本事業の工期を踏まえ、同年 6 月に仮配管を布設して水張試験を行い、PC タンクを NWSDB へ引き渡す方向で調整を進めたが、NWSDB による PC タンクに接続する配管工事が遅れたため、水張試験が予定より大幅に遅れた。

表 3-2 NWSDB RSC (W-S) Web に掲載されている進捗情報 (2018/1/17 確認)

Project Name	TEC (LKR.Milion)	完成予定	進捗 2017 年 12 月現在
Construction of 2,000m ³ capacity reservoir at Beruwala	133	2017 年 12 月	99%
PC tank yard pipe laying beruwala OIC office	2.802	2017 年 12 月	93%

水張試験の遅延の原因をまとめると以下の通りである。

・ 原因 1

NWSDB 所管工事である場内配管の埋設深さが深く、大きく掘り込む工事に不安を感じた住民が警察に訴え配管工事が中断した。また、排水管布設位置の敷地官民界が定かでなく、NWSDB によれば、住民が境界を越えて敷地を掘っており、排水管を布設できないことによる遅延が判明した。

・ 原因 2

そこで、2016 年 7 月には KDAW に対し、水張試験早期実施の指示レターを発信し、仮設の配管によって水張を行ったが、8 月初旬に漏水が確認された。場内配管が未完成のため、自然排水でゆっくり水を抜いて、9 月 13 日に PC タンク内を確認した。確認の結果、漏水は、NWSDB 施工管理がコンクリート打設後の締固め（再振動）作業を止めたことで発生した豆板（ハニカム）の未補修と、P コン跡処理が不十分であったことが原因であると判明した。（施工業者の作業員に、日本の施工方法を指導して作業を進めていたが、NWSDB の施工管理担当エンジニアが、「スリランカではその施工方法は認められない」と主張し、作業を度々止めていた。）

・ 原因 3

補修においては、日本国内で主流な方法と比較したうえで NWSDB が推奨する実績ある方法（表面改質とケミカル充填）を採用する事とした。しかし、NWSDB が推奨する業者が作成した補修手順書を RSC (WS) が確認するのに時間を要し、補修に着手できたのは 2016 年 11 月 14 日であった。

・ 原因 4

補修を完了した 2016 年 12 月初旬に、2 回目の水張試験を指示したが、場内配管のバルブが無く PC タンクに取り付く場内配管も工事のため水張試験ができなかった。NWSDB RSC に対してバルブ支給の再手配のレターを発信後、排水管のバルブのみ設置され、流入管やポンプ吸い込み管のバルブ位置には、プラグ栓による仮栓を設置し、2017 年 1 月 5 日に注水を始めた。

・ 原因 5

下記の通り、漏水が発見されたため、補修を行い、再度水張試験を実施することになったが、NWSDB 職員がストライキをしており、現場管理者不在のため場内配管工事が止まったままの状況にあったため、水張試験の実施が延期された。

(カ) 漏水と対応

2017 年 1 月 10 日 NWSDB から、PC タンクの数ヶ所から漏水している連絡を受けた。その後 2 月 1 日～16 日にタンク内面から再補修を行い、2 月 16 日に外側から側壁最下段の補修を行った。

活動 1-12) で詳しく説明するとおり、日本では、コンクリート構造物にひび割れを発生させない考えで設計している。スリランカが採用している基準では、コンクリート製配水池に発生するひび割れ幅を制御する考えである。これは、ひび割れ幅を制限すれば、コンクリートの自己治癒 (Self-Healing) によって水漏れが止まるとの考えに基づいている。

日本国内では、配水池内面に有機系材料を用いた防水塗装を施すが、有機系材料による防水は材料の耐久性に限りがあるため定期更新が必要となる。NWSDB の技術者も、防水塗装は定期更新が必要であり、自己治癒によって止水することが好ましいと考えている。(コンクリートのひび割れ幅は、気温の変化にともない変化する。日本と比べ、スリランカは年間気温の変化が少なく安定しており、コンクリートが受ける外気温の影響が少ないことから、自己治癒による止水が成立する環境にある)

補修工事においては、日本から有機系防水材料を持ち込んで早々に完了させることも検討したが、塗装の定期更新が必要なことと、今後も発生しうる漏水に対する対処と施工方法の改善を周知できることを考慮し、NWSDB が推奨する現地補修会社 (FINCO) 提案の無機系材料による補修方法を採用した。これは即効性のある防水材料でなかったため、複数回補修を行った。

(キ) PC タンク引き渡し

2018 年 2 月 23 日に PC タンクの引き渡しが完了した (同日付けの引渡受領書を取得)。PC タンク引き渡し書類には、PC タンク竣工図 (As Build Drawing) の出力と、図面 CAD データ、竣工図のソフトコピーを CD に入れたものを、各 2 部 NWSDB へ提出した。

引き渡しに予想以上の長期間を要した理由としては、当初、予算不足を背景に、NWSDB から場内配管工事業者への支払が完了しておらず、同業者による場内バルブの補修工事作

業が止まっていた。これを理由に NWSB が引き渡しを保留していたためである。(古い配管が破裂したため、これに対する緊急工事に予算を流用し、場内配管工事に充てる予算が無くなったとの説明であった。)

ABE は NWSDB に対して補修工事作業の早期対応依頼メールを発信したが、NWSDB の財務上の問題のために、支払いのめどがたっておらず、場内作業の早急な完了は難しく、支払いが完了しても、残作業のために完了までさらに 1 ヶ月が必要とのことであった。しかしその後、交渉を重ね、PC タンクに係る残る作業である、水位計、チェッカープレートの固定の作業が完了すれば、タンクを NWSDB に引き渡す手続きに入れるとの連絡を受け、2018 年 2 月 23 日に残り作業を完了させ、後日同日付けの引渡受領書を取得した。

(ク) 瑕疵検査

瑕疵期間は引き渡しから 1 年後の 2019 年 2 月 22 日までであり、2019 年 3 月 12 日に瑕疵検査が実施された。これは、NWSDB RSC (WS) のエンジニア、ABE、施工業者である KDA Weerasinghe 社、コンサルタントである Caywater Consultants による合同検査であった。検査の結果、PC タンク本体に不具合は認められなかったが、タンク内部の梯子のボルトとナットに錆びが見られること、タンクのピラスターの表面にヘアークラックが見られるとの指摘があった。これらは 1～2 日で補修ができる軽度な不具合であり、施工業者が補修を実施し、ABE は NWSDB に補修完了を報告し、NWSDB から完了報告書を取得する予定である。

活動 1-9) PC タンクの設計・施工の各段階で、デモンストレーション及びプロモーションを NWSDB 等のスリランカ関係者向けに実施する。

(ア) 緊張に係る説明と講習

2016 年 3 月 10 日、PC タンクの建設現場において、NWSDB の施工部門責任者、現場責任者、KDAW のサイトマネージャーおよび現場従事者を対象に PC タンクにプレストレスを導入する緊張作業講習を行った。緊張作業とは、簡単に述べると、PC 鋼材を引っ張る作業である。当現場の緊張計画書を資料として、緊張作業の目的、緊張作業の流れ、使用資機材、作業時の人員配置、安全対策、緊張力の管理手法などについての説明を行い、随時質疑応答を行った。参加者からは、緊張時のコンクリート強度、鉛直方向 PC 鋼材と水平方向 PC 鋼材の緊張順序、作業にかかる日数、緊張後の作業についての質問があった。緊張中の PC 鋼材には大きな力がかかっているため、万が一鋼材が破断した場合に備え、緊張ジャッキの背後には近寄らないことなどの注意事項を周知して、講習会を終了した。

また、3 月 12 日には KDAW の現場従事者を対象に、緊張資機材リース元の UTRACON の技術者による緊張機器の講習を実施した。鉛直方向 PC 鋼材と水平方向 PC 鋼材は、それぞれ緊張用ジャッキが異なるため、実際にそれぞれの緊張ジャッキを作動させ、ジャッキの設置手順や使用方法などの説明を受けた。

(イ) エアードーム技術説明会と現場見学会

2016年3月24日 エアードーム工法施工中に、エアードーム技術説明会と現場見学会を開催した。NWSDB47名、スリランカ技術者協会24名、本事業関係者29名の合計約100名が参加した。技術説明会ではエアードームの優位性（ドームの施工工期短縮、施工の安全性、耐久性向上）について説明した。現場見学会では、参加者にエアードームの上に乗ってもらい、ドーム上での作業が安全であることを実感してもらうとともに、エアコントロールシステムやエアードームなどを見てもらい、資機材についての理解を深めてもらった。スリランカ技術者協会の参加者は当工法を高く評価し、他の会員にも現場を見せたいとの希望を表明した。ABEはこれに答え、同協会から後日、追加の見学者を受け入れた。

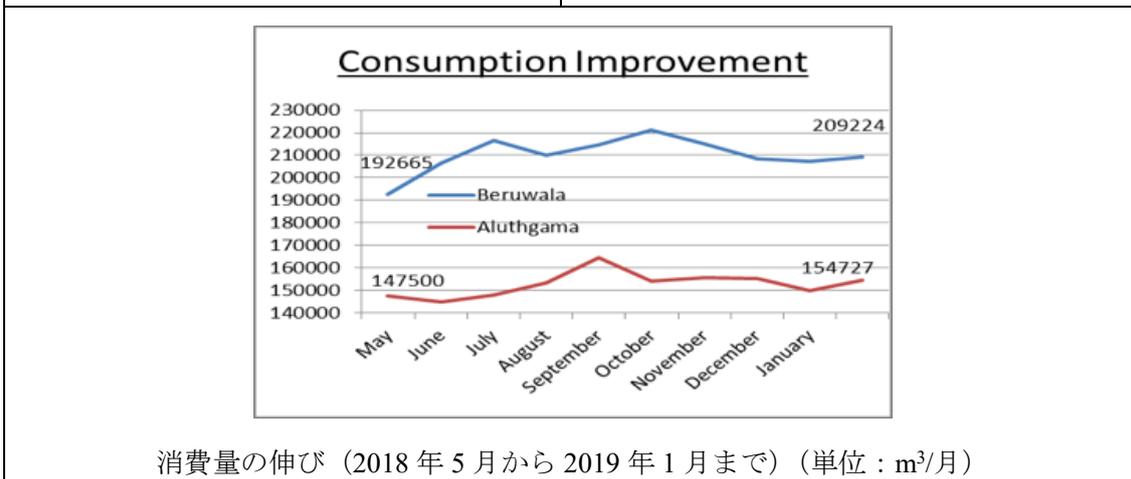
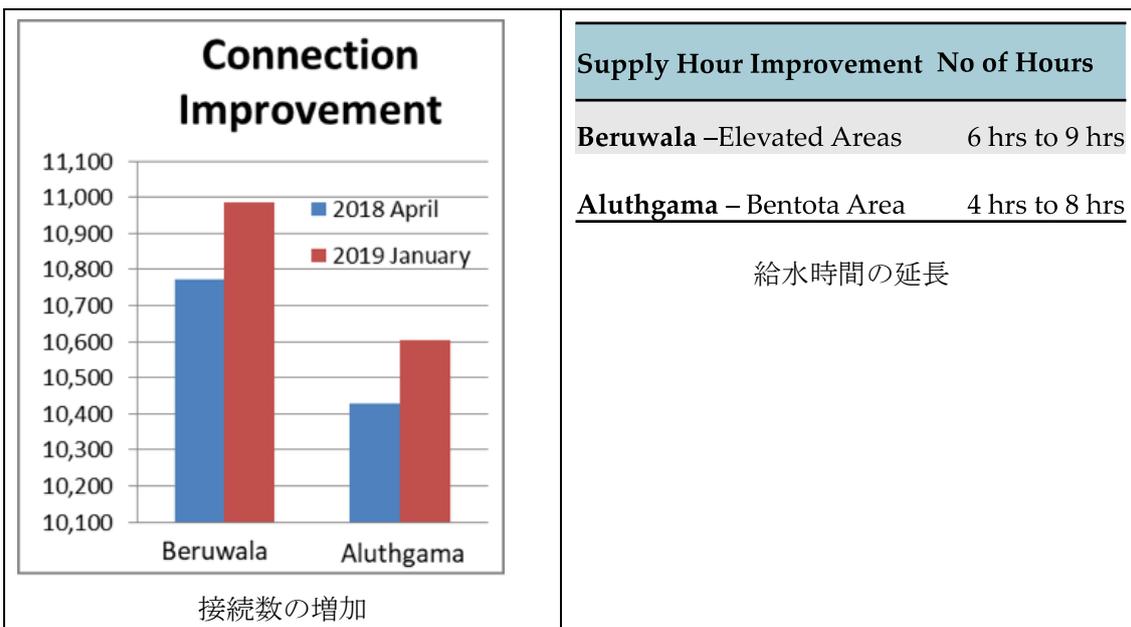
活動1-10) PCタンク建設終了後、NWSDBによる対象地域への配水管整備状況及び対象地域における給水状況についてモニタリングする。

(ア) 給水状況の改善

PCタンクは2018年5月から運用された。これにより、同地域の貯水容量の合計が1,250m³から3,250m³（既存RCタンク1,250m³+PCタンク2,000m³）に増大し、PCタンクの給水区であるベールワラ地区とアルットガマ地区における給水状況が改善された。NWSDBによると、運用前（2018年4月）と運用11ヶ月後（2019年1月）の給水状況を比較したところ以下の通りである。（添付資料6 最終セミナー資料より）

- ・ 当該期間に給水状況の改善が実現したのは、ベールワラ地区8,400戸、アルットガマ地区16,800戸の、合計25,200戸である。
- ・ 給水時間の延長について、ベールワラ地区では1日6時間給水が9時間給水に、アルットガマ地区では4時間給水が8時間給水に改善した。
- ・ 新規接続数は、ベールワラ地区214戸、アルットガマ地区175戸の合計389戸であった。（事業完了時は、既存RC配水池漏水補修中でありPCタンクのみで運用している。補修工事が完了すれば接続数が更に増加する。）
- ・ 以上の結果、両地域の消費量が増加した。

	Service Level Improvement	No of Beneficiaries
	Beruwala	8,400
	Aluthgama	16,800
給水状況が改善した世帯数		



(イ) 受益者調査

上述のような給水状況の改善を確認するため、PCタンクが供用され半年経過した2019年1月17日に、給水地区の数世帯をNWSDBのSociologistとOICと共に訪問し、受益者調査を実施した。その結果、PCタンク運用開始後、新規接続や時間給水の改善により、生活環境の改善や便利性の向上などの便益が住民にもたらされていることが確認できた。

以下に、NWSDBが選定した受益者調査に係る訪問先であるBeruwala給水区の2ヶ所、Aluthgama給水区のBentota6ヶ所（1店、10軒）からのヒアリング結果を列記する。

・ Beruwala 1 改善

以前は、深夜の数時間のみ給水があったが、今は昼間も給水がある。また、給水可能な時間帯が分かっており不便が解消された。

Beruwala2 新規接続

100m 先にある井戸から家族全員で水を汲んでいたが、水汲みの必要がなくなった。

- ・ Bentota 1 改善

店舗（ベーカリーとカレーの店 P&S）

水圧もあり 24 時間給水があるので仕事が楽になった。

来店者 200～300 人／日、 給水量 171m³/月

- ・ Bentota2 改善

店舗（自動車オイル、ミネラルウォーター販売）

20 年前までは、問題なく給水があったが近年は深夜の数時間しか給水がない状況であった。PC タンク完成後、水量と給水可能な時間が少し増えた。塩水が混じるときは、1.5km 先の給水拠点に行く。井戸（チューブウエル）は塩水のため洗浄の用途で利用。

（口径の大きな管路のため、下流側の使用量が増えたため水圧が下がって時間給水に至っている。）

- ・ Bentota3 新規接続

以前は、近所から水道水をもらっていた。菅井戸があるが、塩水で硬水であるため洗濯のみ使っている。水道が接続され水をもらう必要がなくなった。管路の末端であるが、口径が細いため水圧は十分にある。

- ・ Bentota4 改善

給水時間が日によって変わるが、夜間には確実に給水タンクに水が貯まるようになった。

- ・ Bentota5 新規接続

公衆井戸まで 1 日に 2 回水を汲みに行っていた。（夫婦で水を汲んでいた）

今は 24 時間給水をうけている。

- ・ Bentota6 改善（+近所の主婦 5 名）

水道が接続されていたが 7 年間水が出なかった。夜間に給水があるのでサンプ（地下タンク）に水を貯めている。菅井戸は泥が混じっており洗浄用にしか使えないため、2km 先の公衆井戸で水浴びしていた。世帯主の説明によれば、以前は、家族を 1 人ずつバイクに乗せて井戸まで 6 往復していた。今はこの必要がなくなり時間に余裕ができたとのことである。菅井戸からポンプで水を汲み上げる必要がなくなり電気代が 1/3（LKR300～400）少なくなった。

なお、上述の受益者調査では住民から、乾季に水道水に塩水が混じることが懸念として表明された。特に、この 2～3 年は年に数回は塩水が混じっており、水道水の使用を止めて遠くの井戸へ水汲みに行く、以前は年に 1～2 回の頻度であったが最近頻繁とのことであった。カル河の河床勾配は緩やかであり、乾季の水量減少によって海水が遡上することが原因と考えられているが、NWSDB の地区担当職員の説明では、川砂採取により塩水遡上の頻度が増えているとのことであった。これは NWSDB にとって今後の課題である。

(ウ) 重力送水により電気代の節約

本事業で提案した PC タンクからの送配水システム (活動 1-3) により重力による配水 (自然流下) が可能となり、月額 LKR40 万 (約 30 万円) のポンプ代の節約が実現した。これは PC タンクの水深 (背の高さ) を活用し、重力送水を重なった結果である。

(エ) 無収水率の改善

PC タンクの敷地内に、既存の古い貯水池がある。この貯水池からは漏水が発生していた。しかし、PC タンク完成前、対象地域の貯水容量に余裕がなく、この古い貯水池を補修のために使用停止にすると、貯水容量がさらに減り、多くの消費者が長時間給水制限を強いられるため、NWSDB は補修を決行できなかった。PC タンクが完成し、貯水容量が増加したため、この古い貯水池の補修ができる環境が整い、2018 年末から漏水補修が始まっている。これは同地域の無収水率の改善に貢献するものである。

活動 1-11) PC タンク建設終了後、約 4 か月毎に外観目視検査により水密性を調査する。

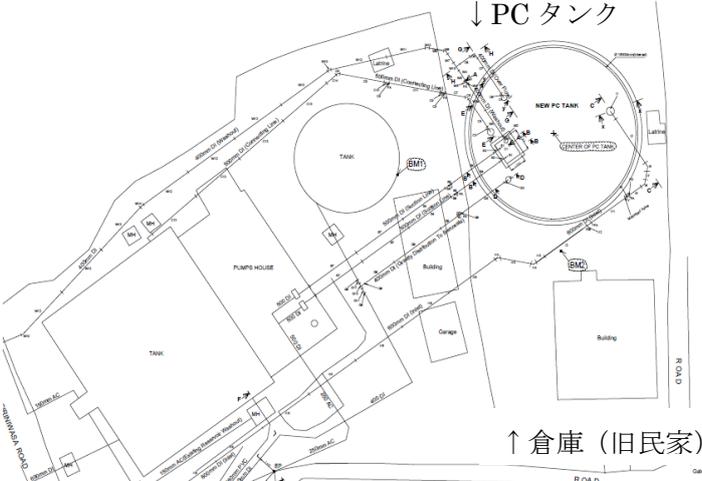
2018 年 5 月の PC タンク稼働後、以下のように外観目視検査により水密性を調査した。

- ・ 目視検査 1
実施日：2018 年 7 月 26 日 オープニングセレモニー開催時
結果：ABE 職員が外観目視検査を実施し、水密性に問題ないことを確認した。
- ・ 目視検査 2
実施日：2018 年 11 月 29 日午前
結果：現地傭人が外観目視検査を実施し、水密性に問題ないことを確認した。NWSDB の OIC (ベルワラ出先事務所) から、「PC タンクは良く機能しており何も問題ない」との確認を得た。報告者の観察によると、漏れやしみはなく、タンクの周辺もよく整理整頓されているとのことであった。
- ・ 目視検査 3
実施日：2019 年 3 月 5 日午前
結果：現地傭人が外観目視検査を実施し、水密性に問題ないことを確認した。NWSDB の OIC (ベルワラ出先事務所) から、「PC タンクは良く機能しており、自然流下による給水が可能となったため電気代が減った」との意見を得た。
- ・ 目視検査 4
実施日：2019 年 3 月 12 日午前
結果：最終セミナーのための渡航時、ABE 職員が外観目視検査を実施し、水密性に問題ないことを確認した。

活動 1-12) PC タンク建設終了後、PC タンクの優位性である耐久性、工期短縮可能性、土地利用効率性、経費効率性、安全性について分析する。

PC タンクの優位性である耐久性、工期短縮可能性、土地利用効率性、経費効率性、安全性について分析した。以下にその結果の概要を示す。

PC タンクの 優位性	分析結果
耐久性が高い	RC タンクと PC タンク的设计条件について分析をした。その結果、既存の RC タンクはひび割れを許容した設計となっているが、PC タンクはひび割れを許容しない設計をしていることがわかった。(この違いを NWSDB に説明したところ、PC タンクが RC タンクより耐久性が高いことに関する NWSDB の疑問や懸念が払拭され、問題なく周知されるに至った。)
工期短縮が可能である	在来工法のドーム屋根の施工には 60 日～90 日を要するが、本事業のエアードーム工法に必要な施工日数は 14 日であった。これにより、工期が大幅に短縮した。
土地を効率的に利用できる	<p><u>PC タンクは小さな土地面積に建設可能</u></p> <p>本事業で PC タンクが必要とした土地面積は、RC タンクが必要とした土地の約半分であった (RC タンクを建設する計画で収用した東側にある土地の南北 42m のうちの北側 20m に PC タンクを建設した)。これにより、PC タンクは RC タンクに比べ少ない面積で建設することが可能であることが実証された。また、広い土地を必要としないため、住宅移転が少なくすむ。</p> <p><u>容量が大きくなる程優位</u></p> <p>PC タンクの特徴は、水深の深さ (背の高さ) に制限がなく、大容量のタンクを狭い土地に建設することが可能な点である。本事業で建設した PC タンクの容量は 2,000m³、直径は 16m、水深は 10m であった。同じ容量のタンクを RC で建設した場合、直径は 20m、水深 6.4m となる。RC タンクは耐久性上、これ以上水深を深くすることはできない。このため、より大容量のタンクを建設する場合には、RC タンクは直径を伸ばすしかなく、更なる土地面積が必要となる一方で、PC タンクは水深を深くすることで土地面積を増やさず、より大容量のタンクを建設することが可能である。この様に、PC タンクの場合、タンクの容量と必要とする土地面積は比例しない。</p>

	
<p>経費効率性が高い</p>	<p>既存 RC タンクと同等の建設費でエアードーム工法による PC タンクが建設できることが実証された。RC タンクと PC タンクの比較において、同容量 (2,000m³) で同形状 (内径と水深が同じ) の場合、RC タンクのコストを 1 とすると、PC タンクのコストは 1.015 (工事費に換算すると LKR49,299,000 (¥36,974,000)) である。また、上述の土地利用効率性を加味すれば経費効率性はより高まる。更に、PC タンクの高さを利用した重力を利用した自然流下による配水が可能となり、NWSDB のポンプ電気代が月額 LKR40 万 (約 30 万円) 節約された (3.(1) ① 活動 1-10) (ウ)参照)。</p>
<p>安全性が高い</p>	<p>エアードーム工法を採用することにより、高所作業が不要になり、施工の安全性が高まることを現場見学会でデモンストレーションすることができた。同工法の安全性の高さについて、NWSDB の疑問や懸念が払拭され、広く周知された。</p>

(ア) 耐久性

RC と PC 両タンクの耐久性について分析する前に、スリランカにおける既存の RC タンクの耐久性について分析した。スリランカの既存のタンクからはひび割れから漏水が発生し、それが止まらず補修に至る例があり、ひび割れを許容した設計は耐久性の低さに問題があることは、案件化調査で指摘した通りである。一方、既存の RC タンクの漏水について、NWSDB は正式文書で記録をしておらず、その原因についても分析されていなかった。つまり、RC タンクの耐久性が明確に示されていなかった。そのため案件化調査では、RC タンクと PC タンクの耐久性の比較についての議論が進まなかった⁵。

このため本事業では、まず、スリランカの RC タンクの設計基準について分析した。その

⁵ 議論が進まなかった理由の一つとして、NWSDB が、RC タンクの耐久性に問題があることを公認しなかったことが挙げられる。

結果、RC タンクの耐久性の課題は、その設計基準にあることがわかった。つまり、RC タンクの設計では、供用開始時にひび割れが起こることをある程度許容しており、そのひび割れからの漏水が、コンクリートの自己治癒によって所定の期間で止まれば、貯水性能が確保されると定めている。しかし同国のコロンボ北部に建設されているチャーチヒル配水池のような大型の RC 構造物の場合、側壁厚みが不足しており漏水が止まらないことがある。

RC タンクの耐久性にかかるもうひとつの課題は、設計計算のばらつきである。NWSDB 計画部門へのヒアリングからは、配水池の底版、側壁、天井における計算式の使い方の理解が統一されておらず、技術者により使い方が違っていることがあった。そのため、同容量の配水池でも断面諸元が異なる設計が採用されている。(詳細は以下のコラム参照)。

<RC タンクの設計基準と耐久性についての考察>

鉄筋コンクリート製配水池の計画と設計は BS8007⁶⁾によって行われ、設計荷重に安全係数 γf を乗じた力を終局限界状態 (Ultimate limited state) として鉄筋量を決め、供用状態 (Serviceability limited state) のひび割れ幅を制御している。また、供用開始時のひび割れからの漏水が、コンクリートの自己治癒によって、所定の期間で止まれば、貯水性能が確保されると定めている。そのため、チャーチヒルのような大型の RC 構造物の場合は、側壁厚みが不足しており漏水が止まらず補強に至ったと考えられる。



写真 チャーチヒル

BS8007 におけるひび割れ幅の検討 (Appendix A Calculation of minimum reinforcement, crack spacing and temperature and moisture effects) は、コンクリート硬化時の発熱温度 T1 と供用中の環境温度の変化量 T2 を加味して検討されているが、配水池の底版、側壁、天井における計算式の使い方など技術者により理解が違うなどの課題が散見され、同容量の配水池でも断面諸元が異なる設計に至っていると推察できる。

このように RC タンクは設計上、ひび割れを許容しているのに対し、PC タンクではひび割れは許容しておらず、これが耐久性に繋がっている。設計計算についても所定の計算式があり、技術者によりばらつきが起こることはない。

事業完了前に実施した最終セミナーにおいて、特に前者 (ひび割れの許容とひび割れゼロ) を理由として PC タンクにの耐久性が優れていることを NWSDB 幹部・技術者およびスリラ

⁶⁾ BRITISH STANDARD : BS8007:1987 Code of practice Design of concrete structures for retaining aqueous liquids

ンカ技術者協会会員を対象に説明したところ、異論なく受け入れられた。

PC タンクの耐久性は、運用開始から数年を経ないと実証することはできないが、上述のように、両タンクの設計基準に違いがあり、それが耐久性の差につながっていることを NWSDB 幹部が理解し、受け入れたことは本事業の大きな成果であった。

(イ) 工期短縮可能性

本事業では、エアードーム工法の採用により、工期が大幅に短縮できることを示す計画であった。これはエアードーム工法を実際に施工し、2 週間で完成させたことで十分に実証された。工事業者の説明では、同様のドーム屋根を従来工法で完成させるには通常、60～90 日かかるとのことであった。

最終セミナーでは、容量が大きいタンクほど工期短縮の効果が顕著に現れることを、5,000m³ のタンクを例に挙げ、以下の図をつかって説明したところ、関係者の理解が得られた。

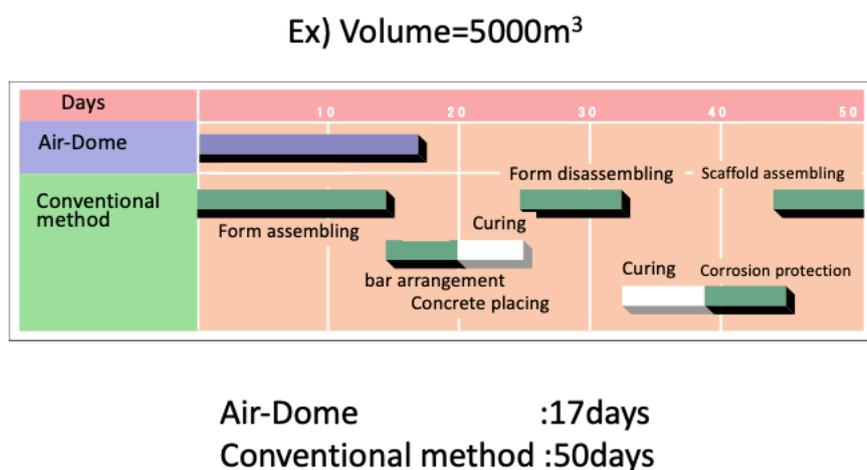


図 3-2 エアードーム工法と従来工法の工期の比較

(ウ) 土地利用効率性

下図の通り、本事業で建設した PC タンクの容量は 2,000m³、直径は 16m、水深は 10m であった。同じ容量のタンクを RC で建設した場合、直径 20m、水深 6.4m となる。これはスリランカの Udawalawa にある標準的な RC タンクのサイズである。RC タンクの場合、耐久性上、これ以上水深を深くすることはできない。PC タンクの場合は、水深の深さ（背の高さ）に制限がなく、大容量のタンクを狭い土地に建設することが可能である。

本事業で、実際に背の高いタンクを小さな土地面積で建設し、それが問題なく稼働していることを示すことができた。案件化調査の時は、理論ではわかっても「実際にそんなに水深を深くして大丈夫か」といった懸念が NWSDB 幹部の中にあっただようであるが、本事業によりその懸念が払拭された。

スリランカでは特に都市部で土地利用が進んでいる。タンク建設にあたり、用地確保のために用地収用や住民移転が必要になると、そのために長期の時間とコストが必要となることも多い。PCタンクはそのような時間やコストを最小限もしくはゼロにすることができるという優位性がある。例えば、本事業を例にとると、NWSDBは、RCタンクを建設する計画で必要な土地を収用していたが、PCタンクが必要とした土地面積は、RCタンクが必要とした土地の約半分であった（RCタンクを建設する計画で収用した東側にある土地の南北42mのうちの北側20mにPCタンクを建設した）。なお、NWSDBは収用した土地にある建物（旧民家）を解体する計画であったが、その必要がなくなったため、これを倉庫へ転用しており、土地のみでなく既存建物の効率的な活用にも繋がった。NWSDBは同建物とその用地の収用にLKR4,300,000を支払っている。当初よりPCタンクを建設する計画で、この用地取得が不要であったと仮定すれば、LKR 4,300,000の費用節約になった。

用地取得や住民移転に必要な費用や時間は、再取得価格や査定・合意形成のプロセスに左右されるため、PCタンクの採用による費用・時間の効率化の数値的効果を一般化するのは難しいが、本事業は、RCタンクをPCタンクに変えた場合の土地利用の効率性を実証する好事例となった。

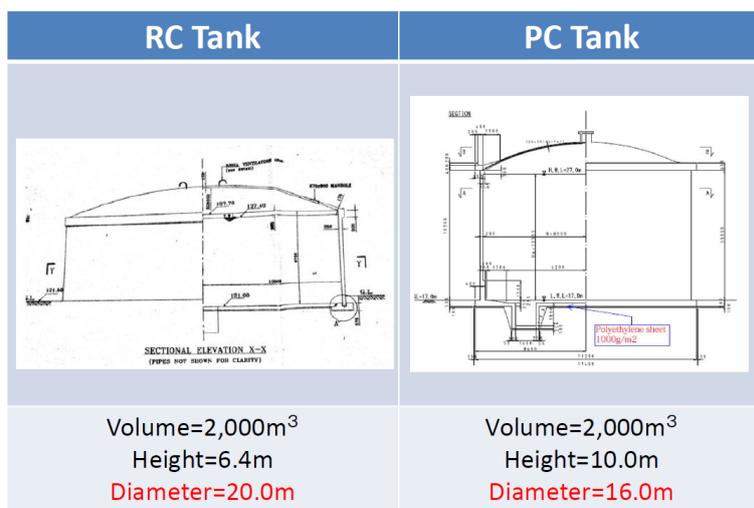


図 3-3 同容量の RC タンクと PC タンクに必要な土地面積の比較

(エ) 経費効率性

両タンクの工事費比較⁷⁾については、案件化調査でも検討した。その際、NWSDBからは、PCタンクと同形状の円筒形のRCタンクで比較することを求められた。そのためABEはPCタンクと同形状の円筒形のRCタンクで工事費の比較を行った。そこで問題となったの

⁷⁾ 円筒形RCタンクはひび割れからの漏水事例が多くあるため、近年では角型RC配水池が計画及び施工されている。このことから、案件化調査ではRC角形とPC円筒形の比較結果を示した。

は、同国の既存の RC タンクは、工事費を大きく左右するタンクの壁圧が一定ではないことであった。これは前述のとおり、RC タンクの設計計算にばらつきがあることが影響している。そのため、コスト比較において、既存のどの RC タンクと PC タンクを比較するのが適当なのか、議論が沸騰し、比較検討が進まなかった。

そこで本事業では、RC タンクの壁厚がどのように決定されているのかを分析し、コスト比較の議論を進めることとした。壁厚は、設計基準に基づいた構造計算で決定され、その際は、設計ひび割れ幅を制御するための水深と壁厚と関係が重要となる。このような分析の結果、RC タンクの設計基準に従うと、設計ひび割れ幅を制御するため、壁厚みを確保する必要があることを示すことができた。(以下のコラム参照)

<RC タンクの設計ひび割れ幅を制御するための水深と壁厚と関係についての分析>

NWSDB は、BS8007 に従い、ひび割れ幅 $Wk1=0.2\text{mm}$ で RC タンクを設計している。BS8007 は 1992 年にユーロコード EN-1992-3 に更新されている。この最新基準による水深と壁厚の関係を表 1 に示し、表 2 に従い要求される壁圧を表 3-5 に示した。

表 1 EN-1992-3:2006 に規定される水密性との比較

Tightness Class	Requirements for Leakage	配水池の構造種別
0	Some degree of leakage acceptable, or leakage of liquids irrelevant.	
1	Leakage to be limited to a small amount. Some surface staining or damp patches acceptable.	RC (NWSDB) ひび割れ制御 $Wk1=0.2\text{mm}$
2	Leakage to be minimal. Appearance not to be impaired by staining.	
3	No leakage permitted	PC (Japan)

出所：EN-1992-3:2006 に基づき ABE 作成

表 2 水密性 Class 1 で要求される側壁厚み

設計ひび割れ幅	水深／壁厚	水深 $hd=5\text{m}$	水深 $hd=10\text{m}$
$Wk1=0.2\text{mm}$	$Hd/h=5$	$h=1.0\text{m}$	$h=2.0\text{m}$
$Wk1=0.1\text{mm}$	$Hd/h=25$	$h=0.2\text{m}$	$h=0.4\text{m}$

出所：EN-1992-3:2006 に基づき ABE 作成

この分析結果を、2016 年 3 月 25 日の第 4 回ステアリングコミッテイで発表し、上述のチャーチヒルを例にとり、両タンクのコスト比較について議論した。一部の技術者からは理

解が得られたが、前述のとおり、設計計算への理解にばらつきがあることや、最新のユーロコードの適用状況についても様々な意見があり、分析結果から得られるコスト比較について、NWSDB 幹部の完全な同意を得ることができなかった。

そこで PC タンク完成後、実際の工事費の比較を行なった。スリランカ南部に建設されている Udawalawa の 2,000m³ の RC タンクと、PC タンクの比較を添付資料 3 に示す。なお、RC タンクの数量一覧 (BOQ) は、NWSDB から提供されたものを使用して算出した。この比較において、同容量 (2,000m³) で同形状 (内径と水深が同じ) 場合、RC・PC 両タンクの建設コストは殆ど同等であるというデータが得られた。詳しく述べると、RC タンクのコストを 1 とすると、PC タンクのコストは 1.015 である (図 3-4)。工事費に換算すると LKR49,299,000 (¥36,974,000) である。

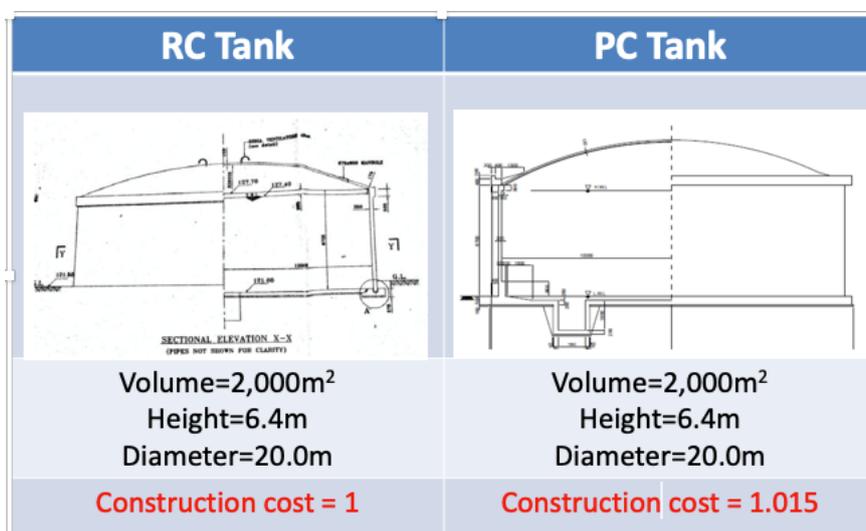


図 3-4 同容量・同形状の RC タンクと PC タンクの工事費の比較

これを最終セミナーで発表したところ、NWSDB 幹部及び技術者に異論なく受け入れられ、同等のコストで、耐久性に優れ、小さな土地で大容量のタンクを建設できることについて理解がえられた。このように、比較条件に異論がある中、実際に PC タンクを建設することで、そのコストを実証し、理解が得られたことは本事業の大きな成果であった。

次に本事業では、エアードーム工法の安全性、耐久性の高さ、工期短縮が、価格優位性や経済的効果にどのようにつながるか分析した。

安全性については、日本とスリランカの労働者災害補償の考え方や価格の違いから、価格優位性に繋がることを明確に示すことが困難であり、今後の課題となった。

日本国内において、工事で労働災害を発生させると労災保険料が数百万円増額される。このようなことから、建設従事者の安全確保は非常に重要で、工事において安全対策費が増える傾向にもあり、これはエアードーム工法が採用される理由でもある。スリランカにおいて

も安全確保は重要であり、安全対策の必要性が認められているが、安全対策の責任は発注者が負うものではなく、施工業者が負うものであるという考えが一般的にある。また、スリランカ労働局（Department of Labour）の労働者災害補償（Workmen's Compensation）には、死亡時補償額⁸ LKR 196,084～550,000 と記載され、工事費に占める補償額の割合が少ない。なお、英国 Health & Safety Executive（HSE）によれば、労働災害損失コストは、経理上現れてこないものの方がはるかに大きく、事業所の労働災害リスクを低減することはコスト削減効果が大きいとしている。今後もこのような考え方をスリランカに広めていくよう働きかける必要がある。

NWSDB との協議において屋根のみの議論があり、製品ライフサイクルの観点から見た在来工法のドームとエアードーム工法の価格比較表を作成した。鉄筋コンクリートは、コンクリート中のアルカリによって鉄筋の腐食を防いでいるが、コンクリートの被り厚さが少ないと長期耐久性が低下することになる。日本国内の PC タンク鉄筋コンクリート製ドーム屋根は、建設から 35 年経て補修される事例⁹が多くあるため、在来工法のドームとエアードーム工法の比較には、供用 30 年後の補修費用を見込むことで、製品ライフサイクルの観点から見たエアードーム工法の価格優位性を示すことができる。この考えを基に、表 3-3、表 3-4 に、建設後 30 年における補修費用を見込んだ在来工法のドームとエアードーム工法の価格比較を示す。容量 2,000m³ のタンクを例にとると、在来工法を採用した場合のライフサイクルコストを 1 とすると、エアードーム工法を採用した場合のライフサイクルコストは 0.80 となる。容量 15,000m³ のタンクを例にとると、在来工法を採用した場合のライフサイクルコストを 1 とすると、エアードーム工法を採用した場合のライフサイクルコストは 0.72 となる。このようにエアードーム工法は、イニシャルコストは高いが、30 年後のライフサイクルコストは低いことがわかる。

⁸ Department of Labour. Labour Legislations, Chapter 04

⁹ プレストレストコンクリート工学会 第 24 回シンポジウム論文集（2015 年）既設 PC タンクの RC ドームからアルミドームへの架け替え工事報告

表 3-3 在来工法のドームとエアードーム工法の価格比較 2,000m³ タイプ
(30年後の物価上昇率を2倍とした)

D=16.0m H=10.0m V=2,000m³ Beruwala

Works	Item	Unit	Dome	Air Dome	Market Price (LKR/cts)	Dome (LKR)	Air Dome (LKR)
Roof	Concrete	m ³	57.1	46.4	29,600	1,691,496	1,372,571
	ReBar	Ton	5.1	4.2	270,000	1,388,627	1,126,806
	Formwork	m ²	215.5	0.0	4,000	861,961	0
	Dome Support	m ³	220.6	0.0	2,000	441,280	0
	Flat Support	m ³	2,070.9	0.0	1,000	2,070,938	0
	Air Dome	m ²	0.0	201.1	33,000	0	6,635,044
	Morutar	m ³	0.0	10.1	40,000	0	402,124
	Duration	Months	2.0	0.5	600,000	1,200,000	300,000
Total Initial Cost						7,654,301	9,836,544
Repair	Scaffold	Set	1.0	0.0	Flat Support	4,141,876	0
	Paint	m ²	215.5	0.0	1,200	517,176	0
30 years later						12,313,353	9,836,544
Cost ratio (Dome as 1.00)						1.00	0.80

表 3-4 在来工法のドームとエアードーム工法の価格比較 15,000m³タイプ
(30年後の物価上昇率を2倍とした)

D=40.9m H=12.0m V=15,000m³

Works	Item	Unit	Dome	Air Dome	Market Price (LKR/cts)	Dome (LKR)	Air Dome (LKR)
Roof	Concrete	m ³	360.2	289.8	29,600	10,662,306	8,578,316
	ReBar	Ton	32.4	26.1	270,000	8,753,177	7,042,334
	Formwork	m ²	1,408.1	0.0	4,000	5,632,407	0
	Dome Support	m ³	3,685.5	0.0	2,000	7,370,966	0
	Flat Support	m ³	16,160.0	0.0	1,000	16,160,009	0
	Air Dome	m ²	0.0	1313.8	33,000	0	43,356,123
	Morutar	m ³	0.0	65.7	40,000	0	2,627,644
	Duration	Months	2.0	0.5	600,000	1,200,000	300,000
Total Initial Cost						49,778,866	61,904,416
Repair	Scaffold	Set	1.0	0.0	Flat Support	32,320,019	0
	Paint	m ²	1,408.1	0.0	1,200	3,379,444	0
30 years later						85,478,329	61,904,416
Cost ratio (Dome as 1.00)						1.00	0.72

なお本事業では、Udawalawa の 2,000m³ と同形状の在来工法による PC タンクと本事業で建設した PC タンクの工事費の比較も行なった (図 3-5)。本事業の PC タンクは、従来の 2 倍の水深となりエアードーム工法であることより積算価格は上昇するが、応札最低価格を市場価格と見なして算出したエアードーム工法による実際の工事費は、合理的な施工を実施したことから、在来工法 PC の工事費に近い結果となった。

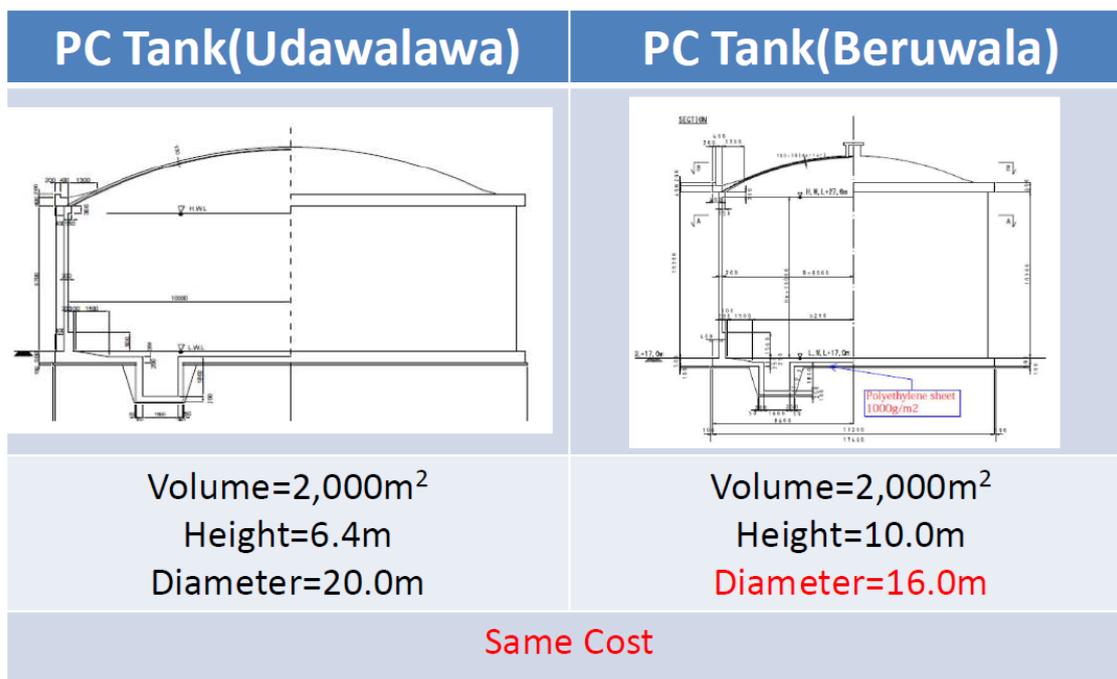


図 3-5 容量 2,000m³ 在来工法 PC タンクと本事業で建設した PC タンクの工事費の比較

エアードーム工法の工期短縮可能性については、同工法の工期の短さも経済性に貢献できるが、これについてはケースバイケースである。水道整備プロジェクトのうち、配水池の工期が短縮されても、プロジェクト全体の工期には大きな影響を与えず、経済効果に影響がない場合もある。一方、浄水場がすでに拡張整備されており、配水池の工期の短縮が新たな配水や新規接続の開始に直接つながる場合、水道料金の徴収が早まり、経済的優位性につながる場合もある。

2018 年 7 月のオープニングセレモニーにおいて、NWSDB 関係者からエアードームについて意見を聞いたところ、後者のような事業にエアードームを適用することができる、との意見であった。(JPU および RSC(WS)DGM の意見。)

(オ) 安全性

本事業ではエアードーム工法の導入による安全性の向上を示す計画であった。これは従来工法で必要な、複雑に組まれた足場の上での危険な高所作業や、暗く湿度の高いドーム内

での悪環境下の作業が、エアードーム工法では不要であることを実際に示すことにより、実証された。これについては、エアードーム工法のデモンストレーション会、最終セミナーでも実証サイトの写真やビデオを使って説明し、出席者から高い関心と評価が得られた¹⁰。

本事業で PC タンクの施工を請け負った現地施工業者 (KDAWeerasinghe 社) の副社長も、エアードーム工法の安全性と利便性を高く評価していた。利便性については、従来の工法では、ドーム屋根の施工のあと、タンク内の足場や型枠を、屋根に設置された 1m 四方の小さな穴から取り出す作業が大変面倒である、エアードーム工法ではこれが不要であることも大きな利点であるとのことであった。また、スリランカでは建設ブームであり、労働者の確保、特に技能労働者の確保が大変難しいこと、工事作業の安全性の確保が年々重要となっており、そのための費用や責任が増大していることなどから、エアードーム工法は施工業者にとって大変ありがたい工法であり、今後も積極的に取り入れたいとの意見であった。

活動 1-13) PC タンク建設及び給水状況を踏まえ、PC タンクの有用性について分析する。

活動 1-12 および 1-10 を踏まえ、スリランカにおける PC タンクの主な有用性をまとめると以下の通りである。

- PC タンクは、狭い土地でも水深を深くする¹¹ことで大容量のものを建設できる。そのため、水道事業における配水池建設において用地取得や住民移転にかかる時間やコストを最小化もしくはゼロにできる。本事業で PC タンクが必要とした土地面積は、RC タンクが必要とした土地の約半分であった。既存の建物（旧民家）を解体する必要がなくなったため、これを倉庫へ転用しており、既存建物の効率的な活用にも繋がった。カル河プロジェクトで PC タンクが計画されているのは、NWSDB がこの PC タンクの有用性を理解したことが背景である。
- PC タンクは RC タンクと同等の工事費で、より耐久性に優れていることが実証された。工事費については、同容量 (2,000m³) で同形状 (内径と水深が同じ) の場合、RC タンクの工事費を 1 とすると、PC タンクの工事費は 1.015 であった。耐久性については
- PC タンクの高さを利用して自然流下による送水を行うことにより、配水ポンプ運転のための電気代の節約を実現することができた。本事例では、月額 LKR40 万 (約 30 万円) の節約が実現した。
- エアードーム工法を用いた PC タンクを建設することにより、従来のドーム屋根工法に比して、より安全性が高く、短い工期で、耐久性に優れた工事となる。同工法によりライフサイクルコストの削減や、水道料金の早期の徴収が見込める。
- PC タンク単独での送水が可能となり、既存 RC 配水池からの漏水補修工事に着手できた。これは同地域の無収水 (NRW) の改善に貢献するものである。

¹⁰ 最終セミナーでは NWSDB のジェネラルマネージャーがエアードーム工法の優位性と先進性について、単なる理論に終わるのではなく、本事業によりスリランカで実際に施工され、導入が現実となったことを高く評価する旨の発言があった。

¹¹ 中部電力の奥矢作揚水発電用のサージタンクは水深 68m を有する。

活動 1-14) PC タンクの優位性及び有用性等の分析結果についてまとめ、NWSDB 等スリランカ関係者を対象にセミナー等を開催しプロモーションを行う。

瑕疵期間終了後の 2019 年 3 月 14 日、本事業の最終セミナーを開催した。参加者は在スリランカ日本大使館 2 名、JICA スリランカ事務所 3 名、NWSDB48 名、スリランカ技術者協会 7 名、スリランカ日本商工会議所建設部会 4 名、本事業関係者 16 名であった。

セミナーでは、PC タンクの比較優位性の実証結果 (活動 1-12)、技術移転結果 (成果 2)、PC タンクの運用による効果 (活動 1-10) を中心に発表した。活動 1-12 については ABE が、成果 2 と活動 1-10 については NWSDB 職員が発表を担当した。午後の部では、NWSDB の技術者を対象に、PC タンクの設計にかかる講習会を開催した。これについても ABE と NWSDB 職員が講義を担当した。このように、NWSDB 職員が積極的に発表や講義を担当したことは、本事業の実施を通じて、NWSDB が PC タンクについてのオーナーシップを高めたことの現れであり評価に値する。

同セミナーでは、本事業におけるパイロットプロジェクトの施工現場のビデオの上映や、会場内の写真展示により PC タンクとエアードーム工法のプロモーションも実施した。(添付資料 6 現地最終セミナー配布資料を参照されたい)

② 成果 2 に係る活動

エアードーム工法を用いた PC タンクの設計・建設・維持管理に関するスリランカ関係者の知識・技術が醸成される。

活動 2-1) スリランカの一般的な給水タンク建設に係る標準的な手順等をレビューする。

スリランカの一般的な給水タンク建設に係る標準的な手順等をレビューした。その結果、スリランカにおける PC タンク建設の手順は、日本国内とほぼ同じであることがわかった。違いは、スリランカでは、タンクの床に相当する底版コンクリート下面に 1,000g/m² のポリエチレンシートを敷き、コンクリートの温度収縮を妨げない目的でありコンクリートのひび割れを抑制していることである。また、活動 1-12 で説明したとおり、スリランカの RC タンクは、コンクリート自身で水密性を確保させる設計思想であり、前述 3-1-1(1)(ア)の通り一定以上の部材を前提としている。

活動 2-2) スリランカの状況に合った PC タンク設計・施工指針 (案) を作成する。

本事業により以下のような手順を経て、スリランカの状況に合った PC タンク設計・施工指針 (案) が作成された。またこれらのマニュアルに加え、NWSDB は独自に PC タンクの設計計算書を作成し、ABE はこれを支援した。

(ア) PC タンクの計画・設計指針 (マニュアル) 案の作成

本事業における技術移転の一貫として、PC タンクの計画・設計マニュアル案を作成した。

これは、本事業完了後、NWSDB が PC タンクを計画・設計できるようになり、PC タンクがスリランカで普及することを目指したものである。マニュアルは ABE が案を作成し、NWSDB の職員(マニュアル担当課長および JPU)のコメントを反映させて作成した。NWSDB 職員からは、マニュアル案について、BS と日本の違い、使用する工法の説明など、多くのコメント・説明依頼がよせられた。ABE と NWSDB はそれを受け、以下のような手順で説明と議論をかね、最終案を作成した。これは非常に根気の要る作業であった。しかしこのように、NWSDB の職員が積極的にマニュアル作成に主体的に関与したため、マニュアルはスリランカの技術者に理解しやすいものとなり、また NWSDB のマニュアルに対するオーナーシップも高まった。

・ 計画・設計マニュアル案の作成

PC タンクの計画と設計に係る技術移転を行うために、日本における PC タンクの計画・設計技術を集約したマニュアルを作成し、スリランカの実情に即したものとなる様、NWSDB と協議を重ねた。また、NWSDB 職員を対象としたミニセミナーを開催し、PC タンクの計画・設計手法について広く周知した。

・ 第 1 回現地協議 (2015 年 5 月 26 日)

第 1 回目の本邦受入活動に先立ち、NWSDB において ABE と NWSDB でマニュアルの読み合わせを実施した。付議事項を以下に示す。

- マニュアルは基本的に日本での設計手法に準じたものとするが、材料強度の許容値などは BS に沿ったものに修正する。
- 上記の材料強度の許容値などは、NWSDB が該当する BS を確認し、後日 ABE へ連絡する。
- プレストレストコンクリート構造物特有の語句については解説を追加し、文章のみでは分かりにくい部分には図を追加する。
- PC 鋼材の最大配置間隔および定着柱の本数の規定については、BS には該当する記述がないため、「日本の指針より」という記述を追加する。それにより、将来、BS に規定されていない項目だからという理由で削除されてしまうことを防止することが可能と考えられる。
- コンクリートの乾燥収縮係数およびクリープ係数は、スリランカでも BS に規定されている値を使用している。BS に規定されているのはイギリスで計測された値であるため、気候が異なるスリランカで同じ値を使用するのは不適切であると認識しているが、科学的根拠のあるデータが計測されていないため、今後対応していく必要がある。
- 現時点ではスリランカにおける構造物の設計では、基本的には地震に対する検討は行っていない。したがって、本マニュアルでも地震に対する検討は考慮していない。

ただし、将来地震が発生する可能性は否定できないため、今後建設する重要な構造物については地震による荷重を考慮すべきという考えがある。そこで、本マニュアルにも地震に対する検討項目を追加してもらいたいという意見が挙げられた。ただし、上記の通り現時点ではスリランカにおける地震に対する総合的な設計基準が設けられていないため、具体的な設計方法を示すことは難しい。よって、地震に対する設計を行う際に考慮すべき項目や検討方法等の概要を例示する。

- P&D より、マニュアルには、BS に従い温度応力によるひび割れ検討について追加してほしいとの由。温度応力に対する検討が必要な場合、日本では一般的には FEM を使用した解析を実施する。一方、BS では式が明示されており、NWSDB としてはこちらの方がスリランカでの実情に即しているとの由。
- BS8007 の水張試験の章では、設計最大ひび割れ幅の値によって、貯水が満水になってから試験を開始するまでの日数が異なっている。これはひび割れから水が浸透して自己治癒し、漏水が停止することを想定している。水密に係る部位でのひび割れを許容しない日本の考えと異なる。

・ ミニセミナーの開催（2015 年 5 月 26 日）

NWSDB からの要望により、同職員を対象としたミニセミナーを開催した。参加者は NWSDB の P&D 部門や構造系部門の計 16 名であった。

同セミナーでは、始めに会社概要および実績、本事業の目的と建設予定の PC タンクの形状を説明した。次に PC タンクの概要と設計方法について紹介した。説明資料には図表や写真を多く使用し、NWSDB においてはあまり馴染みのない PC タンクの理解度を深めて頂けるよう配慮した。エアードーム工法については、スライドでの写真および図を使用した説明に加え、10 分程度の施工紹介ビデオを見て頂いた。さらに、2011 年に発生した東日本大震災における PC タンクの被災調査結果を説明し、PC タンクが地震および津波に対しても強い構造であることを理解して頂けたと考えている。スリランカではこれまでは大地震は発生していないが、今後発生する可能性があると言われていていること、ならびに、2004 年に発生したスマトラ沖地震による津波で甚大な被害が発生したことを考慮すると、PC タンクが地震および津波に対しても強い構造であることはスリランカ側にとっても非常に有用なことであると考えている。

また、セミナー後には質疑応答の時間を設け、多数の質問を受けた。代表的な質問を以下に列記する。

- PC タンクにおける屋根荷重から壁への伝達方法
- 円周方向の PC 鋼材の決め方（高さ方向における PC 鋼材の仕様変更の有無）
- Double Type の PC タンクの必要性
- Elevated Type と Tower Type の PC タンクの違い

- 壁下端固定構造の利点について

コメントとして、NWSDBにて設計・施工した同形状、同規模のRCタンクと、本事業にて建設するPCタンクと今後比較していきたいという意見がだされた。

- ・ マニュアルの最終化に向けた修正（2015年11月）

NWSDBからの修正・追記依頼を受け、以下の修正を行った。

- ・ 記号の解説を追記した。

- 耐震計算について、具体的に計算方法を記載して欲しいという要望があったため、Housnerの式による地震時動水圧の計算方法を追記した。
- 鉛直方向をRC構造としても良い壁高および容量を具体的に追記した。
- 2.2.3Heat ReflectionにBSの参照先を記載した。
- 完成後3ヶ月までに貯水する場合は、クリープ・乾燥収縮の影響を省略できるという記載について、根拠を「日本での経験から」と追記した。
- 計算書にマニュアルが対応する部分を記載した。
- シェルの基本式により壁下端の断面力を算出する箇所に、式の引用先の記載ミスがあったため修正した。
- 壁下端のハンチ形状について、現地での施工性を考慮して増厚形状とした旨を説明した。
- ドームの最小鉄筋比は、日本での実績から0.25%のままとし、日本の基準を参考とした値であることを追記した。
- BSではすべての鋼材のかぶりが40mm以上と規定されていることを確認した。
- PC鋼材定着時のセットロスの影響の図に、ピラスター付近のPC鋼材直線部と曲線部の対応を追記した。
- クリープ係数は、参考に日本で使用している係数を追記した。
- 乾燥収縮係数についても、参考に日本で使用している係数を追記した。

- ・ マニュアルの擦り合せ

2016年9月に実施した第15回調査において、マニュアルの擦り合せを行った。

NWSDBの希望で、マニュアルは最終的に本として残す意向。BS基準とのすり合せは、NWSDBがモラトワ大学の先生に相談することになった。また、完成式典までにマニュアルを最終化を目指し、講習会を開催したいとの要望が出された。その後、すり合わせの内容を反映させたマニュアル更新版をABEからNWSDBに送付した。なお、日本とBSとは設計思想が異なることより両者をすり合わせるの難しく、最終セミナー午後のテクニカルセッションで今後の課題として報告した。

・ 第2回現地協議（2015年12月14日・15日）

以下の内容を協議した。

- 現在のマニュアルは、日本の設計手法を翻訳し、材料関係については実際に使用するBSの基準を採用している。ところが、参考とする基準が日本のものとBSと2つあってはNWSDB内の審査に通らない可能性があるため、マニュアルは日本の基準を英語にただけのものにしてほしいという依頼があった。しかしながら、スリランカで使用する材料はBSに基づいて製作されているため、マニュアルでは材料関係はBSと日本基準の併記とすることを提案し、承諾された。BSに規定されている値については、NWSDBから情報を提供してもらおう。
- 以下の5つの資料の英語版がないか確認してほしいと依頼された。水道施設設計指針の英語版はNWSDBで所有しており、現物を確認した。英語版作成にはJICAが関わっている（表紙にJapan Water Works AssociationとJapan International Cooperation Agencyの記載あり）ため、他の物もJICAにないか確認してもらうこととした。
 - i 水道用PCタンク設計施工指針（一般社団法人 日本水道協会）
 - ii 水道施設設計指針（一般社団法人 日本水道協会）
 - iii 水道施設耐震工法指針（一般社団法人 日本水道協会）
 - iv コンクリート標準示方書（公益社団法人 土木学会）
 - v 道路橋示方書（一般社団法人 日本道路協会）
- PC鋼棒の降伏強度・引張強度について、関連するJIS規格の情報を提供する。
- PC鋼材緊張端のらせん補強筋について、図面や径ごとの寸法表、計算方法の資料を提供する。
- ピラスター周りの寸法の算出根拠となる資料（鋼材縁端距離など）を提供する。
- 緊張端の初期緊張力の決定方法が記載された資料を提供する。
- NWSDBより、マニュアルは2月末を目安に完成させたいとの要望があった。
- その後、マニュアル内で使用している記号の説明を冒頭に入れる、地震時の検討方法をマニュアルに追記する、積載荷重を0.5kN/m²から1.5kN/m²に修正するなどの更新を行い、最終案を作成した。

・ 最終協議（2019年3月11日）

最終セミナーでマニュアル最終案を用いた計画・設計の講義をするにあたり、マニュアルの内容と、講義の方法についてJPUと協議を実施した。

・ 最終セミナー（2019年3月14日）

最終セミナーでは、計画・設計マニュアル最終案を用いてPCタンクの計画・設計の

講義を行い、質疑応答を実施し、マニュアル案を配布した。

(イ) PC タンクの施工指針（マニュアル）案の作成

施工マニュアル案の作成手順は以下の通りであった。

・ 本邦研修を活用した施工マニュアル案の説明・確認

本邦研修参加者および施工マニュアル担当者と施工マニュアルの作成と内容について協議を実施した。事前に施工マニュアル案を作成し、これをもとに打ち合わせを行った。施工マニュアル案は、日本の一般的な方法を記述したものであることを説明し、本邦研修までにスリランカの方法と異なるところをチェックしてもらうように依頼した。スリランカでの施工方法の 1 例として、スリランカではタンク底版の下に敷く砕石は 1 インチサイズの砂利を使用していること、コンクリート打継目のレイタンス（コンクリート表面の強度が低い層）の除去にコンクリートの強度発現を遅らせる遅延剤は使用せず、打設後数時間後に高圧洗浄機で表層を除去する手法をとっていることなどを確認した。同時に、日本とスリランカの施工方法には大きな差は見られないことも確認した。また、日本で実施されている PC タンクの品質管理の資料（施工管理のタイミングと管理項目を記した資料）を手渡し、こちらも施工マニュアルに盛り込むため、スリランカの品質管理と異なる点も確認するよう依頼した。

・ ミニセミナーの開催（2015 年 9 月）

NWSDB 職員を対象として、PC タンクの概要および施工に関するミニセミナーを NWSDB RSC(WS)にて開催した。参加者はウエスタンサウス事務所の従業員が多くを占め、合計で 25 名程度の参加であった。セミナーでは当プロジェクトでパールワラに建設される PC タンクの紹介、PC 構造の説明、PC タンクの日本での実績紹介、PC タンクの施工手順の説明を行った。さらに 10 分程度のエアードームの施工紹介ビデオを紹介した。PC タンクはスリランカでは馴染みが薄いことに配慮し、現場写真を多用したスライドを使用したことが、施工手順の理解を促進した。

ミニセミナー後の質疑応答では、砕石はなぜ敷くのか、PC と RC の違いはなにか、ドーム屋根の厚さはどれくらいかなどの質問があった。また、セミナーの最後には、NWSDB 計画設計マニュアル担当者より、スリランカは最近土地の値段が上昇しているため、狭い土地には、壁を高くして大きな容量を確保できる PC タンクが適用できるとのコメントがあった。このように、ミニセミナーをとおして、PC タンクの施工の特徴や優位性への理解が醸成された。

・ PC タンクの施工に関する聞き取り調査の実施

施工マニュアル案をもとに、施工業者である KDAW 工事部長、現場担当者氏に、PC タンク施工の各作業について、スリランカの標準的な工事の進め方、計画している施工方法の聞き取りを行った。以下は、確認した事項である。

- 作業工程ごとに施工計画書を作成し提出する。
 - タンク内部の足場はドーム打設まで設置しておくこと、作業足場の寸法は1ユニットが幅 1,200×長さ 1,800×高さ 1,700mmで、屋根のハッチより取り出すことが可能であることを確認した。
 - スリランカにも日本と殆ど同様の P コン・セパレーター・フォームタイ（型枠固定治具）がある。特にセパレーターには止水ゴムを取り付けたが、止水ゴムはスリランカでは手に入らないため、日本より持参した。（セパレーター直径φ9mm）
 - スリランカにおけるコンクリート打継目処理の標準施工方法は、表面を削る機械的な削り処理である。現場では打設 4 時間後に高圧洗浄機かワイヤーブラシではつりとる計画に変更した。通常、スリランカではコンクリートの硬化遅延剤は使用しない。
 - 底板の養生（コンクリートの強度が発現するまで表面の水分の蒸発や急な温度変化を防ぐ処置）は、スリランカではマット散水養生、或は周縁部に砂で堰を作る灌水養生が標準であり、当現場はマット散水養生を計画している。養生期間は7日間。
 - 側壁は1週間サイクルを計画。型枠はコンクリートの打設翌日に脱型し、散水養生を行っている。
 - KDAW による型枠は、高さ 1.8m、幅 2.4m の鋼製型枠（3mm の鋼板とアングルで構成）を曲げ加工し、グリップピンで固定していた。
 - 型枠の固定には 6m のパイプを曲げて使用した。
- ・ 最終化に向けた修正
- 2016年9月に実施した第15回調査において、マニュアル案を提出した。活動 1-8（ケ）に記した漏水の主原因である、コンクリートの締固めについて、今後の漏水再発防止を念頭に、留意点をマニュアルに追加した。また、マニュアル内の用語修正、記載事項の追加要求に従い修正したマニュアルを同年11月にJPUへメール送付した。

(ウ) PC タンクの設計計算書の作成

上述のとおり、計画していたマニュアルに加え、NWSDB は独自に PC タンクの設計計算書を作成し、ABE はこれを支援した。

計画・設計マニュアル作成の過程において、NWSDB の JPU 職員は、PC タンクの設計計算書を独自でエクセルで計算し直していることがわかった。ABE は計算書作成にあたり、JPU の疑問を解消すべく、支援した。特に、計算結果と設計計算書が一致しない箇所の解消、PC 鋼材の断面位置や直線部の長さの算出方法、種類と本数の決定方法、PC 鋼材の配置方法などについて、絵を描いて順を追って説明した。また、日本の耐震基準において容量 15,000 m³ 以下であれば、地震で PC タンク本体の諸元が決まることはないことを説明し、地震に対する詳細な検討方法は、日本の設計基準の英訳版資料の計算例に従えば良いことを説明した。また、新しく付け加えた限界状態の計算の部分の説明も行った。

このようにして作成した設計計算書は、最終セミナー（2019年3月14日開催）の講義で活用し、参加者に配布した。

活動 2-3) PC タンク設計・施工にかかる技術移転として、設計・施工の各段階で NWSDB 職員に対しマニュアル（案）に基づき現場指導（OJT）を行う。

上述のとおり、マニュアルに係る本邦研修に先立ち、各マニュアル案を作成してスリランカ国内でのミニセミナーを開催して本研修生を受け入れた。本邦研修中および研修以降にマニュアルの改訂作業を行った。

計画・設計に係る OJT は、工事発注前の設計段階、施工に係る OJT は、施工現場において実施し、都度、マニュアルを改訂した。

活動 2-4) 安全教育にかかる意識向上及び安全管理徹底のため、NWSDB 職員及び現地施工業者に対し安全講習会を開催する。

工事中の安全管理は、施工業者から管理計画書が提出され、作業員はヘルメットと安全ベストを装着するが、足場の設置など十分ではなく、以下の活動による安全周知と管理を行った。安全対象者は、現地施工業者の技術者と作業員である。

- ・緊急連絡先の掲示（病院など関係機関の電話番号）
- ・朝礼と昼礼を毎日実施（作業内容の確認周知と作業員の健康状態を確認）
- ・足場への手すりの設置
- ・安全帯着用の指導（安全帯に取り付けられる道具袋をつくり、安全帯を使用した作業員に支給することで安全帯使用者が増えた。）
- ・不安全行動を撮影して、現場管理者に改善指導を促すことで徐々に改善させた。

なお、ABE の施工指導者が現場から離れると、不安全行動が垣間見られた。

活動 2-5) 本事業実施期間中、設計及び施工それぞれについて 2 回の本邦受入活動を行う。NWSDB 職員及び現地施工業者 を本邦に受け入れ、日本国内での PC タンクの安全管理及び品質管理について研修を行い、設計・施工指針（案）を改訂する。

(ア) 本邦受入活動（計画・設計）

前述のとおり、第四回調査では、PC タンクの計画と設計に係るマニュアルの読み合わせを行い最初の本邦受入活動で最終化を目指した。PC タンクの計画と設計に係るミニセミナーを開催して概ね理解された。

2015年6月4日から6月12日の期間において、NWSDB の P&D チーフエンジニアの本邦受入活動を実施した。なお、対象者の人選過程において、第一回ステアリングコミッテイの決定と異なる人選がなされたため、再度人選を依頼するレターを出すことで適切な人員を迎え入れることが出来た。（海外研修は、希望者の順番で割り振られ専門外の職員が派遣

されることもあるとの由。)



写真 3-4 本邦受入活動（福岡市高宮浄水場 PC タンク建設現場視察）

・ 受入活動の概要

(a) 概要（具体的な活動内容）

PC タンクの計画・設計マニュアルに関する協議、既設および建設中の PC タンクの見学、コンクリート製品および水道用バルブ工場の見学、浄水場の見学

(b) 受入期間

2015 年 6 月 4 日～12 日

(c) 参加者リスト（氏名（Mr./Ms.）、所属、役職）

National Water Supply & Drainage Board, Chief Engineer (P&D)

・ 実施事項

(a) 本邦受入活動の結果・課題（目標の達成状況、成果、改善点等）

(i) 計画・設計マニュアル

PC タンクの計画・設計マニュアルに関する協議をし、PC タンクの設計手法を詳細に説明した。図や写真、書籍などを用いて直接説明することで、理解度を高めることができた。また、日本とスリランカにおける設計手法の相違点を確認することができた。1 例として、スリランカでは鉄筋コンクリート製配水池の設計において、ひび割れが発生することを許容しており、発生するひび割れの幅を制御することで水密性を確保している。一方、日本のコンクリート製配水池の設計では、基本的にひび割れの発生は許容しない。

成果：上記の様に設計思想が異なることを確認でき、これによりスリランカの実情を踏まえたマニュアルとすることが可能になったと考えている。また、この活動を通して前述 3.(1)(ケ)の報告に至っている。

目標達成度： 後述の課題を積み残していることから 7 割の進捗と考える。

(ii) 既設および建設中の PC タンクの見学

愛知県内の以下の 4 基の既設 PC タンクを見学した。

- ・愛西市 佐屋配水場（複合高架水槽（3 槽式）、容量 14,700 m³）
- ・清須市 春日配水場（複合高架水槽（2 槽式）、容量 3,700 m³）
- ・犬山市 犬山広域配水池（標準タンク、容量 29,400 m³）
- ・名古屋市の平和公園配水場（標準タンク、容量 600 m³）

見学先の PC タンクを選定する際に、形状（高さや内径）・容量の異なるものとしたことで、PC タンクの適応性の高さを紹介することができた。

また、以下の建設中の PC タンクを見学した。

- ・福岡市 高宮高所配水池（標準タンク、容量 2,800 m³）

本配水池は、スリランカに建設予定の PC タンクの容量（2,000 m³）と同程度の容量であり、内径と高さの比率も同程度のタンクであるため、スリランカに建設予定の PC タンクのイメージを掴んだと考えている。見学時点では側壁コンクリートの施工の中盤であったため、既に施工した箇所およびコンクリート打設の準備段階の箇所を見学することができた。また、ドーム屋根はエアードーム工法による施工のため、この点でもスリランカに建設予定のタンクと同様である。見学時点ではエアードーム施工の準備作業に取り掛かっており、今後の施工手順等について説明を行った。その他の作業工程についても、写真や図面を用いて説明した。また、安全掲示板や危険予知活動表（作業内容に伴う危険を予知し適切な安全対策を行うために、職員と作業員が毎朝作成する資料）の内容について説明し、現場で実施している安全管理についても紹介した。（上の写真左参照）本事業での建設工事のみならず、スリランカで実施する工事をより安全性の高いものにして頂きたいという考えを伝えることができた。見学翌日には、上述の写真や図面および見学時の写真を参考に、現場で説明できなかった内容の説明や見学内容の確認を行い、理解度を深めた。

改善点

今回は見学の時間を優先したため、事前説明の時間に多くを確保できなかった。次回の本邦受入活動は施工に関するものであることも踏まえ、事前に見学先のタンクの特徴や施工手順等の説明を十分に行うことで見学時に着目する点が明確になり、より理解度が高まると考えられるため、スケジュール作成の際に考慮する。

(iii) コンクリート製品工場および水道用バルブ工場の見学

ABE 滋賀工場にて、コンクリート製品の製作状況を見学した。本工場では主にコンクリート製の鉄道用マクラギを製作しており、製作ラインの見学時にコンクリートの品質管理試験、製作部材の寸法の管理手法ならびに場内の整理整頓や安全通路の確保についての説明があった。また、兼工業㈱ 小牧工場にて、水道用バルブの製作状況を見学した。場内での製作、検査、出荷までの一連の工程を見学し、いずれの工程においても

管理が徹底されているとの紹介があった。日本の製品工場における品質管理・安全管理状況を理解したと考えている。

(iv) 名古屋市上下水道局との意見交換会

名古屋市上下水道局のスリランカ国への派遣経験者との意見交換会を行った。

日時：2015年6月11日 10:00～11:30

場所：名古屋市役所西庁舎9階第2会議室

出席者

安部日鋼工業（堅田、河合、宮島）、KMC ランカ（田村）、NWSDB（SENANI）

JICA 中部（2名）、名古屋環未来研究所（山田）

名古屋市上下水道局経営企画課（参事、主幹、主査、主査、技師）

スリランカ派遣経験者

課長（給排水設備課）、係長（水道計画課）、係長（配水課）、主査（経営企画課）、技師（配水課）

(v) 浄水場の見学

名古屋市にある鍋屋上野浄水場を見学した。浄水場の職員の案内により、着水井、緩速ろ過池、水質検査室、昭和期に使用されていた送水ポンプの資料館等を見学し、日本の高度な浄水技術を学んだ。鍋屋上野浄水場の旧緩速ろ過池は100年以上使用され、約1年半前に全面改修工事が行われた。旧ろ過池に使用されていた材料の展示や説明があり、長期間供用可能で省エネルギーな施設であることが紹介された。

(b) 参加者の意欲・受講態度、理解度

参加者は計画・設計部門の所属で、水道全般に関して非常に広い知識を有しており、全体を通して積極的に質問を受けた。特に施工現場の見学では意欲的に質問し、PC タンクの施工状況の写真撮影を行っていた。

浄水場の見学においては、参加者が以前従事していた水質検査に係る質問を行っており、水源から末端の給水域の検査を通して農薬の残存量の検査など具体的な質問があった。また、NWSDB に水質試験装置を導入したが試験装置を適切に使用されていないとの認識より、今後は、水質検査機器の使用方法の教育や、水源と浄化後の水質管理について支援が必要と述べていた。

(c) 本邦受入活動の成果を生かした今後の活動計画

本邦受入活動にて明らかとなった課題（BS との摺り合わせ、ひび割れ幅制御）を踏まえ、NWSDB と協議して計画・設計マニュアルを最終化する。その後、施工マニュアルとともに、NWSDB の規格に反映されるよう働きかける。

・ 参加者の感想

(a) マニュアルについて

- 本事業では、スリランカに PC タンクを建設するだけでなく、マニュアルを作成するなどの技術移転があるため、今後 NWSDB でも設計ができ、スリランカで PC タンクを普及させることが可能となる。
- 日本へ訪問し協議することで、設計マニュアルや計算書の内容について図や式などを使っての直接的な説明となり、疑問点が解決した。メールやスカイプを用いても協議は可能であるが、対面して協議すると理解が更に進む。
- 日本における PC タンクの設計では、ひび割れが入らないように設計するが、その考えを取り入れことを希望していた。スリランカのタンクはひび割れが入ることを許容するため、漏水問題が発生する。

(b) タンク見学

- 福岡の現場にて建設中の PC タンクを見学し、ベールワラに施工するタンクのイメージが沸いた。工事の各段階の写真を現場で確認したため、既に終わっていた工程に関してもよく理解できた。日本の工事現場は、スリランカよりも安全対策が徹底しており、スリランカでも取り入れたい。
- すでに使用されているタンクも数か所見学し、PC タンクは標準的な形式以外にも、高架タンクなど様々な形式や容量のタンクに適用できることが理解され、スリランカで適用できる

(c) 工場見学

- ABE の工場も他のバルブ会社の工場も、工場内は非常に整理整頓が行き届いており、怪我をすることなく、快適に働ける。

(d) 浄水場見学

- 浄水池を 100 年間使用していた実績でを評価した。撤去したレンガを歩道に再利用する工夫も良い。
- 以前水質関係の部署にいたことがあり、紅茶畑に散布する農薬が地下水や川を汚染する問題があった。最新の検査機械が導入されたことがあったが、使用方法が難しく次第に使用されなくなってしまった。機械だけの支援でなく、長く利用していけるように操作方法の教育やマニュアル化なども必要である。

・ フォローアップ

計画と設計マニュアルの最終化に向けて、ひび割れ幅の考え方を擦り合わす必要があったため、第五回現地調査 (7/9) において協議した。BS によるひび割れ検討 ((3) 1.2.8) は、プレストレス構造の圧縮力によって問題とならないと考えられる。しかし、地上に露出して設置される配水池であれば、年間を通して外気温と水温の違いによる検討が BS に

不足していることを日本における検討事例で説明した。

(イ) 本邦受入活動（施工）

2015年10月1日～10月10日にNWSDBのコンストラクションマネージャーの本邦受け入れ活動を実施した。



写真 3-5 本邦受入活動

（左：愛知県佐屋配水池 PC タンク、右：福岡県高宮浄水場 PC タンク建設現場）

・ 受入活動の概要

(a) 具体的な活動内容

PC タンクの施工マニュアルに関する協議、既設および建設中の PC 構造物の見学、コンクリート製品工場・PC 鋼材製作工場の見学

・ (b) 受入期間

2015年10月1日～10日

・ (c) 参加者

NWSDB, Manager Construction

・ 実施事項

(a) 施工マニュアル

施工マニュアル案をもとに、PC タンクの施工手順について、施工ステップごとに図と写真を交えて詳細に説明した。その際、スリランカ国内での一般的な施工方法を確認し、スリランカの事情に合わせて、施工可能な方法に随時マニュアルを修正しながら読み進めた。以下に、施工マニュアルに関する主な協議内容を記載する。

- 砕石のかわりに、スリランカでは ABC という骨材と砂を混ぜたものを使用している。マニュアルには併記することとした。また、砕石を敷く目的について質問があり、地盤の強弱を均一化するために敷くこと、雨天時の作業性を確保するために敷くことを説明した。砕石を敷く目的をマニュアルに追加することとした。

- 鉄筋とコンクリートの表面化との距離を固定するスペーサーの配置について、日本の基準である4か所/m²に対し、スリランカ（BS基準）も日本と同じ基準であることを確認した。
- 底版を灌水養生する時には底版上面より外型枠を50mm上げておくことを確認した。
- 型枠を固定するフォームタイを構造鉄筋に溶接してはいけないことを確認した。
- コンクリートの発注量は日本とほぼ同じタイミングであることを確認した。例えば、23m³であれば、5m³を4回に分けて発注し、最後の発注量を調整する。
- コンクリート打継面のレイタンス処理について、スリランカでは、チップングハンマーでチップングをすることが標準であるとのことであった。後述の現場視察にて、現場担当者とも意見を交え、マニュアルには、チップング、高圧洗浄機でののはつり取り、遅延剤の使用を併記し、現場の事情に合わせて選択できるようにすることとした。
- スリランカでは、コンクリートの養生のマットには麻袋（gunny bags）のロール状のものを敷いて散水するとのことであった。麻袋の使用をマニュアルに書き込むこととした。
- PC鋼材と鉄筋が干渉する場合は、鉄筋をずらし、PC鋼材の位置を絶対に動かしてはいけないことを強調した。
- PC鋼材の緊張方法について、全周を同時に引っ張ることを説明し、そのことをマニュアルに追記することとなった。
- 施工マニュアルのうち、屋根のエアードーム施工部分は、実物を見ないと理解し難いため、後日、Anuruddha氏が実際の施工現場を確認し、重要なポイントを写真で送ってもらい、その写真をもとにマニュアルを作り上げていくこととした。
- スリランカでは、底板に継ぎ目を設けるが、日本では生コンの供給能力により継ぎ目を設ける場合は、継ぎ目に膨張剤入りコンクリートを使用することを説明した。今回のマニュアルは、大型のタンクの場合は対象としないが、今後の大型の物件がある場合には、マニュアルを改訂していくこととした。

以上の協議の内容を反映して、スリランカの実情にあった、実務に役立つ施工マニュアルを作成することができた。

(b) 既設および建設中のPC構造物の見学

本邦研修中に以下の既設PC構造物を見学した。

表 3-5 訪問した既設PC構造物

No.	訪問日	名称	住所
1	2015年10月2日	雄総配水池	岐阜県岐阜市
2	同上	黒野配水池	岐阜県岐阜市
3	同上	木田配水池	岐阜県岐阜市

4	2015年10月3日	春日配水池	愛知県清須市
5	同上	佐屋配水池	愛知県愛西市
6	同上	大府配水池	愛知県大府市
7	同上	犬山配水池	愛知県犬山市
8	2015年10月4日	美濃大橋	岐阜県美濃市
9	同上	坪佐橋	岐阜県郡上市
10	同上	長良川高架橋	岐阜県郡上市
11	同上	鷺見橋	岐阜県郡上市
12	2015年10月6日	木津川卵形消化槽	京都府木津川市
13	同上	木津南配水池	京都府木津川市

岐阜本社から岐阜工場までの移動途中に位置する No.1~3 の配水池を見学した。この狭い範囲に多くの PC タンクがあり、日本における PC タンクの実績の多さを実感したと考えている。なお、この配水池の見学中に施工中の PC タンクを見たいとの要望があり、タンク側壁施工中の物件である長崎市野母配水池の見学を研修に追加した。また、愛知県の春日配水池、佐屋配水池、大府配水池、犬山配水池を見学した。これらのタンクは、大容量の標準型タンクやタワー型タンク、複合型タンクなど、様々な形状寸法の PC タンクで、これらを紹介することで PC タンクの多様性について理解が深まったと考えている。さらに、岐阜県長良川沿いの PC 橋梁を見学した。波型鋼板ウェブ構造（坪佐橋）はスリランカにはないとのことで興味深く視察しており、鷺見橋のハイピア（橋脚高さ 118m）には、その高さに圧倒された様子がうかがえた。全体を通して、日本のコンクリート構造物の表面がとても美しいとの感想もあり、日本の建設技術の高さをアピールできた。また、本邦研修中に以下の建設中の PC 構造物を訪問した。

表 3-6 訪問した建設中の PC 構造物

No.	訪問日	名称	住所
1	2015年10月3日	砂屋配水池	愛知県半田市
2	2015年10月7日	京田辺高架橋	京都府京田辺市
3	2015年10月8日	高宮配水池	福岡県福岡市
4	2015年10月8日	野母配水池	長崎県長崎市
5	2015年10月9日	矢加部配水池	福岡県柳川市

上記の建設中の PC タンクおよび橋梁を視察し、細かな施工手順を写真と図面使用して説明した。日本ではすべての現場事務所に、安全に対する心構えや、事前に予想される事故

などが記載された安全ポスターがあるが、スリランカではそのようなポスターがないとのことで興味深く内容を確認し、写真を撮影していた。また、スリランカでは一般的に安全帯を着用することはなく、手すりの安全カバーも使用しないとのことで、これらの安全対策設備を通して日本における工事の安全意識の高さを説明し、安全意識の向上が図られた。高宮配水池では、現場所長を交え、コンクリートの打継目処理方法や、養生の方法を検討する機会を得た。野母配水池ではタンクの側壁の施工中であったため、実際の構造物で PC 鋼材や鉄筋の配置状況、型枠の固定状況などを説明し、理解が深まった。また、矢加部配水池では、隣の PC タンクが築 45 年経過するが漏水していないことを説明し、PC タンクの優位性を改めて認識したと考える。

- ・ コンクリート製品工場・PC 鋼材製作工場の見学

ABE の岐阜工場、岐阜本巣工場、滋賀工場にてコンクリート製品の製作を見学し、住友電工スチールワイヤーの伊丹工場にて PC 鋼材の製造工場を見学した。

コンクリート製品製作工場では、パワーポイントで工場の概要や製品の製作手順の説明を受けた後、工場内を視察した。コンクリートの打設より先にプレストレスを導入する方式（プレテンション方式）の説明により現場施工との差異を理解し、工場での 1mm 単位の品質管理を説明により日本の工場製品の品質管理状況を理解したと考える。また、PC 鋼材の製造工場では、パワーポイントで PC 鋼材ができるまでの行程の説明を受けた後、工場内を視察した。その際、ベールワラの現場で使用されている PC 鋼棒はこの工場で作られたものであること、鋼棒と同時に定着具やナットも日本から輸入していることの説明をし、材料の品質についても信頼性を確認した。視察の最後に本邦研修生より、「現在、我々は安部日鋼工業とパートナーシップを結び、スリランカで PC タンクを普及させようとしている。将来においては、安部日鋼工業とますます強くパートナーシップを結ぶと共に、あなた方のような安部日鋼工業と関連している会社のエンジニアとも交流が深めていくことを強く願っています。」とのコメントがあった。

- ・ 参加者の意欲・受講態度、理解度

参加者は施工マニュアルの協議や工事現場の見学において、常に非常に細かく施工手順を確認するとともに、インパクトレンチやコテなどの細かな施工道具まで撮影するなど、日本の施工技術を習得しようとする姿勢が見られた。特に工事現場では、安全ポスターの内容やバリケード資材の材質などを細かく質問し、写真を撮影し、スリランカで同じものを作成したいなどの発言もあり、本邦研修により安全意識の向上が見られた。

- ・ 成果

施工マニュアルについて、特にコンクリートの打継目処理方法や養生方法などは、見学で訪れた現場の所長とも意見を交わし、スリランカの実情にあった手法を取り入れることが

可能となり、実用に適するマニュアルとすることが可能となった。

- ・ 目標達成度

施工マニュアルはベールワラの PC タンクの施工で得た知見を盛り込むことになっており、本邦研修内では完成しないが、完成へ目処は立っており目標達成度は9割と考える。

- ・ フォローアップ

本邦研修生は、帰国後に本邦研修の内容についてプレゼンテーションにより水平展開することとなっており、視察先の図面の提供などをおこなった。

施工マニュアルは NWSDB 職員向けの内容で作成を進めていたが、本邦研修生の提案により、ワーカーにも容易に分かる内容とするため写真を多く追加していくこととなった。ベールワラ PC タンクの進捗に合わせ、写真を追加し、マニュアルの改訂を継続的に行った。

活動 2-6) PC タンク完成後、約 4 か月毎に実施する外観目視検査を NWSDB とともに実施し、PC タンク維持管理方法について指導する。

検査結果は活動 1-11 の通り異常がないことを確認した。維持管理は、日常の外観目視、タンク内外の定期的な清掃でよい。(日本国内での管理状況を事例にして指導した。)

③ 成果 3 に係る活動

エアードーム工法を用いた PC タンクが、NWSDB によってスリランカの標準的配水池として取り入れられる。

活動 3-1) 2-6) を通じ改訂した設計・施工指針(案)を設計・施工指針策定中間会議にてスリランカ関係者に提案する。

成果 2 で記載したとおり、計画・設計、施工マニュアル案は、ABE と NWSDB が共同で作成した。作成の過程においては多くの議論や質疑応答が繰り返された。このように、マニュアルは、NWSDB 職員の意図を反映させつつ、理解を醸成しながら作成されたため、策定中間会議を開催し、改めてこれを提案する、という手順は不要であった。

最終セミナー(2019年3月14日開催)では、設計・設計マニュアル案をつかって、PC タンクの計画設計の基礎を講義し、計算書とともに配布をした。これに先立ち、NWSDB のマニュアル委員会の責任者より、最終マニュアル案を参加者に配布して良いという許可を取得した。

活動 3-2) NWSDB 等のスリランカ関係機関と協働で設計・施工指針を最終化する。

成果 2 で記述した通り、数々の協議と打ち合わせを経て、計画・設計、施工マニュアルの最終案が作成され、計画・設計マニュアルは最終セミナーの参加者に配布された。

なお、2018年5月に発刊されたPCタンクのISO基準は、日本が提案した水道用PCタンクの簡易設計法であり、日本の基準をベースとしている。そのため本事業で作成したマニュアルもISOに準拠していることになる¹²。2018年7月のステアリングコミティーではマニュアルがISO基準に基づいていることについて報告済みである。

活動3-3) 同指針を踏まえ、スリランカの標準的配水池に沿うPCタンク規格(案)を作成する。

活動3-4) PCタンク規格(案)を規格化判断会議にて提案する。

活動1-12)に記した通り、既存のタンクとPCタンクの設計に関する考え方が異なるため、PCタンク規格(案)の作成には至らなかった。また、規格化を計画した理由の一つは、配水池の規格化により、同国でプレキャストによるPCタンクの普及が可能になることにあった。そのため、同国のタンクの容量の現状と、PCタンクの規格化の必要性について判断すべく、ステアリングコミティーで協議をした。その結果、現状では、タンクの容量を規格化することは現実的ではないことがわかり、プレキャスト化の検討は不要と判断した。

活動3-5) スリランカにおけるPCタンク規格(案)を最終化する。

日本コンクリート工学会 ISO/TC71 対応国内委員会では、この事業で作成したマニュアルの原本となる、日本水道協会：水道用プレストレストコンクリートタンク設計施工指針・解説 1997年版から設計編部分を取り出して、PCタンクの簡易設計と題してISO化している。ISO/FDIS 18407:2018 Guidelines for simplified design of prestressed concrete tanks for potable water が2018年5月に発刊され、このISO基準を引用しているマニュアルを、オープニングセレモニー前日のステアリングコミティーで報告した。

計画と設計に係るマニュアルは、前述の取り NWSDB の標準規格として取り入れられるまでには至らなかったが、JPUにおいて、技術移転マニュアル基本に NWSDB 技術者向けの図書(教科書)を作成していた。ラップアップセミナー開催準備(2019年1月)の打合せにおいて、NWSDB の技術者に、この図書を周知するセッションの追加を JPU より依頼された。2019年3月のラップアップセミナーではこの教科書を使い、概論を JPU、計算手順を ABE が説明した。BS と日本の考えの異なることについて、NWSDB より質問が挙がったが、スリランカ技術者協会からの参加者が見解を述べるなど、ダブルスタンダードを受け入れる素養があることが確認できた。見解を述べた技術者は、スリランカの高速度道路が日本の技術で設計されていることを知っており、供用時の安全性と耐久性を考慮した許容応力度設計が同高速度道路にも PC タンクにも用いられている点を理解していることを、セミナー後の名刺交換において確認した。

¹² 日本コンクリート工学会：コンクリート工学、Vol.56, No.12,2018,pp1031-1034

活動 3-6) NWSDB 等と共同で、PC タンク普及計画（案）について策定する

NWSDB は、本事業を通して PC タンクの有用性や優位性を理解した結果、現在計画中のカル河プロジェクトにおいて PC タンクを建設する計画である。同プロジェクトの計画内容は現時点では公開されていないが、11 回調査において、PC タンクの建設計画があることを確認した。第 16 回現地調査 2017 年 7 月 においては、カル河プロジェクトの内、配水池とポンプ場を纏めた Package 3 の現場踏査とサウンディングを行い、NWSDB が PC タンクの普及計画をすでに策定していることを確認した。

④ 成果 4 に係る活動

スリランカ内におけるエアードーム工法を用いた PC タンクの普及展開案が策定される。

活動 4-1) スリランカの今後の給水需要及び配水池建設状況、今後の建設計画についてレビューし、配水池の需要予測（市場規模）を調査する。

名古屋市中日本建設コンサルタントの調査協力によって、スリランカの今後の給水需要及び配水池建設状況、今後の建設計画についてレビューし、配水池の需要予測（市場規模）を調査した結果（添付資料 2）、容量 2,000m³ の高架タンクの計画・需要が多くあることが明らかになった。

活動 4-2) スリランカの政治経済・社会状況にかかるカントリーリスク、為替等の金融リスク、税制や法務等のビジネスリスク等、提案製品・技術の普及展開上のリスクについて調査・分析する。

スリランカの政治経済・社会状況にかかるカントリーリスク、為替等の金融リスク、税制や法務等のビジネスリスク等、提案製品・技術の普及展開上のリスクについて調査・分析した。

カントリーリスクに関し、政治の影響、特に、2019 年末に予定されている大統領選挙とその後の政権交代に十分注意する必要がある。また同国政府の財政が極端に悪化しないかどうかにも留意が必要である。新聞報道によれば、2019 年 1 月に外貨準備（以下、外準という）を取り崩し、対外債務の返済を始めた。14 日にまず 10 億ドル（約 1080 億円）を返済したが、金融市場で資金調達できず、外準に頼らざるを得なかった。19 年中に満期を迎える対外債務 59 億ドルをすべて外準で賄うのは難しく、綱渡りの債務管理が続くと考えられる。中国などの融資でインフラを整備した結果、対外債務が急増し、2018 年末時点で 69 億ドルあった外準の一部を充てた。また、本事業でも経験した NWSDB 職員のストライキによる作業の停止、財政的問題による支払いの遅延、度重なる設計変更なども事業実施上のリスクとなり得る。

為替などの金融リスクに関し 2018 年後半のルピーのドルに対する急激な下落に代表されるように、同国で大幅な為替の変動が起きる可能性がある。為替の変動は同国への輸入品の

価格の変動、現地施工業者の契約への影響などが起こり得る。

税制や法務上のリスクについては、毎年の予算案では、輸入関税を含む税率の変更が提案されること、2018年に実施されたような外為法の改定によるスリランカ国内の銀行間の資金移動についての新たなルールの発動に留意する必要がある。2019年は労働法が改定される動きもある。

いずれについても、現地の情報を新聞やインターネット、在スリランカ日本商工会議所、現地連絡事務所などを通じて必要な情報を迅速に入手し、情報を分析し、必要な対応をとる必要がある。為替リスクを最小限にするような契約形態や、余裕を持った見積もり策定といった対応策も求められる。

活動 4-3) スリランカでの提案製品・技術を普及展開していく上での課題を整理する。

NWSDBは、財務的な面からイニシャルコストを重視している。そのため、イニシャルコストが高くとも製品の耐久性を踏まえ長期的なライフサイクルコストが少なくなるエアードーム工法の価格優位性については、今後も機会のあるごとに説明をし、理解を醸成することが必要である。

PCタンクの普及展開については、すでに計画されているが、円借款事業の国際入札において、中国・韓国勢より優位に立つために品質面での差別化を図る。

活動 4-4) 上記 4-2)、4-3)を踏まえ、「水のいのちとものづくり中部フォーラム」と協力し、PCタンクをベースとした「水ビジネスパッケージ」のスリランカにおける展開可能性について調査する。

中部地区には、独自技術による特徴的な製品類がある。そこで、個々の製品の技術や製品の特長を広く紹介するとともに、それらを組み合わせたパッケージ化へ繋げるためのセミナーを開催し、スリランカを対象としたパッケージ化へ繋げるための情報発信、“水のいのちとものづくり中部フォーラム総会後の第14回水ビジネスセミナー”を2015年6月に名古屋市において開催した。「水ビジネスパッケージ化などの取り組み」と題して、本事業の外部人材であり、スリランカにおける今後のビジネス展開で重要な役割を果たすことが期待される、山田雅雄氏（名古屋環未来研究所）および、田村智子氏（KMC）により「スリランカ水事情と開発課題」と題した講演を実施し、中部フォーラム会員との情報共有を行い、PCタンクを中心とした水ビジネスパッケージ化への取り組みを開始した。また、この事業の活動により、中部フォーラム内に“ビジネスパッケージ検討ワークショップ”が立ち上がり、最初のワークショップが2015年7月28日に開催されるに至った。このほかにも、両氏の中部訪問の機会には、以下のような水ビジネスパッケージ展開に向けた活動を実施した。

表 3-7 水ビジネスパッケージ展開に向けた活動

日付	場所	内容	外部人材
----	----	----	------

			田村	山田	Hin
6月10日	岐阜本社	岐阜本社にて意見交換	○		
	滋賀工場	枕木工場の視察と意見交換	○		
6月11日	名古屋市役所	名古屋市上下水道局 スリランカ派遣経験者との意見交換	○		
	鍋屋上野浄水場	緩速ろ過池の視察と意見交換	○	○	○
	平和公園	PCタンクの視察	○	○	○
	兼工業	パルプ工場の視察（ casting から出荷までの過程）、製品開発と販売に関する意見交換	○	○	○
6月12日	名城水処理センター	地下下水処理場の視察、合流式下水処理システムの説明を受ける。	○	○	
	中部経済連合会	水ビジネスセミナー開催	○	○	
6月19日	東京本社	今後の調整	○		
	JICA	報告	○		

6月11日、12日は、本邦受入活動生（セナニ）も同行しての活動

初日6月10日は、ABEの本社での協議、滋賀工場での製品と労務管理を視察することで外部人材の会社概要への理解を醸成した。特に、工場においては9名の社員と外部人材による構成で各種鉄道会社の線路用枕木、東海道新幹線用枕木の製造と品質管理状況の視察を通して、外部人材の管理指導の必要性への理解が醸成された。鉄道用枕木は、鉄道車両の走行性と安全性に係る製品であり、要求される精度がミリ単位であること。夜間の僅かな時間に施工するための出荷前の製品検査、検査治具の摩耗状況の管理まで紹介したことで、品質管理の徹底した状況を理解する良い機会であった。

6月11日は、名古屋市役所でスリランカ派遣経験者と意見交換を行った。この事業は、これまで名古屋市がNWSDBに対して行ってきた活動と信頼関係の上にあること、また、今回の配水計画の妥当性確認に協力を仰いでおり、継続的に情報共有して事業を進めることが重要となることを再認識した意見交換であった。

また、中部フォーラム会員企業の、特徴のある製品の提案を重ねて、その後にパッケージ化する戦略もある。たとえば、同フォーラムの会員であるパルプメーカー、兼工業は、水ビジネスセミナーで共有された知見を生かし、案件化調査に応札し、採択され調査を完了した。2019年にはさらに普及実証事業が採択されるに至り、今後、同企業との協調により、スリランカにおける水ビジネスのパッケージ展開の可能性もある。

2019年3月の最終セミナーにおいても、「水のいのちものづくり中部フォーラム」の

活動内容や目的を参加者に説明し、水問題に係る開発課題に対し、中部地区の経験と技術、製品を組み合わせた今後展開可能な水ビジネスパッケージについて提案を行った。

活動 4-5) 上記調査結果を踏まえ、提案製品・技術の普及・事業展開（案）及び営業方針を策定する。

本事業の実証や技術移転活動の結果および、上記の調査結果を踏まえ、ABE はスリランカに連絡事務所を設立した。今後は、計画中のカル河プロジェクトにおいて PC タンクの建設を受注すべく、情報収集をしている。

また ABE は将来、同国の下水分野にも進出する方針である。第 12 回現地調査では、2015 年外務省スリランカニーズ調査に参加し、ABE の製品を活用した POD（プレハブ式下水処理場）のニーズについて検討した。その結果、NWSDB の計画に、POD を織り込むことは下水処理量と設備費用が嵩むこと、水道コンサルタント等との連携を深める必要があることが明らかとなった。同時に POD の売り込み先として、住宅開発局（NHDA）が有力であり、中部ブランドとして POD を売り込む方策について検討を続けている。

その他、橋梁や都市交通の分野でも PC 技術を生かして、日系企業とのパートナーシップや現地企業へのコンサルティングなども手がけていく方針である。

このように ABE は、本事業の経験を生かし、短・中期的には、同国の上水道事業において、プライムコントラクターとして NWSDB からの積極的に受注を目指すとともに、長期的には、他の分野においても営業展開する方針である。

活動 4-6) 営業方針に基づき、現地パートナーを発掘し、販売先について調査・検討する。

現地パートナーについては、施工のパートナーである現地施工業者、設計や施工管理のパートナーであるコンサルタント会社の選定がまず必要となる。本事業で ABE が契約した現地施工業者、コンサルタントはいずれも PC 技術を学ぼうとする熱意も高く、誠意ある姿勢が好印象であった。施工業者からは、本事業に加え、スリランカにおける橋梁や空港など他事業における JV パートナーシップの打診もあった。これらのパートナーは今後の同国における営業展開においても重要な役割を果たすと思われる。

販売先については、短期・中期的には、スリランカ全土の上水の配水池の所有・運営維持管理の主体である NWSDB が最重要となる。上述のとおり、長期的には、橋梁や都市交通の分野にも進出を考えており、その場合は、日系企業、現地企業、道路開発庁（RDA）や、都市開発庁（UDA）、メガポリス西部開発省（Ministry of Megapolis and Western Development）などが販売先となりうる。

なお、スリランカにおける民間部門は、現状がホテルとマンションの建設ラッシュであり、中国からの投資が多く、昨今の世界状況を踏まえれば、公共事業以上のリスクが内在すると考えられる。一方、モルジブなどのリゾートホテルでは海水淡水化処理に伴う小規模配水池へのニーズがあり、スリランカ国内でプレキャスト製品を製造して海上運搬して組み立て

ることも考えられ、同国を拠点とした周辺国への展開は継続して検討する方針である。

(2) 事業目的の達成状況

本事業は、スリランカにおける上水道普及の向上に資するために、対象地域において工事費用が安価で耐久性のあるエアードーム工法を用いた PC タンク的设计・建設・維持管理を通じ、同製品・技術の有用性及び優位性について実証を行うために実施された。同時に、NWSDB が関わる同国内での日本の ODA 事業及びその他上下水道事業への PC タンク導入につなげるため、同技術・製品の普及方法及びその課題等について整理・検討することを目的として実施された。

計画通り、対象地域においてエアードーム工法を用いた PC タンクが建設され、既存の RC タンクと同様の工事費で、より耐久性に優れたタンクが、小さい土地面積で建設できることが実証された。工事費の比較優位性や、壁の薄い PC タンクの耐久性については案件化調査でも議論したが、比較条件について意見がわかれ議論が進まなかった。しかし本事業で実際に PC タンクを建設し、工事費の実費、壁の薄いタンクが問題なく運用されていることを示すことができた。その結果、最終セミナーでは、PC タンクの優位性に関し NWSDB から異論はなく、十分な理解が得られた。

エアードーム工法についても、在来工法によるドーム屋根は、2～3 ヶ月要するが、当工法は 2 週間で完了でき工期短縮の効果があることと、熟練労働者を必要としないことが高く評価され、安全性、施工の利便性について評価が得られた。このように、本事業の実証活動により期待通りの成果が発現した。

PC タンクの技術・製品の普及に必要な技術移転も、本邦研修、ミニセミナー、マニュアルの共同作成を通じて実施された。特にマニュアルは、その作成に、NWSDB 職員が積極的に関与したことで、スリランカの技術者が使いやすく、理解しやすいものとなり、今後、NWSDB が PC タンクの建設を計画・設計するにあたり、欠かせないものとなった。

実証や技術移転の成果の発現を裏付けるものとして、案件化調査実施時や本事業の開始時と、最終セミナー開催時において、PC タンクについて NWSDB 職員から出される質問やコメントの変化を挙げるができる。案件化調査実施時や本事業の開始時は、RC タンクに比した PC タンクの優位性について、「理論ではわかったが実際には疑問である」、「そのような薄い壁で実際、耐久性があるのか」などのコメントもあった。比較優位性の検討の際、比較条件について意見がわかれ、議論が進まないこともあった。質問についても、的を得ていないもの、技術に対する理解不足からくると思われるものがあった。しかし本事業の最終セミナーでは、PC タンクの優位性について NWSDB からの異論はなく、質問内容も、PC タンク的设计や施工方法を理解したうえで発せられた、専門的な観点からの質問や、施工の細かい手順などについてのも殆どであった。これは、NWSDB の PC タンクへの理解や興味が本事業により確実に深まったことを象徴している。

本事業のインパクトとして、NWSDB が関わる同国内での日本の ODA 事業及びその他上下水道事業へ PC タンクが導入され、本事業完了後、同国で PC タンクが普及することが期待されていた。これについてはすでに、NWSDB が計画しているカル河プロジェクトで、PC タンクの建設が計画されており、計画以上の成果が発現したといえる。

また、本事業で建設した PC タンクは、対象地域の住民に、給水状況の改善や、生活環境や便利性の改善などの便益をもたらした。NWSDB にとっても、ポンプ運転の電気代の節約という経済効果が発生した。また、PC タンクがあるため、既存の貯水池の修繕ができるようになり、これによる無収水率の改善が期待されている。PC タンクの経済性や耐久性に加え、これらの便益も上水普及率の改善、NWSDB の経営改善など、同国の開発課題に貢献するものである。

以上のように、PC タンクの比較優位性の実証、技術移転、今後の普及のいずれについても、十分な成果が発現しており、本事業の目標は達成されたといえる。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

「1 事業の背景」で示した通り、スリランカでは、安全な水の安定的な供給が十分に行われておらず、上水道普及率を改善することが開発課題となっている。特に同国の都市部においては、水需要が拡大しており、これに対応するため、配水池等の給水施設の更新・増設が喫緊の課題となっている。そのためには、大容量の配水池建設が必要であり、一定規模の土地の確保を要するが、すでに住宅地等の土地利用が進み、また地価も高騰しており、広大な土地取得も難しい状況に直面している。

本事業の実施により、PC タンクは既存の RC タンクと、同程度の工事費で、小さい土地に大容量で、より耐久性の高いタンクが建設できることが実証された。また、耐久性に優れているため、補修などの維持管理費が少なく、エアードーム工法を用いると、工期が大幅に短縮できる。このように、PC タンクの比較優位性が本事業で実証され、同タンクは上述の、同国の開発課題である上水の普及に必要な、配水池の効率的かつ経済的な建設に貢献することが明らかとなった。

これに加えて本事業で提案した、PC タンクの深い水深（タンクの背の高さ）を活用した効果的な重力送水の方法が取り入れられた結果、NWSDB が使用する配水ポンプの電気代の削減が実現した。これは NWSDB の経営課題である運営効率化に貢献するものである。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

(ア) 中部フォーラムを通じた日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

この事業の活動により、中部フォーラム内に“ビジネスパッケージ検討ワークショップ”

が立ち上がり、中部地区の水ビジネスパッケージ化を議論するワークショップを開催した。

その後、前述のとおり、本事業の第1回目の本邦受入活動（計画・設計）で訪問・見学先であった、中部フォーラム会員の兼工業株式会社が、スリランカの水の浄化・水処理分野で、2016年度第2回中小企業海外展開支援事業 案件化調査（「適正な配水の実現と無収水削減に資するPSVシステム構築のための案件化調査」）に採択されるに至った。

2019年には、同企業のスリランカでの提案が普及実証事業に採択され、2019年3月現在、同社は事業実施にむけて準備中である。同企業とは、中部フォーラム会員企業と共同の案件形成の可能性もあり、今後、協議を重ねる予定である。

(イ) 論文発表や広報活動による日本国内での技術の普及

なお、本事業実施中 ABE は、論文発表や広報活動により、日本国内での技術の普及や知見の共有にも務めた。本事業の実施中に報告した投稿記事および論文は以下の通りである。

- ・ プレストレストコンクリート工学会：プレストレストコンクリート、調査報告 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 ,Vol.57, No.5, 2015
- ・ プレストレストコンクリート工学会：プレストレストコンクリート、工事報告 PC タンクの海外工事報告 スリランカにおける PC タンク普及・実証事業、Vol.58, No.6,2016
- ・ プレストレスト・コンクリート建設業協会：PCプレス、スリランカ／海外での工事経験、2016/5, Vol.10
- ・ 日本水道協会：平成 29 年度全国大会（水道研究発表会）、(5-68) 貯水用コンクリート構造物の設計基準／British Standard と国内基準の比較

本事業の実施中に行った広報活動は以下の通りである。

- ・ 名古屋市との協定締結：朝日新聞、毎日新聞、中日新聞、日本水道新聞、水道産業新聞
- ・ 本事業の周知：岐阜新聞
- ・ 社外向け HP：現地工事着手後に進捗状況を定期的に公開。
- ・ 水道資機材展：2015年10月21日 さいたま市で開催された「海外水道フォーラム」参加者の（インド、タイ、インドネシア）を弊社の展示ブースに招いてPCタンクの説明を行った。
- ・ 水道資機材展（京都）：2016年11月9日～11日。本事業についてパネル展示を行った。10日には、名古屋市草の根技術協力の研修生が来場され、スリランカ PC タンク建設状況について説明した。
- ・ 中日新聞取材対応 2016年11月22日。掲載記事は、2016年12月6日 愛知県版で“スリランカ輝く島の足元で、水で繋がる中部”と題して中部フォーラムの取り組みが紹介された。
- ・ Mudi 2018年9月号。中部フォーラムの取り組みとともに本事業が紹介された。

(5) 環境社会配慮

本事業の環境社会影響評価調査の結果、建設予定地は、自然保護区、文化遺産保護区を含んでおらず、貴重種の生息、原生林、熱帯の自然林等もない。隣接地にもこれらの保護区はない。また、特に配慮すべき景観は存在せず、先住民族・少数民族の居住地でもない。

環境社会配慮に関し、本事業で特に注意が必要な事項は、工事による環境への影響の防止である。本工事で発破など大きな振動や騒音を発する工事は無いが、建設機械による騒音、振動、粉塵および蚊発生、土壌浸食・汚染などの可能性が考えられるため、これに関する必要な防止策として、粉塵、騒音、振動のモニタリングを実施した。下表に示す通り、粉塵、騒音、振動いずれも規定内であり問題はなかった。

表 3-8 粉塵、騒音、振動のモニタリング状況

Stage01- For October / November 2015

	Parameter		Measured Value		Contract Referred Standard		Remarks
	Item	Unit	Mean	Max	Institute	Value	
1	Air(PM10)	μ ir(	58		CEA	100	Air Quality
2	Noice	Decibels	52	55	CEA	116	
3	Vibration	mm/s	0.15	0.26	GSMB	5	

住民移転と用地取得に関しては、工事実施前に移転が完了済みであり、本事業実施中も住民からの問題提起はなかった。

工事に先立ち、工事に関する理解と協力を得るため、建設予定地周辺の住民への説明会を2015年9月25日に開催した。この説明会では、以前配管工事をした道路が修繕されていないことや、別の工事の影響で壁が壊れたことへの NWSDB の対応に住民が不満を持っていることが判明した。今回の工事でも同様の事態が発生する可能性があるため、問題が発生した場合は協議する委員会を発足してほしいとの要望があった。そのため住民代表 5 名と NWSDB と KDAW により協議会 (stakeholders meeting) が組織され、住民側から KDAW に対して速やかな道路修復を求められた。その結果、9月28日付けで NWSDB RSC (WS) Deputy General Manager に対して道路修復実施に係るレターが住民より発信され、要求通り、道路修復が10月上旬に行われた。

工事で生じる廃棄物は適切に処理された。工事開始当初に NWSDB が実施したサイトクリアランスの際に発生した土砂については、NWSDB が同地域の地方自治体の指定場所にて処理している。その他、工事による有害・産業廃棄物は発生していない。

(6) ジェンダー配慮

前述の PC タンク 供用開始後のモニタリングより、未給水地区および時間給水地区の水汲み作業は、男女の差別なく行われていた。一度に運べる水の重量には限りがあり、旦那とご婦人では、水汲みに使うバケツの大きさが異なっている。また、遠方から水を汲むときは、バイクやスリーウィラー（三輪車）を使用する家庭もある。

前述のとおり、給水状況が改善されたことで、水汲み作業が無くなり時間に余裕ができた。菅井戸のポンプを使わなくなり電気料金が 2/3 まで減ったとのコメントがあった。

このように、PC タンクの建設により、男女いずれにも便益がもたらされた。

(7) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

PC タンクの計画・設計に係るマニュアルを完成させたが、このマニュアルを基本として NWSDB が PC タンクの教科書を作成している。本事業で作成したマニュアルが NWSDB で利用され、改定されることで PC タンクが普及する見込みである。また、前述 成果 3 の通り、ISO/FDIS 18407 :2018 Guidelines for simplified design of prestressed concrete tanks for potable water が 2018 年 5 月に発刊され、本事業で作成したマニュアルが ISO 基準に準拠しており、このマニュアルと教科書が活用されることで日本の技術が広がる見込みである。この技術移転の成果を活用して、NWSDB および現地施工業者との繋がりを強め、今後計画される配水池への ABE の係りを深める活動を行う。

(8) 今後の課題と対応策

今後の主な課題は以下の通りである。

(ア) 実証活動

- ・ PC タンクの価格優位性・有用性をさらに実証する

カル河プロジェクトにて PC タンクの建設を受注し、大容量のタンクにて、より大きい価格優位性があることを実証する。

- ・ エアードーム工法の優位性を示す

空気膜材が高価との意見があるが、安全性や品質、維持管理コストを含めたライフサイクルコストに優位性があることを機会あるごとに NWSDB に説明し、理解のを醸成をはかる。

(イ) 普及活動

- ・ PC タンクの他国勢との差別化

当社の強みは、現地労務者を指導して所定の品質を確保することにある。また、他国勢との差別化にあたっては、これまでの草の根技術協力の実績（名古屋市上下水道局）と中部地区の企業をパッケージにした事業の提案を検討する予定である。

- ・小規模下水処理用のプレハブ式オキシデーション ディッチ法（以下 POD） の市場調査

前述のとおり、2015年に実施された外務省ニーズ調査で明らかになった小規模集落の下水処理施設のプレハブ式オキシデーションディッチ法である POD 対象地域を、第12回現地調査で調査した。今後は、民間物件であるモルジブ 500m³水タンクのプレキャスト化、住宅開発庁への POD 提案活動を継続し、水ビジネスパッケージ化へ繋げる活動を行う予定である。

(ウ) ビジネス展開計画

- ・高架タンクの市場へ PC タンクを売り込む

本事業の調査で 2,000m³のタンクの需要が多いことがわかった。また同国で多く建設されているのは高架タンクである。これらを踏まえ、今後、高架タンクの市場へ PC タンクを売り込むことが課題となる。具体的には、高架タンクの底面と屋根にエアードームを使うことで、高架タンクの施工が容易になり安定した品質が得られるようになることを提案・営業していく。まず、本事業の最終セミナーで、このエアードームを2か所使った高架タンクを紹介した。

- ・高架タンクのプレキャスト化による市場拡大

上述の高架タンクをプレキャスト化すると、工期や建設費の大幅な節約が実現するため、更に市場が拡大する。そのニーズと技術的課題を調査するのも今後の課題となる。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

本普及実証事業に関わるまでの ABE の海外ビジネス展開の方針は、海外建設プロジェクトの事業規模の大きさから、リスクに最も慎重になっていたこともあり、下請け契約に徹底することであった。

しかし、本事業に関わりだした 2010 年代前半から、国内建設市場が大きく減退すると予測された 2020 年問題が取り沙汰され始め、多くの本邦建設企業が海外での失敗を教訓にしながらも海外ビジネス事業を拡大路線に方向転換し始めた。

ABE においても、海外事業を拡充していく意見が出始めたが、下請け事業に徹底していたことも有り、プライムとして参入する方法さえ解らない状況であった。但し、海外にビジネス展開するのであれば、ABE が最も得意としている PC タンクで勝負していきたいという思いは、役員や海外に携わる社員の共通認識であった。

下請け事業を進めながらも、ABE が主力になれる海外ビジネスへの関わり方に模索している中で、中部地区中心で活動している産官学が集まって運用されている「水のいのちとものづくり中部フォーラム」協力のもと、本事業に採択され、まずは、下請けとしてで

はない形で海外ビジネスに一步踏みでることとなった。

本事業の成果として、PCタンクが本格的にスリランカで築造される事となったこともあり、ABEの当面の目標は、カル河プロジェクトに参画できる準備を整え、カル河プロジェクトの発注までに海外建設に関する契約約款や仕組みについて調査し、JVプライムとして参画できるようにすることを考えている。

営業拠点となる為の最初の活動は、コロンボに連絡事務所を設置することである。連絡事務所では、契約行為ができないが、連絡事務所を開設することは、スリランカでビジネス展開していくための市場性、法規、地域情勢などの情報収集、人脈形成、知名度の向上を目的とすると共に、社内での海外事業への認知度を上げ、海外事業へのビジネス展開に理解を求めることでもある。

スリランカの地形は、平地の少ない島国であることなど、日本に共通する点が多い。日本において、PCタンクの需要が増えた経緯は、RCタンクに比べ、建設ヤードの面積に影響されることなく壁高を上げることで必要な容量を確保することができると共にその特性を利用した自然流下によって災害時においても水の供給を可能にし、また山頂の高台など地形に左右されることなく建設ができることである。加えて、高耐久でLCC面でも優位性があり、地震にも強いことが実績と共に理解されたためである。

スリランカは、人口のほとんどがコロンボに一極集中しており、コロンボは東京などの大都市同様、面積を必要とするような構造物を作ることが難しい。また、作り直すにも解体するような場所も少ない。その点からも高耐久、かつLCCでの優位性を考慮すると将来的に安価となる構造物が好ましいと考える。コロンボ市内は、住戸やホテルの建設ラッシュで、人口増加と平行して水道使用量の増加も想定され、上述の理由からもPCタンクの需要は増えていくことが考えられる。

スリランカの地方都市や農村では、まだまだ水道の普及率が低い。内陸部は、湿地エリアと山岳エリアが国土の多くを占めている。広大な建設エリアは期待できなく、また、山岳地帯などではかなり制限された区域内で、配水池を築造する必要がある。その様な場所でこそPCタンクの優位性が発揮されることもあり、地方部でもPCタンクの市場は増えていくことが予測できる。

日本に於ける配水池ビジネスにおいて、PCタンクの需要を増やすために、コンサルタントや発注者への陳情活動やPCタンクの優位性などをアピールすると共に技術的な協力をしながら全国にPCタンクを広めていった経緯があり、スリランカにおいても地形的に類似した国であることから、NWSDBに根気を持ってPCタンクを売り込むと同時に技術的なサポートを実施しながら、PCタンク市場を広めていきABEのビジネス展開に繋げていく。

将来は、各分野のパートナー企業（本邦建設企業、現地建設企業、コンサルタント、輸出入関連企業）を開拓し、水道事業以外にもABEの得意とするプレストレストコンクリート技術が採用される下水の消化槽、高速道路、橋梁、鉄道、LNGタンクなどのエネルギー

ギー分野、石炭粉塵問題を解決するための貯蔵サイロ、海水淡水化に於ける水の貯蔵タンク、民間ベースでも農村や病院・学校の小規模下水処理施設など広範囲な分野でビジネスを展開していきたいと考えている。

プロジェクト毎にリスクを精査し、元請けとして参画する方が良いのか、下請けとして参画した方が良いのかその都度精査しながらスリランカの建設市場に参入し、スリランカを中心に周辺諸国へのビジネス展開も視野に入れている。

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

NWSDBにおける水道施設整備費用の多くは、海外からのドナー資金である上、スリランカ政府による予算手当を受けており、現在は、水道整備においてはイニシャルコストを重視して計画が進められている。しかしながら、建造物は経時的な劣化が避けられず、作り替えにも費用が嵩む。また、コロomboなどの都市部では人口増加が堅調であり、水道水の使用量もますます増えることが考えられ、老朽化した配水施設等を造り替えるにも水を止めることも難しくなることが予想される。

その様な知見からも、これからはイニシャルコストだけにこだわるのではなく、使用年数を増やしていく方向に変わっていくことも考えられ、高耐久構造物の需要が増加することが想定できる。

国土の大部分を山岳地帯や湿地帯が占めるスリランカでは、広い建設地が少なく、上述したように、地形的な要素からもPCタンクの市場性は十分考えられる。

PCタンクの競合製品は、RCタンクが考えられ、代替製品としても、この規模(2,000m³)の配水池となるとRCタンクになる。

本プロジェクトでは、エアードーム工法を採用したため、屋根の建設価格が上がったにも関わらず、それ以外の部分の工事費が主要資材（コンクリートと鋼材）の縮減に起因し安価になったことから、同規模のRCタンクと粗同価格となった。屋根の建設を一般工法で考えれば、PCタンクは、RCタンクに比べ初期費用がかなり抑えられることが今回の普及・実証事業で証明された。また、耐久性やLCCを比較した場合には、RCタンクよりPCタンクの方が遙かにメリットを備えている（表 3-3、表 3-4 参照）。

本事業の成果として、NWSDBの将来計画に競合製品のRCタンクよりもPCタンクを織り込みやすくなったといえる。しかしながら、本事業の特徴でもあるエアードームを織り込むと、日本唯一の技術を導入することになり、現地企業や第三国の企業が入札に参入するには不平等性が生じ、競争性が失われるうえ、イニシャルコストが高額である点がカウンターパートから指摘されている。

これに対しては、建設自体を人件費の安いスリランカ国内の施工業者へ、ABE等の請負企業が発注することで、不平等性を回避できると共に、全体の建設費を抑えることが可能となる。現地企業に発注するスキームを構築できれば、各現地企業が水道配水池の建設プロジェクトに平等に参画できる権利を得られると共に、現地への技術移転が

可能となる。現地において認知度を上げ、標準工法と理解されるようになれば、発注者の競争性に欠ける、費用が高いといった概念を払拭できると期待している。現地企業を育てながら新しい技術を移転し、かつ、現地で資金も回すことも可能となり、安価な入札金額で受注に繋げる傾向のある第三国企業と入札価格以外で差別化していく狙いもある。

② ビジネス展開の仕組み

ABE が最も得意としている事業の中で、日本の配水池市場でのシェア率で 1 番を誇る PC タンクの建設を海外市場でもビジネス展開する事を第一目標とする。水道分野でプロジェクトに参入できるようになったその後は、それ以外の分野にもビジネス展開を実施していく。

先行して、普及・実証事業を実施したスリランカで事業展開をスタートさせる。ABE の考えているスリランカに於けるビジネス展開の方法を下記に述べる。

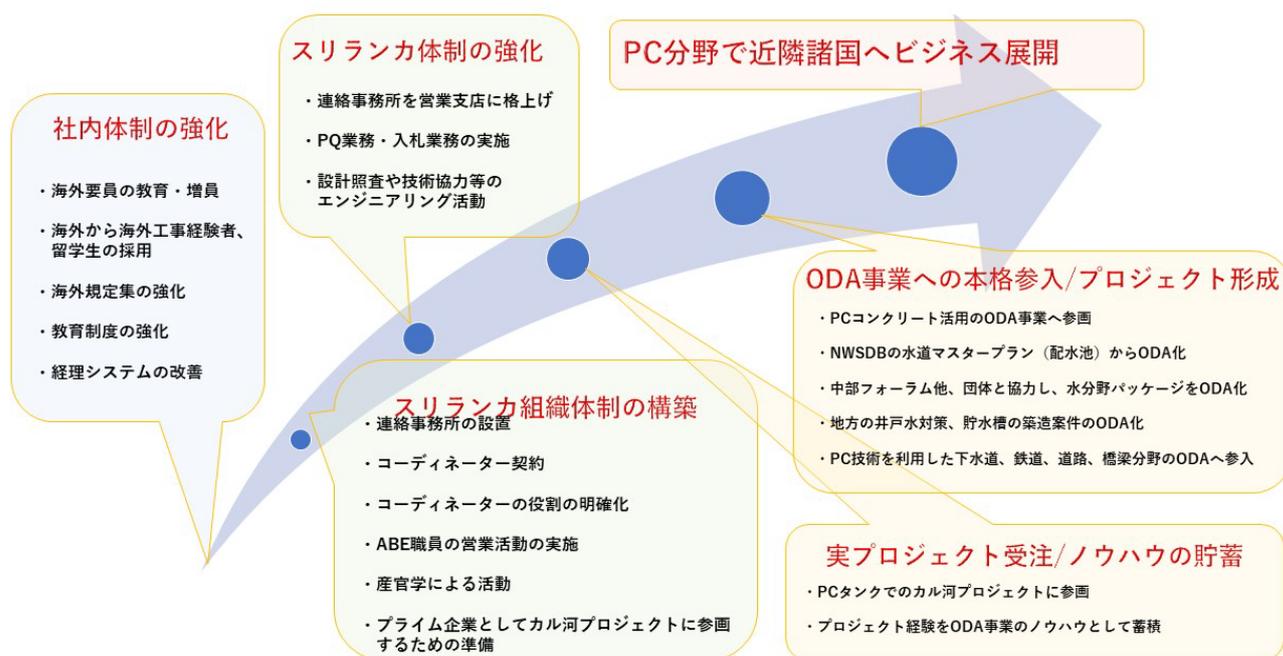


図 4-1 ビジネス展開の仕組み

(ア) 社内体制の強化

- ・海外要員の教育、増員
国内現場経験者から海外希望者や海外適応力のある職員を選定し、海外要員として下請けプロジェクトに派遣し海外経験を積ます事で海外要員を増員する。
- ・社外から海外工事経験者、留学生の採用

海外要員として社外から海外経験者や留学生の積極的な採用を実施し、社内に於ける海外対応職員を増員する。

- ・海外規定集の強化
本格手的な海外進出に備え、海外規定、安全マニュアル、海外プロジェクトマネージング規定などの各種規定集の策定若しくは強化を実施する。
- ・教育制度の強化
海外職員の語学力や FEDIC 等の契約約款に関する知識の底上げの実施
- ・経理システムの改善
海外プロジェクトに対応できる様に経理システムの改善を行う

(イ) スリランカにおける組織体制の構築

- ・連絡事務所の設置
現地に営業拠点である連絡事務所を設置し、情報収集・人脈形成・市場調査・知名度や認知度の向上活動を実施する。
- ・コーディネーター契約の実施
当面、連絡事務所には常駐社員は置かず、普及実証事業のパートナーであるコンサルタントとコーディネーター契約を実施する。
- ・コーディネーターの役割の明確化
職員代理としての日常業務を行う。商工会定例会や商工会建設部会への代理出席、本邦企業の動向調査、定期的に NWSDB JPU や NWSDB の South-West 事務所を訪問して、カル河プロジェクトの動向や新規プロジェクトの動向についてのヒアリング調査などを実施する。
- ・ABE 職員の営業活動の実施
年間 4~5 回出張ベースで営業所長が渡航し、NWSDB や JICA を訪問し PC タンクやエアードーム工法採用の陳情活動や、カル河プロジェクトの進捗状況、興味を表明している企業の有無などのヒアリング活動を行う。また、カル河プロジェクトの設計コンサルタントへ表敬訪問を行い、配水池パッケージの情報収集や技術協力の有無などを調査する。技術協力が必要な場合などは、PC タンクの設計実績のある日本の水道コンサルタントや事業体を紹介したりしながら、確実に PC タンクを同プロジェクトで採用して頂くための活動を行う。
- ・産官学による活動
本事業の採択には、中部地区の水道事業体や中部フォーラム、水道関係の経済団体連合会などの協力を得ることで実現した経緯がある。今後のスリランカに於けるビジネス展開においても、スリランカで活動している日本の事業体や企業、同時に国内では、中部フォーラムなどの団体や NGO、名古屋市等の事業体と連携を取りながら PC

タンクを NWSDB に売り込んでいき、将来、現在はまだ水道が普及していない地域へ PC タンクや下水道の消化槽を採用していただけるよう推し進めていく。

- ・プライム企業としてカル河プロジェクトに参画できるための根固め活動の実施
 - － 現地パートナー企業の発掘と協力体制の構築
カル河プロジェクトでプライムとして参画できるよう、水道事業で活躍している現地の建設会社やコンサルタントを訪問し、パートナー探しに尽力する。
 - － 本邦企業との連携強化
ABE の現在の企業規模から大型プロジェクトにプライムとして参画するには困難であることから、本邦企業にもヒアリングと協力要請を行い、JV 参画に協力的な企業と連携関係を築く。

(ウ) スリランカ体制の強化（スリランカ組織体制構築後の仕組み）

- ・連絡事務所を営業事務所（営業支店）に格上げし、投資口座も開設して現地で契約業務や資金の流用ができるように企業インフラを整備する。
- ・ABE としても PQ 業務や入札業務をスリランカ現地で実施できる体制を整え、且つ、JV となれるパートナー企業へ PC タンクの技術移転をすることで連携を深めながらスリランカにおける連携組織体制を強化し、カル河プロジェクト参画に備える。
- ・設計照査や技術協力などのエンジニアリング活動により、営業所の運営資金を調達していく。

(エ) 実プロジェクトの受注とノウハウの貯蓄

- ・本事業の成果にて PC タンクが織り込まれた、カル河プロジェクトに確実に参画する。
- ・カル河プロジェクトでの経験をもって、プライムとしての ODA 事業の運営方法のノウハウを蓄える。

(オ) カル河プロジェクトの受注及び実施の次のステップとして ODA 事業への本格的参入とプロジェクト形成

- ・プレストレストコンクリートが活用されている ODA 事業に参入する。
- ・ABE が得意とする水道プロジェクトについては、現在の時点で解っている NWSDB の水道事業マスタープランの中から配水池を伴う事業について、ODA 化に向けてプロジェクト形成に尽力する。
- ・中部フォーラムなどの団体と協力して、中部地区で推し進めている水分野のパッケージビジネス（高品質な技術を有する中部圏の企業の集合体としてパッケージ化したビジネス）を ODA 化するための協力を行う。
- ・井戸水の重金属で問題が起きている地域では、表面水の活用に伴う貯水槽の築造に関し、ODA 化に向けた活動を行う。

- ・下水道分野、鉄道分野、道路分野、橋梁分野など、多岐にわたりプレストレスト技術は活用されることから、プレストレスト技術が採用されている ODA プロジェクトに参入していく。

(カ) 現地資金事業、民間事業へのビジネス展開

- ・ OECD の基準からも、近い将来にスリランカは ODA 事業から確実に卒業することが想定されることから、現地経済の動向に注視しながら、プレストレスト技術が採用された現地政府調達のプロジェクトやエネルギー事業、鉄道、小規模下水処理システム等の需要が見込まれる民間事業にも参入を検討していく。

(キ) 近隣諸国へのビジネス展開

- ・ スリランカをベースに、ABE の得意とするプレストレスト分野で、近隣諸国にビジネス範囲を拡大する

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

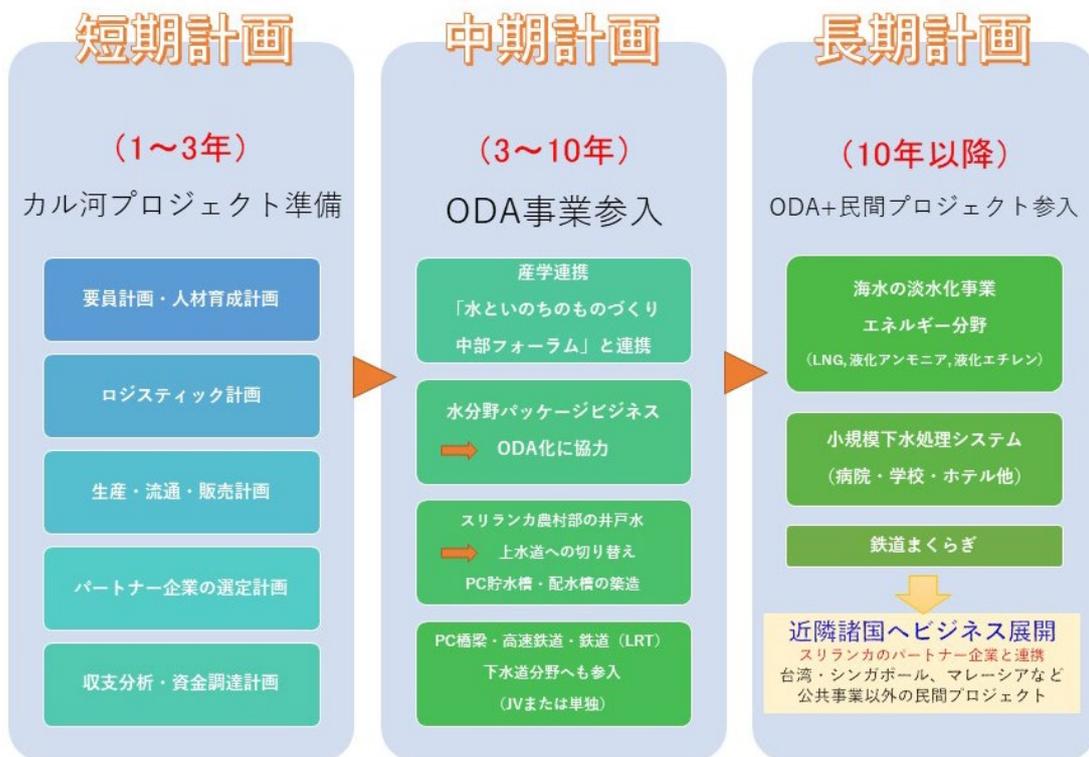


図 4-2 ビジネス展開の計画・スケジュール

(ア) 短期計画 (1年～3年)

カル河プロジェクトに参画するための準備と受注の達成

- ・要員計画・人材育成計画

カル河プロジェクトへの入札に向け、国内の社内体制の強化・活性化、及びスリランカ組織体制を強化する。具体的には、国内においては外部要員留学生を雇用し、社内のグローバル化意識を高め、海外要員を増員・教育し、海外プロジェクトのフォロー体制を強化する。スリランカにおいては、カル河プロジェクトの受注に向けた組織体制を構築すると共に、営業拠点として開設した連絡事務所を2年～3年後を目処に営業所に格上し、ABE 職員の常駐と現地従業員の雇用を行う。また、パートナー企業を開拓し、PC タンクの技術移転（教育、人材育成）を行い、原価の圧縮に向けた検討を実施し受注獲得に尽力する。

- ・原材料・資機材の調達計画(許認可の必要性、現地生産計画の有無を含む)

カル河プロジェクトのPQ 公募がされるまでには、日本や第三国から資機材を調達する為のルート開拓を実施する。効率的に且つ安く資機材や材料を調達し、原価の削減に対応可能な環境を整え入札価格に反映できるようにする。また、その様な環境にマッチした通関業者や乙仲企業を現地や日本で開拓する。特にPC タンクに使用される主要材料は日本や第三国調達（日本と同等の品質の製品を安価で製造できる競争力のある企業が籍を置く近隣諸国：例えば、タイ、マレーシア、シンガポールなど）となることからロジスティックの計画が原価に大きく影響する。基本的に使用する材料に特殊な物がないため、許認可の必要性はないと考えている。現地調達が難しいPC 鋼材についても、流通上は一般資材になる為、特別な認可を必要としない。

- ・生産・流通・販売計画(許認可の必要性、現地生産計画の有無を含む)

極力、日本や第三国調達を避ける事が原価を抑える要となることから、仮設材や型枠材などは現地調達できるように、製造会社や工場に見当を付ける。特に構造物の品質に影響するような資材や機材については、高品質な製品を安価で提供できる会社を選定することが必要になる。

- ・パートナー企業の選定計画

プライムとしての経験が皆無に等しいABE だけでは、カル河プロジェクトに参画することはほぼ不可能であるため、PQ 公募までには、本邦企業や現地企業または、タイなどの第三国企業などパートナー企業を開拓する必要がある。確実にプロジェクトに参画できる能力を有する企業とパートナー関係を築く。また、パートナー企業とは、協力して新規のプロジェクト形成にも努める。

- ・収支分析・資金調達計画

現地企業や本邦企業よりプレストレストコンクリート構造物に関する設計照査や構造解析などのエンジニアリングサービスの協力依頼をいくつか受けたこともあり、カル河プロジェクトへの参画まで、プレストレストコンクリートに関わるエンジニアリングサービス事業を受注できるよう営業活動を行う。エンジニアリングサービスやプ

レストレストコンクリート工事に関わることで、現在の連絡事務所の運営費用を捻出すると共に、現地で契約業務ができる営業所に格上げしていくために、営業事務所を運営していくための資金がどれだけ必要か、現在の年間の実収支や収支の可能性を分析する。営業所の開設資金や運営資金、また、工事プロジェクトにかかわるための資金の調達方法を2020年の春までに検討し計画していく。

【短中期収支計画（海外事業部全体の収支計画）】

【現時点】

	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
受注高	2.0億円	2.0億円	2.0億円	7.0億円	5.0億円
売上高	2.0億円	2.0億円	2.0億円	3.5億円	3.5億円
売上原価	1.6億円	1.6億円	1.6億円	2.8億円	2.8億円
売上総利益	0.4億円	0.4億円	0.4億円	0.7億円	0.7億円
販管費等	0.25億円	0.25億円	0.25億円	0.5億円	0.5億円
営業利益	0.15億円	0.15億円	0.15億円	0.2億円	0.2億円

スリランカにおける短中期の売上については、カル河プロジェクトに関わるまで予測が難しい。スリランカにおいては、カル河プロジェクト発注までの期間は、前述のとおりエンジニアリングサービスや下請け協力につながる営業を行いながら、連絡事務所を営業事務所に格上げする際の開設資金や、海外事業拡大による職員の販管費など運営費用の分析を行っていく。また、同期間中は、スリランカ以外の国々での2018年の受注実績に基づいた事業部体制を保持しながら、下請け協力から実績の残るJV工事受注を獲得できるよう尽力していく。現在、ABEは、日本国内のインフラ工事の受注が大変好調である反面、人員不足に苦悩しており、カル河プロジェクトの発注時期の頃までは、海外工事に人員を投入することが非常に難しい状況である。職員数の増員は期待できないため、日本国内のインフラ工事受注案件数を減らしてでも、スリランカにおける下請け協力からJV工事受注へと方針を転換していく考えである。

カル河プロジェクトの受注に伴い、現在の連絡事務所を営業事務所へ格上げすることで、事務所運営費や職員の増員による販管費が増加（2021及び2022年の販管費等0.5億円）することを想定し収支計画に反映させた。本事業の調査において、スリランカにおける配水池の市場規模は60億円と想定しているが、その発注時期に関しては全く予測できない。少なくとも短期計画の期間での発注は期待できないと考えている。

(イ) 中期計画（3年～10年）

ABEの海外ビジネス展開の中期計画では、水道事業にかかわらずODA事業にプライムとして参入することを第1目標に掲げる。短期計画にもあるように、ODA事業に

関わりながら経験と実績を積み重ね、海外事業部の体制を整え、中期で実行に移す。

- ・中期におけるスリランカでの水道事業への関わり方は、スリランカの中進国入りに伴う JICA 円借款事業の削減が予測される中、「水といのちのものづくり中部フォーラム」をプラットフォームに産官学と連携し、JICA 円借款事業によるプロジェクト形成に尽力し、ODA 事業としてのビジネス展開に繋げることである。

スリランカの国家開発計画「マヒンダ構想」では、2012 年の水道普及率 43%を 2020 年までに 60%まで引き上げることでスリランカ全土に安全な飲料水を供給することを目標に掲げている。ABE 案件化調査（2014 年）で確認できた同計画に伴う配水池の建設計画は、地上式貯水池 90 基（総容量 112,000m³）、高架式貯水池 50 基（総容量 45,000m³）、市場規模として 60 億円と推定するものであった。しかしながら、これら配水池を含むプロジェクトは、2019 年現在においても詳細設計が完了したものはまだない。

この流れの時間軸で考えた場合、上述のプロジェクトが実行に移されるのは、中進国入りに向かうスリランカへの JICA 事業が縮小すると予想される時期に掛かり、かつ、資金調達に頻拍しているスリランカ政府に期待もできないことから、日本の中部地区の産官学で協力し、表面水の活用事業や水道事業のパッケージ化、水道未整備地区における水道普及など提案しながら JICA 資金調達のプロジェクト化に向けた取り組みを行い、ODA 事業としてビジネス展開の機会を狙う。

- ・中部フォーラムなどの団体と協力して、中部地区で推し進めている水分野のパッケージビジネス（高品質な技術を有する中部圏の企業の集合体としてパッケージ化したビジネス）を ODA 化するための協力を行い、ODA 事業としてビジネスに繋げる。
- ・スリランカの農村部では井戸水を使用し、重金属の混入が大きな問題となっている。表面水を使った上水道への切り替えが将来考えられ、貯水槽・配水槽として PC タンクの需要は期待できる。今からこの問題に取り掛かったとしても、実行に移されるのは、ABE の中期計画時期と予測される。本問題への取り組みにも協力していきながらプロジェクト形成に一端を担い、ビジネスに繋げていく。
- ・スリランカにおいては、営業所を拠点に、水道以外の同国の ODA 事業、とりわけ、橋梁プロジェクトや高速道路プロジェクト（PC 橋梁の部分）、LRT 等の鉄道プロジェクト、下水道プロジェクト等に参入する。特に、下水道に関しては、消化槽において ABE が得意とする PC 化を提案し、PC 消化槽をプロジェクトに取り込む活動を行うと共に下水道分野への参入に繋げていく。
- ・橋梁工事や PC 容器工事に関しては、下請け業者として、2019 年までに世界各国で 30 件近くのプロジェクトに関わった実績を有している。2019 年現在、バングラデシュのダッカにてダッカ都市交通整備事業（MRT）6 号線 CP5（LRT より規模の大きめな都市鉄道）プロジェクトに JV としてではあるが初めてプライム企業として工事に携わっている。短期計画時期に、下請けや JV プライムとして ODA の受注実績を増や

し、中期計画期には、プレストレストコンクリートが組み込まれているプロジェクトに、JV プライムまたは単独プライムとしてアジア地区やアフリカ地区で参画できるよう、受注実績を前面に出し営業活動を行っていく。

(ウ) 長期計画（10年以降）

長期計画では、現地政府資金プロジェクトや民間資金プロジェクトに携わりながら、スリランカでの事業をベースに周辺諸国へビジネス範囲を拡大する事を目標とする。

- ・スリランカでの現地資金の事業として、海水の淡水化事業におけるコンクリート製容器の築造工事や LNG などのエネルギー分野における低温タンク建設事業などの将来プロジェクトに関する情報も有る。また、火力発電に必要不可欠な石炭のオープンヤードでのストックにおける粉塵が大きな環境問題になっている。日本や先進国では、コンクリートサイロで貯蔵することで本件の問題解決をしているため、石炭貯蔵タンクにも PC タンクの需要が見込まれる。LNG や液化アンモニア、液化エチレンなどを貯蔵するための低温タンクについては、設計業務や施工管理業務といった技術協力が主な受注内容ではあるが、ABE は台湾やシンガポール、マレーシアで数件の実績を持っていることもあり、実績を背景にリスクを分析しながらもプロジェクトに参入できるか検討していく。このように、水道事業や下水道事業と言った公共工事以外にも、民間投資に於ける PC タンクの需要も見込まれ、低温タンク同様に、リスク分析をしながらも前向きにビジネス展開に挑んでいく。
- ・ABE の製品の一つに小規模下水処理システムがある。収益面や人口規模から大規模な下水処理場の築造が難しい農村地区や小規模町村、また、病院、学校、ホテル、リゾート施設、商業施設、工業施設などの民間施設や公共施設で個々に下水処理施設が必要な環境で需要が見込まれる。特に大規模下水処理場の資金調達に困難で、町が点在しているような途上国での需要が見込まれることから市場調査を行いビジネス展開に繋げていく。
- ・日本の鉄道分野では、ABE はマクラギ製造に関しトップシェアを有する企業でもある。世界各国で、環境対策や慢性的な交通渋滞を解消する狙いからも鉄道事業が見直されており、ディーゼル車から電車へ移行している国が多い。日本政府が鉄道インフラの輸出に力を入れていることも影響し、高速鉄道や中高速鉄道のプロジェクト形成が各国に見られる。鉄道プロジェクトには、プレストレストコンクリート製の橋梁も多く含まれる。鉄道プロジェクトにもプライム企業として参入していく。スリランカを含めアジア各国の鉄道は、老朽化が進み旧式であることから、将来近代化され、複線化や中高速化に移行していく可能性もあることから、市場調査を踏まえながらビジネスとして成り立つようであれば、合弁会社を立ち上げるなどしてマクラギや PC 桁の製造工場の建設も検討していく。

- ・スリランカで、ある程度の海外ビジネスモデルが構築できた後には、スリランカ営業所を拠点に、スリランカのパートナー企業と一緒に近隣諸国にビジネス展開を拡大していくなど、新たなビジネスモデルを構築する。

④ ビジネス展開可能性の評価

③のビジネス展開の計画にも記載したが、スリランカにおけるビジネス展開の評価については、現在計画されている日本の ODA のプロジェクトの種類からも ABE の技術を生かせるチャンスがあると考えている。また、現地資金による事業にも ABE の技術を生かすことができる事業計画の情報も入っている。都市交通や高速道路、また鉄道プロジェクトや水道プロジェクト、下水道プロジェクト等、大型プロジェクトが多く、ABE だけの参画は難しくとも、現地企業や日本企業とタイアップしていけばプロジェクトにかかわれるチャンスは必ずあると思われる。また、水道分野に関しては、人口密度の高いコロンボ市内の住居やホテルの建設ラッシュによる水道使用量の増加やスリランカの地理的条件から地方都市などを考えたとき、PC タンクの需要は増えていくことが期待できる。

本邦企業の多くはフィリピンやベトナムといった人件費が比較的安い国から労働者を調達したり、企業と JV を組んで第三国に進出したりしている。現在のところ ABE は、スリランカを拠点にすることを考えていることから、労働輸出大国であるスリランカの安い人件費を活用すれば、中国企業に対抗できる競争力が生まれると考えており、比較的まじめな性格の国民性も評価できることからスリランカの企業と一緒に近隣諸国の工事プロジェクトを展開することも念頭にある。

工事以外のビジネスとして、③にも記載した現地にマクラギ工場を設置する事も可能性の一つと評価している。また、エアードームの膜材の現地生産化・材料の販売や水道施設のコンクリート構造物の漏水防止と耐久性向上のための方策としたコンクリート継ぎ目に、ケイ酸塩系の改質剤を塗布する事や型枠除去後にコンクリート表面に改質剤を塗布する工法の特許化し、材料の供給と販売を行うこともビジネスに繋げていけると考えている。

(2) 想定されるリスクと対応

(ア) PC タンク・エアードーム工法の模倣リスク

PC タンク自体の技術は国際的でもあり、また、ISO 化されたことでなおさら国際的に標準化されたといえる。ただし、細かな部分で各国や企業により構造の考え方など異なることもあることから、スリランカで実施した技術移転の資料が流出した場合、同等の構造物を設計または同様な施工方法で築造される可能性がある。

エアードーム工法については ABE 特有の技術でもあることから、簡単に模倣されることはないと考えてはいるが、PC タンク同様に ABE の設計や施工のノウハウが流出

するようなことがあれば、模倣される可能性は拭えない。

(イ) 競合国および企業

マレーシアには多くの PC タンクが建設され、マレーシアの水道産業の規制機関である「国家水サービス委員会 (SPAN : Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara : National Water Services Commission)」¹³がある。マレーシアの水道は privatization concession scheme で整備されており、ジョホールバル地区は、SAJ (Setitis YANG Bermakna) ホールディングスによる水道水の水処理・供給会社が行っている。ジョホールバル郊外の PC タンクは、高台の開発された造成地の高台にある地上タンク、もしくは集合住宅の中心にある高架タンクに分類される。PC タンク側壁には定着柱がなく、米国プレロード工法に類似した構造と思われ、マレーシアも競合国と考えられる。

水セクター II コロンボ地区の更新に伴う、配水池増設工事は中国企業 China Geo-Engineering Co.が施工していたこともあり、中国企業も競合国となる。タイや台湾などの企業も低温タンクや水道配水池に PC 技術を採用している。スリランカ周辺の近隣諸国の企業も PC 技術を使ったコンクリート製容器を築造していることを考えると多くの国の企業が競合することが想定できる。PC タンクに係る技術移転は、日本の考え方と施工について織り込んでおり、施工管理の差別化をはかることは可能と考える。

(ウ) 対応

PC タンクやエアードーム工法の模倣リスクへの応策としては、今回の普及実証事業の一環として、NWSDB の JPU と協力し、ABE の設計・施工方針をスリランカの標準的配水池に沿う PC タンクの設計マニュアルと施工マニュアルを作成し技術移転を行った。これらの資料は、NWSDB の標準規格に至らなかったが、現在、JPU から上層部に推奨しており、将来標準化される可能性もある。将来標準規格として認定されれば、ABE の技術ノウハウが、新たなテクノロジーとして NWSDB における標準工法のベースとなる可能性が高い。資料に関しては、外部に流出しないために NWSDB と秘密保持契約を結んでいる。

スリランカ及び周辺国のプロジェクトに関わる際には、設計方針や施工方法を模倣する可能性のある企業との共同作業は極力避けるようにし、現地企業を含め共同事業を行う企業に対して、必ず秘密保持契約を取り交わし模倣に対するリスクヘッジを実施する。エアードーム工法に関しては、特許認定の取得について現地調査を行い、取得できるようであれば特許認定取得申請を行う。

ABE の技術ノウハウが取り入れられた PC タンクの設計施工指針ができれば、スリランカで最初の PC タンク指針となることから、設計施工の面において、競合企業に比べ ABE が優位性を持ち差別化することができる。中国や韓国企業は価格競争で勝負し

¹³ <http://www.span.gov.my/index.php/en/>

てくることから（本邦企業との入札価格を比較することは難しいが、JICA 円借款案件
応札結果について 2017 年から過去十年のデータを分析すると、スリランカに於ける水
道案件で本邦企業の施工への入札参加はなく、落札企業は現地企業や中国、韓国企業が
多い傾向である。本邦企業へのヒアリングでは、過去の落札価格から判断して、日本企
業が落札価格で施工を実施するのは困難であるとのことであった。）、価格・技術の両面
で優れたパートナー企業を、流通、建設、資機材調達の多方面から発掘し、競合企業に
対抗していく方針である。

カル河プロジェクトを含め NWSDB に対して、技術的優位性が ABE にあるうちにス
リランカで実績を積み上げていくことが、1 番の想定されるリスク対策となると考える。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

(ア) 経済的なインフラ整備に資するプレストレストコンクリート技術

プレストレストコンクリートは、建設に使用するコンクリートや鋼材の使用量が少
ないため、経済的なインフラ整備に資する構造である。使用するコンクリートは、日本
国内の実績と経験を活かすことで 100 年以上の耐久性を経済的に確保することができ、
ライフサイクルコストの面からも優れた技術である。本事業で、事業化したプレストレ
ストコンクリート技術は、水道水の配水池についてであるが、建設エリアに制限がある
狭い敷地を選定し、鉄筋コンクリート製容器よりも低価格で、二倍近い水道水の容積を
確保できることを証明し、カウンターパートより PC タンクの優位性を評価された。今
回、屋根の施工に、ABE の独自技術でもあり、日本では 300 基以上の実績を有するエ
アードーム工法を採用した。

標準工法と比較すると資材が輸入品であることからイニシャルコストは高くなるが、
工期の大幅な短縮、安全性、軟質塩化樹脂でコーティングされた塩素に強い膜材が使用
されるため、防食性と耐久性に優れている。これにより、水道タンクの最も劣化が顕著
となるドーム内面が保護され、メンテナンスが不必要となり、LCC の面でも成果があ
ることもカウンターパートに理解していただけた。特に安全面と工期短縮に関しては、
施工企業が驚きを持って評価した。

(イ) 隣諸国へのビジネスモデルの水平展開の可能性

ABE が本社を置く日本の中部地区では、産官学が協力して海外水ビジネスに積極的
に取り組んでいる。ABE が今回の普及実証事業に携わることができたのも、また、事
業を成し遂げることができたのも、中部地区の事業者や企業の協力の上に成り立っ
ている。本事業を通し、海外水ビジネスに積極的な事業者や企業とネットワークを形成す
ることができ、スリランカで実施したように、中部地区の産官学が協力することで、海
外水ビジネスに繋げることができることの検証も行っていた。今回の事業化を背景に、
産官学の協力の下、パッケージ化した水ビジネスモデルを構築することの可能性に自
信が持てたと思われる。パッケージ化した水ビジネスをスリランカの周辺国へ横展開

することも中部地区の産官学で協力すれば成し遂げることができることにより現実味が出てきたことも本事業の効果と考える。

(ウ) ABE における海外事業への理解と自信

ABE は、中小企業と言うこともあり、本事業に携わるまで、海外事業の金銭的リスク面を重視していたこともあり、海外事業に関しては、下請けに徹していた。1981 年に初めて JV 企業として受注したエジプト国カイロの円借款事業での配水場（PC タンク）築造工事以来、全て下請け企業として 30 件以上のプロジェクトに携わってきた。

2003 年頃から海外事業を拡充していく方針を打ち立てたものの、プライムとしての参画に関しては、後ろ向きであった。特に、各ゼネコンがアルジェリアやトルコ、ドバイで大きな損失を出したことがより後退させることとなった。

しかしながら、本事業に取り組むうちに、社内の風潮も次第に変化してきて、海外事業部を独立させ、海外要員を増やし、リスクを負ってもプライムとして実績を作っていく方針に社内の同意も得られるようになった。ダッカ都市交通整備事業（MRT）6 号線 CP5 に JV として参画したのも本事業の効果と言える。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

教訓 1：業者の質が高ければ相応の経費が必要となる

日本では、設工事設計金額は入札価格の上限であるが、スリランカの入札価格は設計金額の±30%まで認められている。本事業の現地工事価格は、NWSDB の設計価格に経費と物価上昇を見込んでいたが、スリランカの資格等級のクラス 1 を条件（調査の結果、PC タンク築造経験のある企業が見つからなかったため、建設リスクを少しでも減らすために会社運営の健全面、技術面、資金面など総合能力が高い企業を選ぶ必要があったため）として競争入札を行ったため、相応の経費（overhead）を加算され、当初予算を超過するに至った。

教訓 2：粘り強い協議と、カウンターパートへの議事録の共有

カウンターパートの NWSDB 幹部と合意形成が出来ても、出先事務所で覆されることがあり、粘り強く協議する必要がある。また、スリランカの技術者は、基準や決まり事を順守する姿勢があるが、その背景や成り立ちを理解している技術者は居らず、踏み込んだ議論に至らないこともあるので粘り強く協議すること。

ステアリングコミッテイを開催して議事録を最終化することに留意し、日常の打ち合わせにおいても、決定事項は速やかに簡単なメモを作成してカウンターパートと共有する必要がある。議事録がないと、スコープにない要求をされることもある。

教訓 3：経験の蓄積

本事業を通して、建設資機材の輸出入、関税の扱いなど多くの課題に直面したが、JICA や JETRO 現地商工会からの情報を踏まえて対応することで経験と知見を得ることができた。

教訓 4：コンクリートの打ち込み管理と打ち継ぎ処理

日本においてはコンクリートを打ち込んだ後、棒状バブレーターを挿入して締め固めるが、その作業手順がスリランカの慣習と異なっており、NWSDB の施工管理者が作業を中断させ、作業員への指示が徹底できないことなどが漏水に至った要因の一つであった。不具合再発防止としては、NWSDB と施工業者などの関係者が施工方法などの詳細情報（今回作成した施工マニュアル）を共有するための事前周知会などを開催して議論することが重要となる。

NWSDB のコンクリート製配水池は、コンクリート打ち継ぎ目をハツリ取り、接着材の役目となるモルタルを敷きならした後に、コンクリートを打ち重ねている。今回、打ち継ぎ目の下側より水が滲んだところがあり、現地のハツリ取る作業が、水の滲んだ脆弱部を除去する処置に繋がっていると考えられるが、PC タンクの PC 鋼材などを損傷させる恐れがあり、日本の処理方法に変更した。日本では認められない打ち継ぎ目処理（Green Cut）だが、鉄筋コンクリート構造物では有効な処置と思われる。

今後、水道用の PC 配水池を築造する場合は、現地政府機関と協議し、ABE が実施した日本の標準施工方法を取り入れるようにした方が良いと思われる。

JICA や政府関係機関に向けた提言

一 現地政府機関に向けた提言

PC タンク建設後の場内配管工事の進捗を見てみると、NWSDB から施工業者への資材支給など計画性に乏しく、他のプロジェクトからその都度調達するなど、工事が進まなく場当たりの感じが否めない。そのため、本事業の進捗を適切に調整することが困難であった。現地政府機関には、その場しのぎの対応ではなく、計画性を持ち、建設企業と協力しあってプロジェクトを進めていって頂きたい。

一 JICA に向けた提言

現在、ABE は、各省庁が実施する中小企業海外展開の支援協議会や経済団体の海外委員会などに参加し、海外事業展開について模索している。政府の意向もあり、各省庁が独自で中小企業の海外進出に支援していることもあり、協議会への参加要請などもある。

しかしながら、どの協議会も委員会もペーパーベースで中小企業に情報を提供するような状況であり、中小企業が前向きに海外市場に進出するには、具体的な方策が見いだせないでいるのが現状である。

そのような中、普及実証事業のスキームは、JICA の協力を得ながら、パイロット的ではあるが、実際に海外で事業化をすることができ、実践経験ができる良い機会と思われる。中小企業は、大手企業と違って、海外の情報量が圧倒的に少なく、また収集する手段も極めて限られている。海外事業を展開するにも、進め方一つ解らず、八方塞がりであるのが実情である。

普及実証事業は、中小企業が海外進出するための最短のスキームであると、本事業を通して実感している。実践で経験を積むほどのスキームは他にないと感じる。

是非このスキームを減らさず、継続して行ってほしいと願う。現在日本の中小企業は国内市場で極貧の環境にあるところも少なくない。素晴らしい技術を持っていても経済的に冷え込んだ日本では、活躍する機会が少ないとも言われている。反面、海外の途上国では活躍のチャンスもあるとも聞いており、日本の中小企業の多くに海外ビジネスの門戸を開いていただくためにも、現在の採択数をもっと増やして、中小企業の海外進出の要となっていきたい。

添付資料

- 添付資料 1 活動の時系列
- 添付資料 2 外部人材による送配水計画に係る調査
- 添付資料 3 RC と PC の価格比較
- 添付資料 4 計画・設計マニュアル
- 添付資料 5 施工マニュアル
- 添付資料 6 現地最終セミナー配布資料
- 添付資料 7 環境社会配慮報告書

添付資料 1 活動の時系列

現地活動

第 1 回現地調査	2015/1/11～1/17	第 1 回 Steering Committee 開催 現地コンサルタントの Ceywater と契約
第 2 回現地調査	2015/2/24～3/5	送配水計画の妥当性確認
第 3 回現地調査	2015/3/29～4/4	第 2 回 Steering Committee 開催 PC タンクの設計最終化
第 4 回現地調査	2015/5/18～5/28	地元建設業者へのヒアリング 5/27 入札前説明会の実施 技術移転（計画設計マニュアル）
第 5 回現地調査	2015/7/5～7/11	入札立会と入札図書の評価、 第 1 候補企業と交渉
第 6 回現地調査	2015/7/23～7/26	第 2 候補企業と交渉成立
第 7 回現地調査	2015/8/11～8/15	第 3 回 Steering Committee 開催 現地建設業者との契約調印 本調査より施工指導を担当する瀬川が常駐
第 8 回現地調査	2015/9/13～9/21 2015/9/25	技術移転（施工マニュアル） 現地説明会
第 9 回現地調査	2015/10/20～10/25 2015/11/2	現地工事進捗管理 プラーク除幕式
第 10 回現地調査	2015/11/25～12/19	現地工事進捗管理
第 11 回現地調査	2015/12/9～12/16	技術移転（計画設計マニュアル最終化） 外務省ニーズ調査ラップアップセミナーにて プレキャスト PC タンクの PR
第 12 回現地調査	2016/2/8～2/13	ビジネス展開と下水道ニーズに係わる調査 大使館、JETRO
第 13 回現地調査	2016/3/7～3/20	緊張作業と機器取扱い説明会の実施
第 14 回現地調査	2016/3/20～3/26	エアードーム技術説明会と見学会 第 4 回 Steering Committee 開催
2015/4/22	団内会議(SKYPE)	PC タンク施工指導の総括を行った ドーム屋根の施工を終え、PC タンク施工指導を終了した
第 15 回現地調査	2016/9/12～9/17	漏水調査と今後の進捗管理
第 16 回現地調査	2017/7/23～7/29	水流出事故後の対応と今後について協議
	スリランカ連絡事務所開設（自社負担）	2017/10/9～10/13 事務所開設に伴う活動

- 2018/02/09 外務審議官が PC タンクの現場視察を行う
- 2018/2/23 付け PC タンク譲与の Handover letter 取得
- 2018/5 PC タンク供用開始
- 第 17 回現地調査 2018/7/23～7/31 オープニングセレモニー参加、現場踏査他
 - 7/25 第 4 回 Steering committee 開催
 - 7/26 Opening ceremony
- 第 18 回現地調査 2019/1/16～1/22
 - 1/22 水道の改善状況現地ヒアリング実施
 - 現地工事費最終清算に向けた打合せ
 - 在スリランカ日本大使館 賀詞交換会、官民合同フォーラム（関税問題）
- 第 19 回現地調査
 - 3/15 Wrap up seminar

国内活動

- 2015/1/9 対処方針会議
- 2015/1/20 団内会議および社内説明会開催
- 2015/1/21 名古屋市上下水道局との相互協力に係る協定締結

- 2015/2/4 第 2 回調査にむけた関係者打合せ
- 2015/6/4～6/12 本邦受入活動 PC タンクの計画設計マニュアル
現場視察
- 2015/6/9～6/19 水ビジネス調査 工場視察（ABE 滋賀工場、兼工業バルブ）
名古屋市上下水道局との意見交換
鍋屋上野浄水場、名城水処理センター
中部フォーラム水ビジネスセミナー
- 2015/10/1～10/10 本邦受入活動 PC タンクの施工マニュアル
現場視察
- 2015/10/21～10/22 日本水道協会全国会議にて本事業の紹介を行う
- 2015/10/21 海外水道フォーラム参加者に PC タンクの説明を行う
- 2016/1/27 名古屋市上下水道局 進捗の報告と情報共有
- 2016/2/2 外務省 山口参与来社
- 2016/2 中部経済新聞、経済産業新聞の取材対応
- 2016/5/31 SKYPE 会議（NWSDB JPU）
- 2016/11/10 京都水道展 名古屋市水道研修生に PC タンクを紹介
JICA 課題別研修「上水道無収水量管理対策（漏水防止対策）（B）」研修員：10 か

- 国 12 名 (エチオピア (2 名)、ホンジュラス、イラク、ネパール、ナイジェリア、ルワンダ、サモア、南アフリカ共和国、スリランカ (2 名)、スーダン)
- 2016/11/30 中部フォーラム 第 17 回水ビジネスセミナー
水ビジネスパッケージ化について意見交換を行った。(48 名の会員が参加)
- 2016/12/17 岐阜大学コンクリート研究会にてスリランカの取り組みを紹介
大学と参加企業を含め 50 名が参加。
- 2017/8/4 名古屋大学 工学部社会基盤工学科の海外留学生 OB と近隣大学 (名古屋工業大学、岐阜大学、名城大学、中部大学) が連携したインフラに関わる ODA を考える会で、PC タンクとスリランカの取り組みについて紹介
- 2017/10/16 JICA 中部セミナーにてスリランカの取り組みについて紹介
- 2018/5/11 ベトナム国カインホア省 ニヤチャン市において PC タンクとスリランカでの取り組みを紹介
- 2018/9/16-21 東京：国際水協会 (IWA) 世界会議・展示会へ出展

本事業における現地工事のイベントを列記する。

- 2015/ 8/14 スリランカの建設業者 KDAW と調印、NWSDB から現場引き渡し
- 2015/ 9/ 1 工事着前の会議 (NWSDB、KDAW、ABE)
- 2015/ 9/ 5 日本からの資材荷卸し (PC 鋼棒、シース)
- 2015/ 9/ 9 土工事開始
- 2015/ 9/22 池内配管工事開始
- 2015/ 9/25 地元住民への説明会 (環境社会配慮)
- 2015/11/ 2 プラーク除幕式
- 2015/11/16 底版の配筋開始
- 2015/12/16 底版のコンクリート打設
- 2015/12/31 側壁 1 段面コンクリート打設
- 2016/ 1/10 側壁 2 段目 //
- 2016/ 1/25 側壁 3 段目 //
- 2016/ 2/ 6 側壁 4 段目 //
- 2016/ 2/14 側壁 5 段目 //
- 2016/ 2/29 側壁 6 段面 //
- 2016/ 3/11 側壁最終段のコンクリート打設
- 2016/ 3/22 エアードーム膜設置
- 2016/ 4/ 8 ドーム屋根のコンクリート打設
- 2016/ 4/11 エアードームコントロールシステムを停止、ドーム完成
- 2016/ 4/20 日本から持ち込んだ機材を再輸出

2016/ 4/21 瀬川（現地施工指導）帰国（日本出国から 255 日目）

水張試験着手後について時系列で列記する。

2016/7/29 1 回目の水張試験開始（仮設の配管にて注水）

2016/8/12 水漏れ状況の写真を入手

2016/9/13～17 現地目視調査を行い、NWSDB と KDAW と協議して補修計画を立案

2016/11/7～19 NWSDB が推奨する現地会社 FINCO が内面の補修を行う

2017/1/4 2 回目の水張試験開始（仮設の配管にて注水）

2017/1/10 数ヶ所からの漏水を NWSDB RSC(WS)Kumar から連絡を受ける

2017/2/1～16 内面からの再補修を現地会社 FINCO が行う

2017/2/16 外面から側壁最下段の補修を行う

2017/3/6 NWSDB RSC(WS)担当によれば、Engineering Assistant が長期ストライキを行っており、場内配管工事の目途が立たないとの由

2017/4/8 PC タンク内の水を排水完了

2017/4/18 内面から再補修開始

2017/5/22 三回目の水張試験開始（仮設の配管にて注水）

2017/6/7 午前 4 時ごろ水流出事故発生

2017/6/13 NWSDB RSC(WS)よりクレームレター受け取る

2017/6/16 現地合同調査

2017/6/20 NWSDB 事故対策会議

2017/6/22 事故について JICA 本部と協議

道路業者により流入管道路部分の接続工事が実施される

2017/6/29 道路補修工事着手

2017/7/27 NWSDB RSC(WS)にて今後に向けた協議

2017/8/5 漏水状況を調査

2017/9/1 四回目の水張試験開始

2017/9/15 数カ所から僅かなしみ確認

2017/9/18 側壁外側から樹脂注入による補修開始

2017/9/25 外壁の塗装完了

2017/10/18 11/28 に予定していた譲与式について、場内配管業者への支払が済んないため順延するとの連絡が JPU よりあった

2017/12/9 NWSDB が設置したバルブから漏水しており、PC タンク内の消毒作業ができないため、バルブ補修を急いで欲しい旨のメールを NWSDB 宛に発信した(2017/6/6 水流出事故の原因となった仮止め位置に、その後、設置されたバルブ付近から漏水)

NWSDB から施工業者への支払いがなく工事が止まっている状況が続いた

- 2018/1/10 ABE から NWSDB DGM RSE(WS)に対して、早期に PC タンク引き渡しを依頼するレター発信
- 2018/1/11 スリランカ事務所が NWSDB DGM に状況を確認。財務省からの予算手当が十分でなかったため、財務省へ借入れを行って予算手当を行う旨の報告を受ける (DGM より 1/29 付けのレターを受信、上述と同じ情報が記載され、PC タンクに取り付く人孔蓋と水位計が設置されれば、現場を NWSDB へ引き渡す手続きに入れるとの由)
- 2018/2/23 上述レターに記載された残り作業を KDAW が完了させた
- 2018/3/8 ABE から DGM へ、残り作業を完了し引渡手続きに入るレターを発信
2018/2/23 付けの PC タンク引渡受領書(Certificate of Handover)取得

添付資料2 外部人材による送配水計画に係る調査

1.1 送配水計画の妥当性確認

第2回現地調査では、外部人材（名古屋市上下水道局と中日本建設コンサルタント）を活用し、NWSDBによる現状の送配水計画の妥当性確認を行うと共に改善点と、将来的課題を明らかにした。PCタンク建設により、水事情が改善されるが、将来計画においては浄水場からの送水管口径を大きくする必要がある。以下に調査結果の概要を記述する。

次頁、図-1にBeruwala地区の配水系統を示す。

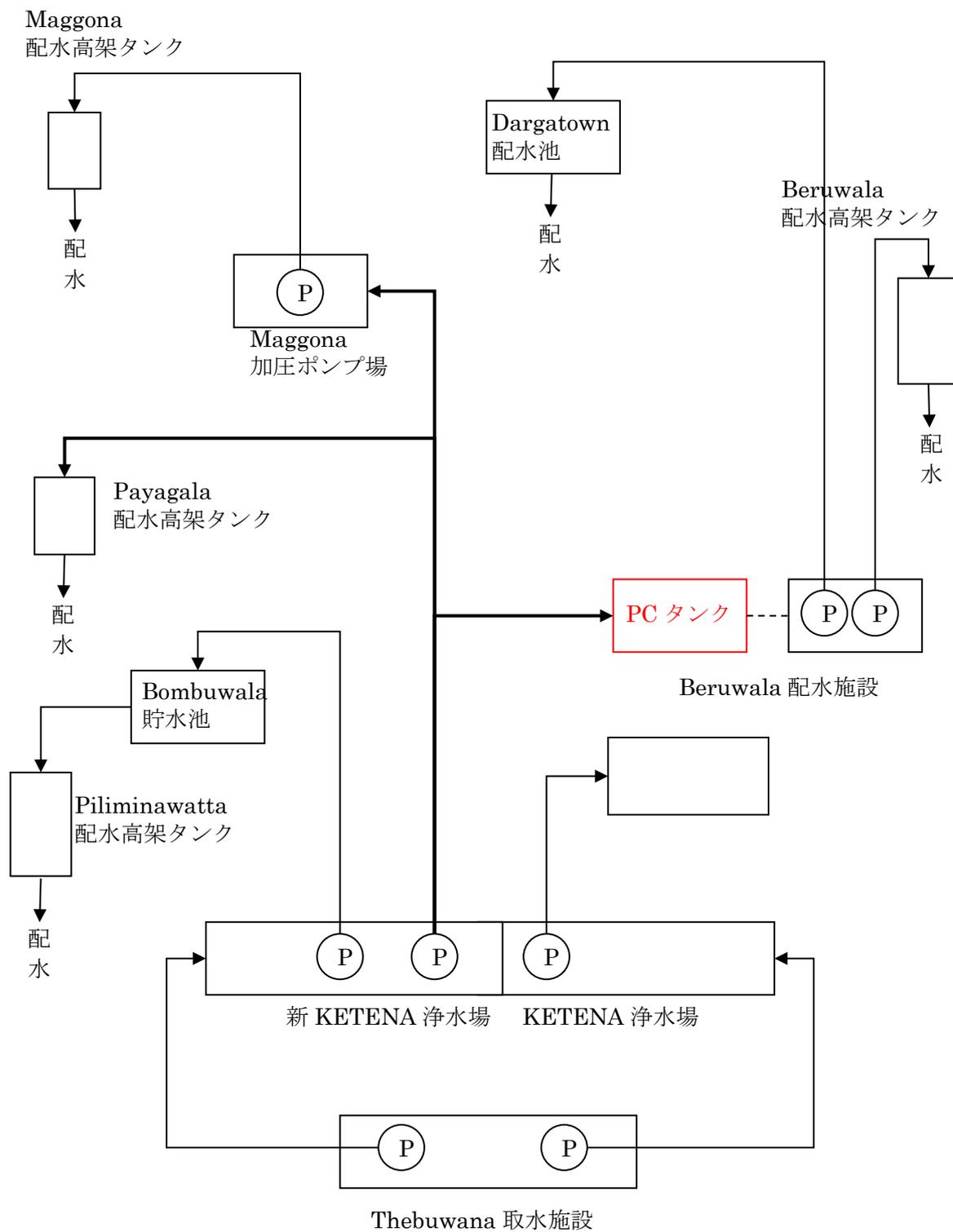


図 -1 Beruwala 配水系統図

NWSDB の P&D 部署や地方事務所より Beruwala 系統の水需要を下表にまとめる。

表 -1 Beruwala 系統の水需要

系統	配水区域	水需要 (m ³ /日)				
		現状(2014)	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
Magona 系統	Payagala		3,597	4,328	4,848	5,297
	Magona		4,027	4,910	5,542	6,078
	計	7,202	7,624	9,238	10,390	11,375
Beruwala 系統	Beruwala	6,532	9,939	10,749	11,590	
	Aluthgama	5,257	11,051	11,931	12,822	
	計	11,789	20,990	22,680	24,412	26,489
合計		18,991	28,614	31,918	34,802	37,864

■ : 送水ポンプ記録より、■ : Western Central 事務所より

1.2 送水管検討

検討条件

(a) ポンプの条件

- Beruwala 系統の送水ポンプは NWSDB が新規購入するポンプの性能
- Beruwala の新 PC タンクの H.W.L を 26.00m と設定

(b) 水需要

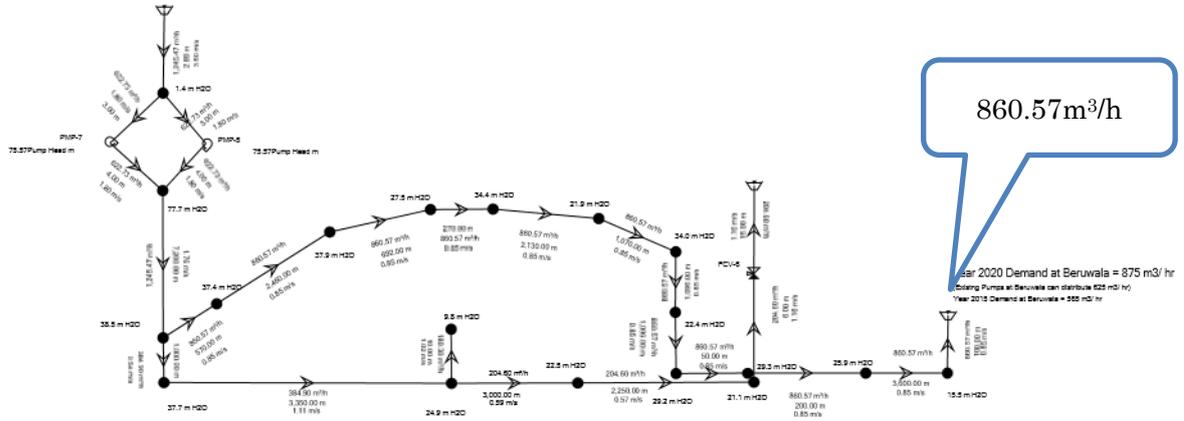
- 単位換算関係で少し数値が異なるが、下記の水需要が計算条件となる。

表-2 水需要の現況と将来予測 (m³/日)

系統	現況(2014)	2015 年需要	2020 年需要	2025 年需要
Berulawa	11,789	20,990	22,680	24,412
Magona	7,202	7,624	9,238	10,390
合計	18,991	28,614	31,918	34,802

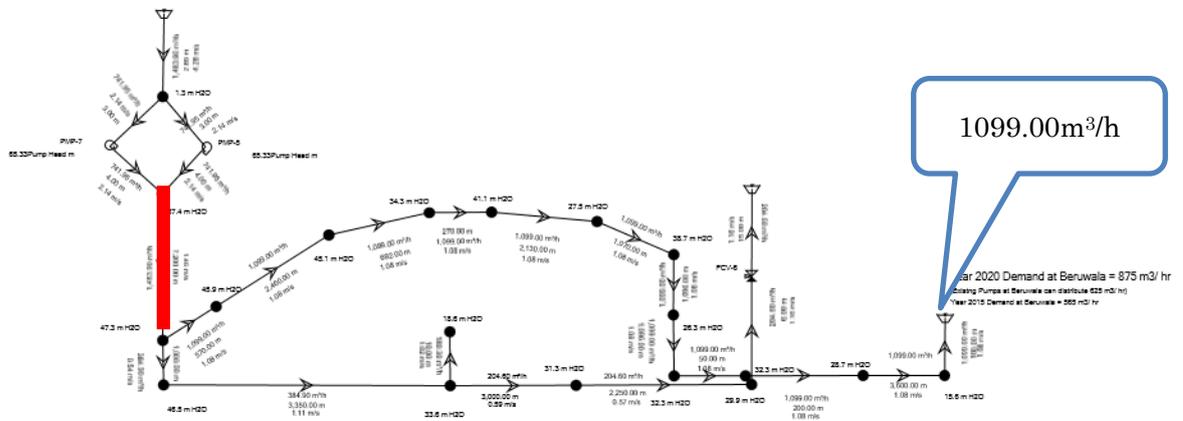
【検討結果（2020年水需要に対する検討結果）】

Pumps for 2020 Demand under Steady State - New line upto Beruwala



【検討結果（2020年の水需要に対する検討→浄水場～セントラルジャンクションまでの送水管をφ500mmからφ600mmに置き換える場合(下図の赤線)の結果)】

Pumps for 2020 Demand under Steady State - New line upto Beruwala



1.3 配水池検討

Beruwala 配水高架タンク

配水高架タンク容量 : 1,350 m³

配水高架タンクは、建設地盤より標高の高い給水区へ配水するもので、Beruwala 給水区の水需要現状実績は 6,532 m³/日、2015 年水需要は 9,939 m³/日、2020 年水需要は 10,749 m³/日、2025 年水需要は 11,590 m³/日のため、配水高架タンクの貯水能力はそれぞれ現況が 5.0 時間 (=1,350/6,532×24)、2015 年需要が 3.2 時間、2020 年が 3.0 時間、2025 年が 2.8 時間になる (配水高架タンクが満杯なるまでのポンプ運転時間は 3.8 時間)。

Beruwala 配水池から Beruwala 配水高架タンクへの送水ポンプ能力が不足していることから、時間給水が余儀なくされる。

Beruwala までの送水管更新が完了し、新設 PC タンクは現況配水池より高い位置にあり最高水位が 10m 高くなることから、新設 PC タンクから自然流下の給水区と配水高架タンクが必要な給水区を分けることにより時間給水の問題が解消される見込みがある (Beruwala 給水区の標高の高い高区と標高の低い低区の分けについて NWSDB に検討を依頼)。この指摘を踏まえ、自然流下に対応できる流出管を増設した。

Dargatown 配水池

配水高架タンク容量 : 1,500 m³

Daegatown 給水区における水需要の現状実績は 5,257 m³/日、2015 年水需要は 11,051 m³/日、2020 年水需要は 11,931 m³/日、2025 年水需要は 12,822 m³/日のため、配水高架タンクの貯水能力はそれぞれ現況が 6.8 時間 (=1,500/5,257×24)、2015 年需要が 3.3 時間、2020 年が 3.0 時間、2025 年が 2.8 時間になる (配水高架タンクが満杯なるまでのポンプ運転時間は 5.6 時間)。

Beruwala 配水池から Dargatown 配水高架タンクへの送水ポンプ能力が不足していることから、時間給水が余儀なくされる。

配水池の容量も不足しているが、送水ポンプ能力も低い。この配水エリアは、ポンプを更新し、送水管を整備しないと時間給水が解消されないと推測されるので NWSDB に送水管の検討を依頼した。これらの問題について、NWSDB もポンプ更新及び送水管の布設替えを検討しているが、予算を確保できない状況との由。

2. PC タンク導入により見込まれる解決問題

Beruwala 給水区の時間給水問題の解決や水道未普及地域への区域拡大が可能と思われるが、Dargatown 給水区の内、Aluthgama は送水ポンプ及び送水管を更新及び布設替えしないと時間給水問題、未給水地域の解消が見込まれないと思われる。

(1) 給水地区の調査

給水地区へのヒアリングによって、下記の現状が明らかとなった。

① 現状

Beruwala 近郊の給水地区は時間給水の状況にあり、1週間に1度だけ給水される地区の住民からのクレームがある都度、他の給水地区を断水して送水している状況が確認された。また、過去に水道管が布設された地区において、蛇口から水がでないのに水道代金を請求されたことから、配水管を切断した未給水地区もある。

② 現状の分析

給水地区が拡大すれば水汲み労力が軽減される事は間違いない、しかし、議員など政治力により給水地区が拡大して時間給水に至っていると思われる。また、送配水計画が上述の背景により場当りの整備されるに至ったと考えられる。

③ 今後の課題

時間給水の解消および未給水地区の解消にむけては、これまでの水道整備履歴を調査することで今後の開発課題が明らかになるとと思われる。

Aluthgama 未給水地区の調査

1)現状

Beruwala 配水系統には **Beruwala** 配水高架タンク用ルートと **Aluthgama** 配水ルート (**Bentota** 系統を含む) 及び既設 **Beruwala** 配水池の直接給水する系統がある。

NWSDB Mr.Mendis より **Beruwala** エリアと **Aluthgama** の給水日報及び配水記録 (過去1年分のデータ) を入手できた。給水日報の合計値と配水記録の合計値は以前 **NWSDB** から入手した水需要表 (2015年度、2020年度、2025年度、2030年度) と違うが、おそらく今回の資料は実績値であり、以前入手したデータは漏水や計画普及率を加味した計画値ではないかと思われる。

Beruwala 送水管は内径φ500mmに更新する前は、**Beruwala** 以降の配水管が破裂する事故が多かったため **Ketthena** 浄水場の送水ポンプを制限して送水を行ってきた。その影響で **Beruwala** 貯水池に水が貯まらなく、**Beruwala** 配水高架タンク用ポンプと **Dargatown** 配水池用ポンプの同時運転ができなかった。よって、**Beruwala** 系統と **Dargatown** 系統のどちらかの送水ポンプを運転しなければならぬため時間給水に至っている。

Beruwala より **Dargatown** (特に **Aluthgama** の内陸部の標高の高い地域) の方が大きく影響を受け、時間給水は約5地区に及ぶ (**Padagoda**、**Kalawila**、**Magangoda**、**Pathirajagoda**、**Sinharoopagama** など)。

Aluthgama 事務所は、新設 **PC** タンク建設後は **DargaTown** 系統と **Beruwala** 系統を独立し、時間給水地区を解消できることを期待している。

現在は、**Beruwala** の **OIC** が **Beruwala** 地区への給水を優先する傾向にある、と **Aluthgama** の **OIC** は思っている。2つの系統を独立させることにより、水の取り合いが

なくなると期待している。

Aluthgama の標高の高い地域には現在おおむね週に 1 回の給水を行っている。住民から苦情が殺到すると、Aluthgama の給水を全部とめ、Dargatown の配水池を満たし、水圧をあげて、同地域に給水するという苦肉の策を取っている。

Pathirajagoda では、5 年ほど前は隔日で給水があったが、家が増えたため、今は月 3 回ほどしか給水がない。給水が滞ると、井戸水を使っているが、井戸の水質が悪い（鉄分が多い）、水量が不足、ポンプの電気料金が安い、などから是非水道を 24 時間給水して欲しいという（Pathirajagoda の住民のヒアリング）。

Padagoda の Govinnagama 村にはまだ NWSDB の接続がない。50 フィートの深さの井戸を使っている。乾期には涸れる井戸もあり、上水の普及を希望している。

Malewangoda の Sri Pushparama 寺の住職の話によると 10 年ぐらい前に水道が接続されたが、その後、近所に縫製工場が開業したため寺及び寺周辺の地区に水が来なくなったと考えられる。水道がないため当村では、1 つの井戸を 5~6 世帯が共有しており、井戸に 5~6 個のポンプをつけ、順番に水をくみ上げているが、大変面倒であるとのこと。

NWSDB の Aluthgama の OIC に確認すると、水が来なくなったのは、縫製工場が理由ではなく、全体的な人口増加によるとのこと。この村では約 80 世帯に水が来なくなった。このようところが、地域全体で 10 カ所あり、地区の配水管を切断してキャップ止めした（水が来ないのに NWSDB の請求書がくるのは不適切との住民の意見→給水取りやめの申し出→地区の水道管を切断してキャップ止めの対策）。Aluthgama では、約 400 世帯がこのような理由で「給水停止」となっている。うち 1 カ所、Kanagalla という漁村は貧しく、深井戸を掘ったり、井戸水をポンプでくみ上げるなどの支出ができないため、毎週火曜日に給水車で給水している。その際は 1 時間ほど、給水車の水を配水管につなぐ。

Aluthgama の現状は Dargatown 配水池から配水しているが、配水池に入ってくる量よりも配水しないとイケない量が多いので、個別に配水しないとイケない。しかし、担当者の思いは、NWSDB 本部の考え方同様、Beruwala のポンプ能力を上げれば問題解決と認識しているが、実際はポンプの問題ではなく浄水場のポンプ能力に問題があると思われる。

2)課題

上記の問題点は、ポンプ能力と運転時間から判断すると、Beruwala 配水池においても Dargatown 配水池に入ってくる量より出ていく量が多いためと考えられる。また、ポンプの運転は配水池や貯水池の水位を見て手動で ON、OFF を行っている。

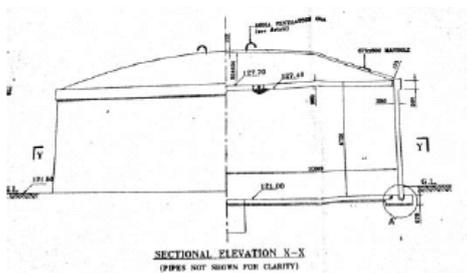
時間給水地区の人口や水需要について数値に整合がなく、後日 NWSDB と確認する必要がある。

Kalutara 及び Aluthgama の技術者や OIC の話を聞くと、設備の適切運営や設備（ポンプ）の更新を行えば時間給水の問題は解決すると思われる。

(2)上記課題を踏まえた追加調査

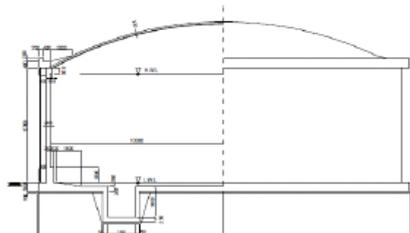
PC タンク 供用開始後の時間給水の改善効果を把握するための事前調査として、2016 年 2 月に Aluthgama 地区 Dharga Town の住民ヒアリングを行った。標高の少し高い地区の時間給水状況は、週 1 回もしくは 10 日に 1 回程度であった。一方、道路脇に生活排水が流れている給水状況の比較的良好な地区においては、NWSDB からの請求書を見せられ配水状況が良くないとクレームする住民もあり、NWSDB 地区担当によれば、水道メータの不具合により水量がかなり少なく表示されているとのこと。

添付資料 3



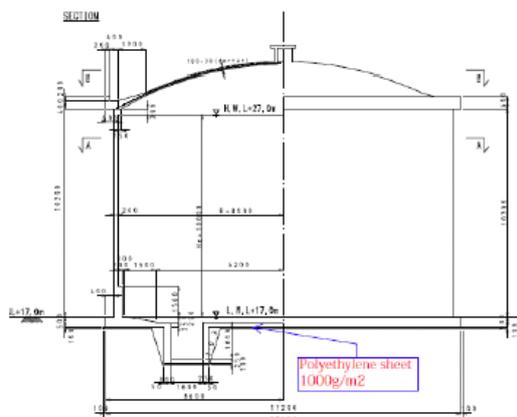
Udawalawa RC Tank Di = 20.0m H = 6.4m V=2000m³

Minimum Price 48,578,541



The same shape as UDAWALA
PC Tank Di = 20.0m H = 6.4m V=2000m³

Minimum Price 44,099,175
PC Material (Supplied product) 5,200,000
49,299,175



Beruwala PC Tank Di = 16.0m H = 10.0m V=2000m³

Minimum Price 43,762,540
PC Material (Supplied product) 6,500,000
Air Dome (Supplied product) 7,400,000
57,662,540

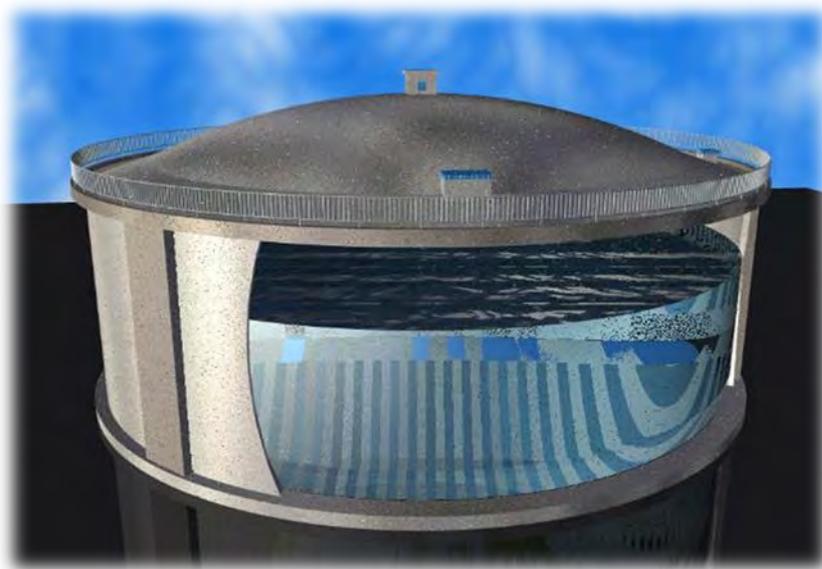
Amount of Contract 36,500,000
PC Material (Supplied product) 6,500,000
Air Dome (Supplied product) 7,400,000
50,400,000

	水深(m)	内径／水深	工事費	積算根拠
RC (Udawalawa)	6.4	3.13	LKR 48,578,000 (¥36,434,000) 1.000	NWSDB 積算
PC (RC 同形状)	6.4	3.13	LKR 49,299,000 (¥36,974,000) 1.015	NWSDB 積算
PC (Beruwala)	10.0	1.60	LKR 57,662,000 (¥43,217,000) 1.187	NWSDB 積算
			LKR 50,400,000 (¥37,800,000) 1.038	市場価格※

※現地工事における指名競争入札の応札最低価格

図 容量 2,000m³ の RC と PC の工事費の比較結果

Technical information
for planning and designing of PC tank
for National Water Supply and Drainage Board
in Sri Lanka



26/October/2016

 ABE NIKKO KOGYO Co., Ltd.

Contents

1. General of Provisions.....	1
1.1 Scope.....	1
1.2 Terms and definitions	3
1.3 Symbols.....	6
2. Planning and designing principals	9
2.1 Summary	9
2.2 Outline of PC tank.....	11
2.2.1 Principle of cylindrical shell structure.....	11
2.2.2 Fundamental of PC tank.....	13
2.2.3 Other	14
3. Load	15
3.1 General Provisions	15
3.2 Load except pre-stress	16
3.3 Pre-stressing force	17
3.3.1 Pre-stressing force.....	17
3.3.2 Pre-stressing force immediately after tensioning.....	18
3.3.3 Effective pre-stressing force.....	22
4. General in Structural Design.....	23
4.1 Concrete	23
4.2 Steel.....	25
5. Allowable stress	26
5.1 Allowable stress for reinforced concrete member	26
5.1.1 Allowable concrete stress.....	26
5.1.2 Allowable steel stress	27
5.2 Allowable stress for pre-stressed concrete member	28
5.2.1 Allowable concrete stress.....	28
5.2.2 Allowable steel stress	29
6. General structural details	30
6.1 Tendon.....	30
6.1.1 Arrangement.....	30
6.1.2 Anchorage and sheath.....	32
6.2 Reinforcing bar.....	33
6.2.1 Arrangement.....	33
6.2.2 Welded wire fabric	34
6.3 Construction joint.....	35
6.4 Reinforcement for opening.....	36
7. Design of members	37
7.1 Component division	37
7.2 Roof.....	38
7.2.1 General of design	39
7.2.2 Design of dome	41
7.2.3 Design of dome ring.....	42

7.3 Wall.....	43
7.3.1 General of design	44
7.3.2 Loads for design of wall	45
7.3.3 Principle of pre-stress	46
7.3.4 Pilaster	47
7.3.5 Sectional force by the elastic cylinder shell theory	49
7.3.6 Design of the bottom of wall	54
7.3.7 Verification regarding shear	56
7.4 Base slab.....	57
7.4.1 Structural type.....	58
7.4.2 General of Design.....	59
7.4.2.1 Loads for design of base slab.....	61
7.4.2.2 Design of base slab	62
7.4.2.3 Verification of stress	63
8. Precaution on FEM analysis.....	65
9. Verification of safety against earthquake	68
9.1 Principles of seismic design.....	68
9.2 Effects of earthquake	69
9.2.1 Inertia force and dynamic water pressure	69
9.2 Effects of earthquake	71
9.2.2 Horizontal force and overturning moment.....	71
9.3 Stability calculation	75
9.3.1 General of Stability calculation.....	75
9.3 Stability calculation	76
9.3.2 bearing capacity, sliding and overturning	76
(2) Verification regarding sliding.....	76
(3) Verification regarding overturning.....	77
Appendix A	79
A.1 Material property of concrete (British Standard and Japanese Standard).....	79
A.2 Material property of steel (British Standard and Japanese Standard)	81
A.3 Allowable concrete stress for RC member (British Standard and Japanese Standard)	82
A.4 Allowable steel stress for RC member (British Standard and Japanese Standard)	83
A.5 Allowable concrete stress for PC member (British Standard and Japanese Standard).....	84
A.6 Allowable steel stress for PC member (British Standard and Japanese Standard).....	85
Appendix B	86
B.1 Example of PC material for bar system	86
B.2 Example of PC material for single strand system	88
B.3 Example of PC material for multi strand system	95

1. General of Provisions

1.1 Scope

This document applies to the planning and design of the on ground constructed cylindrical tank with pre-stressed concrete for water supply at non earthquake area (hereafter referred to as a PC tank). The concepts and the method introduced in the document are basically referred to “Recommendations for Design and Construction of Pre-stressed concrete Tap Water Tanks (Japan Water Works Association, 1998)” with some adaption to the BS code.

The PC tank generally comprises the roof, wall and base slab. The structure of each members of PC tank is as shown in Table-1.1 and an example of general shape of PC tank is as shown in Figure-1.1.

Table-1.1 Structure of each members of PC tank

Member	Shape	Structure
Roof	Dome or flat slab	RC Note: The dome radius should not be greater than 50 meters as a rough guide. If the dome radius is more than 50 meters, it should be combination with the flat slab.
Wall	Cylinder	PC Note: Circumferential pre-stress should be introduced necessarily. Vertical direction might be reinforced concrete (RC) structure depending on the height of wall and the capacity. (If the height of wall is less than 3.0m and the capacity is less than 1,000m ³ , RC structure in vertical direction might be more economic in Japan.)
Base slab	Circular flat slab	RC

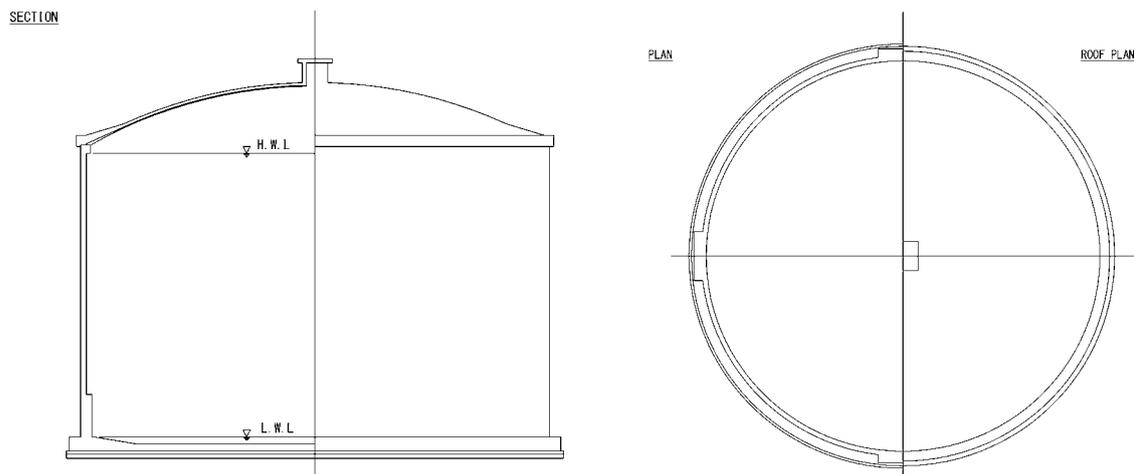


Figure-1.1 An example of general shape of PC tank

Followings are the applicable recommendations and references.

- BRITISH STANDARD BS 8007:1987 Design of concrete structures for retaining aqueous liquids
- BRITISH STANDARD BS 8110-1: 1997 Structural use of concrete
- Recommendations for Design and Construction of Pre-stressed concrete Tap Water Tanks (Japan Water Works Association, 1998).
- Recommendations for Design of Waterworks Facilities (Japan water Works Association, 2012)
- Standard Specifications for Concrete Structures (Japan Society of Civil Engineers, 2012)
- Standard Specifications for Highway Bridges (Japan Road Association)

1. General of Provisions

1.2 Terms and definitions

cylindrical pre-stressed concrete tank

A concrete tank comprising the roof, cylindrical wall, and base slab, for which pre-stressing steel is provided at least in the circumferential direction to apply pre-stress

primary loads

Loads that constantly act

particular loads

Special loads that act depending on the natural conditions of the tank construction site.

live loads

The loads of portions not included in the design calculation of structural members or loads applied to the roof for such purposes as inspection

tank full condition

A state in which the water level in the tank reaches the design high water level

tank empty condition

A state in which no water is present in the tank

spherical dome

A curved shell in the form of a part of a sphere cut off by a plane

dome ring

A circular beam provided along the base of the roof of a spherical or other shape of dome to control radial displacement at the edge of the roof

rise-to-span ratio

A ratio of the vertical distance from the apex of the dome to the line connecting both ends of a dome axis (dome span) to the length of the dome span

membrane force

The in-plane axial force of a shell structure

horizontal thrust

The horizontal component of the axial force in the meridian direction of the dome at the edge of the dome

bending analysis

An analysis method for determining the membrane force and bending moment in consideration of the boundary conditions at the edge of the dome

fixed support

Wall-bottom connection slab whereby the rotation or horizontal displacement of the wall with respect to the bottom is not allowed

residual compressive force

A surplus of the pre-stressing force of concrete under water pressure

hoop tension

A circumferential axial tensile force generated by loads such as water pressure

load balance method

A concept for designing circumferential pre-stress where, required pre-stress is considered to be equal to the maximum occurred tensile forces.

out-of-plane shear force

Shear force that acts at a right angle to the shell surface

in-plane shear force

Shear force that acts parallel to the shell surface

clearance height

The distance between the design high water level and the upper edge of the tank wall

pilaster

Rectangular projections from the tank wall along its generatrix lines, for anchoring circumferential pre-stressing steel

ring plate

The peripheral part of the base slab for transmitting forces primarily from the tank wall to the ground

membrane floor

A part other than the ring plate of the base slab that does not resist bending moments

disc part

A part other than the ring plate of the base slab that resists bending moments

Tendon

High strength steel for introduction of pre-stress

Anchorage

Implements for anchoring the end of the tendon in concrete and transferring pre-stress to members

Sheath

A tube to be installed in the concrete in order to insert the tendon

Set length

Pull-in length at the anchorage when the tendon is anchored

1. General of Provisions

1.3 Symbols

A_b	area of concrete subjected to bearing load
A_c	total area of concrete surface
A_d	surface area of dome
A_{EP}	area subjected to the effect of anchorage set
A_p	cross-sectional area of pre-stressing steel
A_s	cross-sectional area of tensile reinforcement
b	member width
E	elastic modulus
E_c	elasticity modulus of concrete
E_p	elasticity modulus of pre-stressing steel
E_s	elasticity modulus of steel reinforcement
F_d	pre-stressing force on dome ring
f'_{ck}	design strength of concrete
f'_{cd}	design compressive strength of concrete
f_{pu}	tensile strength of pre-stressing steel
f_{py}	yield strength of pre-stressing steel
f_{sy}	yield strength of steel reinforcement
f_{ud}	design tensile strength of pre-stressing steel
f_{yd}	design yield strength of steel reinforcement and structural steel
G	shear modulus of elasticity
g	gravitational acceleration
g_0	uniform pressure
H	total water depth of tank
H_h	length of thickened wall (haunch height)
H_t	horizontal thrust
H_x	water depth at an arbitrary point
h_d	dome rise
K	flexural stiffness $\left(= \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \right)$
K	friction coefficient per unit length of tendon
K_h	design horizontal seismic coefficient
K_v	vertical subgrade reaction modulus
k_α	coefficient incorporating the characteristics of foundations
k_β	coefficient incorporating the characteristics of base slab
L_{rp}	ring plate width
l	length from the tension end of tendon to the design cross section

l_p	length of pre-stressing steel
L_{max}	maximum spacing of pre-stressing steel
Δl	set length
M_0	restraining moment at the bottom of tank wall
M_{0c}	vertical bending moment at the bottom of tank wall with a constant thickness
M_{0f}	vertical bending moment at bottom of tank wall
M_{0h}	vertical bending moment at the bottom of tank wall incorporating increases in the wall bottom thickness
M_x	vertical bending moment
M_φ	circumferential bending moment
$M_{\varphi x}$	torsional moment
$M_{x\varphi}$	torsional moment
$N_{\varphi d}$	membrane force per unit length of dome in the meridian direction
$N_{\theta d}$	membrane force per unit length of dome in the parallel direction
N_x	axial force in the vertical direction
N_φ	axial force in the circumferential direction
$N_{x\varphi}$	in-plane shear force
$N_{\varphi x}$	in-plane shear force
n	elastic modulus ratio ($=E_p/E_c$)
P_i	tensile force of tendon at the jack position
P_t	tensile force of tendon at jack position after considering the set length
P_x	tensile force of tendon at design cross section
ΔP	tensile force loss of pre-stressing steel due to set length of anchors
p_w	hydrostatic water pressure at an arbitrary depth from the water surface
Q	shear force at an arbitrary point of beam
Q_0	restrained shear force at the bottom of tank wall
Q_x	out-of-plane shear force
Q_φ	out-of-plane shear force
q	load per unit area
q_l	live load per unit area
q_d	deadweight per unit area
R	radius of tank wall
r	radius of dome
S	safety factor
t	wall thickness
t_d	thickness of dome
t_h	thickness of the bottom of tank wall with a haunch
t_{rp}	thickness of ring plate
t_s	base slab thickness
t_0	effective age of concrete at the time of loading and calculating creep factor (days)

t_{min}	minimum thickness of tank wall
V	tank capacity
W	total weight of contained water
W_d	dead weight of dome
w	radial displacement of tank wall at an arbitrary point
w_x	radial displacement of tank wall
Z	section modulus for the distance from the neutral axis to the compression edge when the tank is assumed to be a thin-wall ring
α	angular change of pre-stressing steel
α_d	half-open angle of dome
α_0	factor dependent on the haunch height
β	characteristic value of tank wall
γ	relaxation ratio of pre-stressing steel
γ_m	material factor
ε'_c	creep strain of concrete
ε_s	drying shrinkage of concrete
η	effectiveness coefficient ($=\sigma_{pe}/\sigma_{pt}$)
μ	friction coefficient per radian of angle change
ν	Poisson's ratio
ρ	density of water
ρ_c	density of concrete
σ'_{ba}	bearing stress limit of concrete
σ_c	tensile stress of concrete
σ'_c	compressive stress of concrete
σ_{cp}	stress of concrete cross section under sustained load at the centroid of pre-stressing steel
σ_{cpg}	concrete stress at the centroid of pre-stressing steel due to tensioning
σ'_{cpt}	prestress immediately after tensioning at the centroid of tendon
σ_{pe}	effective tensile stress of pre-stressing steel
σ_{pt}	tensile stress of pre-stressing steel immediately after tensioning
$\Delta\sigma_p$	tensile stress loss of pre-stressing steel due to elastic deformation of concrete
$\Delta\sigma_{p\gamma}$	tensile stress loss of pre-stressing steel due to relaxation of pre-stressing steel
$\Delta\sigma_{p\varphi}$	tensile stress loss of pre-stressing steel due to creep and drying shrinkage of concrete
φ	creep factor for concrete
φ_d	angle from the rotation axis at an arbitrary point of dome

これ以降、非公開

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies for Pre-Stressed Concrete Tanks
for Water Supply and Sewerage Treatment Systems in Sri Lanka

Construction manual for PC tank in Sri Lanka

Rev.0 June 22, 2015
Rev.1 March 31, 2016
Rev.2 April 27, 2016
Rev.3 September 30, 2016
Rev.4 November 18, 2016
Rev.5 June 14, 2017
Rev.6 July 11, 2017



ABE NIKKO KOGYO Co., Ltd.

Contents

1.	General	1
2.	Base slab work	2
2.1	Crushed stone / ABC spreading	3
2.2	Leveling concrete placing	4
2.3	Marking	5
2.4	Outside scaffolding	7
2.5	Vertical tendon assembling	8
2.6	Bar assembling	9
2.7	Circumference form assembling	11
2.8	Concrete placing	12
2.9	Curing	16
3.	Wall work	18
3.1	Marking	19
3.2	Bar assembling	20
3.3	Form assembling	22
3.4	Concrete placing	24
3.5	Curing	28
3.6	Sealing of access holes of P-Cone	29
3.7	Repairing of honeycomb	30
3.8	Repairing of leakage	31
3.9	The recommend method of waterproofing (Japanese case)	32
4.	PC work	33
4.1	Bring in materials	34
4.2	Vertical tendon assembling	35
4.3	Vertical tendon installing	36
4.4	Horizontal tendon installing	38
4.5	Vertical tendon tensioning	39
4.6	Horizontal tendon tensioning	41
4.7	Grouting	42
5.	Roof work (air-dome technology)	44
5.1	Shoe anchor bolt installing	46
5.2	Concrete placing for final step of wall	47
5.3	Center stage installing	48
5.4	Air control system installing	49
5.5	Membrane spreading	50
5.6	Internal pressure raising	52
5.7	Galvanizing iron wire assembling	52
5.8	Anchor pin installing	52
5.9	Glue painting	53

5.10	Hexagonal wire mesh and welding wire mesh assembling	54
5.11	Mortar placing and curing	55
5.12	Mortar repairing	56
5.13	Bar assembling	56
5.14	Concrete placing and curing	57
5.15	Air releasing	57
5.16	Edge of opening processing	57
5.17	Finishing	57

これ以降、非公開



INVITATION



Final Seminar of the PC Tank Project by Abe Nikko Kogyo

JICA

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies
for
Pre-stressed Concrete Tanks for
Water Supply and Sewage Treatment Systems in Sri Lanka

**March 14 (Thursday), 2019, 9:30~
at Mt. Lavinia Hotel “Regency”**

09:30	Registration & Tea	
10:00	Inauguration ceremony <ul style="list-style-type: none"> Traditional Oil Lamp Opening address Key note address Introduction of the JICA PC tank project 	<ul style="list-style-type: none"> Chairman, NWSDB Minister, Japanese Embassy in Sri Lanka Vice President, Abe Nikko Kogyo
10:30	Result of verification - the PC Tank	Abe Nikko Kogyo
	Video - Construction of the PC tank at Beruwala	Abe Nikko Kogyo
	Technical Transfer of the PC Tanks	JPU, NWSDB
	Result of Verification - Air-dome technology	Abe Nikko Kogyo
	Impact of the Pilot Project	RSC (WS), NWSDB
	Comments from Life of Water Chubu Forum, Nagoya	Life of Water Chubu Forum
	Q&A	
	Closing Remarks	DGM, RSC (WS) NWSDB
	Vote of thanks	Abe Nikko Kogyo
12:35	Lunch	
13:35 (2 hours)	Technical Session <Introduction of key factors for designing PC tanks> <ul style="list-style-type: none"> Background of design of PC tanks Theory behind pre-stressed concrete Pre-stressing system, materials and equipment Losses in pre-stress Structural principles and considerations used in calculation Explanation on design platform 	NWSDB JPU & Abe Nikko

Final Seminar of PC Tank Project

by Abe Nikko Kogyo

JICA

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for
Pre-stressed Concrete Tanks for
Water Supply and Sewage Treatment Systems in Sri Lanka

On March 14 , 2019
At Mt. Lavinia Hotel

Sri Lanka

VERIFICATION SURVEY WITH THE PRIVATE SECTOR FOR DISSEMINATING JAPANESE TECHNOLOGIES FOR PRE-STRESSED CONCRETE(PC) TANKS FOR WATER SUPPLY AND SEWAGE TREATMENT SYSTEMS IN SRI LANKA

ABE NIKKO KOGYO CO.,LTD.(GIFU)

Development needs of Sri Lanka

- Development of urban water supply system is urgent need
- Finding land for a reservoir in urban area is difficult
- Shortening construction period and
- Saving construction cost is required
- Construction with complete safety management

Content of dissemination and verification survey

- Constructing a PC tank of 2,000m³ capacity using air-dome technology in Beruwala.
- Verifying serviceability and superiority of PC tank.
- Technical transfer related to designing, construction and maintenance of PC tank.
- PC tank which using air-dome technology will be adopted as a standard reservoir.
- Organizing and considering about dissemination method and issues of this technologies/products.

SME's technologies/products

"PC tank" will achieve low-cost, durability and safe construction



- Technology which disseminated PC tank in Japan
- Air-dome **technology** can shortening construction period and construct safely.
- Differentiation by unique technology



Achievements of Sri Lanka side

- Urban water supply system which can secure constant supply of safe water will be expanded and Disseminated.
- PC tanks using low-cost and durable air-dome technology will be disseminated.
- Effective land use will be spread because reservoirs can be constructed anywhere.

Achievements of Japanese company side

Present situation

- RC tank is still major abroad because of lack of technologies of PC tank.

Future plan

- After PC tanks using air-dome technology will be adopted as a standard reservoir in Sri Lanka,
- ODA project of PC tanks with air-dome technology will be expected to be formulated in Sri Lanka.
- PC tank centered water business package will be expected to be deployed to Sri Lanka.
- Engineering service related to PC will also be expected to be deployed to Sri Lanka.

OUTLINE OF THE SURVEY <Purposes>

1. **To verify advantages of ABE's PC Tank by constructing the one as a pilot demonstration.**
 - ◆ Construction of the PC Tank of 2000m³ at Beruwala
 - ◆ Improve NWSDB's water supply capacity in the area
 - ◆ Contribute for uplifting social and living environment of the community.
2. **Technical transfer**

For NWSDB and other stakeholders for planning, designing, construction, O&M of PC Tanks.
3. **Make standards for PC Tanks**

To introduce PC Tanks as standard water tanks for the country.
4. **Future business plan**

To make necessary arrangement for disseminate PC Tanks in the country and by formulating a future business plan of ABE.

2

OUTLINE OF THE SURVEY <Activities>

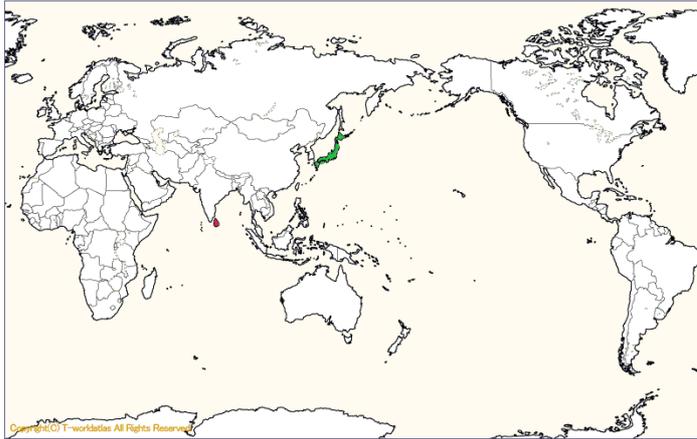
Construction of the PC Tank at Beruwala as a pilot demonstration and Promotion of ABE's PC tank

- 1) Establishment of steering committee
- 2) Procurement of a consultant and a contractor
- 3) Training in Japan (2 persons)
- 4) Construction started
- 5) Inspection by NWSDB specially for
 - Installation of vertical PC tendon
 - Stressing of PC wires
 - Construction of Air-dome roof
 - Wall thickness and volume of rebar
- 6) Completion of the construction (in 5 months)
- 7) Yard piping by NWSDB
- 8) Handover the PC tank to NWSDB
- 9) Monitoring of function and utilization of the tank
- 10) Today's seminar

3

Our company-1

- Company name:  **ABE NIKKO KOGYO CO., LTD.**
- Established in 1949
- Head office: Gifu prefecture, Japan.



Our company-2

- 5 branch offices, 3 material centers and 5 factories
- Number of staff : Approximately 500
- Specialized in constructions
of **pre-stressed concrete** structure



ABE's Strong points in PC Technology

- Constructed the first PC tank in Japan in 1957.
- Constructed more than **5,000** PC tanks.
We have **60%** of share in Japan.
- **International experience** in Egypt, Jordan, Bhutan, etc.
- **Rich experience** and **technical know-how** on design and construction of PC structures.



Egypt



Jordan



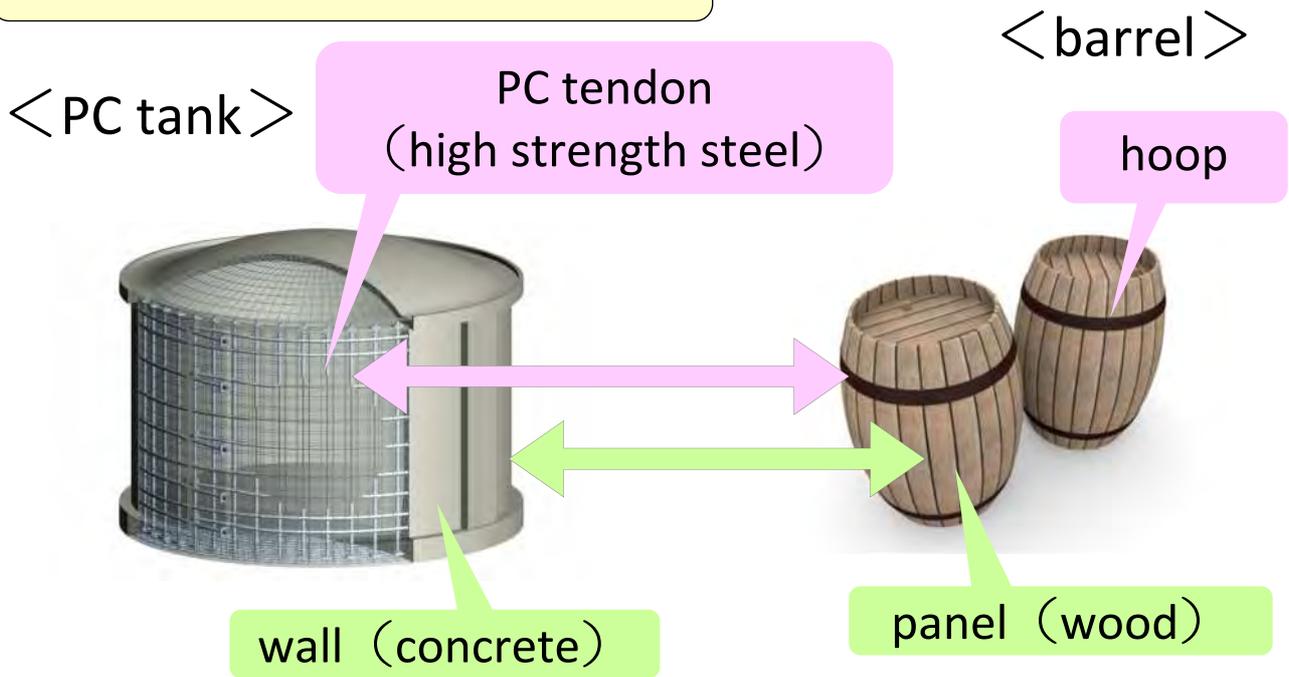
Bhutan

ABE's PC technology

- Tank
- Bridge
- Building
- Sleeper of railway
...and so on



Mechanism of PC tank

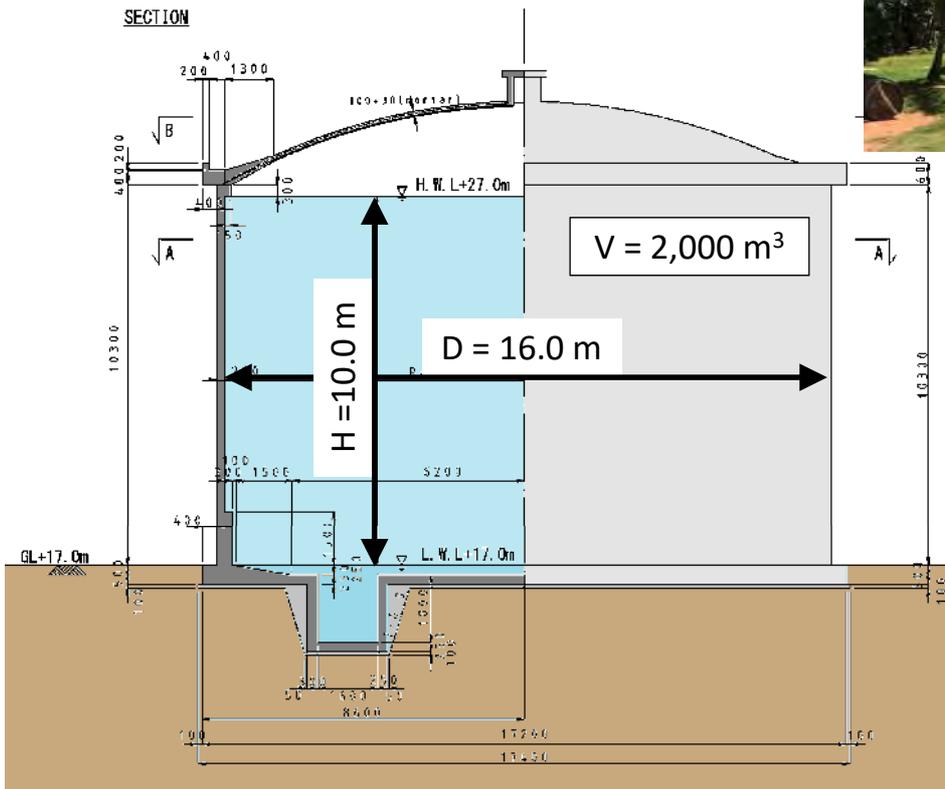


same principal with barrels → No leakage !

Advantages of PC tank

	PC tank	RC tank
Construction cost	Low in case of large capacity.	Low in case of small capacity.
Maintenance cost	Low because there is no crack.	Maintenance cost for repair work might be required.
Leakage	No leakage because there is no crack.	Leakage might occur from crack.
Durability	High durability	Leakage and corrosion of steel likely to occur.
Land needed	Small	Large
Depth	No limited	Maximum 5m~6m

Output / Beruwla PC tank

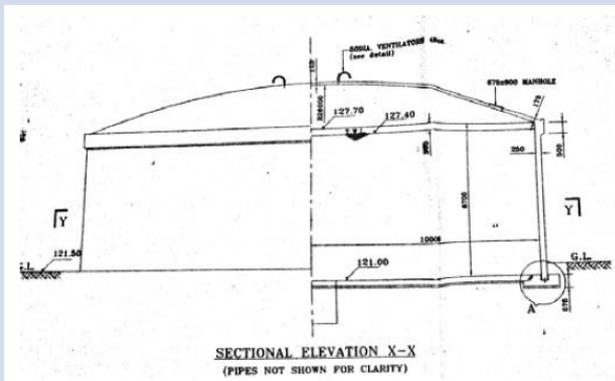


10

Advantages –

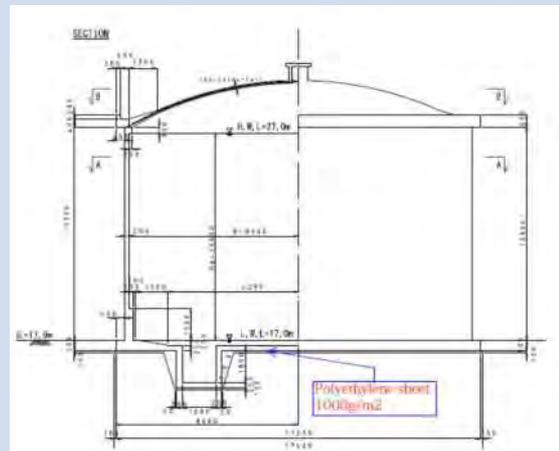
Less land needed and Same construction cost

RC Tank (BS)



Volume=2,000m³
 Height=6.4m
 Diameter=20.0m

PC Tank (JP:AirDome)



Volume=2,000m³
 Height=10.0m
 Diameter=16.0m

Same cost

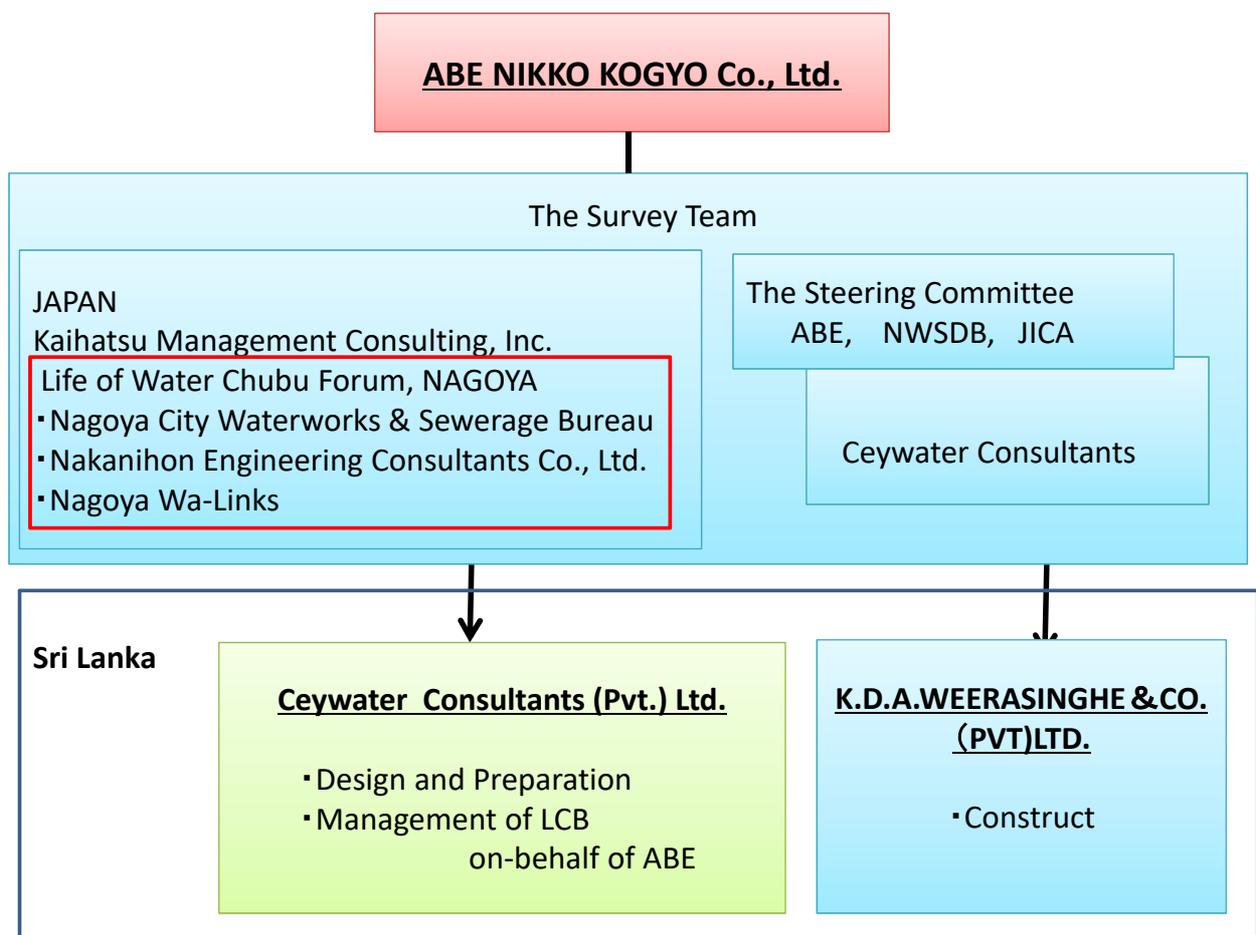
11

Benefits

Gravity supply for the wider area was realized due to the high depth of the PC tank.

- ✓ New connections
- ✓ Improvement of service hours
- ✓ Reduction of the monthly electricity cost 400,000LKR
- ✓ Can supply even during the power cut

12



History

DAY	Construction history
14 Aug 2015	Contract with KDAW, Received the site from NWSDB
1 Sep	The first joint meeting (NWSDB, KDAW, ABE)
24 Sep	Holding a briefing session for residents
2 Nov	Commemorative plaque
16 Nov	Start of Base slab work
24 Mar 2016	Demonstration of AIR-DOME Engineering
11 Apr	Completion of the PC tank construction
	Yard piping by NWSDB
23 Feb 2018	Hand over

14

OUTCOME OF THE SURVEY <Results>

1. Advantages of ABE's PC Tank was verified

- High water-depth and thin wall thickness and durable, with PC structure in the restricted land
- Air Dome method proved that a dome roof can be constructed in a short period (in 2 weeks) and with higher safety (no need for work at high place).

2. Technical transfer

- Training in Japan
- OJT at the construction site
- Air-dome demonstration
- Training of design of PC tank (today's seminar)

3. Make standards for PC Tanks

Abe and NWSDB developed the plan and design; and construction manuals for PC tanks for Sri Lanka.

4. Future business plan

Further dissemination of PC tanks in Sri Lanka

15

Result of the Pilot Demonstration Project

– verification of the advantages of the PC Tank

1. Result of Verification

2. Lessons learned from the pilot project

Propose of the Pilot Demonstration Project

To verify advantages of ABE's PC tank that are

- ✓ **durable**
- ✓ **efficient land use**
- ✓ **economical**
- ✓ **more safety**
- ✓ **speedy construction**
- ✓ **Improve NWSDB's water supply capacity in Beruwala**
- ✓ **Contribute for uplifting social and living environment of the community.**

Result of the Pilot Demonstration Project

Advantages of ABE's PC Tank was verified

- ✓ Durable (PC structure)
- ✓ efficient land use (less land space was needed)
- ✓ Economical (less material)
- ✓ More safety (Air done engineering)
- ✓ speedy construction (in 5 months)
- ✓ NWSDB's water supply capacity in Beruwala was improved
- ✓ It contributed uplifting social and living environment of the community.

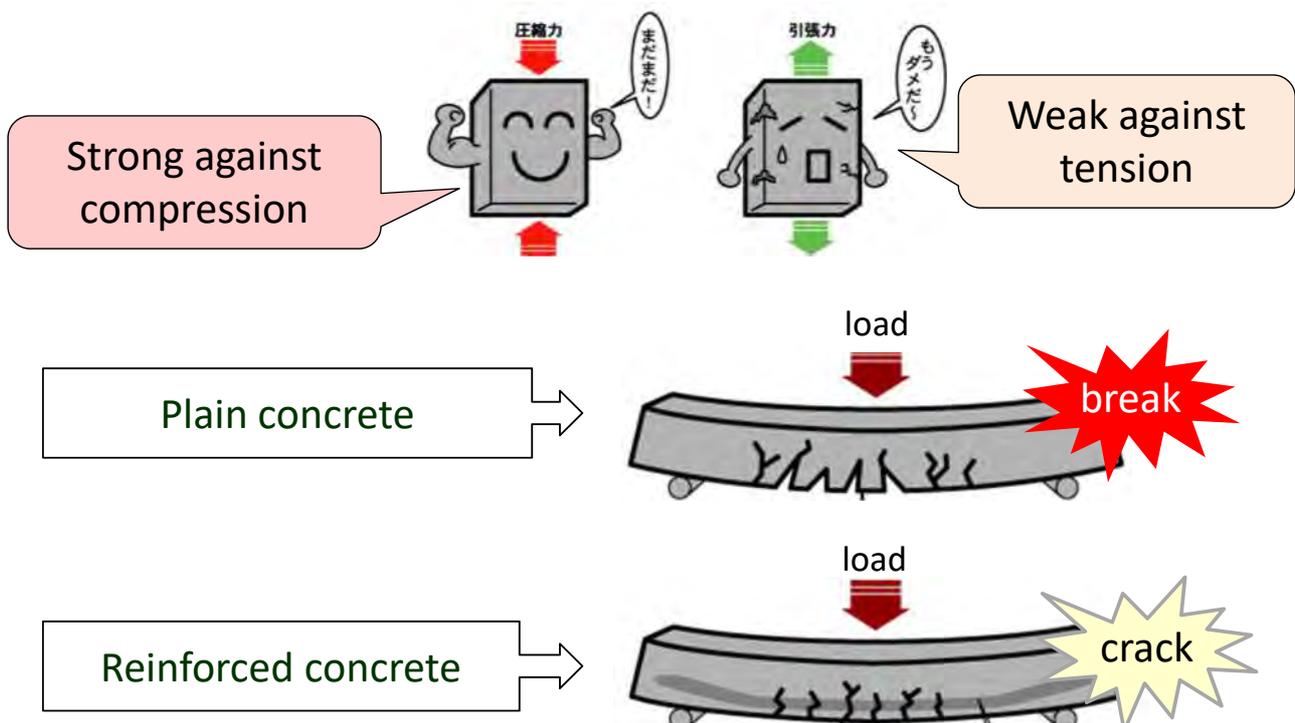


to be explained by RSC (WS)

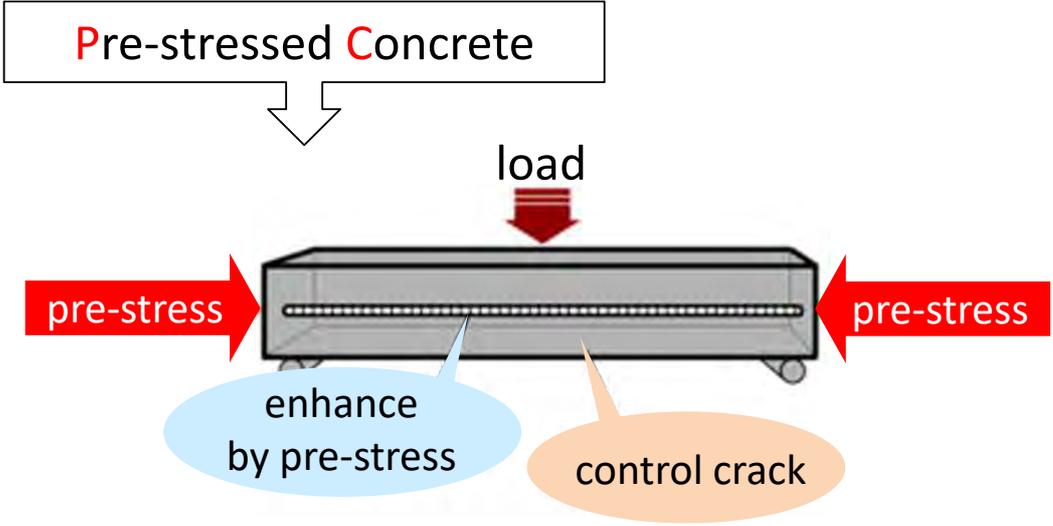
3

Advantage – Higher durability of PC structure

Characteristic of concrete

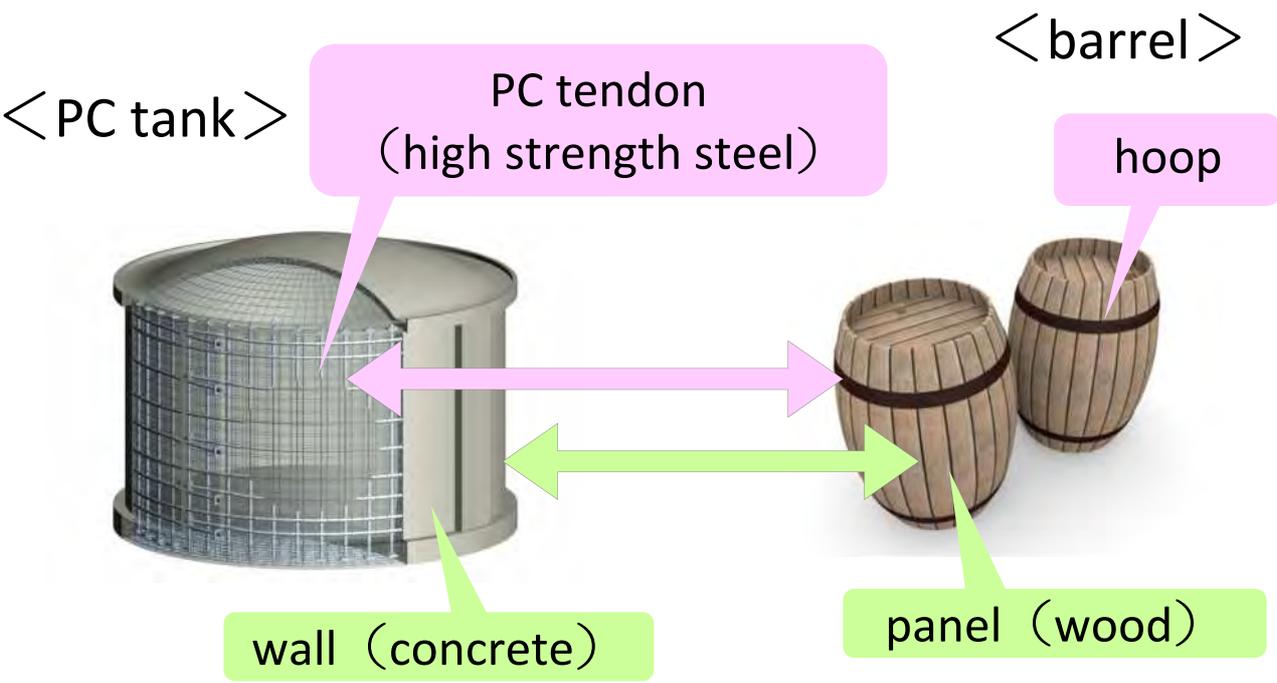


Advantage - Higher durability of PC structure



"PC" is initials of **P**re-stressed **C**oncrete

Advantage - Higher durability of PC structure

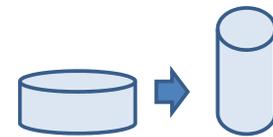


same principal with barrels → No leakage !

Advantage – less land area needed

Less land acquisition needed

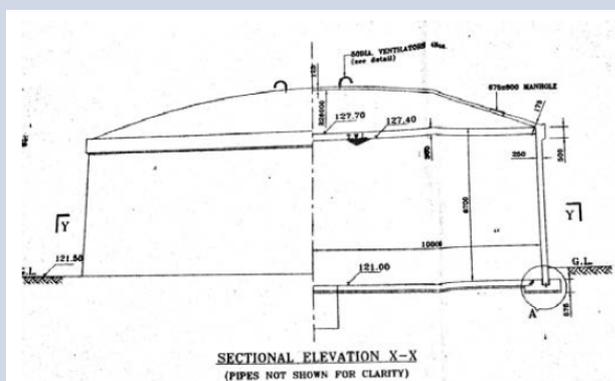
- No limitation of the depth of the water.
- Elevated type PC tank can be 50m high.



7

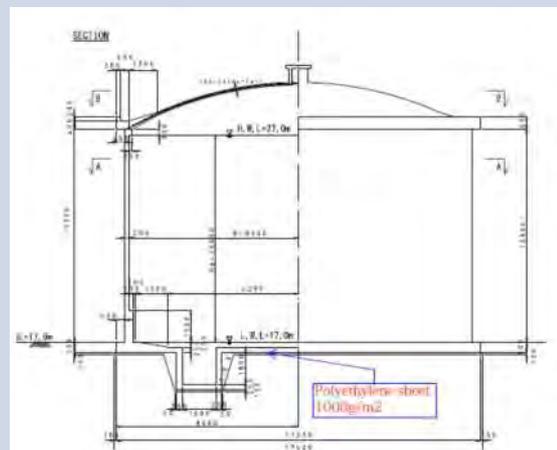
Advantages – Less land area needed

RC Tank



Volume=2,000m²
Height=6.4m
Diameter=20.0m

PC Tank



Volume=2,000m²
Height=10.0m
Diameter=16.0m

Advantage - Economical

Less cost

- Less volume of concrete needed
 - ← Because walls can be thinner.
- Less land is needed.
 - ← Because it can be higher. Ex) 50m
- Less earthwork is needed.
 - ← Because PC tanks doesn't need excavation

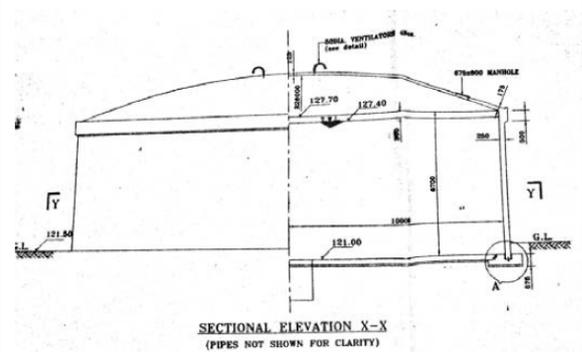
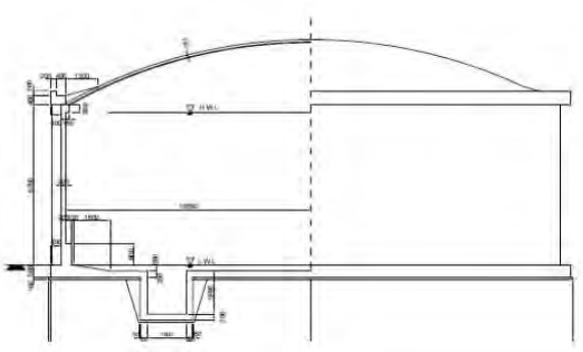
9

Advantage - Economical

Item	PC tank	RC tank
Construction cost	Low in case of large capacity.	Low in case of small capacity.
Maintenance cost	Low because there is no crack.	Maintenance cost for repair work might be required.
Leakage	No leakage because there is no crack.	Leakage might occur from crack.
Durability	High durability	Leakage and corrosion of steel likely to occur.
Land needed	Small	Large
Depth	No limitation	Maximum 5m~6m

10

Advantages – Economical_ Cost comparison

RC Tank	PC Tank
 <p>SECTIONAL ELEVATION X-Y (PIPES NOT SHOWN FOR CLARITY)</p>	
Volume=2,000m ² Height=6.4m Diameter=20.0m	Volume=2,000m ² Height=6.4m Diameter=20.0m
Estimated cost = 1	Estimated cost = 1.015

Same cost but the higher quality !!

Advantage - Safe

More Safety

- Air dome engineering for the dorm

← To be explained

Advantage – Speedy construction

Speedy construction

- The PC tank was constructed in 5 months

13

Lessons learned

Water leakage

The causes of the water leakages were;

- Inappropriate methods of consolidation.
- Insufficient compaction (vibration)
- There was not enough consolidation of concrete.
- Less experienced vibrator operators merely flatten the batch.



14

Solutions (Improvement)

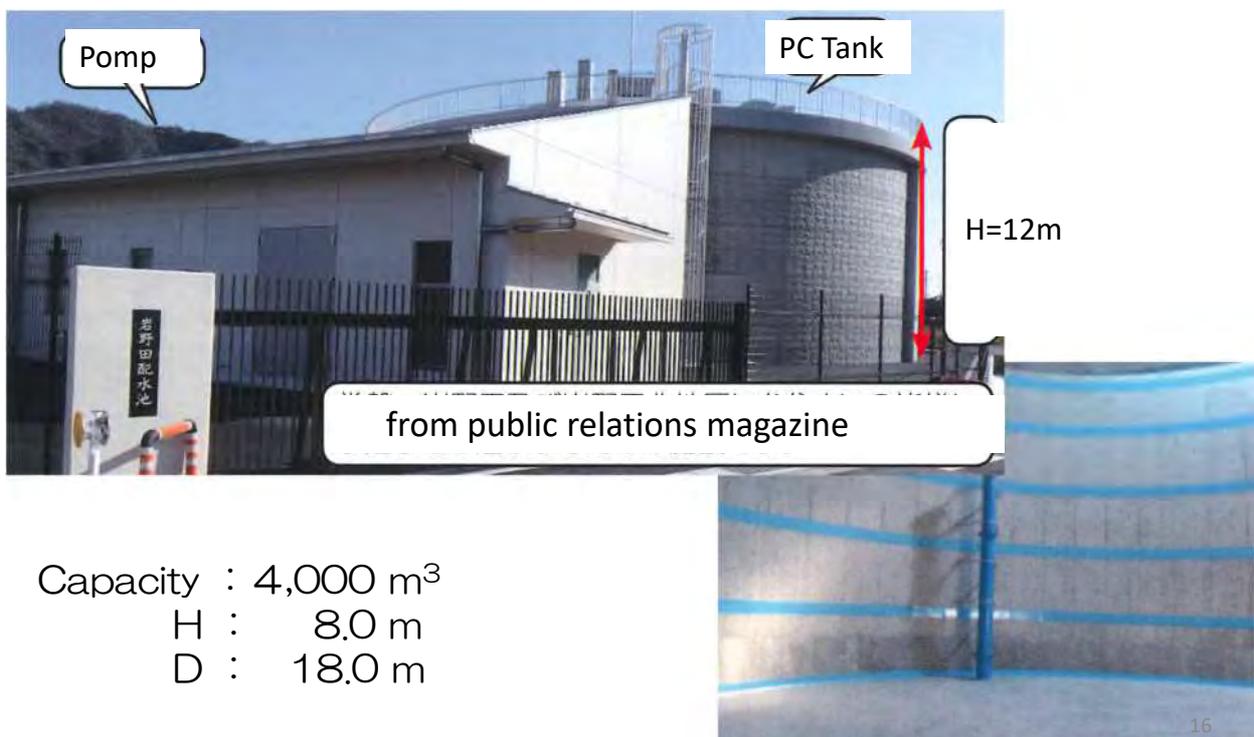
- Utilize construction manual for PC tank
Revised Manual Ver.6 11 July 2017 /
RSC(WS)

It was not the leakages from cracks of concrete walls.

Therefore, “Fail Safe” is a common practice in dealing with waterproofing of construction joint, and P-Cone in Japan

15

PC Tanks in JAPAN Gifu city



16

Good Morning!!!

3/15/2019

1

Final Seminar of the PC Tank Project by Abe Nikko Kogyo

Transfer of Technical Know –How of Circular Pre- Stressed Concrete Tanks



By: Senani.Jayasinghe
AGM (JPU)
NWS&DB

3/15/2019

2

Contents of The Presentation

1. JICA Types of Assistance for Development
2. Why Pre-Stressed Structures are Used in Liquid Retaining Structures
3. Objectives of the Project
4. Objectives Related to Technical transfer
5. Training in Japan
 - ❖ Discussion on Design Calculation & PC Manual
 - ❖ Site Visits on PC Tanks
 - ❖ Other Visits
5. On-the job training OJT
6. Demonstration – Air Dorm technology
7. Technical and Construction Manuals.

3

JICA Types of Assistance for Development

- ❖ Technical Cooperation.
- ❖ Official Development Assistance Loans.
- ❖ Official Development Assistance Grants.
- ❖ Citizen Participation. (Volunteers, JICA Partnership Program.)
- ❖ **Public-Private Partnerships.**
- ❖ Emergency Disaster Relief.

Japanese private sector possess technical Know how and related human resources in various fields that may assist in fulfilling societal needs and have a positive impact on the social welfare of the partner countries.

JICA invites proposals from Small and Medium(SMEs)size Japanese Enterprises and collaborate with the proponents who have submitted successful proposals.

SMEs focus on business avenues in partner countries.

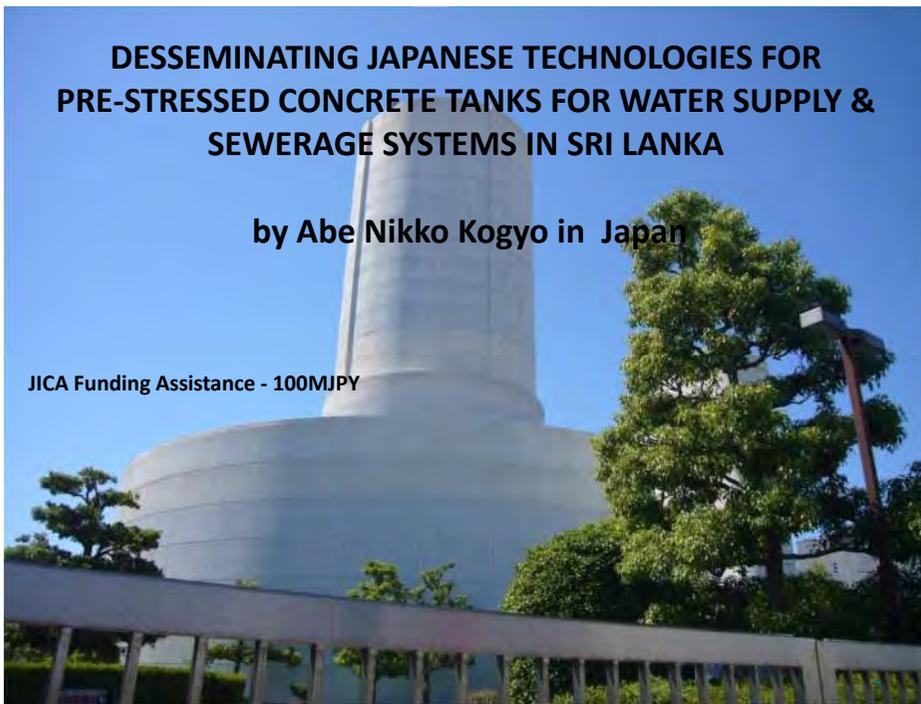
3/15/2019

4

DESSEMINATING JAPANESE TECHNOLOGIES FOR PRE-STRESSED CONCRETE TANKS FOR WATER SUPPLY & SEWERAGE SYSTEMS IN SRI LANKA

by Abe Nikko Kogyo in Japan

JICA Funding Assistance - 100MJPY



Why Pre-Stressed Structures are Good for Liquid Retaining Structures?

1. Concrete has very high compressive strength.
2. Concrete has very low tensile strength and cracks are due to this low tensile strength.

When a structural element is pre-stressed it is always in compression and no allowance for tension.

- ❖ no cracks
- ❖ No leakages

Hence durable and very less maintenance is required

3. No limitations for depth of the structure. Hence Required less land area.
4. Durable and no maintenance is required.
5. It has proven resistance to earth quake and Tsunami situations.

Why Cylindrical Pre-Stressed Structures ?

- Cylindrical tank is a convenient structure to contain liquid.
- It is a shell structure and can carry greater loads with thin sections.
- The ring tensile forces develop according to the depth of the liquid can be counteracted with the applied pre stress forces. Then the structure deals only with compressive forces.

Objectives of the Project;

1. Proof Advantages of PC Water Tanks for the Stake holders
2. Demonstrate the Whole Process of Construction of PC tank of ABE Nikko: Planning Design and Construction
3. Transfer knowledge and Skills on Designing of PC water Tanks for NWS&DB and Local Consultancy Companies
4. Transfer knowledge and Skills on Construction Supervision of PC water Tanks for NWS&DB and Local Construction Companies
5. Establish a Technical Standard for Designing and Construction of PC Water Tanks in NWS&DB

3/15/2019

9

Objectives Related to Transfer of Technical Know-How;

1. Demonstrate the Whole Process of Construction of PC tank of ABE Nikko: Planning Design and Construction
2. Transfer knowledge and Skills on Designing of PC water Tanks for NWS&DB and Local Consultancy Companies
3. Transfer knowledge and Skills on Construction Supervision of PC water Tanks for NWS&DB and Local Construction Companies
4. Establish a Technical Standard for Designing and Construction of PC Water Tanks in NWS&DB

3/15/2019

10

Transfer of Technical Know-How of the PC Tank

1. Training in Japan
2. On-the job training OJT
3. Demonstration – Air Dorm technology
4. Technical and construction manuals

Training in Japan

Training on Design of PC tanks in Japan
4-12 Jun 2015



Training in Japan

Training on Construction of PC tanks in Japan
1-10 Dec 2015



Main Activities of the Training in Japan on Design of PC Tanks ;

1. Discussion on Design Calculations
2. Discussion on Manual
3. Site visits

3/15/2019

14

Following were Discussed ;

1. Seismic analysis of the structure
2. Reinforcement to withstand the temperature and moisture effects of the RC members.
3. Reinforcement to withstand the temperature and moisture effects of the PC members.
4. Insolation effect to the structure
5. Stability against toppling .
6. Calculation confirming the ability to resist Dynamic water pressure and inertia.
7. Complementary Comments required for the PC Manual

3/15/2019

15

Following were agreed to include into the calculations and the Manual;

1. Seismic analysis of the structure
2. Reinforcement to withstand the temperature and moisture effects of the RC members.
3. Insolation effect to the structure
4. Stability against toppling .
5. Calculation confirming the ability to resist dynamic water pressure and inertia.

3/15/2019

16

SITE VISITS ON PC TANKS



Map of Japan

3/15/2019

17

- Central Japan(Aichi, Shiga and Gifu Prefectures) in Honshu Island
- Fukuoka in Kyushu Island



3/15/2019

18



VISITED PLACES

3/15/2019

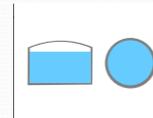
19

Takamiya PC Tank –Fukuoka City-Fukuoka

Capacity; 2880 m³

Internal Diameter :17.6m

Water Height:12.0m



Shape of the Tank

- Structure was under construction
- Design & construction by ABE Nikko for Fukuoka City Water works Bureau

3/15/2019

20

The Structure under Construction



3/15/2019

21

Form Work+ Arrangement of (Vertical Pre stressing bars+ Horizontal Pre-stressing Strands)



3/15/2019

22

**Close up;
Form Work+ (Vertical Pre stressing bars+ Horizontal Pre-stressing wires)Inside Sheaths**



3/15/2019

23

**Close up;
Tendon Arrangement at the Pilaster
Galvanized sheaths are clearly shown here.**



3/15/2019

24

Close up; Horizontal wire strand jutting out at the pilaster
It is for applying pre stressing force .



3/15/2019

25

Pre stressing wire strands at the site



3/15/2019

26

Middle platform to support the Air dome Construction



3/15/2019

27

Saya PC Tank –Aisai City-Aichi Prefecture



3/15/2019

28



Haruhi PC Tank –Kiyosu City-Aichi Prefecture



3/15/2019

29

Inuyama PC Tank –Inuyama City-Aichi Prefecture



3/15/2019

30

Heiwa Park PC Tank –Nagoya City-Aichi Prefecture



Heiwa Park Tower

Heiwa Park



3/15/2019

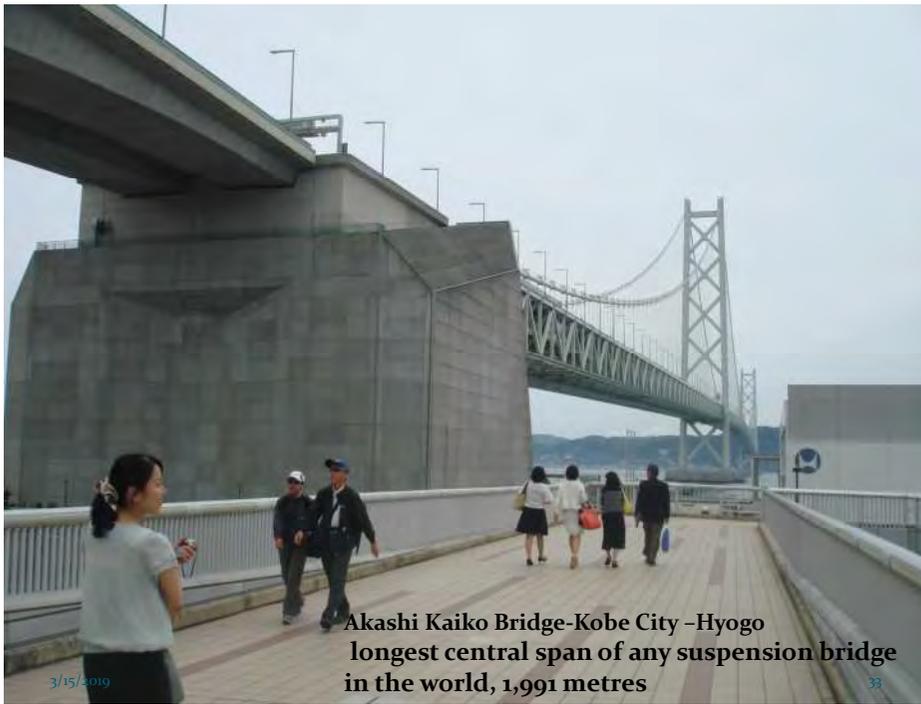
31

Other Visited Places:

- Nabeya Ueno Purification Plant- City of Nagoya Water Works & Sewerage Bureau
Capacity:290,000m3/day
- ABE Nikko Kogyo –Shiga Factory: Konan City –Shiga Prefecture
For Railway Sleepers
- Kane Kogyo–Bronze valve factory-: Komaki City –Aichi Prefecture
- Akashi Kaiko Bridge-Kobe City -Hyogo

3/15/2019

32



Akashi Kaiko Bridge-Kobe City -Hyogo
 longest central span of any suspension bridge
 in the world, 1,991 metres

3/15/2019

33

On-the job training OJT



On-the job training OJT



2016.05.14

Demonstration – Air Dorm technology



Introduction of AIR-DOME
 Engineering



Experience at the roof-top

Development of Manuals

- Technical information for planning and designing of PC tank

Manual Ver.5 26th Oct 2016 / JPU

- Construction manual for PC tank

Manual Ver.6 11th July 2017 / RSC(W.S)

37

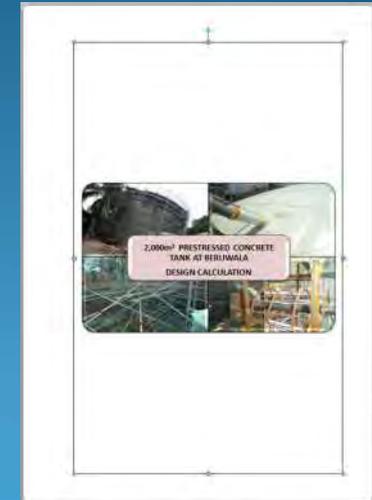
Design Manual & Design calculations(Draft)

Technical information
for planning and designing of PC tank
for National Water Supply and Drainage Board
in Sri Lanka

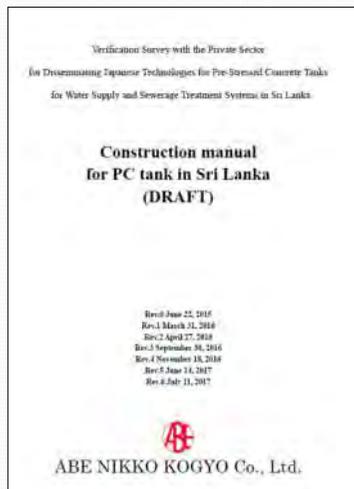


26/October/2016

ABE NIKKO KOGYO Co., Ltd.



Construction Manual



3/15/2019

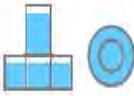
39

Thank You very much for your Kind Attention!!!

3/15/2019

40

Details of Constructed PC Tanks ,Visited (Source ;ABBE Nikko)

		Capacity Ve (m ³)	Inner diameter D (m)	Water depth He (m)	Completion year	Type
	bottom -outer	7,934	40.5	10.0	1991	Compound elevated type (3 compartments) 
	bottom -inner	3,816	24.5	10.0		
	tower	2,955	14.5	14.5		
	lower	2,200	13.5	16.5	1996	Compound elevated type (2 compartments) 
	upper	1,500	13.5	13.5		
		29,400	45.0	18.5	1988	Normal type
		600	13.6	6.4	2001	Normal type

3/15/2019

41

Air-Dome engineering

(Air membrane form engineering)



Blowing up of membrane - under construction

Propose of introducing the Air-dome engineering

- ✓ Introduce the Air-dome engineering to Sri Lanka.
- ✓ Demonstrate the benefits of the method.

Results

- ✓ Air-dome engineering was introduced to Sri Lanka
- ✓ The benefits of the method were demonstrated
 - ✓ Safe, speedy and reliable construction method.
 - ✓ Eco-friendly
 - ✓ Improved durability.
 - ✓ Excellent Life Cycle Cost

2

Problems in Japan

The performance of the reinforced concrete dome roof is depending on:

- Skilled workers such as
 - formwork carpenters
 - scaffold constructors
- It may be a problem when concrete covering on the back of the dome runs short, the corrosion of the rebar will cause deterioration such as expansion.



3

Solutions (Improvement)

Air Dome construction method

The air dome construction method is an effective solution for:

- Lack of skilled workers
- Securing safety by eliminating unsafe high altitude work,

It also:

- Improves durability of the dome roof
 - Because the air film remains on the roof
- Maintenance and repair in the future
 - become unnecessary
- and therefore, Economical.

4

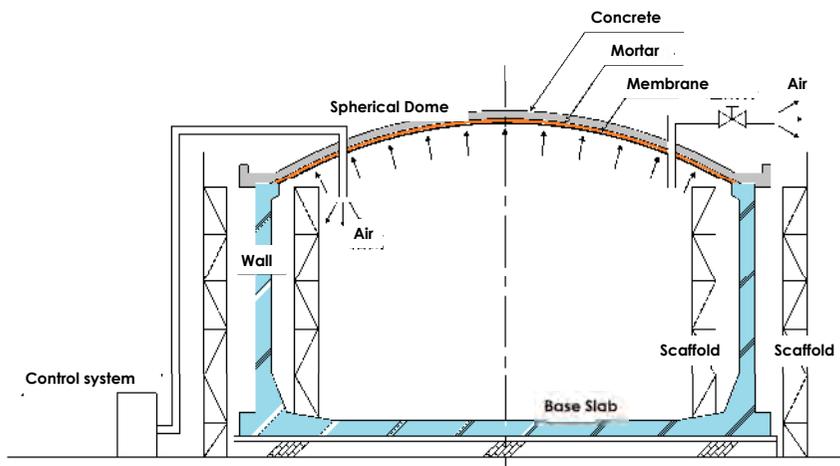
More benefit about the AIR DOME construction method

- Air Dome does not need skilled workers.
➔ **quality** can easily secured.
- it does not require formwork and support.
➔ It is **economical**
- Work on the air membrane is **very safe**.
- Moreover, the **construction period** can be shortened.

Conventional method

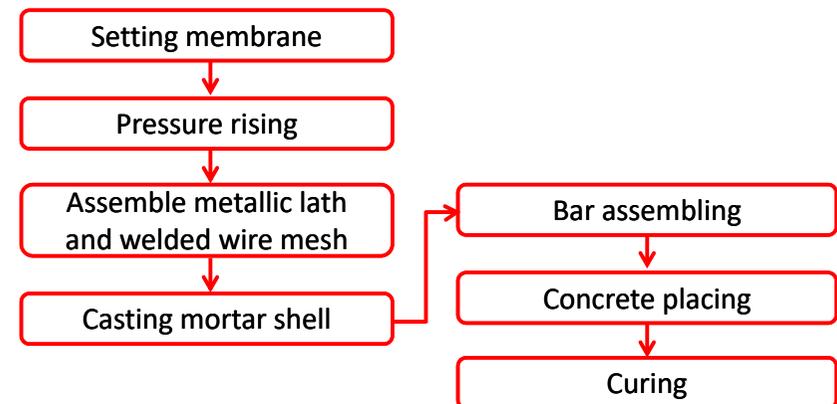


Air—Dome Engineering

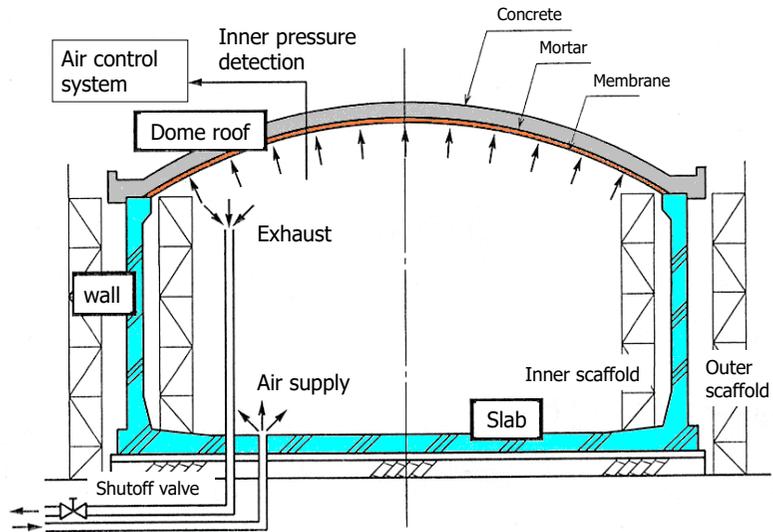


Air-Dome engineering

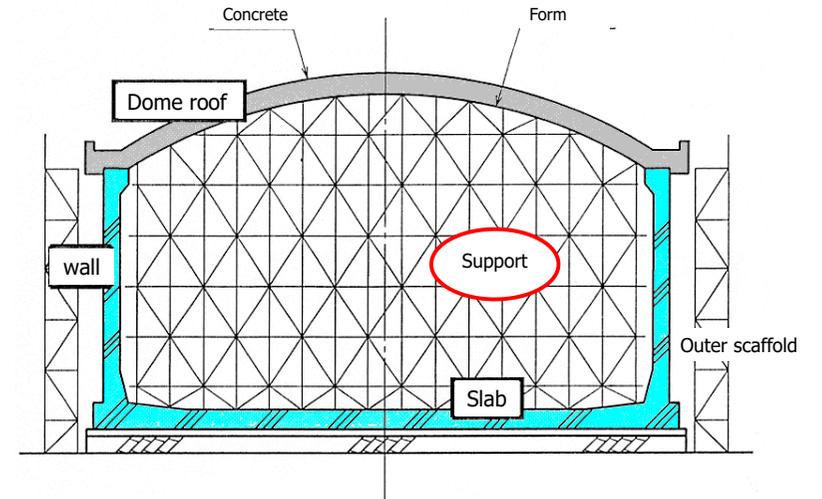
Flow for roof work with air dome engineering



Air-Dome engineering



Conventional method



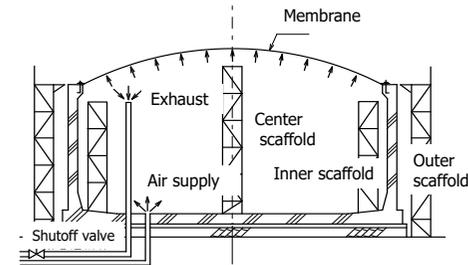
Air-Dome engineering

Setting membrane



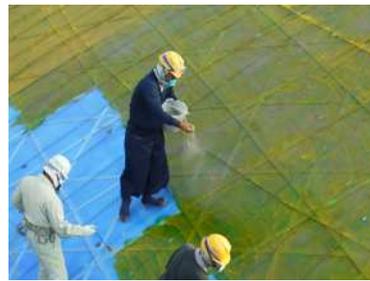
Air-Dome engineering

Pressure rising

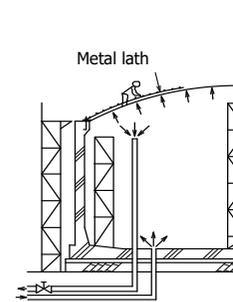


Air-Dome engineering

Assemble metallic lath and welded wire mesh

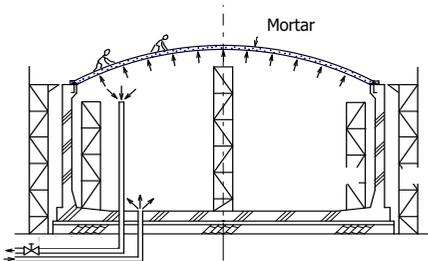


Air-Dome engineering



Air-Dome engineering

Casting mortar shell



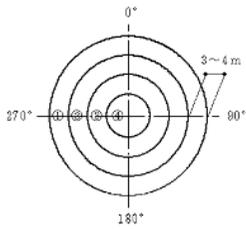
Air-Dome engineering

Bar assembling



Air-Dome engineering

Concrete placing



Air-Dome engineering

Curing



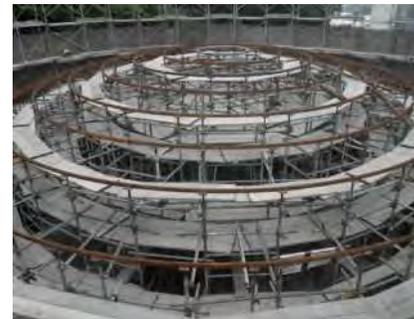
Air-Dome engineering

Completion



Advantages - Safety

Conventional method



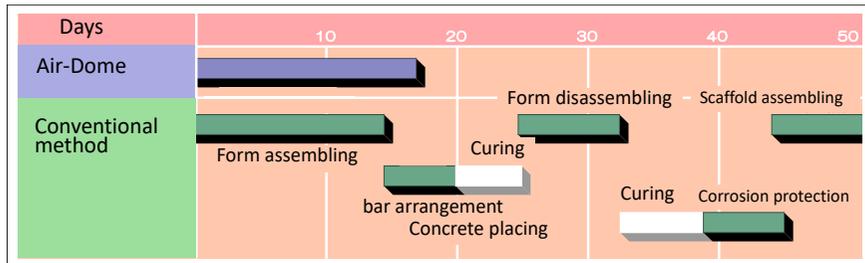
Air-Dome



No form work.
No dangerous work.

Advantages - Speedy

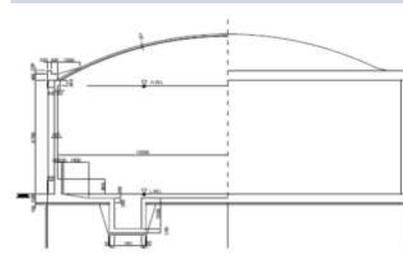
Ex) Volume=5000m³



Air-Dome :17days
 Conventional method :50days

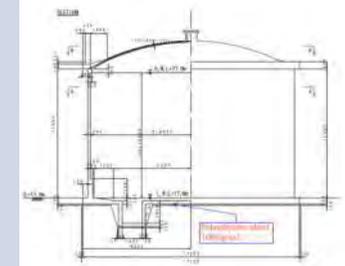
Advantages – Cost comparison

PC Tank(Udawalawa)



Volume=2,000m²
 Height=6.4m
 Diameter=20.0m

PC Tank(Beruwala)



Volume=2,000m²
 Height=10.0m
 Diameter=16.0m

Same Cost

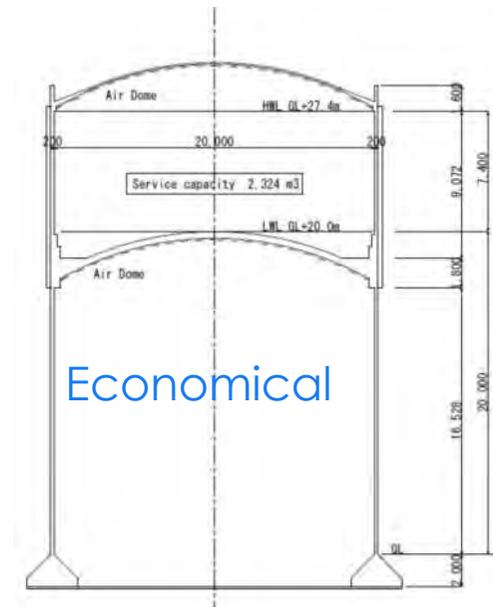
Advantages - Eco-friendliness

Since the frame material is not used, industrial wastes are not generated.

Air-Dome



Conventional method



Verification Survey with the Private Sector for Disseminating
Japanese Technologies for
Pre-stressed Concrete Tanks for
Water Supply and Sewage Treatment Systems in Sri Lanka

Impact of Construction of 2000m³ Capacity PC Tank at Beruwala

Eng. Disna Pannila
Chief Engineer (Construction)
Regional Support Center (Western-South)

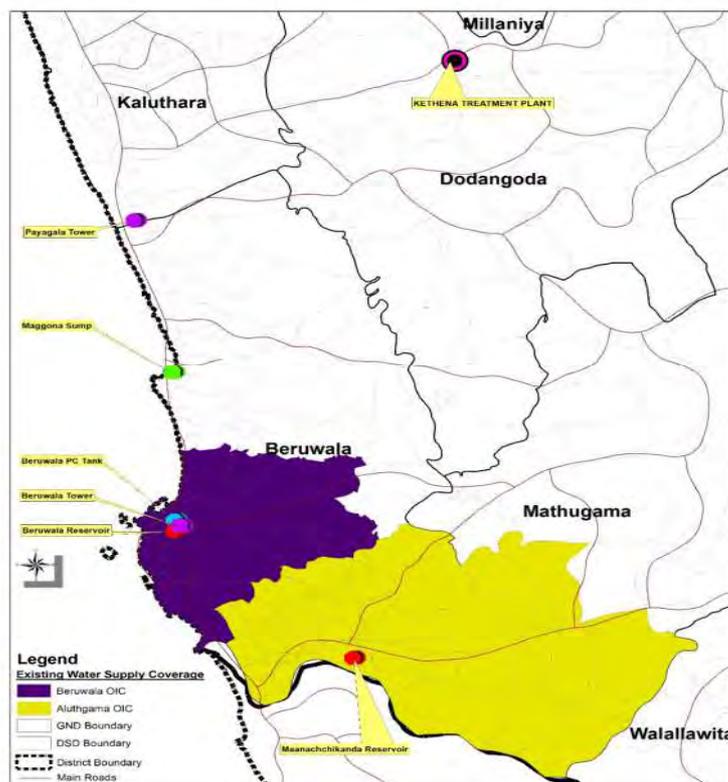
14th March 2019

Project Details

- ❖ Project Location : Beruwala
- ❖ Grant Amount : Rs. 108 Mn (from JICA)
- ❖ GOSL Fund : Rs. 65.0 Mn
- ❖ Capacity : 2,000 m³
- ❖ Coverage areas : Beruwala & Aluthgama
- ❖ Date of Commencement : September 2015
- ❖ Date of Completion : March 2018

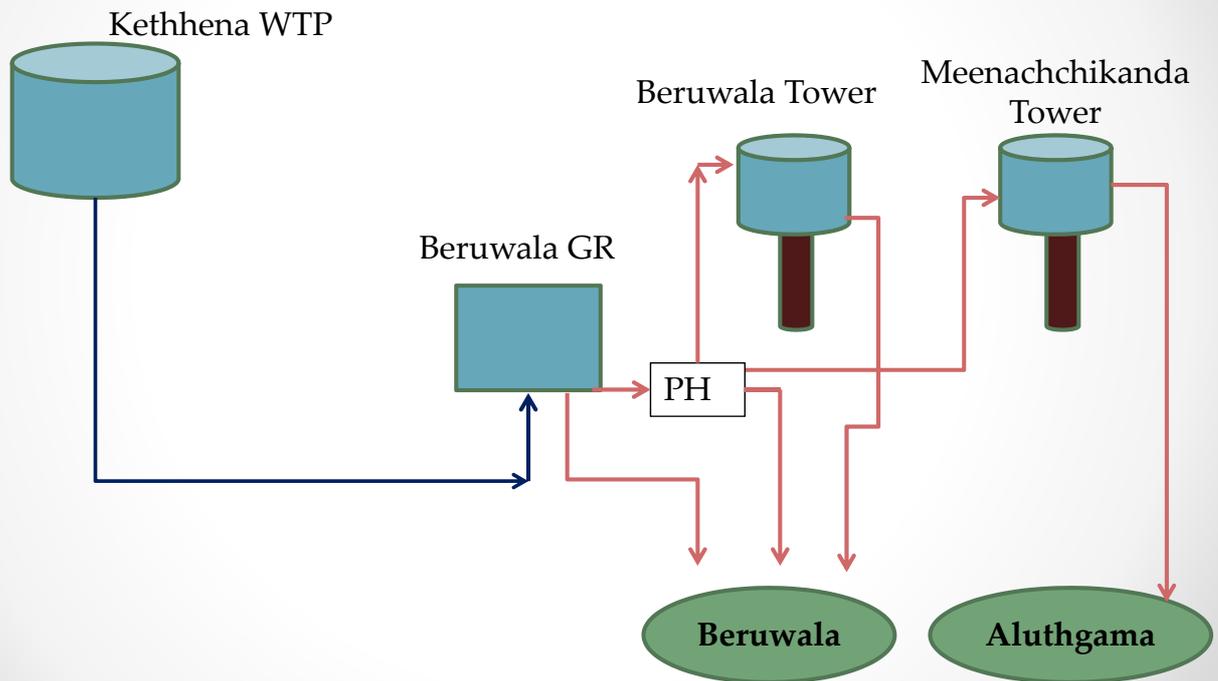


Coverage Area Under PC Tanka

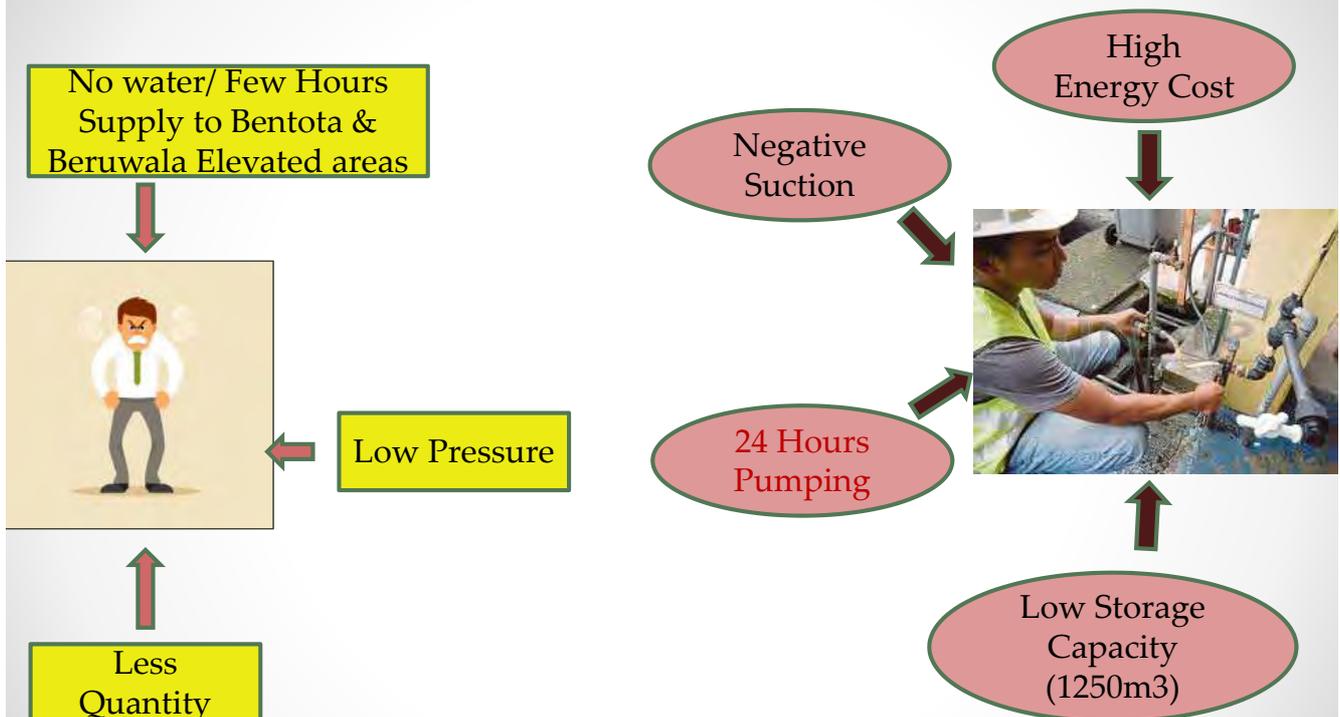


Water Supply System

Before PC Tank

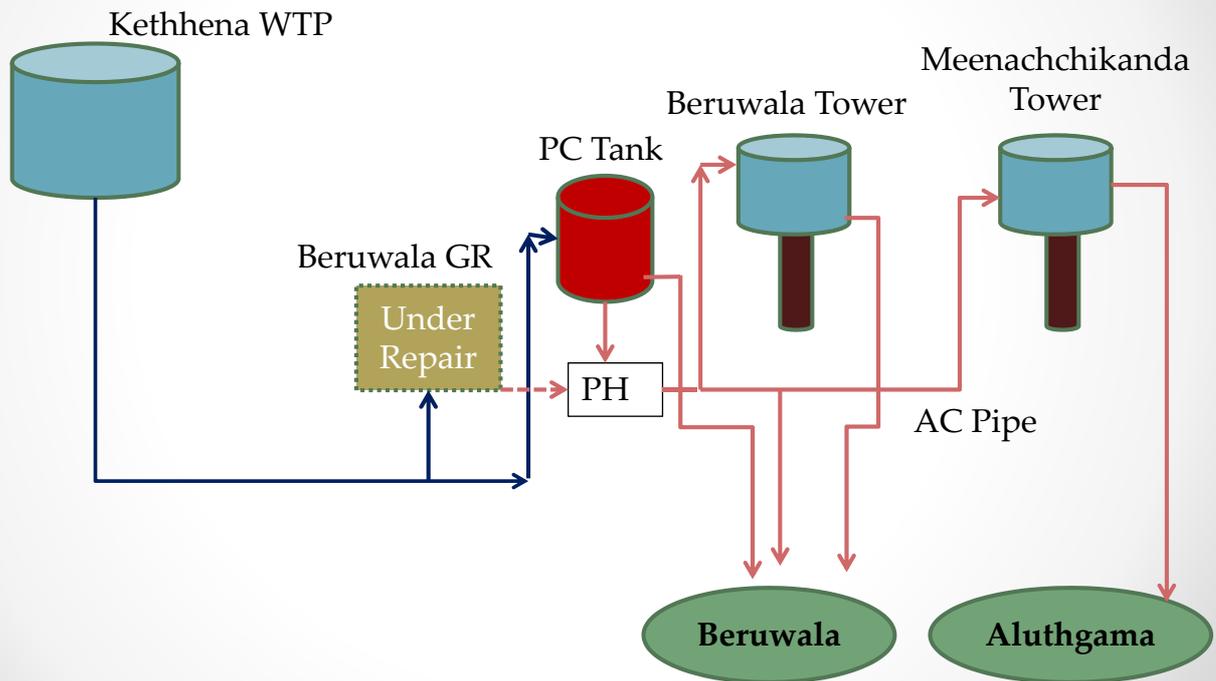


Challengers Before PC Tank



Water Supply System

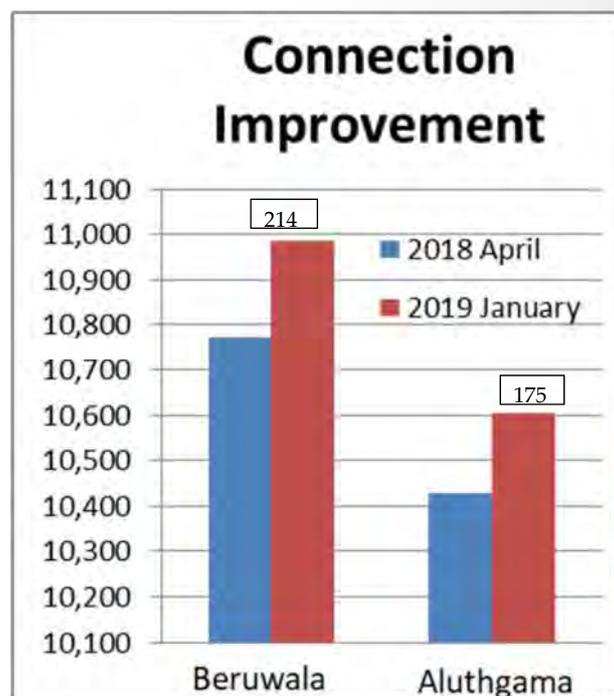
After PC Tank



Positive Impacts of PC Tank

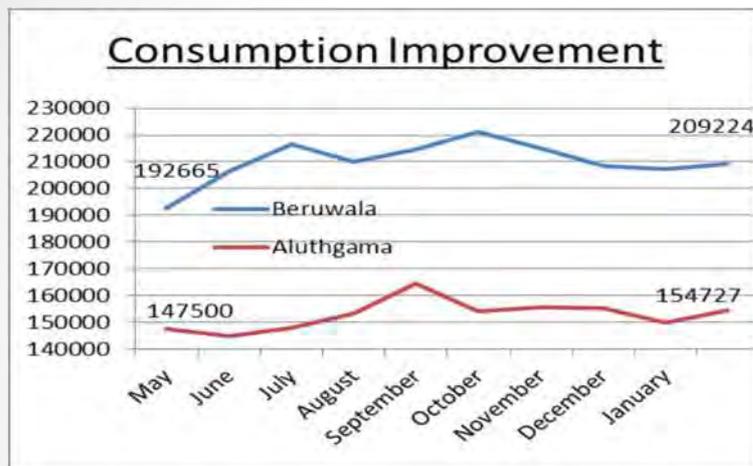
Social

Service Level Improvement	No of Beneficiaries
Beruwala	8,400
Aluthgama	16,800



Positive Impacts of PC Tank

Social



Supply Hour Improvement No of Hours

Beruwala –Elevated Areas 6 hrs to 9 hrs

Aluthgama – Bentota Area 4 hrs to 8 hrs

Positive Impacts of PC Tank contd

Technical

- Part of the system supply through gravity
- Energy saving
- Positive Suction
- Storage improvement – 1250m³ to 3250m²
- Fulfill total demand from PC Tank and able to repair the Beruwala Ground Reservoir
- Electricity Cost reduction – Rs. 400,000/= per month

Thank You



ABE
&
"Life of Water" Chubu Forum, Nagoya

Executive Adviser
Ex Vice Mayor of Nagoya City
MASAO YAMADA



Topic 1

Animal Exchange of Sri Lanka and Nagoya City, 2 elephants had come to Nagoya Zoo in 2007 when I was a vice mayor.

First baby of the elephants in Nagoya Zoo was born on 29th June 2013.



Topic 1

Animal Exchange of Sri Lanka and Nagoya City, 2 elephants has come to Nagoya Zoo in 2007 when I was a vice mayor.

First baby of the elephants in Nagoya Zoo was born on 29th June 2013.



Topic 2



Ms. Delini
"I like the Japanese cold weather and...".
She is doing well and hard.

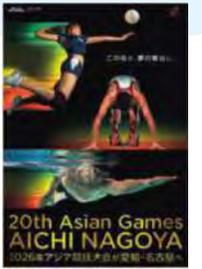


City of Nagoya

CHUBU means Central Japan



CHUBU means Central Japan



Comprehensive Networks

Linear (superconducting maglev) Chuo Shinkansen, 500km/hours will be open in 2027

50 minutes to Osaka

40 minutes to Kyoto

1 hour 35 minutes to Tokyo

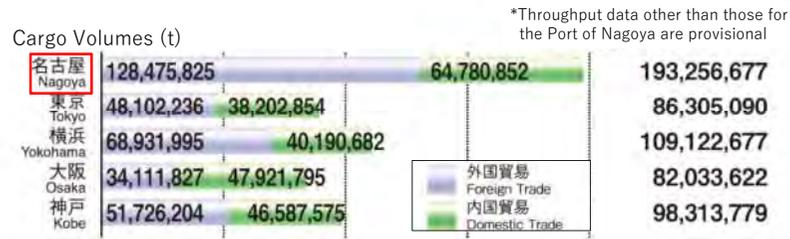
N a g o y a

Automotive and Aerospace Industry Cluster

Fuel cell vehicle

H-II B rocket

Mitsubishi Regional Jet



Overview from south



Automobiles awaiting export to the world in Kinjo Pier



ABE NIKKO KOGYO



BUSINESS PLATFORM



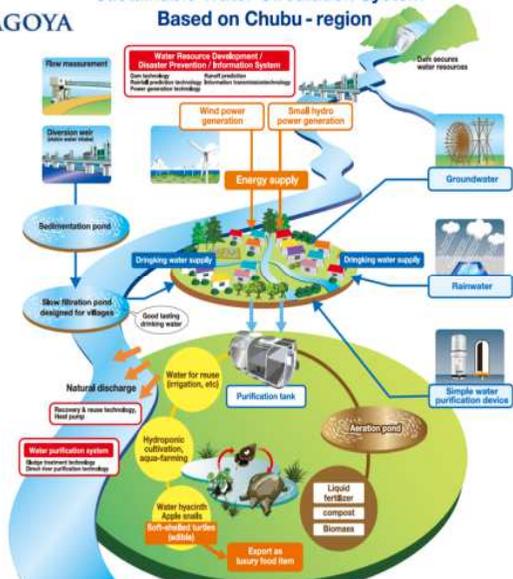
BUSINESS PLATFORM

INTRODUCTION



BUSINESS PLATFORM

**Sustainable Water Circulation System
Based on Chubu - region**



The Chance
of meeting to NWSDB
At 2010 SIWW
→Nagoya Water Project

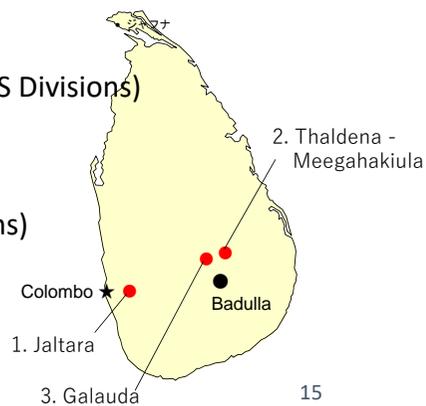


Points of NAGOYA WATER Project
Background of the Project

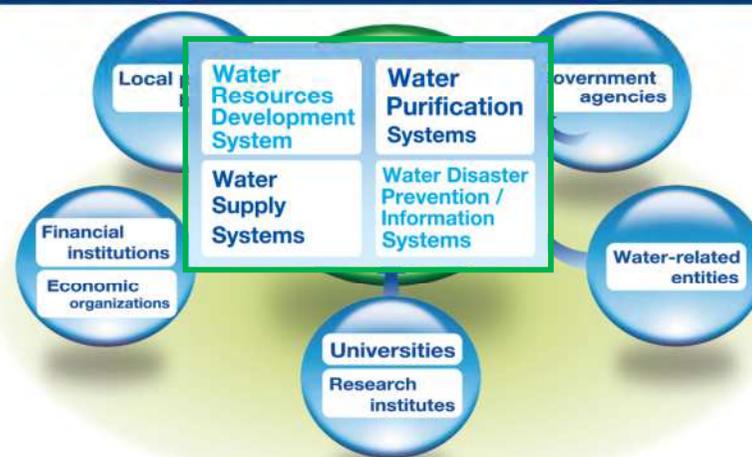
May 2011	Japanese Study Team sponsored by JICA was organized through the technical cooperation of Nagoya City Waterworks & Sewerage Bureau. MOU on the feasibility study was exchanged between Japanese Study Team and NWSDB Start of feasibility study in Sri Lanka
2011 - 2012	Study Team conducted feasibility study with assistance of Ministry and NWSDB
April 2012	Study Team submitted the proposal to NWSDB for water supply in unserved 3 area in Sri Lanka

Points of NAGOYA WATER Project
Project Area

1. Jaltara – Phase II
(Kaduwela and Homagama DS Divisions)
2. Thaldena - Meegahakiula
(Meegahakiula and Soranathota DS Divisions)
3. Galauda
(Kandaketiya DS Division)



Central Japan Brand Aiming to develop water business, 100 Members
Industry, academia and government work together to support numerous private sector enterprises.



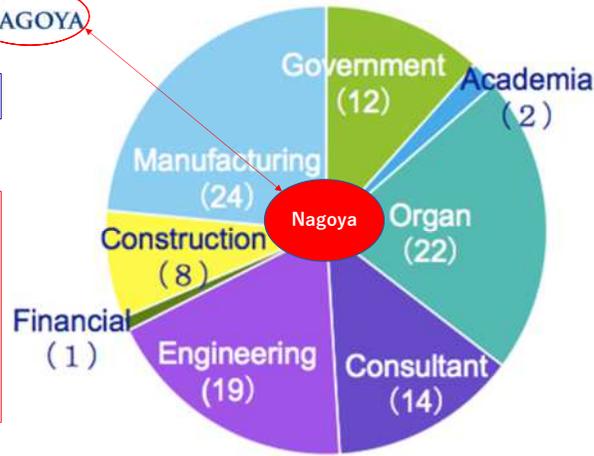
Strategy and Key Concept

Central JAPAN “Chubu-Brand”

Branding of various know-how related to “Water-business and Manufacturing”

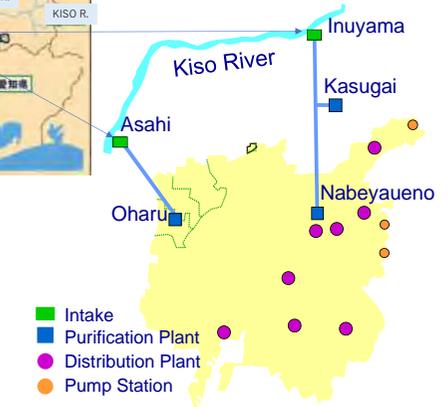
Selling

- Each product and technic
- Package of products &technics
- System(not available for SMEs)



Secretariat
Nagoya research institute of WA-Links
For Future Development

Water Supply of NAGOYA



Started in	1914
Served population	2.4 mil.
Coverage	100%
Daily consumption	760,000m ³
Non Revenue Water	6.2%

Data of 2015

**Description of Slow Filtration Technology Designed for Villages
100 Year History of Nabeya Ueno Water Purification Plant**

Is slow filtration technology sustainable?

- Benefit 1** Little machinery
- Benefit 2** Low energy consumption
- Benefit 3** Low cost
- Benefit 4** Good tasting water
- Benefit 5** Durable

Constructed in 1914,
the Nabeya Ueno Water Purification Plant
has been providing Nagoya City with
good tasting drinking water for nearly 100 years.



Nagoya possesses the special expertise to seamlessly combine slow filtration with rapid filtration.

Specification of slow filtration ponds

Item	Value
Number of ponds	14
Average filtration area	2,277m ²
Standard filtration speed	4m/day
Filtration capacity	140,000m ³ /day

Sewage Works of NAGOYA

Started In	1912
Served Population	99.3%
Sewage Treatment Plant	15
Sludge Treatment Plant	3
Pump Station(Rainwater)	52
Sewer Pipe	7,830km



Sorami Sludge Recycling Center

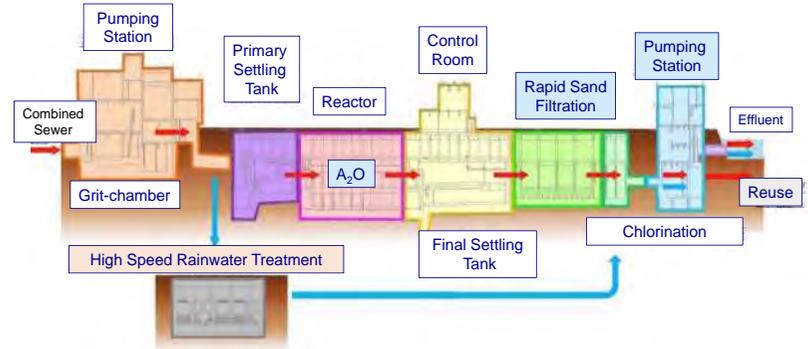
Sewage Works of NAGOYA

Renovation of Tsuyuhashi STP



Sewage Works of NAGOYA

Renovation of Tsuyuhashi STP



PACKAGE

WATER WORKS

Dam
Purification
Distribution

REHABILITATION

Treatment plant
Sewer
Pumping station

SEWAGE WORKS

Treatment
Sludge treatment



FLOOD CONTROL

Pumping station
Sewer
Storage
Countermeasure for COF
Information system
of rain and flow

CONTROL

SCADA
Non-revenue water

REUSE

Sludge
Treated water
Heat
Space

PACKAGE
NRW

Proposal to reduce the non-revenue water and water leakage.



PACKAGE
SEWAGE WORK



CONSULTANTS
Planning
Design



ABE NIKKO KOGYO



BUSINESS PLATFORM



ABE NIKKO KOGYO

BUSINESS PLATFORM



ABE NIKKO KOGYO

It's FUTURE

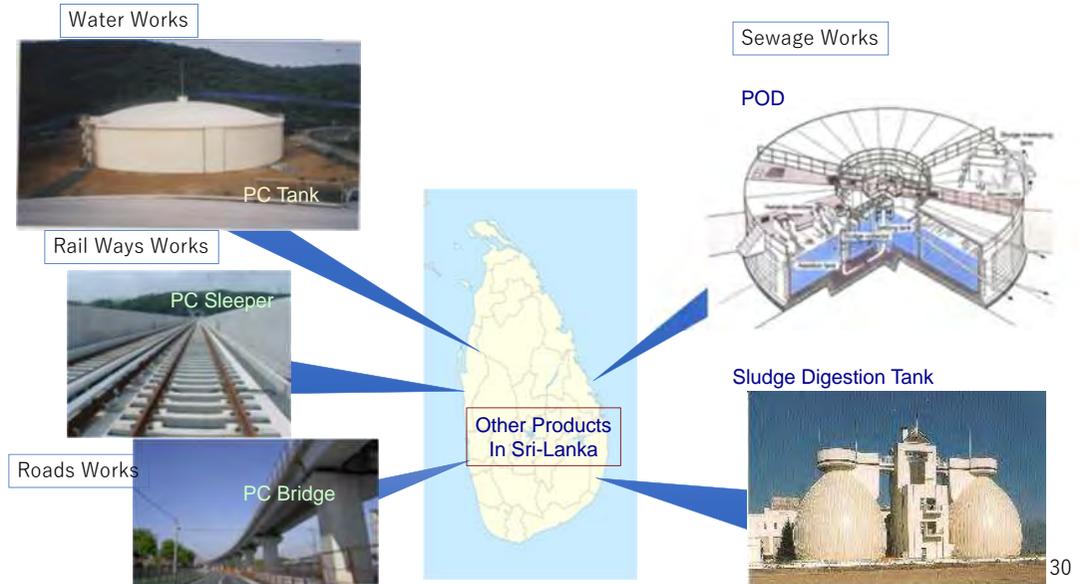
BUSINESS PLATFORM

The Advantages, PC Tank of ABE

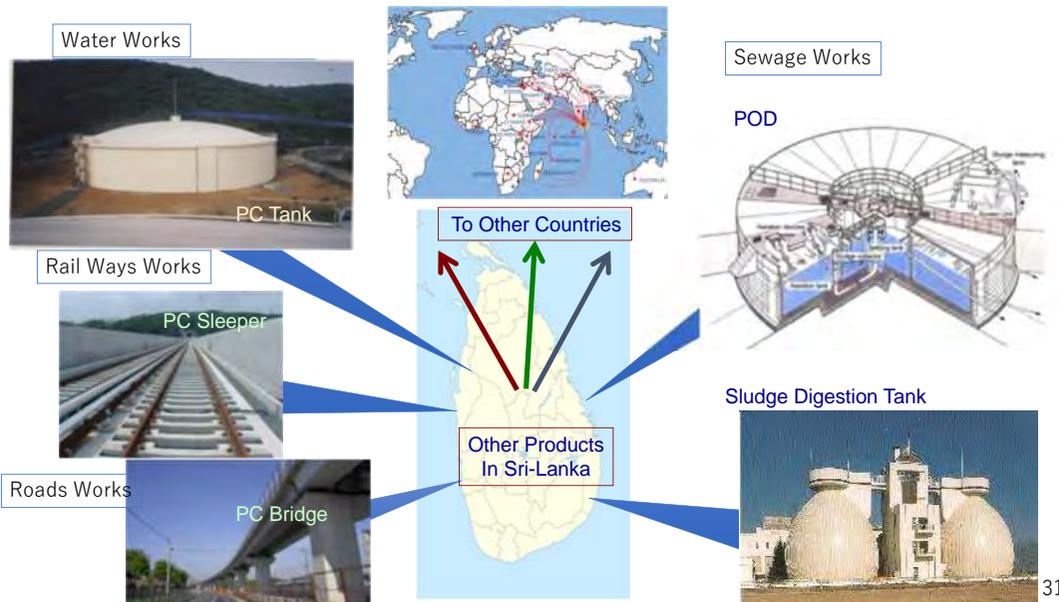
- Less in construction **cost**
- Shorter in construction **period**
- Less **land** required
- **Technically superior** than existing pc tank
- **Durable** and **no maintenance** needed



29



30



31

Propose packages for your needs



BUSINESS PLATFORM

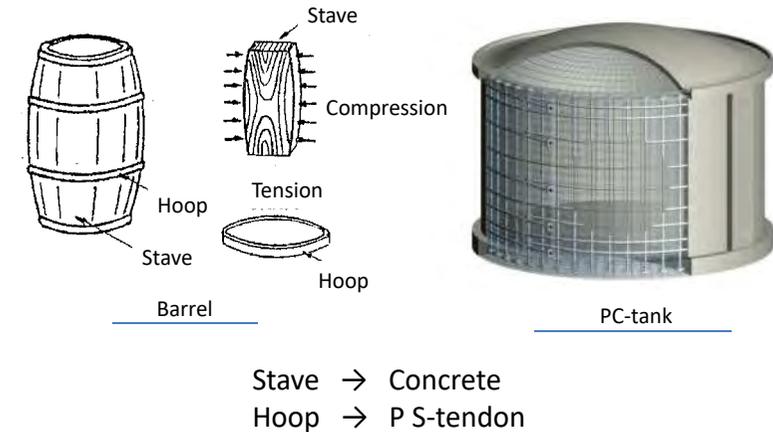
Thank you for your attention

Technical Session

Introduction of the Design Manual of PC Tanks

1. Background of the Design and Construction of Pre-stressed concrete (PC) tank
2. Theory Behind Pre-stressed concrete
3. Pre-stressing system, Materials and Equipment
4. Losses in Pre-stress
5. Structural Principles and considerations used in calculation
6. Explanation on Design Platform

The principle of PC-tank



Background of the Design and Construction of Pre-stressed concrete (PC) tank

PC tanks have following advantages over conventional cast in-situ reinforced concrete structures in water supply systems.

1. Generally PC tanks with capacity more than 3000m³ are economical with compared to reinforced concrete structures.(Proof shall be done through a research).
2. The ring tensile force develop according to the depth of the liquid can be counteracted with the applied pre-stress forces. Then the structure is always in compression and no allowance for tension. Hence no cracks no leakages.
3. No limitations for depth of the structure.
4. Required less land area.
5. Shorter construction period.
6. Durable and no maintenance is required.
7. It has proven resistance to earth quake and Tsunami situations.
8. Cylindrical tank is a convenient structure to contain liquid. It is a shell structure and can carry greater loads with thin sections.

What is Reinforced Concrete?

Reinforced concrete:

- Concrete is strong in compression weak in tension.
- Steel is strong in tension
- Reinforced concrete uses concrete to resist compression and to hold bars in position and uses steel to resist tension.
- Tensile strength of concrete is neglected (i.e. zero)
- R.C beams allows crack under service load.

What is Pre-Stressed Concrete?

Pre-stressed Concrete structure is different from Conventional Concrete Structure.

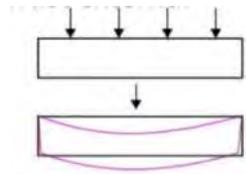
What is the difference?

In Pre-stressed Concrete structures initial load is applied prior to its use.

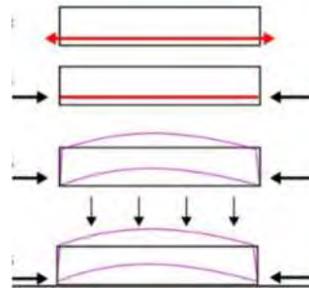
The Initial load or pre-stressed force is applied to enable the structure to counteract the stresses arising during its service period.

That is internal stresses are induced to counteract external stresses.

Behavior of a Beam:

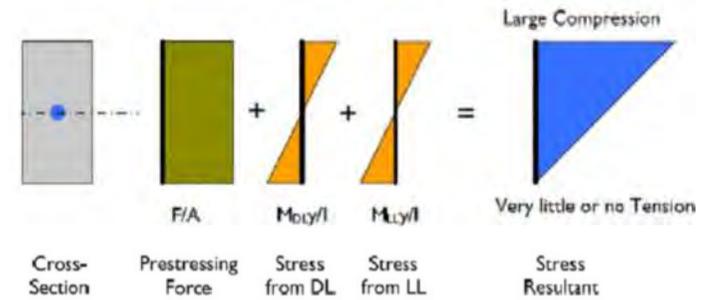


Under Normal Loading



Under Pre stress Loading

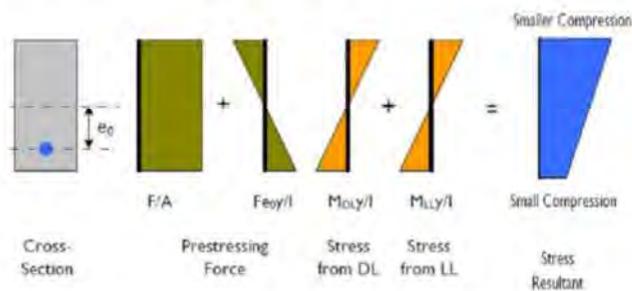
What is Pre-Stressed Concrete?



- Stress in concrete when pre stressing is applied at the c.g of the section

What is Pre-Stressed Concrete?

- Stress in concrete when pre stressing is applied eccentrically with respect to the c.g of the section .



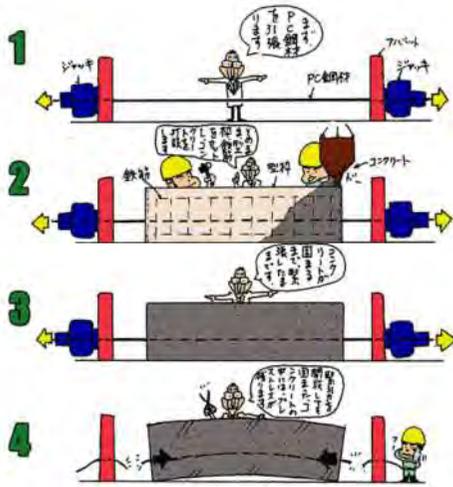
How to apply Pre-stress in Concrete structures

Pre-stress is introduced by stretching steel wire and anchoring them against concrete.

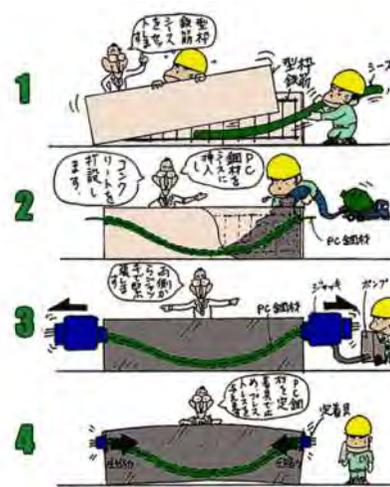
Basically Pre-stressed is accomplished in three ways.

- Pre tensioned
- Post tensioned
 - Bonded
 - Un-boded

Pre-tension



Post-tension

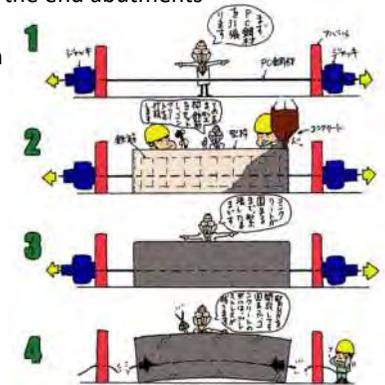


9

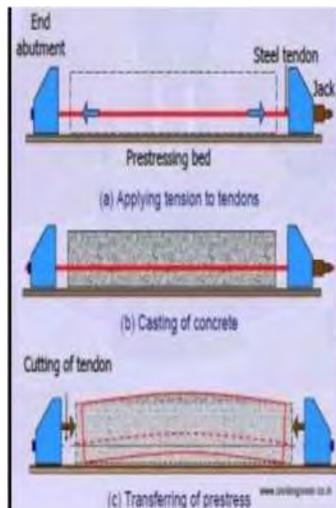
How to apply Pre-stress in Concrete structures

Pre Tensioning: Method of pre-stressing concrete, in which tendons are tensioned before the concrete is placed. The operation is 4 step process

1. Anchoring the tendons against the end abutments
Placing of jacks
2. Applying tension to the tendon
3. Casting of concrete
4. Cutting the tendons



Pre-Stressed by Pre- Tensioning



Casting Bed

How to apply Pre-stress in Concrete structures

Post Tensioning: Method of pre-stressing concrete in which tendons are tensioning after the concrete has placed. The operation commonly has 7 steps process.

1. Casting of concrete incorporating Sheaths to insert tendons
2. Placement of tendons
3. Placement of anchor block and jacks
4. Applying tension to the tendon
5. Seating of wedges
6. Cutting the tendon
7. Grouting

In un-bonded post tensioning each individual tendon (or strand) has a permanent freedom of movement relative to the concrete. However in bonded concrete the Tendon (or strand) is grouted and fixed.

For this design Post tensioned bonded method is used for pre stressing.

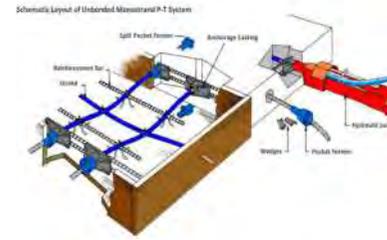
How to apply Pre-stress in Concrete structures



Bonded Post tensioning System

How to apply Pre-stress in Concrete structures

Un – Bonded Post Tensioning system



Unbonded Flat Slab pc-strands

Pre- Stressing System-Wires,Strands,Tendons

Wires: Pre-stressing wire is a single unit made of Steel.

Strands: A few wires are spun together in a helical form to form a prestressing strand.

Tendons: A group of strands or wires are placed together to form a pre-stressing tendon.

Cables: A group of tendons form a pre-stressing cable.

Bars: A tendon can be made up of a single steel bar.



Strands



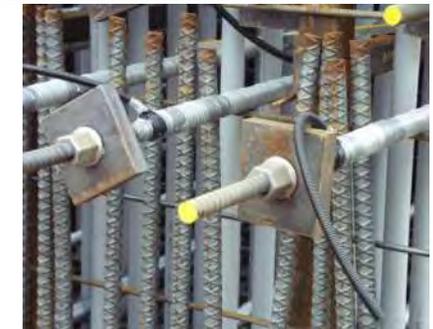
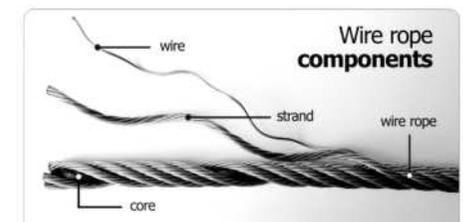
Bars



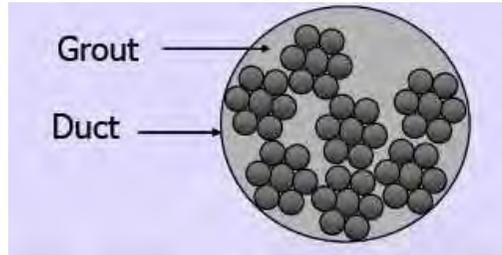
Pre stressing wires strands and Bars

Pre- Stressing System-Wires,Strands,Tendons

Wire strands and Bars Used for Pre and post lensioning



Pre- Stressing System-Wires,Strands,Tendons



Cross Section of a Typical Tendon

Post Tensioning -Sheath /Duct



In post-tensioning systems, the ducts for the tendons (or strands) are placed along with the reinforcement before the casting of concrete. The tendons are placed in the ducts after the casting of concrete. The duct prevents contact between concrete and the tendons during the tensioning operation.

Sheath Arrangement in a PC Tank



Post Tensioning -Strand Pusher Machine

PC strand pusher machine is a equipment used for pushing PC strand through into metal duct(or hdpe plastic ducts) in PC Structures.

It is used for pushing through 15.24mm, 12.7mm, 12.5mm, 15.7mm PC strand.

There are various pushing capacities(distance): 60m machine, 100m machine, 150m machine and 210 machine.



Jacks and pumps used for Post Tensioning



Mono Strand Jack



Multi Strand Jack

Jacks and pumps used for Post Tensioning

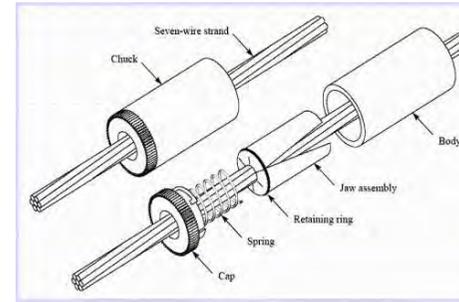


Hydraulic Jack and Pump

Pre Tensioning –Anchoring Devices

In pre-tensioned members, the tendons are to be held in tension during the casting and hardening of concrete. The anchor holds the strands until after the concrete has gained sufficient strength; the strands are then released, transferring the prestressing force to the concrete. In Pre tensioning simple and cheap quick-release grips are generally adopted.

Pre Tensioning Anchoring System



Chuck Assembly for Anchoring Tendons
Reference: Lin, T.Y. and Burns, N.H.

Post Tensioning –Anchoring Devices

In post-tensioned members the anchoring devices transfer the pre-stress to the concrete.

The devices are based on the following principles of anchoring the tendons.

- 1) Wedge action
- 2) Direct bearing
- 3) Looping the wires Wedge action

The anchoring device based on wedge action consists of an anchorage block and wedges. The strands are held by frictional grip of the wedges in the anchorage block.

Some examples of systems based on the wedge-action are Freyssinet, Gifford-Udall, Anderson and Magnel-Blaton anchorages.

Post Tensioning System at the Jacking End of the Strand

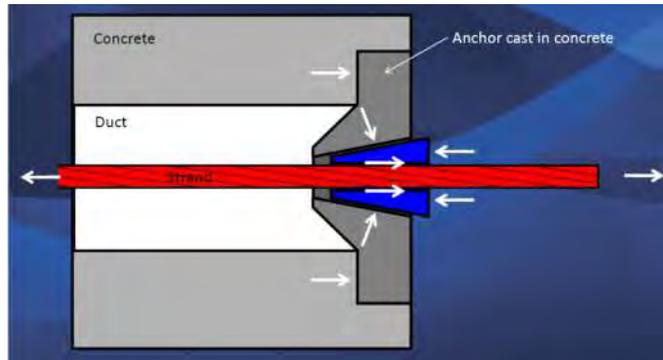


Strands

Bars

Anchorage Assembly at the Jacking End

Post Tensioning System at the Jacking End of the Strand



How are strands Anchored

Post Tensioning –Grouting machines



Bonded tendons, installed in ducts or voids within the concrete, must be grouted for protection after tensioning. The grouting of tendons tensioned to 80,000 psi or more is a demanding job that requires special skills and materials. Grouts to be pumped into tendon ducts must have special characteristics to match the particular needs of this application.

Post Tensioning –Grouting machines



Grouting Machine



Grouting Tube Arrangement at the Site

Losses in Pre-Stress

Pre-stress does not remain constant with time.

Reduction of pre stress is nothing but the loss in pre-stress

Loss of pre –stress is classified into two types

(i) Short term or immediate losses

Immediate losses occur during pre-stressing of tendons and transfer of pre stress to concrete member

- Elastic shortening (deformation) of concrete
- Friction between tendon and tendon duct and wobble effect
- Slip at anchorages (Anchor setting length) immediately after pre stressing

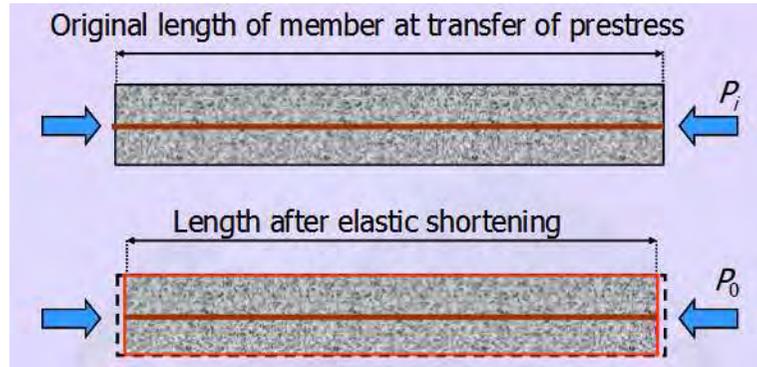
(ii) Long term or Time Dependent losses

Time dependent losses occur during service life of structure

- Creep and shrinkage of concrete
- Relaxation of Pre-Stressing Steel

Losses in Pre-Stress

Loss Due to Elastic Shortening



Pre-Stress Force variation due to Elastic Shortening of Concrete

Losses in Pre-Stress

Calculation of Pre stress Loss due to Elastic Shortening of Concrete

$$\Delta\sigma_p = \frac{1}{2}n \cdot \sigma_{cpg}$$

where,

$\Delta\sigma_p$ is the tensile stress losses of a tendons due to elastic deformation of concrete (N/mm²);

n is the modulus of elasticity ratio, (E_p / E_c);

E_p is the modulus of elasticity of pre-stressing steel (kN/mm²);

E_c is the modulus of elasticity of concrete at the time of tensioning (kN/mm²);

σ_{cpg} is the tensioning-induced stress of concrete at tendon centroid (N/mm²).

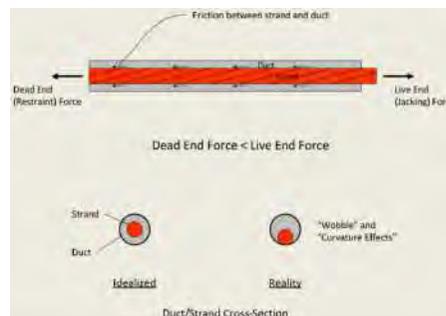
30

Losses in Pre-Stress

Loss due to Friction between tendon and tendon duct and wobble effect:

Loss due to friction is a function of

- Curvature friction coefficient
- Angular change over length of strand
- Wobble friction coefficient
- Length from jack to point of interest



Losses in Pre-Stress

Calculation of Pre-stress Loss Due to Friction between tendon and tendon duct and wobble effect

The tensile force of the tendon at the design cross section incorporating the effect of friction between the tendon and the sheath can be expressed by the equation given below.

$$P_x = P_i \cdot e^{-(\mu \cdot \alpha + K \cdot l)}$$

where, P_x is the tensile force of tendon in the design cross section;

P_i is the tensile force of tendon at the jack position;

μ is the friction coefficient per radian of angular change (Table-3.3);

α is the angular change (radian);

K is the friction coefficient per unit length of tendon (Table-3.3);

l is the length from the tension end of tendon to the design cross section

Type of tendon	μ (1/rad)	K (1/m)
Wires and wire strands	0.30	0.004
Bars	0.30	0.004

* For details, refer to BSS100-1:1997 4.9.4.3

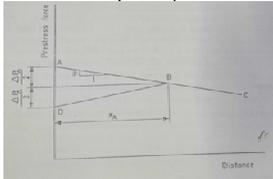
32

Losses in Pre-Stress

Pre-Stress Loss Anchorage Draw-in(Setting Length)

A pre-Stressing tendon may undergo a small contraction during the process of transferring the tensioning force from jack to the anchorage and this is known as anchorage draw-in

During the tensioning process Pre-stress force varies along the length of the pre-stress member and it is illustrated by the curve ABC and it is based on the equation; $P_x = P_i \cdot e^{-(\mu \cdot \alpha + K \cdot l)}$

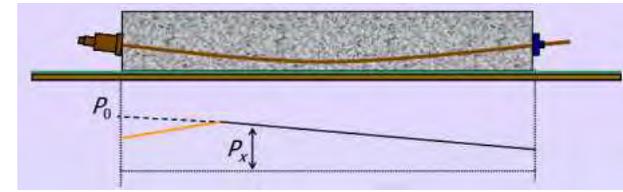


During Anchorage Draw-in, over the length ABC the tendon is relaxed and it tends to move to the opposite direction to the original direction moved during tensioning.

It is assumed that regardless of the direction that the tendon moves, Pre-stress force variation along the pre-Stress member follows the same equation above and follows curve DB; Mirror image of curve AB. It is also assumed beyond the point B the force in the tendon is unaffected by the Draw-in.

Hence the vertical ordinate AD represents the loss of Pre-Stress Force ΔP_A due to Draw-in.

Losses in Pre-Stress

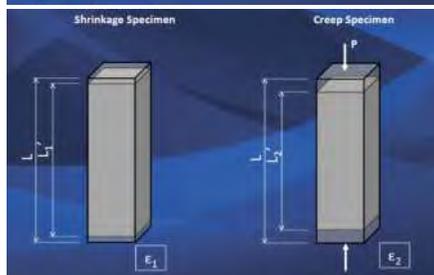
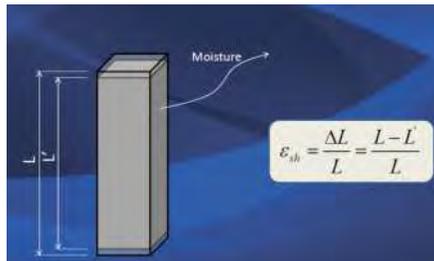


Loss Due to Anchorage Setting Length(Draw- in):

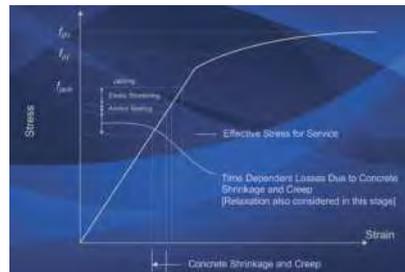
Anchorage System	Anchorage Slip (Δ_s)
Freyssinet system	
12 - 5mm Φ strands	4 mm
12 - 8mm Φ strands	6 mm
Magnel system	8 mm
Dywidag system	1 mm

(Reference: Rajagopalan, N., *Prestressed Concrete*)

Losses in Pre-Stress



Loss due to Shrinkage, Creep

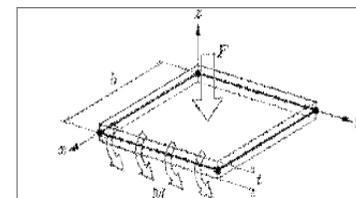


Loss due to Relaxation:

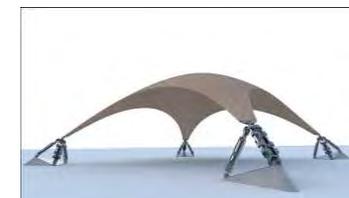
Equations are there to quantify the loss

Structural Principles and Considerations used in Calculation

Most structures consist of arrangements of beams and columns. In structural analysis these elements; beams and columns are treated as lines with certain cross section. They are categorized as linear or one dimensional elements. At the other end of the spectrum of structural elements we have three dimensional elements. In between these two extremes class of structures known as two dimensional surface structures lie. Load path of the surface structures is along the surface. Eg; Plates and shells.



Plate



shell

Shell is defined as a curved surface structure.

Membrane Theory of shells

The membrane theory is used extensively in designing structures such as flat bottom tanks, pressure vessel components and domed roofs.

The membrane theory assumes that equilibrium in the shell is achieved by having the in plane membrane force resist all applied loads without any bending moments.

The theory gives accurate results as long as applied loads are distributed over a large area of the shell such as pressure and wind loads.

The basic assumptions made in deriving the membrane theory are.

- The shell is homogeneous and isotropic
- The thickness of the shell is small compared to its radius of curvature
- The bending strains are negligible and only strains in the middle surfaces are considered.
- The deflection of the shell due to applied loads is small.

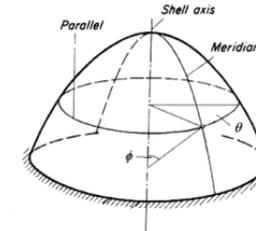
At locations where the deflection is restricted or there is a change in geometry such as cylindrical –Spherical shell junction the membrane theory is inadequate to maintain deflection and rotation compatibility between the shells.

At these locations restraining forces are developed which result in bending and shear stresses in shell.

Membrane Theory for Dome Roof

Basis Structural Formulae for Dome Roof :

The location of any point on the dome can be given by the intersection of a meridian and a parallel as shown in the figure below. The meridian is defined by the angle θ of its plane from some designated datum plane. The parallel is defined by the angle ϕ that the shell normal makes with the shell axis

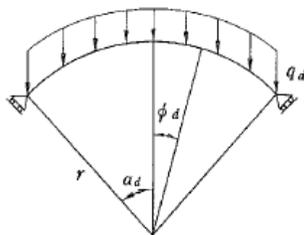


Following equations have been derived by applying the boundary conditions of a dome to the general equations of shell element.

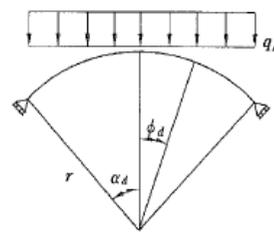
$$N_{\phi d} = r \cdot q / (1 + \cos \phi d)$$

$$N_{\theta d} = r \cdot q (\cos \phi d - 1 / (1 + \cos \phi d))$$

Types of Loads Applied on Dome Roof



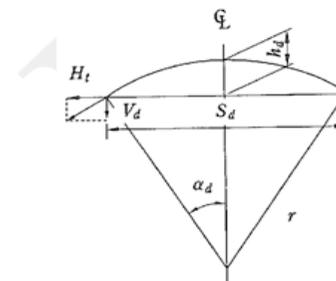
a) Dead weight



b) Live load

Pre- Stressing Force in Dome Ring

At location where the roof dome is connected to the vertical cylindrical tank the membrane theory is inadequate to maintain deflection and rotation compatibility between the shells. At this location to deal with incompatible forces a pre-stressed dome ring is introduced. The pre-stressed force is applied to counteract the incompatible forces at this point.



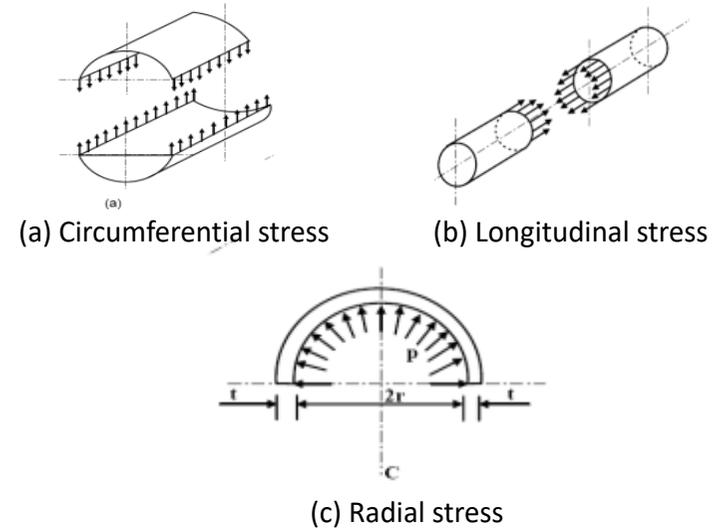
Pre-stressing force to be applied to dome ring :

$$F_d = H_t \cdot \frac{S_d}{2}$$

Membrane Theory for Cylindrical Shell Structures

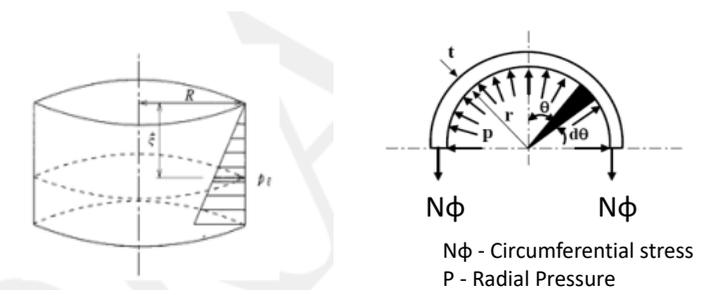
Cylindrical tank wall is a shell structure with a curved surface
 Consider a cylindrical shell under water pressure;
 For a cylinder to qualify as a thin walled the ratio of radius to thickness; That is $r/t \geq 10$.
 Thin walled cylinders are used as boiler shells, pressure tanks, pipes and in other low pressure processing equipment.
 In general three types of membrane stresses are developed in pressure cylinders viz. circumferential or hoop stress, longitudinal stress in closed end cylinders and radial stresses. These stresses are demonstrated in following figures.

Membrane Theory for Cylindrical Shell Structures



Basic Structural formulae for membrane forces in a cylindrical Tank:

Since the water tank is not an enclosed pressure vessel, there is no longitudinal stress.
 Force diagram for induced Circumferential Stress due to applied internal water pressure is depicted in following figures.



Cylindrical Water tank

$N\phi$ - Circumferential stress
 P - Radial Pressure

$$N\phi = Pr$$

Stress Strain Relationship in Cylindrical Tank

The wall of cylindrical shell is pushed toward outside and increased in length, when the water pressure is acting to cylindrical shell. When the radial displacement at a distance ξ from the top end is assumed to w , the circumferential length is calculated as follows:

$$2\pi(R + w) = 2\pi \cdot R + 2\pi \cdot w$$

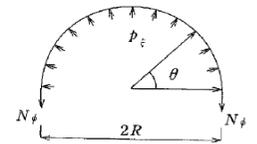
The circumferential length stretch $2\pi w$ from the original length $2\pi R$ due to water pressure. Dividing it by the original length, the strain is obtained.

$$\epsilon = 2\pi w / 2\pi R = w / R$$

Due to Hooke's law,

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

where, σ is the stress;



Stress Strain Relationship in Cylindrical Tank

E is the modulus of elasticity. When the axial force $N\Phi$ is acting, the stress is calculated as follow.

$$\sigma = N_{\phi} / A = N_{\phi} / t$$

where, A is the cross-section area per unit length = $1.0 \times t$ (m²);
t is the thickness (m).

Therefore,

$$N_{\phi} = E \cdot t \cdot w / R$$

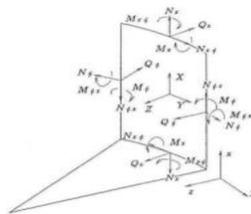
This equation is one of the most important relationship on the cylindrical shell stress problems.

Bending Moment and Other Induced Sectional Forces in Thin cylindrical Shells

At locations where the deflection is restricted or there is a change in geometry such as cylindrical to spherical shell junction the membrane theory is inadequate to maintain deflection and rotation compatibility between the shells. At these locations restraining forces are developed which result in bending and shear stresses in shell.

Many structures such as storage tanks, pressure vessels are designed as per the membrane theory and total stresses at discontinuities are determined from the membrane and bending theories.

Basic Structural formulae for Bending moment and Other induced Forces in Cylindrical Tank Wall



Force Diagram -Cylindrical Shell Element

where, N_x is the vertical axial force;
 $N\Phi$ is the circumferential axial force;
 M_x is the vertical bending moment;
 $M\Phi$ is the circumferential bending moment;
 $N_x\Phi$, $N\Phi_x$ is the in-plane shear forces;
 $M_x\Phi$, $M\Phi_x$ is the torsional moments;
 Q_x , $Q\Phi$ is the out-of-plane shear forces;
 X , Y , Z is the external forces in x , y , and z directions, respectively.
 When dealing with axisymmetric loads, $N_x\Phi = N\Phi_x = M_x\Phi = M\Phi_x = Q\Phi = 0$

Basic Structural formulae for Bending moment and Other induced Forces in Cylindrical Tank Wall

From the equilibrium of member forces shown in above Figure the basic equation is expressed as follows:

$$\frac{d^4 w_x}{dx^4} + 4\beta^4 w_x = \frac{Z}{K} \quad \text{----- equation (1)}$$

where,

w_x is the radial displacement (The solution is determined by Equation (3.);

x is the distance from wall bottom;

β is the characteristic value of tank wall $\left(= \sqrt[4]{\frac{E \cdot t}{4R^2 \cdot K}} \right)$;

E is the modulus of elasticity;

t is the wall thickness;

R is the radius;

K is the flexural rigidity $\left(= \frac{E \cdot t^3}{12(1-\nu^2)} \right)$;

ν is Poisson's ratio.

Basic Structural formulae for Bending moment and Other induced Forces in Cylindrical Tank Wall

Also,

$$M_x = -K \frac{d^2 w_x}{dx^2} \quad Q_x = -K \frac{d^3 w_x}{dx^3} \quad N_\phi = -\frac{E \cdot t}{R} \cdot w_x \quad \text{----- equation (2)}$$

The solution of Equation (2) is expressed by the following equation:

$$w_x = C_1 \sin \beta x \cdot \sinh \beta x + C_2 \sin \beta x \cdot \cosh \beta x + C_3 \cos \beta x \cdot \sinh \beta x + C_4 \cos \beta x \cdot \cosh \beta x + f(x) \quad \text{----- equation (3)}$$

where,

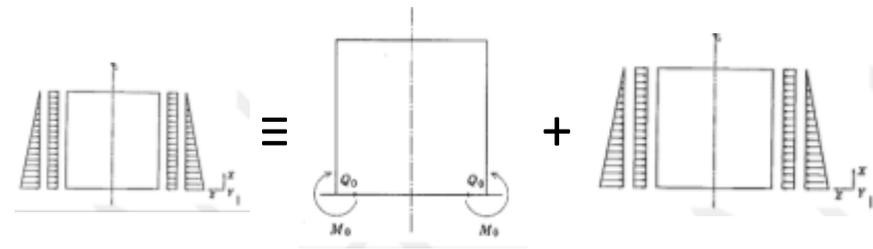
C1 to C4 is the integration constants determined from the boundary conditions of the cylinder end;

f(x) is the particular solution of Equation (1).

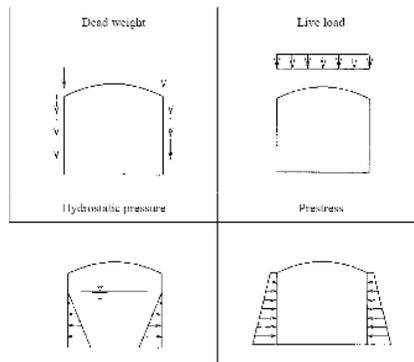
The above formula is derived considering the support condition at the wall bottom is fixed.

Basic Structural formulae for Bending moment and Other induced Forces in Cylindrical Tank Wall

For solving the equation (1) above following equivalent support and loading conditions are considered.



Loads to be Considered for Cylindrical Tank Wall

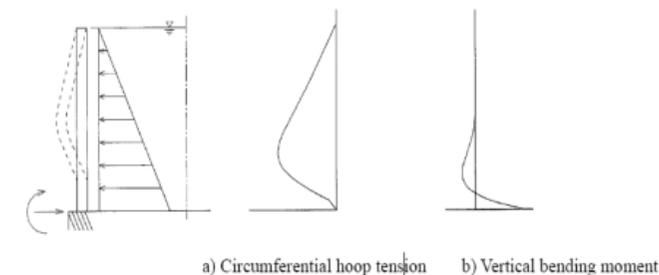


Load Combinations to be Considered in Cylindrical Tank wall

	Empty	Full
Dead weight	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Live load	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hydrostatic pressure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prestress	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

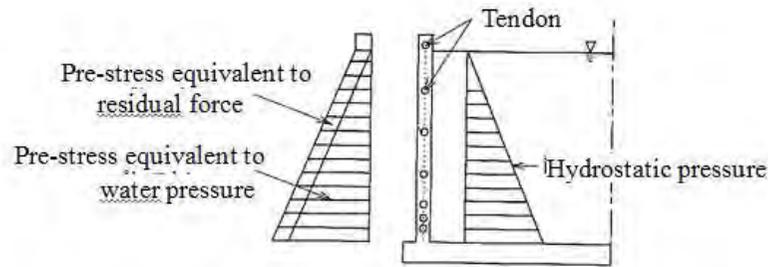
Induced Stresses in Cylindrical tank wall

Circumferential hoop tension and vertical bending moment is generated in the cylindrical direction of the wall by hydrostatic pressure as the Figure shown below.



Horizontal Pre- Stress Force

Therefore, in order to counteract hoop tension, pre-stress in the circumferential direction should be introduced necessarily. Generally, "sum of the equivalent force to hydrostatic pressure and residual compressive force" are given as shown in Figure below.



Horizontal Pre- Stress Force

Special geometrical Feature of Circular PC Tanks to Introduce Pre Stress Force.

Pilaster

Pilaster (anchorage pillar) for anchoring the circumferential tendons should be placed at equal intervals and the number is four or more even number. Because the pre-stress is not constant in the circumferential direction by the various losses, it should be anchored alternately on the adjacent tier as shown in Figure below, so that pre-stress is as uniform as possible

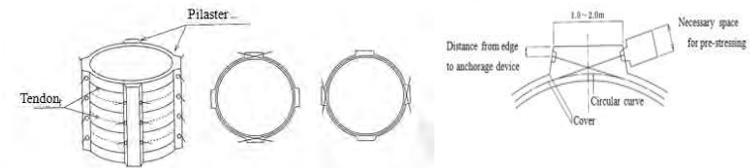
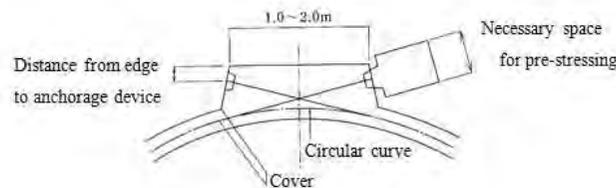


Illustration of Pilaster locations and tendon arrangements

Horizontal Pre- Stress Force

Since structure of the anchorage equipment is vary from the anchorage method, the manual of each anchorage method should be referred when the pilaster is determining. The width of pilaster is generally about 1.0 to 2.0m, and it is necessary to be secured that ensuring of the cover of the sheath and not extremely-bending of the PC tendon at point where changes from the curved portion to the straight portion.



Shape of the Pilaster

Horizontal Pre- Stress Force

Since the loss of pre-stress increases depend on the distance from the tension end the loss of pre-stress at a position far from the tension end becomes large in the case of the tendon length is long. Also, since the elongation is larger in proportion to the length of tendon at tensioning state, replacement work of the tension jack is required if the jack strokes are not enough. Thus, the pilaster number should be determined in accordance with the diameter of the tank. The reference number for the single strand system which had been obtained from Japanese practice is shown in Table below.

Number of pilaster for single strand system

Diameter (m)	Number of pilaster
$D \leq 20$	4
$20 < D \leq 40$	6
$40 < D$	8

Vertical pre-stress

Vertical pre-stress is introduced to counteract the vertical tensile force generated by the circumferential pre-stress at empty water state

Vertical pre-stressing bar is placed inside the sheath before concreting the wall and grout them after tensioning.



Vertical sheath to insert Vertical Pre-Stressing bar

Explanation on Design Platform

Design Platform of the Beruwala PC Tank is Permissible stress design. More commonly called Allowable Stress Design-ASD, working Stress Method –WSM or Elastic Design.

However Ultimate Stress Design is Adopted in BS Codes

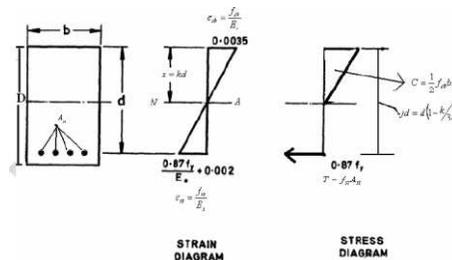
Ultimate Stress Design is also known as Limit State Design, In USA, Load and Resistance Factor Design(LRFD), Limit State Method(LSM) or Plastic Design

What is Permissible Stress Design?

Permissible stress design is a design philosophy used by civil engineers.

In Permissible Stress Design, the design strength is calculated such that the stress in material is restrained to its yield limit,(That is the stresses developed in a structure due to service loads do not exceed the elastic limit) under which the material follows Hooke's law, and hence the term "elastic" is used. This limit is usually determined by ensuring that stresses remain within the limits through the use of factors of safety.

This method yields to uneconomical design of simple beam, or other structural elements where the design governing criteria is stress (static). However, in case of shift of governing criteria to other factors such as fatigue stress, both the methods will give similar design. Also, WSM substantially reduces the calculation efforts.

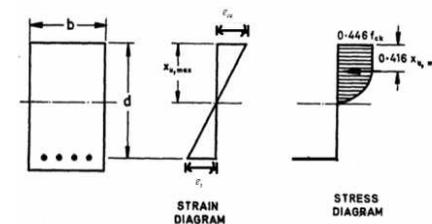


Stress Strain Diagram in Permissible Stress Design

What is Ultimate Stress Design?

The permissible stress design approach has generally been replaced internationally by Ultimate Stress Design except for some isolated cases.

In Limit State Design, as the name suggests, the stress in material is allowed to go beyond the yield limit and enter into the plastic zone to reach ultimate strength. Hence the "moment-rotation" capacity of beam, for example, is utilized making the design more economical. However, due to the utilization of the non-linear zone this method involves arduous calculation.



Stress –Strain Diagram in Ultimate Stress Design

Explanation on Design Platform

General Differences in two methods are stated below:

- 1) Serviceability check in case of LSM is required because after the elastic region strain is higher, which results in more deformation, hence a check is necessary.
- 2) WSM follows linear stress-strain behaviour of both the materials whereas; LSM follows linear strain relationship but not linear stress relationship (one of the major difference between the two methods of design).
- 3) LSM is strain based method whereas WSM is stress based method.
- 4) LSM is non-deterministic method whereas WSM is deterministic approach.
- 5) Partial safety factor is used in LSM whereas Safety factor is used in WSM.
- 6) Characteristic values (derived from probabilistic approach) are used in case of LSM whereas Average or statistic values are used in WSM.
- 7) In WSM dead and live loads are treated equally, i.e. the factor of safety would be same irrespective of the type of load(dead or live). However LSM recognizes the inherent unpredictability of loads and assigns different factor of safety to different loads.

Explanation on Design Platform

**Important ;
In design one or the other of the design philosophies shall be selected.**

You cannot switch between the two philosophies in a given Design!

スリランカ民主社会主義共和国
経済的な水道整備に資する
PC タンクの普及・実証事業

環境社会配慮 報告書
(カテゴリーB)

2019年4月

株式会社 安部日鋼工業

A. 事業サイト地図



(出所 : Map based on a UN map. Source: UN Cartographic Section)

B. 略語

略語	英語表記	日本語表記
ABE	ABE NIKKO KOGYO CO., LTD.	株式会社安部日鋼工業
CEA	Central Environmental Authority	中央環境庁
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響調査
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境影響調査
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
NWSDB	National Water Supply and Drainage Board	国家上下水道庁
PC	Pre-stressed Concrete	プレストレストコンクリート
PPV	Peak Particle Velocity	ピーク粒子速度
SPM	Suspended Particulate Matters	浮遊粒子状物質

C. PCタンクおよび（株）安部日鋼工業について

本事業で建設予定の水タンクは、写真1に示すような、水道用プレストレストコンクリート製配水池（以下「PCタンク」という）である。ABEは、このPCタンクを1957年に開発し、日本で初めて設計施工した。その後、耐久性があり、建設費用が安価であることが評価され、PCタンクは今日、日本における配水池の7割に採用されている。PCタンクは設計・施工において高度な技術を要するが、ABEは1957年から今日まで、地域の建設業者のPCタンク施工を技術指導し、日本水道協会のPCタンクの設計施工指針の策定に携わり、同タンクを日本において普及し、必要不可欠な工法にまで成長させてきたPCタンクの技術的リーダーである。



写真1：PCタンク

PCタンクは側面のコンクリートを鋼材で締め付ける樽型の構造で、タンクに圧縮力（プレストレス）が導入されることで水圧を相殺できる特徴を有する。また、当該製品・技術の導入により、以下の効果・優位性が期待される。

工期短縮化：従来技法で必要となる型枠・足場・支保工等の設置及び解体作業が不要となり、1カ月以上の工期短縮化が可能。また、工場で製造されたコンクリートパネルを建設現場で組み立てる工法を用いることで、建設現場でコンクリート打設作業が不要となり、工期を短縮することができる。

安全性向上：従来の屋根建設作業は型枠・足場・支保工等の設置及び解体作業含め高所・暗所での作業のため、危険性が高まる一方で、エアードーム工法では空気膜上で屋根建設作業を行うため、暗所での作業がなくなるとともに高所での作業も軽減され、作業安全性の大幅向上を実現可能。

経費効率化：RCタンクと比較してコンクリート壁厚を薄くでき、コンクリート使用料削減により経費の節約が可能。

土地利用効率化：PCタンクはRCタンク以上の壁高（水深）を確保でき、土地利用の効率化が可能。

耐久性向上：鉄筋コンクリート製（RC）タンクと比較してひび割れが生じにくい。

D. 目次

A. 事業サイト地図.....	2
B. 略語.....	3
C. PCタンクおよび（株）安部日鋼工業について.....	4
D. 目次.....	5
I. 環境社会配慮.....	6
1. 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要.....	7
2. 対象地域の環境及び社会の状況.....	8
3. スリランカの環境社会配慮制度・組織.....	10
4. 代替案の比較検討.....	14
5. スコーピングおよび環境社会影響調査の TOR.....	17
6. 緩和策及び緩和策実施のための費用.....	21
7. モニタリング計画.....	26
8. 実施体制.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
9. 緩和策実施・モニタリング結果.....	28
10. 影響評価.....	エラー! ブックマークが定義されていません。
II. 用地取得・住民移転.....	31
1. 用地取得・住民移転の必要性.....	32
2. 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み.....	32
1) 用地取得・住民移転にかかるスリランカの法制度の概要.....	32
2) 住民移転にかかるスリランカの法律・制度.....	33
3) JICA ガイドラインとスリランカの法制度との比較と本事業の方針.....	33
3. 用地取得・住民移転の規模・範囲.....	35
4. 補償・支援の具体策.....	35
5. 苦情処理メカニズム.....	38
6. 実施体制(住民移転に責任を有する機関の特定、及びその責務).....	38
7. 実施スケジュール(損失資産の補償支払い完了後、物理的な移転を開始).....	38
8. 費用と財源.....	39
9. 実施機関によるモニタリング体制.....	39
10. 住民協議.....	39
11. モニタリング結果.....	39
III. 環境チェックリスト.....	40
1) Relevant regulations.....	45
2) Relevant organizations.....	45
3) Contents of the Policy and Calculation of Compensation.....	46
4) Contents of Livelihood Restoration.....	46

添付 1 スリランカの用地取得・住民移転に関する主な法律/制度

添付 2 用地取得・住民移転に関する協議議事録

I. 環境社会配慮

1. 環境社会影響を与える事業コンポーネントの概要

(1) 事業の背景

2013年にスリランカにて実施した外務省の案件化調査「途上国における経済的な水道整備に資するPCタンク普及のための案件化調査」の結果、同国の上水道普及における課題を整理し、当社（ABE）のPCタンクの導入・普及が、同国の上水道普及にかかる課題解決に貢献しうることが明らかになった。また、同調査を通じて、今後ABEが同国で事業を展開するためには、国家水道公社（NWSDB）がPCタンクを同国の標準的な配水池として採用する必要があることが明らかとなった。NWSDBからは、ABEのPCタンク設計・施工技術を実際に確認した上で標準配水池として採用できるかどうか検討したいとの要望を受けた。

このような背景を踏まえ、同国で実際にABEのPCタンクを建設し有用性等を実証するとともに、PCタンクの特長やABEの設計・施工に係る技術力についてデモンストレーションし、普及促進を図ることを目的として、本事業実施するに至った。

(2) 事業の概要

本事業の目的は、貯水容量 2,000m³ 規模の PC タンクをスリランカ国ベールワラ市に建設することにより、ベールワラ（Beruwala）とアルットガマ（Aluthgama）地域における NWSDB の給水能力を強化し、その地域の増加する給水需要の充足に貢献するものである。さらに、このような給水時間の拡大と水道の新規接続により、対象地域の社会・生活環境の向上といったインパクトが当事業により発生することが期待される。

加えて本事業では、NWSDBと共同で、PCタンク設計・建設を行い、維持管理を実施することにより、NWSDBが、PCタンクの利点について十分理解し、PCタンク設計・施工に係るABEの技術を一層認識するようになることを目指している。またその結果、NWSDBが、PCタンクをスリランカの標準配水池として採用することが期待される。

表 1 事業の概要

事業実施地	スリランカ民主社会主義共和国
対象分野	水の浄化・水処理
相手国政府関係機関	National Water Supply and Drainage Board（NWSDB）国家上下水道公社
受益者層（ターゲットグループ）	NWSDB職員 スリランカの未給水地域の住民
契約期間	2014年12月～2017年3月（2年4ヶ月）
契約金額	99,904千円
協力スキーム	普及・実証事業
事業目的	スリランカにおける上水道普及の向上に資するために、対象地域において建設費用が安価で耐久性のあるエアードーム工法を用いたPC タンクの設計・建設・維持管理を行い、同製品・技術の有用性及び優位性について実証を行う。 同時に、水分野におけるPC技術・PC製品の普及方法及びその課題等について整理・検討し、NWSDBが関わる同国内での日本

	のODA事業及びその他上下水道事業へのPCタンクの導入につなげる。
期待される効果	<p>成果1. エアードーム工法を用いたPCタンクが建設され、配水システムにおけるPCタンクの有用性及び優位性が認知される。</p> <p>成果2. エアードーム工法を用いたPCタンクの設計・建設・維持管理に関するスリランカ関係者の知識・技術が醸成される。</p> <p>成果3. エアードーム工法を用いたPCタンクが、NWSDBによってスリランカの標準的配水池として取り入れられる。</p> <p>成果4. スリランカ内におけるエアードーム工法を用いたPCタンクの普及展開案が策定される。</p>

環境社会配慮調査の対象となっているのは、土木工事が実施される、成果1に「エアードーム工法を用いたPCタンクの建設」に関わる活動である。なお、成果2～4は技術移転活動である。

2. 対象地域の環境及び社会の状況

1) 建設サイトの基本状況

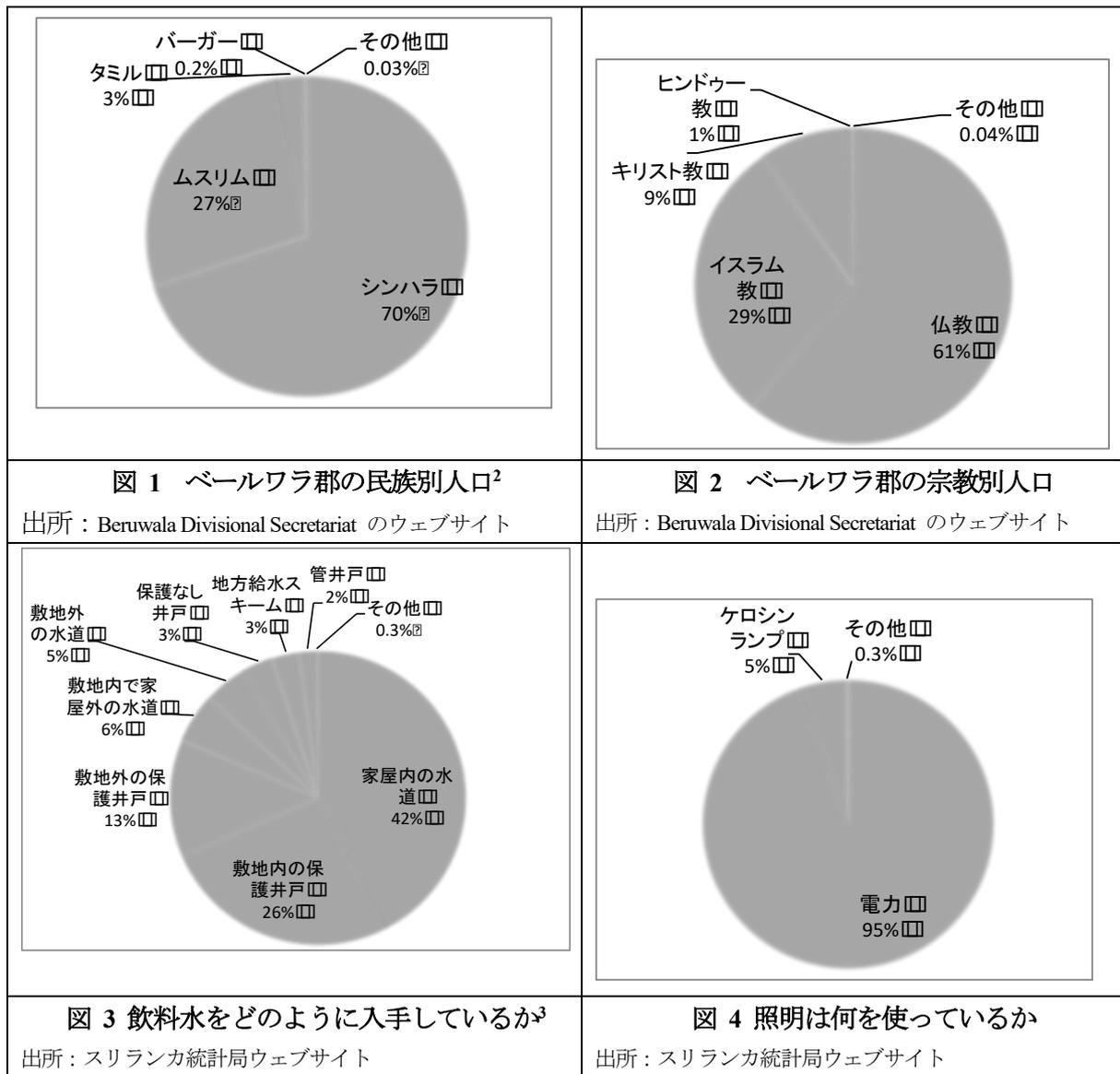
本事業でPCタンクを建設する予定のベールワラとアルットガマは、スリランカ国西部州カルタラ県のベールワラ郡 (Beruwala Divisional Secretariat Division)に位置する。同郡にはベールワラ、アルットガマ、パヤーガラ (Payagala) という3つの地域があり、合計82の行政村がある。面積、人口、世帯数は表2の通りである¹。図1と図2は同郡の民族構成と宗教構成を示す。

表2 ベールワラ郡の概要 (2012年)

面積	7,300 ヘクタール
人口	161,881人 (男性: 83,534人、女性78,347人)
世帯数	36,483

図3からは、同地域のNWSDBによる水道の普及率は、現在約53%であることがわかる(敷地内で家屋外の水道および敷地外の水道を使用している世帯を含む)。井戸を使用している世帯は44%、地方給水スキームを使用している世帯は3%である。95%の世帯が電気の供給を受けている。

¹ 出所: スリランカ統計局ウェブサイト。 <http://sis.statistics.gov.lk/statHtml/statHtml.do> 2015年5月29日アクセス。



2) 建設サイトの自然・社会環境

PCタンクの建設予定サイトはNWSDBベールワラ管理事務所に隣接している。見取り図と写真（2015年5月現在）は図5と図6のとおりである。同サイトおよび付近には、自然保護区、文化遺産保護区を含んでおらず、貴重種の生息、原生林、熱帯の自然林等もない。隣接地にもこれらの保護区はない。また、特に配慮すべき景観は存在せず、先住民族・少数民族の居住地でもない。同サイトには大気質・水質・騒音・振動の発生源となるものはない。

本事業のPCタンク建設予定地を確保するため、私有地の用地取得および住民移転が発生した。保証金の支払い、用地取得および1世帯の住民移転は、本事業の実施承認前の2014年3月にNWSDBにより実施・完了済みである（本報告書II-1参照）。

² バーガーは、オランダ人やイギリス人と現地の人の間の婚姻関係を持った家族を祖先にもつ民族。

³ 保護井戸（protected well）はコンクリートで周りを固めた井戸。保護なし井戸とはコンクリートで周りを固めていない井戸。敷地外の井戸や水道は共同で使用しているものが多いと考えられる。地方給水スキームとは、NGOや住民組織、地方政府が運営している上水道スキーム。井戸やわき水を水源にすることが多い。



図 5 建設サイトの写真 (2015年5月)

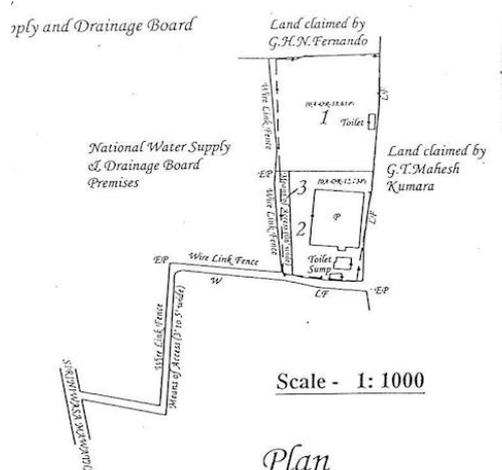


図 6 建設サイト見取り図

3. スリランカの環境社会配慮制度・組織

(1) 環境社会配慮に関連する法令や基準等

スリランカでは、環境省⁴が環境に関する政策決定機関であり、その傘下の中央環境庁 (Central Environmental Authority: CEA) が中心となって政策が実施されている。

環境に関する国家レベルの政策は、2003年に制定されたNational Environment Policy and Strategy である。前大統領の中長期国家開発計画であるMahinda Chintana – Vision for the Futureでも環境保護は重点分野として打ち出されている。2015年2月の政権交代の後、国家レベルの環境政策はまだ打ち出されていないが、マニフェストでは、自然環境保護に関する、各種の法律や規制の遵守を徹底する必要性が強調されている。

同国の環境法 (The National Environmental Act, No. 47 of 1980) では、特定事業 (Prescribed project) についてはEIA/IEEの承認を施工前に義務付けている。同法の2000年8月18日の改訂では、上下水道事業に関し、地下水を500,000 m³/日以上汲み上げるすべての事業および処理量が500,000 m³/日を超える水処理施設(water treatment facility)を特定事業として規定しており、これらの建設については、EIA/IEEの承認を得る必要がある。本事業で建設するのは貯水池であり、地下水のくみ上げや水浄化処理は発生しないためこれに該当しない。

同国では、EIA やIEEの対象とならない案件に関しても、騒音制御、粉塵および土壌浸食防止、汚染防止などが、環境法により基準が規定されている。表3に建設工事実施時に遵守すべき基準の例を挙げた。

⁴環境省は2015年5月現在、Ministry of Mahaweli Development and Environment という名称である。

表 3 建設工事時に遵守すべき大気汚染、騒音、振動などの基準の例

項目		単位	基準	備考
大気汚染 ⁵	浮遊粒子状物質 (SPM)	Mg/m ³	24hrs-0.3 8hrs-0.35 3hrs-0.45 1hr-0.5	
騒音 (建設工事時) ⁶	騒音	デシベル	75 (day time: 06.00–21.00) 50 (night time (21.00-6.00))	音源のある敷地の境界線内で測定
振動 ⁷	建設工事や車両の移動時	Mm/sec. (PPV)	(Type 3) frequency: 10-50 (Continuous): 2.0 mm/sec.	タイプ 3 (軽量の建設資材により建てられた一階建てもしくは2階建ての家屋や建物) の建築物に振動の影響が及ぶ場合
振動	発破工事時の衝撃的な振動	Mm/sec. (PPV)	Single bore hole: 4.0 Multi bore hole with delay detonations: 5.0	

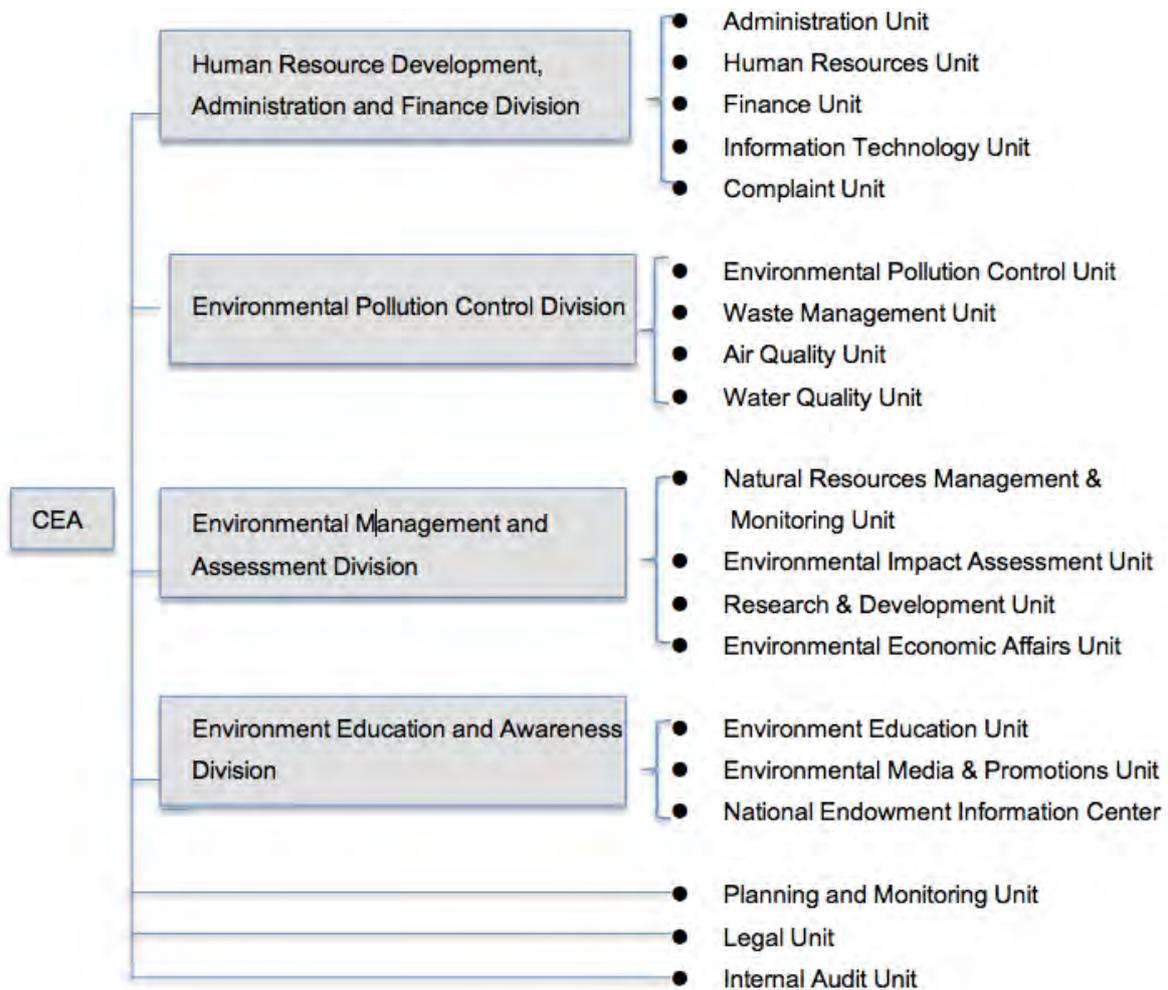
SPM: Suspended particulate matter

PPV: Peak Particle Velocity

(2) 関係機関

CEAの組織図を以下に示す。

⁵ National Environmental (Ambient Air Quality) Regulations published in Gazette Notification No. 850/4 dated 25th October 1994
⁶ National Environmental (Noise Control) Regulations published in Gazette Notification No. 924/12 dated 21st May 1996
⁷ Interim standard by CEA, P71, Environmental Guidelines for SMEs in Sri Lanka, Ministry of Finance & Planning Sri Lanka, 2012.05



(3) 環境社会配慮に関するスリランカの法律とJICAの環境社会配慮ガイドラインの違い

環境社会配慮に関するスリランカの法律とJICAの環境社会配慮ガイドラインの違いに関し、本事業に主に関係するEIA/IEEの必要性和用地取得・住民移転について以下に述べる。

EIA/IEEに関する同国の法律とJICAの環境社会配慮ガイドラインの違いについて下表にまとめた。同国の環境法 (The National Environmental Act, No. 47 of 1980) では、特定事業 (Prescribed project) についてはEIA/IEEの承認を施工前に義務付けている。同法の2000年8月18日の改訂では、上下水道事業に関し、地下水を500,000 m³/日以上汲み上げるすべての事業および処理量が500,000 m³/日を超える水処理施設(water treatment facility)を特定事業として規定しており、これらの建設については、EIA/IEEの承認を得る必要がある。本事業で建設するのは貯水池であり、地下水のくみ上げや水浄化処理は発生しないためこれに該当しない。

表 4 EIA/IEE に関するスリランカの法律と JICA の環境社会配慮ガイドラインの違い

項目	JICA環境社会配慮 ガイドライン	相手国の法律 (The National Environmental Act, No. 47 of 1980)	JICA環境社会 配慮と相手国 の法律とのギ ャップ
EIA/IEE実 施の必要性 のカテゴリ ーわけ	<p>カテゴリ A プロジェクトについては EIA レベルで、カテゴリ B プロジェクトについては IEE レベルで、マスタープラン調査の場合は IEE レベルで、環境社会 配慮調査を行い、環境緩和策（回避・最小化・代償含む）やモニタリング及び環境社会配慮実施体制の案を作成する。</p> <p>EIA レベルとは、詳細な現地調査に基づき、代替案、環境影響の詳細な予測・評価、緩和策、モニタリング計画の検討等を実施するレベルをいう。</p> <p>IEE)レベルとは、既存データなど比較的容易に 入手可能な情報、必要に応じた簡易な現地調査に基づき、代替案、環境影響の予測・評価、緩和策、モニタリング計画の検討等を実施するレベルをいう。</p>	<p>特定事業（Prescribed project）については EIA/IEEの承認を施工前に義務付けている。</p> <p>同法の2000年8月18日の改訂では、上下水道事業に関し、地下水を 500,000 m³/日以上汲み上げるすべての事業および処理量が500,000 m³/日を超える水処理施設(water treatment facility)を特定事業として規定しており、これらの建設については、EIA/IEEの承認を得る必要がある。</p>	あり
本事業の EIA/IEEの 必要性	<p>カテゴリ B に相当するため、EIA は必要なく、IEE レベルの調査・計画・モニタリングが必要である。</p>	<p>本事業で建設するのは貯水池であり、地下水のくみ上げや水浄化処理は発生しないため EIA と IEE は必要ない。</p>	あり

用地取得と住民移転に関する同国の法律と JICA の環境社会配慮ガイドラインの違いについて下表にまとめた。

表 5 用地取得と住民移転に関するスリランカの法律と JICA の環境社会配慮ガイドラインの違い

項目	JICA環境社会配慮 ガイドライン	相手国の法律 (Land Acquisition Act)	JICA環境社会配慮 と相手国の法律と のギャップ
住民移転アクションプラン	策定が必須	規定がない	あり
不法占拠者への補償の提供 は住居など資産の損失に対 する補償の提供	提供する	規定がない	あり
補償額の算出	再取得価格で算出	市場価格で算出	あり
住民移転対象世帯へのキャ パシティー・ビルディング のシステム	必要	規定がない	あり
苦情処理システム	必要	規定がない	あり

4. 代替案の比較検討

2013年にスリランカにて実施した案件化調査「途上国における経済的な水道整備に資するPCタンク普及のための案件化調査」にて、ABEのPCタンクの普及のために、スリランカで実際にPCタンクを建設し、その設計や技術をデモンストレーションしてほしいという要望が、NWSDBより出された。普及・実証事業のスキームを活用して、これを実現すべく、また、同事業の実施に最も相応しいサイトを選定すべく、下記のようなクライテリアと手順でNWSDBとともにサイト選定を実施した。

まず、建設工事費の予算額により建設可能なタンクの容量が決まってくることから、普及・実証事業の協力金額の上限である1億円で建設可能なタンクの容量を検討し、建設するタンクの最大容量を3000m³と設定した。加えて、民間提案型普及・実証事業の目的を鑑み、サイト選定の基準を表4のとおり設定した。

表 6 パイロット事業のショートリストの選定基準

選定基準	最適な状態
タンク容量	1,000 m ³ - 3,000 m ³
タンクの種類	地上式貯水池
立地	西部州内。NWSDB からアクセスが便利
貯水池建設の緊急性・優先度	高い
貯水池建設後の活用	完成後すぐに活用
貯水池用地	用地取得完了
資金援助・建設業者	未定

これらの選定基準にそって、NWSDB の貯水池建設計画のレビューや地方事務所へのインタビューを行い、表 7 に示すショートリストを作成した。その後、ショートリストのサイトを訪問し、ニーズ、用地取得状況、活用可能性、立地などを確認するとともに、建設の際の条件、技術的懸念事項などを慎重に検証した。その結果、NWSDB 本部および地方事務所と協議の上、用地取得と世帯の住民移転は発生するものの、いずれのプロセスも平和的に問題なく進んでおり、ほぼ完了していること、貯水池建設のニーズが明らかであり、準備状況が良好であることから、ベールワラをパイロットプロジェクトのサイトの第一候補として 2013 年 12 月に選定した。住民移転と用地取得について、普及実正事業に提案書を提出するまでの期間、住民移転と用地取得の進捗についてモニタリングを行い、いずれも完了したことを確認し、同サイトを建設予定地として決定した。

表 7 パイロット事業候補地のショートリスト

候補地	ベールワラ	カトナーヤカ	ドダンゴダ	マトウガマ
立地	コロンボから約 52km。漁業や観光が盛んな地方都市。	コロンボから約 35km。国際空港の近く。	コロンボから約 52km。内陸部の丘陵地帯。	コロンボから約 55km。内陸部の丘陵地帯。
配水地域	住宅地	国際空港および輸出特別区(工業団地)	住宅地	住宅地
用地取得	NWSDB 事務所に隣接する私有地の取得プロセスがほぼ完了(補償金の支払いのみ)。	候補地は航空局の所有。これを NWSDB に譲渡する旨、基本同意済。同局の役員会の正式承認待ち。	取得済み。	取得中。経過要観察。
住民移転	1 世帯発生するが、移転および補償金額等に同意済みであり、プロセスは平和的に進んでいることから、住民からの問題提起は予想されない。	必要なし	必要なし	必要なし

候補地	ベールワラ	カトナーヤカ	ドダンゴダ	マトウガマ
貯水池建設後の活用性	タンクは、既存の送配水管に接続し、完成後すぐ活用できる。現在、送水管の増強工事を実施中であり 2014 年 3 月末完成予定。	送配水管を建設中であり 2014 年末に完成予定。タンクは完成後すぐに活用できる。	送水管の新設後活用可能。送水管の建設のためにインドの資金の調達を検討中。	送水管の新設後活用。送水管の建設のためにインドの資金の調達を検討中。
その他	現在の施設による給水量が限界にきており、近年、同地域への給水は隔日。新規接続も制限している。住民からの給水拡張の要望が高い。	空港付近のため、タンクの高さ制限は 5.5m であり、1,000m ³ 以上の建設は困難。1,000m ³ だとデモンストレーション用としてインパクトがあるか疑問。浄水場から遠方であり、タンクまでの自然流下の可否も検討要。	送水管の建設が早急に開始されなければ、タンク完成後、しばらく活用されない可能性がある。	発破工事が必要でありリスク要因。送水管の建設が早急に開始されなければ、タンク完成後、しばらく活用されない可能性がある。

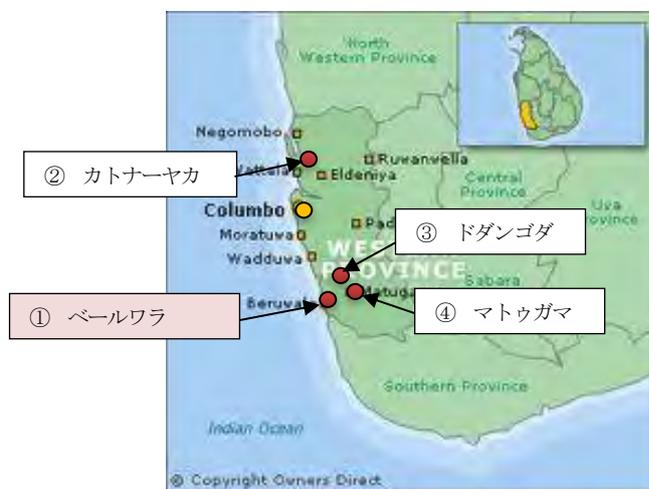


図 7 パイロット事業候補地の位置図

下表のとおり、建設予定地として選定されたベールワラにて本事業を実施する案と本事業を実施しない案の比較検討を行い、本事業の実施により、給水状況や生活環境の改善が見込め、発生する可能性のある粉塵・振動・騒音は、緩和策および対応策を実施することにより、同国の規定以下に抑えることができることから、事業実施が最適であると判断した。

表 8 本事業を実施しない案との比較検討結果

項目	ベールワラにて本事業を実施する案	本事業を実施しない案
環境	工事中、粉塵、振動、騒音が発生する可能性があるが、現地施工業者が緩和策および対応策を実施することで、これらを同国の規定以下に抑えることができる。	工事がないので、粉塵、振動、騒音は発生しない。
社会（給水状況・生活環境）	給水状況が改善し、新規接続が開始され、対象地域住民の生活環境の改善が期待される。	対象地域への給水は隔日であり、新規接続も制限している。事業を実施しない場合、給水状況のさらなる悪化が懸念され、また新規接続は実施されない見込みである。その結果、対象地域住民の生活環境の悪化の可能性がある。
社会（住民移転・用地取得）	用地取得および1世帯の住民移転は、本事業の実施承認が降りる前にNWSDBにより実施・完了済みである。本事業の実施による新たな用地取得・住民移転は発生しない。	用地取得および1世帯の住民移転は、本事業の実施承認が降りる前にNWSDBにより実施・完了済みであるため、本事業を実施しない場合でも、状況の変化はない。

5. スコーピングおよび環境社会影響調査のTOR

前述のとおり、建設予定地は保護区等を含んでおらず、先住民・少数民族の居住地も存在しない。住民移転も完了しており、移転住民からの問題提起もない。環境社会配慮に関し、本事業で特に注意が必要な事項は、工事による環境への影響の防止である。特に、騒音、振動、粉塵および蚊の発生、土壌浸食・汚染などの可能性が考えられるため、これに関する必要な防止策を行う予定である。

住民移転と用地取得に関しては、前述の通り完了済みであり、問題提起がないかモニタリングを行うこととする。また、工事に関する理解と協力を得るため、建設予定地周辺の住民への説明を行う。本事業実施において想定される影響項目及び程度は下表のスコーピング結果の通りである。

表 9 本事業のスコーピング結果

分類	No.	影響項目	工事前 工事中	供与時 供与後	評価理由
汚染対策	1	大気汚染	B-	D	工事前/工事中：工事中に粉塵が発生する可能性がある。 供与時：影響なし。
	2	水質汚濁	D	D	工事前/工事中・供与時：本工事の内容から水質汚濁を引き起こすような排水や雨水は発生しない。
	3	廃棄物	B-	D	工事前/工事中：工事前に予定地の掘削を行う際に表土や草木などの不要物が発生する。

分類	No.	影響項目	工事前 工事中	供与時 供与後	評価理由
					供与時：影響なし。
	4	土壌汚染	D	D	工事前/工事中・供与時：土壌汚染が発生するような工事・事業ではないため影響は想定されない。
	5	騒音・振動	B-	D	工事前/工事中：工事中に騒音が発生する可能性がある。振動については発破工事や解体工事等がないため影響は想定されない。 供与時：影響なし。
	6	地盤沈下	D	D	工事前/工事中・供与時：地盤に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	7	悪臭	D	D	工事前/工事中・供与時：工事中・供与後に悪臭は発生しない。
	8	底質	D	D	工事前/工事中・供与時：沈殿物が発生するような工事や事業ではないため、影響は想定されない。
自然環境	9	保護区	D	D	工事前/工事中・供与時：建設予定地およびその付近に保護区はないため影響は想定されない。
	10	生態系	D	D	工事前/工事中・供与時：生態系に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	11	水象	D	D	工事前/工事中・供与時：気象や陸水および海岸の諸現象に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	12	地形、地質	D	D	工事前/工事中・供与時：地形・地質に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
社会環境	13	住民移転	B-	D	工事前/工事中・供与時：住民移転は平和的に完了しているが、対象となった1世帯から問題提起がある可能性はゼロではない。
	14	貧困層	D	D	工事前/工事中・供与時：貧困層に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	15	少数民族・先住民族	D	D	工事前/工事中・供与時：建設予定地および周辺は、少数民族・先住民族の居

分類	No.	影響項目	工事前 工事中	供与時 供与後	評価理由
					住地ではなく、また少数民族・先住民に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	16	雇用や生計手段等の地域経済	D	D	工事前/工事中・供与時 ：雇用や生計手段等の地域経済に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	17	土地利用や地域資源利用	D	D	工事前/工事中・供与時 ：土地利用や地域資源利用に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	18	水利用	D	A+	工事前/工事中 ：工事による水利用への影響は想定されない。 供与時 ：安全な水への地域住民のアクセスの改善が見込まれる。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	B-	D	工事前/工事中 ：建設予定地へのアクセス道路は交通量が限られているが、工事中に交通渋滞が発生する可能性が僅かにある。 供与時 ：影響なし。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	工事前/工事中・供与時 ：社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	21	被害と便益の偏在	D	D	工事前/工事中・供与時 ：NWSDBは、本事業による便益が偏らないように優先順位や緊急性を考慮して同郡の配水計画を作成しており、事業者もこれをモニタリング・支援する計画であり影響は想定されない。
	22	地域内の利害対立	D	D	工事前/工事中・供与時 ：地域内の利害に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	23	文化遺産	D	D	工事前/工事中・供与時 ：建設予定地およびその付近には文化遺産はなく、影響は想定されない。
	24	景観	D	D	工事前/工事中・供与時 ：建設予定地およびその付近には配慮すべき景観はなく、影響は想定されない。

分類	No.	影響項目	工事前 工事中	供与時 供与後	評価理由
	25	ジェンダー	D	D	工事前/工事中・供与時：ジェンダーに影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	26	子どもの権利	D	D	工事前/工事中・供与時：子供の権利に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	27	HIV/AIDS等の感染症	D	D	工事前/工事中・供与時：影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。
	28	労働環境(労働安全を含む)	B-	D	工事前/工事中：現地施工業者は、実績豊富な大手業者を調達する予定であるため工事中の労働環境に問題が発生する可能性は低い、ゼロではない。 供与時：影響なし。
その他	29	事故	B-	D	工事前/工事中：現地施工業者は、安全対策の実績豊富な大手業者を調達する予定であるため工事中の資機材の落下や工事車両の稼働により事故が発生する可能性は低い、ゼロではない。 供与時：影響なし。
	30	越境の影響、及び気候変動	D	D	工事前/工事中・供与時：越境の影響、及び気候変動に影響を及ぼす工事・事業ではないため影響は想定されない。

A+/-: 重要な影響が予想される (+は正の影響、-は不の影響)

B+/-: ある程度の影響が予想される (+は正の影響、-は不の影響)

C: 影響は不明である (調査が必要。調査を進めると影響が明らかになると考えられる)

D: 影響は予想されない

N/A: 該当しない

前述のとおり、建設予定地は保護区等を含んでおらず、先住民族・少数民族の居住地も存在しない。住民移転も完了しており、移転住民からの問題提起もない。一方で、環境社会配慮に関するスコーピングによって絞り込まれた影響項目は、大気汚染、廃棄物、騒音・振動、住民移転、既存の社会インフラや社会サービス、労働環境、及び事故であった。これらの項目については以下表 (表 10) の環境社会配慮調査を実施する予定である。

表 10 TOR

影響項目	調査項目	調査手法
大気汚染	工事中の粉塵の環境基準の確認	スリランカの環境法を確認

影響項目	調査項目	調査手法
廃棄物	工事サイトにおける廃棄物の適切な処理方法の確認	NWSDB の担当者からヒアリング
騒音・振動	工事中の騒音・振動の環境基準の確認	スリランカの環境法を確認
住民移転	住民移転の対象となった1世帯からの問題提起の有無の確認	NWSDB の担当者からヒアリング
既存の社会インフラや社会サービス	交通渋滞対策	NWSDB からスリランカでの一般的な対策についてヒアリング
労働環境	労働安全対策	類似事例調査
事故	労働安全対策	類似事例調査
ステークホルダー協議	ステークホルダー実施の実施手順の確認	NWSDB の担当者からヒアリング

6. 環境社会配慮調査結果

環境社会配慮調査の結果は以下の通りであった。

表 11 調査結果

影響項目	調査結果
大気汚染	環境法によると、粉塵（大気汚染）の規定値は以下の通りである。 SPM 24hrs-0.3 Mg/m ³ 8hrs-0.35 Mg/m ³ 3hrs-0.45 Mg/m ³ 1hr-0.5 Mg/m ³ Dust: 150Mg/m ³
廃棄物	NWSDB の施工業者への指示に従い、工事サイトを所轄する地方自治体の指定場所に運ぶ。
騒音・振動	環境法によると、住宅地における工事に際する騒音の日中の規定値は75 デシベル、振動の上限値は5mm/s である。
住民移転	問題提起はない。
既存の社会インフラや社会サービス	必要に応じ、施工業者が道路付近に交通整理のための誘導員を配置するのが通例である。
労働環境	必要な安全対策を実施するよう、施工業者との工事契約書に盛り込み、必要に応じてモニタリングをするのが通例である。
事故	必要な安全対策を実施するよう、施工業者との工事契約書に盛り込み、必要に応じてモニタリングをするのが通例である。
ステークホルダー協議	NWSDB の地域担当職員が工事開始前に対象地域の住民を招集し、住民が集まりやすい場所と時間に開催する。開催にあたっては、男女、民族

影響項目	調査結果
	に偏りが出ないようにし、地域の僧侶やCBOのリーダーなども招集する。

7. 影響評価

以上の調査結果に基づき、事業による環境影響を評価した結果は以下の通りであった。

表 12 環境影響評価結果

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時 供与後	工事前 工事中	供与時 供与後	
汚染対策	1	大気汚染	B-	D	B-	D	工事前/工事中：工事中に粉塵が発生する可能性があり、環境へのある程度の影響が予想される。 供与時：影響なし。
	2	水質汚濁	D	D	N/A	N/A	N/A
	3	廃棄物	B-	D	B-	D	工事前/工事中：工事前に予定地の掘削を行う際に表土や草木などの不要物が発生するため、環境へのある程度の影響が予想される。 供与時：影響なし。
	4	土壌汚染	D	D	N/A	N/A	N/A
	5	騒音・振動	B-	D	B-	D	工事前/工事中：工事中に騒音・振動が発生する可能性があり、環境へのある程度の影響が予想される。 供与時：影響なし。
	6	地盤沈下	D	D	N/A	N/A	N/A
	7	悪臭	D	D	N/A	N/A	N/A
	8	底質	D	D	N/A	N/A	N/A
自然環境	9	保護区	D	D	N/A	N/A	N/A
	10	生態系	D	D	N/A	N/A	N/A
	11	水象	D	D	N/A	N/A	N/A
	12	地形、地質	D	D	N/A	N/A	N/A
社会環境	13	住民移転	B-	D	B-	D	工事前/工事中・供与時：住民移転が1世帯完了しており、工事前において問題提起

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時 供与後	工事前 工事中	供与時 供与後	
							はなかったが、今後問題提起がある可能性がゼロではない。
	14	貧困層	D	D	N/A	N/A	N/A
	15	少数民族・先住民族	D	D	N/A	N/A	N/A
	16	雇用や生計手段等の地域経済	D	D	N/A	N/A	N/A
	17	土地利用や地域資源利用	D	D	N/A	N/A	N/A
	18	水利用	D	A+	D	A+	工事前/工事中：工事による水利用への影響は想定されない。 供与時：安全な水への地域住民のアクセスの改善が見込まれる。
	19	既存の社会インフラや社会サービス	B-	D	B-	D	工事前/工事中：建設予定地へのアクセス道路は交通量が限られているが、工事中に交通渋滞が発生する可能性が僅かにある。 供与時：影響なし。
	20	社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	N/A	N/A	N/A
	21	被害と便益の偏在	D	D	N/A	N/A	N/A
	22	地域内の利害対立	D	D	N/A	N/A	N/A
	23	文化遺産	D	D	N/A	N/A	N/A
	24	景観	D	D	N/A	N/A	N/A
	25	ジェンダー	D	D	N/A	N/A	N/A

分類	No.	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
			工事前 工事中	供与時 供与後	工事前 工事中	供与時 供与後	
	26	子どもの権利	D	D	N/A	N/A	N/A
	27	HIV/AIDS等の感染症	D	D	N/A	N/A	N/A
	28	労働環境 (労働安全を含む)	B-	D	B-	D	工事前/工事中：現地施工業者は、実績豊富な大手業者を調達する予定であるため工事中の労働環境に問題が発生する可能性は低い、ゼロではない。 供与時：影響なし。
その他	29	事故	B-	D	B-	D	工事前/工事中：現地施工業者は、安全対策の実績豊富な大手業者を調達する予定であるため工事中の資機材の落下や工事車両の稼働により事故が発生する可能性可能性は低い、ゼロではない。 供与時：影響なし。
	30	越境の影響、及び気候変動	D	D	N/A	N/A	N/A

A+/-: 重要な影響が予想される (+は正の影響、-は不の影響)

B+/-: ある程度の影響が予想される (+は正の影響、-は不の影響)

C: 影響は不明である (調査が必要。調査を進めると影響が明らかになると考えられる)

D: 影響は予想されない

N/A: 該当しない

8. 緩和策及び緩和策実施のための費用

上記影響評価で環境への負の影響が予想される項目の緩和策および対応は下表の通りであった。

表 13 緩和策および対応

項目	予想される負の影響	緩和策及び対応	責任機関	監督機関
【工事中】				
大気汚染	工事中に粉塵が発生する可能性がある	粉塵を最小限にするため、現地施工業者に、定期的な散水と、一ヶ月に一回の浮遊粒子状物質（SPM）の測定と結果報告を契約書にて課す。	現地施工業者	事業者 （安部日鋼工業）
廃棄物	工事前に予定地の掘削を行う際に発生する表土や草木などの不要物を適切に廃棄しないと汚染の原因となる可能性がある。	NWSDB が指示する場所に適切な方法で、現地施工業者が不要物を廃棄するよう契約に盛り込み、事業者はこれをモニタリングする。	現地施工業者	事業者 NWSDB
騒音・振動	工事中に騒音が発生する可能性がある。	現地施工業者には、発電機は防音タイプのもののみを使用すること、その他の機材（掘削機、ホイールローダー、ショベルカー等）も振動や騒音の少ないタイプのものを使用すること、月に一回騒音を測定し、結果を事業者に報告することを契約書にて課す。	現地施工業者	事業者
住民移転	移転住民から問題提起がある可能性がある。	移転住民から問題提起がないかどうかモニタリングを行う。	NWSDB	事業者
既存の社会インフラや社会サービス	工事中に交通渋滞が発生する可能性は低いだが念のために監視が必要。	必要に応じて現場進入口に誘導員を設置	現地施工業者	事業者
労働環境	工事中に労働基準に準じない労働環境が設定される可能性は低いだが念のためにモニタリングが必要。	現地施工業者が労働基準を遵守するよう契約で課し、モニタリングを行う。	現地施工業者	事業者
事故	工事中の資機材の落下や工事車両の稼働により事故が発生する可能性がある。	現地施工業者には、安全対策担当の配置、安全標識の設置、ヘルメット等安全装具の着用など、適切な安全	現地施工業者	事業者

項目	予想される負の影響	緩和策及び対応	責任機関	監督機関
		対策を契約で課し、モニタリング、指導を行う。		
ステークホルダー協議	工事中の騒音や振動に対して適切な緩和策や対応を予定しており、周辺住民より苦情が発生する可能性は低い が、住民に工事について説明し、理解と協力をあおぐ必要がある。	工事の目的とスケジュールについて説明し、理解と協力をあおぐ。NWSDB 職員が中心となって、個別訪問により実施。 開催時期：2015年6~7月頃 対象：建設サイト周辺住民（約5世帯）	NWSDB	事業者
【供与時】				
住民移転	移転住民から問題提起がある可能性がわずかにある。	移転住民から問題提起がないかどうかモニタリングを行う。	NWSDB	事業者

現地施工業者が実施する緩和策および対応策については、契約書にて実施を課すこととし、緩和策及び対応にかかる費用は現地施工業者の工事請負契約金額に含める。NWSDB 職員が中心になって実施予定の移転住民からの問題提起の有無に関する情報収集と、住民への説明の実施は、NWSDB の通常業務の一環として実施するため特に費用の発生は予想されない。

9. モニタリング計画

スコーピング結果に従い、本事業の調査団は以下のモニタリング計画に従いモニタリングを実施することにした。

表 14 モニタリング計画

環境項目	項目	地点	頻度	責任機関	監督機関
【工事中】					
大気汚染	SPM 24hrs-0.3 Mg/m ³ 8hrs-0.35 Mg/m ³ 3hrs-0.45 Mg/m ³ 1hr-0.5 Mg/m ³ Dustが150Mg/m ³ 以下	工事サイト	月1回	現地施工業者	事業者（安部日鋼工業）
廃棄物	工事前に予定地の掘削を行う際に発生する表土や草木などの不要物	工事サイト	工事前一回	現地施工業者	事業者 NWSDB
騒音・振動	騒音が75デシベル以下、振動は5mm/s以下	工事サイト	月1回	現地施工業者	事業者
住民移転	問題提起の有無		適宜	NWSDB	事業者
既存の社会	交通渋滞の状況および	工事サイト	適宜	現地施工業者	事業者

インフラや 社会サービ ス	誘導員の配置	付近の道路			
労働環境(労 働安全を含 む)	労働基準の遵守	工事サイト	適宜	現地施工業者	事業者
事故	安全対策	工事サイト	適宜	現地施工業者	事業者
ステークホ ルダー協議	実施および協議内容	対象地域	工事実施前 一回	NWSDB	事業者
【供与時】					
住民移転	問題提起の有無		適宜	NWSDB	事業者

実測が必要な項目のモニタリングフォーマットは以下の通りであった。

表 15 モニタリングフォーマット (粉塵・騒音・振動)

Item	Unit	Measured Value (Mean)	Measured Value (Max)	Country's Standards	Standards for Contract	Referred Standard	Measurement Point
SPM	Mg/m ³			24hrs-0.3 8hrs-0.35 3hrs-0.45 1hr-0.5	24hrs-0.3 8hrs-0.35 3hrs-0.45 1hr-0.5	CEA standard ⁸	To be specified
Dust	Mg/m ³			150	150	CEA standard	To be specified
Noise	Decibels			75 (day time: 06.00-21.00) 50 (night time (21.00-6.00))	75 (day time: 06.00-21.00) 50 (night time (21.00- 6.00))	CEA standard ⁹	To be specified
Vibration	Mm/s			5	5	GSMB ¹⁰	To be specified

SPM: Suspended particulate matter

PPV: Peak Particle Velocity

出所：現地施工業者契約書

表 16 モニタリングフォーマット (廃棄物)

Monitoring Item	Monitoring Results during Report Period

⁸ National Environmental (Ambient Air Quality) Regulations published in Gazette Notification No. 850/4 dated 25th October 1994

⁹ National Environmental (Noise Control) Regulations published in Gazette Notification No. 924/12 dated 21st May 1996

¹⁰ 地質調査鉦物局

移転住民、既存の社会インフラや社会サービス、労働環境、事故、ステークホルダー協議に関する情報収集については、フォーマットを設けず適宜行うこととする。

緩和策実施およびモニタリングにかかる実施体制は以下の通りである。

表 17 緩和策実施およびモニタリングにかかる実施体制

実施に係る組織	直接担当者	監督者/責任者
NWSDB	エリアエンジニア、現場担当 エンジニア	西部州南地域サポートセンタ ー所長
事業者	環境社会配慮担当団員	総括
現地施工業者	副社長	アドミ担当エンジニア、現場 担当エンジニア

10. ステークホルダー協議及び緩和策実施・モニタリング結果

工事に先立ち、工事に関する理解と協力を得るため、建設予定地周辺の住民への説明会を2015年9月25日にサイト近くの仏教寺院で開催した。説明会の告知はNWSDBの地域担当職員が実施した。参加者は、同寺院僧侶（1名）、サイト周辺住民（女性15名、男性10名）地元のCBOであるRDS (Rural Development Society)書記役（1名）、NWSDB西部州南部事務所職員（1名）、NWSDB社会学担当職員（1名）、現地施工業者KDAW社職員（2名）、本事業調査団（2名）であった。この説明会では、NWSDBおよび本事業調査団から、本事業の背景と目的を説明するとともに、工事騒音、振動、工事車両の通行などの可能性についても説明し、住民の理解と協力を仰いだ。住民からは、本事業の意義を評価し、JICAの支援に感謝するとともに、工事に協力する旨が表明された。同時に住民からは、以下の事柄について要望が出された。

以前配管工事をした道路が修繕されていないことや、別の工事の影響で壁が壊れたことへのNWSDBの対応に住民が不満を持っていることが判明した。今回の工事でも同様の事態が発生する可能性があるため、問題が発生した場合は協議する委員会を発足してほしいとの要望があった。そのため住民代表5名と本事業のスリランカ政府のカウンターパート機関であるNWSDBと、現地施工会社であるKDAWにより協議会(stakeholders meeting)が組織され、住民側から速やかな道路修復を求められた。その結果、9月28日にNWSDBの地方サポートセンターの代表者に対し、道路修復実施に係るレターが住民より発信され、要求通り、道路修復が2015年10月上旬に行われた。

上述のモニタリング計画に従い緩和策および対応策のモニタリングを実施した。その結果は下表のとおりである。

表 18 緩和策および対応策のモニタリング実施結果

項目	予想される負の影響	緩和策及び対応の結果
大気汚染	工事中に粉塵が発生する可能性がある	現地施工業者は、粉塵を最小限にするため、定期的な散水を実施し、契約書で義務付けた粒子状物質の測定と結果報告を行った。本事業調査団は、測定値が基準内であったことを確認した（表 19）。工事中、周辺住民からの苦情申し立て、問題提起などもなかった。
廃棄物	工事前に予定地の掘削を行う際に発生する表土や草木などの不要物を適切に廃棄しないと汚染の原因となる可能性がある。	NWSDB が同地域の地方自治体の指定場所にて処理した。その他、工事による有害・産業廃棄物は発生しておらず、住民や地方自治体からの苦情や問題提起などもなかった。
騒音・振動	工事中に騒音が発生する可能性がある。	現地施工業者は、掘削機、ホイールローダー、ショベルカー等について振動や騒音の少ないタイプを使用し、契約書で義務付けた粒子状物質の測定と結果報告を行なった。本事業調査団は、測定値が基準内であったことを確認した（表 19）。工事中、周辺住民からの苦情申し立て、問題提起などもなかった。
住民移転	移転住民から問題提起がある可能性がある。	移転住民からの苦情申し立て、問題提起はなかった。
既存の社会インフラや社会サービス	工事中に交通渋滞が発生する可能性は低いが念のために監視が必要。	現地施工業者は、必要に応じて現場進入口に誘導員を設置していた。交通渋滞は発生しなかった。
労働環境	工事中に労働基準に準じない労働環境が設定される可能性は低いが念のためにモニタリングが必要。	現地施工業者が労働基準を遵守するよう契約で課した。基準は厳守された。
事故	工事中の資機材の落下や工事車両の稼働により事故が発生する可能性がある。	現地施工業者には、安全対策担当の配置、安全標識の設置、ヘルメット等安全装具の着用など、適切な安全対策を契約で課しており、適宜、モニタリング、指導を行った。本事業の工事中の資機材の落下や工事車両の稼働による事故の発生はなかった。 なお、本事業のスコープ外ではあるが、2017年6月7日、本事業のサイト内の他の工事（NWSDBによる配管工事）で弁室内の管の蓋が外れ、水が流出し、付近の道路と住宅3軒が一時浸水した。これらの被害は同配管業者と本事業の地元の協力で当日復旧し、住宅への被害についてはNWSDBが住

項目	予想される負の影響	緩和策及び対応の結果
		民と協議をし、必要な補償を同配管の損害補償保険手続きにより実施したと。道路については本事業の地元が修復をしたことを確認している。
ステークホルダー協議	工事中の騒音や振動に対して適切な緩和策や対応を予定しており、周辺住民より苦情が発生する可能性は低いが、住民に工事について説明し、理解と協力をあおぐ必要がある。	施工開始前の2015年9月25日にステークホルダー協議を開催し、建設サイト周辺住民および地域の代表者に工事の目的とスケジュールについて説明し、理解と協力をあおいだ。工事に関し、住民からの苦情申し立てや問題提起はなかった。

上に示す通り、粉塵、騒音、振動いずれも規定内であり問題はなかった¹¹。工事中、周辺住民からの苦情申し立て、問題提起などもなかった¹²。

表 19 粉塵、騒音、振動のモニタリング結果

	Parameter 項目		Measured Value 測定値		Contract Referred Standard 基準値		Remarks 注
	Item	Unit	Mean	Max	Institute	Value	
1	Air (PM10)	Mg/m ³	58		CEA	100	(24 hrs average)
2	Noise	Decibels	52	55	CEA	75	
3	Vibration	mm/s	0.15	0.26	GSMB	5	

注：2015年10月-11月のモニタリング結果

工事で生じる廃棄物は適切に処理された。工事開始当初にNWSDBが実施したサイトクリアランスの際に発生した土砂については、NWSDBが同地域の地方自治体の指定場所にて処理している。その他、工事による有害・産業廃棄物は発生しておらず、住民や地方自治体からの苦情や問題提起などもなかった。

¹¹ モニタリング計画では、粉塵について、SPMとDustを実測する計画であったが、測定に際し、施工業者および測定機関と協議のうえ、同工事サイトでは粒径の小さな粉塵は発生しないので、PM10を測定することとした。

¹² 測定は、粉塵、振動、騒音の影響が最も大きい、重機を使用した基礎地盤の締め固めの作業実施中に行った。その結果、同作業により発生する粉塵、振動、騒音が環境に与える影響が同国の環境基準の範囲内であり、工事に使用している機材や方法が適切であることが確認できた。近隣住民へのヒアリングでも問題ない事を確認した。以後は同様の作業はなかったことから、実測ではなく住民へのヒアリングを継続することとした。

II. 用地取得・住民移転

1. 用地取得・住民移転の必要性

本事業の PC タンク建設予定地を確保するため、私有地の用地取得および住民移転が発生した。保証金の支払い、用地取得および1世帯の住民移転は、本事業の実施承認が降りる前の2014年3月にNWSDBにより実施・完了済みである。

用地取得および住民移転が発生したのは、ミーチョニヤワッタ (Meechoniyawattha) と呼ばれる地区である (図8参照)。

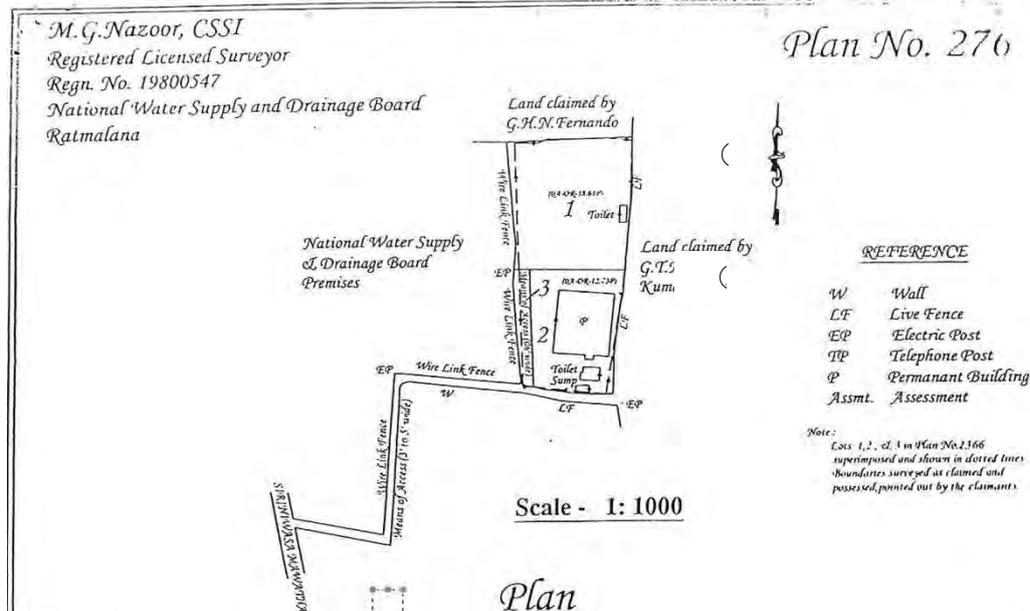


図 8 ミーチョニヤワッタ地図

用地取得の対象となったのは、下図で①と②で示す土地であった。下表にそれぞれの概要を示す。

表 20 用地取得の対象となった土地

所有者	土地面積	用途
住民1	18.6パーチ (0.04707ha)	土地のみ。所有者は当時、親戚の家に住んでいた。
住民2	12.73パーチ (0.03220ha)	土地と家があった。家族5人(夫婦と子供3人)で居住

2. 用地取得・住民移転にかかる法的枠組み

1) 用地取得・住民移転にかかるスリランカの法制度の概要

スリランカでは用地取得および住民移転は用地収用法 (Land Acquisition Act) に沿って実施されることとなっている。住民移転に関しては、住民が不当な扱いを受けず、移転後に生活を再建できるよう、国家住民移転方針 (National Involuntary Resettlement Policy) が2000年に制定されている。同方針はポリシーとして制定されており、強制力や罰則規定がないため、これを適応しない事業もある一方、近年では同方針にそった住民移転の好事例も見られる。

なお、用地取得法は、用地取得に関する法律であり、住民移転に関する事項は記載されていない。当法律は、1986年に改訂されており、2008年には細則が改訂され、これは2009年1月発行の官報（No. 1585/7）によって交付されている。これにより、土地の補償額は、市場価格、もしくは用地取得による発生する必要性に基づき査定することとなった。

用地取得・住民移転にかかる主な組織は以下の通りである。

(1) 用地取得に関わる主な組織の例

- Ministry of Lands
- Road Development Authority
- Mahawelli Authority

(2) 用地取得プロセスに関わる組織

- Survey department of the Ministry of Land
- Valuation department of the Ministry of Finance
- Registration office of the Ministry of Land
- District Secretariats
- Divisional Secretariats

なお、管轄省庁の名称は2015年5月現在であり、省庁編成により変更になることがある。

2) 住民移転にかかるスリランカの法律・制度

添付1参照

3) JICAガイドラインとスリランカの法制度との比較と本事業の方針

スリランカの用地取得法とJICAの環境社会配慮ガイドラインの主な違いと（表5にも記載）、これについての本事業の方針と実施結果を下表にまとめた。

本事業に先立ち2国間で締結された協議議事録では、住民では、JICA環境社会配慮ガイドラインに沿った用地取得・住民移転が実施されるよう方針が打ち出されている。本事業に係る用地取得の補償額については、所有者との協議を経て、上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員会にて、①については土地の査定額+ α 、②については土地と家屋の再取得価格を支払い方針が打ち出された。

住民移転に伴う生活再建への対策・補償については、住民が漁業に従事しており、移転先が近隣であることから、移転に伴う生計への影響が全くないため、移転後の生活基盤の回復への支援の必要性がないことが委員会で確認された。また住民からも生活基盤の回復への補償に関する問題提起はなかった。

表 21 用地取得・住民移転に関する本事業の方針・実施結果

JICA環境社会配慮 ガイドライン	相手国の法律	JICA環境社会配慮と相手国の法律とのギャップ	本事業の方針・実施結果
住民移転アクションプランの策定が必須	Land Acquisition Act	規定なし	上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員会が組織され、住民移転や補償提供に関する調査・計画策定が実施された。
不法占拠者への補償の提供は住居など資産の損失に対して補償を提供	Land Acquisition Act	規定なし	不法占拠者はいない
補償額の算出は再取得価格	Land Acquisition Act	市場価格	所有者との協議を経て、上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員会にて、住民1については土地の査定額+ α 、住民2については土地と家屋の再取得価格を支払い方針が打ち出され、両者の同意に至った。
住民移転対象世帯へのキャパシティー・ビルディングのシステムが必要	Land Acquisition Act	規定なし	住民が漁業に従事しており、移転先が近隣であることから、移転に伴う生計への影響が全くないため、移転後の生活基盤の回復への支援の必要性がないことが委員会で確認された。また住民からも生活基盤の回復への補償に関する問題提起はなかった。
苦情処理システムが必要	Land Acquisition Act	規定なし	苦情の窓口はNWSDBベールワラ管理事務所である。

3. 用地取得・住民移転の規模・範囲

表 22 PAUとPAの数

影響を受ける範囲	PAU数			PA数		
	合法	非合法	合計	合法	非合法	合計
世帯数（政府所有の土地）	0	0	0	0	0	0
世帯数（私有地）	2	0	2	5	0	5
世帯数（借家）	0	0	0	0	0	0
事業者（政府所有）	0	0	0	0	0	0
事業者（私有）	0	0	0	0	0	0
事業者（借家）	0	0	0	0	0	0
地域所有の建物	0	0	0	0	0	0
地主	0	0	0	0	0	0
労働者	0	0	0	0	0	0

表 23 用地取得の対象となった土地

所有者	土地面積	建物	用途
住民1	18.6パーチ (0.04707ha)	なし	土地のみ。所有者は当時、親戚の家に住んでいた。
住民2	12.73パーチ (0.03220ha)	家（平屋）	土地と家があった。家族5人（夫婦と子供3人）で居住

①住民1所有

18.6パーチ（0.04707ヘクタール）

土地のみ所有。当時、親戚の家に住んでおり、将来この土地に家を建てようと考えていた。

②住民2所有

12.73パーチ（0.03220ヘクタール）

土地と家があった。家族5人（夫婦と子供3人）で居住。世帯主は漁業に従事。

両世帯とも耕作はしておらず、樹木や作物へ影響はなく、その他構造物に相当するものもなかった。両世帯とも測量調査が実施され、用地取得の範囲が示された。以上のとおり、住民移転の人口は5名であった。寡婦、障がい者などの社会的弱者はいなかった。

4. 補償・支援の具体策

(1) 補償・支援のプロセス

上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員会が組織され、補償に関する適切な説明が移転前に行われた。移転に伴う生活再建への対策・補償については、住民が漁業に従事しており、移転先が近隣であることから、移転に伴う生計への影響が全くないため、移転後の生活基盤の

回復への支援の必要性がないことが委員会で確認された。また住民からも生活基盤の回復への補償に関する問題提起はなかった。

(2) 損失補償・生活再建策

同委員会が損失補償計画策定のための調査を実施した。再取得価格による補償が提供されるという方針・計画が同委員会の議事録に記載され、住民にも配布されている。なお上述のとおり生活基盤の回復への対策・補償は必要性がないことが確認されている。

(3) 移転地

移転地は移転住民が選定し購入する旨、事前協議で同意された。NWSDBは移転地の整備・購入は行っていない。

(4) 保証金の支払い（エンタイトルメント）

上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員と住民が、保証金の支払いに関し、下記のような協議を行い、同意に至った。議事録は添付2に示した。

保証金の支払いに関する住民協議の日程は以下の通りであった。

実施日: 2013年8月27日

場所: 不明

方法: 会合

参加者:

- ・ 住民1
- ・ 住民2
- ・ Secretary of the Ministry of Water Supply and Drainage (Chairman of the Special Committee of land Acquisition of Resettlement)
- ・ Director (Land), Ministry of Land and Land development
- ・ Deputy Chief Valuer, Department of Valuation
- ・ Area Manager, NWSDB

協議内容の要約と最終結果は以下の通りであった。

①住民1について

18.6 パーチ (0.04707 ヘクタール) 土地のみ所有。

土地の査定に基づく NWSDB の当初のオファーは Rs.1,860,000 であった。所有者がこれに同意しなかったため、近隣の土地の市場価格、アクセスロードがないこと、市役所に近い立地であること、などをもとに、所有者と NWSDB が再度交渉し、Rs. 2,600,000 を NWSDB が払うことで両者が同意した。

②住民2について

12.73 パーチ (0.03220 ヘクタール) 土地と家を所有。

当初、土地の査定に基づく NWSDB のオファーは Rs.3,125,000 であった。所有者はこれに同意しなかった。家族 5 人が住める家を立て、そのために最低 10 パーチの広さの土地を購入するための費用（市場価格と手数料、移転費などの必要な費用を住民 2 が独自の情報収集に基づいて算出したものと思われる）として、Rs. 4,500,000 は欲しいというのが所有者の希望であった。NWSDB はその価格の妥当性を検討の結果、Rs. 4,200,000 ではどうかと持ちかけたところ、もう少し上乘せしてほしいという希望であった。最終的に、Rs. 4,300,000 を NWSDB が払うことで両者が同意した。

以上のとおり、①については土地の査定額 + α 、②については土地と家屋の再取得価格が対象住民との交渉・同意の上、支払われている。なお、再取得価格での補償金の支払いおよび補償金額は、同委員会の議事録に記載されており、補償金は移転前に NWSDB により支払い済みである。住民移転についても事前に合意の上、完了済み。

NWSDB は 3ヶ月以内に支払いを行い、住民は土地と家屋を引き渡すこと、NWSDB は支払いのスケジュールについて住民に最新の情報を知らせることが合意された。

エンタイトルメントマトリクスは以下の通りである。

表 24 エンタイトルメントマトリクス

所有者	損出の種類	補償を受ける者	補償方針	補償内容 (補償パッケージ)	実施方法 など	責任者
住民 1	住宅地 (18.6 パーチ)	住民 1	土地の査定に基づく補償金額を提示し、所有者が主張する市場価格も踏まえて協議の上、所有者と NWSDB が同意した補償金額を支払う。	Rs. 2,600,000	協議日より 3ヶ月以内に支払い	NWSDB
住民 2	住宅地 (12.73 パーチ)	住民 2	土地の査定に基づく補償金額を提示し、所有者が主張する再取得価格を踏まえて協議の上、所有者と NWSDB が同意した補償金額を支払う。	Rs. 4,300,000	協議日より 3ヶ月以内に支払い	NWSDB
	住宅（平屋建て）	住民 2	建物の査定に基づく補償金額を提示		協議日より 3ヶ月以	

			し、所有者が主張する再取得価格を踏まえて協議の上、所有者とNWSDB が同意した補償価格を支払う。		内に支払い	
--	--	--	---	--	-------	--

5. 苦情処理メカニズム

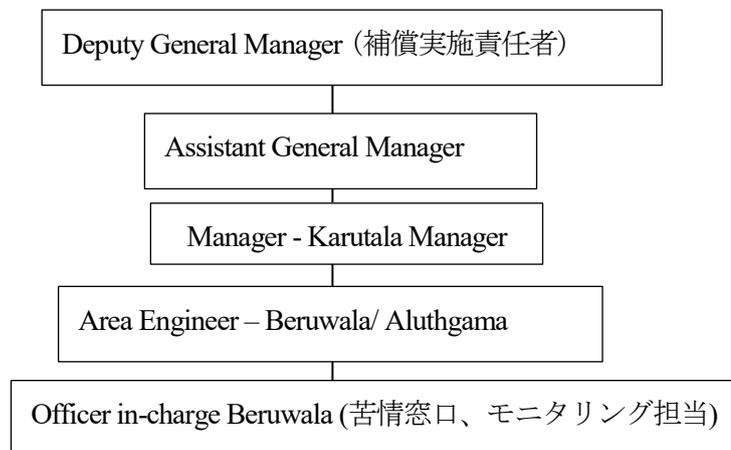
苦情の窓口はNWSDBのベールワラ管理事務所である。移転に至るまで、平和的に交渉が行われ、所有者からの苦情はなかった。移転後もNWSDBがモニタリングを行っており、移転住民からの問題提起はない。

6. 実施体制(住民移転に責任を有する機関の特定、及びその責務)

上下水道省次官を議長とする用地取得住民移転特別委員会が組織され、補償に関する適切な説明が移転前に行われた。補償の必要性や方針についても、同委員会を通して住民と合意に至っている。

住民移転にかかる補償金支払いの実施責任は、NWSDBにあった。特に、NWSDBの西部州南部地域事務所の所長（Deputy General Manager）が責任者であった。補償支払いにかかるセンターの組織図と人員、役割は以下の通りである。

NWSDB Regional Support Center (Western South)



7. 実施スケジュール(損失資産の補償支払い完了後、物理的な移転を開始)

(1) 2013年7月17日

NWSDBより住民移転と用地取得の依頼文書が所有者当てに発信された。その後、NWSDB西部州南部地域事務所が所有者に、住民移転および用地取得の必要性と補償内容について説明、両者の間で平和的に保証金額について交渉がもたれた。

(2) 2013年8月27日

用地取得住民移転特別委員会が開催され、住民移転および用地取得の経緯と内容、補償内

容・保証金の交渉・合意の経緯が確認された。住民は事前に合意した補償金額で、土地を移譲する旨の同意文書に署名した。

- (3) 2014年1月30日
保証金額の支払いがなされた。
- (4) 2014年2月22日
保証金の支払いにより、土地の所有がNWSDBに移譲された旨、登記書を変更する手続きが完了した。
- (5) 2014年3月
住民が移転した事をNWSDBが確認した。

8. 費用と財源

保証金は、NWSDB西部州南部事務所がNWSDB本部に予算を申請する形で確保された。NWSDB 本部は2014年の予算よりこれを執行した。所有者への保証金の支払いは完了している。

表 25 保証金の項目と財源

	項目	費用	財源
住民1	補償金	Rs. 2,600,000	NWSDB本部
住民2	補償金 (移転費を含む)	Rs. 4,300,000	NWSDB本部

9. 実施機関によるモニタリング体制

住民が移転した事をNWSDBが確認している。以後、問題提起がないかどうかNWSDBベールワラIOC事務所によるモニタリングが行われている。モニタリングフォームは設定されていない。

10. 住民協議

2013年7月17日、NWSDBより住民移転と用地取得の依頼文書が所有者当てに発信された。

その後、前述 (4 (4) 参照) の通り、NWSDBコロongo南部地域事務所が所有者に、住民移転および用地取得の必要性和補償内容について説明、両者間で平和的に保証金額について交渉がもたれた。

2013年8月27日、用地取得住民移転特別委員会が開催され、住民移転および用地取得の経緯と内容、補償内容・保証金の交渉・合意の経緯が確認された。住民は事前に合意した補償金額で、土地を移譲する旨の同意文書に署名した。

11. モニタリング結果

住民移転と用地取得に関して、本事業実施前から実施中、完了に至るまで、住民からの問題提起はなかった。

Ⅲ 環境チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	Yes: Y No: N	具体的な環境社会配慮 (Yes/No の理由、根拠、緩和策等)
1 許 認 可 ・ 説 明	(1)EIA および環境 許認可	(a) 環境アセスメント報告書 (EIA レポート)等は作成済みか。 (b) EIA レポート等は当該国政府により承認されているか。 (c) EIA レポート等の承認は付帯条件を伴うか。付帯条件がある場合は、その条件は満たされるか。 (d) 上記以外に、必要な場合には現地の所管官庁からの環境に関する許認可は取得済みか。	(a) N (b) - (c) - (d) -	(a) スリランカの基準により、本事業に係る EIA レポートの作成は不要なため作成していない。
	(2)現地ステーク ホルダーへの説明	(a) プロジェクトの内容および影響について、情報公開を含めて現地ステークホルダーに適切な説明を行い、理解を得ているか。 (b) 住民等からのコメントを、プロジェクト内容に反映させたか。	(a) Y (b) Y	(a) 2013年12月19日に現地セミナーで事業計画についてNWSDBに説明し理解を得ている。 (b) 2015年3月に対象地域の未給水地区および時間給水を受けている世帯を訪問し、給水状況改善のニーズを確認した。
	(3)代替案の検討	(a) プロジェクト計画の複数の代替案は(検討の際、環境・社会に係る項目も含めて)検討されているか。	(a) Y	(a) 4か所を比較検討の上、多数の住民移転や発破工事が発生しないサイトを選定した。
2 汚 染 対 策	(1)大気質	(a) 消毒用塩素の貯蔵設備、注入設備からの塩素による大気汚染はあるか。 (b) 作業環境における塩素は当該国の労働安全基準等と整合するか。	(a) N (b) -	(a) ない
	(2)水質	(a) 施設稼働に伴って発生する排水のSS、BOD、COD、pH等の項目は当該国の排水基準等と整合するか。	(a) N	(a) 工事に伴い排水は生じない。
	(3)廃棄物	(a) 施設稼働に伴って発生する汚泥等の廃棄物は当該国の規定に従って適切に処理・処分されるか。	(a) N	(a) 施設稼働に伴い廃棄物は発生しない。

	(4) 騒音・振動	(a) ポンプ施設等からの騒音・振動は当該国の基準等と整合するか。	(a) Y	(a) 供用後は当該国の基準に整合した既存のポンプ施設を利用する。また、ポンプ施設を工事中に使用する予定はない。
	(5) 地盤沈下	(a) 大量の地下水汲み上げを行う場合、地盤沈下が生じる恐れがあるか。	(a) -	(a) 工事による地下水のくみ上げはない。
3 自然 環境	(1) 保護区	(a) サイトは当該国の法律・国際条約等に定められた保護区内に立地するか。プロジェクトが保護区に影響を与えるか。	(a) N	(a) サイトは保護区内ではない。
	(2) 生態系	(a) サイトは原生林、熱帯の自然林、生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）を含むか。 (b) サイトは当該国の法律・国際条約等で保護が必要とされる貴重種の生息地を含むか。 (c) 生態系への重大な影響が懸念される場合、生態系への影響を減らす対策はなされるか。 (d) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、河川等の水域環境に影響を及ぼすか。水生生物等への影響を減らす対策はなされるか。	(a) N (b) N (c) N (d) N	(a) 住宅跡地であり該当しない (b) 貴重種の生息地を含まない (c) 生態系への影響は想定されない (d) 河川棟の水域に影響を及ぼさない。水生生物等への影響はない。
	(3) 水象	(a) プロジェクトによる取水（地下水、地表水）が地表水、地下水の流れに悪影響を及ぼすか。	(a) -	(a) 地下水、地表水の取水は発生しない

4 社 会 環 境	(1) 住民移転	<p>(a) プロジェクトの実施に伴い非自発的住民移転は生じるか。生じる場合は、移転による影響を最小限とする努力がなされるか。</p> <p>(b) 移転する住民に対し、移転前に補償・生活再建対策に関する適切な説明が行われるか。</p> <p>(c) 住民移転のための調査がなされ、再取得価格による補償、移転後の生活基盤の回復を含む移転計画が立てられるか。</p> <p>(d) 補償金の支払いは移転前に行われるか。</p> <p>(e) 補償方針は文書で策定されているか。</p> <p>(f) 移転住民のうち特に女性、子供、老人、貧困層、少数民族・先住民等々の社会的弱者に適切な配慮がなされた計画か。</p> <p>(g) 移転住民について移転前の合意は得られるか。</p> <p>(h) 住民移転を適切に実施するための体制は整えられるか。十分な実施能力と予算措置が講じられるか。</p> <p>(i) 移転による影響のモニタリングが計画されるか。</p> <p>(j) 苦情処理の仕組みが構築されているか。</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) -</p> <p>(c) -</p> <p>(d) -</p> <p>(e) -</p> <p>(f) -</p> <p>(g) -</p> <p>(h) -</p> <p>(i) -</p> <p>(j) -</p>	<p>(a) 本プロジェクトにより住民移転及び用地取得が発生する（用地取得および1世帯の住民移転は2014年3月に完了済み）。</p> <p>(b) 実施済み。</p> <p>(c) 補償金はNWSDBにより支払い済みであり、プロジェクト実施に伴う補償金の支払いはない（支払小切手の発行を確認済み）。</p> <p>(d) 補償金は移転前にNWSDBにより支払い済みであり、プロジェクト実施に伴う補償金の支払いはない。</p> <p>(e) 補償金はNWSDBにより支払い済みであり、プロジェクト実施に伴う補償金の支払いはない。</p> <p>(f) 住民移転は完了済みであり、その後、移転住民から問題提起がないことも確認済みである。</p> <p>(g) 住民移転は完了済みであり、その後、移転住民から問題提起がないことも確認済みである。</p> <p>(h) 住民移転及び補償金の支払いは完了済みである。</p> <p>(i) NWSDBがモニタリングを行っており、移転住民からの問題提起はない。</p> <p>(j) 苦情の窓口はNWSDBのバールワラ管理事務所。</p>
	(2) 生活・生計	<p>(a) プロジェクトにより住民の生活に対し悪影響が生じるか。必要な場合は影響を緩和する配慮が行われるか。</p> <p>(b) プロジェクトによる取水（地表水、地下水）が、既存の水利用、水域利用に影響を及ぼすか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) N</p>	<p>(a) 工事中に多少の粉塵と騒音が発生する。スリランカの国内法及び規定に従って必要な対策・緩和策を実施する計画である。</p> <p>(b) 工事による水利用や水域利用への影響はない。</p>
	(3) 文化遺産	<p>(a) プロジェクトにより、考古学的、歴史的、文化的、宗教的に貴重な遺産、史跡等を損なう恐れはあるか。また、当該国の国内法上定められた措置が考慮されるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) 該当しない。</p>
	(4) 景 観	<p>(a) 特に配慮すべき景観が存在する場合、それに対し悪影響を及ぼすか。影響がある場合には必要な対策は取られるか。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) 特に配慮すべき景観は存在しない。</p>

	(5) 少数民族、先住民族	<p>(a) 当該国の少数民族、先住民族の文化、生活様式への影響を軽減する配慮がなされているか。</p> <p>(b) 少数民族、先住民族の土地及び資源に関する諸権利は尊重されるか。</p>	<p>(a) N</p> <p>(b) N</p>	<p>(a) プロジェクトによる少数民族、先住民族への影響は想定されない。</p> <p>(b) プロジェクトによる少数民族、先住民族への影響は想定されない。</p>
	(6) 労働環境	<p>(a) プロジェクトにおいて遵守すべき当該国の労働環境に関する法律が守られるか。</p> <p>(b) 労働災害防止に係る安全設備の設置、有害物質の管理等、プロジェクト関係者へのハード面での安全配慮が措置されているか。</p> <p>(c) 安全衛生計画の策定や作業員等に対する安全教育（交通安全や公衆衛生を含む）の実施等、プロジェクト関係者へのソフト面での対応が計画・実施されるか。</p> <p>(d) プロジェクトに係る警備要員が、プロジェクト関係者・地域住民の安全を侵害することのないよう、適切な措置が講じられるか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) Y</p> <p>(c) Y</p> <p>(d) Y</p>	<p>(a) プロジェクト実施者はスリランカの労働基準関係法令に従い、労働環境に関する法律が守られる。</p> <p>(b) 安全のための装具を十分供給し、安全管理を徹底する計画である。</p> <p>(c) 安全教育を行う計画である。</p> <p>(d) 適切な措置を講じる予定である。</p>
5 そ の 他	(1) 工事中的の影響	<p>(a) 工事中的の汚染（騒音、振動、濁水、粉じん、排ガス、廃棄物等）に対して緩和策が用意されるか。</p> <p>(b) 工事により自然環境（生態系）に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。</p> <p>(c) 工事により社会環境に悪影響を及ぼすか。また、影響に対する緩和策が用意されるか。</p> <p>(d) 工事による道路渋滞は発生するか、また影響に対する緩和策が用意されるか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) N</p> <p>(c) Y</p> <p>(d) N</p>	<p>(a) 土工事中的の粉塵飛散防止として散水を行い、振動や騒音の少ないタイプの機材を使用するなど、スリランカの環境法に基づき対策・緩和策を講じる計画である。</p> <p>(b) プロジェクトの実施サイトにおいて工事による森林伐採や発破工事もなく自然環境（生態系）への悪影響は及ぼさない。</p> <p>(c) プロジェクトの実施に際し住民移転・用地取得が発生したが、スリランカ国国内法及び JICA 環境社会配慮ガイドラインに沿った移転計画により、住民移転及び補償が完了済みである。</p> <p>(d) 渋滞を生じさせるほどの工事車両の通行は想定されない。念のため、現場新入口に誘導員を配置する。</p>

	(2)モニタリング	<p>(a) 上記の環境項目のうち、影響が考えられる項目に対して、事業者のモニタリングが計画・実施されるか。</p> <p>(b) 当該計画の項目、方法、頻度等はどのように定められているか。</p> <p>(c) 事業者のモニタリング体制（組織、人員、機材、予算等とそれらの継続性）は確立されるか。</p> <p>(d) 事業者から所管官庁等への報告の方法、頻度等は規定されているか。</p>	<p>(a) Y</p> <p>(b) Y</p> <p>(c) Y</p> <p>(d) Y</p>	<p>(a) 工事現場近隣住民への定期的なヒアリングを含むモニタリングが計画・実施される予定である。</p> <p>(b) 月1回を予定。</p> <p>(c) 現地施工業者の現場担当者、施工監理者によって確立される。</p> <p>(d) 現地施工業者→施工監理→プロジェクト事業者→NWSDB</p>
6 留 意 点	他の環境チェックリストの参照	<p>(a) 必要な場合は、ダム、河川に係るチェックリストの該当チェック事項も追加して評価すること。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) なし。</p>
	環境チェックリスト使用上の注意	<p>(a) 必要な場合には、越境または地球規模の環境問題への影響も確認する（廃棄物の越境処理、酸性雨、オゾン層破壊、地球温暖化の問題に係る要素が考えられる場合等）。</p>	<p>(a) N</p>	<p>(a) なし。</p>

添付1 スリランカの用地取得・住民移転に関する主な法律/制度

Social Environment Consideration - Land acquisition and resettlement

1) Relevant regulations

Land acquisition and resettlement processes in Sri Lanka are defined by the following relevant regulations:

(1) Land acquisition law (enactment year/amendment year)

- Land Acquisition Act, No. 9 (1950/1956)

This act stipulates general provisions for land acquisition procedures and makes no provision for involuntary resettlement. The latest of its several amendments are the 1986 version and the Revised Regulations of 2008, which were gazetted as No. 1585/7 in January 2009. It provides the basis for assessing the market value of land or compensation necessitated by the acquisition of land.

(2) Land acquisition related laws

- Crown Lands Ordinance (1956/1960)
- Land Development (Amendment) Act, No. 9 (1995)
- Land Development (Amendment) Act, No. 20 (1996)
- A Reprint of the Land Development Ordinance (1935) (Chapter 464) as amended by Acts Nos. 60 of 1961 and 16 of 1969
- Temple Land Compensation Ordinance (publication year unknown)

(3) Environmental impact assessment law

- National Environmental Act, No. 47 (1980)

(4) Guideline (enactment year/amendment year)

- Guidance for Implementing the Environmental impact Assessment Process, Central Environmental Authority (1995), No. 1 - General Guide for Project Approving Agencies (PAA), No. 2 - General Guide for Conducting Environmental Scoping
- Environmental Guidelines for Road and Rail Development in Sri Lanka, Central Environmental Authority (1997)

(5) Policy (enactment year/amendment year)

- National Involuntary Resettlement Policy (2001)

Established not as an act but as a policy, and there are no provisions for its implementation.

2) Relevant organizations

(1) Organizations that acquire/require land (examples)

- Ministry of Agriculture and Lands
- Road Development Authority

- Mahawelli Authority
- (2) Relevant departments and agencies in charge of land acquisition
- Survey department of the Ministry of Land and Land Development
 - Valuation department of the Ministry of Finance and Planning
 - Registration office of the Ministry of Land and Land Development

3) Contents of the Policy and Calculation of Compensation

Based on the above-mentioned relevant laws, methods for calculating the amount of compensation and payment method for compensation are defined as follows:

(1) Method for calculating the amount of compensation

- The land acquisition officer (acquiring officer) conducts an assessment to determine the amount of compensation owed to landowners. To ensure fairness, the administrative agency cannot be involved in this assessment. The list of landowners is determined at this stage.

- The compensation breakdown consists of the market price of the land or usufruct (right of easement and right to collect) and other matters as necessary. Other matters may include three types of compensation: (i) damages caused by the division of land, (ii) damages to real estate caused by other than the division of land, and (iii) damage to business related to the land. The target is limited to changes in residence due to land acquisition. For the amount of the compensation, (i) and (ii) are limited to less than 20% of the market value of the land, and (iii) must be less than three times the average annual profit. (Sec. 46, Land Acquisition Act, No. 9 (1950/1956))

(2) Method for payment of compensation

- The business agency will make the compensation payment to the Ministry of Land in a lump sum, and the Ministry of Land will pay each landowner.

- After the receipt of compensation, no objection will be permitted. (Sec. 37, Land Acquisition Act, No. 9 (1950/1956))

4) Contents of Livelihood Restoration

The following three elements of livelihood restoration are not mentioned in detail in the law listed under the above-mentioned relevant regulations:

- (1) Support method and system for resettlement
- (2) Support for recovery of livelihood and production base: compensation for unemployment, low-interest loan system, vocational training, job-placement, and others
- (3) Support for recovery and improvement of the standard of living: counseling, development of social infrastructure, community support, and others

The National Involuntary Resettlement Policy (NIRP) states ‘that all efforts are made to minimize involuntary resettlement in projects and where it is unavoidable, affected people are assisted to re-establish their livelihoods.’

4

3/2/1/5 - iii

2013.09.

ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලයට මිලදී ගැනීමට යෝජිත ඉඩම් මිල තීරණය කිරීම සඳහා 2013.08.27 දින පවත්වනු ලැබූ ඉඩම් අත්කර ගැනීමේ හා ප්‍රතිස්ථානගත කිරීමේ විශේෂ කමිටු (SUPER LARC) රැස්වීම වාර්තාව.

ඉහත සඳහන් රැස්වීම 2013.08.27 දින ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන අමාත්‍යාංශ ලේකම් ආර්යාලයේදී මා විසින් පවත්වන ලදී. එහිදී ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලයේ අතිරේක මාමාන්‍යාධිකාරී (සාමූහික සේවා) විසින් 2013.07.17 වන දිනැතිව කරන ලද ඉල්ලීමට (මණ්ඩලයේ ආභාෂු අංක.නිසා/නි7/එල්ඒ/1903) අනුව ඇත්තම-මතුගම-අගලවත්ත ඒකාබද්ධ ජල සම්පාදන ක්‍රමයේ බෙරුවල භූගත ජලාශය ඉදිකිරීම සඳහා අවශ්‍යව ඇති ඉඩම් කොටස් දෙකක් මිලදී ගැනීම පිළිබඳව සාකච්ඡා කරන ලදී.

- සභාගී වූ කමිටු සාමාජිකයින් : 1. ඒ. අබේගුණසේකර මහතා, ලේකම්, ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන අමාත්‍යාංශය. සභාපති, ඉඩම් අත්කර ගැනීමේ හා ප්‍රතිස්ථානගත කිරීමේ විශේෂ කමිටුව.(SUPER LARC)
2. අයිරින් නානායක්කාර මහත්මිය, අධ්‍යක්ෂ(ඉඩම්), ඉඩම් හා ඉඩම් සංවර්ධන අමාත්‍යාංශය.
3. ඊ. දයාසේන මහතා, නියෝජ්‍ය ප්‍රධාන තක්සේරුකරු, තක්සේරු දෙපාර්තමේන්තුව.
4. එච්. රණතුංග මහතා, කළමනාකරු (පරිශ්‍ර), ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලය.

ඇත්තම-මතුගම-අගලවත්ත ඒකාබද්ධ ජල සම්පාදන ක්‍රමයේ බෙරුවල භූගත ජලාශය ඉදිකිරීම සඳහා අවශ්‍යව ඇති ඉඩම් කොටස් දෙක සඳහා තක්සේරු කර ඇති මුදල ප්‍රමාණවත් නොවන බැවින් එම මුදල පුරා කිරීමට දෙන ලෙස ඉඩම් හිමිකරුවන් විසින් අභියාචනා ඉදිරිපත් කරන ලදී. ඒ පිළිබඳව සාකච්ඡා කර ඒරණයක් ගැනීම සඳහා අංක. 06/0690/226/028 දරණ අමාත්‍ය මණ්ඩල පත්‍රිකාවට අදාළව 2006.04.26 දිනැති තීරණය පරිදි ඉඩම් හිමිකරුවන් වෙත ප්‍රතිස්ථාපන පිරිවැය ගෙවීම පිළිබඳව ගන්නා ලද තීරණ අනුකූලව දැක්වේ.

I. කාරණය.

ඇත්තම-මතුගම-අගලවත්ත ඒකාබද්ධ ජල සම්පාදන ක්‍රමයේ බෙරුවල භූගත ජලාශය ඉදිකිරීම සඳහා අවශ්‍යව ඇති ඉඩම් කොටස.

I.1. ඉඩමේ විස්තර :

අංක.276 දරණ පිඹුරේ කැබලි අංක. 1 ලෙස දක්වා ඇති ප්‍රමාණයෙන් පර්චස් 18.61 ක් පමණ වන මිච්චේනියාවත්ත නොහොත් පේරුනයිදෙගෙවත්ත නැමති ඉඩම් කොටස.

4
b

1.2. ඉඩම් හිමිකරු:

එච්.එල්. සතීර නිලංක සිල්වා මහතා, 12/24, රුවල්පුර, බේරුවල.

1.3. තීරණය:

ලක්ක ඉඩම් කොටස සඳහා තක්සේරු වටිනාකම ලෙස ලබා දී ඇති රු.18 60 000/- ක මුදලට ඉඩම් හිමිකරු එකඟ නොවූ බැවින් නැවත රු.20 00 000/- ලෙස තක්සේරු මුදල සංශෝධනය කර ඇත. එම ප්‍රදේශයේ ඉඩම්වල වර්තමාන වෙළඳපල වටිනාකම වැඩි අතර තමා විවාහකයෙකු බවත් පදිංචියට ගියහොත් හෝ වෙනත් දේපළක් නොමැති බැවින් ඉඩමක් මිල දී ගෙන නිවසක් තනා ගත යුතු බැවින් එකී තක්සේරු මුදල ප්‍රමාණවත් නොවන බව දන්වමින් අභියාචනාවක් ඉදිරිපත් කරන ලද ඉඩම් හිමිකරු වන එච්.එල්. සතීර නිලංක සිල්වා මහතා රැස්වීමට සහභාගී වූ අතර ඔහු ප්‍රකාශ කර සිටියේ පර්.1 ක් සඳහා රු.2 25 000 /=- ක මුදලක් බලාපොරොත්තු වන බවත් තක්සේරු කර ඇති මුදල අඩු බැවින් වර්තමානයේ ඉඩම්වල මිල සලකා බලා මෙම මුදල වැඩි කර දෙන ලෙසයි. මෙම ඉඩමට පාරක් නොමැති බැවින් ඉඩමේ වටිනාකම අඩු වන බවත් බේරුවල ප්‍රාදේශීය ලේකම් කාර්යාලයෙන් දන්වා ඇති පරිදි මෙම ප්‍රදේශයේ ඉඩම්වල වර්තමාන වටිනාකම පර්චසයක් රු.150 000/-කට ආසන්න මිලක් වන බැවින් කමිටු නිලධාරීන් සාකච්ඡා කර පර්චසයක් රු.1 25 000/-ක ලබා දීමට එකඟතාවය වීමෙන් පසු මෙම ඉඩම ආරභයා සීමාවේ නගරයට ආසන්නව පිහිටා ඇති නිසාත් දැනට නැදෑ නිවසක පදිංචිව සිටින අතර මෙම ඉඩමේ නිවසක් සාදා ගැනීමට බලාපොරොත්තුව සිටි බැවින් පර්චසයක් සඳහා රු.1 75 000/- ක මුදලක්වත් ලබා දෙන ලෙස ඉල්ලා සිටින ලදී. ප්‍රාදේශීය ලේකම් කාර්යාලයෙන් දන්වා ඇති මුදල වන රු.1 50 000/- ඉක්මවා යා නොහැකි බවත් මෙම ඉඩමට අදාළ වටිනාකමක් පමණක් රජයට දිය හැකි බැවින් මෙම ඉඩම අත්කර ගැනීම සිදු කලහොත් එපමණ මුදලක්වත් නොලැබෙන බවත් ඉඩම් හිමිකරුට ආදායමක් ලෙස ලදී. පවුලේ අසරණභාවය සලකා බලා සාධාරණයක් කරන ලෙසත් රු.150 000/-ක්වත් ආදායමක් ලබා දෙන ලෙසත් ඔහු විසින් ඉල්ලා සිටින ලදී. කමිටු නිලධාරීන් තව දුරටත් සාකච්ඡා කර රු.1 35 000/- මුදලකට ඉඩම ලබා දීමට එකඟවන්නේදැයි විමසන ලද අතර අවසානයේදී පර්චසයක් රු.1 40 000 බැගින් මුළු ඉඩම රු.26 00 000/-කට මණ්ඩලයට ලබා දීමට ඉඩම් හිමිකරු එකඟතාව ප්‍රකාශ කරන ලදී.

1.4. කළයුතු කටයුතු

ඉඩම් හිමිකරුගේ එකඟතාවය ලිඛිතව ලබා ගෙන මේ සමඟ අමුණා ඇති අතර ඉහත තීරණය අනුව මාස තුනක් ඇතුළත මුදල් ගෙවා ඉඩම් කොටස මණ්ඩලයට පවරා ගැනීමත්, අදාළ නීතිමය කටයුතු අච.එල්. සතීර නිලංක සිල්වා මහතාට වෙත ලිඛිතව දැනුම් දීමත් මැනවි.

ආශ්‍රේණි: අතිරේක සාමාන්‍යාධිකාරී (සාමූහික සේවා),
ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලය.

2. කාරණය.

ඇදහිල්ල-මතුගම-අගලවත්ත ඒකාබද්ධ ජල සම්පාදන ක්‍රමයේ බේරුවල භූගත ජලාශය ඉදිකිරීම සඳහා අවශ්‍යව ඇති ඉඩම් කොටස.

2.1. ඉඩමේ විස්තර:

අංක.276 දරණ පිඹුරේ කැබලි අංක. 2 දක්වා ඇති ප්‍රමාණයෙන් හෙක්ටයාර්. පර්.12.73 ක් පමණ වන මීච්චිනියාවත්ත නොහොත් පේරුනයිදෙගෙවත්ත නැමති ඉඩම් කොටස.

2.2. ඉඩම් හිමිකරු:

කේ. දිමුතු විදේශා ප්‍රනාන්දු මහත්මිය, 7/6, නල්ලහේන, බේරුවල.

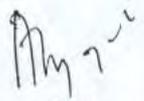
2.3. තීරණය :

උක්ත ඉඩම් කොටස සඳහා තක්සේරු වටිනාකම ලෙස ලබා දී ඇති රු.31 25 000/- ක මුදලට ඉඩම් හිමිකරු එකඟ නොවූ බැවින් නැවත රු.35 00 000/- ලෙස තක්සේරු මුදල සංශෝධනය කර ඇත. ෩-ක.276 දරණ පිලිවෙල කැබලි අංක. 2හි හිමිකරු වන කේ. දිමුතු විදේශා ප්‍රනාන්දු මහත්මිය රැස්වීමට සහභාගි වූ අතර ඇය ප්‍රකාශ කර සිටියේ දැනට පදිංචිව සිටින්නේ මෙම ඉඩමේ පිහිටි නිවසේ බවත් මෙම ඉඩම සමඟින් ඇති හෙයින් වෙනත් ඉඩමක් මිලදී ගෙන නිවසක් සාදා ගත යුතු බැවින් තමා පර්.1ක් සඳහා රු.4 50 000/- ක මුදලක් බලාපොරොත්තු වන බවත් තක්සේරු කර ඇති මුදල අඩු බැවින් වර්තමානයේ ඉඩම්වල මිලද සලකා බලා එය වැඩි කර දෙන ලෙසයි. පෙර ඉඩම ලෙසම මෙයටද පාරක් නොමැති වීම ඒවා ඉඩමේ වටිනාකම අඩු වන බවත් ඉඩමේ ගොඩනැගිල්ලක්(නිවස) සහිත බව හා ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලයට මීට පෙර අත්කර ගෙන ඇති ඉඩමට යාබදව පිහිටා ඇති නිසා මෙම ඉඩමේ වටිනාකම පෙර ඉඩමට වඩා වැඩි බවත් කමිටු නිලධාරීන් විසින් ප්‍රකාශ කරන ලදී. ඒ අනුව මුළු ඉඩම සඳහා රු.40 00 000/-කට ඉඩම ලබා දීමට එකඟ වන්නේදැයි විමසන ලදී. පාරක් නොමැති එක පලාකු අඩුවක් වුවත් අනෙක් සියලු දේට පහසු බවත් නගරයට ආසන්න බවත් ස්වාමි පුරුෂයා මාළු වෙළඳාමේ නිරත වන අතර තමාට කුඩා ළමුන් 03 නෙකු සිටින බැවින් පර්චස් 10ක්වත් ගෙන නිවසක් තනා ගැනීමට විශාල මුදලක් වැය වන බැවින් රු. 45 00 000/-ක්වත් ලබා දෙන ලෙස ඇය ඉල්ලා සිටින ලදී. කමිටු නිලධාරීන් තව දුරටත් සාකච්ඡා කර මණ්ඩලයට යාබද ඉඩම බැවින් මණ්ඩලයට මෙම ඉඩම ලබා ගැනීම වැදගත් වුවත් ඉඩමේ වටිනාකමට සරිලන මුදලක් සමඟින් රජයට ලබා දිය හැකි බැවින් උපරිමය ලෙස රු. 42 00 000/- ලබා ගැනීමට එකඟවන්නේදැයි විමසන ලද අතර අවසානයේදී මුළු ඉඩම රු.43 00 000/- කට මණ්ඩලයට ලබා දීමට ඉඩම් හිමිකරු එකඟ වන ලදී.

2.4. කළයුතු කටයුතු

ඉඩම් හිමිකරුගේ එකඟතාවය ලිඛිතව ලබා ගෙන මේ සමඟ අමුණා ඇති අතර ඉහත තීරණය පරිදි මාස තුනක් ඇතුළත පදිංචි ඉඩම බැවින් හැකි ඉක්මනින් මුදල් ගෙවා ඉඩම් කොටස මණ්ඩලයට පවරා ගැනීමත්, අදාළ නීතිමය කටයුතු කේ. දිමුතු විදේශා ප්‍රනාන්දු මහත්මිය වෙත ලිඛිතව දැනුම් දීමත් මැනවි.

වගකීම : අතිරේක සාමාන්‍යාධිකාරී (සාමුහික සේවා),
ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලය.



ඒ. අබේගුණසේකර,
සභාපති, ඉඩම් අත්කර ගැනීමේ හා ප්‍රතිස්ථානගත
හිරිමේ විශේෂ කමිටුව(SUPER LARC) .
ලේකම්, ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන අමාත්‍යාංශ

(44-E)

ඉඩම් විකිණීම සඳහා කැමැත්ත පළ කිරීම.

ජාතික ජල සම්පාදන හා ජලාපවහන මණ්ඩලය මිලදී ගැනීමට යෝජිත ඉඩම්වල මිල තීරණය කිරීම සඳහා පවත්වනු ලැබූ ඉඩම් අත්කර ගැනීමේ හා ප්‍රතිස්ථාගත කිරීමේ විශේෂ කමිටු රැස්වීම.

දිනය : 2013.08.27

ඉඩම් අවශ්‍ය කාරණය : අලුත්ගම, මතුගම හා අහලවත්ත ඒකාබද්ධ ජල සම්පාදන ක්‍රමය බෙරුවල භූගත ජලාශය ඉදිකිරීම සඳහා ඉඩම් කොටස් දෙකක් මිල දී ගැනීමට අදාළ මිල තීරණය කිරීම.(SUPPER LARC)

ඉඩම් හිමිකරුගේ නම : K. ඉන් විජේසංගුණන්

ලිපිනය : ගා. 6/7 වැව්ගම පාර

උක්ත අවශ්‍යතාවය සඳහා මා හට අයත් විවේෂා ඉන්ද්‍රා නැමැති ඉඩමෙන් හෙක්ටයාර් / අක්කර/පර්චස් 12.73 පමණ වන ඉඩම් කොටස/කොටස් නිවැසි මග රු. 4,900,000/- ක මුදලකට ජාතික ජල සම්පාදන ඒා ජලාපවහන මන්ඩලය වෙත ලබා දීමට එකඟත්වය ප්‍රකාශ කරමි. විවේෂා ඉන්ද්‍රා මහතා මගේ වෙත

අත්සන : vidisha

දිනය 2013.08.27

National Water Supply and Drainage Board

Summary Report

Democratic Socialist Republic of

Sri Lanka

Verification Survey with the Private Sector for
Disseminating Japanese Technologies
for Pre-stressed Concrete Tanks for
Water Supply and Sewage Treatment Systems

April 2019

Japan International Cooperation Agency

Abe Nikko Kogyo Co., Ltd.

1. BACKGROUND

Currently, 48.1% of the population in Sri Lanka has access to piped water supply. “Cooperate Plan 2016-2020” of the National Water Supply & Drainage Board (hereinafter referred to as “NWSDB”) has set a target to expand the coverage of piped water supply to 60.0% of the population by 2020.

The findings of the study team comprised by Abe Nikko Kogyo Co., Ltd. (hereinafter referred to as “ABE”) for the “Study on Introduction and Dissemination of Pre-stressed Concrete Tanks for Water Supply and Sewage Treatment System” (hereinafter referred to as “the Study”), which was conducted from September 2013 to March 2014, summarized the issues and needs with regard to the expansion of the water supply coverage of the country as follows:

- (1) Development of rural water supply facility is very urgent in the country as there is a pressing need for improving hygiene and health conditions in the rural area. Therefore, speedy construction of water supply facility, including planning, designing and construction, is very important.
- (2) It is also urgent to upgrade urban water supply facility to meet the needs of increase in population with modern lifestyle. However, finding a suitable land in urban areas to construct a large capacity of water tanks (ground water reservoirs) is always a problem in urban area, as land is scarce and expensive, and involuntary resettlement and land acquisition often take a long time.
- (3) NWSDB conducts construction and rehabilitation of large-scale water supply facilities using foreign funds. Reduction of cost for construction of such facilities is important for NWSDB to further improve financial status of the organization. Reduction of the cost for maintenance and rehabilitation of such facilities is also crucial.

As a result of the Study, ABE became convinced that its PC tanks (pre-stressed water tanks) will definitely contribute to solve the above-mentioned issues and fulfil the needs of the NWSDB, as ABE’s PC tanks are extremely durable, require less land, economical and safe and speedy in construction as described in “3 (1)” of this summary report. ABE also realized that, in order to introduce and disseminate ABE’s PC tanks in the country, it is necessary to facilitate NWSDB to understand more about the advantages of PC tanks and also to make them more aware of ABE’s technology on designing and construction of PC tanks by actually constructing a PC tank, so that NWSDB would make a policy decision to accept the PC tank as standard reservoirs of the country in future.

During the Study, NWSDB expressed their interest and understanding to the advantages of

ABE's PC tanks and; therefore, wished to actually witness construction of an ABE's PC tank and its technology on the product. Consequently, ABE, together with NWSDB, had selected the most suitable site for the construction of a PC tank, for pilot demonstration work, and further conducted a basic feasibility study with technical and financial aspects. Beruwala in Kalutara District of Western Province was selected for the site of the pilot demonstration work jointly by ABE and NWSDB. NWSDB had completed involuntary resettlement and land acquisition of the proposed site and expressed its willingness to provide ABE with cooperation to the pilot demonstration work.

ABE submitted a proposal for "Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Pre-stressed Concrete Tanks for Water Supply and Sewage Treatment Systems" (hereinafter referred to as "the Survey") to JICA in May 2014, which was accepted by JICA in July 2014.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

Purposes of the Survey were as follows:

- 1) To verify advantages of ABE's PC tanks that are "durable", "economical", "safe and speedy in construction" and "contribute for efficient land use", and effectiveness of its technologies for solving some of the development issues of the country by constructing a PC tank as a pilot demonstration. At the same time, this pilot PC tank is expected to improve NWSDB's water supply capacity in Beruwala area and contribute for uplifting social and living environment of the community.
- 2) To enhance the capacity of NWSDB and other stakeholders regarding planning, designing, construction, operation and management of PC tanks.
- 3) To introduce PC tanks as standard reservoirs of NWSDB in the country.
- 4) To make necessary arrangement to disseminate PC tanks in the country and formulate a business plan to establish its business in the country.

(2) Activities

The following activities were conducted in the Survey.

- 1) Construction of a PC tank at Beruwala as a pilot demonstration and promotion of ABE's PC tank

A PC tank of 2,000m³ was constructed at Beruwala with an enhanced NWSDB's water supply capacity in Beruwala and Aluthgama areas. After the commission of the PC tank in May 2018 until January 2019, because of the Survey, 389 numbers of new connections were provided. Service hours of 25,200 households were increased; from 6 hours to 9 hours per day in

Beruwala and from 4 hours to 8 hours per day in Aluthgama. As a result, water consumption amount was increased by 23,800 m³/ month in the area. Number of new connections is further expected to be increased after completion of the repair of the old RC tank at Beruwala.

ABE worked closely with NWSDB, local consultant and contractors throughout the Survey for construction of the PC tank. This activity included the following sub-activities:

- Conduct investigation on NWSDB's water supply plan and status of operation and maintenance in Beruwala and Aluthgama areas.
- Conduct geological survey and measurement works at the pilot site and confirm design condition of the pilot PC tank.
- Procure necessary materials and equipment and construct PC tank.
- Conduct demonstration workshops during the construction of the PC tank. Wall thickness and volume of rebar of PC tank and air-dome technology were some of the skills and technology that were highlighted in the demonstration workshops.
- Handed over the PC tank to NWSDB after completion of the construction, and NWSDB conducts monitoring about the progress of new water connections and increase of service hours in the target areas.
- Analyzed advantages and effectiveness of the PC tanks in terms of durability, cost efficiency, land use efficiency, construction safety and speed.
- Hold seminars to share the result of verification and analysis of the PC tanks and transfer of skills and technologies on PC tanks.

2) Technology transfer on planning, designing and construction of PC tanks to enhance the capacity of NWSDB and other stakeholders

Technology transfer on planning, designing and construction of PC tanks from ABE to the staff of NWSDB and local consultant and contractor was conducted through on-the-job training (OJT), which included documentation of the technology; introduction of operation and procedure manuals on planning, designing and construction of PC tanks; seminars and workshops for safety measures and education. ABE also developed a set of technical standards for designing, cost estimation and construction of PC tanks in Sri Lanka, which will be used by NWSDB at the time of procurement of PC tanks in future. This activity included the following sub-activities:

- Drafted "operation and procedure manuals on planning, designing and construction of PC tanks" (hereinafter referred to as "the Manual") after reviewing standard manuals on construction of water tanks in the country.
- Conducted OJT to NWSDB staff at each stage of designing and construction in accordance

with the draft Manual; and hold safety seminars to NWSDB staff and other local stakeholders to raise their awareness on safety management in construction.

- Revised the draft Manual after training activities on quality management and safety management in Japan.
- Conducted quarterly visual inspection with NWSDB staff and advised the maintenance of the PC tank after completion of the construction.

3) Introduction of PC tanks with air-dome engineering as a standard reservoir in Sri Lanka

The following activities were conducted for introducing PC tanks as standard reservoirs in Sri Lanka:

- Discussed the revised Manual with NWSDB management at the mid-term meeting.
- Based on the discussion at the meeting, finalized the Manual.
- Based on the finalized Manual, proposed a standardization plan of PC tanks in collaboration with NWSDB.
- Based on the finalized standardization plan of PC tanks, formulated a draft dissemination plan of PC tank in Sri Lanka in collaboration with NWSDB.

4) Preparation for disseminating PC tanks in the country

- Investigated market size and demand projection of PC tanks with review on needs of water service and construction plan of water tanks, and collecting information on related laws and regulations, and potential risks.
- Studied feasibility of a packaged water business model being promoted by “the Life of Water Chubu Forum”, a Public-Private-Academic partnership forum of water sector in Chubu region.
- Developed a plan for a new business and do preparation works for business operation in Sri Lanka.

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

ABE has developed technology of PC tanks for water supply facility in 1957 and constructed the first PC tank in Japan. It is the pioneer of PC tanks and currently has a 60% of share of PC tanks in Japan. It has also involved in setting-up standards for designing and construction of PC tanks and made the PC tanks popular in the country. As a result, 70% of the distribution tanks in Japan are PC tanks.

Figure 1 and 2 show structure of PC tanks and arrangement of PC tendons and rebars in a PC tank respectively.

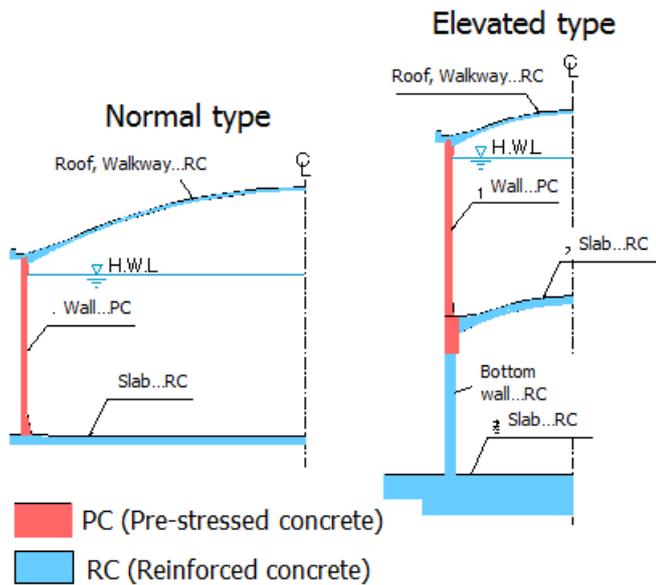


Figure 1 Arrangement of PC tendon and rebar in a PC tanks

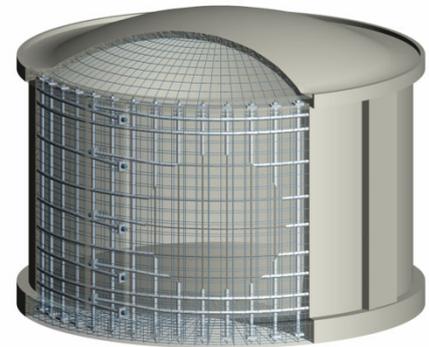


Figure 2 Structure of PC tanks

The main features of ABE's PC tank are as follows:

- Extremely Durable

A PC tank will never have a structural crack or a leakage. No maintenance is needed. Estimated lifetime of ABE's PC tanks is more than 100 years. Durability of ABE's PC tanks has been proved from the fact that the products had not been damaged even by earthquakes and tsunami in Japan.

- Less land required

There is no restriction for PC tanks on height. It can be as tall as 50m. Therefore, a large capacity of tank can be built in a small land area. PC tanks require less volume and time for earth work than that for RC tanks, as PC tanks do not need excavation.

- Economical

PC tanks are economical as they need less volume of concrete and rebars compared with RC tanks. This is because the walls of PC tanks, of which durability is ensured by pre-stressing, are thinner than RC tanks.

- Safe and speedy in construction

Abe also has developed "air-dome technology", which is very safe in construction. It also developed a construction method of PC tanks using pre-cast concrete panels, which is speedy in designing and construction. These are the superior technologies of ABE, which are not owned by any other companies of similar kind in Japan and in overseas.

For the construction of a PC tank for the pilot demonstration work, only the materials and the

machinery, which were not available in Sri Lanka, were imported from abroad. They were; PC tendons, tendon anchorages, air-dome materials, pre-tensioning systems and devices and an air-dome control system. Other materials and machineries were procured in Sri Lanka.

(4) Counterpart Organization

National Water Supply and Drainage Board

(5) Target Area and Beneficiaries

- Target Area

The PC tank was constructed in the premises of Beruwala NWSDB OIC office in Kalutara district. Demonstration was conducted at the same place. Technical transfer was conducted mainly at the Head Office of NWSDB in Ratmalana in Colombo district.

- Beneficiaries:

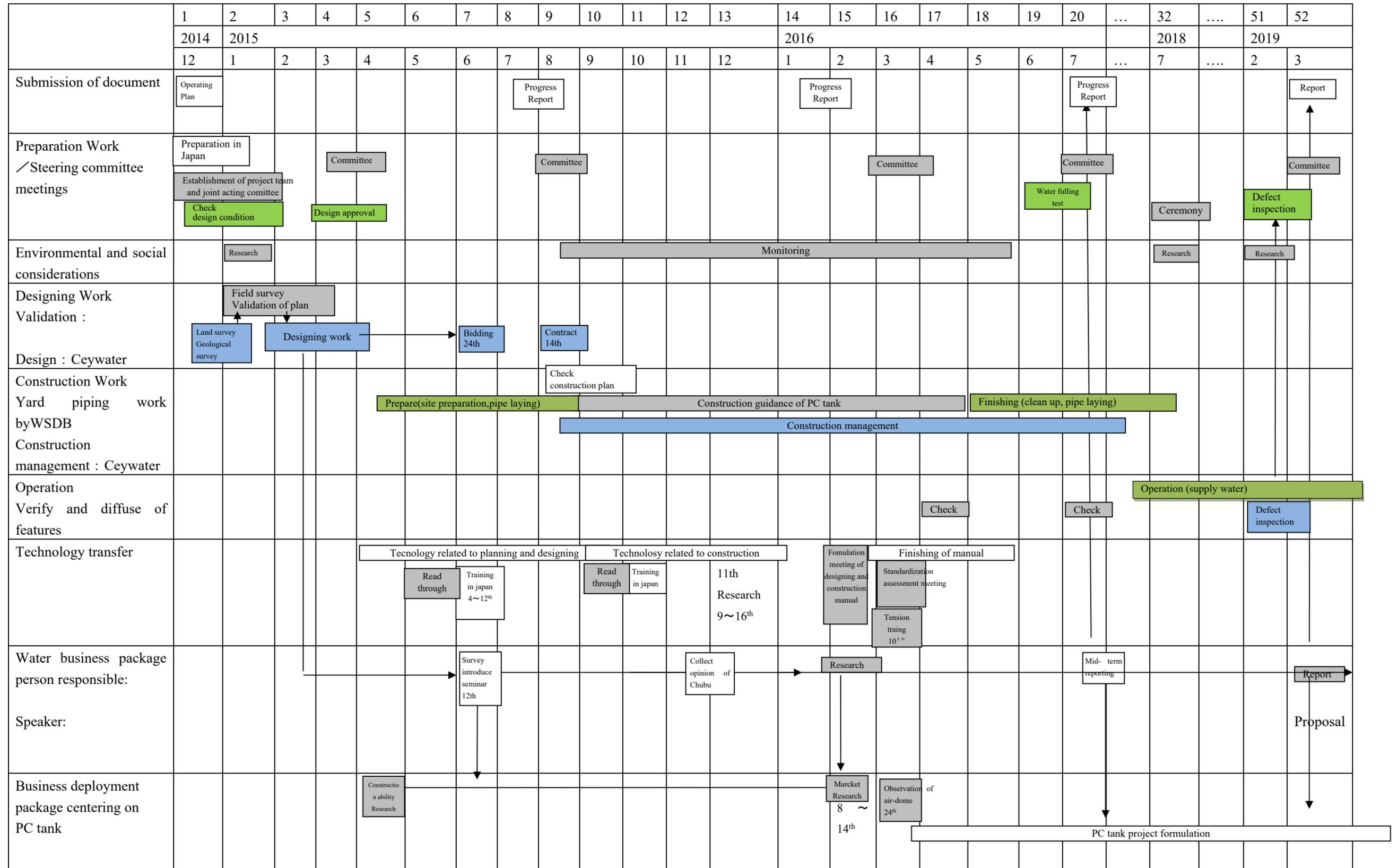
Staff of NWSDB, local consultant and constructors were benefitted through the activities of technical transfer.

Residences in Beruwala and Aluthgama area. As of January 2019, new connections were provided for 389 households, and service hours were increase at 25,200 households, from 6 hours to 9 hours per day in Beruwala and from 4 hours to 8 hours per day in Aluthgama. Water consumption amount was increased by 23,800 m³/ month in the area as a result.

(6) Duration

From December 2014 to June 2019

(7) Schedule of the Survey



3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

As planned, a PC tank with the air dome method was constructed in this Survey; and it was verified that a more durable tank can be constructed at a smaller land area; at the same construction cost of a RC tank. ABE also demonstrated that the PC tank with the thin wall was operated without any problem.

It was found at the final seminar of this Survey, that the advantages of PC tanks were well acknowledged by NWSDB. At the seminar, questions were asked based on the understanding of the design and construction method of the PC tanks from a professional point of view. This shows that the Survey has definitely deepened the understanding and interest of NWSDB on PC tanks.

The roof of the tank was constructed in two weeks by using the air dome method: while it usually takes 2-3 months for construction of dome roof by conventional method. The air-dome method was highly appreciated by the participants of the demonstration seminar, especially because it would shorten construction period of tanks, and that no skilled workers were required. NWSDB acknowledged about safety and convenience of constructing roofs by using air-dome method as well.

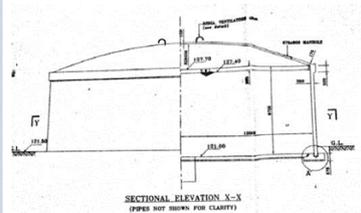
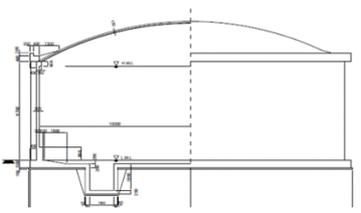
Following table summarizes the advantages of the PC tanks verified in this Survey.

Items	Result of Verification and Analysis
• Durability	<u>PC tank is highly durable</u> As a result of analyzing the design conditions of RC tanks and PC tanks, it was found that RC tanks were designed with permissible cracks; while PC tanks are designed without permissible cracks. Explaining this difference to the NWSDB, their doubt and concerns regarding the higher durability of PC tanks have been resolved.
• Construction period of dome roof	<u>The construction period of dome roofs of water tanks can be shortened by adopting the air dome method</u> Construction of the dome roof by the air-dome method of the Survey required only 14 days, while constructing a dome roof by conventional method usually requires 60 to 90 days. It has been

Items	Result of Verification and Analysis
	verified that the construction period of doom roofs of water tanks can be significantly shortened by adopting the air-dome method.
<ul style="list-style-type: none"> • Land area required for construction • Utilization of existing building 	<p><u>PC tanks require smaller land area</u></p> <p>The Survey verified that a tall tank could be built on a small land area and operated without any problems. The PC tank needed only around 50% of the land required for a RC tank with the same capacity.</p> <p><u>PC tanks enable efficient use of existing buildings</u></p> <p>Because the PC tank required smaller land extent, NWSDB did not need to demolish a house at the construction site, and therefore, convert it to a warehouse and is utilizing. This is an example to show that PC tanks enable NWSB to utilize an existing land and building effectively.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Construction cost • Lifecycle cost • Cost for land acquisition • Electricity cost for pump operation 	<p><u>Construction cost of a PC tank and a RC tank is almost same</u></p> <p>When comparing the actual construction cost of the PC tank and the construction cost of the RC tank of Udawalawa, which is constructed in the southern area of Sri Lanka with the same capacity (2,000 m³), "RC tank: PC tank" is "1: 1.015", which is almost the same. See Figure 4 for details.</p> <p><u>The lifecycle cost of the air dome method is low</u></p> <p>Compared with the lifecycle costs of the dome roof made by the conventional reinforced concrete and that by the air-dome method, "conventional method: air dome" of a tank with a capacity of 2,000 m³ was "1: 0.80"; and those of a capacity of 15,000 m³ was "1: 0.72". Thus, the roofs made by airdrome method have a lower life cycle cost than the conventional method. Lifecycle cost of a tank with air-dome method become more efficient for larger capacity of tanks.</p> <p><u>PC tanks contribute saving land acquisition costs</u></p> <p>As mentioned above, the PC tank needed around half of the land that was needed for a RC tank. NWSDB had acquired a land in the construction site with a plan of constructing a RC tank. If they were planned to construct a a PC tank from the beginning, and assuming that this land acquisition was not necessary, NWSDB could have saved the cost for the land acquisition, that was 4.3 million rupees.</p> <p><u>PC tanks contribute saving of electricity cost for pump operation</u></p> <p>The PC tank enabled NWSDB to distribute water by gravity by using</p>

Items	Result of Verification and Analysis
	the height of the PC tank and realized savings of electricity cost for pump operation by 400,000 rupees (about 300,000 yen) per month.
• Safety	<p><u>The air-dome method is highly safe</u></p> <p>The safety and benefit of the air-dome method was well understood by NWSDB and other stakeholders though the demonstration carried out in the Survey. By adopting the air dome method, work at heights became unnecessary, which make the construction safer and more convenient.</p>

Advantages – Economical_ Cost comparison

RC Tank	PC Tank
	
Volume=2,000m ² Height=6.4m Diameter=20.0m	Volume=2,000m ² Height=6.4m Diameter=20.0m
Estimated cost = 1	Estimated cost = 1.015

Same cost but the higher quality !!

Figure 4 Cost Comparison of RC and PC tank of 2000 m³

Technology transfer necessary for dissemination of PC tanks was also implemented through training in Japan, mini-seminars and development of manuals jointly with the NWSDB. The manuals were developed by obtaining active participation of NWSDB staff; and therefore, they became easy to use and understand by Sri Lankan engineers. The manuals became essential reference for NWSDB when they plan and design construction of PC tanks in the future.

It was expected that PC tanks would be introduced to water supply and sewage projects of Japanese ODA projects and others, after the completion the Survey. Currently, several PC tanks are planned to be constructed in the Kalu Ganga Project.

The PC tank constructed in the Survey provided the residents of the target area with benefits such as improvement of water supply services and living environment and convenience. The economic effect of saving electricity costs for pump operation was brought to the NWSDB. In

addition, since the PC tank is functioning, NWSDB became able to repair the old tank, which will also improve the NRW (Non-revenue water) rate of the NWSDB in the area. In addition to the economic benefit and durability of the PC tanks, these benefits such as the improvement of the water supply coverage rate and the management of the NWSDB will also contribute to the development issues in the country.

As described above, sufficient outputs have been created in this Survey, with regard to the verification of comparative advantage of PC tanks, technical transfer, and future dissemination of the PC tanks. The purpose of this project was well achieved.

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

Counterpart Organization uses the manual to plan and design PC tanks.

A manual for planning and designing of PC tanks has been completed. Based on this manual, NWSDB is developing a textbook for design calculation of PC tanks. This self-effort of NWSDB will further enhance self-reliance of the activities conducted in the Survey. PC tanks are expected to become popular in the country by utilizing and updating this manual. “ISO/FDIS 18407 :2018 guidelines for simplified design of prestressed concrete tanks for potable water”, which was published in May 2018, will also contribute disseminating Japanese technology on PC tanks in Sri Lanka.

ABE plans to utilize the results of this technology transfer to strengthen the relationships with the NWSDB and local contractors, and to deepen ABE's involvement in the construction of water reservoirs planned in the country.

4. FUTURE PROSPECTS

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

In Sri Lanka, improvement of the water supply coverage rate is one of the development issues. Especially in urban areas of the country, it is urgent and necessary to renew and expand water supply facilities, including distribution reservoirs, to meet the increasing water demand. In order to do so, it is needed to construct large-scale distribution reservoirs. However, it is often difficult for NWSDB to find a land with necessary area extent at a suitable location, because most of the land in the country are already used as commercial and residential purposes, and price of land is increasing.

The Survey verified that the PC tanks can be built on smaller land and with the same

construction cost of RC tanks. It was also proved that maintenance cost of PC tanks, including cost for repairs and renovation, were minimum, because it would be highly durable; and construction period could be significantly shortened by using the air-dome method. In this way, the comparative advantages of the PC tanks were verified in this project; and it became apparent that the PC tanks will contribute efficient and economical construction of distribution reservoirs, that is needed for improving the coverage and service hours of water supply.

In addition to this, as a result of implementing gravity water supply by utilizing the height of the PC tank, the electricity cost of pump operation of NWSDB was reduced. This contributed improvement of operational efficiency of NWSDB, which is also an important management issue of the organization.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

1) Lessons Learned

The wall of the PC tank is constructed by placing concrete and insert a rod-like vibrator and compress. The Sri Lankan work procedure for this process is different from that of Japan. Different countries may have different work procedure and habits. In order to prevent such problems, it is important to share ideas and work procedures before starting the work, and to start the work after the discussion and with agreement. This also ensure quality of work and improves technical skills of each other.

2) Recommendations

The following matters are recommended to NWSDB.

Adoption of PC tanks in the country

In the Survey, it was verified that PC tanks with air-dome methodology, require less land area, thus saved cost and time for land acquisition and resettlements, have higher durability and less maintenance cost, higher safety and speedy in construction. It will also improve efficiency of operation and maintenance of the water distribution in the area. Therefore, it is recommended

NWSDB to adopt PC tanks in future planned water reservoirs in Sri Lanka, so that preparation, construction, operation and maintenance would be faster and more cost efficient.

Improvement of concrete work for water tanks by using the manual

There were water leakages from the concrete wall of the PC tank during the construction because of inappropriate consolidation and insufficient compaction of concrete. ABE analyzed this problem and explained the prevention method in the construction manual of PC tanks. Recommendations for further improvement are also stated in the manual, by explaining the

practices carried out in Japan. NWSDB is recommended to share this prevention methods with staff members and contractors, make them fully understand about the need of improvement of procedure and principles of concrete works by using the manual; before starting the construction of a PC tank, so that the above-mentioned problems would be prevented.

Timely implementation of ancillary work to enjoy project benefit on time

The PC tanks started operation only after two years from the planned date because of the delay in construction of the yard piping. As a result, the consumers had to wait longer time than planned to have improvement of service hours and new connections. It was also regrettable in terms of operation efficiency that NWSDB could not enjoy benefit of cost saving of electricity and increase of water consumption on time. In future, for the ancillary works needed for construction of water tanks, NWSDB is recommended to develop more appropriate plan and design according to the particular requirement of the construction site; and implement them with a definite financial allocation.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY

Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Pre-stressed Concrete (PC) Tanks for Water and Sewage Supply Treatment Systems in Sri Lanka

ABE NIKKO KOGYO CO., LTD., GIFU, Japan

Concerned Development Issues in Sri Lanka

- Development of urban water supply system is urgent need
- Finding land for a reservoir in urban area is difficult
- Shortening construction period and
- Saving construction cost is required
- Construction with complete safety management

Implemented Activities in the Survey

- Constructing a PC tank of 2,000m³ capacity using air-dome technology in Beruwala.
- Verifying serviceability and superiority of PC tank.
 - Technical transfer related to designing, construction and maintenance of PC tank.
 - PC tank which using air-dome technology will be adopted as a standard reservoir.
 - Organizing and considering about dissemination method and issues of this technologies/products.

Proposed Products/Technologies

“PC tank” will achieve low-cost, durability and safe construction



- Technology which disseminated PC tank in Japan
- Air-dome technology can shortening construction period and construct safely.
- Differentiation by unique technology

Survey Overview

Name of Counterpart: National Water Supply and Drainage Board
Survey duration: 2014.12 ~ 2019.6
Survey Area: Beruwala, Kalutara District, Western Province,

Impact on the Concerned Development Issues in Sri Lanka

- Urban water supply system which can secure constant supply of safe water will be expanded and Disseminated.
- PC tanks using low-cost and durable air-dome technology will be disseminated.
- Effective land use will be spread because reservoirs can be constructed anywhere.

Outputs and Outcomes of the Survey

Present situation

- RC tank is still major abroad because of lack of technologies of PC tank.

Future plan

- After PC tanks using air-dome technology will be adopted as a standard reservoir in Sri Lanka,
- ODA project of PC tanks with air-dome technology will be expected to be formulated in Sri Lanka.
 - PC tank centered water business package will be expected to be deployed to Sri Lanka.
 - Engineering service related to PC will also be expected to be deployed to Sri Lanka.