

インド

タミルナドゥ州政府 公共事業部門 水資源局

州地下表流水データセンター

インド国
水需給ギャップを埋めるプラスチック
製雨水地下貯留システムの普及・
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)

民連
JR
19-056

株式会社 トーテツ

<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

略語表.....	
地図.....	
図表リスト.....	v
案件概要.....	
要約.....	
1. 事業の背景.....	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認.....	1
① 事業実施国の政治・経済の概況.....	1
② 対象分野における開発課題.....	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度.....	3
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析.....	4
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要.....	5
2. 普及・実証事業の概要.....	8
(1) 事業の目的.....	8
(2) 期待される成果.....	8
(3) 事業の実施方法・作業工程.....	9
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）.....	11
(5) 事業実施体制.....	17
(6) 事業実施国政府機関の概要.....	17
3. 普及・実証事業の実績.....	18
(1) 活動項目毎の結果.....	18
(2) 事業目的の達成状況.....	49
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献.....	53
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献.....	54
(5) 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.....	55
(6) 今後の課題と対応策.....	55

4. 本事業実施後のビジネス展開計画.....	56
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定.....	56
① マーケット分析.....	56
② ビジネス展開の仕組み.....	57
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール.....	58
④ ビジネス展開可能性の評価.....	59
(2) 想定されるリスクと対応.....	60
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	60
(4) 本事業から得られた教訓と提言.....	61
① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓.....	61
② JICA や政府関係機関に向けた提言	62

頭写真



2017年6月 キックオフ会議



2017年6月 現地踏査



2017年8月 CM プログラム除幕式



2017年8月 起工式(Tharamani camps)



2017年10月 掘削



2017年10月 側壁下部配筋および底盤コンクリート



2017年10月 アクアパレス組立



2017年11月 レンガ外壁立上げ



2017年12月 砕石敷き均し/
側壁および頂版スラブ打設



2018年1月 漏水試験合格・埋戻し完了



2018年4月地域住民に向けた飲料水用有料給水装置(Water ATM、写真左)と
C/P オフィス脇に設置した飲料水供給蛇口(写真上)



2018年4月第一回「Technical Work Shop」開催



2019年3月第二回「Technical Seminar」開催

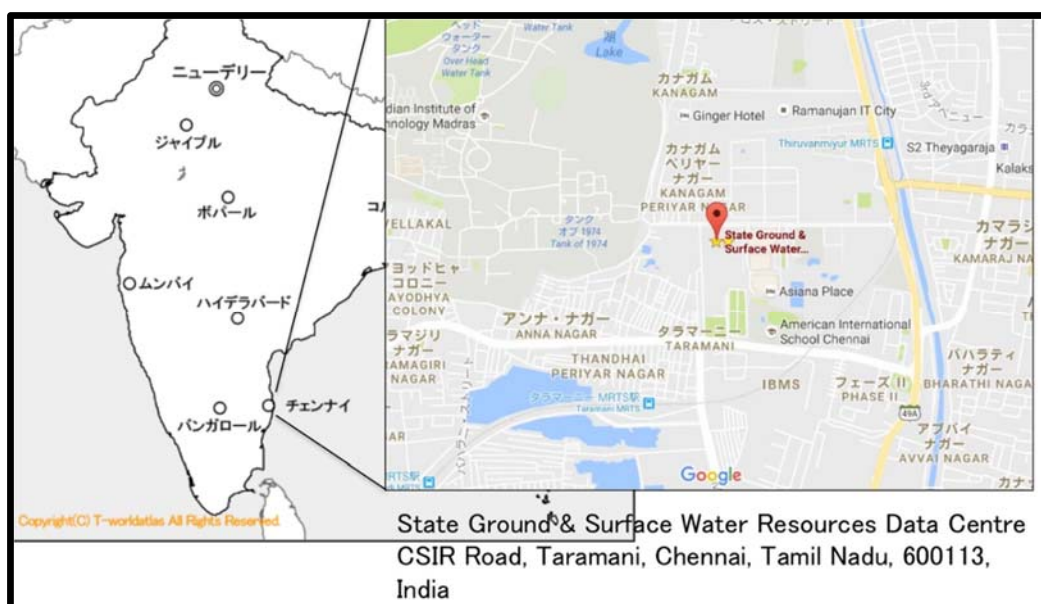


竣工記念石碑

略語表

略語	正式名称	日本語名称
CGWB	Chennai Ground Water Board	チェンナイ地下水局
CMWSSB	Chennai Metropolitan Water Supply & Sewerage Board	チェンナイ上下水道局
CII	Confederation of Indian Industry	インド工業連盟
C/P	Counter Part	カウンターパート、現地政府機関
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
IWS	Institute of Water Study	水研究所
NWP	National Water Policy	国家水計画
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OJT	On the Job Training	職場内訓練
PWD	Public Works Department	公共事業部
SG&SWRDC	State Ground & Surface Water Resources Data Centre	州地下表流水資源データセンター
SWaRMA	State Water Resources Management Agency	州水資源管理庁
SIPCOT	State Industries Promotion Corporation of Tamil Nadu Ltd.	タミルナドゥ州産業振興公社
UN システム	Universal Underground Storage System	ユニバーサル地下貯留システム
WPTN	Water Policy of Tamil Nadu	タミルナドゥ州水計画

地図



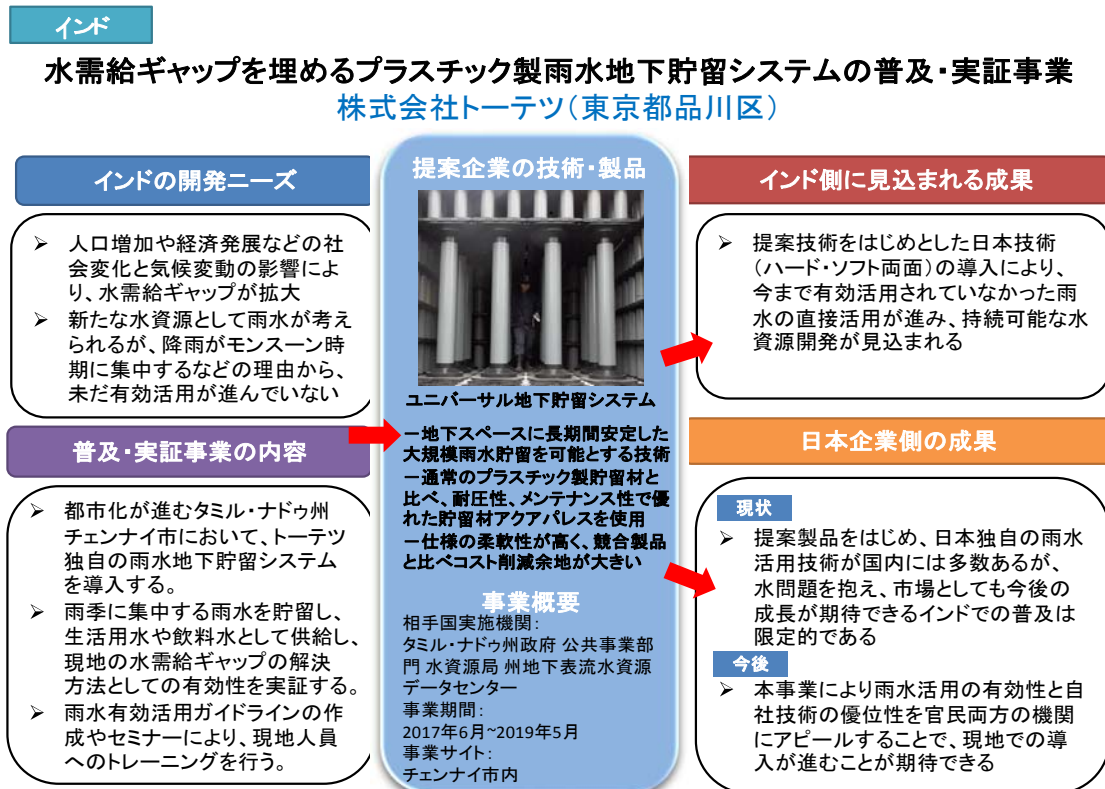
図表リスト

図 1-1	ユニバーサル雨水地下貯留システム	5
図 1-2	C/P オフィス敷地の見取り図	7
図 2-1	事業実施体制	17
図 3-1	アクアパレス・仕切板敷設平面図	19
図 3-2	UN タンク断面図	19
図 3-3	UN タンクと既存地下貯留槽との埋設深さの関係	19
図 3-4	雨水の集水・貯留施設のレイアウト	20
図 3-5	導入前調査の状況	20
図 3-6	PWD・タラマニキャンパスにおける日降水量	21
図 3-7	入札図書及び施工マニュアル	22
図 3-8	UN タンクの施工フロー	23
図 3-9	変更した UN タンクのレイアウト	23
図 3-10	変更した UN タンクの平面形状	24
図 3-11	変更した UN タンクの断面形状	24
図 3-12	漏水試験の状況と水位計及び気圧計の設置状況	25
図 3-13	漏水試験結果（2 回目）	25
図 3-14	日降雨量と UN タンク内の水位のモニタリング結果	29
図 3-15	日降雨量と UN タンク内の水位上昇高との関係	29
図 3-16	各タンクの槽内水位挙動の比較	30
図 3-17	UN タンクの槽内水位と水温の推移状況	31
図 3-18	雨水利用(RWH)システムの維持管理要領シート(上)と維持管理用 底盤の排水勾配図(下)	33
図 3-19	浄化装置及び Water ATM の操作・維持管理マニュアル	34
図 3-20	C/P 側へ提出した保守担当任命のための引き継ぎ書	35
図 3-21	新規雨水利用システムの雨水利用ポテンシャルの評価	36
図 3-22	浄水装置の処理フロー	37
図 3-23	SG&SWRDC ビル屋上に設置された浄化装置	37
図 3-24	雨水利用システムの平面レイアウト	38
図 3-25	トイレ洗浄水等の生活用水及び飲料水の供給イメージ	38
図 3-26	水栓及び Water ATM の設置状況	39
図 3-27	ガイドライン（案）の表紙と目次	43
図 3-28	第一回 Technical Work Shop 参加者 発表内容	44
図 3-29	Technical Work Shop 状況	44
図 3-30	第 2 回 Technical Seminar 参加者 発表内容	45

図 3-31	第 2 回 Technical Seminar 状況.....	45
図 3-32	第 23 回 Indian Plumbing Association コンファレンス&展示会	46
図 3-33	契約当初の UN システム (①金網外枠)	50
図 3-34	50
図 3-35	実際に施工された UN システム (④レンガ外型枠)	51
図 4-1	コンクリート製地下貯留槽の例.....	57
図 4-2	今回適用されたインドの免税条項	62

表 1-1	インド国全体の水収支	2
表 1-2	貯水池の貯水量及び貯水率の比較	4
表 1-3-3	UN システムの比較優位性	6
表 2-1	作業工程表	10
表 2-2	要員計画表 (1)	12
表 3-1	PWD・タラマニキャンパスにおける年間降水量	20
表 3-2	PWD・タラマニキャンパスにおける職員数と集水面積	21
表 3-3	UN タンクの貯水可能量及び空隙率算定結果	24
表 3-4	UN タンク貯留雨水の水質分析結果	31
表 3-5	各建物水栓の浄水の水質分析結果	32
表 3-6	Water ATM の浄水の水質分析結果	32
表 3-7	各種水供給方策の特長と一般的製造単価	40
表 3-8	人工涵養施設 (Percolation Tanks : 浸透槽) の貯留単価	42
表 3-9	UN システム仕様変更に伴う製品数量の変更	51
表 3-10	UN システム仕様変更の経緯及び理由	52

案件概要



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	水需給ギャップを埋めるプラスチック製雨水地下貯留システムの普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Gap Resolution of Water Demand/Supply by Plastic Underground Rainwater Storage System
事業実施地	インド国 タミルナドゥ州 チェンナイ市
相手国政府関係機関	タミルナドゥ州政府 公共事業部門 水資源局 州地下表流水資源データセンター (Government of Tamil Nadu, Public Works Department, Water Resource Department, State Ground and Surface Water Resources Data Centre、以下 PWD SGSWRDC)
事業実施期間	2017年6月～2019年5月
契約金額	99,851,000円(税込)
事業の目的	インドにおいて雨水直接利用による水需給ギャップ改善に資するため、現地でUNシステムを活用した「雨水直接利用」の有効性・優位性を実証するとともに、現地政府機関(C/P)への雨水利用に

	<p>関する技術移転・能力開発、更には UN システムを利用した持続可能な水供給プログラムの構築・提案を官民両方に向けて行うことをその目的とする。</p>
事業の実施方針	<p>1) UN システムの現地実証及び維持管理体制の構築</p> <p>① 導入前調査による UN システムの詳細仕様を決定</p> <p>② 施工計画及び施工マニュアルの作成</p> <p>③ 資材の輸送・施工・漏水試験</p> <p>④ UN システムの運用状況をモニタリング・評価</p> <p>⑤ 維持管理マニュアルの作成及び C/P のトレーニングの実施</p> <p>⑥ C/P の UN システム運用体制の構築</p> <p>2) UN システムを用いた雨水利用の優位性の実証</p> <p>① 雨水による生活用水（飲料水を含む）の供給計画の立案</p> <p>② 浄水装置の設置</p> <p>③ 貯留雨水及び浄水の供給</p> <p>④ 他の方策との比較による本システムの優位性の検証</p> <p>3) UN システムによる雨水直接利用に関する C/P 等の理解促進</p> <p>① ガイドライン策定に向けた資料調査・分析</p> <p>② 雨水利用の普及にかかる課題の整理と今後の方向性の検討</p> <p>③ UN システムによる雨水活用ガイドラインの作成</p> <p>④ 雨水の有効活用に係る現地セミナーの開催（2 回）</p> <p>4) UN システムによる水供給ビジネスモデルの構築及び提言</p> <p>① 現地企業との連携可能性の検討</p> <p>② 政府及び民間機関への雨水資源化・水供給プログラムの提案</p>
実績	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>PWD のタラマニキャンパスにて、UN タンク、飲用化のための浄水装置、雨水の集水と給水ネットワーク並びに飲料水販売用 Water ATM から構成される雨水利用システムを設置した。モニタリング結果より、システムは設計通りに降雨を集水して雨水を貯留している。UN タンク貯留水の C/P 側による水質分析結果を踏まえ、タンクローリー水に代わって貯留雨水を使用する方針が打ち出され、2018 年 9 月以降はトイレ洗浄水、食器・器具洗浄水等の雑用水に雨水が直接利用されている。SG&SWRDC においては、雨水利用後は、タンクローリー水（27～30m³/週）を購入していない。また、Water ATM については飲用の水質基準値に適合しており、いつでも運用を開始できる状態にある。なお、タミルナドゥ州で初の雨水を利用した Water ATM ということで注目されている。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>Indian Plumbing Association（インド設備協会）での展示会や 2 回の技術セミナー等を通じて、アクアパレスを用いた UN タンクの有効性が認知されはじめており、民間企業、空港関連部局、教育施設部門、工業団地部門、官庁営繕部等からの多数の問い合わせがあった。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動・</p> <p>今回設置した UN タンクは、既存の現場打ちコンクリート構造の地下貯留槽の貯留単価である 10～13 ルピー/ℓ に対し、2 倍程度高い単価になっているため、材料及び建設コストを縮減する必要がある。</p>

	<p>2. ビジネス展開計画</p> <p>設計・調達・建設の全てを行うのか、製造委託販売のみにかかわるのか、特許実施権を含めた技術移転に徹するのか、ケースバイケースですべてを平行で行うのかのビジネスモデルを検討する。また、模倣されないよう、スピード感を持って進める必要がある。</p>
事業後の展開	UN 貯留槽及びそれを用いた雨水利用システムの経済性を明らかにし、ビジネス展開計画に基づき実施する。
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社トーテツ
企業所在地	東京都品川区大崎 3-6-11
設立年月日	1919 年 10 月
業種	製造業
主要事業・製品	<p>主要事業：建設資材製造販売業</p> <p>主要製品：土木建築用金網、水路擁壁用器材、雨水貯留利用関係製品システム、その他</p>
資本金	60,000 千円 (2019 年 3 月時点)
売上高	2 億 1,700 万円
従業員数	15 人

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

本調査対象国であるインドは、国土面積 328 万 7,469 km²（パキスタン、中国との係争地を含む）、人口 12 億 1,057 万人（2011 年）、人口増加率 17.68%（2011 年）と世界第二位の人口を有し、名目 GDP 2 兆 2,635 億ドル（2016 年）、GDP 成長率 7.1%（2016 年）とアジアで第三位の経済規模を持つ大国である。2014 年 5 月の総選挙で歴史的対象を収めて成立したナレンドラ・モディ政権は成立後も高い支持率を維持しており、安定した内政運営を保っている。与党インド人民党は 2016 年 3 月開票の州議会選挙において、インド最大のウッタル・プラデーシュ州で圧勝し、他の州でも躍進している。日本との外交関係も年次首相相互訪問や外相間戦略対話を通じて良好に維持されている。2011 年に日インド包括的経済連携協定（CEPA）が発行された。両国間の貿易総額は 1 兆 5,283 億円（2015 年）と拡大傾向にあるものの、日本の主要貿易国の比率ではわずか 1%を占めるに過ぎず限定的と言わざるを得ない。対インドへの直接投資は約 3,545 億円（2015 年）と対中国直接投資の約 1 兆 4,505 億円と比べると未だに発展途上である。

経済面では、モディ政権への期待感から実質 GDP 成長率が 5.5%（2012 年）、6.5%（2013 年）であったのに対し、モディ政権成立後の 2014 年には 7.2%、2015 年には 7.9%へと増加している。インフレ率は 2010～2011 年には 9%超で推移していたが、2016 年には 5%程度に落ち着いている。更なる経済成長に向けて海外直接投資の規制緩和も始められており、2013 年には通信分野の外資による出資上限が 100%に引き上げられ、2015 年には保険及び防衛セクターに対する出資上限を 26%から 49%に緩和する方針が発表された。2016 年にはインド国内で生産・加工された食品の販売について 100%の外資出資を認める規制緩和も行われる予定である。一方で、世界銀行によれば人口の 33%が未だに 1 日 1.25 ドル以下で生活しており、経済成長に伴う恩恵を貧困層にまで行き届かせられるのかが、今後のモディ政権の課題となっている。

② 対象分野における開発課題

インドでは、人口増加や経済発展等社会経済環境の変化や気候変動の影響により水需給ギャップが拡大しており、安定した水資源の確保が喫緊かつ重要な課題となっている。このような背景で、インド政府は「第 12 次 5 ヶ年計画（2012～2016）」において、都市部全人口への上水供給を政策目標とし、「国家水政策」では民間投資も活用する形での供給側の施設整備を掲げ取り組んでいるものの、未だ目標から懸け離れた状況が続いている。

例えば、水道が供給されていない、十分な水質・水量・給水時間が確保されない、等の問題が日常化し、都市部では個別家庭への上水道普及率が人口の 70.6%にとど

まっており、地下水の過剰揚水による地下水位の低下、河川・湖沼の水質汚濁も顕在化している。

水需給ギャップ解消の新たな水資源開発のひとつとして、不純物をほとんど含まず、低コストかつ簡単なシステムで浄化可能な雨水を活用することが有効な方法として挙げられる。しかし、インドでは、降雨の8割がモンスーン期（雨季）に集中するため年間を通じて安定して雨水を確保することが難しく、また、貯水池・治水システムが整備されておらず降った雨を一時的に貯めておくこともできない。加えて、インドの国民に広くサービスを提供するために水道料金が低く設定されているため、代替水供給システムの必要性があまり認識されていない等の理由から、雨水が有効な水資源として活用されていないのが現状である。

表 1-1 にインド国全体の水収支を整理したものを示すが、貯留した表流水と地下水とで、どうにか水需要量を賄っている現状が伺える。また、水需要量の中で、蒸発損失する量と生活用水量が同量であることから、地下貯水施設のニーズが高いことが分かる。

表 1-1 インド国全体の水収支

インド国全体における水収支		ボリューム (10 億 m ³)	割合	雨量換算 (mm)
平均年間降水量		3,694.5	1.00	1,119.7
河川に自然流出する水資源ポテンシャル		1,869.0	0.51	568.6
利用可能な表流量		690	0.19	209.9
表流水貯留量(建設中のものを含む)		304	0.08	92.6
年間地下水利用可能量		431	0.12	131.1
2010 年における水需要量		694	0.19 (1.0)	211.1
人口 1,162.31 (百万人)	灌漑用水	543	(0.78)	165.2
	生活用水	42	(0.06)	12.8
	工業用水	37	(0.05)	11.3
	蒸発損失	42	(0.06)	12.8
	その他	30	(0.04)	9.1

Water and Related Statistics 2013: Water Resources Information System Directorate, Information System Organization Water Planning & Projects Wing, Central Water Commission, India

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

安全な水の確保は今日のインドの重要な問題の一つとなっており、2012年にインド政府水資源省によって草案された **The National Water Policy (NWP)** においては、成長に見合うよう総合的かつ水循環に配慮した水資源の開発、保全、利用及び管理に関する方針が示されている。特に過度の利用を防ぐための地下水利用の規制や、水利用のモニタリング、水の利用の効率向上などが目標として掲げられている。一方、タミルナドゥ州においては、2012年の中央政府の **NWP** を受けて、1996年草案の **Water Policy of Tamil Nadu (WPTN)** の改定案を起草し既に州政府に提出しているが、未だ承認されていない。**WPTN** の改定案には、40,000か所の貯留池を含んだ公用水域の再生、リハビリ及びリニューアルのための広範な枠組みやタミルナドゥ州地下水法の制定を狙った地下水規則が盛り込まれている。地下水に頼らざるを得ない状況が、改定案の州政府承認を阻んでいる可能性が高い。

NWP を雨水利用の観点に着目するならば、「都市と農村部の水供給は、地表水、地下水、雨水からが望ましい。量的にも質的にもより高い信頼性のある代替水源が利用できる場所は、家庭用水へ優先的に割り当てられる必要がある。」としており、優先順位が低いものの雨水利用を推奨しているように思われる。また、「都市部や工業地域で技術的・経済的に可能であるならば、雨水利用、脱塩により、利用できる水の利用可能性を増やすよう奨励すべきである。」としているものの、「雨水利用 (**Rainwater Harvesting**) の実現は、水文地質学、地下水汚染、湧水量のような科学的なモニタリングを含まなければならない。」と記述していることから判断するならば、雨水の直接利用よりも雨水の地下水涵養による地下水利用を更に図ろうとしている意図が見える。

タミルナドゥ州においては、雨水利用の動きは2001年当時の州首相(Chief Minister)の重要施策の一つとして実行され、敷地面積が200m²以上で床面積が100m²を超えるすべての建物は、雨水利用施設の設置が義務付けられており、違反している建物には、年1000ルピー/建物100m²の罰金や設置するまで水道供給が止められるなどの罰則を設けているが、この雨水利用施設は雨水の直接利用よりも地下水涵養をおこなう施設の設置に力点が置かれている。加えて、政府機関や民間の建造物において既設の雨水利用設備の改修も実施された。これらの施策により2006年にはチェンナイ市の地下水水面は20ftまで上昇したことが観測された。しかしながら、それ以降は2015年の記録的降雨(2,500mm)でも同水準まで地下水水面が回復することはなかった。

一方、チェンナイの主要な貯水池の貯水率を2019年3月現在と一年前と比較した資料がチェンナイ上下水道局によって、表1-2のとおり公表されている。これによると、これから6月までは雨が期待できない同市においては、確実に酷い渇水の夏を迎えることが予測されており、地下水に更に依存してしまう事態となる。

表 1-2 貯水池の貯水量及び貯水率の比較

Lake Level and Storage		19-Mar-19		19-Mar-18	
RESERVOIR	Capacity (mcft)	Storage (Mcft)	% Capacity	Storage (Mcft)	% Capacity
POONDI	3231	406	12.6%	1882	58%
CHOLAVARAM	1081	47	4.3%	286	26%
REDHILLS	3300	392	11.9%	1411	43%
CHEMBARAMBAKKAM	3645	14	0.4%	1348	37%
Total	11257	859	7.6%	4927	44%

Source: Chennai Metropolitan Water Supply and Sewage Board

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

我が国の「対インド事業展開計画」（2016年）では、援助重点分野として「持続的で包摂的な成長への支援」として環境問題・気候変動への対応が掲げられ、また具体的な開発課題として都市部での安全な飲料水の確保が挙げられている。具体的な対策としては、インドの主要都市における再生利用水のため先進的技術の積極的な活用に対する円借款資金による支援に加え、民間資金を活用した PPP 事業への支援が打ち出されている。近年では、「チェンナイ海水淡水化プラント建設計画」、「ホゲナカル上水道整備・フッ素症対策事業」などを実施している。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

本事業では、プラスチック製貯留構造体であるアクアパレスと躯体（ベース・側壁・スラブ）コンクリートで構成されるユニバーサル雨水地下貯留システム（UN システム）の普及・実証を図る。本技術は、以下に示すように、特殊な機械は不要で人力施工が容易であり、人件費の安いインドにおいては好適な技術である。

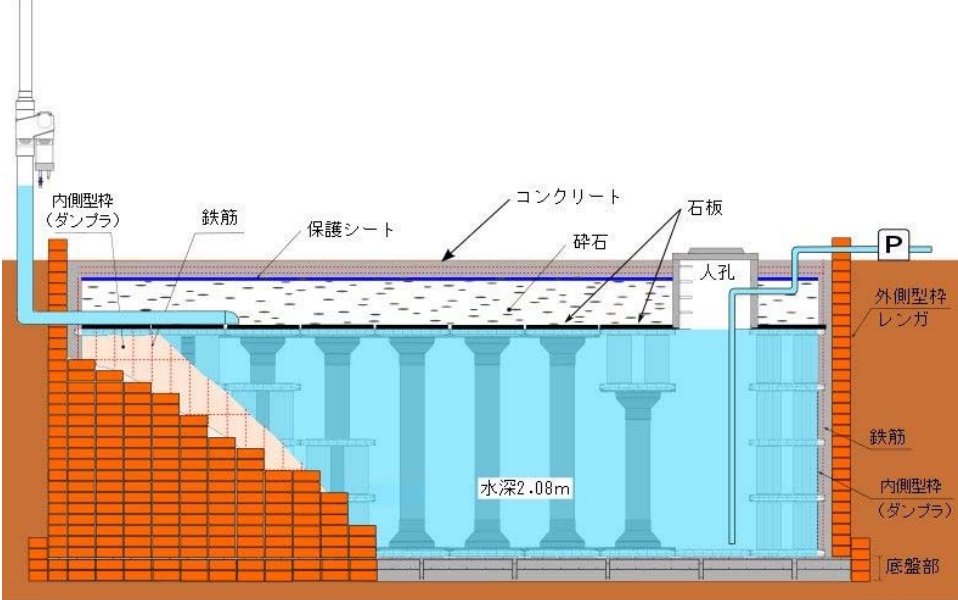
名称	ユニバーサル雨水地下貯留システム（UN システム）
スペック (仕様)	<p>プラスチック製貯留材アクアパレスを使い、外周面をコンクリートで形成する「ハイブリッド型」で地下に貯水槽を築く。</p> 
特徴	<p>設置場所や使用目的によって構造を選択できる。 空隙率が 92～95%程度で貯留効率が高い。 自動車荷重 T-25 対応可能で槽屋根部分(埋設の場合は上部地盤面)は駐車場等土地の有効利用が可能である。耐震性ではレベル 2 に対応できる。 集水面に堆積する土埃や自動車から排出されるガスの微粒子物質や粉塵が混ざる初期雨水は除去しよりきれいな雨水を取水できる。</p>
競合他社製品と比べた比較優位性	競合他社製品に対する比較優位性をまとめた表を以下に示す（表 1-3）。

表 1-3-3 UN システムの比較優位性

雨水資源化の要件	①長期保存安定性			②低コスト化	
	水量保持	水質保持	メンテナンス性	現地製造によるコスト削減余地	
				技術移転性	仕様最適化
雨水貯留方法					
UNシステム	○	○	○	○	○
他社プラスチック製貯留材「CW」及びシート工法	○	△	△	△	×
現地コンクリート製地下貯留槽	○	△	○	-	-
ため池	×	×	-	-	-
地下水（雨水地下浸透）	?	×	-	-	-

上記比較表についての補足説明は以下の通り。

水量保持：ため池はその場所の気象条件にもよるが、溜まった水は蒸発して減ってしまう。地下水は定量的な判断が難しい。地下貯留槽については、蒸発の心配が無く、保存量の把握も容易であるため、○とした。

水質保持：ため池は有機物等異物混入が容易で、マラリア蚊の温床になるなど問題が多い。地下水は場所によってヒ素やフッ素及び塩類に汚染されてしまうことがある。他社及び現地コンクリート製地下貯留槽は、管理柵や沈砂槽を使用しており、砂等は槽内に入りづらいが、初期雨水やSS（浮遊物質）は入ってしまうため水質は×に近い△。UNシステムは、初期雨水の除去機能、100μmのフィルターによる塵埃除去機能をもっておりほとんどの有機物を槽内に入れないため、上質な水質を保持することができる。

メンテナンス性：現時点で、コンクリート製地下貯留槽と同様に槽内全域にわたり人が入れることができるプラスチック貯留材はアクアパレスだけである。

低コスト化：他社プラスチック製貯留材と比較すると、日本製造の場合は殆ど同一価格だが、提案技術は技術移転性が高く、現地技術者による設置が容易で、かつ市販の塩ビ管など仕様の変更を通じた更なるコスト削減が可能である。

国内外の販売実績	<ul style="list-style-type: none"> ・国内 約 130 件 主要取引先：(株)クワザワ、北海道ポラコン(株)、ユアサ商事(株) ・海外 販売実績なし
サイズ	620 m ³
設置場所	C/P のオフィス敷地内のスペースに設置 (図 1-2) 住所：CSIR Road, Taramani, Chennai, Tamil Nadu 600113 India

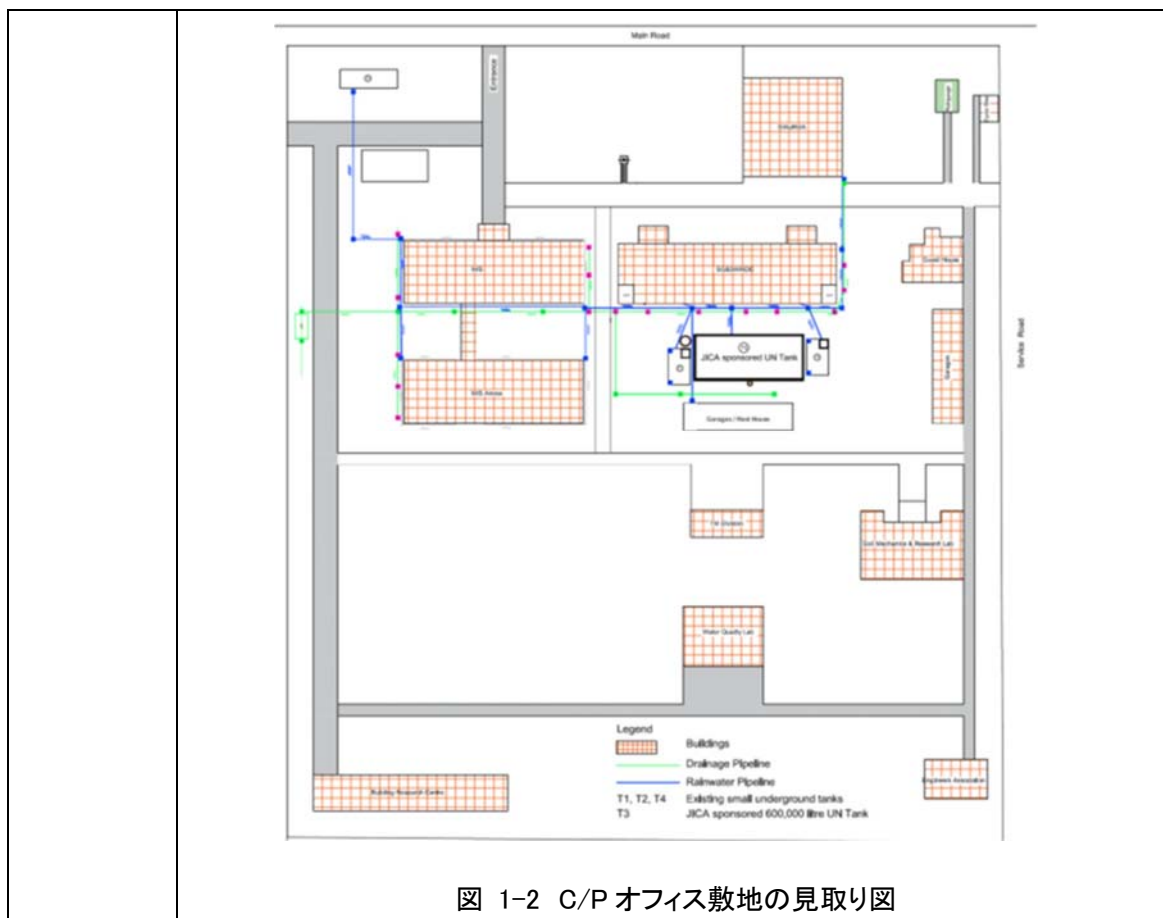


図 1-2 C/P オフィス敷地の見取り図

<p>今回提案する機材の数量</p>	<p>UN システム 一式 (貯留容量 620 m³) 浄水装置一式 一台 (処理能力 500 L/時間)</p>
<p>価格</p>	<ul style="list-style-type: none"> UN システムの主要部材の販売価格 (輸送費・関税等抜き) 仕切板 2,200 円/枚、アタッチメント 1,200 円/枚、 AD スペーサー 1,200 円/枚、ジョイント部材 100 円/枚 本事業での機材費総額 (輸送費・関税等含む) UN システム関連機材総額一式 17,152,000 円 浄水装置関連機材総額一式 1,560,000 円

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

インドにおいて雨水直接利用による水需給ギャップ改善に資するため、現地で UN システムを活用した「雨水直接利用」の有用性・優位性を実証するとともに、現地政府機関(C/P)への雨水利用に関する技術移転・能力開発、更には UN システムを利用した持続可能な水供給プログラムの構築・提案を官民両方に向けて行うことをその目的とする。

UN システムの現地実証（成果 1、成果 2）及び現地政府機関の能力開発を行い（成果 3）、UN システム普及の下地を作るとともに、UN システムの現地における優位性・有効性に関するデータを収集する。その上で、UN システムを活用した水供給ビジネスモデルを構築し、実証結果を踏まえた形で官民両方に向けて UN システムによる水資源化・水供給プロジェクトを提案し、製品の現地における大々的な普及を目指す（成果 4）。

(2) 期待される成果

成果 1:	<p>概要: 雨水貯留にかかる UN システムが現地の条件下で適切に機能すること（有用性）が実証され、C/P による維持管理が可能となる。</p> <p>詳細: ①UN システムが適切に設置されることにより、現在地下浸透・直接利用のどちらにも活用されていない雨水が、水質・水量の両観点から長期安定保存される。②UN システムの維持管理に関するマニュアルを作成し、それに基づいたトレーニングを C/P の職員に研修・OJT を通じて行うことで、UN システムが C/P 機関において継続的に使用され続けられる運用体制を構築する。</p>
成果 2:	<p>概要: 水需給ギャップ解消のための他の方策と比して UN システムで貯留した雨水を生活用水（飲料水含む）として利用することの優位性が実証される。</p> <p>詳細: ①UN システムの設置コストに関して、現地の既存技術であるコンクリート貯留施設（Sump）と比較し、特に大規模化（600 m³）した場合の価格優位性を検証する。②UN システムにより貯留した雨水を C/P 施設で消費される生活用水として使用し、その経済効果を定量化する。③浄化装置により貯留雨水を飲料化し、C/P 施設内でパイロット供給し、ボトルウォーターと比較した場合の経済性を定量化する。</p>
成果 3:	<p>概要: C/P 機関関係者の雨水有効活用と UN システムにかかる理解が深まる。</p> <p>詳細: 現地関係者との作業部会における協議を経て、今後の雨水有効活用の指針となる新しいガイドライン（UN システムを用いた雨水利用施設ガイドライン）を作成する。更に本実証事業の経過報告、日本の条例・雨水利用技術及び策定したガイドラインについて関係者を招集するセミナーを 2 回開催する。</p>
成果 4:	<p>概要: UN システムを活用した水供給ビジネスモデルが構築され、普及にむけた検討・提言が官民両方に提示される。</p>

(3) 事業の実施方法・作業工程

本事業の作業工程表を表 2-1 に示す。

表 2-1 作業工程表

活動項目	2017年度												2018年度												2019年度	
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
1-1. 導入前調査、UNシステム詳細仕様決定																						
1-2. 施工計画・施工マニュアルの作成																						
1-3. 資材調達・輸送及び施工	
1-4. 雨水貯留のモニタリング																										
1-5. 維持管理マニュアルの作成とC/Pへの キャパシテビリティデザイン																										
1-6. 維持管理体制の構築																										
2-1. 貯留水の供給計画の立案	
2-2. 浄水・給水装置の設置																										
2-3. 貯留水供給の実施																										
2-4. UNシステムの優位性検証																										
3-1. 既存条例等の資料調査・分析	
3-2. 既存条例等に関する関係者ヒアリング	
3-3. 雨水直接利用の今後の有り方の検討																										
3-4. プラスチック製貯留浸透施設技術指針 (雨水活用ガイドライン)の作成																										
3-5. 雨水有効活用・プラスチック製地下雨水貯留施設の設置・施工に係る現地セミナーの開催																										
4-1. 現地下水供給業者との連携可能性の検討	
4-2. 現地下水供給事業者と連携した水供給ビジネスモデルの提案、UNシステム普及計画立案	
4-3. Tamil Nadu State Planning Commission等、政府系機関への提案																										
4-4. 民間技術ネットワークCII-Triveni Water Institute等、民間企業への提案																										

現地業務 予定..... 実績——
国内作業 予定..... 実績——

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

本事業の要員計画表を表 2-2 に示す。

・資機材リスト

	機材名	型番	数量	納入年月	設置先
1	アクアパレス	仕切板	2400	2017年9月	PWD敷地内
2	アクアパレス	AD スペーサー	1200	2017年9月	PWD敷地内
3	アクアパレス	アタッチメント	1200	2017年9月	PWD敷地内
4	アクアパレス	ジョイントC	8675	2017年9月	PWD敷地内
5	アクアパレス	コマD	1050	2017年11月	PWD敷地内
6	保護シート	t = 4 mm	4	2017年9月	PWD敷地内
7	ぶんりゅうⅡ型	標準型	10	2017年9月	PWD敷地内
8	水位計	S&DL mini	1	2017年9月	PWD敷地内
9	主 SP パイプ 1	φ 216、L1760	564	2017年10月	PWD敷地内
10	主 SP パイプ 2	φ 216、L1260	18	2017年10月	PWD敷地内
11	補助 SP パイプ	φ 164.6、L485	2316	2017年10月	PWD敷地内
12	中軸パイプ	φ 90、L2080	104	2017年10月	PWD敷地内
13	ダン普拉	t = 12 mm	250	2017年9月	PWD敷地内
14	ポンプ	1馬力 揚程 25m	1	2018年2月	PWD敷地内
15	砂ろ過 フィルター	Sus304 φ 400 ×h1600mm	1	2018年2月	PWD敷地内
16	活性炭ろ過 フィルター	Sus304 φ 400 ×h1600mm	1	2018年2月	PWD敷地内
17	ミクロンろ過 フィルター	5 ミクロン	1	2018年2月	PWD敷地内
18	ミクロンろ過 フィルター	2 ミクロン	1	2018年2月	PWD敷地内
19	細菌除去 フィルター	1 ミクロン	1	2018年2月	PWD敷地内
20	細菌除去 フィルター	0.25 ミクロン	1	2018年2月	PWD敷地内
21	紫外線細菌 除去装置	500LPH	1	2018年2月	PWD敷地内
22	オゾン発生器	雨水消毒装置	1	2018年2月	PWD敷地内
23	浄化处理水用 タンク	Sus304 1000ℓ	1	2018年2月	PWD敷地内
24	コイン式 水供給装置	1ℓ/20ℓ用	1	2018年4月	PWD敷地内
25	飲料水蛇口 (受け皿付)	ステンレス	30	2018年4月	PWD敷地内

・事業実施国政府機関側の投入

- ① 施設設置のための土地
- ② 工事に必要な電気
- ③ 工事に必要な水
- ④ 掘削土の仮置き場および掘削残土の捨て場
- ⑤ 現場事務所
- ⑥ 資材置き場
- ⑦ 労働者の宿泊施設

(5) 事業実施体制

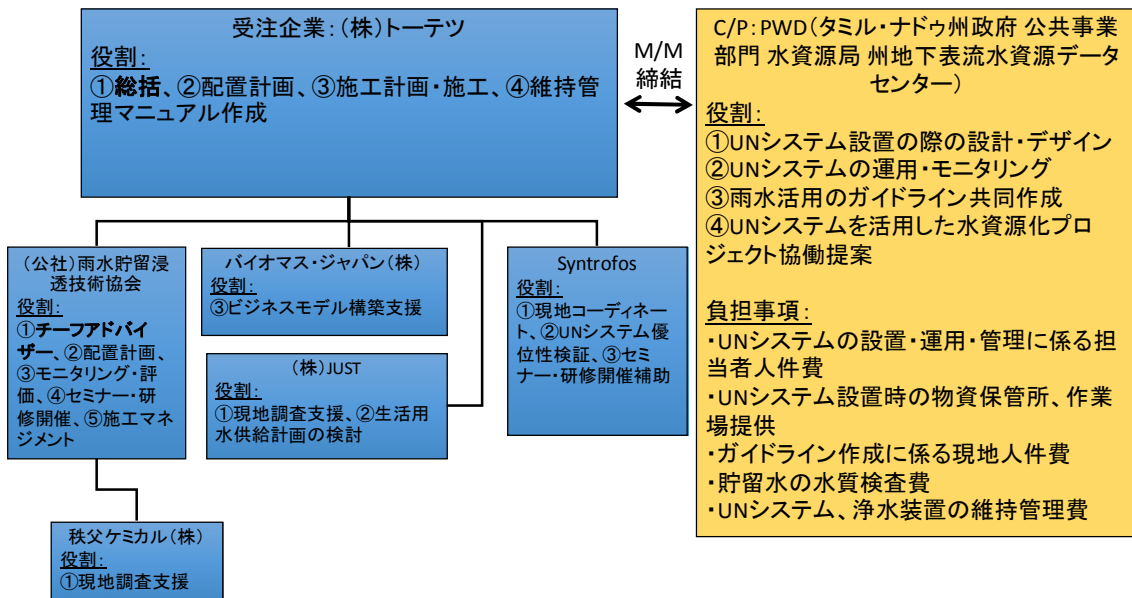


図 2-1 事業実施体制

(6) 事業実施国政府機関の概要

機関名: タミルナドゥ州政府 公共事業部門 水資源局 州地下表流水資源データセンター (Government of Tamil Nadu, Public Works Department, Water Resource Department, State Ground and Surface Water Resources Data Centre)

基礎情報・選定理由:

タミルナドゥ州公共事業部門 (Public Works Department (PWD)) は、同州で最も古くから存在している部門であり、153年の歴史がある。PWDは、水資源局 (Water Resource Department) と建造物局 (Building Department) の2つの部署からなっている。水資源

局はタミルナドゥ州において新たなダム、貯水池、灌漑設備等の水資源の開発・メンテナンス、水資源の効率的なマネジメント、また雨水・地下水などを含めた水文・水理の研究を担っている。同局の年間予算は約 4,800 万インドルピー（約 8,400 万円）である。

本調査におけるカウンターパート（C/P）である **State Ground and Surface Water Resources Data Center** は、水資源局の下部組織である。同組織では 270 名の職員が働いており、州全土にある観測地点（40 以上）で降水量、気温、地下水位などのデータ収集を行っており、それら収集データをもとに新たな水資源開発にかかるパイロットプロジェクトを立ち上げている。それらのプロジェクトの成果をもとに、水資源開発に向けた政策・計画の策定、プロジェクトの提案が行われるため、水需給ギャップという開発課題の責任部隊といえる。同機関と事業を共同実施し、雨水直接利用の有効性を実証することができれば、チェンナイ市に限らず、タミルナドゥ州全土の提案製品の普及が期待できる。

同機関は集水・灌漑設備の開発・維持を行うエンジニア、更には水文水理データの分析を行う地質学者を有している。それらの人材に対して日本の雨水有効活用の技術ノウハウ、技術基準・指針を技術移転することにより、雨水直接利用も含めた新たな雨水活用に関するガイドラインの作成も期待できる。

また、同機関の周辺地域の土壌は、雨水地下浸透に適していない性質を有している。そのため同機関は屋根雨水を小規模な地下貯留コンクリートタンク（200 トン）に溜めて、トイレや手洗いに使う小規模なパイロットプロジェクトを実施している。その経験からタミルナドゥ州の雨水の水質は良く、水量も十分なため、雨水直接利用を普及していきたいとしている。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

1) UN システムの現地実証及び維持管理体制の構築

① 導入前調査による UN システムの詳細仕様の決定

C/P 敷地内の施工地において、支障物（樹木・既存腐敗槽、埋設管・ケーブル）調査、地盤調査（地下水位含む）を実施し、貯水量 600m³を確保できる UN システムの貯留槽の平面形状・埋設深さを検討した。過去に設置した地下貯留槽の間にはほぼ同じ埋設深度で UN タンクを設置する方針とし、図 3-1～3-4 に示すとおりアクアパレスの仕切板縦 27 列×横 28 列、有効貯留水深 2.2m の UN タンクを計画した。

$$\text{貯留量 } V = 18.68\text{m} \times 15.98\text{m} \times 2.2\text{m} \times 0.93 \text{ (空隙率)} = 610 \text{ m}^3 > 600 \text{ m}^3$$

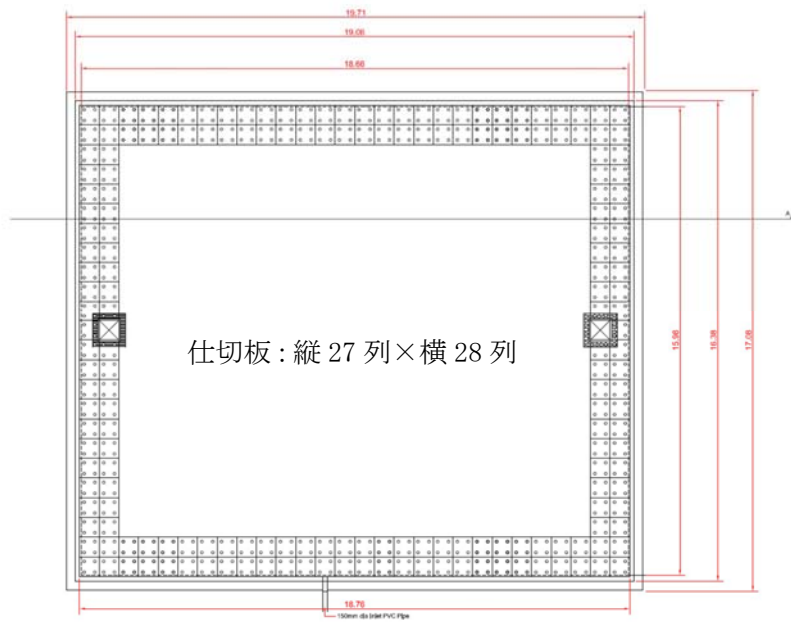


図 3-1 アクアパレス・仕切板敷設平面図

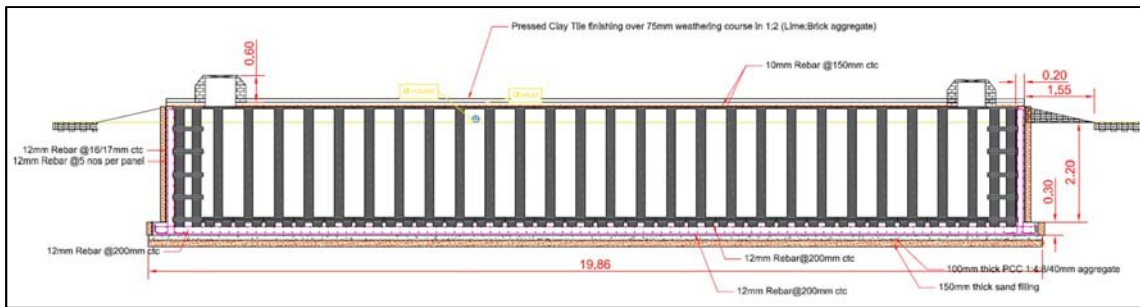


図 3-2 UN タンク断面図

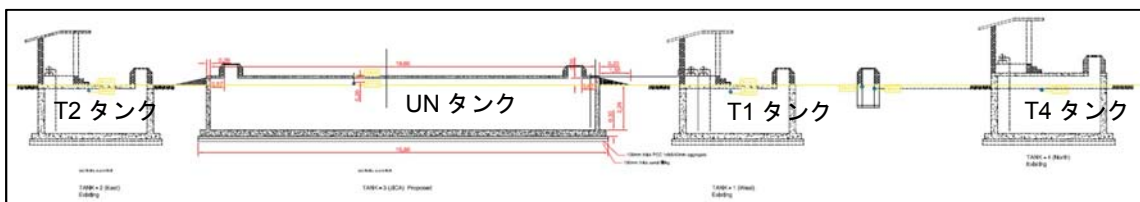


図 3-3 UN タンクと既存地下貯留槽との埋設深さの関係

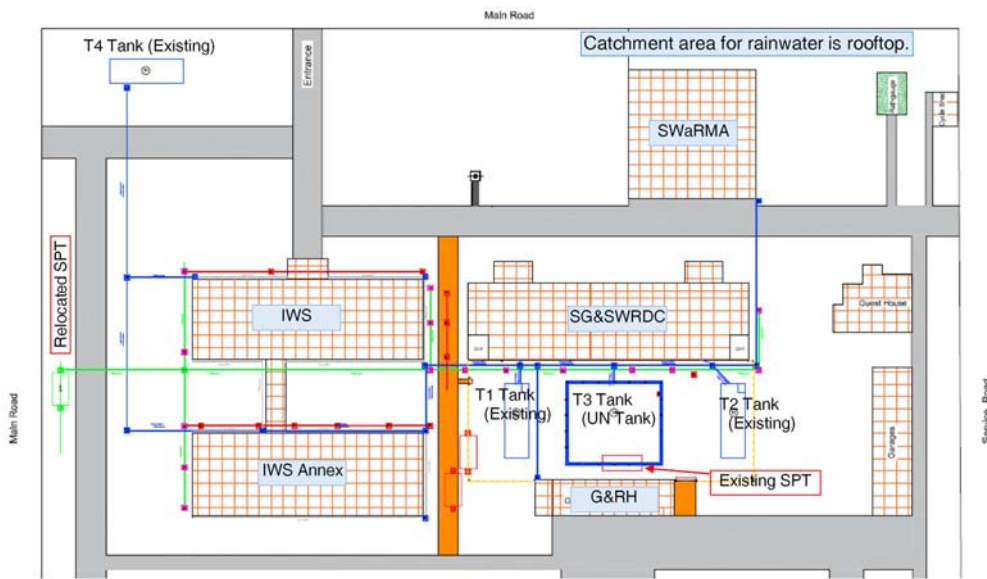


図 3-4 雨水の集水・貯留施設のレイアウト



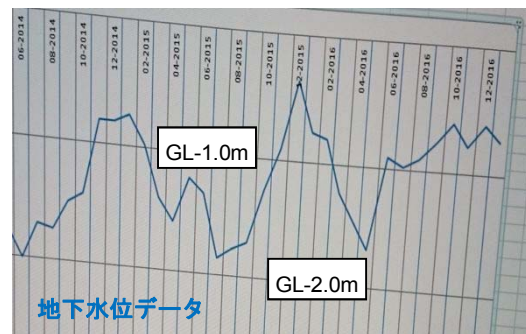
集水面の調査 (SG&SWRDC 屋上)



現地視察(T1 タンク 100 m³)



試掘状況



地下水水位データ

図 3-5 導入前調査の状況

また、過去の降雨データ、職員数、集水(屋根)面積、既設雨水利用システムの使用状況等を調査した。

- ・降雨データ

表 3-1 PWD・タラマニキャンパスにおける年間降水量

西暦年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
観測日数(日)	275	365	365	366	365	365	365	366	365	365	365	366	365	365	364	335	59
年間降水量(mm)	1,485	1,336	621	1,166	2,164	1,372	1,302	1,337	1,139	1,395	1,494	1,004	938	1,238	1,992	858	5

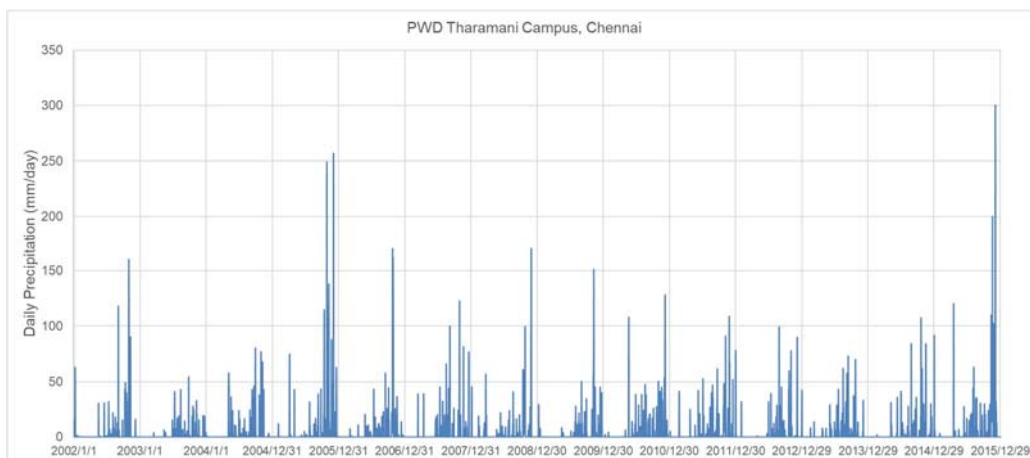


図 3-6 PWD・タラマニキャンパスにおける日降水量

- ・職員数と集水面積の調査結果

表 3-2 PWD・タラマニキャンパスにおける職員数と集水面積

Building	No. of Staff	Rooftop area m ²
SG & SWRDC	100	904
IWS + Annex	65	1,616
SwaRMA	30	676
Garage & Rest House	0	205
Water Quality Lab	20	
Bldg Research Center	15	
Soil m & Research Lab	25	
total	255	3,401
Persons for supply: Total x 90%	230	

- ・既設雨水利用システムの使用状況

図 3-4 に示すとおり、UN タンクを設置する SG&SWRDC においては、インド中央政府（Central Ground Water Board）の助成を受けて、100m³のコンクリート製地下貯留槽が 2 基(T1, T2 タンク)設置され、既に雨水をデータセンター建物内のトイレ洗浄水に利用している。また、上水が供給されない時にタンクローリー車で補給する地下貯留槽(T4 タンク)200m³も設置されている。これまで、SG&SWRDC においては、職員 100 人に対しトイレ洗浄水に 27m³/週だけ雨水を利用している。これは、土日をほとんど使用しないとした場合、一人当たり一日 54 リットルの使用量である。現在の集水面積はデータセンター屋根の半分の 510m²であった。データセンターのエンジニアによれば、この集水面積と 200m³のコンクリート貯留槽だけでは年

間を通して、雨水だけで約 40%のトイレ洗浄水を賄うことができていた。

② 施工計画及び施工マニュアルの作成

UN システムの詳細仕様の決定に基づき、UN タンクの貯留規模の妥当性及び新規雨水利用システムの有効性 (UN システムを用いた雨水利用の優位性の項を参照) を C/P によって評価・承認された後、入札図書及び施工マニュアルを作成し、現地コンストラクターの選定を行った。

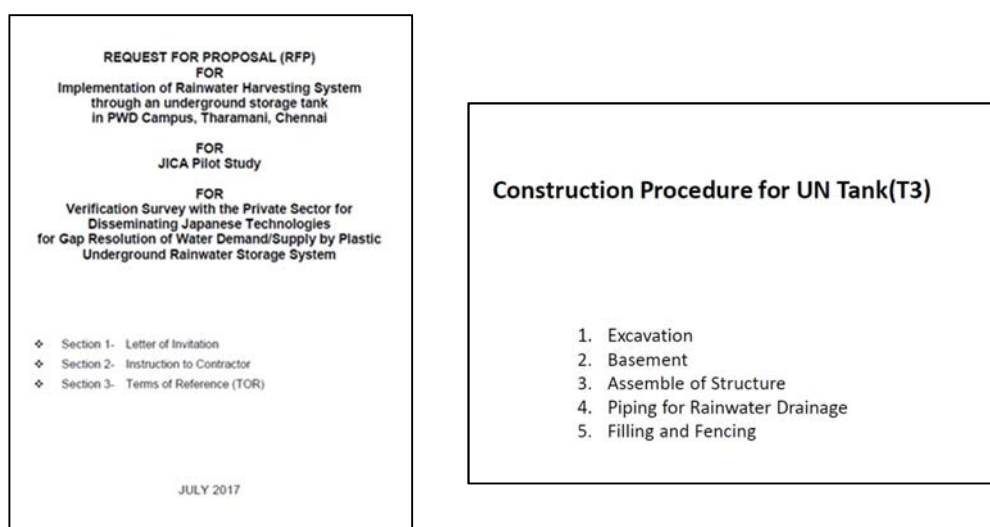


図 3-7 入札図書及び施工マニュアル

③ 資材の輸送・施工・漏水試験

資材輸送は委託先である濃飛運輸倉庫(株)東京港倉庫に一旦搬入をし、東京港から現地活動地まで運搬を行った(国内一部と海上輸送:濃飛運輸倉庫(株)、現地輸送:MOL LOGISTICS INDIA PVT.LTD)

プラスチック製貯留材の仕切板、AD スペーサー、アタッチメント及びジョイント部材、保護シートを本邦より輸送し、ダンプラ及び SP パイプは現地調達した。SP パイプに使用する塩ビ管については、荷重テストを実施して必要強度があることを確認後、調達を行った。

図 3-7 に示す施工フローに従い掘削を進めたが、雨期に入ったこともあり、地下水位が予想以上に高く、既存建物基礎への影響と浮力による槽の浮き上がりが懸念されたので、図 3-9～3-11 に示すとおり建物から隔離を取るため形状を細長く変更し、「重し」として機能する砕石層をアクアパレス上部に設置する構造に変更した。また、細長い形状に変更したため、長辺の 2 箇所



構造となるように外周部と同様な4段の補助SPパイプ層を設け槽を3分割した。

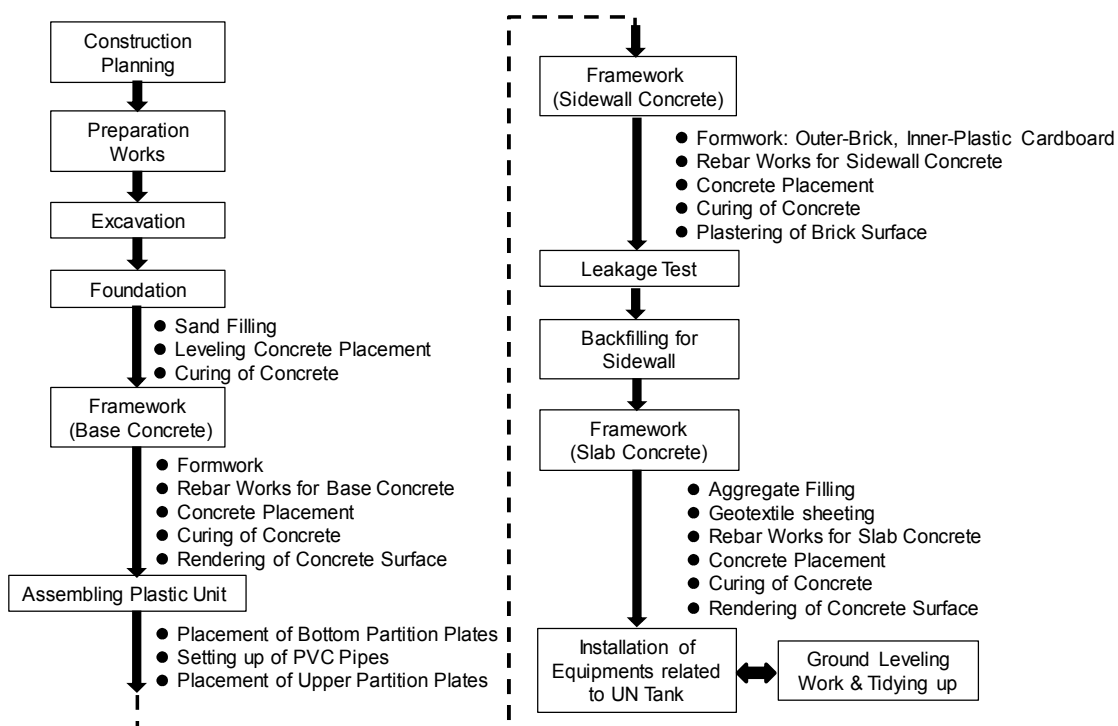


図 3-8 UN タンクの施工フロー

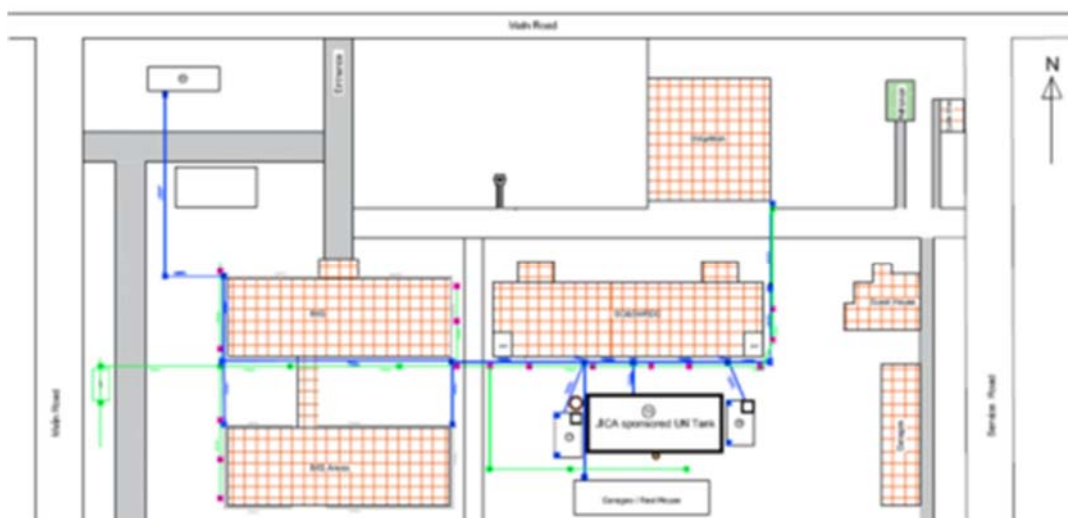


図 3-9 変更した UN タンクのレイアウト

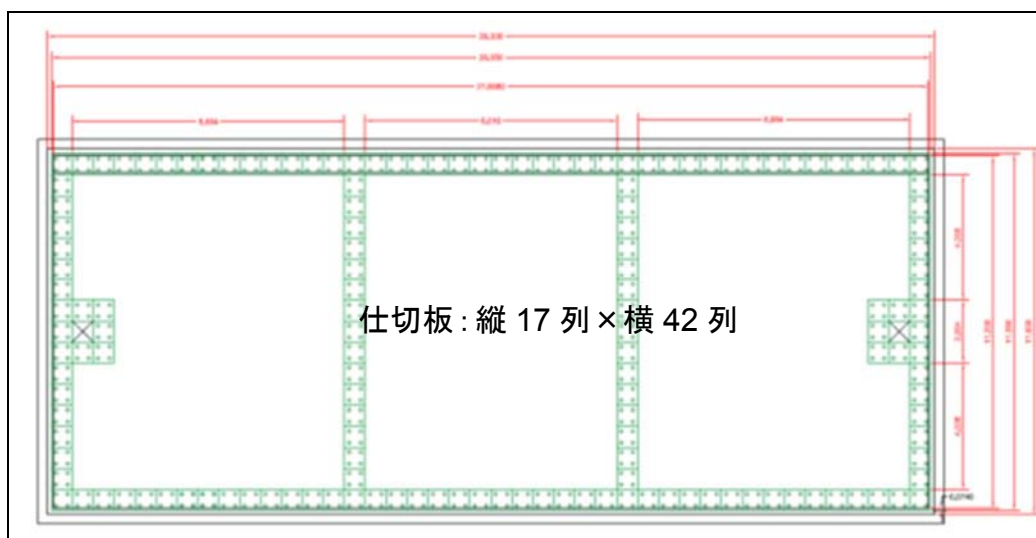


図 3-10 変更した UN タンクの平面形状

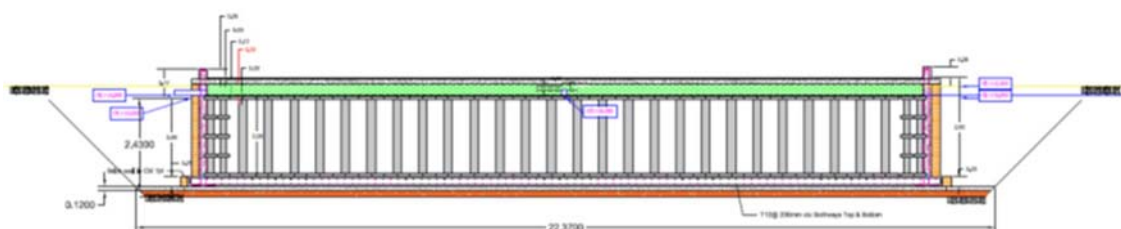


図 3-11 変更した UN タンクの断面形状

形状を変更したため、表 3-3 に示すとおり UN タンクの貯水可能量を及び空隙率を算定した。その結果、UN タンクの貯水可能量が 628.8m³、空隙率は 95% となっている。

表 3-3 UN タンクの貯水可能量及び空隙率算定結果

貯水可能量及び空隙率算定	使用数量	単位	単位体積	部材体積
			m ³ /個, m ³ /m	m ³
仕切板	1870	個	0.00522	9.76
アタッチメント	1140	個	0.00279	3.18
AD スペーサー	1140	個	0.00186	2.12
主 S P パイプ 1 : Φ216, L 1, 760mm	564	本	0.00523	5.19
主 SP パイプ 1 : Φ216, L 1, 260mm	18	本	0.00523	0.12
補助 S パイプ : Φ165, L 485mm	2316	本	0.00371	4.17
ジョイント	5000	個	0.00005	0.25
中軸パイプ Φ90, L 2, 080mm	104	本	0.00055	0.12
①計				24.91
②コンクリートの食い込み分 (ダンプラ含む) : 0.42*0.07*0.67*118 面*4 段				9.30
③槽の外形体積 17 列 (17.356m) × 42 列 (28.056m) × 2.08m				662.7
④貯水可能量=③-①-②				628.8
⑤空隙率=④÷③×100 %				95

その後、サブコンストラクター、C/P と連携を取りながら図 3-8 の施工手順に従い、

基礎工、躯体工（ベースコンクリート）、アクアパレス組立、躯体工（側壁コンクリート）が完了した段階で、平成 30 年(2018 年)1 月に漏水試験を行った。

漏水試験は、24m³ のタンクローリー 20 台、12m³ が 14 台で、合計 648m³ の注水を行い満水となったが、一部 UN タンクへの流入管を逆流して、既設コンクリート貯留槽に水が流入していた。しかし、貯水可能量 620m³ 以上は確保できていることを C/P と確認した。また、遮水性については、当初側壁の一部から漏水が見られ、貯留槽内の水位低下が観測されたため、側壁の補修を行い、再度漏水試験を実施した（図 3-13 参照）。その水位観測結果から UN タンクの水位が一定値で 3 日間維持されており、遮水性が確保できていることが確認された。



図 3-12 漏水試験の状況と水位計及び気圧計の設置状況

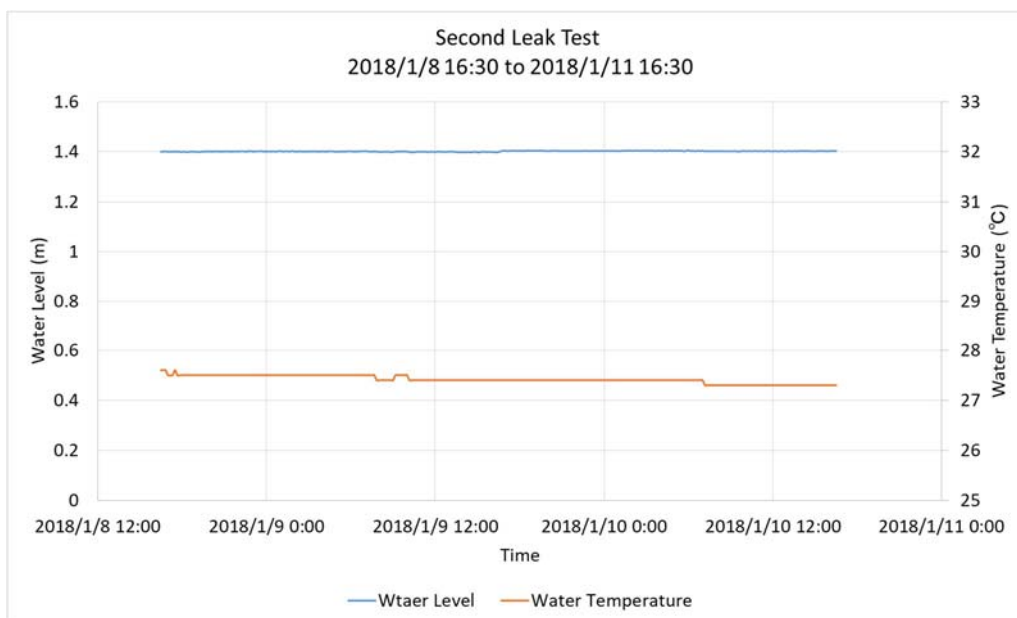


図 3-13 漏水試験結果(2 回目)

側部の一部を埋戻し、躯体工（スラブコンクリート）、マンホール 2 か所の設置、車輛流入路 2 か所の設置、片付け・整地工を終え、UN タンクを完成させた。

プラスチック製雨水地下貯留システム・UN タンクの施工



2017年9月12日墨出し作業



2017年9月14日試掘作業



2017年9月15日掘削工



2017年9月21日敷き砂工



2017年9月25日均しコンクリート打設



2017年10月6日基礎コンクリート配筋工



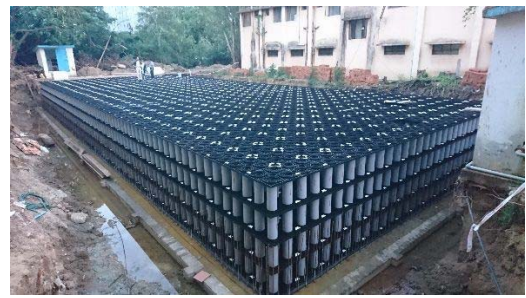
2017年10月12日基礎コンクリート打設



2017年10月23日アクアパレス組立①



2017年10月23日アクアパレス組立②



2017年10月23日アクアパレス組立③



2017年10月28日側壁配筋工



2017年10月30日外側型枠レンガ工



2017年11月15日側壁コンクリート打設



2017年11月28日天端砕石敷均し工



2017年12月1日天端コンクリート配筋工



2017年12月2日天端コンクリート打設



2017年12月28日タンク内注水と漏水試験用水位センサー設置(赤丸、2018年1月11日～17日の水位変化を計測)



2018年1月14日止水セメント工



2018年1月21日埋戻し工



埋戻し後の状況

④ UN システムの運用状況のモニタリングと評価

a) 水量に関して

図 3 - 14 に 2018 年 2 月 19 日から 2018 年 12 月 31 日までの日降雨量と UN タンク内の水位をモニタリングした結果を示す。降雨に伴って雨水が UN タンクに流入し、水位が上昇していることが観察されている。

また、この観測結果から降雨イベントごとに日雨量とそれに伴う水位上昇高との関係を示したのが図 3-15 である。日雨量と水位上昇高の間には理論上次式が成り立つ。

$$\text{水位上昇高} = \text{日雨量} \times \text{集水効率 } f \text{ (又は流出率)} \times [\text{集水面積} / \text{UN タンク水面積}]$$

ここに集水面積は、表 3 - 2 の SG&SWRDC と Garage & Rest House の屋根面積の合計に相当する 1,109m² である。また、UN タンクの水面積は表 3-3 の貯水可能量 628.8m³ を UN タンクの槽高 2.08m で除して 302.3m² と求められる。

したがって、図 3 - 15 中の相関式の係数は、以下の式で表される。

$$f \times [1109 / 302.3] = 3.0461, \text{ 故に集水効率 } f \text{ (又は流出率)} \text{ は } 0.83 \text{ となる。}$$

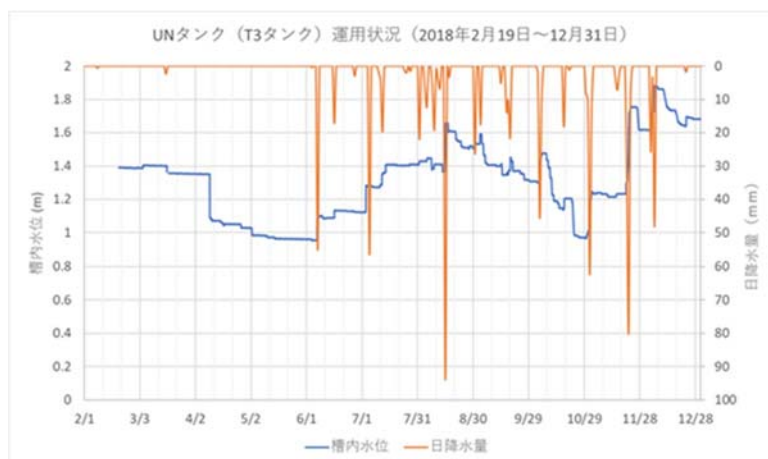


図 3-14 日降雨量と UN タンク内の水位のモニタリング結果

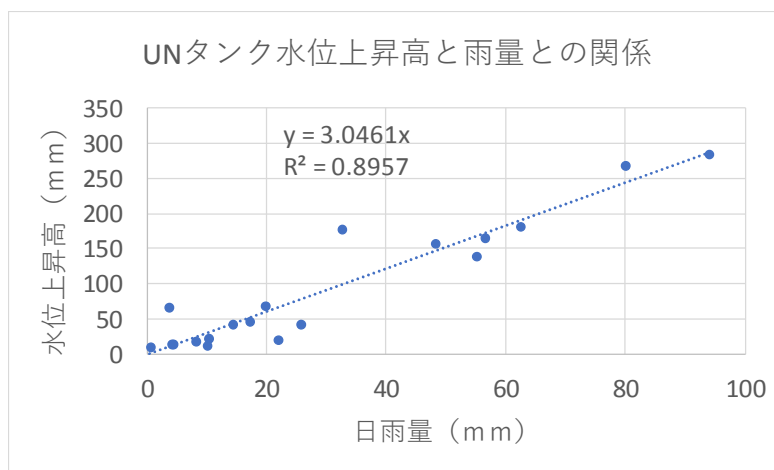


図 3-15 日降雨量と UN タンク内の水位上昇高との関係

本格的に雨水利用が始まった2018年の8月15日から12月31日までの雨水の使用量を概算する。

2018/8/15～2018/12/31間の総降水量：581.4 mm

UNタンクに流入した雨水の量： $(581.4 \div 1000) \times 1109 \times 0.83 = 535.2 \text{ m}^3$

2018/8/15の水位：1.651 m →貯水量： $1.651 \times 302.3 = 499.1 \text{ m}^3$

2018/12/31の水位：1.681 m →貯水量： $1.681 \times 302.3 = 508.2 \text{ m}^3$

この間の雨水の使用量は、 $499.1 + 535.2 - 508.2 = 526.1 \text{ m}^3$

2018/8/15～2018/12/31間には19.7週あるので、1週当たりの雨水の使用量は、 $526.1 \div 19.7 = 26.7 \text{ m}^3/\text{週}$ と算定される。

この数値は、ヒアリングで確認されたSG&SWRDCのタンクローリー水の購入実績値27 m³/週と合致する。したがって、雨水利用を開始してから、タンクローリー水を購入せずに雨水だけで運用している状況が、モニタリング結果からも確認された。

2018年10月中旬以降に槽内水位の測定を開始した既存タンクの日雨量と槽内水位のモニタリング結果をUNタンクと比較して図3-16に示す。UNタンクに比べて規模の小さな既存タンクの水位変動が激しいことが分かる。T1タンクにはUNタンクから貯留水が補給されているため、T4タンクの1/2の貯留量しかないT1タンクであっても、その水位は補給されないT4タンクに比べて高めに維持されている。一方、T2タンクは、10月中旬以降ほとんど使用されておらず乾季に備えて備蓄されている。

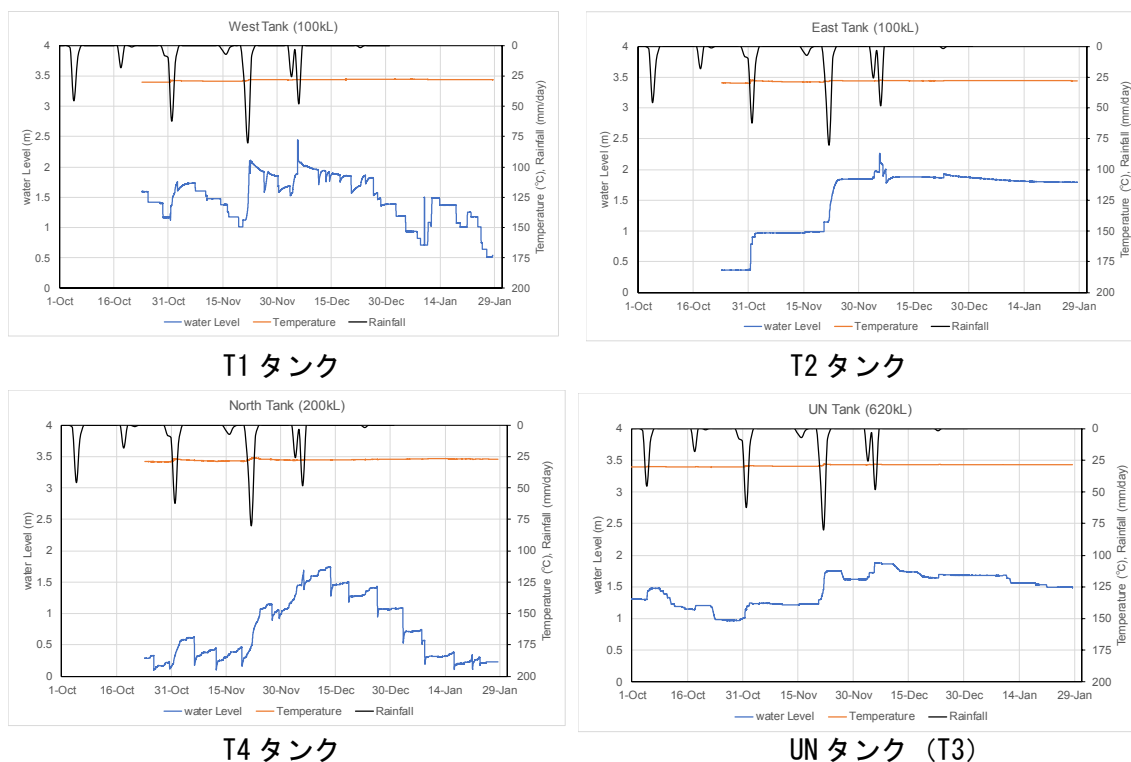


図 3-16 各タンクの槽内水位挙動の比較

b) 水質に関して

図 3-17 に UN タンク内の水温と外気温とを比較したものを示す。気温変化に比較して、槽内の水温変化は少ないことが分かる。このことから、地下貯留によるタンク内の貯留水の水質劣化への影響が少ないことが示唆された。

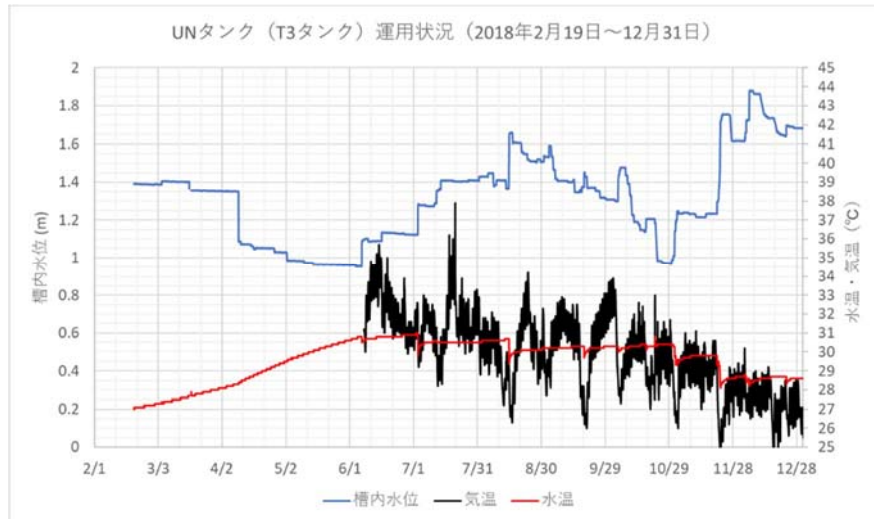


図 3-17 UN タンクの槽内水位と水温の推移状況

UN タンク貯留水の水質分析結果を表 3-4 に示す。細菌類の分析はしていないが、化学的項目については基準を満足しており、飲用に適合するほど良質な水質であることが分かる。

表 3-4 UN タンク貯留雨水の水質分析結果

Collection date	16/10/2018		07/11/2018	Standard Acceptable Limit
	C176	C177	Bore water	
Parameter				—, $\mu\text{S}/\text{cm}@25^\circ\text{C}$
EC	610	590	518	
pH	7.4	7.6	7.43	6.5 -8.5
Calcium (Ca)	24	18	22	75 mg/L
Magnesium (mg)	24	26	12	30 mg/L
Sulphate (SO ₄)	44	60	44	200 mg/L
Chloride (Cl)	96	85	76	250 mg/L
Nitrate (NO ₃)	14	17	—	50 mg/L
Fluoride (F)	0.26	0.24	—	1 mg/L
TDS	344	334	311	500 mg/L
Total Hardness	160	160	104	300 mg/L
Total Alkalinity	120	105	102	200 mg/L
Color	—	—	<1.0	5
Odor	—	—	Agreeable	Agreeable
Turbidity	—	—	<1.0	1 NTU
Total iron as Fe	—	—	BDL(DL:0.05)	0.3 mg/L

BDL; Below Detection Level, DL: Detection Limit

一方、浄水装置により浄化され、各建物と Water ATM に供給される浄水の水質分析結果を表 3-5 及び 3-6 に示す。各建物水栓の浄水の水質は飲用に適合しており、Water ATM の水質は、濁度 (Turbidity) がわずかに水質基準をオーバーしているものの飲用可能な水質レベルである。

表 3-5 各建物水栓の浄水の水質分析結果

Collection date	21/01/2019, 29/01/2019, 04/02/2019						
Parameters	Unit	IWS	IWS Annex	SG&SWRDC	SWaRMA	Evaluation	Acceptable Limit(Max)
Chemical Examination:							
Appearance	—	Clear	Clear	Clear	clear	—	—
pH@25°C	—	7.12-7.71	7.03-7.60	7.11-7.42	7.05-7.73	OK	6.5-8.5
		7.53	7.38	7.29	7.45	7.41	
Color	Hazen	0.9-1	0.8-1	1.0-1.0	0.9-1	OK	5
		0.97	0.93	1.00	0.97	0.97	
Odor	—	Agreeable	Agreeable	Agreeable	Agreeable	OK	Agreeable
Turbidity	NTU	0.3-0.4	0.4-0.9	0.6-0.9	0.7-1.1	OK	1
		0.4	0.7	0.7	0.8	0.65	
Electrical Conductivity@25°C	µS/cm	309-415	393-412	356-376	324-353	—	—
		346.3	403.3	365.3	340.0	363.8	
Total Suspended Solids	mg/L	Nil	Nil	Nil	Nil	—	—
Total Dissolved Solids	mg/L	199-321	227-309	188-245	177-211	OK	500
		241.0	259.0	212.3	193.3	226.4	
Total Hardness as CaCO ₃	mg/L	107-119	107-174	99-155	91-145	OK	200
		112.7	145.7	122.0	110.3	122.7	
Microbiological Examination:							
Coliform	MPN	Absent	Absent	Absent	Absent	OK	Shall not be detectable in any 100ml of Sample
E.Coli	MPN	Absent	Absent	Absent	Absent	OK	

表 3-6 Water ATM の浄水の水質分析結果

Collection date	29/01/2019			
Parameters	Unit	Water ATM	Evaluation	Acceptable Limit (Max)
Chemical Examination:				
Appearance	—	clear	—	—
pH@25°C	—	7.95	OK	6.5-8.5
Color	Hazen	1	OK	5
Odor	—	Agreeable	OK	Agreeable

Turbidity	NTU	1.1	NG	1 Permissible Limit: 5
Electrical Conductivity@25°C	μS/cm	295	—	—
Total Suspended Solids	mg/L	Nil	—	—
Total Dissolved Solids	mg/L	164	OK	500
Total Hardness as CaCO3	mg/L	90	OK	200
Microbiological Examination:				
Coliform	MPN	Absent	OK	Shall not be detectable in any 100ml of Sample
E.Coli	MPN	Absent	OK	

⑤ 維持管理マニュアルの作成及びC/Pのトレーニングの実施

雨水利用システムの維持管理要領シートに基づき、各部位の維持管理を行う方針とした。また、浄化装置及びWater ATMの操作・維持管理マニュアルを作成した。

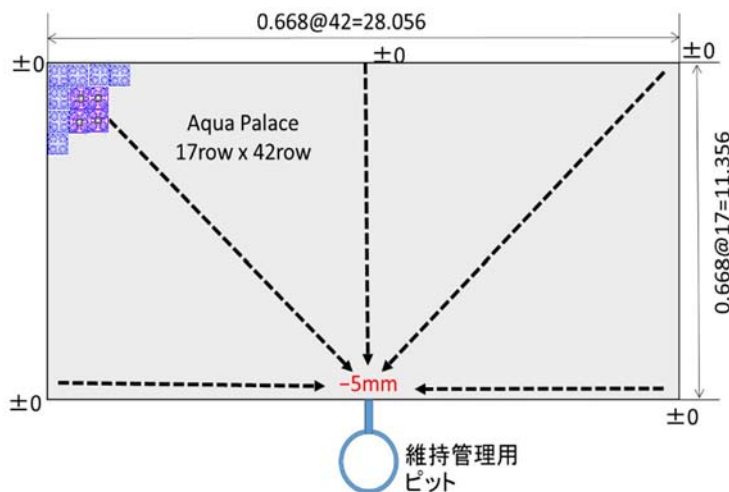
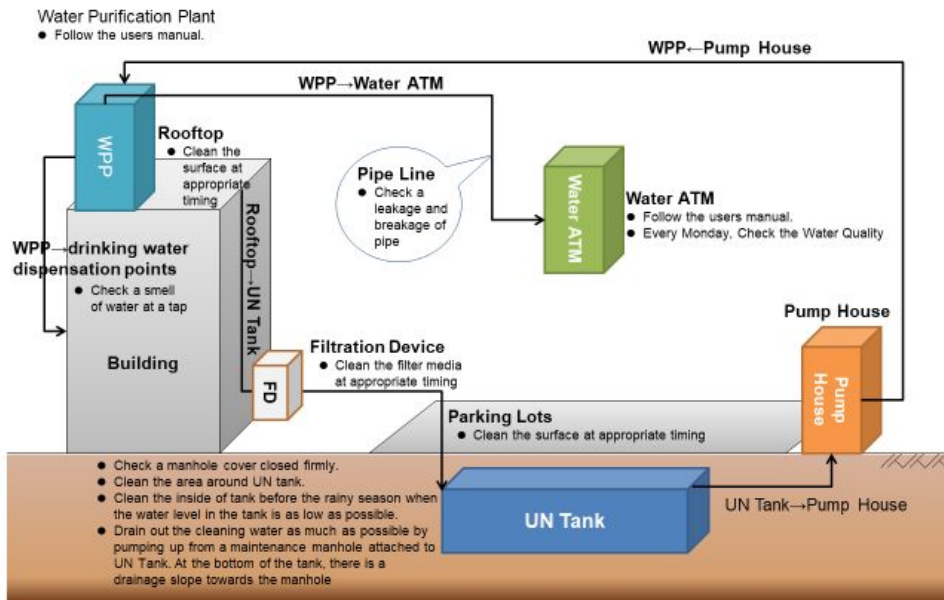


図 3-18 雨水利用 (RWH)システムの維持管理要領シート (上)と維持管理用底盤の排水勾配図(下)

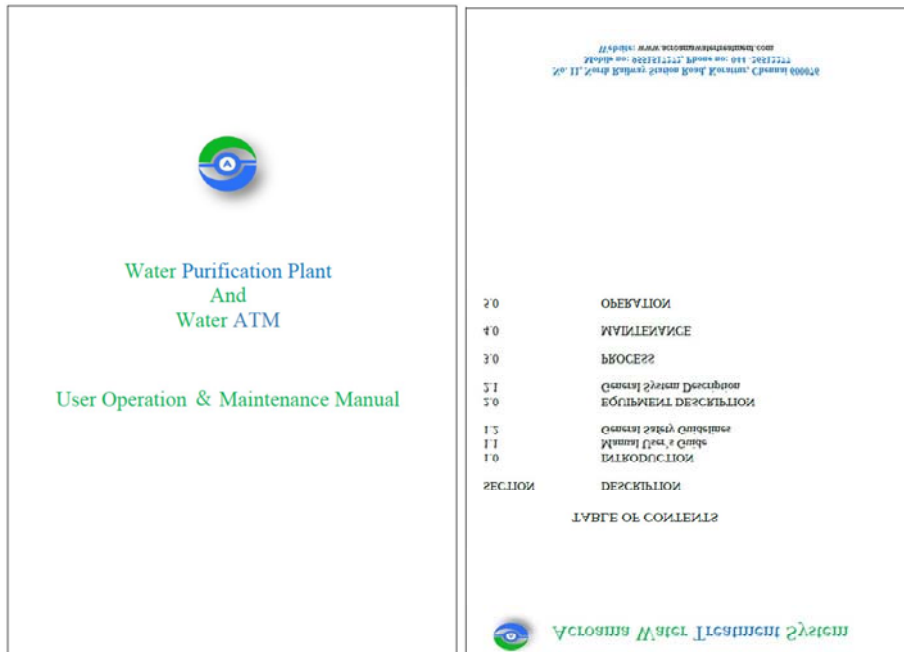


図 3-19 浄化装置及び Water ATM の操作・維持管理マニュアル

⑥ C/P の UN システム運用体制の構築

今後、雨水利用システムを運用していくにあたり、事業期間中及び事業終了後の維持管理担当者を明確にして、確実に稼働させていく体制づくりを目的として、下記の覚書を C/P と JICA プロジェクトチームとの間で締結した。



6-11, 3-CHOME, OSAKI, SHINAGAWA-KU,
TOKYO, 141-0032, JAPAN



3-7-1, KOUJI-MACHI, CHIYODA-KU,
TOKYO, 102-0083, JAPAN

APPOINTMENT of Maintenance Officer

The Executive Engineer,
Gauging Division, PWD, Chennai-600113
State Ground & Surface Water Resources Data Centre,
Water Resources Department, Government of Tamil Nadu, Chennai.

We hereby appoint the Executive Engineer, Gauging Division, PWD, Chennai-600113 to act as the Maintenance Officer for the facilities installed at PWD Tharamani Campus on the JICA Study for Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Gap Resolution of Water Demand/Supply by Plastic Underground Rainwater Storage System constructed under the guidance of ARSIT, Japan.

We trust that you will carry out the regular inspection and cleaning for the UN Tank, Water Treatment Plant and Water ATM for a handholding period of one year.

We also trust that you will continue the regular inspection and cleaning based on the guideline and manual after the handholding period.

17th April, 2018

JICA Project Team

高井 征一郎

Seiichiro TAKAI
Managing Director
Totetsu Mfg. Co Ltd, Japan,
Team Leader, JICA Survey Team

忌部 正博

Masahiro IMBE
Executive Director
Association for Rainwater Storage
and Infiltration Technology, Japan
Chief Advisor, JICA Survey Team

Er. C. T. Sankar
Chief Engineer,
State Ground & Surface
Water Resources Data
Centre, PWD, Chennai-
600113

図 3-20 C/P 側へ提出した保守担当任命のための引き継ぎ書

2) UN システムを用いた雨水利用の優位性の実証

① 雨水による生活用水（飲料水を含む）の供給計画の立案

C/P のオフィス(SG&SWRDC)における生活用水の使用量(27m³/週、但し土日使用なし)及び職員数 100 名から、生活水の一人当たりの使用量は、下記のとおりである。

$$27 \text{ m}^3 \times 1000 \div 100 \text{ 人} \div 5 \text{ 日} = 54 \text{ L/人/day}$$

5棟の建物の屋根面積 3401m²から集水し、既存タンク(T1,T2,T4)の貯留量に 620m³の UN タンクを加えた約 1000m³の貯留量に対し、過去の日降雨量を用いて、PWD・タラマニキャンパスの総職員 255 名の 9 割(230 名)が 1 人当たり 54L/day の生活用水量を使うという条件で、シミュレーションを行った。その結果を図 3-21 に示す。

2002 年から 2016 年までの間で、年間雨水利用高は最大で 893mm、最小は 601mm、平均は 753mm と見積もられた。同期間の平均年間降水量 1290mm に対し、約 58%(=753÷1290×100)の雨水利用率で、年間需要高 950mm(≈54L/day×255 人×0.9×365 日×5/7÷3401m²)に対し、約 80%(≈753÷950×100)の充足率となった。したがって、これまでの集水面積 510m²、貯留量 200m³の雨水利用システムに比べ、対象人数が 100 人か 230 人へと 2.3 倍に増加しているものの、過去の実績値の 40%から 80%と 2 倍ほど充足率を改善できる見込みとなった。

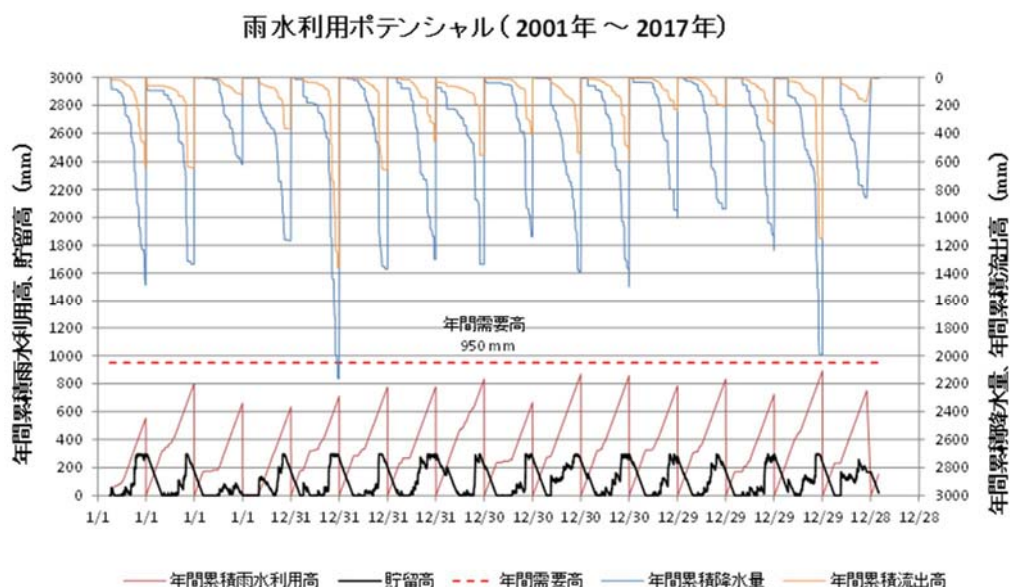


図 3-21 新規雨水利用システムの雨水利用ポテンシャルの評価

したがって、合計 1000m³の貯留槽に 5 棟の建物屋根(約 3401m²)から雨水を導水し、これを各建物のトイレ洗浄水として供給するとともに、UN タンクに貯留した雨水の一部を処理して飲料化して給水する計画とした。

② 浄水装置の設置

雨とその屋根流出水の TDS の分析を行い、それぞれ 50, 148mg/L と低い（水質基準 500mg/L）ことが分かった。TDS を除去する必要がないため、当初の RO 膜処理+UV 殺菌から維持管理が容易で経済的な砂ろ過+活性炭ろ過+MF 膜+UV 殺菌の処理方式に変更し、SG&SWRDC ビルの屋上に設置した。RO 膜処理に比べて、維持管理の容易性と原水の（量的）飲用化率の向上が図られた。

PWD・タラマニキャンパスに設置された浄化装置の処理能力は、キャンパス内総職員数の 9 割に当たる 230 人と地域コミュニティの 1000 人の合計 1230 人に 1 日 30 分の飲料水を供給できるように設計されている。

$$1230 \times 3 \text{ L/capita/day} = 3,690 \text{ L/day} < \text{Treatment Capacity } 500\text{L/h} \times 8\text{h/day} \\ = 4,000\text{L/day}$$

浄化装置の処理フロー及び設置状況を図 3-22 及び図 3-23 に示す。

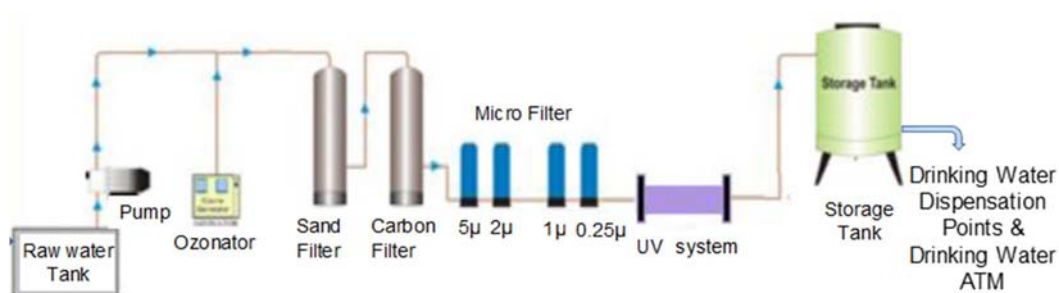


図 3-22 浄水装置の処理フロー



図 3-23 SG&SWRDC ビル屋上に設置された浄化装置

③ 貯留水及び浄水の供給

図 3-24 に雨水利用システムの平面レイアウトを、図 3-25 にトイレ洗浄水等の生活用水及び飲料水の供給イメージを、図 3-25 に水栓及び Water ATM の設置状況を、それぞれ示す。

飲料用水栓は、IWS、IWS Annex、G&RH、SG&SWRDC 及び SWaRMA ビルの各階に 2 か所の割合で設置した。また、Water ATM は、正面ゲート横の壁の中に歩道に面してはめ込むように設置した。市販のボトル水（1L、20 ルピー）よりも低価格に抑え、1L ボトル 1 ルピー、20L ボトル 5 ルピーの有償給水とした

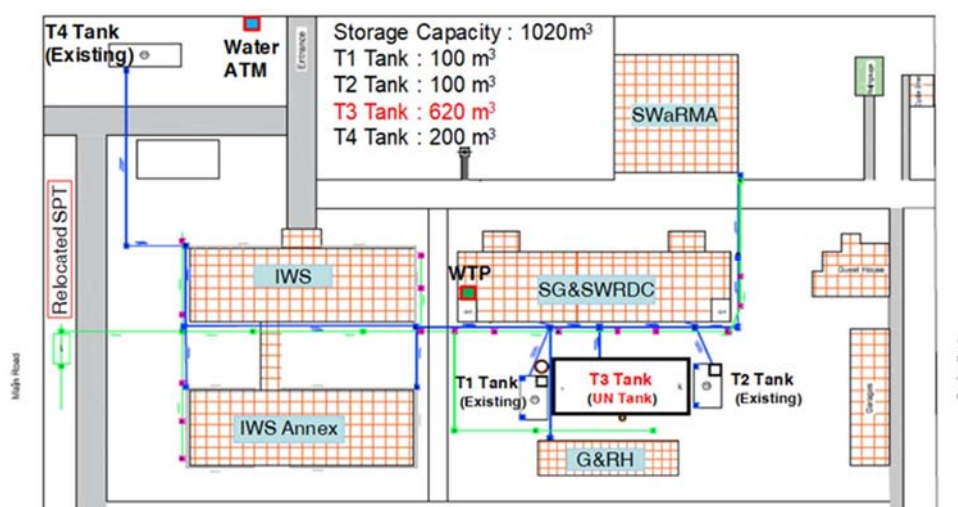


図 3-24 雨水利用システムの平面レイアウト

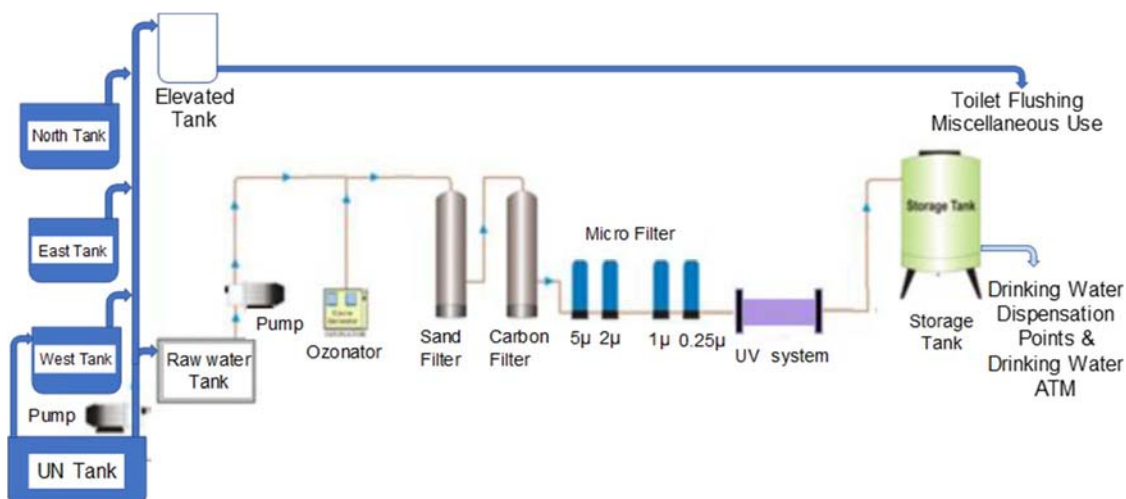


図 3-25 トイレ洗浄水等の生活用水及び飲料水の供給イメージ



図 3-26 水栓及び Water ATM の設置状況

雨水から製造した飲料水の現地消費者の受容性については、雨は元来純粋な蒸留水であるので、処理をしなくても飲めるという感覚を現地スタッフは持っていた。

しかし、2018年4月の浄化装置の試運転の後、10月まで運転は再開されなかったため、管内の残留水が太陽熱と管内に発生したバクテリアにより、水栓から取水した水に異臭を持つ事態が起こった。数度にわたり給水パイプ内の洗浄・殺菌を繰り返してこれらの不具合を解決し、水質検査を実施して水質基準に適合していることを確認し、Water ATM を除き各ビルでの飲料用水の供給を開始した。

しかし、Water ATM は、州首相の竣工セレモニーを終えない限りオープンされなかった。Water ATM の近くには駐車場とタクシー乗り場があり、往来する人も多いので、試運転時には多くの人が ATM に近づき、雨水で製造した飲料水を消費したいという関心を示した。

④ 他の方策との比較による本システムの優位性の検証

地下水の飲料化、海水淡水化、下水再生水の利用及びチェンナイの浄水場による各水供給方策と UN システムとを比較する。

飲料水を含む各方策による水の統一された実際の製造原価に関する情報は入手できなかったが、表 3-7 に示すように、各水供給方策の特長（長所と短所）を示す指標的な比較及び市場における一般的製造単価を整理した。

表 3-7 各種水供給方策の特長と一般的製造単価

	Ground water	Desalination water	Reusing treated wastewater	Chennai water supply	WPP of UN system
Raw water TDS	600-4,000	30,000-45,000	1,000-10,000	600	Around 300
Reject ratio	50%	70%	60%	10%	0%
Source water	Ground water	Sea water	Sewage water	Lake water	Rain water
General application TDS	600	600	600	600	600
Drinking water TDS value	30-50	30-50	30-50	300	Around 200
Rejected water TDS	1,300-8,000	45,000-60,000	15,000-20,000	0	Nil
Disposal of rejected water	No proper disposal	Disposing into the sea	No proper disposal	Less rejected water	No rejected water
Cost per Litre	10 paisa	10 paisa	13 paisa	< 10 paisa	< 1 paisa

高コスト、エネルギー集約度、および全体的な生態学的フットプリントを考慮するならば、海水を淡水に変換することは、飲料水を貧しい人々に提供するための最後の選択肢である。

厳しい水保全対策を遵守しながら、水路、河川、湖沼、地下帯水層から淡水を調達することは、経済的および環境的な理由から実行可能である。しかし、水の需要は増加しているが、排水汚染のために淡水資源が減少している。そのため、地下水を過剰に使用すると、その枯渇につながり、湖沼や湿地の枯渇、地下水の塩分濃度の増加、地盤沈下の原因となるなど、広範囲な影響が生じる。

下水やその他の汚水からリサイクルされた水を飲料や家庭での使用に使用するという考え方には、未だ大きな障壁がある。

ミネラルウォーターに関しては、20 リットルの容器が 22~30 ルピーで、1 リットルボトルのミネラルウォーターは約 10 ルピーで販売されており、上表に記載の価格と比較すると 10 倍~100 倍となっている。

比類のないことに雨水からの飲料水を含む水の製造単価は最小であり、さらに、雨水からの飲料水を含む水の製造は環境に影響を与えない。

すなわち、雨水利用は、既存の給水システムが不十分な地域における地表や地下の希少な水資源を補うことを約束する。雨水利用は気候変動が水の供給に与える影響を減らすための方策の一つであると認識される。雨水利用に使用される UN システム（プラスチック製貯留ユニット「アクアパレス」）は、耐久性は当然のことながら、その構成の柔軟性および現地生産の可能性により、高いコスト削減の可能性があり、さらにメンテナンスが容易である。これは、生活用水（飲料水を含む）の供給手段としての UN システムの優位性を示している。

今回、SG&SWRDC においては、2018 年 9 月以降タンクローリー水を購入してい

ない。2019年3月現在もUNタンクには、満水の6割程度が残っており、雨が降り始める6月頃までは、27m³/週的生活用水を賄うことが可能であると見積もられている。

3) UNシステムによる雨水直接利用に関するC/P等の理解促進

① 資料調査・分析

タミルナドゥ州の雨水利用に関する包括的なガイドラインは、以下のように規定されており、積極的に雨水利用を推進している。

<p>1.結節部門:市政部および給水部門は、さまざまな政府部門および機関の取り組みを調整するための結節部となる。</p> <p>2.州レベル調整委員会:雨水利用プログラムを実施するための政策指令を見直し、監視し、発行するための州レベル調整委員会が存在する。最高書記長が委員会の議長となり、長官、市政および水道部が委員会の委員会議長となる。</p> <p>3.地区レベル調整委員会:地区レベルでの活動の指導、監視、見直しおよび調整を行うために、地区コレクターの議長の下に地区レベル調整委員会を置く。</p> <p>○政府機関による公共用水の回収/公共部門での実施/援助機関:</p> <p>1.すべての政府部門/公共部門での下請け/援助された協同組合施設で今後建設される建物は雨水貯留を提供するものとする。</p> <p>2.すべての部署は、3年以内に、部署/公共部門の事業展開/援助/協力機関の既存の建物に雨水貯留施設を設置するための行動計画を作成する。</p> <p>3.政府部門/公共部門の事業で使用されている賃貸用建物にも雨水貯留構造物が提供され、賃貸用建物の所有者は3年以内に作業を完了するよう求められる。</p> <p>4.雨水貯留構造物が設けられている3番目の点に記載されている建物は、この目的のために市政水道部により承認された看板を目立つように表示しなければならない。</p> <p>○市民による雨水貯留:</p> <p>強制力のある法的措置が、すべての建物に雨水貯留施設を確実に設置するために使用される。</p> <p>○情報、教育およびコミュニケーション(IEC):</p> <p>IECは、雨水利用を採用するよう市民を説得する上で重要な要素である。市民はこれらの建造物の直接の受益者であるため、雨水建造物を建造するためには、より多くの情報発信が必要である。チェンナイトロポリタン上下水道委員会がチェンナイトロポリタンエリア内のIECキャンペーンのための結節機関となる一方で、それぞれの地区コレクターが地区でのIECの活動を調整する。</p> <p>○立法措置:</p> <p>1.チェンナイ都市開発公社、すべての市町村企業、市町村、市町村および国計画の総局は、配置計画、建築計画など、およびすべての建築計画に雨水貯留施設の包含を確認した後のみ承認する。</p> <p>2.既存の建物の場合、雨水貯留施設を早急に建物に設置するように地方自治体当局が努力するべきである。</p> <p>3.雨水貯留のための適切な規定なしに、屋根付きの建物や構造物に州内での建設の許可を与えることはできない。</p> <p>4.雨水利用施設が設置されていない建物については、水道接続及び下水道接続をしてはならない。</p> <p>5.都市部でも農村部でも雨水貯留に対応していない建物は、以後不動産税で評価されることはない。</p> <p>6.貧困ライン以下の生活をしている家族によって建てられた小屋および茅葺き構造物は、上記の規定から免除されるものとする。</p> <p>○流出水の貯留と地下水かん養施設</p> <p>1. TWAD 委員会は、飲料水資源に利益をもたらす地下水涵養に適した場所を特定しなければならない。</p> <p>2.同様に、水資源組織は地下帯水層と灌漑井戸に利益をもたらす地下水かん養構造物を設置するための理想的な場所のリストを用意しなければならない。</p> <p>3.保水構造物を建設するすべての部門は、そのような構造物が最大の利益を生むであろう区域に置かれることを確実にするためにそのような仕事を始める前に TWAD 理事会/水資源組織に相談しなければならない。</p> <p>4.貯水槽、池、湿地などの保水構造物を他の目的のために改造したり、その供給経路を他の目的のために遮断または改造したりしてはならない。</p> <p>5.保水構造の維持管理に責任を負う部門/機関は、これらの構造の容量が、略奪または沈泥のために、あるいは代替使用のために減少しないことを確実にしなければならない。</p> <p>6.洪水が発生しやすい地域での流出抑制および流出防止構造の建設は優先的に認められるべきであり、そのような場所のリストは歳入管理のための特別コミッショナーと協議の上で水資源団体によって準備されるべきである。</p> <p>7.都市部の地方自治体が提供する流出雨水は、理想的には、雨水を都市部内の寺院のタンク/池に運搬するか、または都市部周辺の水域に流入させる必要がある。河川/水路で雨水が排水される場所では、雨水排水路は、雨水が河川/水路に流出する前に最大量の雨水を地面に注入するように設計する必要がある。維持に地域社会と利害関係者を巻き込むことは、これらの建造物の最適な維持管理と実用性を確実にする最善の方法であり、これらの建造物を構築する部門と機関は計画段階からそれらに関与させる。</p>
--

インド国全体の水収支を分析し、地下貯留槽の必要性を確認した（表 1-1 参照）。過去にインド国で実施された人工涵養施設の貯留単価を分析した結果、従来の浸透槽の場合、1m³当たり 20 ルピー程度と非常に安価であった。

表 3-8 人工涵養施設(Percolation Tanks: 浸透槽)の貯留単価

Sl. No.	Name (Cost in Rs.)	Constucted Storage Capacity (1000 m ³)	Year of Study	Net Recharge (1000 m ³)	Annual Investment (Rs.)	Cost of Recharge Annually (Paise/m ³)	Storage unit cost Rs/m ³
1	Ichkheda (7,57,564)	45	95-96 96-97 97-98	62.1 149.9 116.1	33,333	54 22 29	16.8
2	Haripura (2,03,345)	12	95-96 96-97 97-98	23.2 69.3 38.9	8947	38 13 23	16.9
3	Dongaon (6,39,020)	11	97-98	48.3	70,292	146	58.1
4	Nagadevi with Nala diversion (4,75,102)	350 (Okd PT)	95-96 96-97 97-98	113.6 130.5 139.5	20,904	18 15 16	1.4
5	Haripura converted (2,08,865)	22	97-98	77.4	8191	11	9.5
6	Bagjhira converted (1,54,654)	6	97-98	32.8	6805	21	25.8

GUIDE ON ARTIFICIAL RECHARGE TO GROUND WATER, Central Ground Water Board, Ministry of Water Resources, India, May 2000

② 雨水利用の普及に向けた課題の整理と今後の方向性検討

前項①のタミルナドゥ州の包括的な雨水利用に関する包括的なガイドラインに示すとおり、同州では一見雨水利用を積極的に推進しているように見えるが、雨水の直接的利用に関しては公共施設であっても小規模な施設が多く、大規模な施設が少ない。また、民間施設についても雨水の直接利用施設より、小規模な地下水涵養施設で建築計画を承認されているようだ。今回設置した 620m³ の貯留規模は、適正な集水面積をとることで、乾季まで雨水を使用しながら備蓄できる可能性がモニタリング結果から期待できたことから、C/P の上層部も事務所ビル単位で同程度の雨水貯留槽を計画しようとの動きが出てきている。

一方、現地のコンクリート製貯留槽の設置コストが、10～13 ルピー/ℓ の範囲にあり、また、上部を駐車場利用する場合でも 16 ルピー/ℓ 程度であると C/P 等から示されている。更に大型の人工涵養施設の場合は、1m³ 当たり 20 ルピー程度と非常に安価である。

今回、UN タンク部分の土木工事費に約 7 ルピー/ℓ、仕切板・パイプ・ダンブラ等の材料費（関税・輸送費なし）に 13 ルピー/ℓ で、合計約 20 ルピー/ℓ である。コスト低減に関し、設計・施工・製品等の改善検討が必要であることも分かった。したがって、手戻りのない施工を目指し、また施工費等の低減のためにも、UN システムの標準化のためのガイドラインが不可欠となる。

③ UN システムによる雨水活用ガイドライン（案）の作成

インド国タミルナドゥ州チェンナイにある水資源局公共事業部（PWD）のタラマニキャンパス内に設置された雨水利用システムの実績に基づき、今後水資源を地下水に過度に依存している同州において、同様な施設を普及させる必要がある背景から、設計者、施工者をはじめ、本施設の上部の土地利用者まで、本施設に携わるすべての関係者のため、UN システムによる雨水利用施設の調査、設計、施工、維持管理上に必要な技術的事項について取りまとめた。

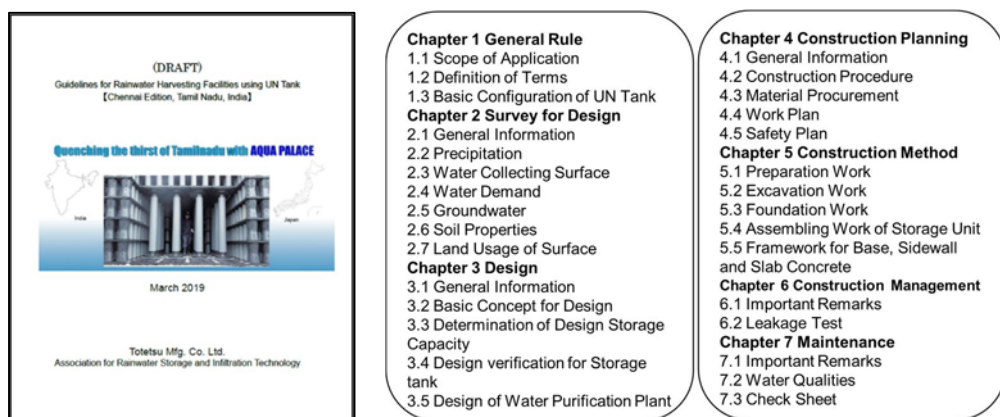


図 3-27 ガイドライン(案)の表紙と目次

④ 雨水の有効活用に係る現地セミナーの開催


UN タンクの完成を記念して、2018 年 4 月 17 日に第 1 回目の技術セミナーとしてワークショップを UN タンク上で開催し、また雨水利用システムの完成を記念して、2019 年 3 月 26 日に第 2 回技術セミナーを Radisson Blu Hotel にて開催した。

第 1 回目セミナーの列席者（129 名）の多くは C/P のあるキャンパス内のスタッフであり、C/P 上位の関係機関への周知が不足していた。また、開催日の確定が遅く民間企業への理解醸成が不十分でもあった。第 2 回目セミナーにおいては、これまで Indian Planning Association（インド設備協会）の展示会等で名刺交換した企業や、今後 UN システムのユーザーとして期待されるビルダー、IT パーク、工業団地、学校施設や空港施設関係者への周知を行うとともに、パブリシティへも積極的に情報を流した。入場者は想定した約 100 名（ノベルティのエコバッグの残数より勘定。受付記名者数は 70 名）であった。

以下は紹介された記事の一例である。


WRD launches ₹1-crore pilot project to store rainwater:

<https://www.thehindu.com/news/cities/chennai/wrd-launches-1-crore-pilot-project-to-store-rainwater/article26647453.ece>



株式会社トーテツ

6-11, 3-CHOME, OSAKI, SHINAGAWA-KU,
TOKYO, 141-0032, JAPAN



ASSOCIATION FOR RAINWATER STORAGE
AND INFILTRATION TECHNOLOGY

3-7-1, KOUJI-MACHI, CHIYODA-KU,
TOKYO, 102-0083, JAPAN

Technical Workshop on
Rainwater Harvesting Underground Storage System sponsored by JICA, Japan
At the Campus of State Ground and Surface Water Resources Data Centre, PWD, Tharamani,
Chennai
Water Resources Department, Govt. of Tamil Nadu, India
Tuesday 17th April, 2018 at 10:30 am

10:30 am Registration at PWD Tharamani Campus
11:00 am Tamil (Tamil Thaa) Song
Welcome Address: Er. C. T. Sankar, Chief Engineer, State Ground & Surface Water Resources Data Centre, Water Resources Department, Govt. of Tamil Nadu
Felicitation of the Guests:
Key Addresses By JICA Study Team and JICA
❖ M/S Totetsu Mfg. Co. Japan Ltd.
❖ JICA India Office
Special Addresses from Indian side for the project :

- **Er. K. Padmanabhan**, Special Secretary to Government, Public Works Department, Government of Tamilnadu, Chennai
- **Er. M. Baktiyathsalam**, Engineer- in-Chief, Water Resources Department, Government of Tamil Nadu, Chennai.
- **Thiru. C. Paul Prabakar**, The Regional Director, Central Ground Water Board (CGWB), Chennai
- **Er. G. Satyamoorthy**, Chief Engineer, O&MII, Chennai Metropolitan Water Supply and Sewerage Board, Chennai.
- **Er. L. Chidambaram**, Chief Engineer & Director, Institute for Water Studies, Water Resources Department, Govt. of Tamil Nadu
- **Er. S. Vimala**, Chief Engineer & Director, SWARMA

12:10 am Coffee Break

12:25 am Workshop: PPT presentation, discussion and sharing of views regarding this project

- (1) Plastic underground Storage Tank installed in PWD Tharamani Campus - Er. S. Antony Anbarasu, PWD, Chennai and Mr. Hisanaga, Totetsu, Tokyo, Japan
- (2) Water supply Potential of Rainwater Harvesting System installed in PWD Tharamani Campus - Mr. Okui, ARSIT, Tokyo, Japan
- (3) Economy & Social outreach by the rainwater harvesting system - Er. Vidhya and Er. Baskar, PWD, Chennai
- (4) Recommendation on Rainwater Storage and Infiltration Technology - Mr. Imbe, ARSIT, Tokyo, Japan

13:30 pm Appreciation and Honor for those Who involved in the Project



13:35 pm Vote of Thanks: Er. L. Chidambaram, Chief Engineer & Director, Institute for Water Studies, Water Resources Department, Govt. of Tamil Nadu

National Anthem
Working Lunch

図 3-28 第一回 Technical Work Shop 参加者 発表内容



図 3-29 Technical Work Shop 状況

 <p>株式会社トーテツ</p> <p>6-11, 3-CHOME, OSAKI, SHINAGAWA-KU, TOKYO, 141-0032, JAPAN</p>	 <p>ASSOCIATION FOR RAINWATER STORAGE AND INFILTRATION TECHNOLOGY</p> <p>3-7-1, KOUJI-MACHI, CHIYODA-KU, TOKYO, 102-0083, JAPAN</p>
--	---

Technical Seminar on

Rainwater Harvesting System sponsored by JICA, Japan

At the Radisson Blu Hotel, Egmore, Chennai

Tuesday 26th March, 2019 at 10:00 am

10:00 am Registration at Radisson Blu Hotel, Egmore, Chennai

10:30 am Tamil (Tamil Thaa) Song

Welcome Address: Seichiro Takai, Managing Director Totetsu Mfg. Co. Ltd.

10:45 am Key Addresses by Japan International Cooperation Agency (JICA),
Yuka Matsushiba, JICA New Delhi office

11:00 am Special Addresses from Indian side for the project

Er.A.Pandiyar, Joint Chief Engineer, Illigation, Chepauk
Er. s. Raja, Executive engineer Project Management Unit, Chennai

11:15 am Coffee Break

11:30 am Technical Seminar

Mr. Tetsuro Hisanaga & Mr. Baskar
Video presentation of Rainwater Harvesting System installed at PWD Tharamani campus
Mr. Hiroyuki Okui, Managing Director of ARSIT
PPT presentation of Guideline for Rainwater Harvesting System regarding design, construction and maintenance
Mr. H. Sudhan
Performance of Water Purification Plant and Water ATM
Seichiro, Takai New Proposal on RWH

13:00 pm Handing Over of Facilities
additional program will be added JICA Survey Team will hand Certificate of Appreciation to 4 companies and \$ staffs of The SG&SWRDC

13:15 pm Vote of Thanks: Dr. A. Dhanapal, Joint Chief Engineer, SG&SWRDC

National Anthem
Working Lunch

図 3-30 第 2 回 Technical Seminar 参加者 発表内容



図 3-31 第 2 回 Technical Seminar 状況

4) UN システムによる水供給ビジネスモデルの構築及び提言

① 現地企業との連携可能性の検討

以下 4 社の現地企業と面談し、連携可能性について協議した。

1. BGR Energy Systems Limited
2. Prince Pipes and Fittings Ltd.
3. Rajaparis Civil Constructions
4. Cetus Consulting Solutions Services Pvt Ltd.

4 社とも UN システムを用いたビジネス展開に関心を持っているものの、技術供与を行う際の条件が合わず、具体的な商談には至っていない。今後の課題としては、UN システムの技術移転、販売価格、現地での部材製造につき、現地企業が合意可能な条件を検討する必要がある。

また、第 23 回 Indian Plumbing Association コンファレンス&展示会（参加者 700 名）が、チェンナイで 2017 年 9 月 22 日・23 日に開催された機会を利用して、外部人材の雨水協会が「日本における流出雨水の制御に関する政策と技術、及びチェンナイにおける JICA 雨水利用プロジェクト」と題して、9 月 22 日のテクニカルセッションで講演を行った。その結果、多くの企業から UN システムに関心が寄せられた。



図 3-32 第 23 回 Indian Plumbing Association コンファレンス&展示会

PRINCE PIPES AND FITTINGS LTD

- ・今回調達したパイプ類の日本規格特注品とインド規格品の値段の差
- ・インド規格品の強度の確認と飲料用水貯留槽への適合の調査確認。
- ・その他、日本輸出品を現地生産した場合の価格等の調査

SMIP

- ・ Sojitsu-Motherson 工業団地（SIMP）において UN システムを紹介
- ・現状での既存コンクリート槽の建設費用、仕様調査。
- ・コンクリート槽と UN システム(プラスチック)の互いの優劣を調査し、ビジネス

展開へむけて課題の明確化。

MRF(タイヤメーカー)

400m³/日の工業用水の一部を UN タンクシステムで代替可能かの検討依頼あり。

第 25 回 INDIAN PLUMBING CONFERENCE & EXHIBITION (2018/10/26-28) に出展

出展状況・ミニチュア展示状況(写真左)と展示会関係者の審査・投票によって設計賞 2 位を獲得(出展企業 44 社 写真右)



ICSECE2019 (2019/03/28) に参加

Easwari Engineering College にて開催された International Conference Sustainable Environment and Civil Engineering に参加。IPA(インド設備協会)チェンナイ支部の協力のもと、同カレッジに新設されたテクニカル・スキルセンターにアクアパレスの模型を常設展示した。。

スキルセンター入口



アクアパレス模型常設展示



② 政府及び民間機関への雨水資源化・水供給プログラムの提案

人口増加、経済発展および気候変動により、水需要と供給のギャップが拡大している。これに関連して、雨水の使用は、水供給への依存を減らし、節水を介して水効率を高め、限られた水資源への圧力を減らすための効果的な水資源開発となり得る。しかし、モンスーンの影響を受ける降水量の時間分布のため、現在は有効に利用されていない。

日本の雨水利用技術の導入により、雨水の直接利用が効果的に促進され、持続可能な水資源開発に貢献すると確信した。水の量と質の長期的安定性を伴う大規模貯蔵のための地下空間の利用は、水の供給が不足している都市部と郊外部でより多くの雨水利用を促進する。

チェンナイ首都圏上下水道委員会 (CMWSSB) は、チェンナイ市およびその周辺

地域に上下水道処理を提供している。タミルナドゥ州上下水道局は、タミルナドゥ州の他の州に上下水道施設を提供する任務を負っている。

チェンナイは、必要量の 1,200MLD に対して、さまざまな水源から約 985MLD を取水可能と想定されている。この需要は、2031 年までに 2,100 MLD に達すると予想されている。水需要/供給のギャップ解決のために、プラスチック地下雨水貯留システムによる雨水利用は、既存の給水システムが不十分な地域の水資源を補うことができる。

これまでのセミナー、ワークショップ、会議やディスカッションを通して、水に関する地元の水道事業者/民間企業との協力の可能性を調査するために、意志決定者、エンジニア、デザイナー、民間企業、NGO、組織および潜在的な利害関係者に UN システムを PR した。UN システムを利用したプロジェクトの提案については、政府機関、地元の水供給業者及び民間企業と協力して、水の不足している又は存在しない地域に飲料水を給水するための UN システムを設置できるよう、広報活動を通じて、インドにおける持続可能な水資源開発に向けて適切に標準方式化を図れるように取り組む。したがって、今後も UN システムを利用して地域のニーズを満たす給水事業を創設するために、地元の水道事業者/民間企業を引き続きフォローし、必要に応じて追加情報を提供する。

今後、フォローアップしていかなければならない案件は、以下のとおりである。

○SIPCOT

州政府関係団体による工業団地建設計画が進行しており、計画の中に水源確保(地下貯留槽)建設計画が存在。貯留規模としては当事業の 40 倍強である。

○Revenue Department of Tamil Nadu Government

世界銀行のファンドを活用して、州政府の主要な庁舎 50 箇所地下貯留槽をそれぞれ 500m³ 設置しようとの動きあり。C/P からアクアパレスの材料を日本から輸入する場合の単価見積もり依頼がきている。

○MRF(タイヤメーカー)の工場での雨水利用の提案

日量 400m³ の工業用水の雨水による一部代替の検討依頼があり、チェンナイでの打合せを打診されている。

(2) 事業目的の達成状況

1) UN システムの現地実証及び維持管理体制の構築

成果 1 の UN システムが現地条件下で適切に機能することが実証され、C/P による維持管理が可能となるということについて、日本側で当初計画していたコンクリート側壁構築方法(金網型枠)を、現地インド方式(レンガ積み型枠)へ仕様変更し、水漏れのない UN タンク 620m³ を現地労働者の手により設置できた。5 棟の建物屋根 3401m² から雨水を集水し、3 つの既存タンクと合わせて 1020m³ の比較的大規模の雨水利用システムを構築した。これにより、貯留雨水の水質が生活用水(トイレ洗浄及び器具・食器洗浄)として使用することに適合することが確認された以降(2018 年 9 月から)は、タンクローリー水(27m³/週、72.5 INR/m³)を購入しないで、雨水だけで生活用水を賅っている。

躯体工(ベースコンクリート・側壁コンクリート・スラブコンクリート)を現地インド方式とすることで、今後の類似プロジェクトにおいて、槽の遮水性に関する説明責任が容易になる又は軽減されると思われる。

大規模な地下貯留タンクを設置することで、降雨の時間的偏在を調整し、年間を通じて雨水利用が可能な施設設計ができることが、タンク内の水位モニタリングや水質分析結果から示唆されたため、C/P 側も UN システムへの関心がプロジェクト初期よりも高まっている。

雨水利用システムの本格的運用が始まろうとする時期に、C/P 側の維持管理担当責任者である **Executive Engineer** が、2 回人事異動等で変更された。そのため、UN システムの維持管理、浄水装置及び **Water ATM** の操作・維持管理に関する本格的なトレーニングは実施されていない。浄水装置及び **Water ATM** の操作・維持管理については、完成後 3 年間、設置業者による維持管理の義務を負わせた契約書となっているので、雨水利用(RWH)システムの維持管理要領シートやユーザーマニュアルに基づいて、トレーニングを実施する予定ある。

以下は、UN システム仕様変更の内容について説明したものである。

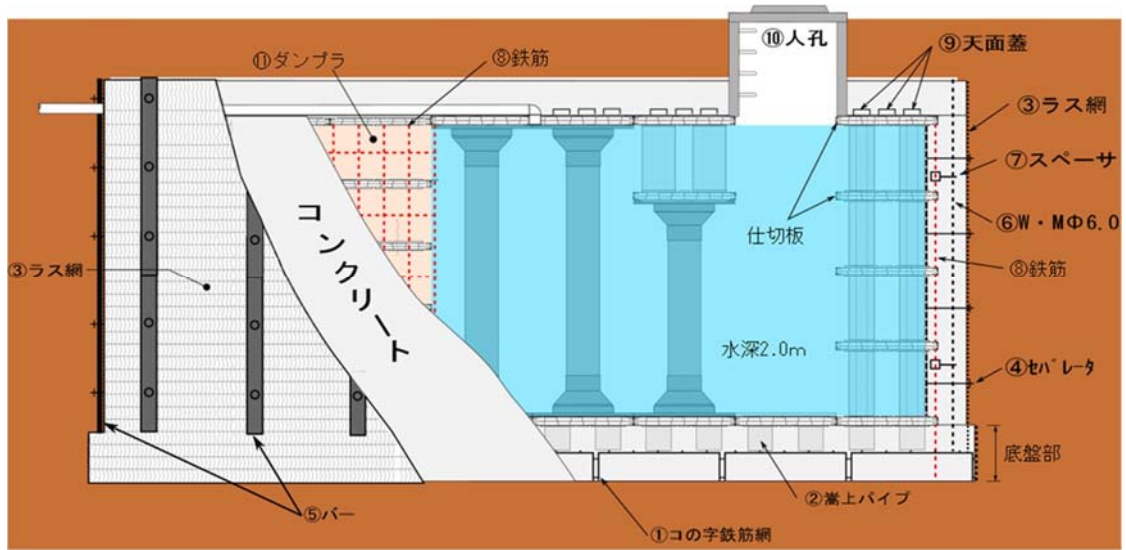


図 3-33 契約当初の UN システム (①金網外枠)

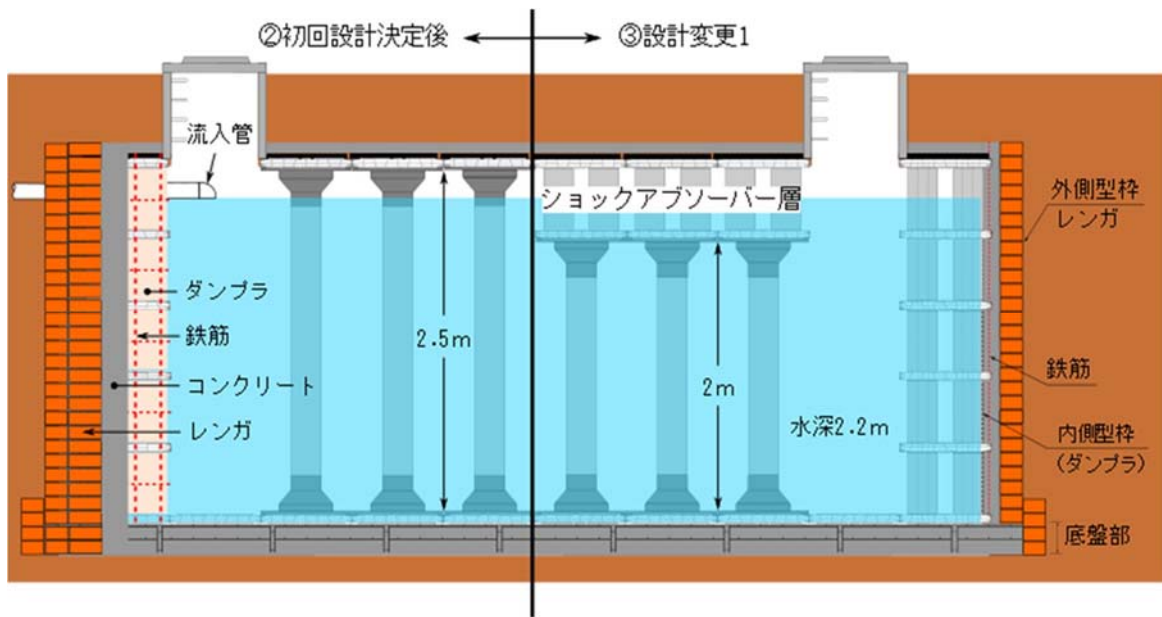


図 3-34 設計変更時の UN システム (②&③レンガ外型枠)

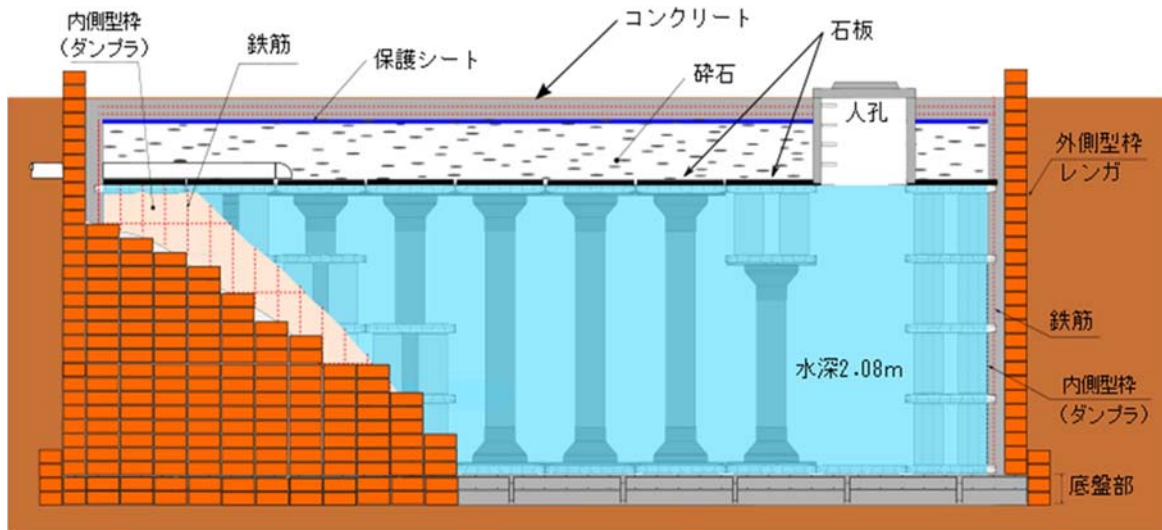


図 3-35 実際に施工された UN システム (④レンガ外型枠)

表 3-9 UN システム仕様変更に伴う製品数量の変更

		契約当初①	初回輸送②	2 回目輸送③	実施工時④
槽寸法	縦	13.30m	16.08m	16.08m	11.39m
	横	24.69m	18.76m	18.76m	28.14m
	高	2.00m	2.20m	2.20m	2.08m
貯水量		610 m ³	617 m ³	617 m ³	620 m ³
空隙率		93.0%	93.0%	93.0%	93.0%
製品数量	仕切板	1,350	1,800	2,400	1,942
	アタッチメント	1,200	1,200	1,200	1,092
	AD スペーサー	1,200	1,200	1,200	1,092
	小型仕切板 (※1)	1,800	0	0	0
	ジョイント C	7,000	6,175	7,500	6,732
	コマ D (※2)	0	0	0	1,050

表 3-10 UN システム仕様変更の経緯及び理由

①	契約当初の UN 貯留槽の形状は、グーグルマップを活用し、建物との離隔を取った上で、容量 600 m ³ 以上を確保できるように、完全トーチ方式のものを採用した。
②	コストダウンを図るため、側壁にレンガを用いたインド方式に変更し、現地での測量結果を踏まえ、構造的に安定するよう、できるだけ正方形に近い形状に変更された。また、C/P より貯留水深に余裕高のプラスを指示された。そのため内空高さを 2.5mに変更した。
③	②の場合、主 SP パイプの長さが 2.5mとなってしまう、将来駐車場利用等を想定した場合、強度不足が考えられたため、主 SP パイプを 2.0mとし、上段に外周部と同様な仕切板と補助 SP パイプで構成されるショックアブソーバー層を設けた。その追加分の資材を 2 回目に輸送した。
④	雨期に入ったこともあり、地下水位が予想以上に高く、既存建物基礎への影響と浮力による槽の浮き上がりが懸念されたので、形状を細長く変更し、ショックアブソーバー層を「重し」として機能する砕石層に変更した。また、細長い形状に変更したため、長辺の 2 箇所に梁構造となるように外周部と同様な 4 段の補助 SP パイプ層を設け槽を 3 分割した。

2) UN システムを用いた雨水利用の優位性の実証

成果 2 の水需給ギャップ解消のための他の方策と比較し UN システムで貯留した雨水を生活用水(飲料水含む)として利用することの優位性が実証されるということについては、UN システムを用いた雨水利用の優位性の定量的な実証が必要であるが、浄化した飲用水の本格的な運用(特に Water ATM)が本事業期間でなされていないので、定性的な各種水供給方策の特質や製造原価の比較のみにとどまっている。

SG&SWRDC においては、タンク内の水位モニタリング結果より、27m³/週のタンクローリー水の購入をしないで、年間を通して生活用水に雨水利用が可能なのが示唆されている。

したがって、年間節水金額は、下記のとおりである。

$$27\text{m}^3/\text{週} \times 52 \text{ 週}/\text{年} \times 72.5 \text{ INR}/\text{m}^3 = 101,790 \text{ INR}/\text{m}^3$$

UN タンクの建設コストは、

$20 \text{ INR}/\text{L} \times 620 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ L}/\text{m}^3 = 12,400,000 \text{ INR}$ となり、これを節水金額で単純に回収するには、121 年かかることになる。

但し、雨水をすべて浄化して飲用水に使用するとした場合、20 L のボトルウォーターが最低で 22 INR であり、1m³ 当たり 1,100 INR となり、タンクローリー水の価格の 15 倍となるので、単純回収年は、約 8 年 (=121 年 ÷ 15) と現実味を帯びてくる。

雨水を飲料化する方が、便益が上がるのが分かる。しかし、既存のコンクリート貯留槽との競争性を考慮するならば、コストダウンを図る必要がある。

3) UN システムによる雨水直接利用に関する C/P の理解醸成

成果 3 の C/P 関係者の雨水有効活用と UN システムにかかる理解が深まるというこ

とについて、C/Pにおいては、すでに雨水を生活用水に利用するという経験を有していたが、集水面積や貯留容量の制限から、タンクローリー水の購入をなしにできず、年間の生活用水量の6割はタンクローリー水を補給していた。今回のUNタンクの設置に伴い、タンクローリー水を購入しないで年間通して雨水利用が可能な事実を認識できたため、雨水直接利用に対し、その重要性を再認識した。また、ガイドラインによりUNシステム的设计・施工・維持管理に関し更なる理解醸成が図られることが期待されている。

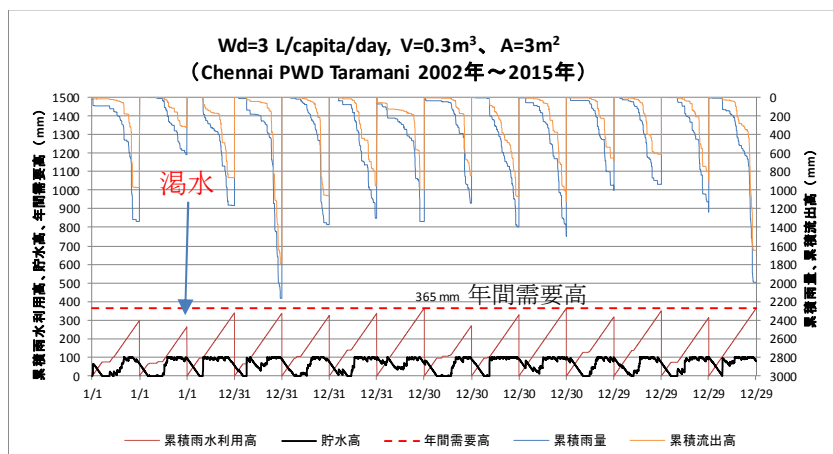
4) UNシステムによる水供給ビジネスモデルの構築及び提言

成果4のUNシステムを活用した水供給ビジネスモデルが構築され、普及に向けた検討・提案が官民両方に提示されるということについては、今事業にて事務所ビルに対応した雨水利用のショーケースがPWD・タラマニキャンパスに設置され、その効果についても一部実証されていることから、タミルナドゥ州政府は、類似の施設を50か所、州全体にわたって、設置することを計画している。現在アクアパレスに係る材料に関し、見積もり依頼がきている。また、第2回セミナー後に、大手タイヤメーカーであるMRF社からも雨水利用の相談がきている。これまで構築したインド側(C/P担当者やIPA等)との人的ネットワークを活用して、新規プロジェクトへの参画を図る。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

インドにおける人口増加や経済発展等社会経済環境の変化や気候変動の影響により水需給ギャップが拡大し、安定した水資源の確保という課題に対して、UNシステム導入による雨水有効活用を促進する。現在、時間的に偏在する雨水の資源化は進んでおらず、チェンナイ市では蒸発・洪水などにより雨水の65%以上が失われている。

本事業の実施により、集水面に降る雨水を飲料水として有効活用できる。例えば、 3m^2 の集水面当たり 0.3m^3 (300L)の貯留槽を設置すれば、人一人、一日分の飲料水需要量3L、すなわち年間需要量1,095L(=365mm× 3m^2)に対し平均で89%を、渇水年でさえ72%を雨水で満たすことができるようになる(下図参照)。



更に、都市部では個別家庭への上水道普及率が人口の 70.6%にとどまっている他、十分な水質・水量・給水時間が確保されない、等の上水供給に対する課題を抱えている。チェンナイ市で 134 万人、全国で 6,500 万人にいとされるスラム居住者の殆どは水道へのアクセスを有しておらず、常時水を手に入れることができない。またインドでは約 30%の地方学校が安全な飲料水のアクセスを有しておらず、150 万人以上の児童が下痢により死亡している¹。本事業の実施により、現地水事業者と連携したオンサイトの雨水資源化・水供給プログラムにより、安全で低価格の飲料水を貧困層向けに常時供給することができる可能性がある。

上記の様な直接的な貢献だけでなく、都市の水需要を賄うために現在地方水源の過剰揚水が進み、地下水の枯渇、塩害などの被害が生じているという課題に対して、都市で入手可能な雨水をオンサイトで有効活用することにより、地方水源からの揚水が軽減される。加えて防災的な観点からモンスーンの時期に集中する雨水に対する都市の治水ができず、都市洪水による被害が広がっている。対象区画に UN システムが導入された場合、それらが都市化以前に存在した貯水池の役割を果たし、浸水・洪水被害を軽減することができる。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

株式会社トーテツ（以下、トーテツ）は大正 8 年に土木・建築用金網メーカーとして創業し、質の高い建築資材の販売や土木工事を通じて、都民・国民の快適な生活の基礎作りにも長年貢献してきた。近年は 20 年の歳月をかけて確立した雨水貯留技術を生かし、「雨水貯留・利用の総合メーカー」として各種機器の開発・製造に注力している。同社の所在する品川区は「誰もが輝くにぎわい都市」「次代につなぐ環境都市」を目指す都市像とし、地場産業の活性化や環境に配慮した取り組みを推進している²。

同社の提案する雨水貯留技術は、同区の環境ビジネス支援事業の一環で、2012 年に 200 万円、2013 年に 120 万円の助成金を受けており、同区が積極的に支援する環境調和型技術である。提案技術は、雨水貯留浸透技術協会の技術評価認定を取得後、近年売上実績を伸ばしており、これまでに国内数十件の施工実績を持つ。小学校の校庭や民間施設の地下空間に貯留槽を設ける工事を受注したり、東日本大震災の被災地である南三陸町の仮設住宅向けに貯留材を提供したりと、防災対策として一段と高まるニーズに応えてきた。

また、日本水フォーラムの会員として、地元の関連企業や東北工業大学とも連携しながら、雨水資源化を理念に掲げた計画的貯水システムの提案・検証活動を続けている。

トーテツは、本技術による海外進出を今後の事業展開の中核としているが、自社技術と他社技術を有効に組み合わせることで、多様なニーズに応える総合的な技術提案を可

1 Drinking Water Quality in Rural India, Water Aid, 2010

2 品川区. 2014. 品川区長期基本計画（改訂版）

能とするため、雨水貯留浸透技術協会に属する浄水技術、プレキャストコンクリートなどの施工技術を有する関連企業との協業、団結を目指している。トーテツの今後の海外事業を通じて、こうした関連企業の海外展開の促進効果が期待できる。

産学連携においては、提案法人のインド国内での事業展開により広がる現地関連企業や政府機関とのネットワークや、同国の要望を取り込みさらに改良された雨水利用技術を、雨水貯留浸透技術協会や日本水フォーラムをはじめとした雨水利活用を積極的に検討する活動団体や研究機関に還元することができる。特に洪水が頻発するインドで得る知見・ノウハウは、自然災害など非常時における雨水有効利活用の研究開発へと活用することができるため、日本におけるさらなる災害対策に関連する研究開発が促進される。

(5) 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

施設の譲渡の条件として、外部（大学等の研究機関や民間団体等）からの施設の見学を受けつけることを申し入れる予定である。

また、維持管理責任者については、SG&SWRDC の Gauging Division の Executive Engineer がその任務につく覚書を結んでいる。また、浄化装置および Water ATM の維持管理については、完成後（2018年4月）から3年間の施設設置業者による保守契約を結んでいる。その間のタンク内水位のモニタリングデータや Water ATM の稼働実績については、C/P 担当者や設置業者から入手する予定であり、そうした情報を元に自立的な活動継続状況を把握する。

(6) 今後の課題と対応策

調査対象国において雨水飲料化システムを販売する場合には、飲料水が水質基準を満たせることを証明出来なければならない。利用者は、雨が降らない場合には何ヶ月もの間地下で貯留された水が飲料水の原水となるため、地下の UN タンクで貯水されている間にプラスチックからの有害物質の浸出や細菌の発生が起こることを懸念しており、飲料水に適した水質の原水が得られないと考えている模様。連携先候補である企業からも同様の懸念が示されている。

また、給水系統の配管内の飲料水（浄水）が長期（半年間）にわたり残留した場合、水栓からの水に異臭が生じる。

水質検査を実施した結果、乾季に UN タンク内に長期貯留された雨水の水質劣化が生じなかったことを確認している。定期的に水質検査を実施するとともに、雨期の前にタンク内の洗浄・清掃を実施する。同様に、水栓水に異臭がしないかを日々確認し、異臭が生じた場合は、次亜塩素酸ソーダ（ハイポ）を通水して消毒殺菌する。

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

① マーケット分析

現地における既存工法・競合製品としては、コンクリート製貯留槽がある。下記図4-1はその一例であるが建設中(2018年2月現在)の同州の工業団地(前述4頁SMIP)における地下3.5m+地上1m、貯留量700 m³の設計図であり、写真が現場である。事前からC/Pによって同州におけるコンクリート製貯留槽の建設費は、10~13ルピー/ℓの範囲であると知らされており、同工業団地の貯留槽建設費も10ルピー/ℓであった。更に、UNシステムに類似する上部を駐車場利用する場合でも16ルピー/ℓ程度であるとC/Pやパートナー候補から示されている。今回、UNタンク部分の土木工事費に約7ルピー/ℓ、仕切板・パイプ・ダンブラ等の材料費(関税・輸送費なし)に13ルピー/ℓで、合計約20ルピー/ℓとなった。コスト低減に関し、設計・施工・製品等の改善検討が必要であることが分かった。コストダウンの可能性として以下が考えられる。

- ・ 雨水利用システムのガイドライン作成により、設計・施工の標準化を行い、手戻りがないようにして、施工費を低減する。
- ・ 日本仕様にした特注塩化ビニルパイプを広く流通しているインド仕様に変更する。
- ・ インド仕様のパイプが使えるように、仕切板を改良して現地にて製造し、原価を抑える。

また、代替製品としてはタンクローリー車で遠くの水源から水を汲んできて、リットル単位で販売する事業者もいる。開発課題で前述した通り、水源の枯渇が対象国では深刻な課題となっているが、当面のビジネス展開において飲料水化装置としてUNシステムを販売する場合には、このタンクローリーによる水配給ビジネスに対する競争優位性を持たせる必要がある。

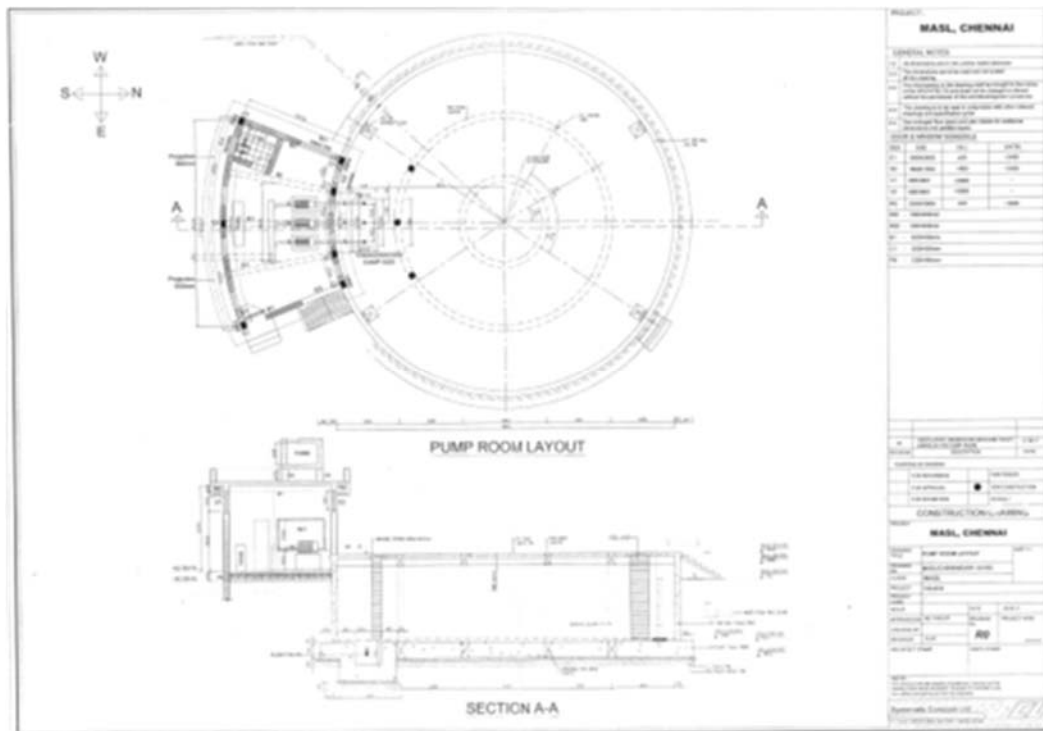


図 4-1 コンクリート製地下貯留槽の例

② ビジネス展開の仕組み

現時点までに、現地大手ゼネコンや塩化ビニルパイプのメーカー、その他水関連ビジネスを展開する企業に対してパートナーシップ関係の構築による現地での共同販売を打診している。今回の設置工事及び現地での競合製品の調査から、UN システムの価格低減は大きな課題として認識されており、現地製造を見据えたパートナーシップ締結を模索している。今後は UN システムの内、本邦製造部材も含めて現地での製造を見据えたパートナー候補の能力評価、パートナーシップにおける交渉条件等を具体的に協議していく必要がある。

現地各企業(民間土木工事会社、金型・プラスチック成型品製造会社、塩化ビニルパイプ調達先企業、民間工業団地デベロッパー 等)と接触しているなかで塩化ビニルパイプ調達先である PRINCE PIPE 社と話し合いを重ね、上述①にもあるように仕様変更による UN システムの価格低減策について検討している。また本邦製造部材を現地生産した場合、価格低減となるかなどの情報を収集し、価格低減により現地既存製品に対し競争力が生まれるのであれば、技術移転も視野に、協議・検討をしている。

パートナー候補の探索や潜在顧客の発掘については、現地 JETRO 事務所に対して、今後現地セミナーを開催する際には現地にある日系企業だけでなく、チェンナイ近郊に立地する現地企業に対しても広くセミナー情報を届ける為のご協力をお願いしている。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

・原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

本事業に使用した UN システムにおいて必要となる原材料(部材)は大別すると、i 本邦輸出のプラスチック製品、ii 塩化ビニルパイプ、iii その他周辺部材となる。i については現地成型加工メーカーに製造委託を行う。ii については現地製品を調達する。多数のパイプメーカーが存在しているので、現地の情報を収集し慎重にメーカーの選定を行う。また、パイプについては日本規格とインド規格とでは少しサイズが異なるため、日本規格を基に作ったプラスチック製品をインド規格に修正するか、現地規格パイプをプラスチック製品に合わせ特別製作するかを選択が製品価格に大きく影響してくるので調達計画を立てる上で最優先の検討事項となる。iii については基礎・外周・天端部に関係する部材となりコンクリート、鋼材等のため現地調達となる。ただし受注形態が UN システム部材のみであればiiiの調達は現地施工業者となる。現地にて第三者(現地企業)を介さずに自ら調達をするには法人として認可が必要となる。この場合は JETRO 事務所に認可取得までの協力をいただく事となる。

・生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

当面、現地協力成型加工メーカーが見つからない段階ではプラスチック製品の製造は日本で行い輸出し、塩化ビニルパイプについては現地調達を行う。しかしながら日本での製造では運賃・関税など加算されるため価格競争力が見込めない。現地にて製造委託できる企業の発掘を営業活動と同時に行い、現地生産によって製品価格を既存の貯留技術の物より安価とする。そしてインド国での雨水の直接利用の気運が高まりつつある中、価格競争力がつく事で受注の可能性が増え技術移転も可能となる。また生産は正式受注後に行う受注生産方式をとる。販売先は民間企業のビルダー、コンストラクターや工業団地などを手掛けるデベロッパーなどがあげられる。価格競争力を持ちデベロッパーと協力体制を取り、貯留システムを工業団地の標準仕様とし入居してくる企業への導入を図る。また前述で触れたように州政府機関や

空港(施設管理会社)、大学(施設担当部署)などの公共機関、ホテルなどの大規模な案件を手掛ける建設会社、設計会社も販売先となり得る。

- ・要員計画・人材育成計画

現地法人を立ち上げ技術移転後の製造管理(品質管理)や販売管理等を行うため信頼の置ける現地人を見つけ、配置する。

- ・収支分析・資金調達計画

正確な現地製造費用の調査は未実施のため収支の分析については未実施。

当面の事業資金は自己資金を計画。

④ ビジネス展開可能性の評価

同国において一般の市民や多くの政府職員、関連団体職員は雨水の収穫というのは地下涵養とされており、それが一定の効果を出していた。よって雨水を貯水し直接利用するという考え方は普及していない。しかしながら、同州の PWD 水資源部門では貯水・直接利用の事業も行っている事もありその有効性は認識していたと思われる。そのような中で、今事業を C/P 敷地内にて始め、UN 地下貯留システムを完成させたわけである。そして事業期間中に 2 度のセミナーを開催し、特に 2 回目のセミナー時には積極的告知を行った。雨水の貯水と直接利用が実際に行われている、行えるという現実が存在していることを認識させることができた。この同国において設置・稼働実績がない技術は貯水性能(完全貯留)、飲料が可能な水質の確保、完成後には土地の有効利用をできるほどの安全性を有する事を実証した。費用対効果の面で一般市民まで即普及とは至らないが、政府関係者からは C/P の元へ問い合わせが多々きている現実がある。過大な地下水汲み上げによる枯渇や地盤沈下、費用がかかる海水淡水化等の技術に替わり UN システムの技術の展開の可能性は非常に高いと思われる。導入したいその箇所にて建設を行い、各々の条件(集水面積、建設可能範囲、予算など)を考慮しながら試算・設計できる自由度を持っている事からもビジネス展開の可能性を持っている。また貯水槽建設という観点からは「UN システムにおける雨水活用ガイドライン(案)」を活用しながら設計・規格・施工をより現地化し全体の建設費を既存技術のコンクリート槽建設費とを遜色ない次元へ持つていくことが必要不可欠である。そしてこの遜色ない次元へ持つていくための協力を依頼できる可能性を持った人物と同事業期間中に関係を持てた。これは信頼できるビジネスパートナー(人)を発掘することができ、現地の情報収集、人脈作りという点で有利である。この事からもインド国においての UN システムのビジネス展開の可能性は大いにあると言える。

(2) 想定されるリスクと対応

1) 売買契約において想定されるリスクと対応

代金の不払い・・・前払いを基本とする。交渉・契約先が官や官に準ずる団体・民と二通りあるが民間には前払いが必須。官は政府という後ろ盾があるので多少の譲歩は考えられる。

2) 生産・流通において想定されるリスクと対応

模倣品・粗悪品の出現・・・取得済みの国際特許権を使用し模倣品の出現へ対抗
パートナー企業の生産体制の確認を行うとともに生産品の検品を行い品質を確保する。
企業間では書類を作成し責任範囲などをはっきりさせる。

3) 要員 人材などにおいて想定されるリスクと対応

現地要員・人材との関係が壊れる・・・情報収集、販売先など現地要員に任せる部分がとて多くなるので信頼関係の構築とその持続が大切になる。雇用などについては、書類を作成し対応する。

4) 収支・資金において想定されるリスクと対応

為替の変動により収支も変動・・・受注機会と現地パートナー企業発掘の両面を精査しながら展開し為替変動の影響を受けないように現地生産の体制をとる。生産・販売・収支計算などすべてインドルピーで行い為替変動の影響を受けないようにする。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

雨水は生活用水への利用はもとより、比較的簡単な設備で飲料化もできる。

海水淡水化、地下水汲み上げ、河川やため池の利用などについてはその製造費、土壌等の汚染による不純物混入、地表では蒸発も起こる。貯留槽を地下に建設するということは良好な水質の確保と維持、蒸発の防止によって使用以外の損失はなくなる。元来、雨水の持っている水質はろ過なしでも飲用に適するほど良質であることがこの事業での水質検査で実証できた。いままでは降雨水は涵養し、汲み上げ利用するということで効果を発揮していたので雨水を貯水し、直接利用するということが普及していない。今回 UN システムによって良質な雨水を地下に安全に長期間蓄えることができる事が実証された。雨季に年間雨量の相当量を占めるインドにおいて雨水を効率的に貯留すること、すなわち雨水資源化が行われることになると水供給量の向上という効果を得られる。

(4) 本事業から得られた教訓と提言

わが国、カウンターパート国はもちろん各国、民・官ともに職場では役職が存在しそして組織がある。ひとつの事象についてC/Pの現場担当者と話し合い合意に至ってもその者の上位者に話しを持っていくと合意がいつも簡単に覆り、作業に悪影響(中断、再検討)を及ぼすことも少なくない。また担当者自身も率先して上位の人間と意見交換をして事業をより円滑に進めようとすることは多くないと思われる。したがって担当を通じでできるだけ上位の立場の人物と直接話し合いを行うのが良いと思われる。異動、退職などで担当者が変わることが度々起きる。前任者が後任に引き継ぐことがほとんどないのでその度に進捗具合の説明や確認を始めから行い進めていかなければならず、大変であった。交代がより上位者である場合、事業経過を知っている部下が本来説明すべきであると思うが行われず、また上位者も部下に説明を求めないようであった。常に上位者に話をしてあるか確認が必要である。

また、時間に対する捕らえ方が少し異なる。約束した時間からはほとんどが遅れる。半日から一日ずれることもしばしば起きる。遅れるだけではなく、現れないこともよくある。役所だけなのか始業時間が遅い(10時半前後)。現場の始業前打合せがスムーズに行えない。

工期、工程についても捕らえ方は日本と異なる。ひとつのひとつの工種の完了目標に対し目標達成をがんばるのではなく、完了予定日が来ても過ぎてもペースは変わらない。規模が大きくなるほどこの傾向は顕著に現れると思われる。人件費が安いと機械化が進んでいない(重機使用を拒否する)のが原因の一つと考えられる。

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

資機材が存在する海外展開の場合、相手国内におけるそのニーズを的確に調査した上での展開となる。また、事業の有効性を実証しその定量的なデータに基づき、普及段階へと進む。本普及実証事業の段階においては、言わば事業相手国の資金はほとんど投入されておらず、普及段階において、初めて提案企業と事業相手国の人・企業・団体とのビジネスとなる。普及実証事業期間内に得られた定量的な分析データはもちろん重要であるが、同時に本事業終了後も施設が稼働を続け実証データ通りとなっていることを確認できることも重要と考える。事業終了後に施設が稼働・運用されていないということが無い様にC/P側の維持・管理等の継続が適切になされるように体制を構築させることが大切であると考え。何故ならば、本普及事業の終わりが提案企業の本当の事業の始まりとなるからである。

また、資金に余裕のない中小企業においては、普及事業期間内にできるだけ、現地企業との具体的なビジネス展開を進めることに注力すべきであったと反省している。タイミングとスピード感が重要であるが、信頼における現地パートナーの発掘が鍵となる。

② JICA や政府関係機関に向けた提言

今回、輸出品である各部材の通関税、物品/サービス税の減税に向け、当該部材が非営利目的の品であり、また政府も関与するパイロット事業であることの説明を関係機関に行い、最終的に IGST の免除条項 (17 51/96-Customs: research equipment) が適用できることになった。しかし、免税条項に対象品目は”research equipment”と記載されており、本普及実証事業の英語表記の”Verification Survey”の”Survey”が”research”に相当するののかという問題提起が C/P 内でも起こり、一悶着があった。普及実証事業の英文タイトル名は変更できないとしても、今後 M/M レター内に”research”という単語を盛り込ませるなどの工夫があっても良いと考える。

IGST Exemptions/Concessions under GST [As per discussions in the GST Council Meeting held on 18 th /19 th May, 2017]		
		4. Mountaineering equipments, materials, clothing, foodstuffs and provisions (excluding alcoholic drinks, cigarettes and tobacco), medical stores, imported by a mountaineering expedition and subject to re-export .
*	17 51/96-Customs, dated 23.07.1996	Exemption to <u>research equipments</u> imported by: (a) Public funded research institutions or a university or an Indian Institute of Technology or Indian Institute of Science, Bangalore or Regional Engineering College, other than a hospital, (b) Research institutions, other than a hospital, (c) <u>Departments and laboratories of the Central Government and State Government</u> , other than a hospital, (d) Regional Cancer Center (Cancer Institute), subject to, inter alia, registration with the DSIR.

図 4-2 今回適用されたインドの免税条項

前項①の記載内容とも被るが、処理プロセスを含むシステム(今回は飲用を含む雨水利用)の運用に関しては、その習得のためのトレーニングと試行運転に一定の期間が必要となる。施設設置の遅れや C/P 内の諸事情に伴い、今回普及事業期間内では満足に実施できなかった。

そうしたリスクを考慮し、浄化装置や Water ATM 設置業者に施設設置後 3 年間の保守業務を義務付ける契約を結んでいる。雨水の飲用利用は、相手国の開発課題である水需給ギャップを埋めるポテンシャルがあるため、普及実証事業終了後のフォローアップに対しても支援する事業制度の創設を希望する。