

インド国

インド国

水の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製造販売  
事業調査（中小企業連携促進）

報告書

平成 28 年 1 月  
(2016 年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

株式会社トーテツ  
マイクライメイトジャパン株式会社

国内
JR
15-122



— 目 次 —

写真	-----	iv
要約	-----	v
第1章 事業概要	-----	1
1.1 調査概要	-----	1
1.2 事業計画概要	-----	1
1.3 調査の内容	-----	2
(1) 対象国・地域	-----	2
(2) 対象分野	-----	2
(3) 対象となる開発課題と期待される開発効果	-----	2
(4) 調査内容概要	-----	2
第2章 事業の背景と目的	-----	3
第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状	-----	4
3.1 インドにおける水不足問題の現状	-----	4
3.1.1 一般概況	-----	4
3.1.2 タミル・ナドゥ州・チェンナイ市における水不足問題現状	-----	6
3.2 インドにおける水不足問題の原因	-----	8
3.3 インドの水不足問題解決に向けた現在の取組	-----	9
3.4 インドにおける雨水利用のポテンシャル	-----	9
第4章 投資環境・事業環境の概要	-----	13
4.1 外国投資全般に関する各種政策及び法制度	-----	13
4.1.1 外国投資に関する政策	-----	13
4.1.2 外国投資に関する法・規制・インセンティブ	-----	13
4.2 提案事業に関連する各種政策及び法制度	-----	14
4.2.1 雨水利用に関連する政策（連邦法・タミルナドゥ州法）	-----	14
(1) インド水資源省	-----	14
(2) タミル・ナドゥ州	-----	14
4.2.2 雨水利用に関連する法・規制・インセンティブ	-----	16
(1) タミル・ナドゥ州	-----	16
(2) デリー連邦直轄地	-----	16
4.2.3 生活用水（飲料水）に関する法・規制及び現状	-----	16
(1) 水質基準	-----	16
4.2.4 提案技術と現地雨水貯留・浸透技術設置要件の適合性	-----	20
(1) 地域特性に応じた雨水利用施設構造	-----	20
(2) プラスチック製地下貯留浸透施設技術の設置条件	-----	20
(3) 雨水利用計画検討に必要な情報	-----	21
(4) 貯留槽の耐用年数と費用	-----	23
4.2.5 提案技術の設置に関連する土木・建築・安全基準	-----	25
(1) （参考）日本の基準	-----	26
4.3 ターゲットとする市場の現状	-----	27
4.3.1 市場の現状	-----	27

(1)	当初想定していた仮説の検証	27
(2)	市場の実状を踏まえた製品のポジショニングと顧客特定	28
(3)	市場への普及展開に向けた課題	29
4.3.2	潜在顧客セグメント・市場規模	29
(1)	地下コンクリートタンクの代替としての水貯留施設の場合	29
(2)	雨水利用システムの場合	30
4.3.3	ターゲット顧客へのリーチ	30
(1)	工業会社	30
(2)	デベロッパー	30
4.4	競合の状況	32
4.4.1	地下コンクリートタンク	32
4.4.2	プラスチック製地下貯留装置	32
4.5	サプライヤーの状況	33
4.5.1	貯留装置の現地製造に必要なサプライヤーと要件	33
(1)	プラスチック成型加工会社	33
(2)	コンクリート二次製品加工会社	35
(3)	塩ビ管サプライヤー	36
(4)	遮水シートサプライヤー	36
4.6	販売チャネル	36
4.6.1	パートナー選定	36
4.7	既存のインフラ（電気、道路、水道等）や関連整備等の整備概況	36
4.7.1	タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の水マネジメントに関する実状	36
4.7.2	タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の雨水利用に関する実状	37
4.8	社会・文化的側面（対象事業の文化的受容性や社会的影響等）	37
第5章	事業戦略	38
5.1	事業の全体像	38
5.2	提供する製品・サービス	39
5.3	事業目標の設定（事業化に向けたシナリオ）	40
5.4	事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等）	41
第6章	事業計画	43
6.1	原材料・資機材の調達計画	43
6.2	生産、流通、販売計画	44
6.3	要員計画、人材育成計画	44
6.4	法人形態と現地パートナー企業の概要	45
6.5	事業費積算（初期投資資金、運転資金、運営維持保守資金等）	46
6.6	財務分析（収支計画、事業キャッシュフロー、IRR）	47
6.7	資金調達計画	48
6.8	許認可関係	48
6.9	リスク分析	49
6.10	事業化までのスケジュール	50
6.11	環境・社会配慮	51

第7章	本事業を通じ期待される開発効果-----	5 2
7.1	本事業により裨益する対象者層の概要-----	5 2
7.2	本事業を通じ期待される開発効果-----	5 2
第8章	現地ODA事業との連携可能性-----	5 3
8.1	連携事業の必要性-----	5 3
8.2	連携事業の内容と期待される効果-----	5 3
卷末資料	：インドにおける雨水利用ポテンシャルのポテンシャル分析-----	1
(1)	基本事項の整理-----	1
(2)	雨水利用のポテンシャル検討-----	5

## 写真



写真 1. トーテツが開発したプラスチック製雨水貯留装置 “アクアパレス”



写真 2. 現地関係者との面談風景。製品の紹介、現地水事情のヒアリングを行った。



写真 3. 現地で使用されている雨水集水システム。現地で”Rainwater Harvesting”の普及活動を長年取り組んでいる NGO で説明をうける。



写真 4. 現地メーカーが有するプラスチック射出成形機。



写真 5. Rainwater Harvesting の取組普及のための市民向け広告。多くの場所で見られる。



写真 6. チェンナイ市で走行する “Water Tanker”。乾季ではその需要の高さから市内に多くのタンカーが行き来し、狭い道などでは交通渋滞も引き起こしている。

# 要約

## 第1章 事業概要

本調査では株式会社トーテツ（以下、トーテツ）が開発したプラスチック製雨水地下貯留システム「アクアパレス」のインド共和国における普及を目指し、タミル・ナドゥ州チェンナイ市を調査対象地域とし、現地の水不足問題の現状、雨水利用に関わる法規制、雨水利用に対する受容性などの現地事業環境を明らかにするとともに、現地ビジネスパートナーの選定を行った。本事業後のビジネス展開に向け、貯水した水の用途別ニーズや市場の特性を調査し、ターゲットとするべき顧客及びそれに対するアプローチ方法を明確化した。また本邦 ODA 事業との連携可能性の調査を行った。

## 第2章 事業の背景と目的

トーテツはこれまで日本国内において政府自治体から工事を多数受注してきたが、公共事業削減の影響により売上の低迷を経験している。一方、世界的な水需要の拡大を見通して 20 年間にわたり研究開発を進めてきた雨水地下貯留システムが 2012 年に完成し、現在ではその売上が会社の業績に貢献しつつある。雨水地下貯留システムを今後の更なる事業伸張製品として捉え、特に人口増加・気候変動により安定した水の供給が益々困難になりつつある海外地域における事業展開を成長の中核としている。インドでは急激な人口増加、経済発展に伴い、水不足が益々深刻化しており、雨水資源化技術に対する大きなニーズが強く見込まれる。本事業では、雨季に集中する雨水を長期間に渡って安全に貯水できる安価なプラスチック製地下貯留システムを普及させ、雨水の資源化を実現し、インドにおける水不足問題の解決に貢献することを目指す。

## 第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状

### 3.1 インドにおける水不足問題の現状

近年、世界中で 10 億人以上もの人が水不足に悩まされているが、インドではこの問題が特に深刻である。調査対象地域であるチェンナイ市は、都市部人口が 900 万人を越えるインド第 4 位の規模を誇る大都市で、インドでも有数の水問題を抱える都市でもある。現在チェンナイ市においては、市の機関である Chennai Metro Water Supply and Sewerage Board（以下、CMWSSB）による貯水池からの供給、海水の淡水化プラントからの供給、また各家庭の地下水の利用によって水が賄われている。チェンナイ市では、100.9 万 m<sup>3</sup>/day の水需要があるが、CMWSSB が供給できている量は 83.1 万 m<sup>3</sup>/day 程度であり、残りは各家庭が井戸を掘り地下水を利用することで補うという状態にある。しかし、需要量は増加し、今後も水不足が深刻化する可能性が大きい。

水不足の際には、地下水が重要な役割を果たしているが、それでも供給が間に合わず、郊外の村の地下から水をくみ上げ、運搬するローリーが商業施設、ホテル、建設場所及び病院などに水を運び需要を満たしている。このような需給ギャップを埋めるために郊外の村の地下水に依存しすぎた結果、郊外村域の水が急激に減っていき、規制も施行された。しかし、個人業者はこの法律を破り地下水を不法に運搬しており、状況はなかなか改善されず地下水の過剰利用が進み、海水の浸食による水質の塩化、地下水の枯渇を引き起こしている。

### 3.2 インドにおける水不足問題の原因

インドにおける水不足には大きく 4 つの原因がある。一つ目は、雨水の利用率の低さである。

インドは降雨量が多いが、ダムや貯留技術の不足のせいで、期間が集中して降る雨水を必要な時まで蓄えておくことができないという問題がある。二つ目は人口増加である。人口増加に加え、都市部人口の急激な増加も深刻な水不足の原因となっている。三つ目は、排水処理技術の不足である。特に都市部において、急激な人口増加にインフラ整備が追い付かないため、排水処理施設が不足し、再利用されることなく放流されてしまっている。四つ目は、農家による地下水の過度な利用である。人口増加に伴う耕作量増加も相まって、農家による水の使用量が従来以上に増え、制限の無い地下水利用、効率の悪い水利用が地下水の枯渇につながっている。

### 3.3 インドの水不足問題解決に向けた現在の取組

安全な水の確保は今日のインドで必要な問題の一つとなっており、2012年にはインド政府水資源省は The National Water Policy (NWP) を発表している。NWP の中では、過度な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、水の利用の効率の向上などが目標として掲げられている。国家レベルの計画「第12次五カ年計画」の中で、2017年までの都市部における上水道施設整備、漏水率の改善、24時間連続給水の実現などが目標として掲げられており、上水道事業の運営組織の改編にも触れている。

### 3.4 インドにおける雨水利用のポテンシャル

チェンナイ市の過去の降水量データを参照し、雨水貯留施設により利用可能となる水量の算出を行い、その際の製品のコスト対効果を評価した結果、水需要を全て、かつ完璧に雨水直接利用によって賄うには多大なコストがかかるが、需要や充足率をある程度妥協することによって現実的なコスト、集水面積、貯留槽サイズが実現できることが判明した。よってインドにおける雨水直接利用装置の普及可能性は十分あると考えられる（詳細は本文参照）。

## 第4章 投資・事業環境の概要

### 4.1 外国投資全般に関する各種政策及び法制度

タミル・ナドゥ州は産業振興に関する基本目標やそのための具体的な施策を”Tamil Nadu Industrial Policy 2014”において明らかにしている。当該政策では、製造業誘致額毎年+10%超の達成及び製造業の年間平均成長率の14%の達成が目標として掲げられており、インフラ投資の増加を中心に、優先分野(自動車製造業、再生可能エネルギー関連設備製造業等)に対する政策対応や投資優遇措置の付与を基本施策としている。工業団地等の開発業者が淡水化プラント、廃水処理施設などを整備する場合は、優遇措置を行い、雨水利用システムの採用が推奨されている。

### 4.2 提案事業に関連する各種政策及び法制度

タミル・ナドゥ州では2007年の官報No.207により、タミル・ナドゥ州法(1919年制定)に雨水利用施設の規定が組み込まれた。そこでは、「政府や法的団体、企業、政府が所有あるいは入居する機関のあらゆるビルには、事情に応じて定められる方法や期限までに政府や法的団体、企業、他の機関によって雨水利用施設が設置される」と、雨水利用を義務づけている。また雨水利用施設が設置されていないビルは、設置されるまで水道供給が断たれることにもなっている。

### 4.3 ターゲットとする市場の現状

- 1) 市場の実状を踏まえた製品のポジショニングと顧客特定



当初は、提案技術が顧客に提供できるものは“水”であり、その際に提案製品の競合となるのは他の水供給源である“溜池・ダム”と想定し、工場等において大量の水を消費する工業分野を主な顧客と仮定して営業戦略・計画の立案を試みていた。しかし現地調査の結果、以下の事項が明らかとなり、当初の仮説で事業を進めることは困難であることが判明した。

- 工業分野における上水道の利用料金は、民生用よりも割高であるものの、1トン当たり約60Rs（約120円）と非常に安価である。
- 上水道から十分な給水が受けられない場合、工場の敷地に存在する地下水から水を得ている。地下水の使用は本来規制により禁止されているが、それは形骸化している。また自社で地下水を使用する場合は基本的に無料となる。
- 地下水が手に入らない事業者はタンクローリーを利用し、水を手に入れている。ローリーから購入できる水の料金は季節によっても変動するが、1トン当たり200~83Rs（約400円~166円）と安価である。

上記実状を踏まえると、水供給という視点では、初期コストにおける価格競争力が問題となり、当初の仮説に従った営業戦略では事業展開が難しいことが予想された。

その一方で、現地調査を通じて新たな需要が見出された。工業、民生分野に限らず、現地民間企業は供給された水を貯留するため、コンクリートタンク（地下設置型の場合は”Sump”と呼ばれる）を施設・工場に併設していた。日本においては地下コンクリートタンクよりも低コストでかつコンクリートと同程度の施設安定度を発揮できることから、「プラスチック製地下貯留施設」が広く普及してきている。そのため、インドにおいても同様の価格優位性をもつことができれば、プラスチック製地下貯留装置を水貯留施設として工業分野に売り込める可能性が示唆された。

民生分野でも同様のアプローチができるが、それに加えて“雨水利用”という提案技術本来の価値を訴求できる可能性も示唆された。現地コンストラクターRajiparis Civil Constructions（以下、RCC）からは、アクアパレスの具体的な引き合いがあった。今後チェンナイ市郊外における住宅開発地においては、地下水が手に入らない、もしくは上水の整備・供給が不十分になる状況が予測され、RCCは“水を確保できる住宅”を提供したいと考えており、その中で雨水の貯水・直接利用に注目したとしている。そのため、デベロッパー或いは設計・建築会社が、“水を確保できる住宅”に関心がある場合、それらは本提案技術の有力な顧客として想定される。

## 2) 市場への普及展開に向けた課題

製品の普及展開に向けては、下記の課題を解決することが求められる。

- コスト：インドの顧客はコストを第一に考えており、費用対効果が既存技術に対して高くなければ購入しないとされる。インドにおけるコンクリートタンクの設置コストは1リットル当たり8~10Rs（約16~20円、土木工事費除く）と、提案技術の本邦価格1リットル当たり約25円（土木工事費除く）より安価である。現地製造、さらには現地で求められない機能を削ぎ落とすなど、製品価格を大幅に削減する努力が必要である。
- 貯水した雨水の水質：本製品を集合住宅に導入したいとしているRCCは、貯水した雨水を簡易浄化し、飲料水としても使用したいとしている。そのためには貯水する雨水の水質が良く、更にもその水質を細菌等で汚染されることなく、長期間保持する必要がある。
- ショーケース：インドではその性能が現地で実証された製品しか基本的には購入しないと、タミル・ナドゥ州におけるショーケースの必要性を強調された。

### 3) 潜在顧客セグメント・市場規模

想定する潜在顧客のセグメントを以下に示す。

- 地下コンクリートタンクの代替としての水貯留施設の場合：製造工場、集合住宅、ホテル、病院、オフィスビル、更には工場の防火水槽が想定される。プラスチック製地下貯留施設はコンクリートタンクに比べ、大型化が容易であるため、大型の地下貯留施設を必要としている顧客に受け入れられる可能性がある。
- 雨水利用システムの場合：今後開発が進む集合住宅の開発を行う不動産会社が想定される。市場規模は今後チェンナイ市近郊あるいはタミル・ナドゥ州で開発される住宅数による。

### 4) ターゲット顧客へのリーチ

主なターゲット顧客へのリーチ方法を以下に示す。

- 工業会社：個別のアプローチを限られたリソースで行うことは難しい。そこで多くの工業会社が加入している Confederation of Indian Industry (CII) の活用を想定している。CII はインド最大の工業関連系組織であり、インドにおける産業発展や工業会社における商品品質、環境保護の意識を高めるために、新技術のプロモーション等の情報の提供や、民間同士のパートナーシップ構築の支援を行っている。
- デベロッパー：インドにおいて全国のデベロッパーの 60%以上が加入している「CREDAI (The Confederation of Real Estate Developers Association of India)」と呼ばれる不動産団体が存在するため、同団体が主催するイベントを活用する。

## 4.4 競合の状況

地下コンクリートタンク施工業者の特定は本調査内で行うことはできなかったが、現地コンストラクター、政府関連機関へのヒアリングによると、地下コンクリートの設置コストは、約 15 Rs/L (約 30 円/L) (土木工事費除く) であるとされた。地下コンクリート代替として、アクアパレスを販売していくには、この設置コストがマイルストーンとなる。

一方、プラスチック製地下貯留装置であるが、今回の調査ではタミル・ナドゥ州で普及しているとの情報は得られなかった。CMWSSB との面談では、先方がシンシンプロック株式会社のシンシンプロック、オーストラリアの Atlantis 社の Flo-Tank について知っていたが、何れの製品も採用しない方向であると述べていた。理由としては、同機関はコストの低い雨水浸透装置しか導入しないためと述べていた。タミル・ナドゥ州以外の地域においては、プラスチック製地下貯留施設「クロスウェーブ」を有する積水化学がニューデリーに現地法人を設立し、2009 年よりプラスチック製地下貯留・浸透設備であるクロスウェーブを製作、販売し実績を積み上げている。

上記のプラスチック製地下貯留装置は、何れも籠状のビルディングブロックである点がトーテツのアクアパレスと大きく異なる。アクアパレスが籠状地下貯留装置に対して最も高い優位性を有するのは、保守点検が可能な点である。既存の籠状地下貯留装置は内部点検が行えないため、一度構築してしまうと、その後内部の清掃や保守を行うことが非常に難しい。またアクアパレスは要求される耐圧性や現場条件(高さ等)に応じて部材を減らすことが可能な他、塩ビ管の長さ・質を変更することが可能である。これにより、製品仕様の現地最適化を行いながら、コストダウンを図ることが可能な点がアクアパレスの大きな強みといえる。籠状地下貯留装材の場合、このような柔軟性は無い。

#### 4.5 サプライヤーの状況

プラスチック成形加工会社に関しては、JETRO チェンナイ事務所のサービスを活用し、ピックアップした現地企業 3 社の工場訪問・面談を行い、アクアパレスの部材の射出成型加工に適合しているかについて調査を行った。全般的に自動車部品の開発を進める現地企業の技術レベルは高く、製造委託における技術的な問題は無かった。現状では National Plastic Group を外注先の一番手として想定している。製品単価に関しては、発注ボリュームにもよるが、本邦製造費の 40%程度での委託製造が可能であることが判明したコンクリート二次製品加工会社については今回の調査では情報収集できなかつたため、事業が進んできた段階で再度調査することとする。塩化ビニル管については非常に多くのサプライヤーが存在し、玉石混交であることが RCC 及びいずれのサプライヤーよりも指摘された。現状では成型加工会社を通じた調達を行うことを想定している。遮水シートについては提案企業が想定するようなサプライヤー及びそれを取り扱うシート工法の技術を有する企業を確認することは本調査においてはできなかつた。そこで後述する新しいコンクリート工法を現地では使用することとした。

#### 4.6 販売チャネル

民生分野への提案技術の販売先はデベロッパとなる。現在貯留装置「アクアパレス」の引き合いを受けている RCC は建築・設計会社である。本提案技術の導入には施工も必要とされるため、住宅建設を行うコンストラクターは有力なパートナー候補といえる。一方工業分野においては、現地プラントエンジニアリング会社、Jay Dheep Techno Enterprises Private Limited を現在では想定している。同社は工場用の防火システム、水道・ガス配管、空気調和設備の設置を行っており、大手外資企業を多くクライアントに持つ。工場には防火水槽として大規模の地下コンクリート貯水槽を現在導入しているが、安価なプラスチック貯留槽に興味を示しており、パートナー候補として想定している。

#### 4.7 既存のインフラや関連設備の整備概況

チェンナイ市の民間企業・家庭における水供給は CMWSSB が運営している上水道が基本となるが、供給は基本的に間欠給水であり、特にモンスーン到来前の時期は給水が限定される。そのため、所有地に地下水を有する企業・住民はそれを利用している。さらに地下水が手に入らない場合、“Water Tanker”が頻繁に利用されている。上水道（半年 10 ドル程度）、Water Tanker（1 トン 3 ドル～1.5 ドル程度）と非常に安価である。

チェンナイ市及びタミル・ナドゥ州では民間企業・家庭の建造物の屋根からの採取した雨水を地下に浸透（涵養）させる設備の設置が義務付けられている。しかし、実際にどれだけ涵養できているかというモニタリングは無く、現在は建設時の簡易なチェックのみだけで運営されている。そのため、実際には地下涵養できていないケースも多いとのことである。

#### 4.8 社会・文化的側面

非常に安価な水道料金のため、市民は水をタダ同然のものと考えている。そのため、水不足問題があるにも関わらず、節水の意識は非常に低い。

市民及び多くの政府関連組織は、“Rain Water Harvesting (RWH)”といえ、一定の効果を生み出した雨水地下涵養と考えており、雨水の貯水・直接利用は普及していない。

しかし、タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の雨水涵養を普及させた通称“Water Woman” Santha Sheela Nair 氏（Vice Chairperson, Tamil Nadu State Planning Commission）をはじめ、雨水涵養について非常に造形の深い関係者は“雨水の貯水・直接利用”の有効性を認識していた。またタミル・ナドゥ州 Public Works Department (PWD)の Resource Data Centre では直接利用のプロジェクトも現在行っている。

インドではショーケース（モデルプロジェクト）の必要性を強調される。まだインドで設置・稼働実績が無い本提案技術は、モデルプロジェクトにおいてその貯水性能、水質、施設安定性等を実証する必要がある。

## 第5章 事業戦略

### 5.1 事業の全体像

本事業ではタミル・ナドゥ州において、トーテツが保有するプラスチック製雨水貯留装置“アクアパレス”の製造・販売を行う。トーテツが現地法人を単独設立し、外部製造委託した部品の組立を行う倉庫及びオフィスを所有する。販売は、集合住宅向けにはRCCと、製造工場向けについてはJay Dheep Tehcno Enterprisesとパートナーシップを結び、進めていく。貯留装置として普及が進んだ段階で、アクアパレスの雨水貯留装置としての展開を図る。

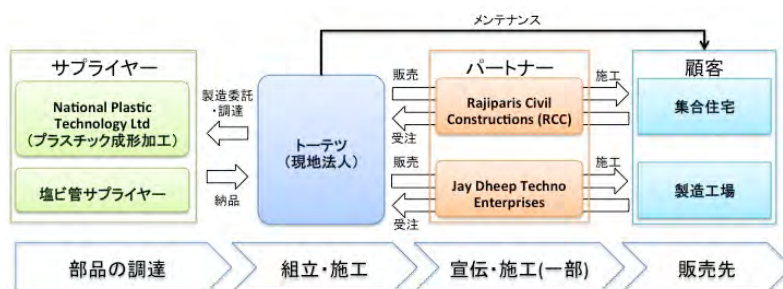


図.インドにおける事業展開のスキーム

### 5.2 提供する製品サービス

提供する製品アクアパレスの特徴として、中～大規模の貯留サイズで地下コンクリートタンクに対してコスト優位性を発揮できるところが挙げられる。アクアパレスのプラスチックパーツはシンプルな構造をしており、容易に現地製造委託できる。塩化ビニル管も現地調達可能である。また、塩化ビニル管においては、構造的に重要な部分では高品質のもの、そうではない部分においては通常の品質のものを使用するなど、設置要件に合わせて品質を保ちつつ、コストの削減を図ることができる。製品価格のマイルストーンとしては、コンクリートタンクの 15 Rs/L（約 30 円/L）より安価にすることを目指す。コスト優位性を発揮した上で、工期の短縮、人力での組立（建築重機を必要としない）が可能な点もアクアパレスの優位性である。現地製造・調達、仕様最適化を推し進め、1 リットル当たり 9-10 円までコスト削減したいと考えている。

貯留装置を囲う構造については、①現地において地下コンクリートタンクの設置が施工業者によって行われている点、②提案企業が想定するような遮水シートのサプライヤー及びそれを取り扱うシート工法の技術を有する企業が確認されなかった点を勘案し、当初想定シート工法に代え、針金を利用して外周部をコンクリートで形成する独自のコンクリート工法を採用する。アクアパレスは横側からの外圧にも強い構造をしているため、通常工法よりも、コンクリート壁を薄くできる。現在の試算では、シート工法と同等の製造コストで導入可能であり、コンクリートの

乾燥も早いいため、工期の面でもシート工法と遜色が無い。

### 5.3 事業目標の設定

5年以内に国内売上高の20%強である年間1億円を売り上げることを数値目標とする。5年目以降は、アクアパレスを雨水貯留施設として本格的に普及を図り、年間20万トン（10,000トン/貯留槽×20回転/年、売上約2.5億円）の雨水直接利用のインパクトを生み出すことを長期目標とする。以下に各フェーズにおけるマイルストーンを示す。

1. 短期（事業開始後1年）：現地コンストラクターへのアクアパレス試験導入（プラスチックパーツ製造は日本）、現地コンストラクターへの技術移転、アクアパレス導入試験、現地コンストラクターとの販売・設置パートナーシップ構築、現地プラスチック製造委託先決定、現地法人設立、現地工場（倉庫）借上
2. 中期（2～5年目）：アクアパレスの100%現地製造開始、現地プラントエンジニアリング会社との販売・設置パートナーシップ構築、地下コンクリートタンクの代替として民生部門への販売、“プラスチック地下貯留装置”の市場形成、雨水貯留・直接利用の意義の啓発
3. 長期（5年目以降）：雨水貯留・直接利用装置としての販売、タミル・ナドゥ州以外の地域への販売拡大

### 5.4 事業対象地の概要

事業対象地であるインド国タミル・ナドゥ州チェンナイ市の選定理由4点を以下に示す。

- 水不足問題の深刻さ：水不足問題を抱えており、将来的な雨水直接利用の普及ポテンシャルが非常に高いと判断した。
- アクアパレスによって代替可能な施設の存在：マーケットに全く存在していない商品を新たに普及させることは、通常時間のかかるプロセスである。現地で既に普及しているコンクリートタンクに代わる製品としてアクアパレスの市場への展開を図ることで売上を確保しつつ、雨水貯留施設としての普及展開に向けた準備を進めることができる。
- 関連産業の集積：製造コストの低廉化には調達・製造を現地化することが必要である。タミル・ナドゥ州には自動車・エレクトロニクス産業の集積地となっており、その部品を製造する現地企業も多く存在し、現地調達・製造が可能である。
- 輸出入・他マーケットへのゲートウェイ：インド国内においては、バンガロール、ハイデラバード、ムンバイ、コルカタが、国外においてはバングラデシュ、ミャンマーなども有望なマーケットとして期待できる。

## 第6章 事業計画

### 6.1 原材料・資機材の調達計画

本事業で必要となるプラスチックパーツは、現地プラスチック成型加工メーカーに製造委託を行う。塩化ビニル管については、現地の情報に精通しているプラスチック成型加工メーカー、もしくはパートナーとなる現地コンストラクターを通じて調達する。

## 6.2 生産、流通、販売計画

表. 生産・販売計画（受注目標ベース）

年度		2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
貯水槽	100 m <sup>3</sup> （住宅用）	5	10	20	30	40	50
	500 m <sup>3</sup> （防火水槽）	0	2	3	4	5	6
	4,000 m <sup>3</sup> （雨水貯留）	0	0	0	0	1	1
製造原価（施工費込）（万円）		1,031	2,061	3,607	5,153	10,820	12,366
売上高（万円）		1,718	3,435	6,011	8,588	18,034	20,610

## 6.3 要員計画、人材育成計画

表. 要員・人材育成計画

年度	2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
組織・人材育成計画	本社からエンジニアを派遣し、試験導入及び技術移転を実施。	本社からのエンジニア派遣・技術移転を引き続き実施。	-	-	大型貯留施設導入に伴い、人員補強。	-
人員構成	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 1名	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 2名	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 2名	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 2名	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 4名	現地社長 1名 Manager 1名 作業員 4名
新規雇用	2名	1名	-	-	2名	-

## 6.4 法人形態と現地パートナー企業の概要

出資構成日本側 100%の現地法人（製造会社）を設立する。現地パートナー企業としては、コンストラクターとして RCC、プラントエンジニアリング会社として Jay Dheep Techno Enterprises Private Limited を想定している。RCC はデベロッパーとして集合住宅の設計・建設を行っており、社長の R. Jeykumar 氏は雨水利用に関する知見も豊富である。一方、Jay Dheep Techno Enterprises は工場用の防火システム、水道・ガス配管、空気調和設備の設置を行うエンジニアリング会社で、大手企業を多くクライアントに持つ。工場には防火水槽として大規模の地下コンクリート貯水槽を現在導入しているが、安価なプラスチック貯留槽に興味を示している。

## 6.5 事業費積算

表. 本事業で想定する事業費（単位万円）

年度	2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
会社設立費	100					
事務所兼工場（倉庫）賃料	100	100	100	100	100	100
倉庫設立費	100					
金型輸送費	80				80	
人件費 <sup>1</sup>	880	1,000	1,000	1,000	1,120	1,120
光熱費	50	50	50	50	50	50
メンテナンス費 <sup>2</sup>	17	34	60	86	86	180
会計士・顧問弁護士	100	100	100	100	100	100
年度合計	1,327	1,284	1,310	1,336	1,536	1,550
積算合計	1,327	2,611	3,921	5,257	6,793	8,343

備考 1: 人件費内訳(社長:560 万円/年、マネージャー:200 万円/年、エンジニア:120 万円/年)  
備考 2: メンテナンス費は売上の 1%を現在では想定。メンテナンスでは貯留装置の定期点検を行う。

## 6.6 財務分析

想定する販売計画、事業費をもとに損益計算書、貸借対照表、キャッシュフロー計算書を作成し（本文参照）、IRR（6年）を算出したところ、その値は21.8%となった。

## 6.7 資金調達計画

当面の事業資金についてはトーテツの自己投資とすることを計画している。

## 6.8 許認可関係

法人設立にかかる許認可等の手続きは、JETRO チェンナイ事務所が詳しい情報を公表している。それによると、法人設立手続き→登記証明書発行には3ヶ月、銀行口座開設に半月、資本金入金から株式発行まで約5ヶ月強要するとしている。

## 6.9 リスク分析

想定されるリスクのうち、確度・影響度が高いと判断したものを示す。

表. リスク分析結果

リスク項目	リスク内容→対処方法	発生確率	影響度
ビジネスパートナーとの関係性	製品の販路、施工を現地パートナーに依存しているため、パートナーとの関係性の構築、またその維持は非常に重要である。→現地弁護士、会計士を活用し、パートナーシップについても明文化し、対応する。	大	大
賃料・人件費の高騰	インフレが続いており、賃金上昇率が高く、ジョブホッピングも頻発している（離職率（インド全域）：ワーカー6.3%、スタッフ9.4%、管理職6.1%）している。日系企業などが欲しがると現地マネージャーなど中間管理職の層はきわめて薄く、せっかく育てた人材が同業他社に高給で引き抜かれる、といったケースが後を絶たない。またオフィス・工場賃料についても注意が必要。→労使間のコミュニケーションを密にしながら、賃金設定においても慎重に対応する必要あり。工場賃料については、初期の契約条件などをよく確認しつつ、必要最低限の面積の倉庫を借りるなど、工夫を行う。	大	大

## 6.10 事業化までの計画

事業化に向けては、まず現地コンストラクターへのアクアパレスの試験導入を半年かけ行いつつ、技術移転・さらにその後のパートナーシップの構築を行う。その後、法人設立に向けた各種手続き、規則整備を1年かけて行う。

## 6.11 環境・社会配慮

JICA 環境社会配慮ガイドラインにおいて該当項目を検討した。雨水を貯留・直接利用する場合、地表水、地下水の流れに影響を及ぼす可能性がある。インドにおいては雨季に降水が集中するために、その多くは海・河川に無効放流しており、都市洪水を引き起こすこともある。そのような雨水を貯留することについては自然環境への影響は少ないと予想される。一方、雨水は地下に浸透し、地下水を涵養しているケースも存在する。そのため、その多くが地下水涵養の役割を果たしている雨水の貯留・直接利用は地下水位に影響を及ぼす可能性がある。プロジェクト実施前の定量的な分析、貯留装置のオーバーフローを効率良く地下水涵養にまわす構造を設置するなどの対策が必要となる。

## 第7章 本事業を通じ期待される開発効果

### 7.1 本事業により裨益する対象者層の概要

本事業により開発効果を直接裨益する対象者は雨水貯留装置に貯蔵された水を使用する住民となる。具体的には集合住宅の居住者や、公園等の公共施設に雨水貯留装置が設置される場合はそのコミュニティに所属する住民となる。

### 7.2 本事業を通じ期待される開発効果

本事業において供給可能な水の量、およびその際の雨水利用の単価を示す。

表. 雨水貯留施設導入の開発効果の定量指数

水需要(L/人/日)	充足率(%)	雨水利用量(L/人/年)	集水面積(m <sup>2</sup> )	貯留槽(L)	初期投資(円)	雨水利用 1L 当りの単価(円)
3	80	876.0	3.0	300	7,500	8.56
	60	653.7	3.0	45	1,125	1.72
		653.7	1.5	60	1,500	2.29
		653.7	1.0	100	2,500	3.82
		438.0	3.0	15	375	0.86
	40	438.0	1.5	23	563	1.28
		438.0	1.0	25	625	1.43
		438.0	0.6	42	1,050	2.40
	10	80	2,920.0	10.0	1,000	25,000
60		2,190.0	10.0	150	3,750	1.71
40		1,460.0	10.0	50	1,250	0.86
50	80	14,600.0	50.0	5,000	125,000	8.56
	60	10,950.0	50.0	750	18,750	1.71
	40	7,300.0	50.0	250	6,250	0.86
100	80	29,200.0	100.0	10,000	250,000	8.56
	60	21,900.0	100.0	1,500	37,500	1.71
		21,900.0	33.0	3,300	82,500	3.77
	40	14,600.0	100.0	500	12,500	0.86
		14,600.0	20.0	1,400	35,000	2.40
135	80	39,420.0	135.0	13,500	337,500	8.56
	60	29,565.0	135.0	2,025	50,625	1.71
		29,565.0	45.0	4,500	112,500	3.81
	40	19,710.0	135.0	675	16,875	0.86
		19,710.0	27.0	1,890	47,250	2.40

## 第8章 現地 ODA 事業との連携可能性

### 8.1 連携事業の必要性

本提案技術のビジネス展開には、「ショーケース」が必須であり、そのような実証事業を通じ、本提案技術の性能を市場に理解してもらうことが必要である。またタミル・ナドゥ州においては、雨水地下涵養は広く普及しているが、雨水の貯留・直接利用はほとんど普及していない。雨水の直接利用ポテンシャルがあるにも関わらず、住民たちは不足する水を“Water Tanker”に頼り、別の場所で大量の地下水の汲み上げを行っている。実証事業を通じて、雨水直接利用の有効性を証明することは、その地域の水需要を満たしつつ、別地域での地下水の過剰な揚水を防ぐ製品の普及に大きく貢献でき、結果として水の安定供給ならびに地下水保全という開発効果が期待できる。



## 8.2 連携事業の内容と期待される効果

タミル・ナドゥ州で、ODA 事業との連携可能性について興味を示した機関の反応を示す。

- Tamil Nadu Water Supply and Drainage Board (TWAD) :

チェンナイ市以外のタミル・ナドゥ州の上下水道局。JICA 有償資金協力「ホゲナカル上水道整備・フッ素症対策事業」のカウンターパート。雨水直接利用に興味あり。ODA モデルプロジェクトであればサイトの選定から協力するとの反応を得て、地方大学でのモデルプロジェクトに関する Letter of Interest を受領した。

- Public Works Department, Resource Data Center (PWD) :

州全土のある観測地点（40 以上）で降水量、気温、地下水位等のデータ収集を行っている。集めたデータを解析して Rainwater Harvesting のプロジェクトを組成・実施している。主に灌漑を担当。雨水の直接利用に強い興味あり。当所有地を ODA モデルプロジェクトサイトとするというアイデアが出た。

# 第1章 事業概要

## 1.1 調査概要

水の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製造販売事業調査

(英文調査名 : Survey on Manufacturing and Sales of Underground Rainwater Storage System that Bridge the Gap between Demand and Supply of Water)

## 1.2 事業計画概要

本調査において策定した事業計画においては、タミル・ナドゥ州チェンナイ市及びその近郊において、トーテツが保有するプラスチック製雨水貯留装置“アクアパレス”の製造・販売を行う。アクアパレスの製造は、現地プラスチック成型加工メーカーに製造委託するとともに、構成部品である塩化ビニル管を現地調達することで、製造コストの低減を進める。アクアパレスの販売方法としては、事業の初期段階では現地で普及していない“雨水貯留装置”として販促するのではなく、現地で広く使われているコンクリートタンクの代替としてまずは普及展開を狙う。ターゲットとしては、新設の集合住宅、ホテル・デパート等商業施設の貯水槽、工場等の防火水槽向けを想定している。顧客へのアプローチ・メンテナンスはパートナーシップを結ぶ現地コンストラクターを通じて行う。下図に、部品等の調達、生産（組立）、販売、メンテナンスサービス等の一連のプロセス、及びそれを行う組織を示す。

現地事業展開においては、まずトーテツが現地法人を単独で設立する。トーテツは外部製造委託した部品の組立を行う倉庫及びオフィスを所有することとなる。アクアパレスの販売については、集合住宅向けには現地コンストラクター（Rajiparis Civil Constructions）と、製造工場向けについては現地エンジニアリング会社（Jay Dheep Tehno Enterprises）とパートナーシップを結び、進めていくことを計画している。

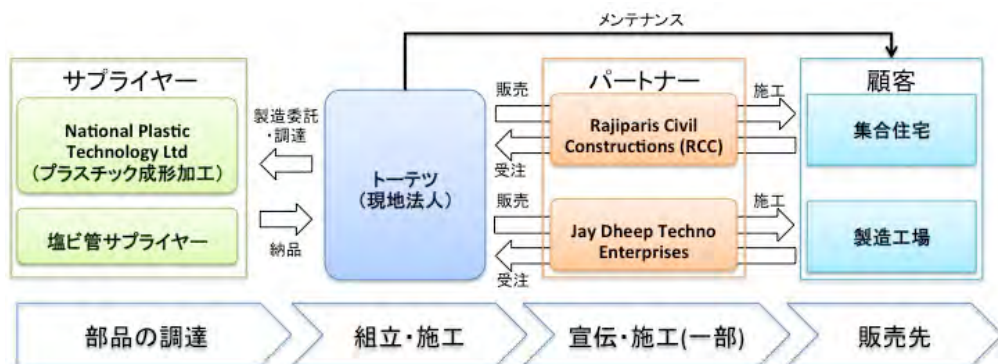


図 1-1.インドにおける事業展開のスキーム

(出典 : JICA 調査団作成)

そして貯留装置として普及が進んだ段階で、アクアパレスの雨水貯留装置としての展開を図る。雨季に降水量が集中するタミル・ナドゥ州においては、残りの時期に使用できる雨水を貯水するために大きな貯水槽が必要となることに加え、長期間の安定した水

質・水量の保存が課題となることが、日本の状況と大きく異なる。そのため、本製品の普及のためには、これらの課題がトータツの技術によって解決できることを実証することが重要である。

### 1.3 調査の内容

(1) 対象国・地域

インド共和国タミル・ナドゥ州

(2) 対象分野

上下水

(3) 対象となる開発課題と期待される開発効果

開発課題： 人口成長と経済発展により拡大する水の需給ギャップ

開発効果： モンスーン到来時期に集中する雨水の効果的な貯留による雨水の資源化とそれによる水の供給量向上

(4) 調査内容概要

水不足問題の現状、雨水利用に関わる法規制、雨水利用に対する受容性などの現地事業環境を明らかにするとともに、現地ビジネスパートナーの選定を行った。またインドの水不足問題の抜本的な解決に向け、本邦の ODA 事業との連携可能性を調査する。さらに、本事業後のビジネス展開に向け、貯水した水の用途別ニーズや市場の特性を調査し、ターゲットとするべき顧客及びそれに対するアプローチ方法を明確化した。

## 第2章 事業の背景と目的

株式会社トーテツ（以下、トーテツ）は大正8年創業であり、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長年貢献してきた。新商品開発にも積極的に取り組み、独自に開発した雨水利用技術を通して世界的な水不足問題の解決への貢献を目指している。

トーテツはこれまで日本国内において政府自治体から工事を多数受注してきたが、政府による公共事業削減の影響により売上の低迷を経験している。一方、世界的な水需要の拡大を見通して20年間にわたり研究開発を進めてきた雨水地下貯留システムが2012年に完成し、現在ではその売上が会社の業績に貢献しつつある。雨水地下貯留システムを今後の更なる事業伸張製品として捉え、特に人口増加・気候変動により安定した水の供給が益々困難になりつつある海外地域における事業展開を成長の中核としている。既に各要素技術の特許出願を海外で進めており、インドをはじめとした17カ国で申請済みである。

トーテツの海外展開戦略としては、当該製品に関心を寄せてきた国の中でも、大規模雨水地下貯留システム導入の具体的な案件が進んでいるインドにまずは注力する方針である。

インドでは急激な人口増加、経済発展に伴い、水不足が益々深刻化しており、雨水資源化技術に対する大きなニーズが強く見込まれる。本事業では、雨季に集中する雨水を長期間に渡って安全に貯水できる安価なプラスチック製地下貯留システムを普及させ、雨水の資源化を実現し、インドにおける水不足問題の解決に貢献することを目指す。さらに、インドではプラスチックによる安価な雨水地下貯留システムが全く普及していないため、市場創出の先駆者利益も大いに期待できる。

## 第3章 事業対象地域・分野が抱える開発課題の現状

### 3.1 インドにおける水不足問題の現状

#### 3.1.1 一般概況

近年、世界中で10億人以上の人が水不足に悩まされているが、インドではこの問題が特に深刻である。

国際協力銀行（JBIC）<sup>1</sup>によれば、インドは世界の水資源の約4%を占めており、北はヒマラヤ山脈、西はタール砂漠と自然条件も地域的に多様である。インド政府の評価（93年）によると、年間平均降水量は約4兆 $m^3$ とされ、そのうち利用可能水量は地表水と地下水などを合わせて1兆8,690億 $m^3$ と見積もられる。しかし、地形的問題、水資源の空間的、時間的配分の偏りの問題、技術的な問題を考慮に入れると、実際に使うことが出来る水の量は1兆 $m^3$ 程度であるという報告とされている。

一方で、インド国内で今日使用されている水の量は、2010年で7,610億 $m^3$ であったが、2050年には使用量が増加し、1兆 $m^3$ 以上の水が必要になると予想されている<sup>2</sup>。使用可能な水の量は、貯水技術の発達、帯水層・河川流域の改善などで2050年までに5%~10%程度上昇すると考えられているが<sup>3</sup>、

図3-1のインドにおける水使用の将来予測が示すとおり<sup>4,5</sup>、2050年には残りの使用可能量がわずかとなってしまふ。つまり人口の増加等による需要量の著しい増加に対して、利用可能量に大きな伸びが期待できないため、水需給バランスはより厳しいものになる。

水の利用の割合に関しては、2010年において、灌漑・畜産で91%、家庭用が7%、産業用が2%であり、農業・畜産分野が水需要に占める割合が高いことが判る<sup>6</sup>。

最も水の使用の多い農業に関し

ては、現在約1.8億haの耕地のうち、

約30%にあたる6,200万haの耕地が灌漑による農業をおこなっているが、将来的に灌漑

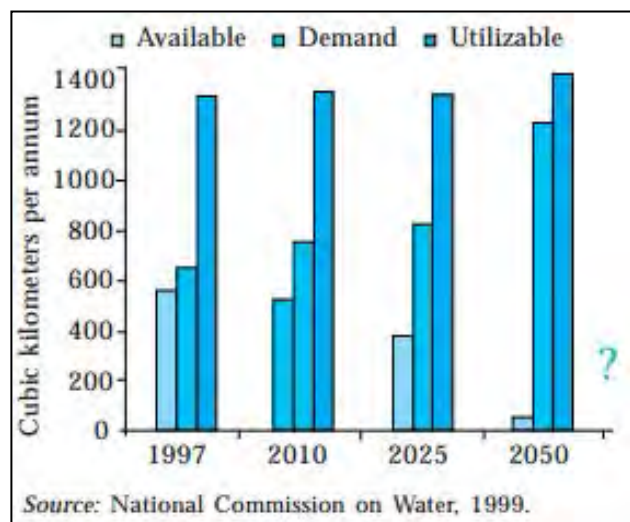


図3-1. インドにおける水需給の将来予測

(出典：India's Water Economy, World Bank (2006))

<sup>1</sup> 出典：http://www.jiid.or.jp/files/04public/02ardec/ardec38/key\_note5.htm

<sup>2</sup> WATER SCARCITY AND SECURITY IN INDIA

<sup>3</sup> 出典：http://www.nbr.org/research/activity.aspx?id=356

<sup>4</sup> Utilizable:使用可能量 Demand:需要量 Available:残り使用可能量

<sup>5</sup> India's Water Economy, World Bank (2006).出典：

https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7238/443760PUB0IN0W1Box0327398B01PUBLIC1.pdf?sequence=1

<sup>6</sup> 出典：http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\_regions/ind/index.stm

をおこなう土地は倍近くまで増えていくと予想されている。灌漑用水は現在その7割を地下水に頼っており、表層水の利用と、より効率的な水の利用によってそれを賄うことが求められる。しかしながら、地下水の回復を待たない過度な利用で2004年には地下水源のうちの29%がsemi-critical以上の状態にあると判断され、将来的な地下水の利用に陰りが見えているため、灌漑農業に対して大きな影響を与えることが予想される<sup>7</sup>。

生活用水に関しては、人口の増加に伴い、一人あたりの水の年間使用量が、1951年時点では5,177 m<sup>3</sup>/yearであったのに対し、2001年では1,820 m<sup>3</sup>/yearまで減少し、2050年には1,140 m<sup>3</sup>/yearまで減ることが予想されている。一方で1人あたりの貯水量を見ると、インドは約200 m<sup>3</sup>と、ロシア(6,103 m<sup>3</sup>)、ブラジル(3,145 m<sup>3</sup>)、アメリカ(1,964 m<sup>3</sup>)、中国(1,111 m<sup>3</sup>)と比較しても格段に少ない。国際基準では1人あたりの年間総利用可能水量が1,000 m<sup>3</sup>以下で水不足が生じると言われている。インドの場合、たとえ現在稼働及びポテンシャルを有する貯水施設が全て機能しても、1人あたりの貯水量をわずか400 m<sup>3</sup>しか増加できないと言われ、人口増加は水の需給バランスを損なう大きな要因となっている。

水の入手に関しては、水へのアクセス自体は都市部、地方部ともに90%近く整備されているが、実際に利用可能な時間はかなり限られている(図3-2)<sup>8</sup>。

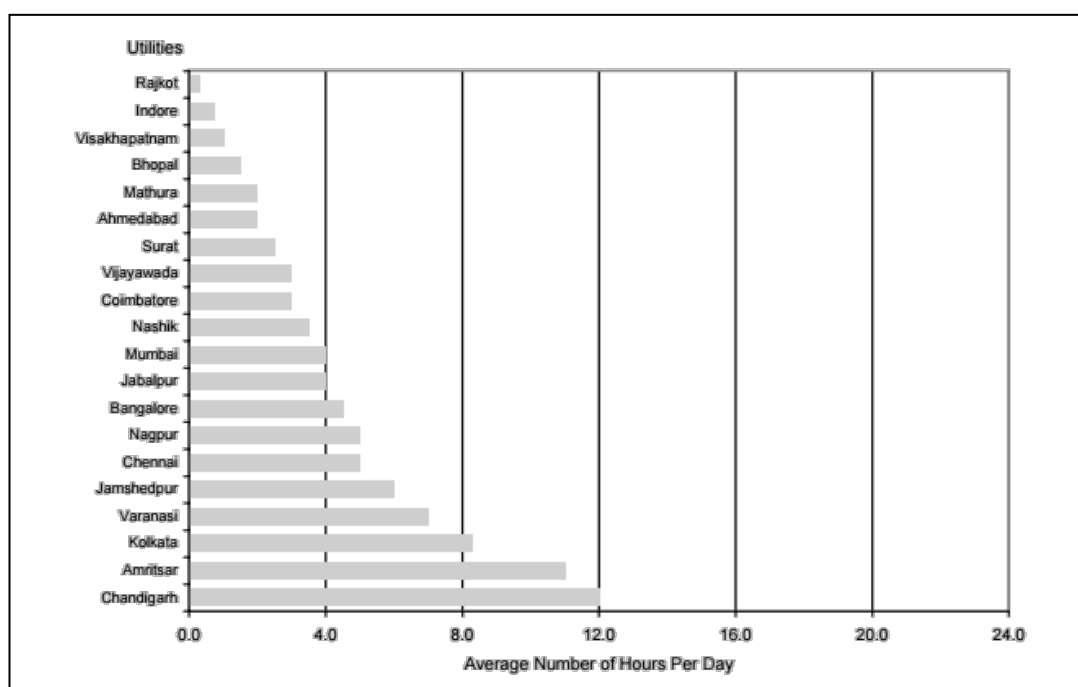


図3-2. インドにおける一日当りの水利用可能時間  
(出典：Imminent Water Crisis India, Nina Brook (2012))

また、多くの地域では水の入手のために家から長距離を移動しなければならず、特に

<sup>7</sup> India Groundwater Governance, World Bank (2011). 出典：  
[http://www.groundwatergovernance.org/fileadmin/user\\_upload/groundwatergovernance/docs/Country\\_studies/GWGovernanceIndia.pdf](http://www.groundwatergovernance.org/fileadmin/user_upload/groundwatergovernance/docs/Country_studies/GWGovernanceIndia.pdf)

<sup>8</sup> Imminent Water Crisis India, Nina Brooks (2012). 出典：<http://www.arlingtoninstitute.org/wbp/sglobal-water-crisis/606>

地方部では、20%を超える家庭が家から 500m以上も離れた場所から水を手入している、という現状も問題である（図 3-3）<sup>9</sup>。

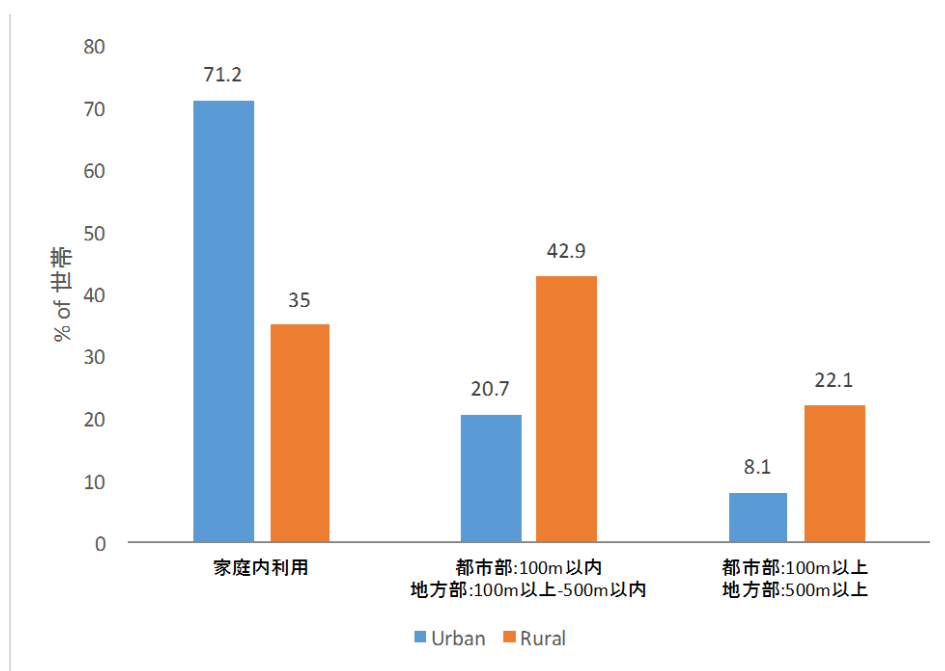


図 3-3. 家庭から水へのアクセス率

(出典：Drinking Water and Sanitation Facility in India and Its Linkages with Diarrhea among Children under Five: Evidences from Recent Data, International Journal of Humanities and Social Science Invention, A Kumar & K. C. Das (2014).)

しかし、国の成長に伴う様々な要素により水の需要は非常な速度で増えており、このような状況はますます悪化している。また、外務省の在外公館情報<sup>10</sup>によれば、インドは全土で水事情が悪く、上水道は1日に数時間程度しか供給されないため、多くの家庭ではタンクを設けて水を貯めている。蛇口から出る水道水をそのまま飲用できない。レストランで出されるグラスの水、ジュースの中の氷についても、どのように作られたものかわからない場合は注意が必要で、飲用にはペットボトルやボトル詰めミネラルウォーターやジュースを選び、開栓の際に密閉が確かであったか確認が必要であるとされている。

### 3.1.2 タミル・ナドゥ州・チェンナイ市における水不足問題現状

チェンナイ市は、都市部人口が900万人を越えるインド第4位の規模を誇る大都市である。また、インドでも有数の水問題を抱える都市でもある。現在チェンナイ市においては、市の機関である Chennai Metro Water Supply and Sewerage Board (以下、CMWSSB) による貯水池からの供給、海水の淡水化プラントからの供給、また各家庭の地下水の利用によって水が賄われている。

<sup>9</sup> Drinking Water and Sanitation Facility in India and Its Linkages with Diarrhea among Children under Five: Evidences from Recent Data, International Journal of Humanities and Social Science Invention, A Kumar & K. C. Das (2014). 出典：[http://www.ijhssi.org/papers/v3\(4\)/Version-3/103403050060.pdf](http://www.ijhssi.org/papers/v3(4)/Version-3/103403050060.pdf)

<sup>10</sup> 出典：<http://www.mofa.go.jp/mofaj/toko/medi/asia/india.html>

チェンナイ市では、100.9 万m<sup>3</sup>/dayの水需要があるが、CMWSSB が供給できている量は 83.1 万m<sup>3</sup>/day程度であり、残りは各家庭が井戸を掘り地下水を利用することで補うという状態にある<sup>11</sup>。しかし、需要量は増加し、2031 年には 144.7 万m<sup>3</sup>/day、2041 年には 178.3 万m<sup>3</sup> /dayの需要量になると予想され、今後も水不足が深刻化する可能性が大きい。

チェンナイ市における水不足の問題は深刻で、一人当たり 76 L/dayほどしか供給されておらず、これはインドの他のどの地域よりも少ない。しかし、この供給量ですら不確実なものであり、運搬における損失などを考えると、実質的には 50 L/day程度しかないとも考えられる。あまり頻繁ではないが、雨期に多くの水が得られない場合には水がパイプをほとんど流れなくなる。そのような時期には、CMWSSBが住民に供給できるのは、需要量の 50 %よりも少ない<sup>12</sup>。

水不足の際には、地下水が重要な役割を果たしているが、近年都市部の地下水は水の取りすぎにより海水の浸食がはげしく、郊外の村の地下から水をくみ上げ、ローリーが運び需要を満たしている。水源としては現在、Poondi, Tamaraipakkam, Flood Plains, Kannigaiper, Panjetty, Minjur の 6 つで、チェンナイ市北部に集中している。

このようなローリーはCMWSSBが保有するものもあるが、それに加えて多くの個人経営のタンカー会社が、商業施設、ホテル、建設場所及び病院などに水を運んでいる。チェンナイ市の深刻な水不足は、政府の非効果的な取り組みと相まって、このローリービジネスを短い期間に多額な利益を生み出せるものとしている。2004年の夏のピークには、12tのタンカーによって運ばれてくる水が、800 Rsから 1,000 Rsの値段となっていた。井戸を提供する村人は、1t当たり 3.3 RsをCCWSSBからもらい、市民はCCWSSBに 1tあたり 80 Rsを支払い、個人経営のローリーにはそれ以上支払っている。そのため、早く利益の出るビジネスとして、たった一つのタンカーだけでも一時的に参入する業者も多くいる<sup>13</sup>。

しかし需給ギャップを埋めるために郊外の村の地下水に依存しすぎた結果、それらの地域の水が急激に減っていき、村地域を守るための規制も施行された。しかし、個人業者はこの法律を破り地下水を不法に運搬しており、状況はなかなか改善されない。実際に多くの村がいまだに業者と契約を結び、さらには新しく会社がたてられたりもしている。こうした状況が地下水の過剰利用が進み、水位の低下により海水の浸食がすすみ、水質の塩化が深刻な地域や、地下水が殆ど枯れてしまっている井戸も存在している。結果として、郊外農村部の農業に大きな影響を与えて、農家の収入の低下や、失業率の上昇などに影響を与えている。

また、水問題以外にも、ローリーは交通問題を引き起こしている。2004年の夏には、多くの水をチェンナイ市に提供するために、毎日 6,000 台ものローリーが市内を走っており、経済成長とともに自動車台数の増加しているチェンナイ市の交通状況と相まって、大気汚染などの問題も引き起こしているとのことである<sup>14</sup>。

<sup>11</sup> Meeting the Challenges in Water and Sanitation, CMWSSB, 2013.

<sup>12</sup> Quenching Chennai's Thirst, business today in, Mar 16, 2014

[link:

<http://www.businesstoday.in/magazine/case-study/case-study-chennai-metropolitan-water-supply/story/203655.html>]

<sup>13</sup> Urban water conflicts in Indian cities. Man-made scarcity as a critical factor. R4D, 2005.

<sup>14</sup> Chapter III Presentation on Auick Associate Cites, C. Chennai, India, 2004.

[link:<http://www.kicc.jp/auick/database/conf/aac2004/04/003.html>]



### 3.2 インドにおける水不足問題の原因

インドにおける水不足には大きく4つの原因がある。

一つ目は、雨水の利用率の低さである。インドは降雨量が多く、1年のうち5～6か月間は雨が多く降り、年間の平均降水量は1,170 mm程度で、8割の地域が降雨量750 mm/year以上である。しかし、ダムや貯留技術の不足のせいで、期間が集中して降る雨水を必要な時まで蓄えておくことができないという問題がある。既述のようにインドにおける利用可能と考えられる水の量は年間1兆8,600億m<sup>3</sup>と見積もられている一方で、地形的問題、水資源の空間的、時間的配分の偏りの問題、技術的な問題を考慮に入れると、実際に使うことが出来る水の量は1兆m<sup>3</sup>程度であるという報告もある。

二つ目は人口増加である。単純な比較をしても、一人当たりの水の利用可能量は50年前の約1/3程度まで落ち込んでいる。また、都市部の人口の急激な増加も深刻な水不足の原因の一端である。都市部の人口はここ30年間で約2倍にまで膨れ上がっており、都市の暮らしは水洗トイレや洗浄機等、水利用が激しいので都市部人口の増加は更なる水不足の原因ともなっている。

三つ目は、排水処理技術の不足である。特に都市部において、急激な人口増加にインフラ整備が追い付かないことも相まって、排水処理施設が不足しており、インド全体での下水道の普及率はわずか23%程度に留まり、再利用されることなく放流されてしまっている<sup>15</sup>。また結果として、インドに流れる川や地下水は汚染が進んでいるという問題もある。

四つ目は、農家による地下水の過度な利用である。上述したようにインドの河川は汚染されているため、農家の多くは地下水を利用する。インドでは、地下水の利用はだれでも行うことができ、人口増加に伴う耕作量増加も相まって、農家による水の使用量が従来以上に増えている。制限の無い地下水利用が、地下水の再生速度よりも早く、地下水の枯渇につながっている。また、インドは世界的に見ても農作物に対する水の利用効率が悪く(表3-1)、このことも農家の水の過度な利用の原因となっている。結果としてインドの地下水の水位は年々10 cmずつ下がっている<sup>15</sup>。

表 3-1. 農業における作物別水利用効率

作物	インドにおける水使用量 (L/kg)	世界における水使用量 (L/kg)
小麦	1,654	1,334
米	2,850	2,291
サトウキビ	159	175
綿花	18,694	8,242
牛乳	1,369	990
卵	7,531	3,340
鶏	7,736	3,917

(出典：The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014, A. Dalienko et al (2014))

<sup>15</sup> The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014, A. Dalienko et al (2014)

### 3.3 インドの水不足問題解決に向けた現在の取組

このような現状から、安全な水の確保は今日のインドで必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)にも方針として表れている<sup>16</sup>。NWPの中では、過度な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、水の利用の効率の向上などが目標として掲げられている。

また、国家レベルの計画は、憲法によって「五カ年計画」で規定されており、現在は2017年を目標年次とする第12次五カ年計画が示されている。この中で、上水道分野については、これまでの五カ年計画の内容を踏襲する形で、2017年までの都市部における上水道施設整備、漏水率の改善、24時間連続給水の実現などが目標として掲げられており、上水道事業の運営組織の改編にも触れている。都市部においては、間欠給水の改善を重視しており、24時間365日の水供給が可能となる上水道設備へと改善することが目標として掲げられている。

インドの水不足問題については、日本のODA、国際機関をはじめとした各種援助機関が様々なプロジェクトを実施している。対インド水分野ODAの2006年-2010年における拠出金は総額17.72億ドルで、うち日本が59%でトップとなっている。中でも大規模な上下水道整備プロジェクト、農業関連水資源プロジェクトが主要な分野となっている<sup>17</sup>。

### 3.4 インドにおける雨水利用のポテンシャル

提案製品の普及可能性、開発効果の指標とするために、インドにおける雨水直接利用のポテンシャルの評価を行った（詳細は別添資料参照）。具体的にはチェンナイ市の過去の降水量データを参照し、雨水貯留施設により利用可能となる水量の算出を行った。

水の需要サイドについては、インド政府組織である“Central Public Health and Environmental Engineering Organization”によれば、合計135 L/人/日が適切値として公表されている（表3-2）。水需要の中でも都市型生活の特徴であるトイレをはじめとして（40 L/人/日）、シャワー、洗濯、ガーデニングといった飲料水レベルの浄化の必要が無い用途が需要の約8割を占めていることが分かる。

表3-2. インドにおける人一日当りの水需要

Parameter	Liters/person/daily
Drinking	3
Cooking	4
Bathing	20
Flushing (toilets)	40
Washing clothes	25
Washing utensils	20
Gardening	23
Total	135

（出典：Central Public Health and Environmental Engineering Organization (CPHEEO), Union ministry of urban development, Government of India.）

<sup>16</sup> National Water Policy, Government of India, Ministry of Water Resources (2012).

<sup>17</sup> OECD Stat.[link: <http://stats.oecd.org/>]

一方、水の供給サイドについては、降水量から得られる単位集水面積当たり ( $m^2$ ) の利用可能水量を、降水量 (mm/日)、貯留施設の容量 ( $m^3$ )、一日当りの需要量 (水消費量) をパラメーターとし、分析を行った。下に降水量からの収支算定モデルの概念図を示す。

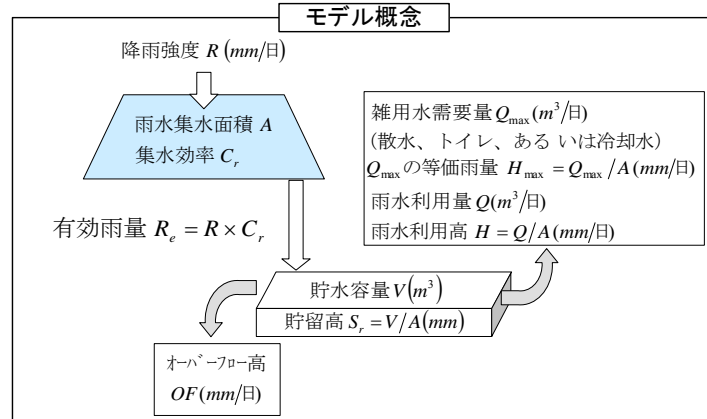


図 3-4. 屋根に降った降雨の収支算定モデル概念  
(出典：JICA 調査団作成)

本モデルでは、雨水集水面積を  $A$  ( $m^2$ ) とし、貯留施設の容量  $V$  ( $m^3$ ) を集水面積  $A$  で除した  $V/A$  (mm) を貯留高  $S$  として、水需要量  $Q$  ( $m^3$ /日) を同じく集水面積  $A$  で除した等価雨量  $H$  は  $Q/A$  (mm) として表現する。これにより降水量 (mm/日) と貯留高 ( $V/A$  (mm)) から、望みの水需要を満たすことのできる年間日数「充足率」と貯留高  $S$  の関係を求めることができる。ある水需要  $Q$  ( $m^3$ /日) において、望みの充足率を実現できる集水面積は、

$$Q (m^3) = S (mm) \times A (m^2) \quad \text{--- 式(1)}$$

の関係式から求めることができる。また水需要と等価雨量の関係は、

$$Q (m^3) = H (mm) \times A (m^2) \quad \text{--- 式(2)}$$

と表現される。ここではチェンナイ市の渇水年における充足率を算定した (図 3-5)。

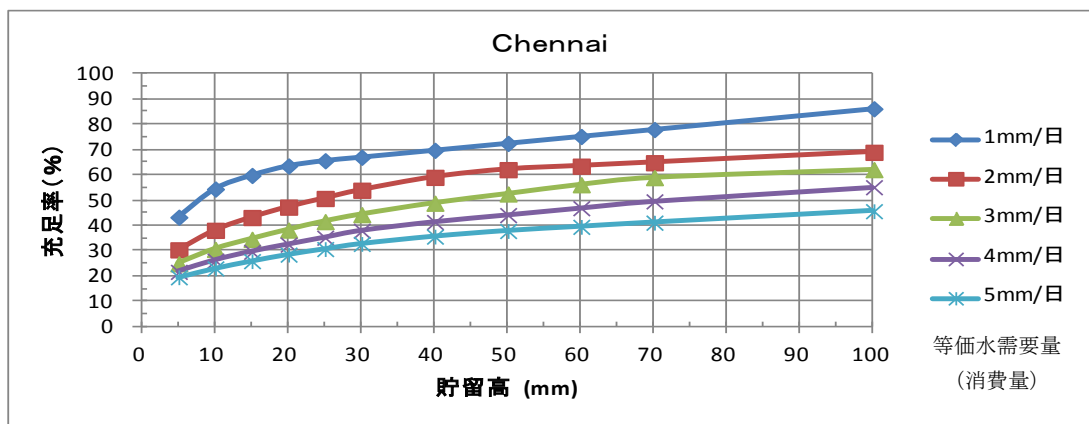


図 3-5. チェンナイ市における充足率  
(出典：JICA 調査団作成)

$1m^2$  の集水面積に 1 mm の降水量があった場合、式(2)から 1 L の雨水が集水されること

となる。つまり、上図では、1m<sup>2</sup>の集水面積において、任意の大きさの貯留槽によって、1-5 L/日の水需要をどれだけ満たすことができるか、ということが読み取れる。飲料水の水需要は一人当たり合計3 L/日であるため、これらを雨水利活用により、充足率80%を達成しようとする場合、上図では等価水需要量1 mm/日、貯留高100 mmの場合しかないため、式(1)から、

$$\begin{aligned} Q \text{ (m}^3\text{)} &= S \text{ (mm)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \\ \rightarrow 3 \text{ (L)} &= 100 \text{ (mm)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \\ \rightarrow A \text{ (m}^2\text{)} &= 3 \text{ (L)} / 100 \text{ (mm)} \\ \rightarrow A \text{ (m}^2\text{)} &= 3 \text{ (L)} / 100 \text{ (mm)} \\ \therefore A \text{ (m}^2\text{)} &= 3 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

一人当たり3 m<sup>2</sup>の集水面積が必要であることがわかる。この時の貯水槽の容積は、

$$\begin{aligned} S \text{ (mm)} &= V \text{ (m}^3\text{)} / A \text{ (m}^2\text{)} \\ \rightarrow 100 \text{ (mm)} &= V \text{ (m}^3\text{)} / 3 \text{ (m}^2\text{)} \\ \therefore V &= 300 \text{ L} \end{aligned}$$

の関係から300 Lであることが分かる。同様に計算すると、充足率60%を達成しようとする場合、一人当たり1 m<sup>2</sup>の集水面積、100 Lの貯水槽が必要となることが分かる。提案製品であるアクアパレスのコストが約25 円/Lであることを考慮すると、上記の充足率を達成するためには、一人当たり7,500 円（充足率80%、チェンナイ市）、もしくは2,500 円（充足率60%、チェンナイ市）の初期投資が少なくとも必要となることが分かる。渇水年以外の年では同等の規模の貯留装置でより高い充足率が得られること、また貯留装置の維持コスト、運営コストが殆どかからないことを考慮すると、飲料水供給用の雨水貯留槽の普及ポテンシャルはインドにおいても十分あるのではないかと考えている。

一方、飲料水以外の需要を全て雨水利活用により満たそうとする場合、上記と同様の条件で、一人当たり337,500 円（一日当たり水需要135 L、集水面積135 m<sup>2</sup>、貯留槽13,500 L、充足率80%、チェンナイ市）、もしくは112,500 円（一日当たり水需要135 L、集水面積45 m<sup>2</sup>、貯留槽4,500 L、充足率60%、チェンナイ市）の初期投資が必要となってしまう。集水面積、貯留槽の規模ともに非常に大きくなってしまったため、水需要を全て雨水利活用による満たすことは現実的でないことが分かる。

以上の結果を下記の表3-3にまとめる。雨水利活用装置の設置においては、降水量データを踏まえた上で、顧客の必要とする水需要に加え、その充足率、利用可能な集水面積、設置可能な貯留槽のサイズ、及び初期投資金額を考慮し、最適な設計を行う必要がある。また水需要を全て、かつ完璧に雨水直接利用によって賄うには多大なコストがかかるが、需要や充足率をある程度妥協することによって現実的なコスト、集水面積、貯留槽サイズが実現できる。よってインドにおける雨水直接利用装置の普及可能性は十分あると考えられる。

表 3-3. チェンナイ市において水需要を雨水貯留装置“アクアパレス”で賄う場合の集水面積、貯留槽サイズ、及び初期投資の関係

水需要(L/人/日)	充足率(%)	集水面積(m <sup>2</sup> )	貯留槽(L)	初期投資(円)
3	80	3.0	300	7,500
	60	3.0	45	1,125
		1.5	60	1,500
		1.0	100	2,500
	40	3.0	15	375
		1.5	23	563
		1.0	25	625
0.6		42	1,050	
10	80	10.0	1,000	25,000
	60	10.0	150	3,750
	40	10.0	50	1,250
50	80	50.0	5,000	125,000
	60	50.0	750	18,750
	40	50.0	250	6,250
100	80	100.0	10,000	250,000
	60	100.0	1,500	37,500
		33.0	3,300	82,500
	40	100.0	500	12,500
135	80	135.0	13,500	337,500
		27.0	1,890	47,250
	60	135.0	2,025	50,625
		45.0	4,500	112,500
	40	135.0	675	16,875

(出典：JICA 調査団作成)

## 第4章 投資環境・事業環境の概要

### 4.1 外国投資全般に関する各種政策及び法制度

#### 4.1.1 外国投資に関する政策

タミル・ナドゥ州は産業振興に関する基本目標やそのための具体的な施策について、”Tamil Nadu Industrial Policy 2014”において明らかにしている。当該政策では、製造業誘致額毎年+10%超の達成及び製造業の年間平均成長率の14%の達成が目標として掲げられており、インフラ投資の増加を中心に、優先分野(自動車製造業、再生可能エネルギー関連設備製造業等)に対する政策対応や投資優遇措置の付与を基本施策としている。

インフラ関連の施策をより詳細に見ると、電力については、電力需要の大きい企業に対し安定的な電源の供給を行い、また自家発電設置のために調達された資本財に対する付加価値税(VAT)の50%の払い戻しを行うとされる。工業用水については、工業団地等の開発業者が淡水化プラント、廃水処理施設などを整備する場合は、優遇措置を行い、また、雨水利用システムの採用が推奨されている。道路や港湾については、高速鉄道の整備やトラック・ターミナルの整備、港湾アクセス道路の整備やメガコンテナターミナルの整備などが行われるとされている。また、各地域において「特別投資地域」を推進し、チェンナイ市県北部の地区内に、重工業及び同部品製造業の集積地を整備するなど、地区単位での産業促進にも力を入れている。このようにタミル・ナドゥ州は、製造業にとって最適な州と評価されることに向けて、様々な施策を講じ、中でも世界水準のインフラを整える動きが盛んである。

#### 4.1.2 外国投資に関する法・規制・インセンティブ

タミル・ナドゥ州は主に製造業に対しての政策を進めており、その一環として製造業に対する投資優遇措置を設けている。この優遇措置では、地区ごとに投資額・雇用者の規模に応じて様々な投資優遇策が用意されており、さらなる投資の呼び込みにつながる潜在可能性等に応じて、より高水準の投資優遇措置の適用や特例、適用条件の緩和を認めることもある。

標準的な優遇措置に関しては次のようなものがある。

##### A) 資本財に対する補助金

投資額・雇用者数に応じ、1) 補助金の支給、及び2) タミル・ナドゥ州発電・配電公社(TANGEDCO)または自家発電から調達した電気税を免除する。

##### B) 印紙税の減税

地区に応じて、土地の売買・貸借にかかる印紙税を50%~100%免除、又は事業の規模に応じて印紙税を100%免除する。地区に応じて、土地の売買・貸借にかかる印紙税を50%~100%免除、又は事業の規模に応じて印紙税を100%免除する。

##### C) 環境インフラ補助金

専用廃水処理施設又は産業廃棄物貯蔵・処理施設を個別企業が設置した場合、300万Rs又は当該施設の設置費用の25%のいずれか低い額を、環境保護インフラ補助金について支給する。また、追加的な投資優遇措置も定められており、投資額・雇用者数の規模が大きい事業に対しては、純受取や資本購入時の支払VAT額分を

補助金又はソフトローンで支給する措置が適用される。その他にも、投資期間内に当該措置で言及される 2 倍の雇用を計画する場合に補助金が上乘せされたり、以前から執行されている「雇用者ベースの投資優遇措置」が引き続き適用されたりしている。州南部地域では、一定の基準を満たす事業に対して必要となる土地を提供し、メガ・プロジェクト未満の事業に関しても、ソフトローンの提供をする、といった投資優遇措置が講じられている<sup>18</sup>。

## 4.2 提案事業に関連する各種政策及び法制度

### 4.2.1 雨水利用に関連する政策(連邦法・タミルナドゥ州法)

#### (1) インド水資源省

NATIONAL WATER POLICY (2012)<sup>19</sup> によれば、「都市と農村部の給水は、地表水、地下水、雨水からが望ましい。より高い信頼性と品質の代替水源が利用できる場所では、家庭用水へ割り当てられる必要がある。水利用における水源の使い分けは、家庭用水水源の選択へ適用することが可能である。また、一次処理後の台所や風呂場排水のトイレ洗浄水への再利用は促進すべきである。」とされているが、一般家庭での雨水の利用用途は不明である。これまでのヒアリング調査によれば、ほとんど利用されていない様子である。

また、「都市部や工業地域で技術的、経済的に可能であれば、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。雨水利用の実現は、水文地質学、地下水汚染、汚染、わき水量のような化学的なモニタリングを含まなければならぬ。」とあり、都市部等ではモニタリングを伴う雨水利用を奨励していることがわかる。

#### (2) タミル・ナドゥ州

##### 1) 官報

2007 年のタミル・ナドゥ州官報No.207<sup>20</sup> によれば、タミル・ナドゥ州法（1919 年制定）に雨水利用施設の規定が組み込まれた。内容は以下のとおり。

- (1) In every building owned or occupied by the Government or a statutory body or a company or an institution owned or controlled by the Government, rain water harvesting structure shall be provided by the Government or by such statutory body or company or other institution, as the case may be, in such manner and within such time as may be prescribed.
- (1) 政府や法的団体、企業、政府が所有あるいは入居する機関のあらゆるビルには、事情に応じて定められる方法や期限までに政府や法的団体、企業、他の機関によって雨水利用施設が設置される。
- (2) Subject to the provisions of sub-section (1), every owner or occupier of a building shall provide rain water harvesting structure in the building in such manner and within such period as may be prescribed.
- (2) 項(1)の規定により、各ビルの所有者あるいは入居者は、ビルに雨水利用施設を

<sup>18</sup> タミル・ナドゥ州の投資環境等について、JETRO チェンナイ事務所、2015 年 7 月。

<sup>19</sup> 出典：<http://wrmin.nic.in/writereaddata/NationalWaterPolicy/NWP2012Eng6495132651.pdf> p10

<sup>20</sup> 出典：[http://www.chennaietrowater.tn.nic.in/pdf/municipal\\_ord\\_2003.pdf](http://www.chennaietrowater.tn.nic.in/pdf/municipal_ord_2003.pdf)

定められる方法や期限にて設置する。

- (3) Where the rain water harvesting structure is not provided as required under sub-section (2), the Commissioner or any person authorized by him in this behalf may, after giving notice to the owner or occupier of the building, cause rain water harvesting structure to be provided in such building and recover the cost of such provision along with the incidental expense thereof in the same manner as property tax.
- (3) 項(2)で求められた雨水利用施設が設置されないビルでは、自治体行政委員あるいはこの件で任命された人物は、ビルの所有者や入居者へ警告後、雨水利用施設を設置させ、資産税として雑費を加えた設置費用を回収する場合がある。
- (4) Notwithstanding any action taken under sub-section (3), where the owner or occupier of the building fails to provide the rain water harvesting structure in the building before the date as may be prescribed, the water supply connection provided to such building shall be disconnected till rain water harvesting structure is provided.
- (4) 項(3)にもかかわらずいかなる措置も執らず、定められた日までに雨水利用施設を設置しないビル所有者あるいは入居者は、雨水利用施設が設置されるまで水道供給を断たれる。

## 2) インドにおける雨水利用状況を解説した「Catch Water Where It Falls Toolkit On Urban Rainwater Harvesting」<sup>21</sup>による解説

文献 21 によれば、タミル・ナドゥ州における法律の解説が記載されている。

- Rainwater harvesting structures are compulsory for all buildings with a plinth area exceeding 100 sq m and site measuring not less than 200 sq m. They should have one or more RWH structures.
- 床面積が 100m<sup>2</sup>を超え、200m<sup>2</sup>以上のすべてのビルには雨水利用施設の設置が義務付けられている。
- Failure to provide for RWH attracts a penalty of Rs 1,000 per annum for every 100 sq m of built-up area.
- 建設用地に雨水利用施設の提供ができない場合、年 1,000 RS の罰金を課す。
- Building plans will not be approved if RWH is not incorporated in plans.
- 雨水利用施設が建築計画に取り込まれていなければ承認されない。
- Incentive of 2 percent on property tax for five years beginning 2011.
- 2011 年より資産税 2 パーセントが 5 年間減免される。
- Applicable to the area under the Bruhat Bengaluru Mahanagara Palike.
- Bruhat Bengaluru Mahanagara Palike 地区に適用される。
- Deadline for RWH structures was fixed for December 31, 2011, after which the water supply was to be disconnected.
- 雨水利用施設の最終期限は 2011 年 12 月 31 日に決定され、その後は給水が断たれる。
- The Karnataka government also announced a 20 percent rebate on property tax for those constructing system in rural areas.
- Karnataka 政府もまたこれらシステムを導入している農村地帯に対し、資産税 20 パーセントの払い戻しを発表した。

---

<sup>21</sup> Catch Water Where It Falls Toolkit On Urban Rainwater Harvesting, Sunita Narain (ISBN: 978-81-86906-65-1)



## 4.2.2 雨水利用に関連する法・規制・インセンティブ

### (1) タミル・ナドゥ州

2007年に改定されたタミル・ナドゥ州法により、雨水利用施設が設置されていないビルは、設置されるまで水道供給が断たれることとなっている。

### (2) デリー連邦直轄地

デリー州政府は、水不足がもっとも深刻な南部と南西部において、Resident Welfare Associations（以下、住宅協会）と Neighborhood Societiesによる雨水利用に対し、プロジェクトの総額の50%まで、あるいは同協会が認める完成度に達した進行中のプロジェクトに対し最大5万Rsを当てられる財政的インセンティブを導入した。<sup>22</sup>

住宅協会は、常時、施設に対する適切なメンテナンスの責任を負うこととなり、州の水道局もまた雨水利用の有用性の広報とその採用に対する技術協力を提供する。<sup>22</sup>

## 4.2.3 生活用水(飲料水)に関する法・規制及び現状

### (1) 水質基準

インドにおける飲料水の水質基準は”Indian Standard DRINKING WATER—SPECIFICATION (Second Revision) IS 10500 : 2012<sup>23</sup>”にまとめられている(表2-4～表2-10)。水質基準の認証はIS10500を取得した機関が行うことができる。一般的に上水道や市販のボトルウォーターはこの認証を取得しているが、各家庭が利用している地下水、Water Tankerが供給している水はこれらの認証を受けていない。

表 4-1. Organoleptic and Physical Parameters

SI No.	Characteristic	Requirement (Acceptable Limit)	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Method of Test, Ref to Part of IS 3025	Remarks
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i)	Colour, Hazen units, <i>Max</i>	5	15	Part 4	Extended to 15 only, if toxic substances are not suspected in absence of alternate sources
ii)	Odour	Agreeable	Agreeable	Part 5	a) Test cold and when heated b) Test at several dilutions
iii)	pH value	6.5-8.5	No relaxation	Part 11	—
iv)	Taste	Agreeable	Agreeable	Parts 7 and 8	Test to be conducted only after safety has been established
v)	Turbidity, NTU, <i>Max</i>	1	5	Part 10	—
vi)	Total dissolved solids, mg/l, <i>Max</i>	500	2 000	Part 16	—

NOTE — It is recommended that the acceptable limit is to be implemented. Values in excess of those mentioned under ‘acceptable’ render the water not suitable, but still may be tolerated in the absence of an alternative source but up to the limits indicated under ‘permissible limit in the absence of alternate source’ in col 4, above which the sources will have to be rejected.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

<sup>22</sup> 出典 : [http://www.unwac.org/new\\_unwac/pdf/WATSAN\\_Normative\\_Pubs/Blue\\_Drop\\_Series\\_01\\_-\\_Policy\\_Makers.pdf](http://www.unwac.org/new_unwac/pdf/WATSAN_Normative_Pubs/Blue_Drop_Series_01_-_Policy_Makers.pdf)

<sup>23</sup> 出典 : <ftp://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>

**表 4-2. General Parameters Concerning Substances Undesirable in Excessive Amounts  
(Foreword and Clause 4)**

Sl No.	Characteristic	Requirement (Acceptable Limit)	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Method of Test, Ref to	Remarks
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i)	Aluminium (as Al), mg/l, <i>Max</i>	0.03	0.2	IS 3025 (Part 55)	—
ii)	Ammonia (as total ammonia-N), mg/l, <i>Max</i>	0.5	No relaxation	IS 3025 (Part 34)	—
iii)	Anionic detergents (as MBAS) mg/l, <i>Max</i>	0.2	1.0	Annex K of IS 13428	—
iv)	Barium (as Ba), mg/l, <i>Max</i>	0.7	No relaxation	Annex F of IS 13428* or IS 15302	—
v)	Boron (as B), mg/l, <i>Max</i>	0.5	1.0	IS 3025 (Part 57)	—
vi)	Calcium (as Ca), mg/l, <i>Max</i>	75	200	IS 3025 (Part 40)	—
vii)	Chloramines (as Cl <sub>2</sub> ), mg/l, <i>Max</i>	4.0	No relaxation	IS 3025 (Part 26)* or APHA 4500-Cl G	—
viii)	Chloride (as Cl), mg/l, <i>Max</i>	250	1 000	IS 3025 (Part 32)	—
ix)	Copper (as Cu), mg/l, <i>Max</i>	0.05	1.5	IS 3025 (Part 42)	—
x)	Fluoride (as F) mg/l, <i>Max</i>	1.0	1.5	IS 3025 (Part 60)	—
xi)	Free residual chlorine, mg/l, <i>Min</i>	0.2	1	IS 3025 (Part 26)	To be applicable only when water is chlorinated. Tested at consumer end. When protection against viral infection is required, it should be minimum 0.5 mg/l
xii)	Iron (as Fe), mg/l, <i>Max</i>	0.3	No relaxation	IS 3025 (Part 53)	Total concentration of manganese (as Mn) and iron (as Fe) shall not exceed 0.3 mg/l
xiii)	Magnesium (as Mg), mg/l, <i>Max</i>	30	100	IS 3025 (Part 46)	—
xiv)	Manganese (as Mn), mg/l, <i>Max</i>	0.1	0.3	IS 3025 (Part 59)	Total concentration of manganese (as Mn) and iron (as Fe) shall not exceed 0.3 mg/l
xv)	Mineral oil, mg/l, <i>Max</i>	0.5	No relaxation	Clause 6 of IS 3025 (Part 39) Infrared partition method	—
xvi)	Nitrate (as NO <sub>3</sub> ), mg/l, <i>Max</i>	45	No relaxation	IS 3025 (Part 34)	—
xvii)	Phenolic compounds (as C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH), mg/l, <i>Max</i>	0.001	0.002	IS 3025 (Part 43)	—
xviii)	Selenium (as Se), mg/l, <i>Max</i>	0.01	No relaxation	IS 3025 (Part 56) or IS 15303*	—
xix)	Silver (as Ag), mg/l, <i>Max</i>	0.1	No relaxation	Annex J of IS 13428	—
xx)	Sulphate (as SO <sub>4</sub> ) mg/l, <i>Max</i>	200	400	IS 3025 (Part 24)	May be extended to 400 provided that Magnesium does not exceed 30
xxi)	Sulphide (as H <sub>2</sub> S), mg/l, <i>Max</i>	0.05	No relaxation	IS 3025 (Part 29)	—
xxii)	Total alkalinity as calcium carbonate, mg/l, <i>Max</i>	200	600	IS 3025 (Part 23)	—
xxiii)	Total hardness (as CaCO <sub>3</sub> ), mg/l, <i>Max</i>	200	600	IS 3025 (Part 21)	—
xxiv)	Zinc (as Zn), mg/l, <i>Max</i>	5	15	IS 3025 (Part 49)	—

NOTES

1 In case of dispute, the method indicated by '\*' shall be the referee method.

2 It is recommended that the acceptable limit is to be implemented. Values in excess of those mentioned under 'acceptable' render the water not suitable, but still may be tolerated in the absence of an alternative source but up to the limits indicated under 'permissible limit in the absence of alternate source' in col 4, above which the sources will have to be rejected.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

表 4-3. Parameters Concerning Toxic Substances

(Foreword and Clause 4)

Sl No.	Characteristic	Requirement (Acceptable Limit)	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Method of Test, Ref to	Remarks
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i)	Cadmium (as Cd), mg/l, <i>Max</i>	0.003	No relaxation	IS 3025 (Part 41)	—
ii)	Cyanide (as CN), mg/l, <i>Max</i>	0.05	No relaxation	IS 3025 (Part 27)	—
iii)	Lead (as Pb), mg/l, <i>Max</i>	0.01	No relaxation	IS 3025 (Part 47)	—
iv)	Mercury (as Hg), mg/l, <i>Max</i>	0.001	No relaxation	IS 3025 (Part 48)/ Mercury analyser	—
v)	Molybdenum (as Mo), mg/l, <i>Max</i>	0.07	No relaxation	IS 3025 (Part 2)	—
vi)	Nickel (as Ni), mg/l, <i>Max</i>	0.02	No relaxation	IS 3025 (Part 54)	—
vii)	Pesticides, µg/l, <i>Max</i>	See Table 5	No relaxation	See Table 5	—
viii)	Polychlorinated biphenyls, mg/l, <i>Max</i>	0.000 5	No relaxation	ASTM 5175*	—
ix)	Polynuclear aromatic hydrocarbons (as PAH), mg/l, <i>Max</i>	0.000 1	No relaxation	APHA 6440	or APHA 6630
x)	Total arsenic (as As), mg/l, <i>Max</i>	0.01	0.05	IS 3025 (Part 37)	—
xi)	Total chromium (as Cr), mg/l, <i>Max</i>	0.05	No relaxation	IS 3025 (Part 52)	—
xii)	Trihalomethanes:				
a)	Bromoform, mg/l, <i>Max</i>	0.1	No relaxation	ASTM D 3973-85* or APHA 6232	—
b)	Dibromochloromethane, mg/l, <i>Max</i>	0.1	No relaxation	ASTM D 3973-85* or APHA 6232	—
c)	Bromodichloromethane, mg/l, <i>Max</i>	0.06	No relaxation	ASTM D 3973-85* or APHA 6232	—
d)	Chloroform, mg/l, <i>Max</i>	0.2	No relaxation	ASTM D 3973-85* or APHA 6232	—

NOTES

1 In case of dispute, the method indicated by '\*' shall be the referee method.

2 It is recommended that the acceptable limit is to be implemented. Values in excess of those mentioned under 'acceptable' render the water not suitable, but still may be tolerated in the absence of an alternative source but up to the limits indicated under 'permissible limit in the absence of alternate source' in col 4, above which the sources will have to be rejected.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

表 4-4. Parameters Concerning Radioactive Substances

(Foreword and Clause 4)

Sl No.	Characteristic	Requirement (Acceptable Limit)	Permissible Limit in the Absence of Alternate Source	Method of Test, Ref to Part of IS 14194	Remarks
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
i)	Radioactive materials:				
a)	Alpha emitters Bq/l, <i>Max</i>	0.1	No relaxation	Part 2	—
b)	Beta emitters Bq/l, <i>Max</i>	1.0	No relaxation	Part 1	—

NOTE — It is recommended that the acceptable limit is to be implemented. Values in excess of those mentioned under 'acceptable' render the water not suitable, but still may be tolerated in the absence of an alternative source but up to the limits indicated under 'permissible limit in the absence of alternate source' in col 4, above which the sources will have to be rejected.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

表 4-5. Pesticide Residues Limits and Test Method

(Foreword and Table 3)

Sl No.	Pesticide	Limit µg/l	Method of Test, Ref to	
			USEPA (4)	AOAC/ ISO (5)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
i)	Alachlor	20	525.2, 507	—
ii)	Atrazine	2	525.2, 8141 A	—
iii)	Aldrin/ Dieldrin	0.03	508	—
iv)	Alpha HCH	0.01	508	—
v)	Beta HCH	0.04	508	—
vi)	Butachlor	125	525.2, 8141 A	—
vii)	Chlorpyrifos	30	525.2, 8141 A	—
viii)	Delta HCH	0.04	508	—
ix)	2,4- Dichlorophenoxyacetic acid	30	515.1	—
x)	DDT ( <i>o, p</i> and <i>p, p</i> – Isomers of DDT, DDE and DDD)	1	508	AOAC 990.06
xi)	Endosulfan (alpha, beta, and sulphate)	0.4	508	AOAC 990.06
xii)	Ethion	3	1657 A	—
xiii)	Gamma — HCH (Lindane)	2	508	AOAC 990.06
xiv)	Isoproturon	9	532	—
xv)	Malathion	190	8141 A	—
xvi)	Methyl parathion	0.3	8141 A	ISO 10695
xvii)	Monocrotophos	1	8141 A	—
xviii)	Phorate	2	8141 A	—

NOTE — Test methods are for guidance and reference for testing laboratory. In case of two methods, USEPA method shall be the reference method.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

表 4-6. Bacteriological Quality of Drinking Water 1)

(Clause 4.1.1)

Sl No.	Organisms	Requirements
(1)	(2)	(3)
i)	<i>All water intended for drinking:</i>	
	a) <i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria <sup>2), 3)</sup>	Shall not be detectable in any 100 ml sample
ii)	<i>Treated water entering the distribution system:</i>	
	a) <i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria <sup>2)</sup>	Shall not be detectable in any 100 ml sample
	b) Total coliform bacteria	Shall not be detectable in any 100 ml sample
iii)	<i>Treated water in the distribution system:</i>	
	a) <i>E. coli</i> or thermotolerant coliform bacteria	Shall not be detectable in any 100 ml sample
	b) Total coliform bacteria	Shall not be detectable in any 100 ml sample

<sup>1)</sup>Immediate investigative action shall be taken if either *E.coli* or total coliform bacteria are detected. The minimum action in the case of total coliform bacteria is repeat sampling; if these bacteria are detected in the repeat sample, the cause shall be determined by immediate further investigation.

<sup>2)</sup>Although, *E. coli* is the more precise indicator of faecal pollution, the count of thermotolerant coliform bacteria is an acceptable alternative. If necessary, proper confirmatory tests shall be carried out. Total coliform bacteria are not acceptable indicators of the sanitary quality of rural water supplies, particularly in tropical areas where many bacteria of no sanitary significance occur in almost all untreated supplies.

<sup>3)</sup>It is recognized that, in the great majority of rural water supplies in developing countries, faecal contamination is widespread. Under these conditions, the national surveillance agency should set medium-term targets for progressive improvement of water supplies.

(出典 : <http://law.resource.org/pub/in/bis/S06/is.10500.2012.pdf>)

#### 4.2.4 提案技術と現地雨水貯留・浸透技術設置要件の適合性

##### (1) 地域特性に応じた雨水利用施設構造

タミル・ナドゥ州が雨水利用の取組として行っている集水した雨水を地下に浸透させることは地下水源を保全する効果を持つ。しかし、浸透施設を設置する地域の地質により、地下浸透の効果が低い、もしくは無いケースがある。文献 21 の p30 に水理地質学的特性に応じた雨水利用施設構造の提案が記載されている（表 4-7）。

表 4-7 にあるように、硬岩地帯や粘土質土の地域では浸透ではなく雨水貯留が推奨されている。チェンナイは海に近いこともあり、地質が砂層で構成されており、浸透の効果が高い。しかし、タミル・ナドゥ州の他の地域では雨水浸透に適していない場所もあることが想定され、そのような場所では雨水貯留を推進する意義がある。

表 4-7. Hydro-geological condition and type of structure

Parameter	Type/condition	Recommended structure
Nature of aquifer 帯水層の特性	Impermeable, non-porous, non-homogeneous, hard rock area 不浸透、多孔質でない、不均質でない硬岩地帯	Storage 貯留
Depth of groundwater table 地下水面の深さ	More than 8 meters 8m 以上	Recharge and storage 涵養と貯留
Nature of terrain 地勢の特性	Hilly, rocky or undulating 山が多いか、岩が多いかまたは丘陵地	Storage 貯留
	Uniform or flat, alluvial and sedimentary 一様か平坦な沖積層堆積物	Recharge and storage 涵養と貯留
Nature soil 土質の特性	Alluvial, sandy, loamy soils, gravel, silty, with boulders or small stones (kankar) 小石、斜里混じりの沖積層、砂層、ローム土層、砂利層、シルト	Recharge and storage 涵養と貯留
	Clayey soil 粘土質土	Storage 貯留
Nature of geological formation 地層の特性	Massive rocks (such as the Deccan trap) 大規模な岩	Storage 貯留
	Fractured, faulted or folded rocks, or comprises of weathered, jointed or fissured rocks 破碎された、断層の影響を受けた、あるいは褶曲した岩あるいは風化した、節理を生じた、あるいは亀裂を生じた岩	Recharge and storage 涵養と貯留
Nature of rainfall and monsoon 雨量とモンスーンの特性	Number of rainy days are more, bi-modal monsoon, not intensive, uniformly distributed 雨天日が多く、雨季が 2 回あり、降雨強度は強くなく、一様な頻度で降雨がある	Storage 貯留
	Uni-modal monsoon, rainfall available only for a few months モンスーンは 1 回で、利用可能な降雨はわずか数ヶ月	Recharge and storage 涵養と貯留

(出典：Catch Water Where It Falls Toolkit On Urban Rainwater Harvesting, Sunita Narain (ISBN: 978-81-86906-65-1))

##### (2) プラスチック製地下貯留浸透施設技術の設置条件

日本におけるプラスチック製地下貯留雨水貯留浸透施設の設置においては、設備の安定性、地上の安全性確保のため、土木・建築・安全基準とは別に、特有の設置条件が設けられている（表 4-8）<sup>24</sup>。インドにおいては同様の設置条件は定められていないが、安全性を考慮し、下記の表に示された日本の設置条件に従った施設設置を行う方針であ

<sup>24</sup> 出典：プラスチック製地下貯留浸透施設技術指針(案)【平成 25 年度改訂版】 公益社団法人 雨水貯留浸透技術協会

る。

表 4-8. 雨水貯留浸透施設の適用範囲

項目	設置条件
地盤の浸透能力（浸透槽の場合）	・地盤は $1.0 \times 10^{-3}$ m/s ~ $1.0 \times 10^{-4}$ m/s 程度以上の浸透能力を有すること。 （事前調査が必要）
設置形態	・プラスチック製の構成部材を現場組立てし、平坦に埋設すること
土被り	・0.5~2.0m を確保できること
貯留槽高	・最大 4m あること。
上載荷重	・T-25 荷重未満であること。
設置位置条件	・車道でないこと。 ・急傾斜地でないこと。 ・地下水位が高い地盤で、貯留構造体底面が平常時の地下水より深くないこと。 （地下水位が高い場合、浮力や水圧が貯留槽に作用し、浮上や貯留槽の破壊等の事故の発生が懸念されることとなることから事前調査が必要） （雨水浸透施設技術指針（案）調査・計画編では、貯留構造体の底面より地下水面までの距離が 0.5m 以上であれば、浸透能力が期待できるとしている）

（出典：プラスチック製地下貯留浸透施設技術指針(案) 【平成 25 年度改訂版】

公益社団法人 雨水貯留浸透技術協会)

また、チェンナイ市においては、地下水が高い時期、地点があることから、雨水貯留槽設置位置設定においては地下水位の挙動を把握する必要がある。なお、浸透槽の場合は、槽の内外に地下水が回るため問題ない。

### (3) 雨水利用計画検討に必要な情報

文献 21 の p142 において、雨水利用計画検討に必要な情報が記載されている。屋根、道路、庭における集水効率、各土壌の性質における雨水地下浸透度、また降水量と集水面積から推定される年間の雨水集水ポテンシャル等、インドにおける雨水利用施設の設計時にはこれらの情報を参考とすることができる。

#### 1) CATCHMENT RELATED INFORMATION

表 4-9. Run-off coefficient for different types of catchment

Catchment	Type of material	Run-off coefficient
Roof	Tiles	0.8 – 0.9
	Metal	0.7 – 0.9
Paved area Driveway/courtyard, roads	Concrete	0.6 – 0.8
	Brick	0.5 – 0.6
Unpaved area garden, playground	10% sand	0.0 – 0.3
	Hard compact	0.2 – 0.5
	Lawns	0.1

出典：Pacey, Arnold and Cullis 1989, *Rainwater harvesting, the collection of rainfall and run-off in rural India*, Intermediate Technology Publications

**表 4-10. Run-off coefficient for different roof types in India**

Roof type	Run-off coefficient
Galvanized iron sheet	0.9
Asbestos sheet	0.8
Tiled roof	0.75
Concrete roof	0.7

出典 : Manual on construction and maintenance of household based rooftop water harvesting system, report prepared by Action for Food Production for UNICEF

2) HYDRO-GEOLOGICAL INFORMATION

a. Soil related information

**表 4-11. Infiltration rate for different types of soils**

Soil type	Infiltration rate (mm/hour)
Highly clayey soils	Below 2.5
Shallow soils, clay soils, soils low in organic matter	2.5 – 12.5
Sandy loams, silt loams	12.5 – 25.0
Deep sands, well aggregated soils	Above 25

出典 : Anon 2007, 'Manual on artificial recharge of groundwater', Central Ground Water Board, New Delhi

**表 4-12. Permeability of soils**

Type of soil	Permeability
Sand	5
Sandy loam	2.5
Loam	1.3
Clay loam	0.8
Silty clay	0.25
Clay	0.05

出典 : Training manual on soils, Chapter 9, 'Permeability of soils, Food and Agriculture Organization', [ftp://ftp.fao.org/ftp.fao.org/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706e/x6706e09.htm](http://ftp.fao.org/ftp.fao.org/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706e/x6706e09.htm), as viewed in March 2012

**表 4-13. Porosity of soils**

Soil	cm
Gravel	25 – 40%
Sand	25 – 50%
Clay	40 – 70%

出典 : Freeze and Cherry 1979, [http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv\\_wksp\\_pres/Basic\\_Hydrogy\\_Part2.pdf](http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv_wksp_pres/Basic_Hydrogy_Part2.pdf) (リンク切れ), as viewed in March 2012

**表 4-14. Size classed of soils**

Soil	cm
Fine gravel	0.2 – 0.6
Medium gravel	0.6 - 2.0
Coarse gravel	2 – 6
Stones 6 -20	2 – 6
Boulders	20 – 60
Large boulders	60 - 200

出典 : Anon 2006, *Guidelines for soil description*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fourth Edition, [ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel\\_soil\\_descr.pdf](ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf), as viewed in March 2012

b. Rock related information

表 4-15. Infiltration characteristics of rocks

Parameter	Type of rock
Rocks that permit infiltration	Porous rocks : (Sandstone, chalk, shale) which contain pores
	Previous rocks : (Carboniferous Limestone, marble) which have cracks or joints through which water can infiltrate
Rocks that permit some infiltration	Fractured, fissured, weathered (basalt, quartzite, gneiss, slate, schist)
Rocks that permit no infiltration	Massive rocks (granite, basalt) that are impervious

出典 : Anon 2007, 'Manual on artificial recharge of ground water', Central Ground Water Board, New Delhi

表 4-16. Porosity of rock materials

Rocks	Porosity
Limestone, dolomite	5 - 50%
Karst	5 - 50%
Sandstone	5 - 30%
Shale	0 - 10%
Crystalline rock	0 - 10%

出典 : Freeze and Cherry 1979,

[http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv\\_wksp\\_pres/Basic\\_Hydrogy\\_Part2.pdf](http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv_wksp_pres/Basic_Hydrogy_Part2.pdf) (リンク切れ), as viewed in March 2012

### 3) PHYSIOGRAPHIC INFORMATION

表 4-17. Suitability of rainwater harvesting structure based on physiography

Parameter	Type of terrain
Areas more suited for storage	Hilly areas are more suited for storage structure as the recharged water is likely to travel down to the valley.
	Coastal areas : Where the groundwater is shallow and saline, more suitable for storage
Areas suited for storage or recharge	Plains are suited for both recharge and storage.

出典 : Freeze and Cherry 1979,

[http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv\\_wksp\\_pres/Basic\\_Hydrogy\\_Part2.pdf](http://www.potomacriver.org/2012/drinkingwaterdocs/wv_wksp_pres/Basic_Hydrogy_Part2.pdf) (リンク切れ), as viewed in March 2012

### 4) DESIGN RELATED INFORMATION

表 4-18. Rainwater harvesting potential (ready reckoner)

Rainfall (mm)	250	350	450	550	650	750	850	950	1050	1150	1250
Water harvesting potential at 0.8 run-off coefficient (kilo liter)											
Rooftop area (sq m)											
100	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92	100
200	40	56	72	88	104	120	136	152	168	184	200
300	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300
400	80	112	144	176	208	240	272	304	336	368	400
500	100	140	180	220	260	300	340	380	420	460	500
600	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600
700	140	196	252	308	364	420	476	532	588	644	700
800	160	224	288	352	416	480	544	608	672	736	800
900	180	252	324	396	468	540	612	684	756	828	900
1000	200	280	360	440	520	600	680	760	840	920	1000

出典 : Anon 2007, 'Manual on artificial recharge of groundwater', Central Ground Water Board, New Delhi

#### (4) 貯留槽の耐用年数と費用

次の表 4-19 には貯留槽タイプ毎の耐用年数とコストが記載されている。プラスチック製地下貯留施設を普及させるには、これら既存の貯留槽に対しての価格競争力、及び優位性を打ち出す必要がある。



表 4-19. Types of tanks

Type	Characteristics	Life in years	Cost/Liter
Polyethylene, Polypropylene and other similar synthetic material ポリエチレン、ポリプロピレン、その他類似した合成物質	Lightweight, resistant to water, rustproof, and easily transportable. 軽量、水に強い、錆びない、持ち運びやすい	10 – 15	Rs 3 - 5
Brick masonry ブロック積み	Long life, non-reactive, should be maintained. 長寿命、劣化しないために維持管理が必要	15 -30	Rs 3 - 4
Reinforced cement concrete コンクリート	Durable and long lasting, but prone to cracking. If lined inside with ceramic tiles, it is potable. 耐久性を持ち、長持ちするが、ひび割れが発生しやすい。内側にタイルを施せば飲料に適する	50 -75	Rs 8 - 10
Ferro-cement フェロセメント (2層以上の金網と小径の補強鉄筋を埋め込んだセメントモルタルの薄い板)	Made out of cement, sand, water and strengthened with steel wire or mesh. Structurally more efficient than masonry but prone to cracking and requires maintenance. セメント、砂、水でできており、鉄線あるいはメッシュで強化。構造的に石積みより有用であるがひび割れやすく維持管理を要する。	10 – 15	Rs 2 - 2.50
Galvanized iron 亜鉛めっき鋼	Cast iron, when coated with hot zinc is called galvanized iron and this process makes the iron rust-proof. Is lightweight and inexpensive. Zinc dissolves in potable water; therefore, the tank must be lined inside with plastic. High maintenance required. 亜鉛でコートされた鉄は亜鉛めっき鋼と呼ばれ、錆を防止する。軽量で安価。亜鉛は飲料水に溶け出すことから、貯留槽の内側は、プラスチックで裏打ちが必須。高度の維持管理が必要	15 -20	Rs 3 - 4

Note : Costs have been compiled based on a survey of chops and contractors in Delhi

(出典 : Catch Water Where It Falls Toolkit On Urban Rainwater Harvesting, Sunita Narain (ISBN: 978-81-86906-65-1))

#### 4. 2. 5 提案技術の設置に関連する土木・建築・安全基準

インドにおける土工（掘削）時の安全確保基準は”EXCAVATIONWORK-CODE OF SAFTY (Reaffirmed 2002) IS 3764 : 1992<sup>25</sup>”にまとめられている。土工時の安全確保基準については、日本と異なり土質毎の掘削勾配、小段配置高さ、幅等の記載がない(表 2-23)。貯留施設の安全確保のためには、日本の基準に従った土工工事をするべきである。そのため、トーテツがインドで事業展開する場合、土工工事は現地事業者に委託するが、その際現地事業が日本の土工基準に従って工事を行うように、指導・監督する必要がある。

表 4-20. EXCAVATIONWORK-CODE OF SAFTY (Reaffirmed 2002) IS 3764 : 1992

<p>5 SHORING AND TIMBERING</p> <p>5.1 General</p> <p>5.1.1 All trenches in soil more than 1.5 m deep shall be securely shored and timbered.</p> <p>5.1.2 All trenches in friable or unstable rock exceeding 2 m in depth shall be securely shored and timbered.</p> <p>NOTES</p> <p>1 The above requirements do not apply in cases where the sides of the trenches are sloped to within 1.5 m of the bottom. The slope that is provided for such purposes shall be inspected and certified as stable by the persons in charge of work in all cases.</p> <p>2 Notwithstanding anything said above, it shall be understood that the need for shoring is a matter which shall receive careful and frequent consideration even in trenches less than 1.5 m or 2 m in depth (as the case may be) and where there is any doubt as to the safety of the work without shoring, no further excavation or other work shall be continued until adequate shoring is provided.</p> <p>5.1.3 Where the sides of trenches are sloped as specified in 5.1.2 but not to within 1.5 m of the bottom, the vertical sides shall be shored and the shoring shall extend at least 30 cm above the vertical sides. When open spaced sheathing is used, a toe board shall be provided to prevent material rolling down the slope and falling into the part of the trench with vertical walls.</p> <p>5.1.4 Shoring and timbering shall be carried along with the opening of a trench but when conditions permit, protection work, such as sheet piling may be done before the excavation commences.</p> <p>(中略)</p> <p>5.6 Inspection and Examination</p> <p>5.6.1 No person shall work in any excavation, shaft, or earthwork, unless all timbering and plant used therein are inspected by a competent person before work is started and also after explosives have been used in or near the excavation, shaft or earthwork.</p> <p>5.6.2 When open excavations with steep side slopes are carried out by means of blasting, after every blasting operation, side slopes of excavations shall be carefully examined by a competent person to prevent rock falls. Work inside the excavations shall not commence until all loose rock on the sides is first removed. All workers engaged in such excavations shall use helmets.</p> <p>(中略)</p> <p>19.2 In cases where power-driven machinery is employed in the excavation of a trench, steep working faces may necessarily result from the nature of the machinery used. These steep faces shall be broken down to a stable slope as they occur, except at the working face. In such cases, however, every precaution shall be taken to prevent unprotected workmen from entering the zone of danger either on the surface above, the face or at the bottom of the trench near the face.</p>
---

(出典 : <https://ia601002.us.archive.org/8/items/gov.in.is.3764.1992/is.3764.1992.pdf>)

<sup>25</sup> 出典 : <https://ia601002.us.archive.org/8/items/gov.in.is.3764.1992/is.3764.1992.pdf>

(1) (参考)日本の基準

1) 床掘り勾配及び余裕幅<sup>26</sup>

表 4-21. オープン掘削の床掘り勾配

土質区分	掘削面の高さ	床掘り勾配	小段の幅
中硬岩・硬岩	5 m未満	直	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 0.3	下からH=5 m毎に1 m
軟岩Ⅰ・軟岩Ⅱ	1 m未満	直	—
	1 m以上 5 m未満	1 : 0.3	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 0.3	下からH=5 m毎に1 m
レキ質土・砂質土 粘性土・岩塊玉石	1 m未満	直	—
	1 m以上 5 m未満	1 : 0.5	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 0.6	下からH=5 m毎に1 m
砂	5 m未満	1 : 1.5	—
	全掘削高 5 m以上	1 : 1.5	下からH=5 m毎に2 m
発破などにより崩壊しやすい状態になっている地山	2 m未満	1 : 1.0	下からH=2 m毎に2 m

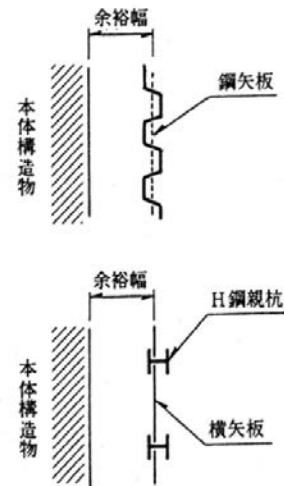
注) 上記により難しい場合は、別途考慮できる。

(出典 : <http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/yoryo.htm>)

2) 余裕幅<sup>26</sup>

表 4-22. 余裕幅

種別	足場工の有無	余裕幅
オープン掘削	足場工なし	50 cm
	足場工あり (フーチング高さ 2 m 未満でフーチング上に足場を設置する場合)	170 cm (50 cm)
土留掘削	足場工なし (プレキャスト構造物で自立型土留めの場合)	100 cm (70 cm)
	足場工あり (フーチング高さ 2 m 未満でフーチング上に足場を設置する場合)	220 cm (100 cm)



- 注) 1. 余裕幅は本体コンクリート端からとする。  
 2. 矢板施工の余裕幅は矢板のセンターからの距離。  
 3. 足場工の必要な場合とは、H=2 m以上の構造物。  
 4. 雪寒仮囲いを使用する場合は、必要幅を計上すること。  
 5. 小構造物等で、これによることが不適当な場合は別途余裕幅を考慮する。  
 6. 共同溝等の特殊な場合は、別途取り扱う。

(出典 : <http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/yoryo.htm>)

<sup>26</sup> 出典 : <http://www.nilim.go.jp/lab/pbg/theme/theme2/sr/yoryo.htm>

## 4.3 ターゲットとする市場の現状

### 4.3.1 市場の現状

#### (1) 当初想定していた仮説の検証

本事業における提案技術は雨水の本格的な水資源化を実現する「ユニバーサル地下貯留システム」である。そのため当初は、提案技術が顧客に提供できるものは“水”であり、その際競合となるのは他の水供給源である“溜池・ダム”と想定し、工場等において大量の水を消費する工業分野を主な顧客と仮定して営業戦略・計画の立案を試みていた。

しかし、第一回現地調査（2015年7月13日～7月17日）の結果、以下の事項が明らかとなり、当初の仮説に従い、“水”として本提案技術を販売することはタミル・ナドゥ州・チェンナイ市においては困難であることが判明した<sup>27</sup>。

- 工業分野における上水道の利用料金は、民生用（半年で米10ドル程度の固定料金）よりも割高であるものの、1トン当たり約60 Rs（約120円）（もしくは上限利用水料毎の固定価格）と非常に安価である。
- 上水道から十分な給水が受けられない場合、工場の敷地に存在する地下水から水を得ている。地下水の使用は本来規制により禁止されているが、それは形骸化している。また自社で地下水を使用する場合は基本的に無料となる。
- 地下水が手に入らない事業者は“Water Tanker”と呼ばれる数多くの民間の業者が運営するタンクローリーを利用し、水を手に入れている。Water Tankerから得られる水は、民間企業が地方農村地域の地下水を農民から買い取り、それにプレミアムを乗せ未処理のまま販売している。Water Tankerから購入できる水の料金は季節によっても変動するが、1トン当たり200～83 Rs（約400円～166円）と安価である。
- 地下水源の所有の有無、水源の状況（地下水位、使用負荷）等、個別の事情に大きく依存している。公開データも無く、状況把握は難しいが、今後の水不足を懸念する企業や、溜池を使用する企業も数は少ないが存在している。少なくとも現状の水ニーズに関しては、上記の安価な手段によって満たしているところが多い。

上記の実状を踏まえると、水供給という視点では、初期コストにおける価格競争力が問題となる。日本製造の場合、ユニバーサル地下貯留システムの設置コスト（土木工事費を除く）は下表のように、1m<sup>3</sup>当たり約25,000円となる。そのため、当初の仮説に従った営業戦略では、価格的な競争の面から、事業展開が難しいことが予想された。

---

<sup>27</sup> 現地ヒアリング結果

表 4-23. ユニバーサル貯留システムの施工費用（日本国内での事例）

費用項目	項目	単価	必要量	費用 (円)
材料費				<b>11,320,000</b>
	貯留財アクアパレス	15,000 円/m <sup>3</sup>	500 m <sup>3</sup>	7,500,000
	遮水シート	1,200 円/m <sup>2</sup>	1,430 m <sup>2</sup>	1,720,000
	保護シート	4,200 円/m <sup>2</sup>	720 m <sup>2</sup>	300,000
	逆流防止弁	12,000 円	8	100,000
	除塵管理柵	300,000 円	4	1,200,000
	配管用塩ビ管			200,000
	その他			300,000
施工費				<b>815,000</b>
	貯留財アクアパレスの組立	20,000 円/人	20 m <sup>3</sup> /人/日	500,000
	シート工	30,000 円/人	300 m <sup>2</sup> /人/日	215,000
	配管工	25,000 円/人		100,000
合計				<b>12,135,000</b>
合計 (1m <sup>3</sup> 当たり)				<b>24,270</b>

(出典：国内事業の例をもとに、JICA 調査団作成)

## (2) 市場の実状を踏まえた製品のポジショニングと顧客特定

“水”として本提案技術を販売していくことは困難と予想される一方、新たな需要が見出された。工業、民生分野に限らず、民間企業はWater Tankerから供給された水を貯留するため、コンクリートタンク（地下設置型の場合は”Sump”と呼ばれている）を施設・工場に併設していることが判明した。日本においてはコンクリート製の地下タンクよりも低コストでかつコンクリートと同程度の施設安定度を発揮できることから、日本では「プラスチック製地下貯留施設」が広く普及してきている<sup>28</sup>。そのため、インドにおいても地下コンクリートタンクに対して価格競争力をもつことができれば、今後工場等の施設を新たに設立する企業に対して、プラスチック製地下貯留装置を水の貯留施設として工業分野に売り込むことができる可能性が示唆された。

民生分野においても同様のアプローチで販促することができるが、更に“雨水利用”という提案技術本来の価値を訴求できる可能性も調査の中で示唆された。現地で集合住宅を設計・建築する現地コンストラクターRajiparis Civil Constructions（以下、RCC）<sup>29</sup>からは、雨水貯水・利用用にプラスチック製地下貯留装置「アクアパレス」の具体的な引き合いがあった<sup>30</sup>。

タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の住宅における水供給は、上水、各家庭が所有する地下水、ボトルウォーターによって賄われている<sup>31</sup>。しかし、今後チェンナイ市郊外に

<sup>28</sup> The Policy and Technology of Stormwater Management in Japan, 雨水貯留浸透技術協会 (2015)

<sup>29</sup> Rajiparis Civil Constructions Limited (URL: <http://www.rajiparis.in/>)

<sup>30</sup> 100 m<sup>3</sup> スケール。初回は日本で製造したものを購入し、その品質・性能を確かめるつもりとのこと。現在 Chennai までの輸送コストも含めて詳細な見積作成中。

<sup>31</sup> Chennai で Rainwater Harvesting の普及活動を行っている Rain Centre の Director Sekhar Raghavan 氏によれば、雨水に関しては義務化されている涵養施設は普及しているが、直接利用を行っている家庭は殆どないとのことである（現地インタビュー実施、2015年7月14日）。

おける住宅開発地においては、地下水が手に入らない、上水の整備が遅れる、もしくは上水の供給が不足する状況が予測される。

このような背景の中、現地コンストラクターRCCは“水を確保できる住宅”を提供したいと考えており、その中で雨水の貯水・直接利用に注目したとしている。実際、近年では有力なデベロッパー（不動産）によるチェンナイ市近郊での大型住宅開発が進み、不動産価格も軒並み上昇している。今後チェンナイ市近郊で住宅開発を行うデベロッパー或いは住宅の設計を行う設計・建築会社が、“水を確保できる住宅”に関心がある場合、それらは本提案技術の有力な顧客として想定される。

### (3) 市場への普及展開に向けた課題

上記の通り提案技術は、工業分野においては既存の地下コンクリートタンクと代替、民生分野においては集合住宅における地下コンクリートタンクとの代替、更には生活用水の確保のため雨水利用装置として、設備新設時に売り込めることが期待できる。しかし、製品の普及展開に向けては、下記の課題を解決することが求められる。

#### 1) コスト

インドの顧客はコストを第一に考えており、費用対効果が既存技術（コンクリートタンク、Water Tankerの供給水等）に対して高くなければ購入しないとされる。インドにおけるコンクリートタンクの設置コストは1リットル当り8~10Rs（約16~20円、土木工事費除く）<sup>21</sup>と、提案技術の本邦価格1リットル当り約25円（土木工事費除く）より安価である。現地のプラスチック製造業者は“本邦価格の1/4にしないとインドでは相手にされない”とのコメントを述べていた。現地製造、さらには現地で求められない機能を削ぎ落とすなど、製品価格を大幅に削減する努力が必要である。

#### 2) 貯水した雨水の水質

本製品を集合住宅に導入したいとしているRCCは、貯水した雨水を簡易浄化し、飲料水としても使用したいとしている。そのためには貯水する雨水の水質が良く、更にはその水質をバクテリア等で汚染されることなく、長期間保持する必要がある。水質の要件は貯水した雨水の用途によるが、モデルプロジェクトで検討すべき項目といえる。

#### 3) ショーケース

インドではその性能が現地で実証された製品しか基本的には購入しないと、タミル・ナドゥ州・チェンナイ市におけるショーケース（モデルプロジェクト）の必要性を強調された。本提案技術はまだインドで設置・稼働実績が無いため、モデルプロジェクトにおいてその貯水性能、水質、施設安定性等を実証する必要がある。

## 4.3.2 潜在顧客セグメント・市場規模

提案技術は 1)既存の地下コンクリートタンクに替わる水貯留施設、2)集合住宅向けの雨水利用装置として販売していくことを想定している。それぞれの場合の潜在顧客のセグメントを以下に示す。

### (1) 地下コンクリートタンクの代替としての水貯留施設の場合

現在地下コンクリートタンクを水の貯留槽として使用しているのは、製造工場、集合

住宅、ホテル、病院、オフィスビル、更には工場の防火水槽が想定される。提案技術の顧客としては、今後これらの施設を建設し、かつ水貯留施設の併設する予定のある企業・個人が挙げられる。もしくは既存の地下コンクリートタンクが老朽化した場合の設備更新としての導入も考えられる。

タミル・ナドゥ州においては地下コンクリートタンクをはじめとした水の貯留施設は幅広いセグメントに流通している。プラスチック製地下貯留施設はコンクリートタンクに比べ、大型化が容易であるため、上記の顧客のうち、大型の地下貯留施設を必要としている顧客に受け入れられる可能性がある。

## (2) 雨水利用システムの場合

雨水利用システムの導入可能性があるのは今後開発が進む集合住宅である。住宅開発を進めるのは不動産会社であり、市場規模は今後チェンナイ市近郊あるいはタミル・ナドゥ州で開発される住宅数による。

### 4.3.3 ターゲット顧客へのリーチ

主なターゲット顧客は上記のうち、1)今後新たに設備を建設する工業会社、2)住宅開発を進めるデベロッパーと考えている。この二つの顧客セグメントについて、それぞれリーチ方法を特定する必要がある。

#### (1) 工業会社

今後工場の新設を予定する工業会社の特定や各企業へのアプローチを限られたリソースで行うことは難しい。そこで多くの工業会社が加入しているネットワークを通じたアプローチを現段階で想定している。

まずインドの工業会社が加入しているネットワークとしては、Confederation of Indian Industry (CII) がある。CIIは民間の非営利団体ではあるが、中小企業、多国籍企業を含めた7,400の会員と、100,000以上の間接会員から構成されたインド最大の工業関連系組織であり、インドにおける産業発展や工業会社における商品品質、環境保護の意識を高めるために、新技術のプロモーション等の情報の提供や、民間同士のパートナーシップ構築の支援を行っている。またCIIは2022年までにWater Securityを達成するために設立されたCII-Triveni Water Institute (CII-TWI)を有し、企業の水マネジメント改善のために、新技術の紹介・セミナー等を積極的に開催している。工業会社へのアプローチはこのCIIが有するプラットフォームを利用して行うことを想定している。ただし、CIIもショーケースとなるモデルプロジェクトで、その効果が実証された場合にのみプロモーション可能としており、本アプローチをとるには、まず実証プロジェクトを成功させる必要がある。

#### (2) デベロッパー

デベロッパーに関しても多くのデベロッパーが加入するネットワークを通じたアプローチが少ないリソースで多くの企業にリーチできる。インドにおいては全国のデベロッパーの60%以上が加入している「CREDAI (The Confederation of Real Estate Developers Association of India)」と呼ばれる不動産団体が存在する。CREDAIではチェンナイ市にタ

ミル・ナドゥ州の支局を有し、CREDAI Chennaiには 127 社のデベロッパーが加入している<sup>32</sup>。CREDAIは教育プログラムを介して、デベロッパーが最新の技術を導入することを促進する活動も行っており、毎年デベロッパーや政界の有力者が一同に集まるFAIRPROと呼ばれるエキスポイベントを開催している。デベロッパーへのリーチ方法としては、このようなイベントにおいて提案技術を紹介する、或いはCREDAI Chennaiに加入しているデベロッパーに直接アプローチすることを想定している。

---

<sup>32</sup> CREDAI Chennai: <http://www.credaichennai.in/>



## 4.4 競合の状況

### 4.4.1 地下コンクリートタンク

地下コンクリートタンクの設置は主に現地施工業者によって行われている。施工業者の特定は本調査内で行うことはできなかったが、現地コンストラクター、政府関連機関へのヒアリングによると、地下コンクリートの設置コストは、約 15 Rs/L (約 30 円/L) (土木工事費除く) であるとされた。地下コンクリート代替として、アクアパレスを販売していくには、この地下コンクリートの設置コストがマイルストーンとなる。

### 4.4.2 プラスチック製地下貯留装置

第一回現地調査の面談の範囲内では現地でプラスチック製地下貯留装置が普及しているとの情報は得られなかった。CMWSSBとの面談では、先方がシンシンプロック株式会社のシンシンプロック<sup>33</sup>、オーストラリアのAtlantis社のFlo-Tank<sup>34</sup>について知っていると述べていたが、何れの製品も採用しない方向であると述べていた。この理由としては、タミル・ナドゥ州・チェンナイ市においてはRainwater Harvestingとして、地下涵養のみ実施しており、その際の涵養装置としては非常に安価なものを採用しているため上記の製品は価格的に全く適合しない、とのことであった。

チェンナイ市以外の地域においては、プラスチック製地下貯留施設「クロスウェーブ」を有する積水化学がニューデリーに現地法人を設立し<sup>35</sup>、2009年よりプラスチック製地下貯留・浸透設備であるクロスウェーブを製作、販売し実績を積み上げている。

上記のプラスチック製地下貯留装置は、何れも籠状のビルディングブロックである点がトータツのアクアパレスと大きく異なる。これら籠状の貯留装置とアクアパレスの違いを下図に示す。直接利用を目的とした長期の水保存の観点から、アクアパレスが籠状地下貯留装置に対して最も高い優位性を有するのは、保守点検が可能な点である。既存の籠状地下貯留装置は内部点検が行えないため、一度構築してしまうと、その後内部の清掃や保守を行うことが非常に難しい。これは地下に浸透させる場合などは問題にならないが、貯水した水を直接利用する場合は、水質管理の点からも、定期的な保守点検・清掃が行えることが望ましい。アクアパレスは設計段階から貯水した水の直接利用を志向しており、この観点からは既存の籠状地下貯留装置に優位性を有する。また、構造的多様性、柔軟性を有する点も大きく異なる。アクアパレスは要求される耐圧性や現場条件(高さ等)に応じて部材を減らすことが可能な他、塩ビ管の長さ・質を変更することが可能である。これにより、製品仕様の現地最適化を行いながら、コストダウンを図ることが可能な点がアクアパレスの大きな強みといえる。籠状地下貯留装材の場合、このような柔軟性は無く、どのような条件であっても同一のビルディングブロックで貯留施設を建築する必要がある。

<sup>33</sup> シンシンプロック : <http://www.ssb.co.jp/>

<sup>34</sup> Atlantis 社 Flo-Tank :

<http://atlantiscorp.com.au/flo-tank-module/sortable-portfolio/vertical-gardens/logo/flo-tank-modules>

<sup>35</sup> 社名: SEKISUI CHEMICAL INDIA PVT. LTD.:

[http://www.sekisuichemical.com/company/asia\\_oceania/1235246\\_17646.html](http://www.sekisuichemical.com/company/asia_oceania/1235246_17646.html)

特長	アクアパレス	籠状の既存貯留材
構造的 多様性	<u>あり</u> 現場条件、使用目的に応じて構造を選択できる	<u>なし</u>
耐圧性能	<u>増減可能</u>	<u>一定</u>
高さ方向への 積み上げ	<u>制限なし</u> 10 m を超える超大型の貯留槽にも対応できる	<u>制限あり</u> 通常 4 m を超えると不安定化するものが多い
内部の点 検・清掃	<u>可能</u> 内部点検が可能で、清掃・修繕も行うことができる	<u>非常に難しい</u>

表 4-24. アクアパレス (A) と籠状の既存貯留材 (B) の比較  
(出典：JICA 調査団作成)

## 4.5 サプライヤーの状況

### 4.5.1 貯留装置の現地製造に必要なサプライヤーと要件

提案製品の現地製造には、1)アクアパレスを構成する 6 種の部材の射出成型加工に適するプラスチック成型加工会社 (外注先)、2)除塵管理柵の成型加工に適するコンクリート二次製品加工会社 (外注先)、3)塩ビ管のサプライヤー、4)遮水シートのサプライヤーを特定する必要がある。

#### (1) プラスチック成型加工会社

JETRO チェンナイ事務所のサービスを活用し、ピックアップした現地プラスチック成型加工会社下記 3 社の工場訪問・面談を行い、アクアパレスの部材の射出成型加工に適合しているか調査を行った。自動車部品の開発を進める現地企業の技術レベルは高く、製造委託における技術的な問題は無かった。現状では 2) National Plastic Group を外注先の一番手として想定している。製品単価に関しては、発注ボリュームにもよるが、本邦製造費の 40%程度での委託製造が可能であることが判明した。

表 4-25. 現地プラスチック成型加工会社の概要

会社名	1) ADS Associates	2) National Plastic Group	3) Injectoplast Pvt. Ltd.
売上/従業員	1.3億Rs/125名	25.3億Rs/800名	2.5億Rs/850名
主要拠点	Thirumudivakkam	Irungattukottai	Irungattukottai
製品	プラスチック異形押出やプラスチック射出成型による自動車用シート部品	プラスチック射出成型部品	自動車向けプラスチック射出成型部品(エンジン関連部品、ステアリング関連部品等)
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>●1999年創業●プラスチック異形押出やプラスチック射出成型による自動車用シート部品を製造●主にポリプロピレンやポリカーボネート、ポリエチレン等を使ったプラスチック部品の製造をしており、さらに耐衝撃性ポリスチレン(HIPS)等、対応可能な樹脂材料の範囲を徐々に拡大している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●1951年創業後、以下3社を順次設立・National Plastic Technologies Limited (1981)・National Polyplast (India) Limited (1991)・National Autoplast (2009)●自動車用や家電製品用のプラスチック射出成型部品や飲料用PETボトルの製造</li> <li>●IJCCI (IndoJapanChamberofCommerceinIndia)のメンバー企業●スリランカ、アフリカ向け輸出実績あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●1988年創業●チェンナイ市のほか、カンパール(デリーから約500キロ)に工場を保有●プラスチック溶接機や金型の開発、製造も社内内で実施●インド地場、日系、外資自動車メーカーと取引あり●売上の60%を北米およびアジア諸国に輸出</li> </ul>
外国製設備	●プラスチック射出成型機(日・米製)	●プラスチック射出成型機(日・米・独製)	●プラスチック射出成型機(独・台製)
日経企業への関心	以下の部品及び技術を有する日系企業との合弁もしくは技術提携●プラスチック射出成型用の金型デザイン・開発、製造●プラスチック樹脂素材のリサイクル技術(純度の高いPPのみを取り出す等特殊技術)●新しいプラスチック樹脂材料による射出成型技術	●製品や金型のデザイン技術にかかる提携●金型の開発・製造技術での提携●大型でかつ精密さが求められるプラスチック部品(運転席のインパネ等)を製造する日系企業との合弁/技術提携●プラスチック部品用の特殊なペインティングやコーティング技術における提携	●二重層プラスチック射出成型や射出成型プロセス自動化ソリューションの技術を有する企業との技術提携/合弁●コネクタ等、現状取扱いがない自動車部品分野での技術提携/合弁

(出典：JETRO タミル・ナドゥ州企業リスト100)

#### 1) ADS Associates

同社は冷蔵庫内の部品や自動車内装の部品といった、小さなプラスチック部材を製造している。射出成型及び押出成形機械を有しており、所有機械は最大4.2tである。機械はいずれも小型で、成形したプラスチック部材を人力でカットングしていた。

成型を行っているプラスチック素材はPP、PE、PPE、AVS、HIPS、PC、TPEで、上記プラスチックは全てバージンプラスチック(再利用ではない)である。リサイクル品は品質が安定しない為、使っていないとのことであった。トーテツのアクアパレスの部品のうち、小さい部品であれば作ることができるとコメントしており、大きいもの(50cm<sup>2</sup>)は分割、もしくはアウトソーシングにて対応すると述べている。

またPVC(塩化ビニル)パイプの取扱いはしていないが、2015年8月度にイギリス系の会社と協同して事業を開始する計画を有している。その事業開始前までは、外部調達可能である。敷地が余っており、在庫置場として使うこともでき

るとしていた。

## 2) National Plastic Technology Ltd<sup>36</sup>.

ペットボトル、自動車用部品、白物家電部品等を手広く作るプラスチック成型を行う大手成型会社である。取り扱うプラスチック素材は主としてPP、PE、PETであり、射出式、押出式いずれも可能であるとしている（ただし射出式がメインである模様）。射出式機械は42台あり、今後も増加していく計画である。所有機械の容量は最大2,000 tである。

バージンプラスチックだけでなくリサイクルPPも取り扱っている。但し、再利用品の品質は日本ほど良くはない。低価格にするためリサイクル品を使いたいという希望であれば質と価格見合いで判断する方が良いとのことである。プラスチック原料の調達には国内外問わず行っており、価格を安定させるため市場価格や為替をみてバランスを取っている<sup>37</sup>。

PVC（塩化ビニル）パイプは通常は成形していないが外部調達、或いは自社成形も可能である。しかし、その可否はボリュームで判断する。製品規格を伝えれば、直ぐに再利用・新品に関わらず直ぐに調達可能とコメントしている。

またインドには製品規格としてはISI（日本でいうところのJIS）があり、パイプの規格もあるはずとの情報を得た。

請負生産については、生産最小単位はないがとにかく量次第であり、量が出るのであればいくらかでも融通は利くとのことである<sup>38</sup>。顧客はサムソンやペプシコなどの大手の模様であった。

## 3) Injectoplast Pvt. Ltd.

自動車用部品（特に技術力を要する混合部品）を手広く作るプラスチック成型会社。機密情報に厳しく写真撮影不可であった。成型方法は、射出式のみであるが、トータツのアクアパレスの部材製造については「技術的にも全く問題ない」とのことであった。またアクアパレスのアイデアには高い興味を持った模様で、タンクを作る発想はあるが、構造物として水を溜める発想は面白い、とのことコメントを得た。しかし、価格はコンクリートで作る場合と比較すれば、日本の1/4にしないと価格重視のインドでは相手にされないのではないかと述べていた。日本における製造コストが500円程度の部品については、インドでは200円強で製造できると返答を得た。

プラスチックの中にステンレスを入れた自動車ドアや空洞が多い部品といった「難易度の高い」ものが多い。顧客はフォードやBMW、Hyundai等の大手自動車会社である。

## (2) コンクリート二次製品加工会社

今回の調査では情報収集できなかった。コンクリート二次製品加工は貯留槽以外の雨

<sup>36</sup>現地コンストラクターRCCから同社を推薦された。

<sup>37</sup>インドも石油化学品は活況でインド産原料の調達に懸念はないとのこと。

<sup>38</sup>例えとして、40,000 パーツ/月、少なくとも2,000 パーツ/月という数値が出た。

水関連技術で必要とされるため、事業が進んできた段階で再度調査することとする。

### (3) 塩ビ管サプライヤー

塩ビ管については、非常に多くのサプライヤーが存在するとともに、玉石混交であることが現地コンストラクターRCC及びいずれのサプライヤーよりも指摘された。現状ではプラスチックの成型加工会社が調達可能としており、成型加工会社を通じた調達を行うことを想定している。

### (4) 遮水シートサプライヤー

提案企業が想定するような遮水シートのサプライヤー及びそれを取り扱うシート工法の技術を有する企業を確認することは本調査においてはできなかった。

## 4.6 販売チャネル

### 4.6.1 パートナー選定

民生分野への提案技術の販売先はデベロッパーとなる。現在貯留装置「アクアパレス」の引き合いを受けている現地コンストラクターRCCは建築・設計会社であるが、不動産業も手がけている。具体的な内容はつめていないが、現地コンストラクターRCCはビジネスパートナーになることを希望しており、その際は資材の調達、現地製造委託先の選定を支援するとコメントしている。本提案技術の導入には施工も必要とされるため、住宅建設を行うコンストラクターは有力なパートナー候補といえる。現在アクアパレスの導入の商談を進めるとともに、RCC社の信用力を調査している。

一方工業分野においては、現地プラントエンジニアリング会社、Jay Dheep Techno Enterprises Private Limitedを現在では想定している。同社は工場用の防火システム、水道・ガス配管、空気調和設備の設置を行うエンジニアリング会社であり、トヨタ、日産-ルノー、ヒュンダイ、BMW、タタモーターズ等、大手企業を多くクライアントに持つ。工場には防火水槽として大規模の地下コンクリート貯水槽を現在導入しているが、安価なプラスチック貯留槽に興味を示しており、パートナー候補として想定している。

## 4.7 既存のインフラ(電気、道路、水道等)や関連整備等の整備概況

### 4.7.1 タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の水マネジメントに関する実状

チェンナイ市の上下水道運営は Chennai Metro Supply Water & Sewerage Board (CMWSSB)が行っている。民間企業・家庭における水供給はこの上水道が基本となるが、供給は基本的に間欠給水であり、特にモンスーン到来前の時期は給水が限定される。そのため、所有地に地下水を有する企業・住民はそれを利用している。

地下水が手に入らない場合、“Water Tanker”が頻繁に利用されている。Water Tankerは民間企業で、地方農村地域の地下水を農民から買い取り、それにプレミアムを乗せ販売している。10年前に150社あまり存在しており、現在はもっと増加していることが予想される。CMWSSBも水供給が間に合わない場合は、民間のWater Tankerに水供給を依頼している。また、Water Tankerの水は未処理であり、水質保障の証明はされていない。

家庭においては、飲み水としてボトルウォーターが広く普及している。

上水道（半年 10 ドル程度）、Water Tanker（1 トン 3 ドル～1.5 ドル程度）と非常に安価であり、市民は水をタダ同然のもの（ゴミを捨てることも同様）と考えている。そのため、水不足問題があるにも関わらず節水は進んでおらず、また水入手のために大きな初期投資をする可能性は低いとのことである。

#### 4.7.2 タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の雨水利用に関する実状

チェンナイ市及びタミル・ナドゥ州では民間企業・家庭の建造物の屋根からの採取した雨水を地下に浸透（涵養）させる設備の設置が義務付けられている。しかし、実際にどれだけ涵養できているかというモニタリングは無く、現在は建設時の簡易なチェックのみだけで運営されている。そのため、実際には地下涵養できていないケースも多いとのことである。

2001 年から政府によって開始された雨水涵養は、地下水保全の効果を生み出している。市民及び多くの政府関連組織は、“Rain Water Harvesting (RWH)” といえ、雨水地下涵養と考えており、住民・企業の間で雨水の貯水・直接利用は普及していない。雨水涵養の設備は非常に安価であり、CMWSSB はそれら安価な設備の使用を住民に推奨している。

しかし、タミル・ナドゥ州・チェンナイ市の雨水涵養を普及させた通称 “Water Woman” Santha Sheela Nair 氏（Vice Chairperson, Tamil Nadu State Planning Commission）をはじめ、雨水涵養について非常に造形の深い関係者は“雨水の貯水・直接利用”の有効性を認識していた。またタミル・ナドゥ州 Public Works Department (PWD) の Resource Data Centre では直接利用のプロジェクトも現在行っている。

### 4.8 社会・文化的側面(対象事業の文化的受容性や社会的影響等)

非常に安価な水道料金のため、上述のように住民は水をタダ同然のものと考えている。そのため、水不足問題があるにも関わらず節水の意識は非常に低い。現在の上水の固定料金制度を変更するのは、政治的に非常に難しいとされる。

また、政府によって開始された雨水涵養の Awareness 構築の効果もあり、市民及び多くの政府関連組織は、“Rain Water Harvesting (RWH)” といえ、雨水地下涵養と考えており、雨水貯留・直接利用のコンセプトは住民の間では殆ど知られていない。

インドではその性能が現地で実証された製品しか基本的には購入しないと、タミル・ナドゥ州・チェンナイ市におけるショーケース（モデルプロジェクト）の必要性を強調される。本提案技術はまだインドで設置・稼働実績が無いため、モデルプロジェクトにおいてその貯水性能、水質、施設安定性等を実証する必要がある。このようなパイロットプロジェクトを実施し、雨水貯留・直接利用のコンセプトを住民及び政府関連機関にアピールすることが、提案技術の普及には必須であると考えられる。

## 第5章 事業戦略

### 5.1 事業の全体像

本事業ではタミル・ナドゥ州チェンナイ市及びその近郊において、トーテツが保有するプラスチック製雨水貯留装置“アクアパレス”の製造・販売を行う。アクアパレスの製造は、現地プラスチック成型加工メーカーに製造委託するとともに、構成部品である塩化ビニル管を現地調達することで、製造コストの低減を進める。アクアパレスの販売方法としては、事業の初期段階では現地で普及していない“雨水貯留装置”として販促するのではなく、現地で広く使われているコンクリートタンクの代替としてまずは普及展開を狙う。ターゲットとしては、新設の集合住宅、ホテル・デパート等商業施設の貯水槽、工場等の防火水槽向けを想定している。顧客へのアプローチ・メンテナンスはパートナーシップを結ぶ現地コンストラクターを通じて行う。下図に、部品等の調達、生産（組立）、販売、メンテナンスサービス等の一連のプロセス、及びそれを行う組織を示す。

現地事業展開においては、まずトーテツが現地法人を単独で設立する。トーテツは外部製造委託した部品の組立を行う倉庫及びオフィスを所有することとなる。アクアパレスの販売については、集合住宅向けには現地コンストラクターである RCC と、製造工場向けについては現地エンジニアリング会社である Jay Dheep Tehcno Enterprises とパートナーシップを結び、進めていくことを計画している。

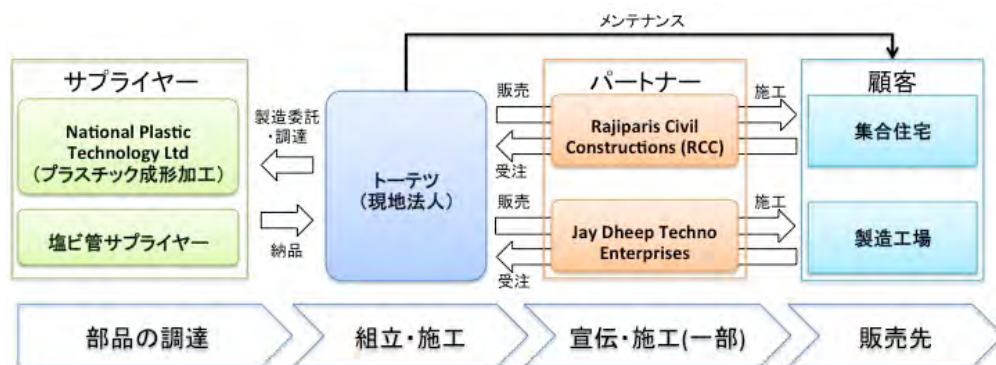


図 5-1. インドにおける事業展開のスキーム

(出典：JICA 調査団作成)

そして貯留装置として普及が進んだ段階で、アクアパレスの雨水貯留装置としての展開を図る。雨季に降水量が集中するタミル・ナドゥ州においては、残りの時期に使用できる雨水を貯水するために大きな貯水槽が必要となることに加え、長期間の安定した水質・水量の保存が課題となることが、日本の状況と大きく異なる。そのため、本製品の普及のためには、これらの課題がトーテツの技術によって解決できることを実証することが重要である。

## 5.2 提供する製品・サービス

本事業で提供する製品はプラスチック製雨水貯留装置“アクアパレス”である。アクアパレスの特徴として、中～大規模の貯留サイズで地下コンクリートタンクに対してコスト優位性を発揮できるところが挙げられる。

アクアパレスはプラスチックパーツ、及び塩化ビニル管から構成されている。プラスチックパーツは一つ一つがシンプルな構造をしており（コア部分については特許取得済み）、現地プラスチック成型加工会社に製造委託することが容易である。また構造体の中心を貫く塩化ビニル管については現地調達することが可能である。さらに塩化ビニル管においては、構造的に重要な部分では品質の高いもの、そうではない部分においては通常の品質のものを使用するなど、貯留装置の要件に合わせて品質を保ちつつ、コストの削減を図ることができるという特徴を有する。日本に比べ、コスト意識が非常に高いインドにおいては、このような品質とコストのバランスが重要になると考えている。製品価格のマイルストーンとしては、コンクリートタンクの場合の 15 Rs/L（約 30 円/L）とし、それより安価なものにすることを目指す。コスト優位性を発揮した上で、工期の短縮、人力での組立（建築重機を必要としない）が可能な点もアクアパレスのコンクリートタンクに対する優位性として挙げる。加えて、貯水した水の保管性についても、アクアパレスの場合は保守点検も可能ことから、コンクリートタンクと比較して遜色がない。これは籠上貯留材には無い特徴である。

製造コスト削減のアプローチとしては、下表のようなアプローチを採用し、全体として現在の設置コスト（土木工事除く）を 63%削減し、1 リットル当たり約 9.2 円を達成することを目指す。これにより、既存のコンクリートタンク（1 リットル当り 8～10Rs（約 16～20 円、土木工事費除く）に対してもコスト優位性を発揮して、市場に参入していくことを目指す。

コストダウン前		コストダウン後		
項目	価格 (円/500m <sup>3</sup> )	項目	コストダウン後 (円/500m <sup>3</sup> )	コストダウン方法
<b>材料費</b>	<b>11,320,000</b>	<b>材料費</b>	<b>4,382,000</b>	
貯留財アクアパレス	7,500,000	貯留財アクアパレス	2,700,000	・現地製造(60%ダウン) ・仕様最適化(10%ダウン)
遮水シート	1,720,000	コンクリート工法	1,032,000	・現地製造(40%ダウン)
保護シート	300,000		180,000	
逆流防止弁	100,000		60,000	
除塵管理機	1,200,000	現地初期浄化装置	60,000	・現地技術採用(95%ダウン)
配管用塩ビ管	200,000	配管用塩ビ管	140,000	・現地調達(30%ダウン)
その他	300,000		210,000	・現地調達(30%ダウン)
<b>施工費</b>	<b>815,000</b>	<b>施工費</b>	<b>203,750</b>	
貯留財アクアパレスの組立	500,000	貯留財アクアパレスの組立	125,000	・現地人材雇用(75%ダウン)
シート工	215,000	コンクリート工	53,750	・現地人材雇用(75%ダウン)
配管工	100,000	配管工	25,000	・現地人材雇用(75%ダウン)
<b>合計</b>	<b>12,135,000</b>	<b>合計</b>	<b>4,585,750</b>	
<b>合計(1m<sup>3</sup>当たり)</b>	<b>24,270</b>	<b>合計(1m<sup>3</sup>当たり)</b>	<b>9,172</b>	63%コストダウン

表 5-1. アクアパレスの現地製造によるコストダウン効果

(出典：JICA 調査団作成)

貯留装置を囲う構造については、日本ではシート工法を使用している。本事業においても、当初は現地にシート工法を移転することを計画していたが、今回の現地調査ではシート工法を実施している企業・職人は確認することができなかった。しかしその一方



で、コンクリート工法は広く普及していることが判明した。そこで、現地情報を考慮し、シート工法に代えて、針金を利用して外周部をコンクリートで形成する独自の方法を採用する方針を打ち立てた。検討の結果、構造的安定性と経済性の二つの面で実用化の見通しを得た。このトーテツ独自のコンクリート工法では、アクアパレスの外側をシートではなく、コンクリートで覆う。アクアパレスは横側からの外圧にも強い構造をしているため、コンクリート工法で壁を形成する場合よりも、コンクリートを薄くできる。現在の試算では、日本におけるシート工法と同等の製造コストで装置の導入が可能である。また本工法は、コンクリートを薄くできることに加え、針金を利用したコンクリートの壁打ちを行うため、コンクリートの乾燥も早く、工期の面でもシート工法と遜色が無い。以上のことから、今後、インドをはじめとする途上国に関してはこの方法を推奨し、普及を図っていく方針である。

また貯水した水の用途であるが、これはユーザー側の設置場所に依存する。あくまで雨水を貯留する目的の施設であり、飲料用による過等を行うわけではないため、直接飲料水として使用することは推奨できない。しかし、太陽光で稼働する殺菌機などとセット販売することで、飲料水の貯蔵槽として開発していくことも視野には入れている。

### 5.3 事業目標の設定(事業化に向けたシナリオ)

本事業においては、5年以内に国内売上高の20%強である年間1億円を売り上げることを数値目標とする。5年目以降は、アクアパレスを雨水貯留施設として本格的に普及を図り、年間20万トン(10,000トン/貯留槽×20回転/年、売上約2.5億円)の雨水直接利用のインパクトを生み出すことを長期目標とする。

事業化に向けたシナリオとしては、1)短期(事業開始後2年)、2)中期(2~5年目)、3)長期(5年目以降)の三つのフェーズに分けてそれぞれマイルストーンを設定した。以下に各フェーズにおけるマイルストーンを示す。

#### 4. 短期(事業開始後1年)

- 現地コンストラクターへのアクアパレス試験導入(プラスチックパーツ製造は日本)
- 現地コンストラクターへの技術移転
- アクアパレス導入試験
- 現地コンストラクターとの販売・設置パートナーシップ構築
- 現地プラスチック製造委託先決定
- 現地法人設立
- 現地工場(倉庫)借上

#### 5. 中期(2~5年目)

- アクアパレスの100%現地製造開始
- 現地プラントエンジニアリング会社との販売・設置パートナーシップ構築
- 地下コンクリートタンクの代替として民生部門への販売
- “プラスチック地下貯留装置”の市場形成
- 雨水貯留・直接利用の意義の啓発

## 6. 長期（5年目以降）

- 雨水貯留・直接利用装置としての販売
- タミル・ナドゥ州以外の地域への販売拡大

## 5.4 事業対象地の概要（候補地の比較分析、適地選定、技術的調査等）

事業対象地であるインド国タミル・ナドゥ州チェンナイ市は、①水不足問題の深刻さ、②アクアパレスによって代替可能な施設の存在、③関連産業の集積、④輸出入・他マーケットへのゲートウェイ、という4つの理由から選定した。下記詳細を述べる。

### ① 水不足問題の深刻さ

2章で詳細に述べたとおり、タミル・ナドゥ州は深刻な水不足問題を抱えており、将来的な雨水直接利用の普及ポテンシャルが非常に高いと判断した。

### ② アクアパレスによって代替可能な施設の存在

マーケットに全く存在していない商品を新たに普及させることは、そのメリットや意義を顧客に納得してもらう必要があるため、通常時間のかかるプロセスである。タミル・ナドゥ州においては雨水貯留・直接利用は普及しておらず、アクアパレスを“雨水貯留システム”として販売していくことは、パイロット事業等により、製品の既存の取り組みに対するコストメリット、利便性を実証することが非常に重要である。現地調査の結果、タミル・ナドゥ州においては水の貯留施設としてコンクリートタンク（Sump）が多くの施設に導入されていることが判明した。アクアパレスは、中～大規模の地下コンクリートタンクに対してコスト優位性を有することに加え、現地製造を進めることで更にコスト削減を進めることができる。そのため、事業初期段階においては、このコンクリートタンクに代わる製品として市場への展開を図ることが可能である。コンクリートの代替として販売することで売上を確保しつつ、新製品である雨水貯留施設としての普及展開に向けた準備を進めることができる。

### ③ 関連産業の集積

アクアパレスのインド普及に向けては、コストの低廉化が絶対条件であり、そのためには調達・製造を現地化することが必要不可欠であると認識している。タミル・ナドゥ州は“インドのデトロイト”と呼ばれるほど自動車産業、エレクトロニクス産業の集積地となっており、その部品を製造する現地企業も多く存在する。アクアパレスの現地製造には、プラスチック成型加工委託と塩化ビニル管の現地調達が必要となるが、今回の調査でこれらが可能であることが判明した。

### ④ 輸出入・他マーケットへのゲートウェイ

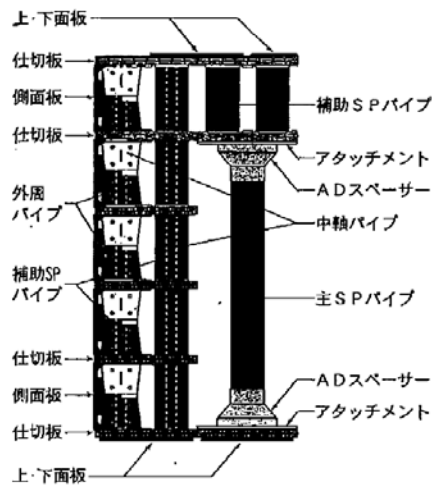
気候変動、人口増加、経済成長の影響で途上国における水不足問題はこれからも深刻化していくことが予想され、それに伴い雨水貯留技術のニーズも拡大していくと考えられる。インド国内においては、バンガロール、ハイデラバード、ムンバイ、コルカタが、国外においてはバングラデシュ、ミャンマーなども有望なマ

マーケットとして期待できる。チェンナイ市近郊の港湾は、南インドの輸出入のゲートウェイされている他、インド国内の他マーケットへのアクセスも期待できる。

# 第6章 事業計画

## 6.1 原材料・資機材の調達計画

本事業で必要となる原材料・資機材は図 6-1 の通りである。プラスチックパーツ①～⑦は現地プラスチック成型加工メーカーに製造委託を行う。また塩化ビニル管⑧～⑩については非常に多数のサプライヤーが存在することから、現地の情報に精通しているプラスチック成型加工メーカー、もしくはパートナーとなる現地コンストラクターを通じて調達する。塩化ビニル管については、インドでは EU の規格が使用されているため、プラスチックパーツとの接続部分に若干のサイズ差が生じる。この点については、プラスチックのスペーサーを使用することで対処する予定である。



① 上・下面板  
上面板と下面板を兼用。下面板として使用する場合は、平滑な面を下に、上面板として使用するときは、平滑な面を上になるようにセットします。

② 仕切板  
スペーサーパイプ(SPA)とともにアクアパレスの主要部を構成する部材。水平方向に一体化することにより、同一平面を形成する構造となっています。

③ アタッチメント  
仕切板とADスペーサーの間に介在して、これらを結合・一体化します。

④ ADスペーサー  
仕切板とアタッチメントを介し結合させることにより、主SPパイプに細い管が使用できるようになります。このことにより、貯水槽内に人による点検が可能となる空間が形成されます。

⑤ 外周パイプ  
2つを突き合わせ嵌ませ使用。側面板を通じて伝わる土圧をこのパイプで受け止めます。

⑥ 側面板  
側面からの土圧を直接受ける平面板です。背面にある4ヶ所の凸部が外周パイプに、上下のR面が仕切板に接して、圧力を分散します。

⑦ ジョイントコマ  
複数の仕切板を相互に連結して一体の平面を形成する結合ジョイントです。

⑧ 主SP(バーサ)パイプ  
VU200 (JIS規格またはJIS規格相当品)の使用を原則とします。ただし、T-6以下での構築の場合は、塩ビ再生・再利用パイプも使用します。

⑨ 補助SP(バーサ)パイプ  
φ125～250の塩ビ再生・再利用パイプを使用します。

⑩ 中軸パイプ  
φ50～100の塩ビ再生・再利用パイプを使用します。

図 6-1.アクアパレスの構成部材

(出典：JICA 調査団作成)

## 6.2 生産、流通、販売計画

初年度の試験導入においてはアクアパレスのプラスチックパーツの製造は日本で行い、塩化ビニル管については現地調達を行う。試験導入を通じて、技術移転・トレーニングを行うと同時に、次年度以降に現地製造を行うために、プラスチック成型加工メーカーとの契約、現地法人化手続き、倉庫の設立を進める。アクアパレスは顧客の発注に応じて製造する、受注生産のビジネスモデルをとるため、基本的には生産数＝販売数となる。現地製造を行うことで、製造コストを半額まで削減し、現地コンクリートタンクの 15 Rs/L に対して、アクアパレスはその半額以下を目指す。また五年目以降では雨水直接利用の大型貯留施設の初導入を目指す。また財務リスクを低減するために、受注生産の場合も前払い、あるいは半額払いを特に事業の初期段階においては徹底する方針である。

表 6-1. 生産・販売計画（受注目標ベース）

年度		2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
貯水槽	100 m <sup>3</sup> （住宅用）	5	10	20	30	40	50
	500 m <sup>3</sup> （防火水槽）	0	2	3	4	5	6
	4,000 m <sup>3</sup> （雨水貯留）	0	0	0	0	1	1
製造原価（施工費込）（万円）		1,031	2,061	3,607	5,153	10,820	12,366
売上高（万円）		1,718	3,435	6,011	8,588	18,034	20,610

（出典：JICA 調査団作成）

主要な取引先としては、現地コンストラクター（住宅用貯留槽、100 m<sup>3</sup>）、現地プラントエンジニアリング会社（工場用防火水槽、500 m<sup>3</sup>）を想定している。コンストラクターが主として、あるいはデベロッパーが企画する集合住宅、プラントエンジニアリング会社が製造会社から受注する工場建設の案件において、当該製品の導入を図る。具体的には1～2社のコンストラクター、プラントエンジニアリング会社とパートナーシップを締結することを計画している。

2015年-2016年についてはRCCが手掛ける住宅に合計500 m<sup>3</sup>の貯水槽を導入する。2017年には工場用防火水槽への導入を目指し、プラントエンジニアリング会社とパートナーシップを組み、工場への導入を目指す。また、住宅用についても1年目から導入規模を倍増させるために、社員の増員をする。3年目以降はそれまでの実績をもとに、営業活動の強化、さらには新規パートナーの発掘を勧め、さらなる販売台数の増加を狙う。そして5年目以降、地下プラスチック貯留槽が普及してきた段階で、アクアパレスの雨水貯留装置としての展開を図る。州政府機関や大学などの公共機関、さらにはホテル・ショッピングセンター、アミューズメントパークなど大規模なプロジェクトを進める企業にアプローチし、その導入を図る計画である。

## 6.3 要員計画、人材育成計画

現地法人の要員としては、現地法人の社長1名、マネージャー1名、作業員2名を想定している。現地法人の社長は本社出向者、マネージャー以下は現地採用を予定している。

表 6-2. 要員・人材育成計画

年度	2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
組織・人材育成計画	本社からエンジニアを派遣し、試験導入及び技術移転を実施。	本社からのエンジニア派遣・技術移転を引き続き実施。	-	-	大型貯留施設導入に伴い、人員補強。	-
人員構成	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 1 名	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 2 名	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 2 名	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 2 名	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 4 名	現地社長 1 名 Manager 1 名 作業員 4 名
新規雇用	2 名	1 名	-	-	2 名	-

(出典：JICA 調査団作成)

## 6.4 法人形態と現地パートナー企業の概要

法人形態としては、出資構成が日本側 100%の現地法人（製造会社）を設立する。この製造会社では、各種部材の調達・製造を現地下請協力業者に委託し、品質管理、部材の発送・組立等を行う。現地パートナー企業としては、現在コンストラクターとしてRCC、現地プラントエンジニアリング会社としてJay Dheep Techno Enterprises Private Limitedを想定している。RCCはデベロッパーとして集合住宅の設計・建設を行っており、社長の R. Jeykumar氏は雨水利用に関する知見も豊富であることから、アクアパレスにも高い関心を示している。アクアパレスの試験導入はこのRCCと行う予定であり、現在調整中である<sup>39</sup>。集合住宅向け貯水槽の設置は、このRCCとパートナーシップを結ぶことで行っていく予定である。

一方、Jay Dheep Techno Enterprises は工場用の防火システム、水道・ガス配管、空気調和設備の設置を行うエンジニアリング会社であり、トヨタ、日産-ルノー、ヒュンダイ、BMW、タタモーターズ等、大手企業を多くクライアントに持つ。工場には防火水槽として大規模の地下コンクリート貯水槽を現在導入しているが、安価なプラスチック貯留槽に興味を示している。アクアパレスの防火水槽としての活用はこの Jay Dheep Techno Enterprises とパートナーシップを構築し、進めていく方針である。以下に上記二社の基本情報を示す。

会社名	Rajparis Civil Constructions
所在地	Rajcourt, 30, Greams Lane, Thousand Lights, Chennai - 600 006, Tamil Nadu
TEL	+91-44-28290566
設立年	1980 年
売上	1 億 6 千万 Rs(2015 年)
事業内容	・集合住宅の設計・建築
Home Page	<a href="http://rajparis.in/index.php">http://rajparis.in/index.php</a>

<sup>39</sup> 既に 100 m<sup>3</sup>のアクアプラスの見積、仕様等を先方に伝えている。現地で直接話した際には、直ぐにでも導入したいという話であったが、12月に立て続けにチェンナイで発生した大洪水の影響もあり、現在は先方の動きが鈍っている。

会社名	Jay Dheep Techno Enterprises Private Limited
所在地	Plot No. 347 & 348, Third Main 4th Link Road, Nehru Nagar (Old Mahabalipuram Road), Kottivakkam, Chennai – 600 096, Tamil Nadu
TEL	+91-44-24540742
設立年	1991年
売上	6億 Rs/
事業内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WTP、ETP、STP、ROプラントの建設</li> <li>・防火システム、水道・ガス配管、空気調和設備 (HVAC) の設置</li> <li>・日本製の警報機を扱っている。</li> </ul>
Home Page	<a href="http://www.jaydheep.com/index.html">http://www.jaydheep.com/index.html</a>

## 6.5 事業費積算(初期投資資金、運転資金、運営維持保守資金等)

想定する事業費を下記の表に示す。現地会社は下請け会社から調達した部材の品質管理、部材の発送・組立等を行うものであるため、大型の設備投資の必要は無い。初期投資としては、法人設立費、倉庫借上費、プラスチックパーツ用の金型搬送費、技術移転のためのトレーニング費用、現地社員の雇用費が上げられる。また運営費としては、人件費、光熱費（オフィス）、メンテナンス費がある。メンテナンスについては、貯留した水の直接利用を行うことを鑑みて、貯留施設の定期点検を行う。メンテナンス費用については現在の想定で、売上の1%とした。以下に現在想定している投資・資金計画を示す。

表 6-3. 本事業で想定する事業費

(単位: 万円)

年度	2015-16	2017	2018	2019	2020	2021
会社設立費	100					
事務所兼工場 (倉庫) 賃料	100	100	100	100	100	100
倉庫設立費	100					
金型輸送費	80				80	
人件費 <sup>1</sup>	880	1,000	1,000	1,000	1,120	1,120
光熱費	50	50	50	50	50	50
メンテナンス費 <sup>2</sup>	17	34	60	86	86	180
会計士・顧問弁護士	100	100	100	100	100	100
年度合計	1,327	1,284	1,310	1,336	1,536	1,550
積算合計	1,327	2,611	3,921	5,257	6,793	8,343
備考 1: 人件費内訳(社長: 560 万円/年、マネージャー: 200 万円/年、エンジニア: 120 万円/年) 備考 2: メンテナンス費は売上の 1%を現在では想定。メンテナンスでは貯留装置の定期点検を行う。						

(出典: JICA 調査団作成)

## 6.6 財務分析(収支計画、事業キャッシュフロー、IRR)

想定する販売計画、事業計画をもとに分析した損益計算書、貸借対照表、キャッシュフロー計算書、収益性分析結果を示す。IRR（6年）で21.8%となった。

表 6-4. 損益計算書

損益計算書 (単位:千円)

事業年度	FY1	FY2	FY3	FY4	FY5	FY6
売上高 計	17,175	34,350	60,113	85,875	180,338	206,100
貯留槽販売	17,175	34,350	60,113	85,875	180,338	206,100
売上原価 計	12,795	25,591	44,784	63,977	134,351	153,545
製造原価(施工費込み)	10,305	20,610	36,068	51,525	108,203	123,660
付加価値税	2,490	4,981	8,716	12,452	26,149	29,885
減価償却費	0	0	0	0	0	0
<b>売上総利益</b>	<b>4,380</b>	<b>8,759</b>	<b>15,329</b>	<b>21,898</b>	<b>45,986</b>	<b>52,556</b>
販管費 計	12,272	12,844	13,101	13,359	15,359	15,503
事務所兼工場賃料	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
金型輸送費	800	0	0	0	800	0
人件費	8,800	10,000	10,000	10,000	11,200	11,200
光熱費	500	500	500	500	500	500
メンテナンス費	172	344	601	859	859	1,803
会計士・顧問弁護士	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>営業利益</b>	<b>-7,892</b>	<b>-4,084</b>	<b>2,228</b>	<b>8,539</b>	<b>30,627</b>	<b>37,052</b>
営業外費用 計	0	0	0	0	0	0
借入金支払利息	0	0	0	0	0	0
営業外収益 計	0	0	0	0	0	0
<b>税引前当期利益</b>	<b>-7,892</b>	<b>-4,084</b>	<b>2,228</b>	<b>8,539</b>	<b>30,627</b>	<b>37,052</b>
税金 計	0	0	1,491	5,716	20,501	24,802
法人税	0	0	1,491	5,716	20,501	24,802
<b>当期純利益</b>	<b>-7,892</b>	<b>-4,084</b>	<b>736</b>	<b>2,823</b>	<b>10,126</b>	<b>12,251</b>

(出典：JICA 調査団作成)

表 6-5. キャッシュフロー計算書

キャッシュフロー計算書 (単位:千円)

事業年度	FY1	FY2	FY3	FY4	FY5	FY6
営業CF 計	-7,892	-4,084	736	2,823	10,126	12,251
当期純利益	-7,892	-4,084	736	2,823	10,126	12,251
減価償却費	0	0	0	0	0	0
投資CF 計	0	0	0	0	0	0
設備投資	0	0	0	0	0	0
<b>FCF(営業CF+投資CF)</b>	<b>-7,892</b>	<b>-4,084</b>	<b>736</b>	<b>2,823</b>	<b>10,126</b>	<b>12,251</b>
財務CF 計	24,000	0	0	0	0	0
資本金投入	24,000	0	0	0	0	0
借入金受取	0	0	0	0	0	0
借入金返済	0	0	0	0	0	0
<b>当期キャッシュ増減</b>	<b>16,108</b>	<b>-4,084</b>	<b>736</b>	<b>2,823</b>	<b>10,126</b>	<b>12,251</b>
<b>キャッシュ残高</b>	<b>16,108</b>	<b>12,024</b>	<b>12,760</b>	<b>15,583</b>	<b>25,710</b>	<b>37,960</b>

(出典：JICA 調査団作成)



表 6-6. 貸借対照表

## 貸借対照表

(単位:千円)

事業年度	FY1	FY2	FY3	FY4	FY5	FY6
資産の部	16,108	12,024	12,760	15,583	25,710	37,960
流動資産	16,108	12,024	12,760	15,583	25,710	37,960
現預金(キャッシュ残高)	16,108	12,024	12,760	15,583	25,710	37,960
固定資産	0	0	0	0	0	0
建物・機器・土地	0	0	0	0	0	0
負債の部	0	0	0	0	0	0
流動負債	0	0	0	0	0	0
買掛金・短期借入金等	0	0	0	0	0	0
固定負債	0	0	0	0	0	0
社債・長期借入金等	0	0	0	0	0	0
純資産の部	16,108	12,024	12,760	15,583	25,710	37,960
資本金	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000	24,000
利益剰余金	-7,892	-11,976	-11,240	-8,417	1,710	13,960
総資本(負債+純資産)	16,108	12,024	12,760	15,583	25,710	37,960
自己資本比率(純資産÷総資産)	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(出典: JICA 調査団作成)

表 6-7. 事業収益性分析

## 事業採算性

(単位:千円)

事業年度	FY1	FY2	FY3	FY4	FY5	FY6
事業 CF	-7,892	-4,084	736	2,823	10,126	12,251
P-IRR (%)	21.8%					

(出典: JICA 調査団作成)

## 6.7 資金調達計画

当面の事業資金についてはトーテツの自己投資とすることを計画している。

## 6.8 許認可関係

チェンナイ市における法人設立のための各種手続きのフローチャート、詳細、についてJETROチェンナイ事務所が日系企業の支援を目的として、「会社・工場設立フローチャート」、「作業チェックリスト」を公表している<sup>40</sup>。以下に法人設立に関連する項目のフローチャートを転記する。

<sup>40</sup> インド・タミル・ナドゥ州チェンナイにおける「会社・工場設立フローチャート」及び「現地法人・工場設立のための各種手続きチェックリスト」、JETRO チェンナイ事務所、2015年1月  
[link: <http://www.jetro.go.jp/world/reports/2015/07001930.html>]



図 6-2. チェンナイ市における法人設立のための手続きのフローチャート  
 (出典：インド・タミル・ナドゥ州チェンナイにおける「会社・工場設立フローチャート」及び「現地法人・工場設立のための各種手続チェックリスト」)

## 6.9 リスク分析

現在想定されるリスクを抽出し、その確度・影響度の定性分析を行った。

表 6-8. 本事業において想定されるリスクとその対処法

リスク項目	リスク内容→対処方法	発生確率	影響度
金利上昇	インド中央銀行は現在インフレ率の低下を受け、金融緩和(利下げ)を進めている。しかし、インフレは庶民の暮らしを直撃する危険要因であるため、歴代政権は例外なくインフレ抑制に注力してきた。今後インフレ圧力が予見された場合、政策金利の引き上げがなされる可能性は否定できない。高金利は民間の設備投資、特に本事業のターゲットとなる新興住宅開発意欲を阻害する可能性がある。	中	中
海外直接投資(FDI)の伸び悩み	現在インドは積極的に海外直接投資を奨励しているが、高金利、外資規制緩和の不足などが原因で期待したほどに進まない可能性がある。製造業などの工場建設が鈍化すれば、本事業でターゲットとしてマーケットの縮小につながる可能性もある。	中	小
為替変動	為替については、受け取り配当金の金額に影響するものの限定的。 →2 年度以降は、資材調達・現地での販売(回収)、人件費の支払いは、現地通貨で実行し為替変動を受けないようにする。	中	小
調達コストの上昇	現在インド政府は原油安の恩恵をうけているが、一転して原油高基調による産業資材の価格上昇につながる可能性も十分にある。本事業で製造を委託するプラスチック加工パーツや塩化ビニル管の価格上昇による採算性悪化のリスクが想定される。 →化石燃料を輸入に頼るインドにおいてはある価格上昇に関しては官民の自助努力では対処しきれない点がある。しかし、調達先を複数確保しておくなどの対処は必須である。	中	大

賃料・人件費の高騰	インフレが続いており、賃金上昇率が高い(2014年ワーカー見込み:12.5%)。ジョブホッピングも頻発している(離職率(インド全域):ワーカー6.3%、スタッフ9.4%、管理職6.1%)している。日系企業などが欲しがる現地マネジャーなど中間管理職の層はきわめて薄く、せっかく育てた人材が同業他社に高給で引き抜かれる、といったケースが後を絶たない。このため、サラリーもさらに高騰し営業コスト押し上げの大きな要因となっている。またオフィス・工場賃料についても注意が必要である。大都市では公有地の放出が進まず、再開発も困難なためホテル・商業用地、住宅地などの供給が極めて限定されている。 →労使間のコミュニケーションを密にしながら、賃金設定においても慎重に対応する必要あり。工場賃料については、初期の契約条件などをよく確認しつつ、必要最低限の面積の倉庫を借りるなど、工夫を行う。	大	大
政治リスク	インドでは政権交代が起こると、以前の政党が企画していたプロジェクトを中止する傾向にある。政府関連プロジェクトで発注を受けた場合は注意が必要である。	小	小
財務リスク	現状では単品生産、かつ販路が限られているため、総体的に事業リスクは高い。また販売価格への製造原価の上昇分の転嫁は困難と思われる、原材料、人件費の上昇は即採算悪化になるリスクが高い。	大	大
契約不履行	インドでは契約があっても支払わないリスクが常に存在している。 →前払いを徹底する。	中	大
ビジネスパートナーとの関係性	製品の販路、施工を現地パートナーに依存しているため、パートナーとの関係性の構築、またその維持は非常に重要である。 →現地弁護士、会計士を活用し、パートナーシップについても明文化し、対応する。	大	大

(出典：JICA 調査団作成)

## 6.10 事業化までのスケジュール

事業化までのスケジュール、マイルストーンを以下に示す。現地での本格的な事業展開は2017年度からとなる。

表 6-9. 事業化までのスケジュール

マイルストーン	2015年				2016年												2017年		
	9月	10月	11月	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
1.現地コンストラクターへのアクアパレス試験導入	■	■	■	■	■	■													
2.現地コンストラクターへの技術移転				■	■	■													
3.導入試験実施評価				■	■	■	■												
4.現地コンストラクターとのパートナーシップ構築		■	■	■	■	■													
5.現地法人設立							■	■	■	■									
6.口座開設・税番号取得													■	■					
7.オフィス・倉庫賃貸契約									■	■	■	■	■	■					
8.労務関連規則整備													■	■	■	■	■	■	■

(出典：JICA 調査団作成)

## 6.11 環境・社会配慮

JICAが定める環境社会配慮ガイドライン<sup>41</sup>の“上水道”セクターのチェックリストのうち、現段階で潜在的な影響が考えられる項目としては、・自然環境-水象、・社会環境-生活・生計が挙げられる。下記にそれらの項目について検討した結果を示す。

表 6-10. 環境社会配慮チェックリスト

分類	環境項目	主なチェック事項	具体的な環境社会配慮
自然環境	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) 雨水を貯留・直接利用する場合、地表水、地下水の流れに影響を及ぼす可能性がある。インドにおいては雨季に降水が集中するために、その多くは海・河川に無効放流しており、都市洪水を引き起こすこともある。そのような雨水を貯留することについては自然環境への影響は少ないと予想される。一方、雨水は地下に浸透し、地下水を涵養しているケースも存在する。そのため、その多くが地下水涵養の役割を果たしている雨水の貯留・直接利用は地下水位に影響を及ぼす可能性がある。プロジェクト実施前に定量的な分析を行うことや、貯留装置のオーバーフローを効率良く地下水涵養にまわす構造を設置するなどの対策が必要となる。
社会環境	生活・生計	(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。 (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。	(a) 悪影響なし (b) 雨水貯留・直接利用を行うことで、ウォータータンカーの依存度の軽減、引いてはこれによりウォータータンカーが取水を行っていた地下水源の汲み上げが低減される可能性がある。

(出典：JICA 調査団作成)

<sup>41</sup> 国際協力機構 環境社会配慮ガイドライン, JICA, 2010年4月.

## 第7章 本事業を通じ期待される開発効果

### 7.1 本事業により裨益する対象者層の概要

本事業により開発効果を直接裨益する対象者は雨水貯留装置に貯蔵された水を使用する住民となる。具体的には集合住宅の居住者や、公園等の公共施設に雨水貯留装置が設置される場合はそのコミュニティに所属する住民となる。

### 7.2 本事業を通じ期待される開発効果

3章においてインドにおける雨水利用のポテンシャルで分析を行った通り、雨水貯留装置の導入により、雨水の水資源化が可能となる。以下に雨水貯留装置導入により満たすことができる水需要、利用可能となる年間水量、及び初期投資コスト、雨水利用 1L 当りの単価の関係を示す。

表 7-1. 雨水貯留施設導入の開発効果の定量指数

水需要 (L/人/日)	充足率(%)	雨水利用量 (L/人/年)	集水面積 (m <sup>2</sup> )	貯留槽 (L)	初期投資 (円)	雨水利用 1L 当りの単価(円)
3	80	876.0	3.0	300	7,500	8.56
	60	653.7	3.0	45	1,125	1.72
		653.7	1.5	60	1,500	2.29
		653.7	1.0	100	2,500	3.82
		653.7	0.5	150	3,750	5.73
	40	438.0	3.0	15	375	0.86
		438.0	1.5	23	563	1.28
		438.0	1.0	25	625	1.43
438.0		0.6	42	1,050	2.40	
10	80	2,920.0	10.0	1,000	25,000	8.56
	60	2,190.0	10.0	150	3,750	1.71
	40	1,460.0	10.0	50	1,250	0.86
50	80	14,600.0	50.0	5,000	125,000	8.56
	60	10,950.0	50.0	750	18,750	1.71
	40	7,300.0	50.0	250	6,250	0.86
100	80	29,200.0	100.0	10,000	250,000	8.56
	60	21,900.0	100.0	1,500	37,500	1.71
		21,900.0	33.0	3,300	82,500	3.77
	40	14,600.0	100.0	500	12,500	0.86
		14,600.0	20.0	1,400	35,000	2.40
135	80	39,420.0	135.0	13,500	337,500	8.56
	60	29,565.0	135.0	2,025	50,625	1.71
		29,565.0	45.0	4,500	112,500	3.81
	40	19,710.0	135.0	675	16,875	0.86
		19,710.0	27.0	1,890	47,250	2.40

(出典：JICA 調査団作成)

## 第8章 現地 ODA 事業との連携可能性

### 8.1 連携事業の必要性

本提案技術のビジネス展開には既述の通り、「ショーケース」が必須であり、そのような実証事業を通じ、本提案技術の性能を市場に理解してもらうことが必要である。

またタミル・ナドゥ州においては、雨水地下涵養は広く普及しているが、雨水の貯留・直接利用はほとんど普及していない。雨水の直接利用ポテンシャルがあるにも関わらず、住民たちは不足する水を“Water Tanker”に頼っている。Water Tanker は別の場所で大量の地下水の汲み上げを行っており、そのような場所では塩害被害の可能性もある。実証事業を通じて、雨水直接利用の有効性を証明することは、その地域の水需要を満たしつつ、別地域での地下水の過剰な揚水を防ぐ製品の普及に大きく貢献できる。結果として水の安定供給ならびに地下水保全という開発効果が期待できる。

以上のことから、プラスチック製雨水地下貯留システムを現地で実証・普及する事業との連携が、ビジネス的側面からも重要で、こうした事業にマッチしたプログラムとして、JICA の普及・実証事業が可能性として考えられる。

### 8.2 連携事業の内容と期待される効果

タミル・ナドゥ州の各種政府機関と面談を行い、ODA 事業との連携可能性を調査した。以下本提案事業に対する各機関の反応をまとめた。

- **Chennai Metro Water Supply and Sewerage Board (CMWSSB)**
  - チェンナイ市内の上下水道局。JICA 有償資金協力「チェンナイ海水淡水化プラント建設計画」のカウンターパート
  - 市内では地下涵養の取組しか行う予定は無く、直接利用のプロジェクトへの興味は限定的である。
- **Chennai Metro Rail Limited (CMRL)**
  - チェンナイ市内の地下鉄事業者。JICA 有償資金協力「チェンナイ地下鉄建設事業 (I) ~ (III)」のカウンターパート
  - 上水に関するプロジェクトは CMWSSB が担当しているので彼ら次第。JICA 有償資金協力との連携は難しいとの反応を得ている。
- **State Industries Promotion Corporation of Tamil Nadu Ltd. (SIPCOT)**
  - タミル・ナドゥ州の工業団地の開発を進める公社。
  - 上下水道については CMWSSB もしくは TWAD(後述) に委託している。SIPCOT は企業の水供給には関与しないため、カウンターパートとはなりにくい。
- **Tamil Nadu Water Supply and Drainage Board (TWAD)**
  - チェンナイ市以外のタミル・ナドゥ州の上下水道局。JICA 有償資金協力「ホゲナカル上水道整備・フッ素症対策事業」のカウンターパート。
  - 雨水の直接利用に興味あり。ODA モデルプロジェクトであればサイトの選定から

協力するとの反応を得て、地方大学でのモデルプロジェクトに関する Letter of Interest を受領した。

- **Public Works Department, Resource Data Center (PWD)**

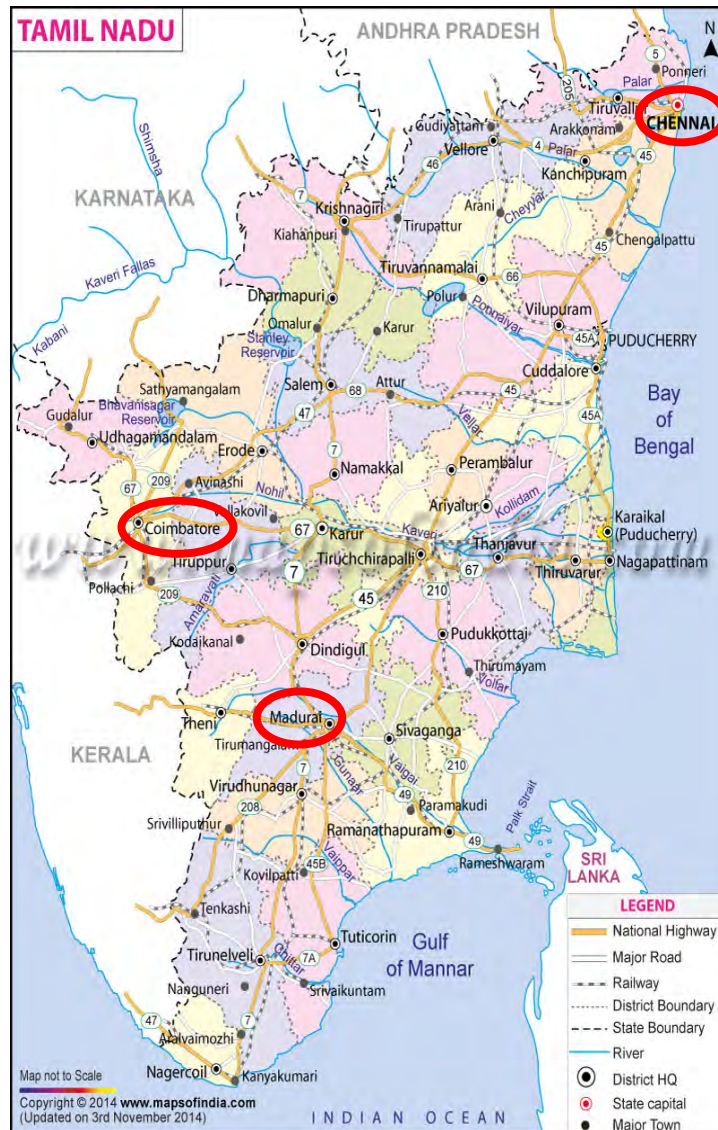
- 州全土のある観測地点（40 以上）で降水量、気温、地下水位などのデータ収集を行っている。集めたデータを解析して Rainwater Harvesting のプロジェクトを組成し実施している。主に灌漑を担当。
- 雨水の直接利用に強い興味あり。当所有地を ODA モデルプロジェクトサイトとするというアイデアが出た。

## 巻末資料: インドにおける雨水利用ポテンシャルのポテンシャル分析

### (1) 基本事項の整理

#### 1) 検討対象都市の選定

検討対象都市は資料が入手しやすいタミル・ナドゥ州の州都であるチェンナイ市とするが、降雨関連の検討では、人口百万人以上の都市とし、チェンナイ市のほか、下図に示すコインバートル、マドuraiとする。<sup>42</sup>



注：主要都市に赤丸を付す。

図 1. タミル・ナドゥ州地図<sup>43</sup>

<sup>42</sup> 出典： <http://www.jccic.com/abouttamilnadustate/statereview/>

<sup>43</sup> 出典： <http://www.mapsofindia.com/maps/tamilnadu/>



表 1 各都市の人口

都市名	人口		調査年	出典
	Metropolis (首都圏)	Metro (大都市)		
Chennai	4,646,732	8,653,521	2011	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Chennai">http://en.wikipedia.org/wiki/Chennai</a>
Coimbatore	1,050,721	2,136,916	2011	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Coimbatore">http://en.wikipedia.org/wiki/Coimbatore</a>
Madurai	1,017,865	1,462,420	2011	<a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Madurai">http://en.wikipedia.org/wiki/Madurai</a>

2) 降雨の状況

a. 降雨データ

タミル・ナドゥ州の主要都市における降雨資料は、NOAA Satellite and Information Service (US) <sup>44</sup> を用いることとし、近 10 ヶ年 (1995.01.01~2014.12.31) の降雨の状況を対象とした。

b. 降雨状況

タミル・ナドゥ州主要都市における近 10 ヶ年 (2005 年~2014 年) の降水量の状況を図 2、表 2 に示す。

図及び表を作成にあたっての注意点は以下のとおり。

- ・ インチをミリ換算とした。
- ・ Coimbatore では 2007 年 5/20, 8/28, 10/22, 2009 年 6/17 はデータ欠測。
- ・ NOAA には、Madurai は 1975 年 10 月~1998 年 4 月までのデータしかないことから、掲載しない。

降雨データより、以下の事項が分かった。

- ・ 年間降水量の 10 ヶ年平均は、チェンナイ市で 1478.2mm/年、コインバートルで 583.9mm/年、渇水年 (2012 年) はそれぞれ 1085.3mm/年、302.0mm/年と降水量が少ない。
- ・ チェンナイ市の年間降水量はコインバートルの 2~3 倍程度である。
- ・ 両都市とも日最大雨量は年間降水量の 1 割程度以上であり、発生頻度の少ない大雨が年間降水量に影響を及ぼしている。(連続無降雨日数は、チェンナイ市 92 日、コインバートル 114 日)

<sup>44</sup> 出典 : <http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdoselect.cmd?datasetabbv=GSOD&countryabbv=&georegionabbv=&resolution=40>

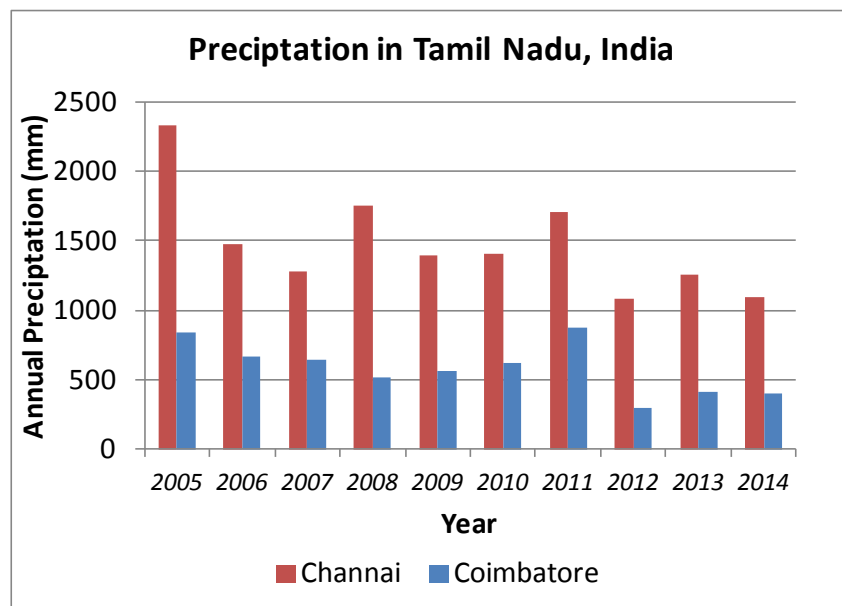


図 2. タミル・ナドゥ州主要都市における近 10 ヶ年の降水量

表 2. タミル・ナドゥ州主要都市における近 10 ヶ年の降水量

年	Chennai			Coimbatore			年間降水量の比率 Chennai① ÷ Coimbatore①
	①年間降水量 (mm)	②日最大雨量 (mm)	③=②÷①	①年間降水量 (mm)	②日最大雨量 (mm)	③=②÷①	
2005	2334.5	281.940	0.121	844.6	73.914	0.088	2.764
2006	1474.0	143.002	0.097	666.0	87.122	0.131	2.213
2007	1275.8	138.938	0.109	642.4	77.978	0.121	1.986
2008	1751.1	276.860	0.158	515.4	44.958	0.087	3.398
2009	1396.7	133.096	0.095	560.1	66.040	0.118	2.494
2010	1408.7	103.886	0.074	624.8	45.974	0.074	2.254
2011	1705.9	98.044	0.057	872.2	71.882	0.082	1.956
2012	1085.3	81.026	0.075	302.0	52.070	0.172	3.594
2013	1251.7	123.952	0.099	409.4	99.060	0.242	3.057
2014	1098.6	115.062	0.105	402.6	59.944	0.149	2.729
平均	1478.2			583.9			
最大	2334.5			872.2			
最少	1085.3			302.0			

### 3) 水利用状況

インドを対象とした文献「CATCH WATER WHERE IT FALLS TOOLKIT ON URBAN RAINWATER HARVESTING, Sunita Narain」(ISBN : 978-81-86906-65-1、以下「文献 1」と呼ぶ。) p32 のケーススタディによれば水利用計算に用いる水需要は下表が記載されている。また、チェンナイメトロによれば、旧チェンナイ市への平均給水量は、145L/日/人である。

**表 3. Calculating water demand**

Type of use	Unit requirement (liters)
Drinking	2/person/day
Hand wash	10/person/day
Sanitation	30/person/day
Water for industrial processing	2,000/day
Water for landscaping	10,000/day
Total	

Source : Comprehensive Water Management Solutions, Pune

また、インド政府組織である Central Public Health and Environmental Engineering Organization では合計 135 L/人/日が公表されており、135L/人/日は、チェンナイ市の 145 L/人/日とほぼ同程度であることがわかる。

**表 4. Central Public Health and Environmental Engineering Organization(CPHEEO) norms**

Parameter	Liters/person/daily
Drinking	3
Cooking	4
Bathing	20
Flushing (toilets)	40
Washing clothes	25
Washing utensils	20
Gardening	23
Total	135

Source : Central Public Health and Environmental Engineering Organization (CPHEEO), Union ministry of urban development, Government of India

## (2) 雨水利用のポテンシャル検討

近 10 ヶ年の実績降雨に基づき、雨水貯留槽を設けた場合の雨水利用ポテンシャルを算出した。

### 1) 屋根に降った降雨の収支モデル

#### a. モデル概念

屋根に降った降雨を雨水貯留槽へ導水し、貯留水を雑用水（散水、トイレ、あるいは冷却水）へ利用した場合の雨水利用高とオーバーフロー高（涵養高）を日単位で算出した。

注：雨水利用高、涵養高等は量を屋根面積で除した高さで算出。

算出モデル概念、フローを下図に示す。

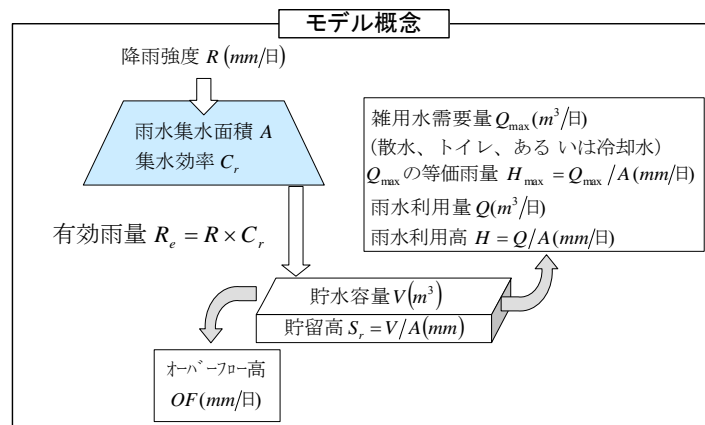


図 3. 屋根に降った降雨の収支算定モデル概念

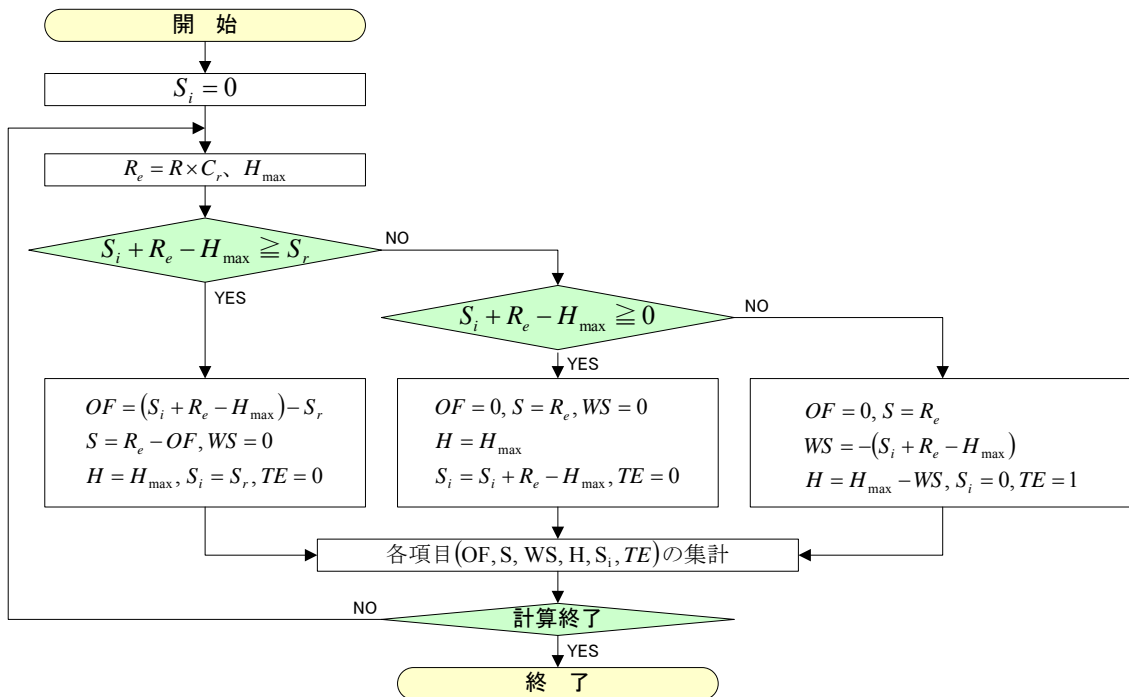


図 4. 屋根に降った降雨の収支算定モデルフロー

表 5. 記号の説明

記号	内容
$R$	降雨強度 (mm/日)
$A$	雨水集水面積 (m <sup>2</sup> )
$C_r$	集水効率
$S_i$	貯水タンク内残水高 (mm)
$R_e$	有効雨量 (= $R \times C_r$ )
$Q_{\max}$	雑用水需要高 (m <sup>3</sup> /日)
$H_{\max}$	$Q_{\max}$ の等価雨量 (= $Q_{\max}/A$ ) (mm/日)
$V$	貯留容量 (m <sup>3</sup> )
$S_r$	貯留高 (= $V/A$ ) (mm)
$OF$	オーバーフロー高 (mm/日)
$S$	雨水流入高 (mm)
$WS$	上水使用高 (mm)
$Q$	雨水利用量 (m <sup>3</sup> /日)
$H$	雨水利用高 (= $Q/A$ ) (mm/日)
$TE$	貯水タンク空き時間 (日)

b. 検討条件

検討条件を以下に示す。

表 6. 検討条件一覧

項目	条件	備考
検討対象年	2012 年 (チェンナイ、コインバートルとも)	近 10 ヶ年の渇水年 <sup>45</sup>
降雨強度 $R$	日雨量	2012 年 (365 日) の実績
集水効率 $C_r$	0.8	
雑用水需要量の等価雨量 $H_{\max}$	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10mm/日の 10 ケース	
貯留高 $S_r$	5,10,15,20,25,30,40,50,60,70,100mm の 11 ケース	
初期貯留高 $S_i$	2011 年 12 月 31 日貯留高	

<sup>45</sup> 注：収支算定計算は 2005 年 1 月 1 日～2014 年 12 月 31 日までの 10 ヶ年連続で計算実施。

c. 計算結果 (参考)

ここでは図 4 を理解するため、参考として計算結果の抜粋を示す。

表 7. (参考)コインバートルにおける降雨の収支算定結果(抜粋)

Simulation		$R$	$R_e$	$H_p$	$Judge$	$OF$	$S$	$WS$	$H$	$S_i$	$TE$
日数	年月日	雨量	有効雨量	雨水利用 可能高	$S_i+Re-H_p$	オーバーフロー 高	雨水流入 高	上水使用 高	雨水利用 高	貯水タンク内 残水高	貯水タンク 空日
		(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm/日)	(mm)	(日)
1	2005/1/1	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
2	2005/1/2	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
3	2005/1/3	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
4	2005/1/4	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
5	2005/1/5	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
6	2005/1/6	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
7	2005/1/7	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
8	2005/1/8	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
9	2005/1/9	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
10	2005/1/10	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
11	2005/1/11	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
12	2005/1/12	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
13	2005/1/13	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
14	2005/1/14	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
15	2005/1/15	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
16	2005/1/16	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
17	2005/1/17	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
18	2005/1/18	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
19	2005/1/19	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
20	2005/1/20	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
21	2005/1/21	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
22	2005/1/22	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
23	2005/1/23	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
24	2005/1/24	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
25	2005/1/25	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
26	2005/1/26	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
27	2005/1/27	0.25	0.20	1.50	-1.30	0.00	0.20	1.30	0.20	0.00	1
28	2005/1/28	1.02	0.81	1.50	-0.69	0.00	0.81	0.69	0.81	0.00	1
29	2005/1/29	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
30	2005/1/30	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
31	2005/1/31	7.11	5.69	1.50	4.19	0.00	5.69	0.00	1.50	4.19	0
32	2005/2/1	4.06	3.25	1.50	5.94	0.00	3.25	0.00	1.50	5.94	0
33	2005/2/2	0.00	0.00	1.50	4.44	0.00	0.00	0.00	1.50	4.44	0
34	2005/2/3	0.00	0.00	1.50	2.94	0.00	0.00	0.00	1.50	2.94	0
35	2005/2/4	0.00	0.00	1.50	1.44	0.00	0.00	0.00	1.50	1.44	0
36	2005/2/5	0.00	0.00	1.50	-0.06	0.00	0.00	0.06	1.44	0.00	1
37	2005/2/6	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
38	2005/2/7	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1
39	2005/2/8	0.00	0.00	1.50	-1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1

d. 検討内容と結果

<充足率>

・充足率： 年間雨水利用高 (mm) ÷ (雑用水需要量の等価雨量×365 日<sup>46)</sup>)

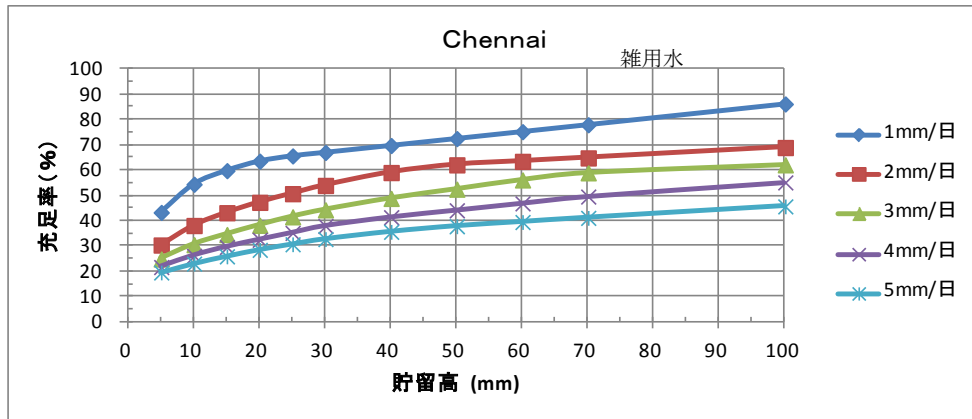


図 5. チェンナイ市における充足率(渇水年:2012 年)

表 8. チェンナイ市における充足率(%:渇水年:2012 年)

貯留高Sr mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	43.2	30.3	24.8	21.6	19.5	17.7	16.3	15.2	14.4	13.6
10.0	54.4	38.0	30.5	26.1	23.0	20.6	18.9	17.5	16.4	15.5
15.0	59.7	43.1	34.5	29.5	25.8	23.1	21.1	19.4	18.0	16.9
20.0	63.5	47.2	38.1	32.4	28.4	25.4	23.0	21.1	19.4	18.1
25.0	65.6	50.6	41.5	35.1	30.6	27.4	24.9	22.6	20.8	19.2
30.0	66.9	53.9	44.2	37.9	32.7	28.9	26.2	23.8	21.7	20.0
40.0	69.7	59.0	48.8	41.3	35.6	31.2	27.8	25.0	22.9	21.1
50.0	72.4	62.0	52.4	44.1	37.8	32.6	28.9	26.1	23.8	21.9
60.0	75.1	63.4	56.1	46.8	39.4	34.0	30.1	27.1	24.7	22.8
70.0	77.9	64.8	58.9	49.5	41.1	35.4	31.3	28.1	25.6	23.6
100.0	86.1	68.9	62.0	55.1	45.6	38.8	34.1	30.4	27.5	25.2

<sup>46</sup> 注：渇水年（2012 年）は、閏年ではない。（365 日）

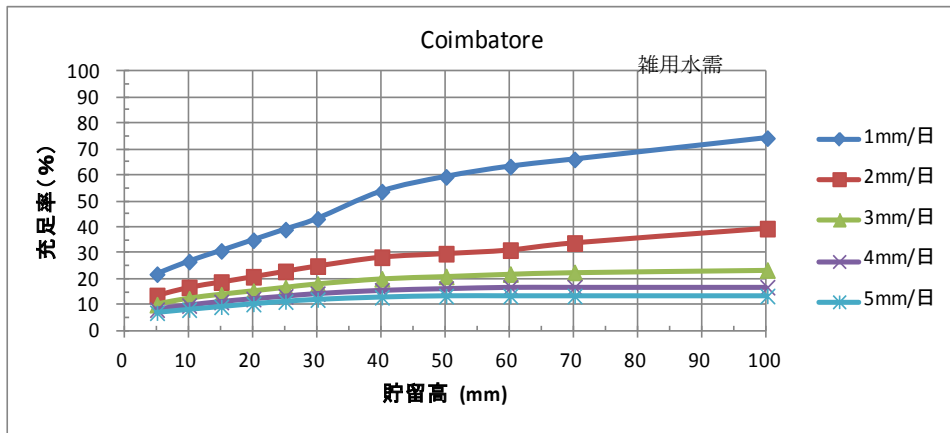


図 6. コインバートルにおける充足率(渇水年:2012 年)

表 9. コインバートルにおける充足率(%: 渇水年:2012 年)

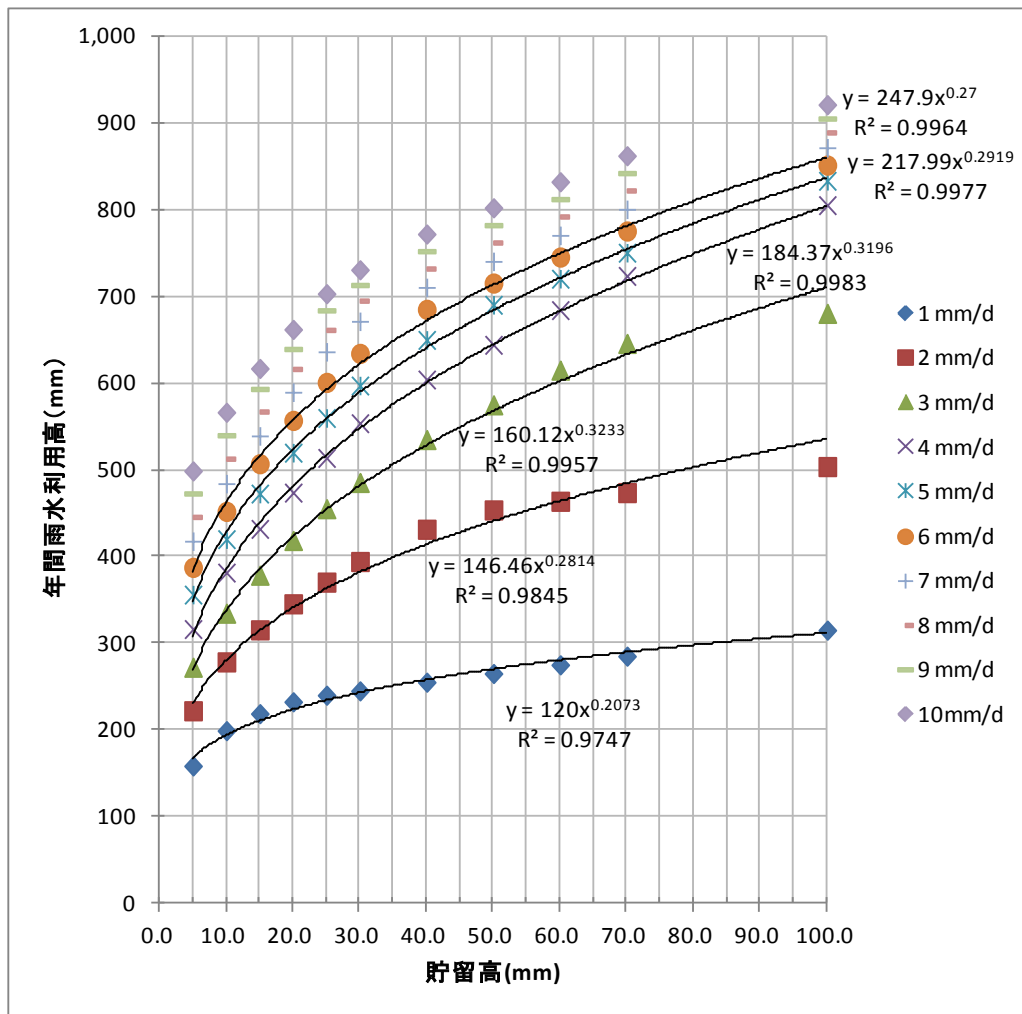
貯留高Sr mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	21.8	13.6	10.1	8.1	6.9	6.1	5.4	4.9	4.5	4.3
10.0	26.7	16.7	12.4	9.7	8.1	7.0	6.3	5.7	5.3	4.9
15.0	30.8	18.8	13.9	11.1	9.2	8.0	7.1	6.4	5.9	5.5
20.0	34.9	20.8	15.3	12.3	10.3	8.9	7.8	7.1	6.5	6.0
25.0	39.0	22.9	16.7	13.3	11.2	9.7	8.5	7.6	6.9	6.3
30.0	43.1	24.9	18.0	14.3	12.0	10.3	8.9	7.9	7.2	6.6
40.0	53.7	28.4	20.0	15.6	12.9	11.0	9.5	8.3	7.4	6.6
50.0	59.3	29.7	21.0	16.3	13.4	11.1	9.5	8.3	7.4	6.6
60.0	63.3	31.1	21.9	16.8	13.4	11.1	9.5	8.3	7.4	6.6
70.0	66.0	33.8	22.5	16.8	13.4	11.1	9.5	8.3	7.4	6.6
100.0	74.3	39.4	23.4	16.8	13.4	11.1	9.5	8.3	7.4	6.6



<年間雨水利用高>

・年間雨水利用高：貯留高×充足率×必要回転数

ここに、必要回転数＝雑用水需要量の等価雨量×365日÷貯留高

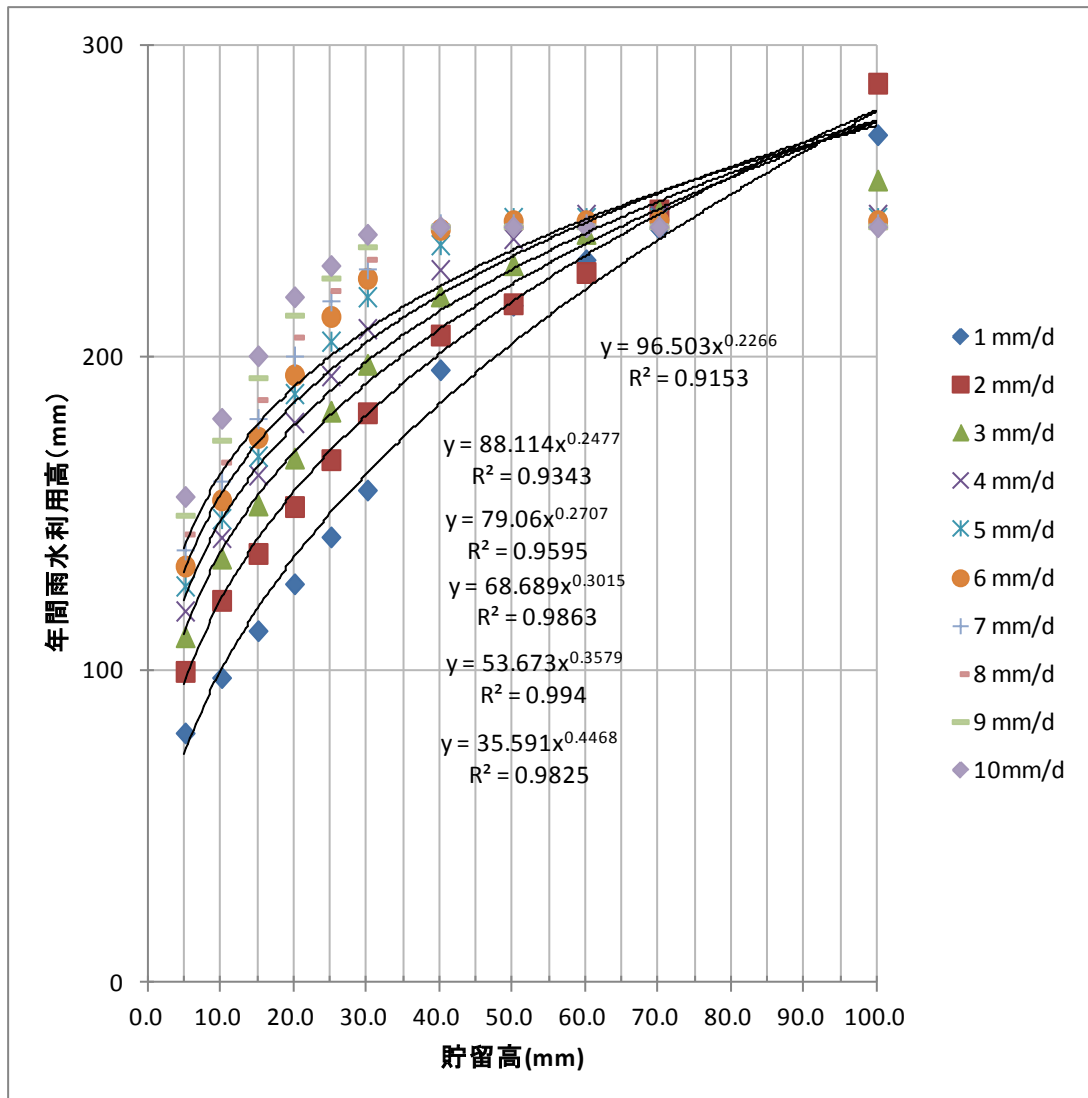


注：図中の式は、近似式及び相関係数

図 7. チェンナイ市における年間雨水利用高(渇水年:2012 年)

表 10. チェンナイ市における年間雨水利用高(mm:渇水年:2012 年)

貯留高Sr mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	158	221	272	316	355	387	417	445	472	498
10.0	198	278	334	381	419	451	483	512	539	565
15.0	218	315	378	431	472	506	538	566	592	616
20.0	232	345	418	473	519	556	589	615	638	661
25.0	239	370	454	513	559	600	635	660	683	702
30.0	244	393	485	553	596	633	670	694	712	730
40.0	254	431	534	603	649	684	709	731	751	771
50.0	264	453	574	643	689	714	739	761	781	801
60.0	274	463	614	683	719	744	769	791	811	831
70.0	284	473	645	723	749	774	799	821	841	861
100.0	314	503	679	804	832	850	870	888	904	920



注：図中の式は、近似式及び相関係数

図 8. コインバトルにおける年間雨水利用高(渇水年:2012 年)

表 11. コインバトルにおける年間雨水利用高(mm:渇水年:2012 年)

貯留高Sr mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	80	99	110	119	127	133	138	143	149	155
10.0	97	122	136	142	148	154	160	166	173	180
15.0	112	137	153	162	168	174	180	186	193	200
20.0	127	152	168	179	188	194	200	206	213	219
25.0	142	167	183	194	205	213	218	221	225	229
30.0	157	182	198	209	219	225	228	231	235	239
40.0	196	207	219	228	236	241	243	242	242	242
50.0	216	217	229	238	245	244	243	242	242	242
60.0	231	227	239	246	245	244	243	242	242	242
70.0	241	247	247	246	245	244	243	242	242	242
100.0	271	288	257	246	245	244	243	242	242	242

<近似式係数関連>

渇水年(2012年)における図9および図10における近似式  $y = ax^b$  の係数  $a$  および  $b$  の雑用水需要量の等価雨量との関係を以下に示す。

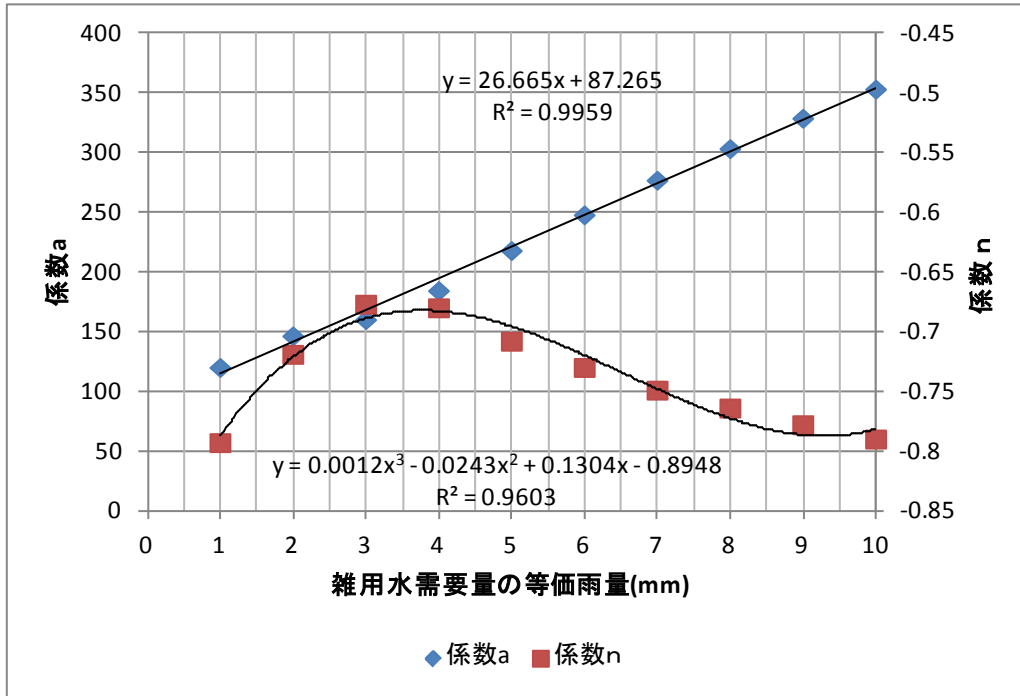


図9. チェンナイ市の近似式係数の関係(渇水年:2012年)

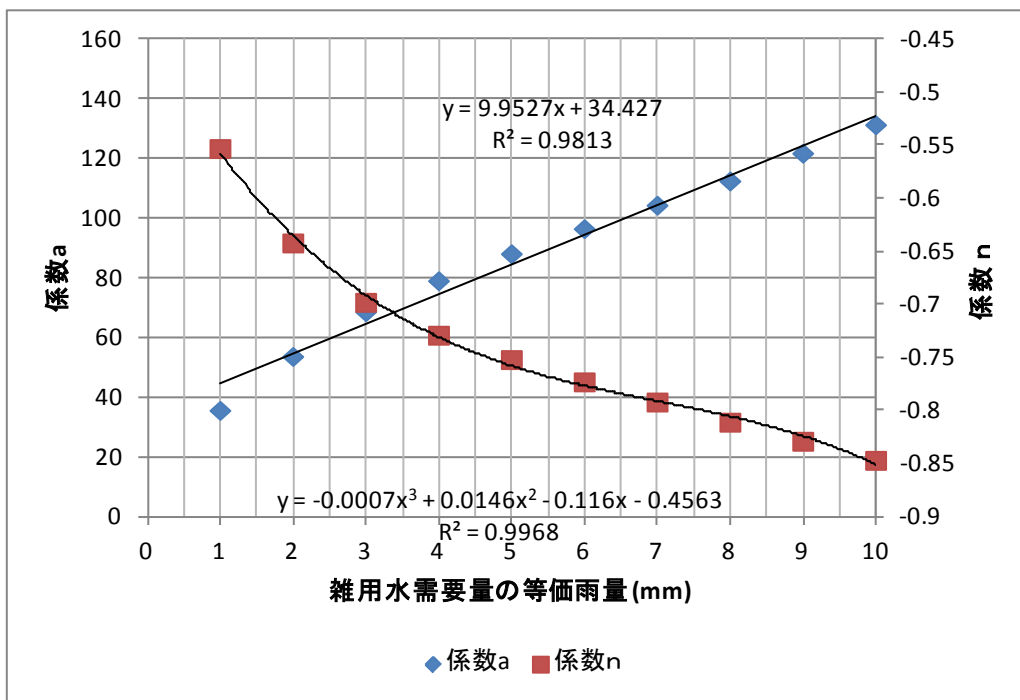


図10. コインバートルの近似式係数の関係(渇水年:2012年)

<年回転数>

- ・年回転数 = 年間雨量利用高 ÷ 貯留高
- ・貯留高 = 貯留量 ÷ 屋根面積

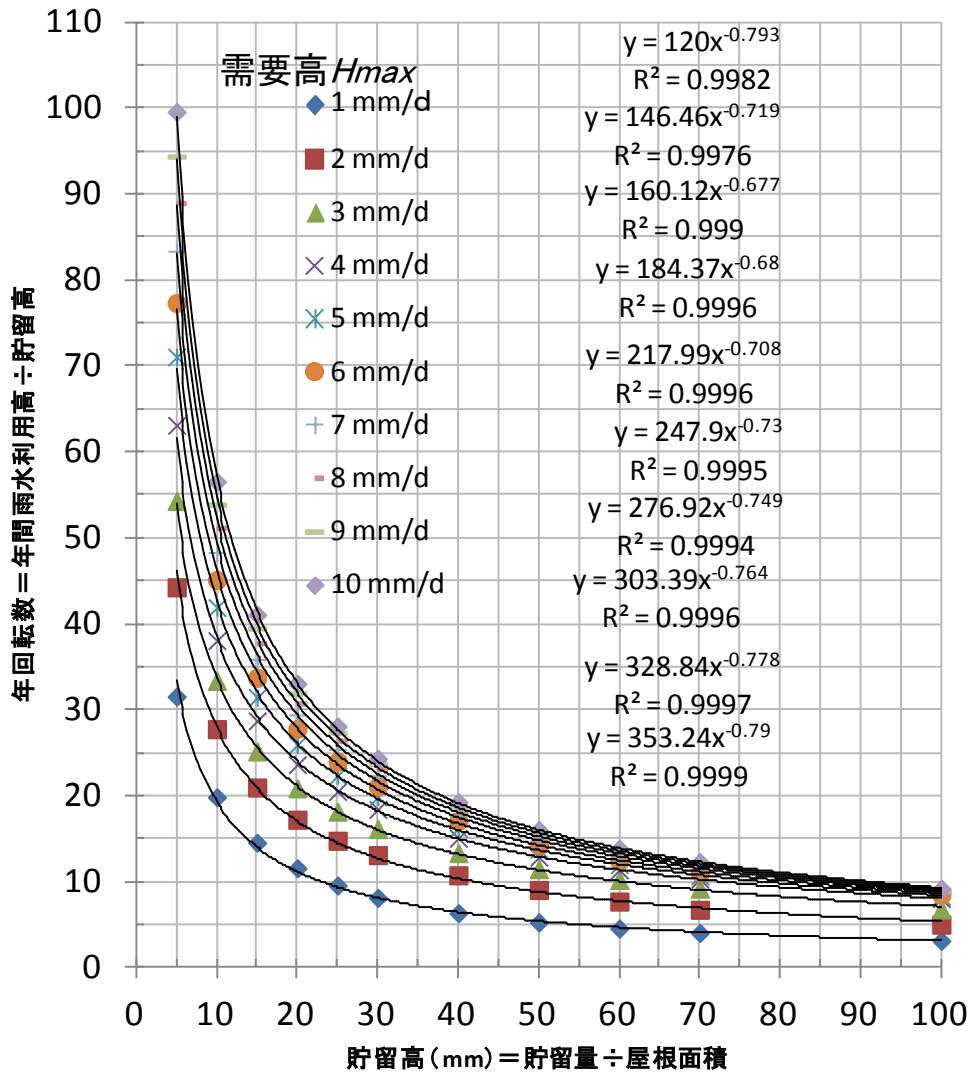


図 11. チェンナイ市の年回転数～貯留高の関係(渇水年:2012 年)

表 12. チェンナイ市の年回転数～貯留高の関係(渇水年:2012 年)

貯留高Sr mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	32	44	54	63	71	77	83	89	94	100
10.0	20	28	33	38	42	45	48	51	54	57
15.0	15	21	25	29	31	34	36	38	39	41
20.0	12	17	21	24	26	28	29	31	32	33
25.0	10	15	18	21	22	24	25	26	27	28
30.0	8	13	16	18	20	21	22	23	24	24
40.0	6	11	13	15	16	17	18	18	19	19
50.0	5	9	11	13	14	14	15	15	16	16
60.0	5	8	10	11	12	12	13	13	14	14
70.0	4	7	9	10	11	11	11	12	12	12
100.0	3	5	7	8	8	9	9	9	9	9

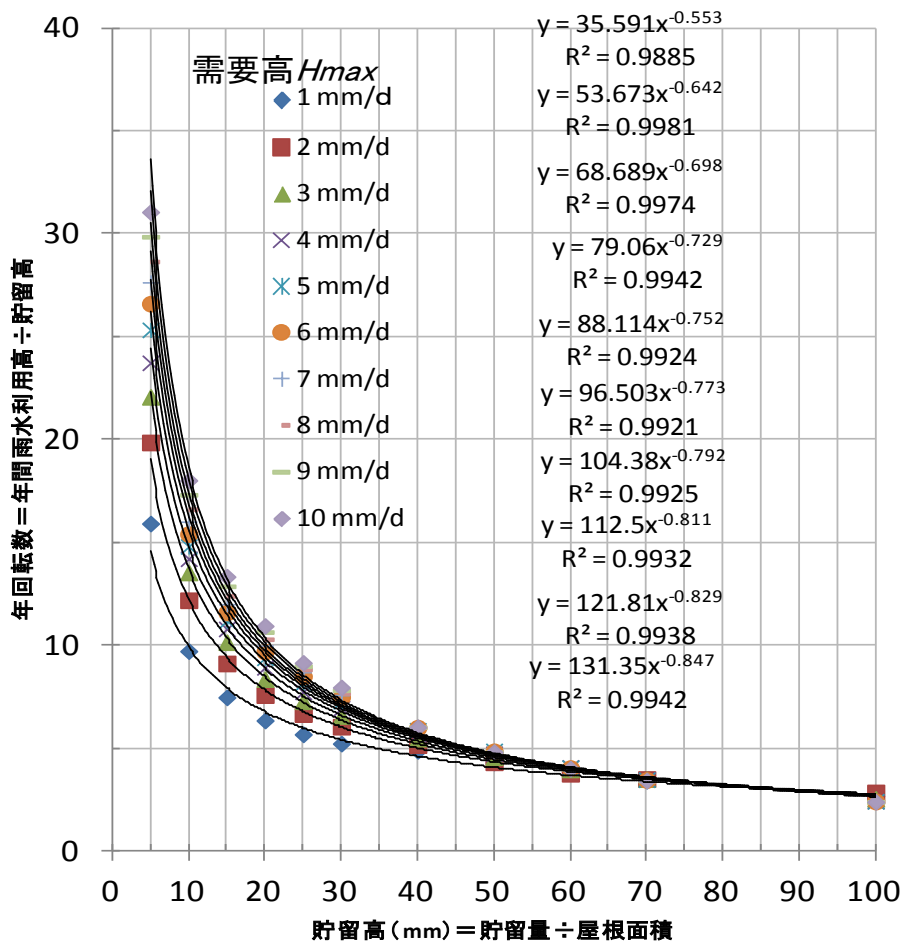


図 12. コインバトルの年回転数～貯留高の関係(渇水年:2012年)

表 13. コインバトルの年回転数～貯留高の関係(渇水年:2012年)

貯留高 $S_r$ mm	雑用水需要量の等価雨量 mm/日									
	1.0	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.0	16	20	22	24	25	27	28	29	30	31
10.0	10	12	14	14	15	15	16	17	17	18
15.0	7	9	10	11	11	12	12	12	13	13
20.0	6	8	8	9	9	10	10	10	11	11
25.0	6	7	7	8	8	9	9	9	9	9
30.0	5	6	7	7	7	8	8	8	8	8
40.0	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
50.0	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
60.0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
70.0	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3
100.0	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2