

平成 24 年度政府開発援助
海外経済協力事業委託費による
「ニーズ調査」

ファイナル・レポート

インドネシア共和国 カンボジア王国
インド ケニア共和国

都市周辺部及び村落散在地域への浄水供給拡大に向けた
小規模分散型浄水装置の普及展開

平成 25 年 3 月
(2013 年)

パシフィックコンサルタンツ株式会社・メタウォーター株式会社
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、パシフィックコンサルタンツ株式会社・メタウォーター株式会社共同企業体が実施した平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費によるニーズ調査の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたものではありません。

また、本報告書では、受託企業によるビジネスに支障を来す可能性があるとは判断される情報や外国政府等との信頼関係が損なわれる恐れがあるとは判断される情報については非公開としています。なお、企業情報については原則として2年後に公開予定です。

目 次

巻頭写真	i
要旨	iii
はじめに	ix

第 1 章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認 1

1. 1 インドネシア共和国	1
1. 1. 1 インドネシア共和国の政治・経済の概況	1
1. 1. 2 インドネシア共和国の給水分野における開発課題の現状	2
1. 1. 3 インドネシア共和国の給水分野の関連計画、政策及び法制度	2
1. 1. 4 インドネシア共和国の給水分野の ODA 事業の事例分析	5
1. 1. 5 調査対象地域の現状と課題	7
1. 1. 6 調査対象地域のニーズ	16
1. 2 カンボジア王国	18
1. 2. 1 カンボジア王国の政治・経済の概況	18
1. 2. 2 カンボジア王国の給水分野における開発課題の現状	19
1. 2. 3 カンボジア王国の給水分野の関連計画、政策及び法制度	21
1. 2. 4 カンボジア王国の給水分野の ODA 事業の事例分析	26
1. 2. 5 調査対象地域の現状と課題	29
1. 2. 6 調査対象地域のニーズ	33
1. 3 インド	35
1. 3. 1 インドの政治・経済の概況	35
1. 3. 2 インドの給水分野における開発課題の現状	35
1. 3. 3 インドの給水分野の関連計画、政策及び法制度	36
1. 3. 4 インドの給水分野の ODA 事業の事例分析	38
1. 3. 5 調査対象地域の現状と課題	39
1. 3. 6 調査対象地域のニーズ	43
1. 4 ケニア共和国	46
1. 4. 1 ケニア共和国の政治・経済の概況	46
1. 4. 2 ケニア共和国の給水分野における開発課題の現状	46
1. 4. 3 ケニア共和国の給水分野の関連計画、政策及び法制度	47
1. 4. 4 ケニア共和国の給水分野の ODA 事業の事例分析	52
1. 4. 5 調査対象地域の現状と課題	54

1. 4. 6	調査対象地域のニーズ	60
第 2 章	我が国中小企業等が有する製品・技術の分析	63
2. 1	中小企業等の製品・技術を活用する場合に求められるニーズ	63
2. 1. 1	調査対象地域が求める技術要件	63
2. 1. 2	要件を満たす小規模分散型浄水装置	65
2. 2	中小企業等が有する製品・技術を取り巻く環境.....	66
2. 2. 1	中小企業水処理製造業界の概要	66
2. 2. 2	中小企業水処理製造業界の規模	66
2. 3	活用が見込まれる中小企業の製品・技術の強み.....	69
2. 3. 1	小規模分散型浄水装置の強み.....	69
2. 3. 2	本邦製品の強み	72
2. 4	海外の同業他社、類似製品・技術の概況	77
2. 4. 1	類似製品に関する海外同業他社の動向	77
2. 4. 2	対象国での類似製品の導入状況.....	78
第 3 章	中小企業等が有する製品・技術等のODA事業における活用可能性等の分析.....	81
3. 1	対象国が抱える当該開発課題解決のために活用が期待できる中小企業等が有する製品・技術等.....	81
3. 1. 1	インドネシア共和国の開発課題	81
3. 1. 2	カンボジア王国の開発課題.....	81
3. 1. 3	インドの開発課題	82
3. 1. 4	ケニア共和国の開発課題	82
3. 2	中小企業等が有する製品・技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および当該開発課題解決への 貢献度.....	84
3. 2. 1	インドネシア共和国のモデル地域における新規 ODA 事業	84
3. 2. 2	カンボジア王国のモデル地域における新規 ODA 事業.....	85
3. 2. 3	インドのモデル地域における新規 ODA 事業	91
3. 2. 4	ケニア共和国のモデル地域における新規 ODA 事業	93
3. 3	既存 ODA 事業との効果的な連携策(案)	98
3. 3. 1	各国政府等関係機関の意向	98
3. 3. 2	既存 ODA 事業との連携策(案).....	101
第 4 章	中小企業等が有する製品・技術等を活用したビジネスの可能性	103
4. 1	ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ	103
4. 1. 1	本邦中小企業の海外進出に対する意向調査.....	103
4. 1. 2	課題への対応策	104
4. 1. 3	中長期ビジネス展開のシナリオ	107

4.2 中小企業の海外展開による地域経済への貢献	108
4.2.1 地域経済への貢献度推定の手順.....	108
4.2.2 各対象国のニーズ量の推計	108
4.2.3 カンボジア案件の地域経済への貢献.....	110

巻 頭 写 真



インドネシア・パダン市の災害対応用給水車



インドネシア・パダン市で住民が利用している水路



インドネシア・パダン市中心部の水が出ない水栓



インドネシア・ベンカリスの泥炭湿地帯の原水



カンボジア・シェムリアップ州の Phang 川



カンボジア・シェムリアップ州 個人住宅の浅井戸



カンボジア・カンダール州 Luek Dach 郡の水売り



カンボジア・シェムリアップ州の農業用水路



インド・バドラプール市での河川水質検査



インド・バドラプール市のアパート共同井戸



インド・ムンバイ近郊で泳ぐ子供



インド・バドラプール市で水を運ぶ女性



ケニア・キトゥイ県の Ikoo 川と水汲みの子供たち



ケニア・キトゥイ県内のロバでの水の運搬



ケニア・キトゥイ県内の営業中のウォーターキiosk



ケニア・キトゥイ県内の村民へのインタビュー

要 旨

1. 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1) インドネシア・パダン市

不健全経営と評価される上水道事業体（PDAM）が多く、農村部や都市周辺部からの人口流入による需要増に対応するための施設整備が追いついていない。

2015 年の安全な飲料水へのアクセス率は都市部 75.3%、農村部 65.8%を目標とするが、2011 年時点では都市部 52.2%、農村部 57.9%と、いずれも目標に届いていない。農村部では PAMSIMAS プロジェクトという簡易給水施設整備事業を実施しているが、既製品の浄水装置の設置事例は無く、維持管理の持続性も問題視されている。

対象地域に選定したパダン市の上水道事業主体である PDAM Kota Padang の給水率は約 65%で、残りの約 35%は各戸もしくは住民共同で設置されている浅井戸、雨水や河川水の直接利用、PAMSIMAS プロジェクトによる簡易給水施設など、浄水供給がされていない。さらに、近年の洪水による上水道施設被害により、給水が不十分な地区が散在しており、2012 年 7 月の洪水以降も給水車による非常時対応が続いている。

西スマトラ沖地震からの復興としての配管更新や無収水率の改善が滞る中、洪水等の自然災害も頻発していることから、都市型上水道施設とは独立した緊急対応時の浄水装置の活用が求められる。また、災害時は避難所や取水箇所などが流動的となることから、車載型など機動性のある装置の導入が求められる。

2) カンボジア・カンダール州及びシエムリアップ州

河川水は、下水道施設の不備や農薬の混入等により汚染が進んでいる。地下水はメコン川流域の砒素汚染が深刻な問題である。

数千人規模の村落が農村部に散在しており、都市型の上水道システムではコスト高になるため水道普及率が低い。国のミレニアム開発目標値は比較的低く、現実的な値を設定しているが、それでも農村部の達成率は 41%では目標値の 45%に届いていない。

対象地域に選定したカンダール州及びシエムリアップ州には、共に数千人規模の村落が散在し、近隣にダム等の水質の良い水源を確保することが困難な地域であるため、濁度変動幅が 20～500NTU のメコン川など高濁度の原水の利用、あるいは各村落の近辺に分散する浅井戸など小規模水源の利用が求められる。

3) インド・バドラプール市

特に都市周辺部において、人口急増に伴う水需要増加に対して給配水システムが追いつかず、間欠給水や高い無収水率の問題が顕著となっている。上水道施設整備には、申請から完工まで数年かかるため、その間の応急的な給水能力増加が求められる一方で、民間デベロッパーによる住宅開発が盛んで、これらは上水道施設整備を待たずして建設されている。

対象地域に選定したバドラプール市では、都市周辺部の急激な人口増加への対応として、公共水道事業体、民間住宅デベロッパー双方とも、施設整備が完了する間までの一時的な給水措置対応を求めている。公共水道施設整備後は、多くの他の地域に存在する同様の未給水地区でも再活用できるよう、コンパクトで施工が容易、かつ他地域への移動も容易なパッケージ型の浄水装置が求められる。

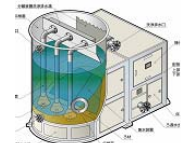
4) ケニア・キトウイ県

国土の約 8 割を占める乾燥・半乾燥地域では、乾季には主要河川でも干上がるが、住民は水を得るために河床を掘って取水しており、衛生上の問題も懸念される。

対象地域に選定したキトウイ県の一部には浄水処理による給水システムが整備されているが、大部分のエリアでは浄水供給がなされていない。これら村落散在地域には、雨季には濁度が高く乾季には乾上するという河川を対象とした水源確保対策と一体の給水対策が求められる。河床の集水埋渠や浅井戸による取水の場合は低濁度原水となるため、経済性のある浄水装置が望ましいが、水系感染症の要因物質への対応に留意が必要である。

2. 我が国中小企業等有する製品・技術の分析

各国対象地域である都市周辺部及び村落散在地域のニーズに基づき、適用可能と考えられる以下の小規模浄水装置を選定した。これら製品の強みは「高品質、高耐久性、省エネ性」である。これらの強みを実現するために製品価格は途上国の水準からすると高価だが、維持管理費用が抑えられるため、ライフサイクルコストについては妥当性を備えていると考えられる。

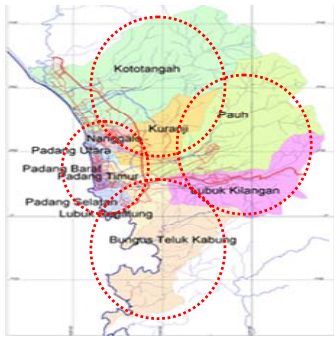
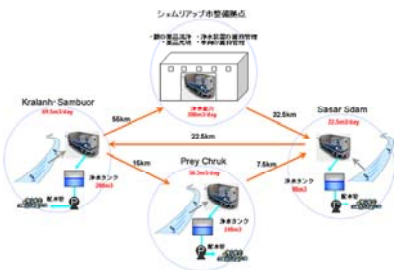
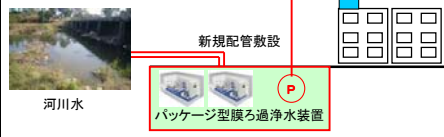
装置分類名	中小企業担当技術	技術的特徴
パッケージ型急速ろ過浄水装置 	開発・設計・製作技術	- 一般的な急速砂ろ過方式で高濁原水対応のコンパクトな装置 - 人件費、薬剤費が比較的高いが、施工が簡易 【適用可能原水】 高濁度（100NTU 未満） 【浄水量】 72～240m ³ /日
高効率砂ろ過浄水装置 	開発・設計・製作技術	- 清澄な原水対応のシンプルな装置 - O&M が簡易で比較的安価 【適用可能原水】 濁度(10NTU 未満) 【浄水量】 144～1,000m ³ /日
パッケージ型膜ろ過浄水装置 	製作技術	- 超高濁、濁度変動が急激な原水、鉄やマンガン処理が可能 - O&M が簡易で安価だが、製品価格は比較的高価 【適用可能原水】 超高濁度（1000NTU 以下） 【浄水量】 72～672m ³ /日
車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置 	製作技術	- 超高濁、濁度変動が急激な原水、鉄やマンガン処理が可能 - 高い機動性の反面、O&M 費、製品価格は比較的高価 【適用可能原水】 超高濁度（1000NTU 以下） 【浄水量】 24～200m ³ /日

我が国の水処理製品製造業界の規模を工業統計に基づき整理すると、2010 年の中小企業数は 147 社、水処理関連機器の出荷額は 984 億円である。また、中小企業の売上高に着目した業界規模を経済センサス等に基づき整理すると、中小企業全体の売上高は 4,986 億円、うち浄水器・整水器等を含む金属衛生製品の売上高は 755 億円と推定される。

海外の類似製品に関しては、インターネット上では、セラミック膜処理方式の製品、車載型浄水装置などがいくつか公開されているが、都市周辺部や村落散在地域を対象とした小規模浄水装置の納入実績に関する詳細情報は掲載されていない。調査対象国でのヒアリングでも、本調査で提案した浄水装置の仕様に類似する製品の導入実態は確認されなかった。

3. 中小企業等が有する製品・技術等のODA事業における活用可能性等の分析

各調査対象国において、取水から配水までのサプライチェーンを踏まえたパイロット事業案を整理し、各事業の維持管理費用に基づく事業性を以下の通り検討した。

国名	ODA 事業イメージ	概要
インドネシア		- 複数の District への災害対策用車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置 4 基の導入 - 事業規模約 2.6 億円 m^3 あたりの維持管理費は 2,115IDR/m^3 で、パダン市の一般家庭水道料金 1,200 IDR/m^3 を大きく上回るが、PDAM Kota Padang の造水コスト 3,930IDR/m^3 は下回る - 平常時と日常時で運用主体や料金徴収体系が異なることも想定され、事業継続性に関しては現地関係者との協議が必要
カンボジア		- 車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置 9 基（カンダール州 3 基、シェムリアップ州 6 基）他配水管、配水ポンプ、料金メーター - 事業規模約 7.3 億円 m^3 あたりの維持管理費はカンダール州で約 30 円/m^3、シェムリアップ州で約 53 円/m^3 であり、両州で民営水道事業者に対して認められている価格帯の範囲に収まる - 両州とも、両州都の水道事業を管轄する水道公社の協力も得つつ、将来的には DIME を中心とした運営事業体の設置による事業継続性の確保が期待される
インド	既存浄水場の能力増強 	- 高効率砂ろ過浄水装置 3 基の既存浄水施設への併設で、水源は浄水施設同様のダムを利用 - 事業規模約 1.5 億円 m^3 あたりの維持管理費は 1.58INR/m^3 で MJP による既存浄水施設の造水価格 6INR/m^3 を大きく下回る - インドでは製品購入はほぼ一般競争入札となるため、製品価格をどのように償却するかが事業性確保のポイントとなる
	民間住宅開発エリアへの供給 	- パッケージ型膜ろ過浄水装置 2 基及び配水管、配水ポンプで、水源は洪水時に高濁度となる近傍河川水 - 事業規模約 2.0 億円 m^3 あたりの維持管理費は 19.2INR/m^3 で MJP による既存浄水施設の造水価格 6INR/m^3 を大きく上回る - ただし、一部の民間住宅開発デベロッパーは MJP の浄水を 42INR/m^3 で購買していることから、デベロッパーをターゲットにした民間市場の可能性も考えられる

国名	ODA 事業イメージ	概要
ケニア	既設配管があり水源を河川とするエリア	・パッケージ型膜ろ過浄水装置 1 基導入 ・集水埋渠による取水確保、送配水管、ポンプ等整備 ・ウォーターキオスクへの給水 ・事業規模約 2.5 億円 ・20L あたりの維持管理費は 1.05KES で、目安と考えられる 3KES を下回る ・事業運営や維持管理を担う WSP や住民組織に対する、料金徴収などのソフト面での支援が事業性確保のポイントとなる
	既設配管がなく水源を河川とするエリア	・車載型パッケージ型膜ろ過浄水装置 4 基導入 ・集水埋渠による取水確保 ・新設するウォーターキオスクへの給水 ・事業規模約 6.7 億円 ・20L あたりの維持管理費は 1.80KES で、目安と考えられる 3KES を下回る ・事業運営や維持管理を担う WSP や住民組織に対する、料金徴収などのソフト面での支援が事業性確保のポイントとなる
	既設配管があり水源を浅井戸とするエリア	・高効率砂ろ過浄水装置 9 基導入 ・ウォーターキオスクへの給水 ・事業規模約 3.2 億円 ・20L あたりの維持管理費は 1.32KES で、目安と考えられる 3KES を下回る ・事業運営や維持管理を担う WSP や住民組織に対する、料金徴収などのソフト面での支援が事業性確保のポイントとなる

また、既存 ODA の活用方策として、以下を提案した。

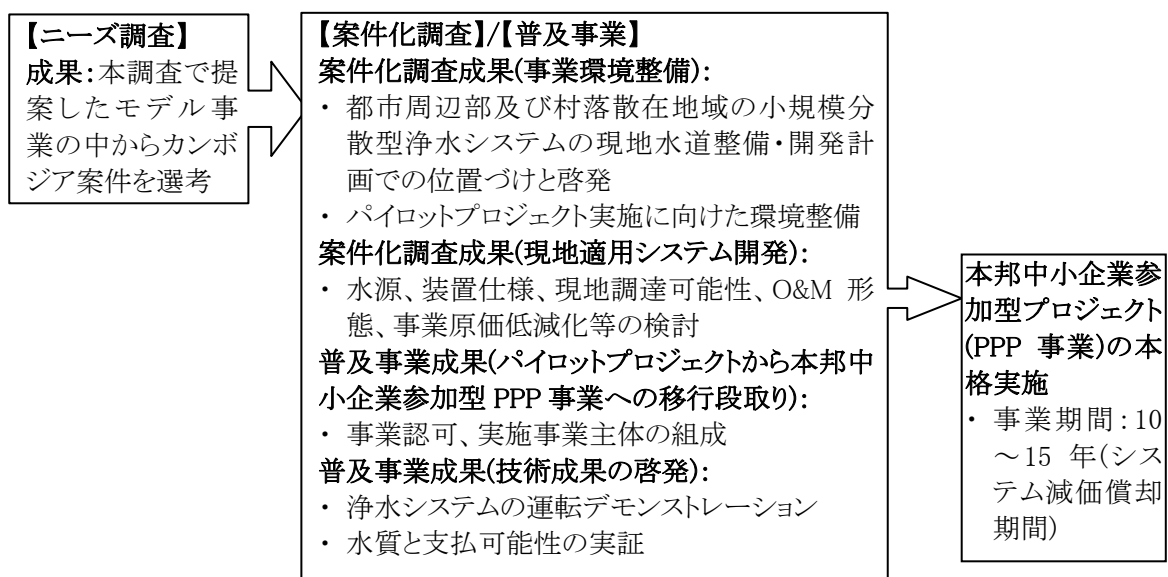
連携対象既存 ODA	ODA 活用方策案
無償資金協力事業との連携	・土木工事も含む事業の場合、土木・建築工事を別途の無償資金協力事業として、中小企業の機器関連の事業を無償資金協力の機材供与事業とするスキーム
開発調査やボランティア制度等の技術協力との連携	・パイロットプロジェクトの実施後にその他地域への事業の横展開を図るための、地域の案件発掘に向けた開発調査の実施 ・中小企業による自社製品を前面に出した課題解決型のプロモーションとボランティア等 ODA 人材の後方支援
人材育成の技術協力プロジェクトとの連携	・製品の維持管理技術に関する中小企業からの専門家派遣による技術移転 ・民間連携ボランティア制度を活用した中小企業の人材による現地での人脈形成やプロモーション活動機会の拡大
資金調達方策	・例えば車載式装置によるパイロット的事業の実施から設置式装置による商機拡大を図る際の、中小企業の事業参入資金と機会拡大に伴うリスクをヘッジする方策として、浄水事業・給水セクター全体を対象にした資金調達支援スキームの適用やリスクマネーを提供する公的投資制度や機構の創設

4. 中小企業等が有する製品・技術等を活用したビジネスの可能性

本調査のパイロット地域においては、維持管理費用は現地の販売価格より低くなる可能性が見えていることから、その後のビジネス展開には、維持管理の対応も含めた中長期の活動スパンで投資回収を図ることが現実的である。その際の中小企業への資金援助の仕組みには以下が求められる。

- ・ 小規模ビジネスでも適用可能な小口の低融資
- ・ 収益率の低い維持管理による投資回収を可能にする長期融資
- ・ 初期投資をカバーする融資制度と、人材育成や技術移転という当該国への裨益効果も期待される維持管理面の人材育成支援とのセットによるトータル支援

一方で、中小企業側には、品質面よりも価格や即効性が求められる途上国でのビジネスに際して許容しうるコストダウンの具体検討、ライフサイクルコストの観点での自社製品の効果 PR が求められる。このような中小企業の活動を支援する方策として、ODA を活用した中小企業等の海外展開支援に係わる委託事業によるニーズ調査、案件化調査、途上国政府への普及事業のステップアッププロセスの継続実施を通じた、中小企業による本格的な運営管理事業展開スキームは以下のように整理される。



今後の実施展開で優先度が高いカンボジア案件を対象に、モデル事業が成案し、さらに同様なプロジェクトが対象国内もしくは広域エリア内でも展開した場合の上記のニーズ量約 41 億円が成案した場合に、中小企業が立地している地域にどの程度の地域経済への波及効果が生じるかを、最新の本邦地域間産業連関表を用いて推定した。現在の対象企業の立地状況を踏まえ、平均的な受注が成立した場合、全体的には、約 1.8 倍の生産拡大効果と 306 人の雇用創出効果、29 億円の所得創出効果が発生するという結果を得た。

ニーズ調査

インドネシア共和国、カンボジア王国、インド、ケニア共和国 都市周辺部及び村落散在地域への浄水供給拡大に向けた 小規模分散型浄水装置の普及展開

企業・サイト概要

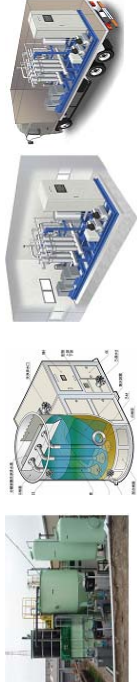
- 提 案 企 業 : パシフィックコンサルタンツ株式会社・メタウォーター株式会社共同企業体
- 提案企業所在地: 東京都多摩市・東京都港区
- サイト・C/P機関 : インドネシア・パダン市水道公社、カンボジア・カンダール州/シエムリアップ州 鉦工業エネルギー局
インド・アンハルナス市MJP、ケニア・タナティWSB

対象国の開発課題

- インドネシア: 財政難による上水道施設の不備、洪水等の災害対応も急務
- カンボジア: 河川水、地下水共に水質汚染が問題、村落が散在する農村部の水道普及率が低い
- インド: 需要と供給のアンバランス、間欠給水、高い無収水率、住宅開発エリアへの浄水未供給
- ケニア: 水源確保の不安定性、高い水系感染症罹患率、広範な農村部への浄水未給水

中小企業の技術・製品

- コンパクト化による施工の容易性
- 自動運転など維持管理の簡便性
- 高濁度原水や鉄・マンガンを含む原水の処理
- 車載型による機動性(未利用水源の活用)



企画書で提案されているODA事業及び期待される効果

- インドネシア及びカンボジア: 車載式浄水装置導入による災害対応及び未利用水源の有効活用
- インド: パッケージ型浄水装置導入による即効性のある浄水供給エリアの拡大
- ケニア: 水源確保と既存施設の有効活用による浄水供給人口の増大と衛生環境改善

日本の中小企業のビジネス展開

- 現地でのモデル実験による、安価で容易な維持管理、安定的な品質確保の強みの立証
- 安価な水生産コストと維持管理コストで初期投資を回収する小ロットビジネスモデルの展開



はじめに

本調査の背景

2012 年 3 月に、UNICEF と WHO の合同報告書「飲料水と衛生施設における前進 2012」では、国連ミレニアム開発目標（MDGs）の指標の一つ「安全な飲料水を利用できない人々の割合を半減する」目標が達成されたことを発表した。が、現在でも依然として世界総人口の 11%にあたる、約 7 億 8 千万人が安全な飲料水を利用できていない。

とりわけ、都市周辺部や農村部の上水供給は今後の大きな課題である。途上国の都市部では、大規模な水源開発や上水道インフラ整備事業の ODA や民間資本投入によって整備が進んできたが、都市周辺部や村落散在地域は人口密度が低いため、施設整備の初期費用が割高になる一方で利用料金収入が低く、採算が合わない都市型の上水道システムの整備が進んでいない。都市周辺部や村落散在地域において、上水供給システムの整備・普及は、人間の安全保障のみならず持続可能な発展の観点からも重要である。

そこで、日本の中小企業の製品・技術を組み合わせた小規模な浄水装置によって、都市周辺部や村落散在地域への上水供給を賄うことを狙いとして本調査を実施する。

本調査の目的

本件調査は、開発途上国対象 4 か国の都市周辺部及び農村部を対象に、我が国の中小企業等が保有する水処理等の製品・技術の普及展開のための ODA 案件化を念頭に置き、開発途上国側のニーズを明らかにすることを目的とする。

調査団員リスト

氏名	担当業務	所属先
水井 一成	業務主任者	パシフィックコンサルタンツ株式会社
塩原 英雄	経済分析	パシフィックコンサルタンツ株式会社
加地 諭	水処理	メタウォーター株式会社
河瀬 雄司	ニーズ分析	メタウォーター株式会社
寒川 博之	事業性検討	メタウォーター株式会社
森本 達男	給水計画	パシフィックコンサルタンツ株式会社

調査スケジュール

作業項目	2012年			2013年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
国内作業Ⅰ						
【1】：既往資料の収集・整理						
【2】：調査実施計画書の作成						
【3】：日本の中小企業の製品・技術のPR資料作成						
現地作業Ⅰ						
【4】：調査実施に関する対象国関係機関との協議		インドネシア カンボジア	インド ケニア			
【5】：関係資料の収集						
国内作業Ⅱ						
【6】：適用可能技術の検討						
【7】：国内中小企業へのヒアリング						
【8】：ODA案件化方策の検討						
【9】：適用製品・技術の導入効果の検討						
【10】：プロジェクト実施計画書の作成						
現地作業Ⅱ			カンボジア インド インドネシア	ケニア		
【11】：今後の展開に関する相手国関係機関との協議						
国内作業Ⅲ						
【12】：社会環境への影響検討						
【13】：プロジェクト実施計画書の作成						
【14】：ドラフト・ファイナル・レポートの作成						
【15】：ファイナル・レポートの作成						

凡例： 現地調査期間 国内作業期間

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

1.1 インドネシア共和国

1.1.1 インドネシア共和国の政治・経済の概況

1) 政治

ASEAN 最大の人口と国土を有するインドネシアは、長期政権を維持したスハルト大統領の 1998 年の辞任以降、政治的に不安定な期間を経て、2004 年に誕生したユドヨノ政権以降は民主化の進展とともに比較的安定した政治状況を維持している。

東西 5 千 km と長く、世界最多の島嶼を抱えるインドネシアは世界最大のイスラム人口国であると同時に多民族国家である。そのため、紛争に発展し 2005 年に終結したアチェ独立運動や、現在も続くパプア州の独立運動、カリマンタン島での民族対立、インドネシア東北部のマルク州及び北マルク州の宗教対立など、多くの地域紛争への対応は、重要な政治課題の一つである。また、地震や津波、洪水等の自然災害や鳥インフルエンザ、2002 年バリ島の連続爆破テロ事件など、政治ガバナンス能力を問われる事象が多い。

しかしながら、インドネシアは近年の経済成長を背景に、東南アジア唯一の G20 メンバーであるなど国際舞台でのプレゼンスも拡大しており、気候変動対策や民主化支援など国際社会の問題にも積極的に取り組む姿勢を見せている。

民主主義や人権、市場経済といった価値観は我が国とも共有し、経済的な結びつきの強化を背景に、2008 年発行の日・インドネシア経済連携協定や、2010 年に協力覚書に署名した「首都圏投資促進特別地域」（MPA）など、インフラ整備分野を中心に我が国との協力関係の更なる強化も期待されている。

2) 経済

アジア通貨危機によってそれまで好調だった国内経済が落ち込んだが、構造改革も進めながら経済の着実な回復を記録し、世界金融危機の影響を受けた 2009 年も好調な国内消費によって 4.5%の経済成長率を記録するなど、比較的安定した経済成長を達成してきている。しかし、2011 年の GDP は世界第 16 位であり、ADB によると国民一人当たり GDP は 3,508USD で世界平均の 40%以下の水準、貧困層に属する人口は約半数を占めるなど、失業者の増大や貧富の差の拡大を社会問題に持つ側面もある。

主要産業は農林業であるが、鉱物資源にも恵まれており、我が国への鉱物資源の重要な供給国でもある。また、同国へ進出している本邦企業数は 1,300 社を超え、我が国企業にとって重要な活動拠点となっている。ただし、更なる成長へのボトルネックになっているのがインフラ整備の遅れである。2011 年に、政府は「経済開発迅速化・拡大マスタープラン」（MP3EI）を策定し、名目 GDP を 2025 年までに 2010 年の 6 倍とし、GDP 規模世界トップ 10 入を果たすという目標を掲げているが、基本計画の投資総額のうち 5 割をインフラ整備に充てるとしている。2012 年には前年比 26%増を記録した海外直接投資などを今後も増加するためにも、投資環境を改善する関連法規の整備と併せたインフラ整備への支援が求められる。

1.1.2 インドネシア共和国の給水分野における開発課題の現状

1) 上水道事業体(PDAM)の経営不健全性

国土がジャワ島、スマトラ島など 5 つの本島や群島など、18,000 以上の島々で構成されるインドネシアには、上水道事業を運営する事業体(PDAM)が 400 以上存在する。この PDAM は、インドネシア水道協会(PERPAMSI)発行の「PDAM Data Book 2010」によると、無収水率の PDAM 平均は約 32%と比較的高い値を記録している。また、周辺農村部から都市部への人口増加に伴う需要増に財源不足による上水道施設の更新、改修が追いつかず、財政状況が逼迫している事業体が多い。

公共事業省人間居住総局の付随機関で、全国の PDAM のモニタリングや指導を行う監督庁である、全国上水道システム開発援助庁(BPPSPAM)のインターネット上での公開データによると、「財務」「経営管理」「技術」に大別される 13 項目で相対的に評価される PDAM の経営健全度指標は、2009 年を境に好転しているものの、経営が劣悪な状態であると評価される事業体は依然として 20%程度存在している。

表 1-1 PDAM の経営健全度指標の推移

経営健全度指標	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
健全 (Healthy)	44	79	89	103	142
不健全 (Unhealthy)	110	113	119	115	129
劣悪 (Sick)	99	114	117	119	70
計	253	306	325	337	341

2) MDGs 達成状況

インドネシア政府は、MDGs として 2015 年までの安全な飲料水へのアクセス率を都市部 75.3%、農村部 65.8%とすることを目標に掲げているが、2011 年時点では都市部 52.2%、農村部 57.9%と、いずれも目標に届いていない。さらに、1993 年時点での同指標は、都市部 50.6%、農村部で 31.6%であり、15 年前と比べて都市部の値が悪化している。これは、都市部の人口増加に、上水インフラ整備のスピードが追い付いていないことを示している。

3) 水質

島が多く沿岸部に都市の多いインドネシアでは、塩分濃度の高い地下水が多い。また、河川水の濁度も比較的高く、水源の確保に大きな課題を抱えている。

1.1.3 インドネシア共和国の給水分野の関連計画、政策及び法制度

1) 給水分野に関連する法制度、計画、政策

(1) 国家開発計画

計画期間を 20 年に設定する国家長期開発計画と、計画期間 5 年の国家中期開発計画で開発計画は構成される。現行の長期計画は 2005～2025 年、中期計画は 2010～2014 年である。

国家長期開発計画のガイドラインとして位置づけられる国家中期開発計画では、「国家優先

目標の達成」「分野ごとの開発戦略」「地域ごとの開発戦略」の3部構成となっており、以下の11課題を優先目標として定めている。

- ①行政機構、管理体制の改革、②教育、③保健、④貧困削減、⑤食料保障、⑥インフラ、⑦投資、ビジネス関連、⑧エネルギー、⑨環境および防災、⑩低開発地域、周辺地域、紛争経験地域、⑪文化、創造、技術革新

2015年のMDGs目標達成のため、年間事業計画、州予算書類などにおいても、かかる開発・計画・予算・実行に関する規定を掲げている。水供給達成目標については、MDGsの安全な水へのアクセス率やPDAMの経営健全度の向上を掲げている。

(2) 水に関わる関連法令

水利権や水道事業の事業権の所在は、2004年制定の「水資源法」に規定されている。水道施設整備に関しては、2005年制定の「給水システムの整備に係わる政令」において、中央政府、地方政府、PDAM、民間企業などの権限と責務が規定されている他、水道料金は事業運営に必要な費用を回収するものであり、利用者が支払うという原則も規定されている。

2006年付政令第23号では、水道事業の独立採算に向けた水道料金改定に関する法改正も行われており、水道料金は最低賃金の4%までという規定がある。

(3) PPPに関する法令

MDGsの達成を目指し、政府は必要な予算を試算しており、安全な飲料水へのアクセス率の達成には、12兆IDRが必要としている。しかし、特にインフラ整備が遅れている状況下で、政府予算ではその3割しか充当できず、資金充当の手段としてPPPプロジェクトの推進を図っている。これは、前述の国家中期開発計画における優先目標の一つであるインフラ整備推進に呼応するものである。

インフラ保証に関する大統領規程2010年第78号（PR78/2010）では、インフラ保証基金を通じて実施されるPPPプロジェクトに関する政府保証の形態や保証供与プロセス等を規定している。また、水分野も含むインフラ各分野で、外国企業の入札参加が期待される案件情報を「PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS Infrastructure Projects In Indonesia」で公開しているが、ここに掲載される案件は規模が大きい国家プロジェクトや都市部のインフラ整備案件であり、都市周辺部や農村地域を対象とした案件は挙げられていない。

近年、PPP案件のインドネシア側のステークホルダー間の調整の困難などの理由で、案件がなかなか契約に至らない状況が顕著になってきている。上水道分野は、インフラ分野の中でも料金回収の点で不利な面もあり、成案は未だ無い。そのため、最近ではPDAMと民間事業者が直接契約する形の事業推進方策を検討している状況である。

(4) 水質基準

2001年の政令「About the Management of Water Quality and Water Pollution Control No. 82 of 2001」において、以下の4分類の68項目に関する水質基準が規定されている。

- ・ 分類Ⅰ：飲料水あるいは飲料水と同等の水質が要求されるその他の用途に利用可能な水（無処理で直接飲料水として利用できる水）

- ・ 分類 II：レクリエーション、淡水魚養殖、農業・プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の水質が要求されるその他の用途に利用可能な水（飲料水の原水として利用できる水）
- ・ 分類 III：淡水魚養殖、畜産業、プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の基準が要求されるその他の用途に利用可能な水（水産や畜産に利用できる水）
- ・ 分類 IV：プランテーションへの灌漑を目的とする、あるいは同等の基準が要求されるその他の用途に利用可能な水（農業、小規模事業、工業及び水力発電に利用できる水）

68 の水質基準項目のうち主な項目を以下に示す。

表 1-2 インドネシア水質基準項目

項目	単位	I 類型	II 類型	III 類型	IV 類型
pH	—	6～9	6～9	6～9	6～9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
溶存酸素	mg/L	6	4	3	0
リン酸塩（P として）	mg/L	0.2	0.2	1	5
硝酸性窒素	mg/L	10	10	20	20
アンモニア性窒素	mg/L	0.5	—	—	—
ヒ素（As）	mg/L	0.05	1	1	1
銅（Cu）	mg/L	0.02	0.02	0.02	0.2
鉄（Fe）	mg/L	0.3	—	—	—
鉛（Pb）	mg/L	0.03	0.03	0.03	—
マンガン（Mn）	mg/L	0.1	0.5		2
水銀（Hg）	mg/L	0.001	0.002	0.002	0.005
亜鉛（Zn）	mg/L	0.05	0.05	0.05	2
フッ化物	mg/L	0.5		1.5	—
硝酸塩（N として）	mg/L	0.06	0.06	0.06	—
硝酸塩	mg/L	400	400	—	—
遊離塩素	mg/L	0.03	0.03	0.03	—
糞便性大腸菌	MPN/100mL	100	1,000	2,000	2,000
大腸菌	MPN/100mL	1,000	5,000	10,000	10,000

2) 給水分野を所管する関連機関

(1) 公共事業省人間居住総局（Cipta Karya）

全国の水道事業を統括する官庁である。水供給分野は人間居住総局の下部組織である水供給開発局が所管している。また、水資源開発分野及び上水道分野に関して、国家中期開発計画（2010～2014）に基づくインフラ整備における PPP プロジェクトの他、全国の PDAM の整備事業の所管、法令・規制の策定、投資などを行っている。

(2) 全国上水道システム開発援助庁（BPPSPAM）

PDAM 及び民間事業体のモニタリング機能を有する公共事業省直轄機関である。各 PDAM に対し 5 カ年計画報告書の提出を求める他、PDAM の健全度評価を行い、モニタリング結果を公共事業省及び地方公共団体の長に提出し、PDAM への改善提案を行っている。

(3) PDAM

地域水供給運営会社と訳されるインドネシア語の Perusahaan Daerah Air Minum に由来

する PDAM は、各自治体の水道事業に関する整備、運営、維持管理を行う機関で、インドネシア全国には 2013 年時点で 341 程度存在している。機関トップである社長(Director)は、属する自治体の長から任命されるが、独立採算を目指す Business Company として捉えられている。しかし現実には、中央政府や州政府、地方政府からの事業費補填等を受けながら運営されている PDAM が多く存在する。

1.1.4 インドネシア共和国の給水分野の ODA 事業の事例分析

1) 我が国の給水分野における援助動向

2012 年に策定された「対インドネシア共和国国別援助方針」では、更なる経済成長への支援、不均衡の是正と安全な社会造りへの支援、アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援の 3 点を重点分野に掲げてられており、インフラ支援整備に関しては「我が国の技術力を活用できるよう、我が国企業との連携も十分視野に入れることとする」ことが留意事項として明記されている。

近年の上水道分野に関しては、「南スラウェシ州マミナサタ広域都市圏上水道サービス改善プロジェクト」、「マカッサル上水整備事業フェーズ 2」が、不均衡の是正と安全な社会造りへの支援の中の拠点都市圏基盤整備の位置づけで実施されていたが、共に終了しており、現在では上水道、給水分野の案件は実施されていない。

また、水資源管理や洪水対策、都市下水道整備などの分野での支援が多いことも近年の援助動向の特徴として挙げられる。

我が国による近年の給水等の分野に関する援助を、スキーム別に表 1-3 に整理する。

表 1-3 給水等の分野における近年の対インドネシア援助案件一覧

スキーム	分野課題内訳	案件名	期間
開発調査	都市給水	ジョグジャカルタ特別州広域水道整備計画調査	2006/09～2008/03
開発調査	総合的水資源管理	バリ島総合水資源開発・管理計画調査	2004/09～2006/08
開発調査	その他水資源・防災	ウォノギリ多目的貯水池堆砂対策計画調査	2004/01～2007/08
開発調査	総合的水資源管理	ジェネベラン川流域管理能力強化計画調査	2003/04～2007/03
開発調査	農業政策・制度	インドネシア国灌漑施設リハビリ計画調査	2003/02～2004/03
開発調査	防災（旧）	主要河川港開発計画調査	2001/01～2002/05
技術協力プロジェクト	水質汚濁	ジャカルタ汚水管理マスタープランの見直しを通じた汚水管理能力強化プロジェクト	2010/07～2012/06
技術協力プロジェクト	環境行政一般	河川流域機関実践的水資源管理能力向上プロジェクト	2008/07～2011/07
技術協力プロジェクト	風水害対策（治水）	ジャカルタ首都圏流域水害軽減組織強化プロジェクト	2007/03～2010/03
技術協力プロジェクト	水資源開発（旧）	インドネシア国「水資源開発研究所機材整備計画」フォローアップ協力（据付・指導）	2004/11～2004/12
技術協力プロジェクト	農業開発	水利組合強化計画プロジェクト	2004/04～2007/03
技術協力プロジェクト	その他	地方給水プロジェクト	2004/01～2006/12
技術協力プロジェクト	水質汚濁	インドネシア排水処理適正技術センターの創設と運営計画	2001/10～2004/09
技術協力プロジェクト	自然環境保全（旧）	インドネシア国スマラン市モデル河川改善プロジェクト	2001/10～2004/09
技術協力プロジェクト	地域開発	インドネシア国スマラン市モデル河川改善プロジェクト	2001/10～2004/09
技術協力プロジェクト	農業開発	インドネシア灌漑排水技術改善計画（F/U）	1994/06～1999/06
個別案件（専門家）	総合的水資源管理	水資源政策アドバイザー	2008/05～2010/05
個別案件（専門家）	地方給水	水道政策	2007/04～2010/03
草の根技協（パートナー型）	水質汚濁	インドネシアの都市部住宅密集地域における住民参加型コミュニティ排水処理システム普及事業	2011/10～2015/09
草の根技協（地域提案型）	水質汚濁	インドネシア・スラバヤ市における分散型排水処理施設整備事業	2012/01～2014/03
草の根技協（地域提案型）	水質汚濁	スラバヤ市水質管理能力向上	2007/11～2009/03
無償資金協力	風水害対策（治水）	プルート排水機場緊急改修計画	2011/09～2015/12
有償技術支援－附帯プロ	総合的水資源管理	ジャカルタ首都圏総合治水能力強化プロジェクト	2010/10～2013/10
有償技術支援－附帯プロ	総合的水資源管理	パダン沖地震水資源管理施設災害復旧事業支援プロジェクト	2010/02～2011/09
有償技術支援－附帯プロ	農業開発	灌漑アセットマネジメント実施支援プロジェクト	2009/07～2012/06
有償資金協力	風水害対策（治水）	洪水制御セクターローン	2009/03～2014/05
有償資金協力	総合的水資源管理	ウォノギリ多目的ダム・貯水池堆砂対策事業（I）	2009/03～2012/10

2) 他の援助機関の動向

(1) PAMSIMAS プロジェクト

全国の農村地域の約 5,000 の未給水エリアへの簡易給水と衛生施設設置を目的とした、WB、AusAID の支援による、公共事業省人間居住総局の総額約 160 億円規模の無償プロジェクト

である。2013年に終了予定のプロジェクトで、2009年頃に開始された当時は、MDGsの農村部の目標値の35～40%を達成することが目論まれていた。なお、対象エリアはPDAMによる給水がされていない農村エリアであり、施設の維持管理、運営は地域コミュニティが担うプロジェクトである。

AusAIDは、2010年にPAMSIMASの中間報告を発表している。これによると、2010年までに、湧水を水源とする簡易砂ろ過施設1,289箇所、表流水を水源とする簡易砂ろ過施設497箇所、深井戸2,567箇所、浅井戸4,328箇所、197件の雨水貯蓄設備が建設され、農村地域の3,700の教育施設、そして200万人に安全な水が供給されたと報告している。しかし、砂ろ過施設による浄水処理後の水質分析などの詳細は報告書には記載されておらず、既製品としての浄水装置の設置事例も報告されていない。

同報告では、鉄筋コンクリート施設建設の際の施工の不備などが記載されている。また、パイロット調査地域に選定したパダン市でもPAMSIMASプロジェクトが実施されていたが、現地調査で確認したところ、簡易砂ろ過施設は過去の洪水被害のために稼動しておらず、施設は野ざらしになっていた。当該施設の維持管理を担当する地域住民へのヒアリングによると、現在は河川水をそのまま配水するか、瓶や河川敷に一時的に設置した手作りの貯水で対応しているとのことであった。簡易砂ろ過施設の被災前は、裨益する160戸から1世帯あたり15,000IDR/月を維持管理費として徴収していたが、被災後は、裨益住民の約半数が支払いを拒否している。これらのことから、住民による施設補修に関する技術的な限界や料金聴衆など、維持管理面での課題が伺われる。



図 1-1 遺棄された PAMSIMAS 設置の簡易砂ろ過施設

1.1.5 調査対象地域の現状と課題

1) 調査対象地域の概要

パイロット調査対象地域に選定したパダン市は、西スマトラ州の州都であり、スマトラ島西海岸の交易の中心地として栄えてきた都市である。11のDistrictに分割され、南北を貫く幹線道路の西側に人口が集中する。

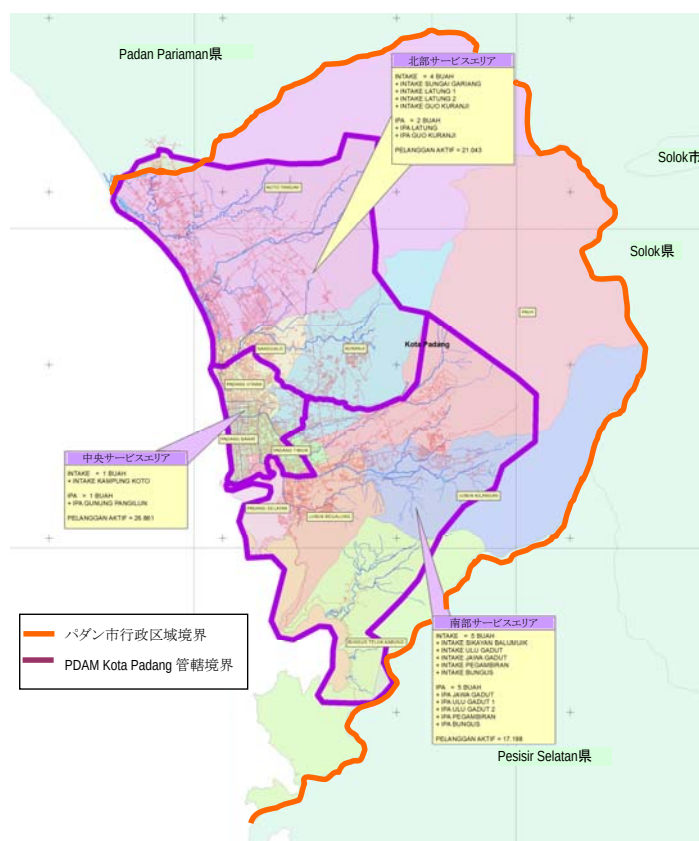
東部の急峻な山麓を背後に河川も多い一方、長年洪水被害に悩まされてきた歴史を持つ。1990 年から 2002 年にかけて、円借款事業の「パダン地区洪水防御事業 I・II」が実施され、洪水氾濫は一旦治まったが、2009 年の西スマトラ地震で甚大な被害を受け、有償技術支援により「パダン沖地震水資源管理施設災害復旧事業支援プロジェクト」で橋梁や護岸の復旧が実施されるなど、自然災害の多い地域でもある。

2) 給水分野における地域の現状と課題

(1) PDAM による給水サービスの現状

A. サービスエリア

PDAM Kota Padang の管轄範囲を以下に示す。パダン市の人口が集中する沿岸部を中心に 3 エリアに分割して給水サービスを提供しており、パダン市行政エリア内でも一部の都市周辺部や農村部はサービスエリア外となっている。



出典：PDAM Kota Padang 資料を基に作成

図 1-2 パダン市行政区域及び PDAM Kota Padang サービスエリア図

B. 給水システムの現状

PDAM Kota Padang の給水サービスの概要を

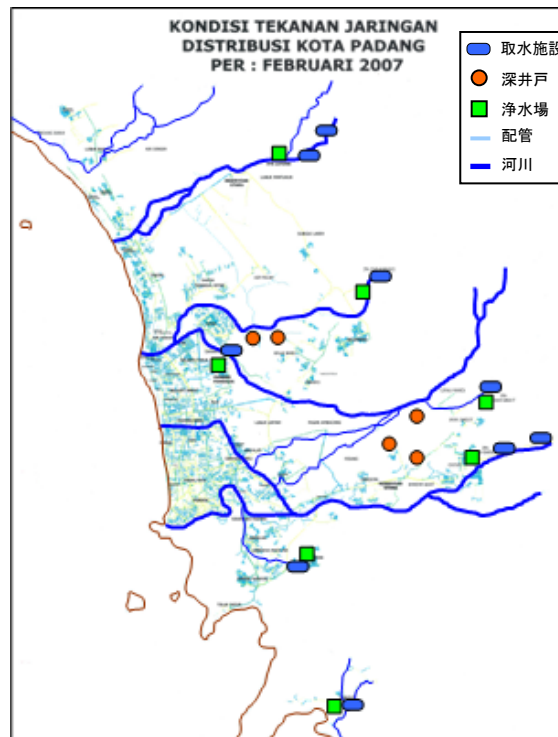
表 1-4に示す。全国の PDAM の平均値と比べ、サービスエリア人口や接続戸数等は全国の PDAM の平均値を大きく上回り、また配水量は全国で 16 番目の規模であることから、PDAM Kota Padang の給水事業の規模は比較的大きいと言える。

表 1-4 PDAM Kota Padang の給水サービスの概要

項目	PDAM Kota Padang の数値	全国の PDAM の 平均値
サービスエリア人口	830,004 人	462,444 人
接続戸数	74,136 戸	22,080 戸
配水量	32,381,609m ³	10,178,768m ³
水道基本料金（一般家庭）	1,200IDR/m ³	1,673IDR/m ³
漏水率	44.8%	32.1%

出典：PERPAMSI「Direktori PERPAMSI 2010」（2010 年）及び
BPPSPAM「Kinerja PDAM 2011」（2011 年）

PDAM Kota Padang の主要な水源と現在稼働中の給水施設の位置図を図 1-3に示す。PDAM 全体の取水量は約 11 万 m³/日で、その 88%が下図に示すとおり河川水を水源とする取水施設、残りが深井戸で賄われている。PDAM Kota Padang 職員へのヒアリングによれば、下図に示す配管ネットワークでカバーされている給水率は約 65%であり、残りの空白地帯の約 35%は、各戸もしくは住民共同で設置されている浅井戸、雨水や河川水の直接利用の他、後述の PAMSIMAS プロジェクトによる簡易給水施設でカバーされているとのことである。

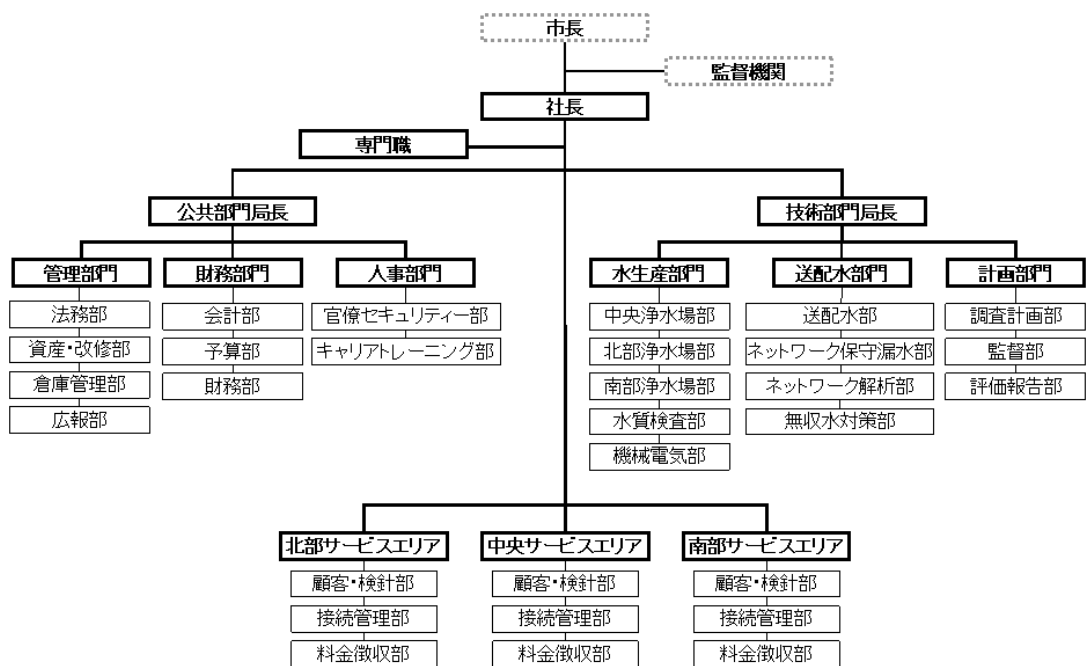


出典：PDAM Kota Padang 資料を基に作成

図 1-3 PDAM Kota Padang の主要な水源と給水施設の位置図

C. PDAM の運営体制と経営状況

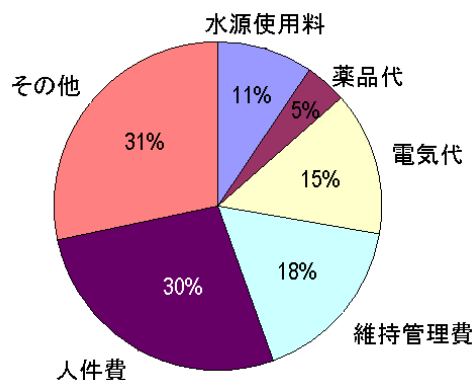
PDAM Kota Padang の組織図を以下に示す。



出典：PDAM Kota Padang 資料を基に作成

図 1-4 PDAM Kota Padang の主要な水源と給水施設の位置図

職員数は 2010 年時点で 351 名を抱え、比較的規模の大きな組織であるが、2006 年には職員数は 399 名であった組織のスリム化が近年進んでいる。この要因の一つとして、下図に示すとおり、支出に占める人件費の割合が比較的大きいことが上げられる。



出典：PDAM Kota Padang 資料を基に作成

図 1-5 PDAM Kota Padang の支出割合(2010 年)

西スマトラ沖地震から 3 年経過したが、PDAM Kota Padang の上水道システムの復興は完了していない。震災の影響で、総延長 1,800km の配管更新需要への対応は約 2 割、無収水率も約 45% の状況であり、PDAM 健全度指標でも「やや不健全」のカテゴリー評価を受け続けている。造水コストと徴収水道料金の差が大きいこともこの一要因として考えられる。PDAM Kota Padang の財務データによれば、2010 年の m^3 当たりの造水コストは 3,930IDR であるが、10 m^3 /月以下の使用量の場合の一般家庭の水道料金は 1,200IDR/ m^3 である。造水コストとの比較には、従量制の料金設定に伴う 10 m^3 /月以上

の使用量の場合の料金や工業用水等、割高の料金も踏まえた検討を要するが、それを加味しても一般水道料金との差が大きいと考えられる。

また、PDAM Kota Padang の Director へのヒアリングによると、都市周辺部及び農村部のカバーされていない 35%の水需要に対応するため、将来的に現在の供給量と同程度の浄水能力の増強を望んでいるとのことであった。しかし、都市周辺部や農村部を対象にした具体のシステム拡張計画作成は着手されておらず、震災復興への対応を優先したい考えはあるものの、不健全な経営状態も手伝って、有効性に応じた対策の優先度が定まっていない状況である。

(2) 水源の水質

PDAM Kota Padang では主要な 3 水系から取水しているが、どの河川も雨季や洪水時には濁度が非常に高くなる。高濁度な水質は、基本的な砂ろ過システムを採用する既存浄水場では対応が困難である。2012 年 9 月の雨季には浄水処理後の水質分析結果で濁度が 130NTU を記録するなど、雨季にはいくつかの浄水場で稼働停止が頻発する。

一方、井戸水源は、鉄分の含有量が多いことが課題である。示す現地調査時に採取したサンプル水を日本の水質検査機関で分析した結果、市中心部の住民が利用する浅井戸のサンプル水からは基準値を超える鉄とマンガンが検出された。さらに、PDAM 職員へのヒアリングでは、いくつかの深井戸では乾季の水量減少も近年顕著になっており、PDAM Kota Padang ではこれら水質及び水量の問題により、現在稼働していない深井戸が 6 箇所存在する。

表 1-5 インドネシア・パダン市内の浅井戸の水質検査結果

分析項目	単位	インドネシア水質基準	Kolong Galang 地区の浅井戸	Red Zone 地区の浅井戸
濁度	度	-	4.8	5.7
pH	-	6~9	6.7	7.2
全マンガン	mg/L	0.1	<0.005	0.16
全鉄	mg/L	0.3	0.12	0.65
砒素	mg/L	0.05	<0.001	0.003
水銀	mg/L	0.001	<0.00005	<0.00005
フッ素イオン	mg/L		<0.05	0.05

※ 水色部分は飲料水基準以上の項目を示す

(3) 洪水被災に伴う給水不足エリアの存在

震災復興対策がなかなか進まない状況下で、近年再び発生している洪水被害が、更に PDAM Kota Padang の状況を悪化させている。

2011 年 11 月に発生した大雨は西スマトラ州だけでなく隣接するリアウ州にも洪水被害を与えた。さらにパダン市は 2012 年には 7 月と 9 月の 2 度洪水被害を受けている。どちらも PDAM Kota Padang の上水道施設への物理的被害が大きく、9 月の洪水では約 5 万人への給水が滞ったとの情報が出ている。

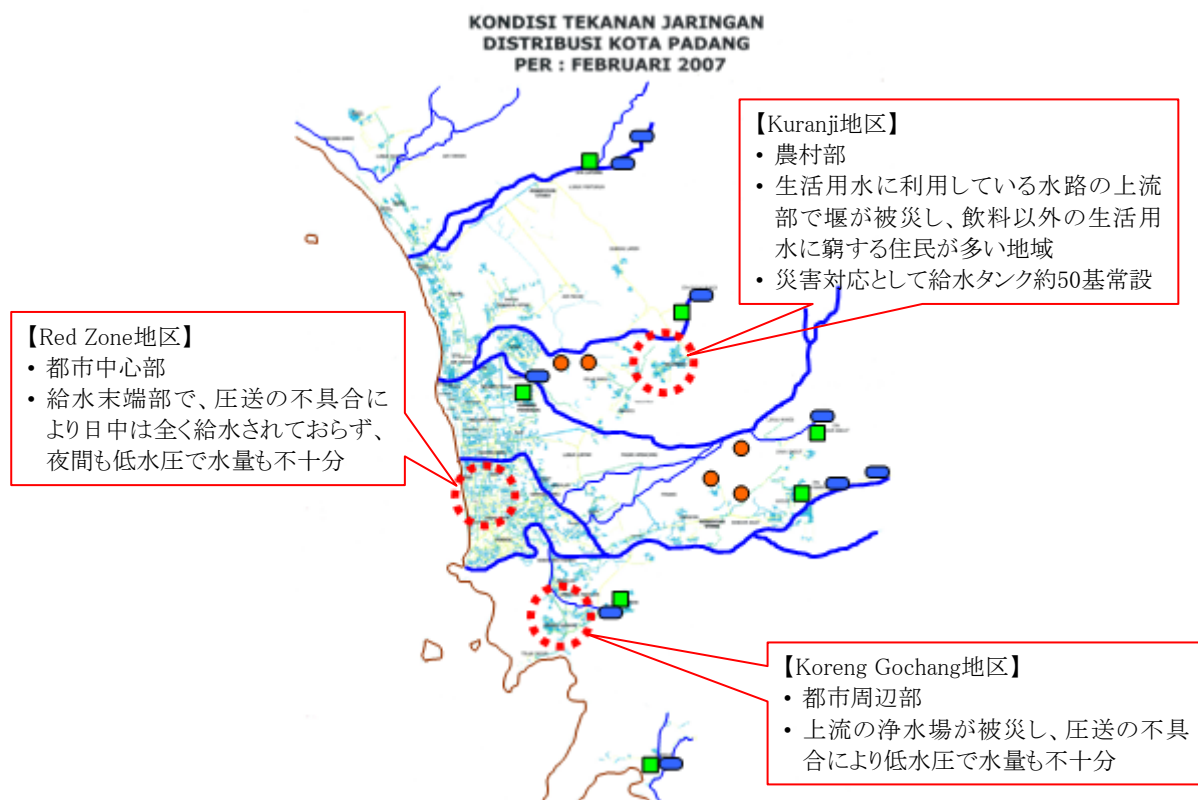


出典 ; Haluan Media Group インターネット記事 URL : <http://www.haluankepri.com/news/andalas/33832-padang-kembali-dihantam-banjir-bandang-.html>

図 1-6 2012 年 9 月の洪水の状況

河川上流域の上水道施設への物理的被害は深刻で、乱伐による切捨て材などが洪水で下流に押し寄せた結果、河川沿岸に設置されている浄水場や用水路、堰などの施設に物理的被害が生じた。さらに、圧送水管理に不具合が生じ、浄水供給の末端地域でも断水等が生じる結果となった。被災した施設の復旧はなかなか進まなかったため、2012 年 7 月の洪水発生以降数ヶ月に亘り、4~6t のタンク容量の災害用給水車が、断水が生じている地区を毎日巡回給水している状況である。

被災後 4 ヶ月を経過した現地調査訪問時でも、依然として災害用給水車で巡回給水している主な地区は 3 箇所存在する。以下に 3 地区の位置と特徴を示す。



出典 : PDAM Kota Padang 資料を基に作成

図 1-7 主要巡回給水地区の位置

災害用給水車による、Red Zone 地区への 2012 年 9 月の 1 ヶ月間の総給水量は 536m³であり、出勤回数は 94 回を数える。給水車の浄水補充箇所は市内中心部の PDAM Kota Padang 事務所であり、各地区への移動コストだけでも多大な負担となっている。



図 1-8 給水タンクへの補給の状況 (Kuranji 地区)

PDAM Kota Padang の職員へのヒアリングによると、洪水の要因とされているのはパダン市背後の森林の不法伐採とのことである。実際、インドネシア全土では洪水が各地で頻発しており、世界災害共通番号 GLIDE (GLObal unique disaster IDentifier) に登録されているインドネシアでの洪水災害は、過去 6 年間で 32 件にのぼる。各種メディアでは、そのうちいくつかは森林の不法伐採が原因であるとの論調が多く見られる。

森林の不法伐採が洪水の一つの要因であるとすれば、今後も同様の被害が発生する可能性が高く、給水施設の防災対策と非常時の給水対応の、事前と事後両面での対策が求められる。

(4) PAMSIMAS プロジェクト

都市周辺部や農村地域を対象にした前述の PAMSIMAS プロジェクトは、図 1-9 に示すとおりパダン市内全体で 16 箇所、うち PDAM Kota Padang の管轄境界内で 10 箇所実施されている。しかし、PDAM 職員へのヒアリングでは、当初から既存の PDAM による給水サービスが届いていない範囲が PAMSIMAS プロジェクトの対象として選定されたため、サービスの重複や競合は存在しないとのことであった。



出典：PAMSIMAS プロジェクトパダン事務所資料

図 1-9 パダン市内 PAMSIMAS プロジェクト実施位置図

プロジェクトの内容は、以下のような簡易給水施設の設置である。浄水処理については、数 $\text{m}^3/\text{日}$ 規模で簡素な砂ろ過設備の設置であり、前述のとおり洪水によって被害を受けたまま放置されている設備も存在する。パダン市のある農村部で維持管理を担当している住民へのヒアリングからも、設備の技術的な維持管理面に加え、料金徴収などソフト面の課題も抱えており、実施体制上の課題が判明した。

表 1-6 パダン市内の PAMSIMAS プロジェクト実施内容

整備内容	箇所数
湧水を水源とする簡易砂ろ過設備	1
表流水(河川)を水源とする簡易砂ろ過設備	24
手掘井戸	4
掘抜深井戸	37
公共水栓	164
公共消火栓	6

一連のプロジェクトでは、濁度や成分に問題を抱える原水の適切な処理を施すような浄水施設は設置されていない。したがって、安全な飲料水の供給という点に関して、PAMSIMAS プロジェクトは本調査と重複しない。

(5) 住民の生活用水利用状況

A. PDAM による浄水供給エリア

PDAM Kota Padang の給水カバーエリアでは、一般家庭の水道基本料金は $1,200\text{IDR}/\text{m}^3$ であり、全国の PDAM の平均は約 $1,600\text{IDR}/\text{m}^3$ であることから、比較的安く設定されている。ただし、1 ヶ月の使用量が $10\sim 20\text{m}^3$ の場合は $2,050\text{IDR}/\text{m}^3$ に上昇するような従量制である。インドネシアでは水道料金は各自治体が設定することになっており、政治的な要素も含まれた料金設定となっているが、PDAM Kota Padang の水道料金は年々上がっている。

また、災害用給水車で給水サービスは、洪水等の被災者と、通常時の給水量では不十分な住民との 2 つに分類され、前者は無償で供給され、後者は一般家庭同様の基本料金に、運搬距離に応じた一回あたりの運搬費用（ 5km 以内の運搬距離の場合 $40,000\text{IDR}/\text{m}^3$ ）が加算された料金で供給される。

災害用給水車で給水サービスを受けている住民へのヒアリングによると、給水サービスが不十分な場合は飲料や料理の用途に市販のミネラルウォーターや民間の水売り事業者の水を購入するか、井戸水を利用している。災害用給水車で給水されている Red Zone 地区の住民が利用している、自宅敷地内の手掘り井戸と手製の簡易ろ過設備を以下に示す。Red Zone 地区は沿岸部であり、深井戸の場合は塩分濃度が高くなるため、周辺地域ではほとんどが深さ約 6m 前後の浅井戸である。



浅井戸(中央部)と送水パイプ

手製の簡易ろ過設備

簡易ろ過設備の内部

図 1-10 Red Zone 地区の手掘り井戸と手製の簡易ろ過設備

住民ヒアリングによると、浅井戸のろ過後の水質は多少濁度があり、匂いもあるため、安全性の観点から災害用給水車による給水を利用したいとのことであった。ただし、井戸水、給水車による給水のどちらの場合も、安全性の確証がないため、飲料の場合は必ず煮沸して利用するとのことである。

B. PDAM による浄水未供給エリア

一方、PDAM の給水サービスを受けていないエリアは、敷地内の自前の井戸や周辺住民との協同井戸、付近の河川水や雨水の貯水で賄う住民と、PAMSIMAS による給水サービスを受けている住民との 2 グループに大別されるが、飲料や料理の用途での水は、どちらのグループも、市販のミネラルウォーター、もしくは民間の水売り事業者からの購入で賄っている場合が多い。

現地調査時に把握した、パダン市での市販水の標準的な価格を以下に整理する。

表 1-7 パダン市の市販水の参考価格

市販水分類		容量	参考価格 (IDR)
市販ペットボトル水		0.6L	3,000 前後
		1.5L	5,000 前後
民間水売り業者の販売水	ノンブランド	1gallon	3,500～5,000
	ブランド	1gallon	15,000～17,000

ブランド水とは企業の工場製品であり、ノンブランド水とは民間の小規模水売り事業者が、周辺の山麓部の湧水などから別業者が運搬する水を購入し、自前のスポンジ膜、紫外線装置、圧送タンクなどの設備で処理する水を住民に販売するものである。以下に Kuranji 地区の小規模水売り事業者の処理施設を示す。これら施設一式の調達価格総額は 20,000,000IDR である。



図 1-11 Kuranji 地区の小規模民間水売り事業者の店舗と設備

周辺の山麓部の湧水などからの運搬水は、別業者から 300gallon あたり 280,000IDR で購入し、処理後のノンブランド水として 4,000IDR/gallon で販売している。この場合、1gallon あたりの収益は約 3,000IDR となる。訪問した事業者の店舗では平均 70gallon/日を売上げており、1ヶ月の収益は 6,440,000IDR（約 660USD）となる。なお、住民の自宅まで配送するサービスも行っており、配送料金として 1,000IDR/gallon を別途徴収している。

こういった小規模事業者は無数に存在し、事業者へのヒアリングによると約 5,000 世帯を抱える周辺一帯には他に 4 つの同業者が存在するとのことであった。

しかし一方で、住民側にはこういったノンブランド水への不信感も少なくない。訪問した事業者は、2ヶ月に1度の頻度でパダン市公衆衛生局による水質検査を受けているが、別業者から購入する運搬水の原水の水源は事業者自身も不明であった。住民側でも、汚染された原水を使用している可能性もあるために購入しない住民も多いとのことである。

Kuranji 地区の、現在 PDAM による浄水未給水エリアの 5 人家族の住民へのヒアリングでは、PDAM による安全な浄水が供給された場合の支払い意思額は 40,000～50,000IDR/月であった。パダン市では、飲料や料理の用途以外の生活用水は浅井戸や付近の表流水、雨水を利用するケースが多いが、この家庭が 20m³/月を消費すると仮定すると、2,000～2,500IDR/m³ となり、これは現在の水道基本料金 1,200IDR/m³ の 2 倍近い数字となる。

1.1.6 調査対象地域のニーズ

1) 計画モデル

パダン市は地震や津波の被害の記憶が新しいが、近年洪水被害も再び発生している。洪水による上水道施設への被害に対して、PDAM Kota Padang は経営状況が悪く、更に震災復興のための管路改修事業も滞っている状況であり、迅速な施設復旧が行われていない。その結果、市内複数個所で住民が緊急対応用の給水車で給水に頼る生活を余儀なくされている。

そこで、本調査では緊急時の給水装置として、濁度が高くなる洪水時でも河川水の利用が見込め、かつ機動性のある車載式浄水装置の導入を検討する。

なお、本邦中小企業による事業の観点からは、平常時のビジネスとして初期整備費、維持管理費の観点での詳細な検討が必要であるが、現地調査において PDAM Kota Padang 局長との協議では、災害対策としての目的を最優先する考えであり、まずはパイロット事業として導入しつつ事業性を検証すればよい、とのコメントがあった。そのため、ここでは現在未給水となっている洪水被災者を需要として捉え、モデル事業を検討する。

また、実際の事業では、災害時と平常時の運用、維持管理等の責任区分について、PDAM Kota Padang と事業者との間で協定など何らかの取り決めが必要となる場合も想定されるが、ここでは、パイロット事業の実現を念頭に置き、災害時における浄水装置の運用管理は PDAM Kota Padang が行うという役割分担で検討する。

2) 災害時の裨益人口

計画モデルでの浄水装置は災害時の緊急対応とするため、住民の日常的な使用量を賄う必要は無い。ただし、2012年9月の洪水時には約5万人の給水が滞ったこと、自然災害の場合は影響範囲が広いことから、3つのDistrictごとに1基の装置を常備し、パダン市内で合計4基の浄水装置を用意するモデルが考えられる。表1-8に示すとおり、都市周辺のDistrictにも比較的一様に人口が分布していることから、現実的な基数と判断できる。

表 1-8 パダン市 11District の人口

District 名	人口 (人)
BUNGUS TELUK KABUNG	22,896
LUBUK KILANGAN	42,550
LUBUK BEGALUNG	106,432
PADANG SELATAN	55,018
PADANG TIMUR	77,868
PADANG BARAT	45,380
PADANG UTARA	79,119
NANGGALO	57,275
KURANJI	126,729
PAUH	59,216
KOTO TANGAH	162,079

仮に車載式浄水装置の処理能力が200m³/日である場合、水需要量は逆算して800m³/日となる。住民ヒアリングでは、一日一人当たり30～50Lの水を消費するとの回答であったが、被災時という特殊な状態を踏まえると、一日一人当たり20Lを消費するとすれば、一日当り4万人の給水を賄える計算となる。

1.2 カンボジア王国

1.2.1 カンボジア王国の政治・経済の概況

1) 政治

1970 年のクーデターにより始まったクメール共和国（ロン・ノル）時代以降、内戦が常態化する時代が続いた。1991 年からの和平プロセスによる国民選挙を経て発足した連立政権による第一次王国政府でも、1998 年の総選挙を睨んだ政党間の確執が表面化し、1997 年にプノンペンでの大規模な武力衝突に至った。しかし、1998 年に国際社会の働きかけにより選挙が実施され発足した第二次王国政府の政治統治下では、国連議席を回復し、1999 年には ASEAN 加盟など、国際社会への復帰を果たした。以降、フン・セン首相のもとで比較的安定した政権運営が行なわれ、現在の経済発展につながっている。

2) 経済

カンボジアは 2004 年から 2007 年までの 4 年間、4 大産業である農業、縫製業、建設業、観光業の好調に支えられ二桁の経済成長を記録した。2008 年から経済混乱が生じたものの 2010 年には経済成長率が 6%に回復し、2011 年も 6%台で比較的安定的な成長を維持している。

近年の経済成長には、縫製品や靴の輸出増加も貢献しているが、農業が安定的な主要産業であることには変わらない。農業には労働人口の約 7 割が従事し、2011 年 9 月の洪水被害を受けたものの 3%台の経済成長率で、GDP に占める割合は約 3 割である。一方、ホテル、レストラン等の観光サービス業は、GDP に占める割合が約 4 割と他の主要産業（製造業（約 3 割弱）、農業（約 3 割））を上回っている。カンボジアへの訪問者の約 9 割はアジアを中心とする観光客であり、訪問者数は、2000 年の 46.6 万人から 10 年間で約 6 倍に増加しており、経済成長の一翼を担っている。

建設業は、中国政府の支援によるダム工事、橋梁、道路などの公共事業が急増中であり、それに伴う中国水電力社、DUNAN 社など水力、土木工事関連会社の進出が進んでいる。民需では、韓国資本での CAMKO CITY, HYUNDAI ビルなどの大型開発事業が、昨年の経済危機での影響から一時的停滞は見せたものの、近年より急速な進展を見せ、韓国資本の大型ゼネコンも進出している。小規模工事会社は主にカンボジア人経営、ベトナム人経営の工務店が多く、カンボジア人一般人の自宅、カンボジア人向け住宅開発の下請けなどがその仕事となる。

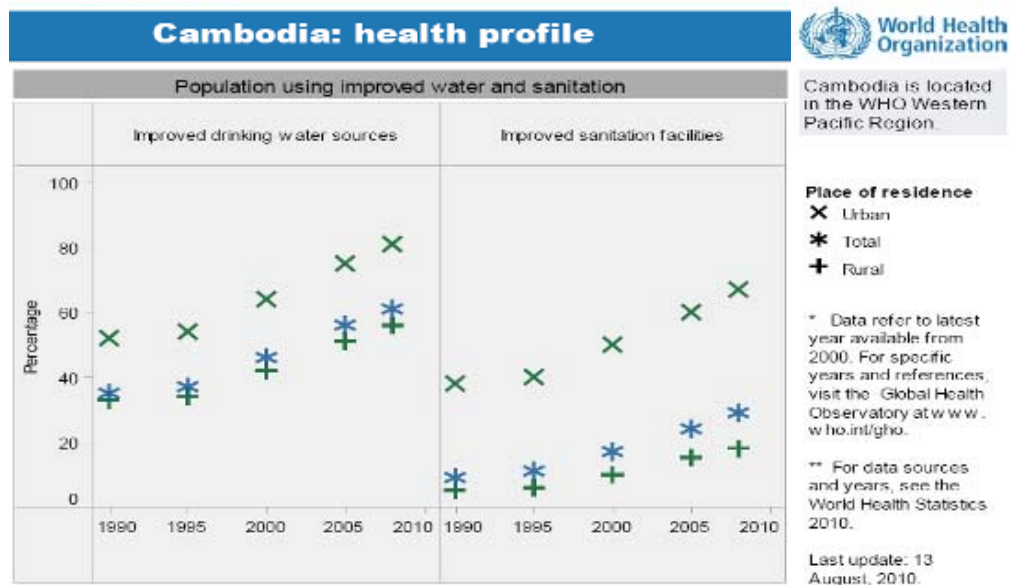
インフレ率は近年安定基調にあり、2011 年平均も 6.4%である。経常収支及び財政は慢性的に赤字であるものの、近年、海外直接投資が順調に増加しており 2011 年には 6 億 8 千万ドルとなっている。今後も安定した経済成長が見込まれている。投資国は、中国を筆頭に、韓国、マレーシア、米国、タイ、台湾などのアジア諸国が圧倒的に多く、業種別では、縫製業や観光業を中心に各セクターで投資が許可されている。2004 年からは不動産投資も活発で、地価の高騰を招いている。

1.2.2 カンボジア王国の給水分野における開発課題の現状

1) 上下水道施設の不備

カンボジアにおける 2010 年の安全な水へのアクセスは、都市部で 60%、農村部で 41%にすぎず、上水道施設の不備が明白である。民営水道を見ても、運営中が 114 事業箇所、建設中が 19 事業箇所、申請中が 12 事業箇所ので合計 145 事業箇所の整備が進んでいるが、これらは人口密集度の高い限られたエリアのみであり、大半の農村部は近隣の河川水、浅井戸等の不衛生な水源からの用水に頼って生活している。

アジア・モンスーン地域では都市化や農業の近代化などにより、取水及び排水にかかわる環境が変化し、病原微生物や農薬、ヒ素などの水系汚染による人の健康や生態系へのリスクが顕在化している¹。水源水質を守るべき下水道等の衛生施設についても全土で不完全な整備状況であるカンボジアもこの例外ではない。下水道施設が存在する都市はシェムリアップ市とシアヌークビル市のみであり、その整備面積も十分ではない。下図に示すとおり、農村部でトイレを利用している住民は約 20%にとどまり、800 万人を超える住民が屋外で用を足し、家族や近隣の住民や周辺環境にリスクを負わせている。



出典：World Health Organization 「Annual Report」 (2010 年)

図 1-12 カンボジアの安全な飲料水及び衛生施設の利用割合

2) 水系感染症

上水施設や衛生施設の不十分な整備状況の影響は、乳児死亡率が 1000 人中 82 人という数字にも現れている。National Institute of Public Health によると、新生児後死亡の 56.2% は不衛生な水の利用による下痢の発症に起因するとされている。また、「Water Supply and Sanitation in Cambodia, Rosebloom JW, Ockelford J & Robinson A.」(2007)によると、下痢の発症は 5 歳以下の子供の死亡原因の第 1 位を占めている。

¹引用: 文部科学省研究開発局「アジア・モンスーン地域における水資源の安全性に関わるリスクマネジメントシステムの構築」(2007 年)

保健省が公表した 2008 年の水系感染症の入院患者の統計値を以下に示す。貧困層を考慮すると実際の感染件数はこれより多いと推定される。

表 1-9 水系感染症入院者数統計

病名	2008 年入院者数	2008 年死亡数
下痢症	22, 688	62
赤痢	6, 355	5
コレラ	72	0
腸チフス	13, 241	16

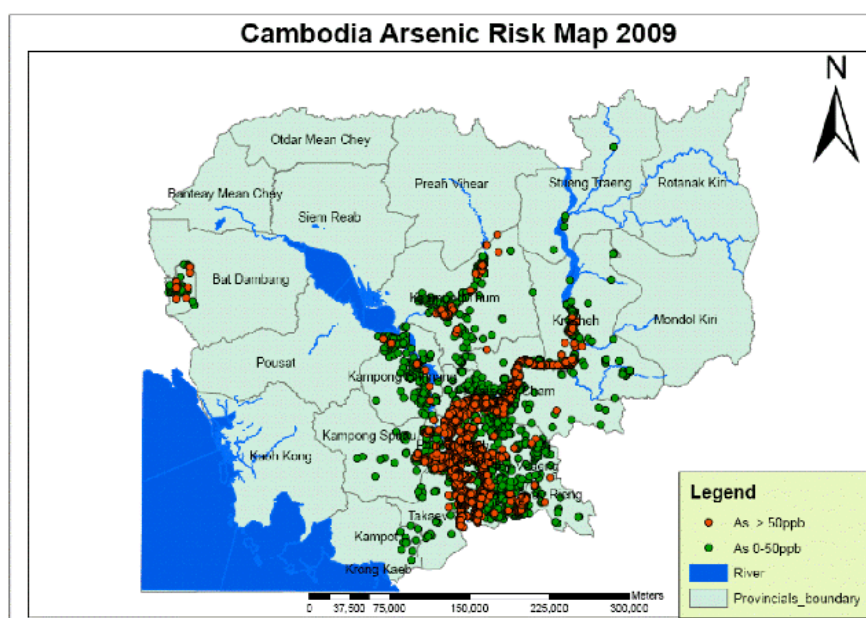
出典：保健省「National Health Statistic Report」（2008 年）

3) 砒素汚染

地下水の砒素汚染による健康影響の問題も存在する。2000 年以降に都市周辺を含む農村地域において飲料用地下水の砒素汚染の問題が浮上してきた。浅井戸及び深井戸は安全な水供給の水源として選択され、その結果大腸菌等細菌で汚染された飲用水からの下痢疾患等の患者数が低減する効果を得ていた。しかしその後、地下水に砒素が確認され、7 年から 10 年の長期間の飲用による皮膚慢性疾患や癌など、砒素中毒の患者が多数確認された。

「Regional Operational Response to Arsenic Workshop in Nepal 26-27 April, 2004」によると 2006 年現在、飲用水による砒素リスクに暴露されている国民は約 32 万人いると推定されている。

国内の砒素汚染井戸の分布状況を以下に示す。主な汚染地域はメコン川周辺、バサック川周辺及びトンレサップ川周辺である。



出典：「International Learning Exchange- Arsenic Mitigation in Bangladesh」末永和幸（JICA 砒素対策技術アドバイザー）によるセミナー参加報告「アジア各国の地下水砒素汚染対策の現状」（2009 年）

図 1-13 砒素汚染地域

1.2.3 カンボジア王国の給水分野の関連計画、政策及び法制度

1) 給水分野に関連する法制度、計画、政策

(1) 四辺形戦略 (Rectangular Strategy)

国家開発戦略を規定している「四辺形戦略」で掲げられている戦略の四辺とは、農業分野の強化、インフラの復興と建設、民間セクター開発と雇用創出、及び能力構築と人材開発であり、その中心部にグッドガバナンスを置いている。

給水分野については、2008 年の四辺形戦略フェーズⅡで、開発パートナー及び自国の財源により灌漑事業と安全な水の供給事業の開発と運営に民間セクターの参加を促進するとし、カンボジア国ミレニアム開発目標(CMDGs)の達成に向けた政府の傾注にも言及している。

CMDGs は、「2015 年までに安全な飲用水を継続的に利用できない人々の割合を半減する」としている。その具体的な目標値を以下に示す。

表 1-10 給水分野のカンボジア国ミレニアム開発目標

項目	目標値		
	2005年	2010年	2015年
農村地域の改善された飲用水へのアクセス	30%	40%	50%
都市部の安全な飲用水へのアクセス	68%	74%	80%
農村地域の改善された衛生施設へのアクセス	12%	20%	30%
都市部の改善された衛生施設へのアクセス	59%	67%	74%

(2) 国家戦略開発計画改訂版 2009～2013 (National Strategic Development Plan update)

国家戦略開発計画は、貧困削減を最大の目標とし、CMDGs の目標達成、四辺形戦略の具体化をするための計画である。この開発計画は 2006 年以降の国家戦略を定めたが、世界的経済不況と開発計画目標年度を議会任期に一致させる目的から、2010 年に改訂版 2009-2013 が策定された。この中で、2013 年までの毎年の CMDGs は以下のように改められた。

表 1-11 国家戦略開発計画改訂版 2009-2013 による CMDGs

項目	目標値			
	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
農村地域の改善された飲用水へのアクセス	43.49%	44.99%	46.49%	47.69%
都市部の安全な飲用水へのアクセス	54%	55%	57%	60%

2011 年の実際の CMDGs の達成状況は、都市部は鉱工業エネルギー省によると 60%、農村部は地方開発省によると 41%であり、農村部で目標値が達成できていない。

国家戦略開発計画改訂版では、農村地域の衛生と安全な水へのアクセスの整備の促進、民営水道及び民間資本の活用、公営水道事業体及び民営水道事業者の料金設定の管理も目標に定めており、農村地域を対象にした給水事業促進へのニーズが高いという実態がある。

(3) 法制度

2006 年に閣僚評議会に対して水道・衛生法案が提出されたが、現時点で、本法案は成案に至っていない。このため、カンボジアにおいては、水道・衛生の体系的な法律は存在しない。

水道事業に関連する法律は検討中のものも含めて、水資源管理法、水利権に関する政令案、カンボジア水質基準がある。

A. 水資源管理法

水資源の効果的かつ持続可能な管理を促進することを目的に 2007 年に施行された。同法第 7 条では、カンボジア政府は水資源の管理・投資・取水・保全・開発に関する活動において、政府機関、個人投資家、ステークホルダーズ、全てのレベルの受益者、NGO、国際機関の参加と連携を奨励している。

なお、水利権の認可・移転・解除・時限・拡張・中止のための条件、様式、及び手続きや水利権下の水使用料といった水資源利用及び開発に係る事項は、同法第 13 条に、政令により規定すると述べられている。しかしながら現在、当該政令は未整備の状態であり、手続きや水使用料については法律上定められていない。鉱工業エネルギー省によると、水資源気象省への報告は慣例的に行われるとのことである。

B. 水利権に関する政令案

水利権に関する政令案は、全ての非商業的な消費または商業目的の水利用活動及び水資源の開発に関して、取水許認可に関する条件、発行・移転・延長・変更・廃止・停止に関する諸手続きを確立し、水利権の有効期間を特定するために制定されるものである。許認可は水資源気象省または州水資源気象局が有するとされているが、現在、本政令案は閣議評議会の承認待ちの状態となっている。

C. カンボジア水質基準

カンボジア水質基準 2004（以下、2004 年基準）は、WHO 及び専門家で構成されるアドバイザリー委員会による助言に基づき 2004 年 1 月に策定された。2004 年基準は、2003 年に策定された WHO の飲料水質ガイドラインと他国の水質基準を参照しつつ、国内の水質問題に適合するように策定されている。

水中の様々な化学物質や微生物によるリスクやそれに伴う水量についての知見の変化に対応するため、2004 年基準は 5 年ごとに見直しを行うと規定されているが、2012 年 1 月現在、改訂版水質基準（以下、2011 年改定基準）は策定されていない。ただし、2011 年改定基準は既に起草され、現在、鉱工業エネルギー省大臣の承認待ちの状態である。

表 1-12 に、2004 年基準、2011 年改定基準、及び日本の水質基準の比較を示す。2011 年改定基準は、都市給水及び農村給水に分類されている。また、2004 年基準と比較して 2011 年改定基準は、各パラメータの規定値がカンボジアの実情に沿うように和らげられ、またパラメータ数も減らされている。

表 1-12 水質基準の比較

パラメータ	2004 年基準	2011 年改定基準 都市給水 (草案)	2011 改定基準 農村給水 (草案)	日本 水質基準 ***
耐熱性大腸菌群	0	0	0	0
色度	5NTU	15TCU		5 度
濁度	5NTU	2 At treatment plant outlet 5 (in network)	10NTU or acceptable	2 度
残留塩素	0.2-0.5 mg/L	0.1-1.0 mg/L	0.2-0.5 mg/L	1.0mg/L
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.8-8.6
塩化物	250 mg/L	250mg/L		200mg/L
硬度*	300 mg/L	300mg/L or acceptable	500mg/L or acceptable	300mg/L
鉄	0.3 mg/L	0.3mg/L	3mg/L or acceptable	0.3mg/L
マンガン	0.1 mg/L	0.1mg/L	0.4 mg/L	0.05mg/L
ナトリウム	200 mg/L	250mg/L		200mg/L
溶解性物質 (TDS)**	800 mg/L	800 mg/L	800mg/L or acceptable	500mg/L

*硬度は CaCO_3 で計測される。

**電気伝導性も計測できる。電気伝導性は TDS 値の約 2 倍となる。

***水質基準に関する省令（平成 15 年 5 月 30 日厚生労働省令第 101 号）参照。残留塩素は水質管理目標値、溶解性物質は蒸発残留物の値。

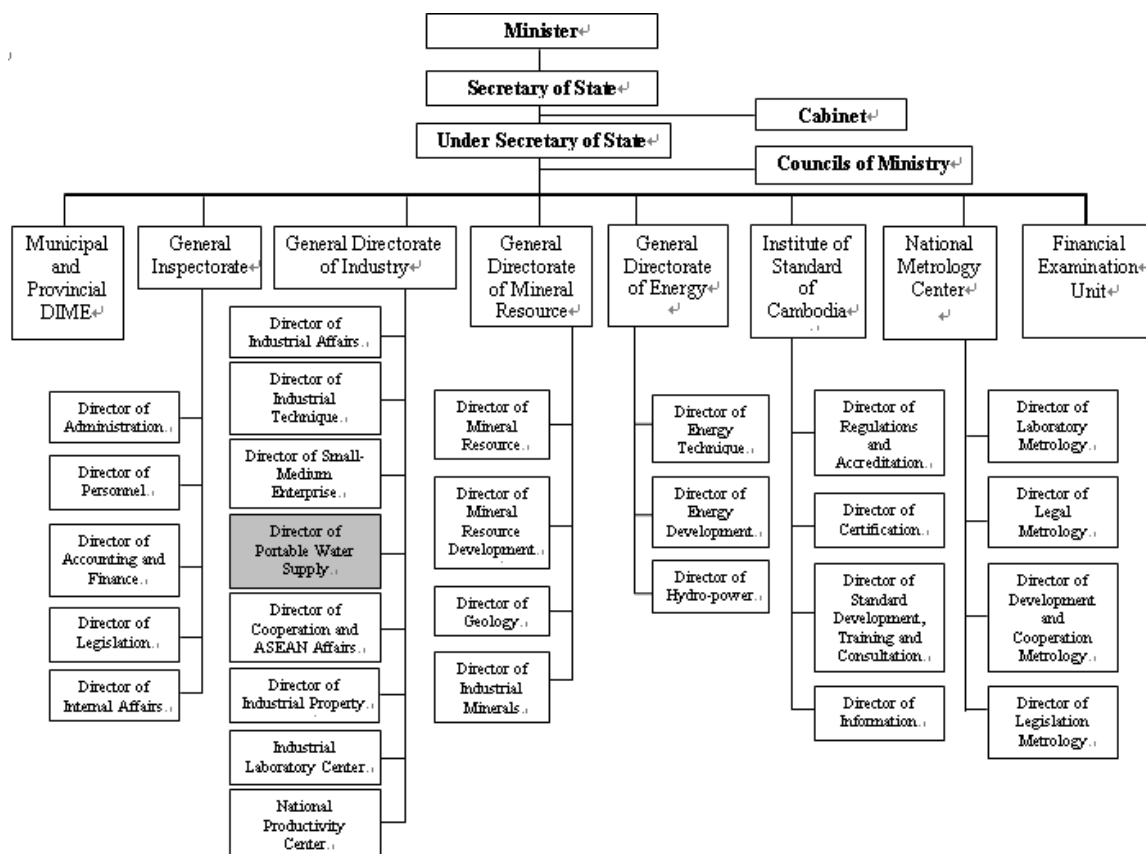
2) 給水分野を所管する関連機関

(1) 鉱工業エネルギー省（MIME : Ministry of Industry, Mines and Energy）

プノンペンとシェムリアップを除く州都、及び中小規模の市町村の、浄水施設を使用する水道事業及び商業形態による水道事業は、MIME が所管している。主な役割は以下のとおりであり、実際の所管部署は MIME 内の水道部（DPWS : Department of Portable Water Supply）である。

- ・ 水道分野の方針と戦略の立案・実行
- ・ 水道分野の統計集約と開発計画の策定
- ・ 援助機関への協力
- ・ 水道分野の統括と支援
- ・ 水道分野の基準、要領書及び指針の策定
- ・ 公営水道事業体の運営と監視。
- ・ 水質試験所の運営

MIME の組織図を以下に示す。



出典: MIME-DPWS

図 1-14 MIME 組織図

2011 年には、全国で 16 の公営水道事業体が存在し、そのうち独立採算により事業運営されるプノンペン水道公社（PPWSA）及びシェムリアップ水道公社（SRWSA）を除く 14 の公営水道事業は、MIME が地方出先機関である DIME を通して直轄運営していた。しかし、資金難により、老朽化した施設を有するカンボンチュナン、プレイベン、ラタナキリ（ラン村）、クラチエ、コッコン及びカンボンスプーの州都水道事業は、民間の活力による施設の更新を意図して、2011 年より国内の民間企業に事業権を移転している。また、シアヌークビルのように民間の用水供給事業が公共水道事業の給水能力を大きく上回り（シアヌークビル水道局の能力 8,000m³/日、民間のアンコー・ブラザーズの現在の能力 20,000 m³/日）、今後の浄水場の拡張を民間事業に依存している州都もある。

また、MIME は政策として、民間水道企業者を活用し、資金難から普及が進まない水道整備を促進しようとしており、2012 年 1 月現在で、運営中、申請中のものも含めると合計 146 事業箇所には達している。それら事業の水源は河川、沼、湖、井戸及び小川など各種さまざまである。浄水能力は 300～9,600m³/日で、700m³/日程度のものが多い。接続数は 28 個から 2,000 個、料金は 2,500KHR/m³（0.63USD/m³）のものが多いが中には 2,800KHR/m³（0.70USD/m³）のものも見られる。また、MIME よりライセンスを得ないで、営業している小規模の民間水道業者が存在しているようである。

主要都市の公営、民営の水道事業の状況を以下に整理する。

表 1-13 主要都市の水道事業の近年の動向

番号	都市名	2011-2012	動向
1	ブノンペン		ニロート浄水場を建設中
2	シェムリアップ	-浄水場の拡張事業が進行中 -キャパシティ・ビルディング実施中	JICA による詳細設計実施中
3	シアヌークビル	-管網の改築更新事業が開始 -キャパシティ・ビルディング実施中	民間（アンコ・ブラザーズ）： 20,000m ³ /日 公共：8,000m ³ /日
4	ブルサット	-管網の改築更新事業が開始 -キャパシティ・ビルディング実施中	
5	バタンバン	-管網の改築更新事業が開始 -キャパシティ・ビルディング実施中	新浄水場の必要あり
6	コンボンチャム	キャパシティ・ビルディング実施中	井戸施設の増強の必要あり
7	コンボントム	キャパシティ・ビルディング実施中	配管網整備の必要あり
8	スワイリエン	キャパシティ・ビルディング実施中	配管網整備の必要あり
9	カンボット	キャパシティ・ビルディング実施中	配管網整備の必要あり
10	コンボンチュナン	---	民営化
11	プレイベン	---	民営化、整備の必要あり
12	ラタナキリ（バンルン）	---	民営化、開発予定
13	クラチェ	---	民営化、整備の必要あり
14	ストゥントレン	---	ADB の修繕事業がスタート
15	カンダール（タクマウ）	---	PPWSA の給水区域
16	コンボンスプー	---	民営
17	バンテイミンチェイ	---	民営
18	タケオ（ドーンケオ）	---	民営
19	コッコン	---	民営
20	ウドーミンチェイ	---	民間事業申請中
21	ブレアビヒア	---	民営
22	ケップ	---	民営、倒産、営業権延長申請あり
23	バイリン	---	民営
24	モンドリキリ（センモノロム）	---	計画中（2014 年完成予定）

(2) 地方開発省（MRD）

農村地域の給水のうち、MIME の管轄でない非商業ベースの給水事業は MRD が所管する。MRD は“Rural Water Supply, Sanitation and Hygiene Strategy 2010-2025 August 2010”を公表し、新方針「2025 年までに全てのコミューンの住民は安全な給水施設にアクセスでき、衛生的な環境の中で生活する」を打ち出している。

代表的な給水事業は、地下水くみ上げによる共同栓事業で、民間事業者ではなくコミュニティや NGO によって運営されている。近年では、人口密度の少ない地域や遠隔地でも水道網敷設による給水ニーズがあるが、民間企業ではなくコミュニティが運営管理責任を持つ場合は、MRD が所管している。

なお、本調査で想定する給水事業は、コミュニティが運営するには機器装置の維持管理等に困難な側面があること及び上記の MIME と MRD の覚書内 “Memorandum of Understanding on Piped Water Supply System Between Ministry of Rural Development And Ministry of Industry, Mines and Energy”（2005 年 2 月 7 日）の「公共事業及び民間企業が商業形態により運営する水道事業」に該当するため、MRD 所管とはならない。

1.2.4 カンボジア王国の給水分野のODA事業の事例分析

1) 我が国の給水分野における援助動向

我が国のカンボジアに対する今後の援助方針は、より戦略的に援助を実施するため開発途上国との政策協議により開発課題を設定し、全体として整合を考慮した取り組みを行うこととしているが、3つの重点分野の一つである「社会開発の促進」で上下水道インフラの整備を挙げており、中でもプノンペン水道公社に続く地方主要都市の上水道整備支援が明記されている。

これまで、上水道と都市排水のプロジェクトを、都市や農村を対象に支援してきている。近年のJICAが関係する上水道・都市排水インフラ整備プロジェクトを以下の表に示す。

表 1-14 近年の上下水道と衛生の改善プロジェクト

プロジェクト名	形式	状況
水道人材育成プロジェクト フェーズ 2	技術協力	2012 年 3 月終了
ニロート浄水場計画(プノンペン)	有償	JICA+AFD
シェムリアップ上水道拡張事業	有償	2012 年 3 月 L/A 締結
地方州都における配水管改修及び拡張計画	無償	2012 年 2 月入札
プノンペン市洪水防御排水改善計画 (フェーズ 3)	無償	2013 年 3 月 E/N
地方給水に関する本邦技術適用可能性にかかる情報収集・確認調査	情報収集	2011 年 12 月 -2012 年 3 月
水道人材育成プロジェクト フェーズ 3	技術協力	2012 年度開始、5 年間継続

過去の水道分野の有償・無償資金協力の実績を以下に示す。

表 1-15 過去の有償・無償資金協力の実績

約束年度	投入形態	案件名	限度額／金額(億円)
2009	無償	コンボンチャム州メモット郡村落飲料水供給計画	3.69
2008	有償	ニロート上水道整備計画	35.13
2006	無償	コンボンチャム州村落飲料水供給計画(第2期)	4.31
2005	無償	コンボンチャム州村落飲料水供給計画(1/2)	4.34
2004	無償	シェムリアップ上水道整備計画	15.37
2003	無償	シェムリアップ上水道整備計画(詳細設計)	0.74
2003	無償	プノンペン市周辺村落給水計画(2/2期)	4.42
2002	無償	プノンペン市周辺村落給水計画(1/2期)	7.84
2001	無償	プンブレック浄水場拡張計画	25.8
2000	無償	プンブレック浄水場拡張計画(詳細計画)	0.6
1997	無償	第2次プノンペン市上水道整備計画	21.12
1996	無償	第2次プノンペン市上水道整備計画	0.42
1994	無償	プノンペン市上水道整備計画	17.71
1993	無償	プノンペン市上水道整備計画	9.8

出典：外務省資料

2) 他の援助機関の動向

近年の日本以外の援助機関の支援内容は、地方都市の配水管網の更新と拡張が目立つ傾向にある。配水管網の老朽化と面整備の不足が全国的に顕著になってきているためと考えられる。主なプロジェクトは以下である。

- ・ 都市域の配水管網拡張プロジェクト (USAID)

- ・ カンボットにおける配水管網拡張と衛生施設 (UN-HABITAT)
- ・ プルサット、カンボンチャム、カンボントム及びスバイリエンにおける配水管網拡張 (UN-HABITAT)
- ・ 都市周辺配水管網拡張 (WB)
- ・ カンボットにおける配水管更新 (GRET)
- ・ カンボット水道局改善 (GRET)

WB、UN-HABITAT 及び ADB の援助実績を表 1-16に記す。

表 1-16 水道分野における WB, UN-HABITAT 及び ADB の近年の支援

(通貨: USD)

	プロジェクト名	プロジェクト地域・概要	期間	予算
WB	都市水道と衛生分野の見直し	地方レベル	2011 ～ 2012 年	—
	統合メコン水源管理	—	—	32.5M
	都市水道プロジェクト (IDA-30410)	チュルイ・チャンワー浄水場の修復、シアヌークビルの配水管の拡張、水道と衛生施策の作成	1996 年 9 月	30.96M
	州及び都市周辺の水道計画と衛生施設計画 (IDA-H0340)	Output-Based Aid (OBA) アプローチ: スパイリエン、プレイベン、カンポンチャム、バンテイミンチェイ	2003 年 4 月に許可発行 (現在停止)	19.9 M
	州及び都市周辺の水道計画と衛生施設計画	Design-Build-Lease (DBL) アプローチ: スパイリエン、プレイベン、カンポンチャム、バンテイミンチェイ	—	—
	ブノンペン都市周辺水道管網拡張	—	—	—
WSP	小規模民営水道運営者人材育成一試験プロジェクト	—	—	—
	水と衛生の財政戦略	—	—	—
	小規模民営水道運営者のための水質試験キット試験プロジェクト	—	—	—
ADB	法令改善強化プロジェクト(都市水道における法令フレームワーク: 2011-12)	—	—	—
	公社と 5 水道局間のツィニングプロジェクト(バットンバン、カンポンチュナン、カンボンスプー、カンポット及び公社)	—	—	—
	ブノンペン水道と都市排水(WB、PPWSA 支援)	ブノンペン配水管網拡張	1996～ 2003 年	—
	メコン水道と衛生プロジェクト(クラチェとスタントレンにおける給水と衛生の改善)	クラチェ及びスタントレン	2009 年 5 月-12 月	1.2 M (TA)
	州都改善プロジェクト (1725/2013-CAM(SF))	6 都市水道施設の改善(バットンバン、ブルサット、カンボントム、カンポンチャム、スパイリエン、カンポット)	2000～ 2006 年	16.3M
	アジア都市の水道(WAC)	—	—	—
	メコン地区水と衛生のイニシアチブプログラムの支援による水道と衛生施設の供与	—	2007～ 現在	—
	カンポットにおける配水管網の拡張と衛生施設	—	—	0.294 M カンポット水道局との協調財源 (USD353,500) 及びコミュニティ (USD 26,000)
	4 都市の配水管網の拡張(カンボントム、カンポンチャム、ブルサット及びスパイリエン)	—	—	1.652M 4 水道局協調財源 (USD 371,000) 及びコミュニティ
	MEKWATSAN フェーズ 1 の下のカンポットの水道と衛生施設の拡張プロジェクト	カンポット	2008～ 2012 年	214, 300
	MEKWATSAN フェーズ 2 の下のカンポンチャム、カンボントム、ブルサット、及びスパイリエンの水道と衛生施設の拡張プロジェクト	ブルサット、カンポンチャム、カンボントム、スパイリエン	2009～ 2012 年	1,065M

出典: JICA

1.2.5 調査対象地域の現状と課題

1) 調査対象地域の選定

A. カンダール州

カンダール州はプノンペン特別市を取り囲むメコン川流域のカンボジア中央の州で、メコン川流域の平坦な土地に、居住エリアと広大な水田や農地が広がっており、国内で世帯所得が最も豊かな州の部類にあたる。安定したメコン川を水源とする Luek Daek 郡 Preaek Dach コミューン、Peam Reang コミューン、Khpob Ateav コミューン、Sandar コミューンを調査対象地域とした。これら 4 コミューンは、メコン川の沿岸に隣接して走る国道 1 号線沿いに、隣棟間隔が 10～20m 程度の密度で、奥方向にも数軒の住宅が同様の間隔で広がりを持つように散在している。

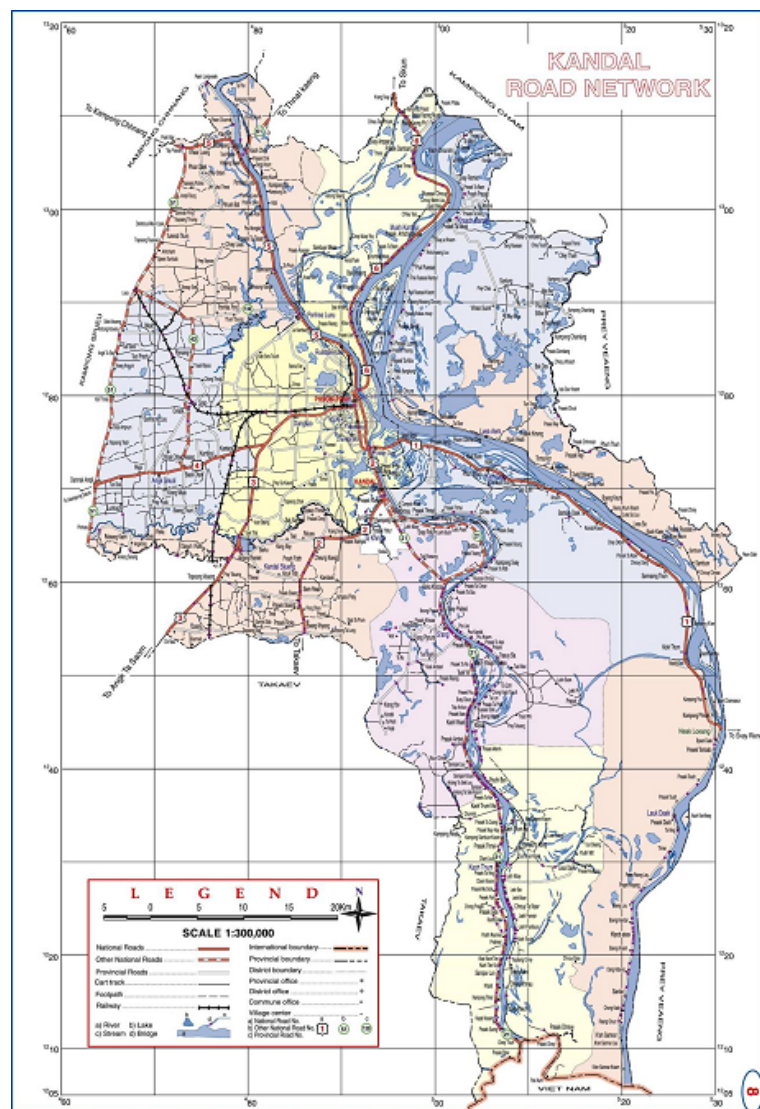


図 1-15 カンダール州の調査対象位置図

この地域では 1980 年代から UNICEF を中心とする援助により多くの井戸が掘削され、微生物汚染の無い「安全な水」の供給事業が実施されてきたが、2001 年、地下水の砒素

汚染が問題化し、さらには、慢性砒素中毒患者の存在も確認されたことから、基準値を超える井戸の使用は停止され、住民の水利用は地下水から不衛生な河川表流水や雨水に移行している。

Luek Daek 郡役場の 2012 年第一四半期統計によれば、Preaek Dach コミューンは 8,982 人(1,701 世帯)、Peam Reang コミューンは 7,431 人(1,604 世帯)、Khpob Ateav コミューンは 5,440 人(1,229 世帯)、Sandar コミューンは 4,336 人(1,011 世帯)である。コミュニティリーダーからのヒアリングによれば、各コミュニティとも 85%が農業従事者であり、その他は漁業、小売業、縫製業、手工業等に従事している。平均の農業従事者の世帯年収は 1,000~1,200USD 程度であるが、一部には数倍の高所得世帯も存在する。

B. シェムリアップ州

シェムリアップ州はカンボジア北西部に位置し、トンレサップ湖や世界遺産に登録されたアンコール遺跡群を有する観光拠点であるものの、世帯所得からすると最も貧しい州の部類にあたる。

2012年3月にシェムリアップ水道公社の都市型上水道施設の整備拡張を対象とする円借款「シェムリアップ上水道拡張事業」が契約調印されたが、都市周辺部や農村部を対象とする本調査の調査対象地域は、同事業との重複を避けつつも同事業ではカバーできない地域を選定するなど、整合を図ることが重要である。この観点から、本調査では国道 6 号線に沿ったコミュニティのうち比較的人口密度が高く、安定した水源を持つ地域の、Siem Reap 州 Kralanh 郡 Kralanh コミューン、Sambuor コミューン、Sranal コミューン、Puok 郡 Prey Chruk コミューン、Sasar Sdam コミューン、Soutr Nikom 郡 Dam Daek コミューン、Samraong コミューン、Popel コミューンを調査対象地域に選定した。

2010 年のシェムリアップ州役場調査によると Kralanh 郡 Kralanh コミューンは 5,386 人(1,148 世帯)、Sambuor コミューンは 3,836 人(771 世帯)、Sranal コミューンの人口は 9,540 人(1,967 世帯)、Puok 郡 Prey Chruk コミューンは 13,226 人(2,809 世帯)、Sasar Sdam コミューンは 13,233 人(2,553 世帯)、Soutr Nikom 郡 Dam Daek コミューンは 15,548 人(2,789 世帯)、Samraong コミューンは 9,306 人(1,709 世帯)、Popel コミューンは 9,491 人(1,876 世帯)である。

これらの地域では人口の約 90%が農業従事者で、その他は小売業、縫製業、手工業等に従事している。平均の世帯年収は、一般村民からのヒアリングによると農業従事者で 500USD 程度、その他の業に従事するもので 1,000~1,200USD 程度である。

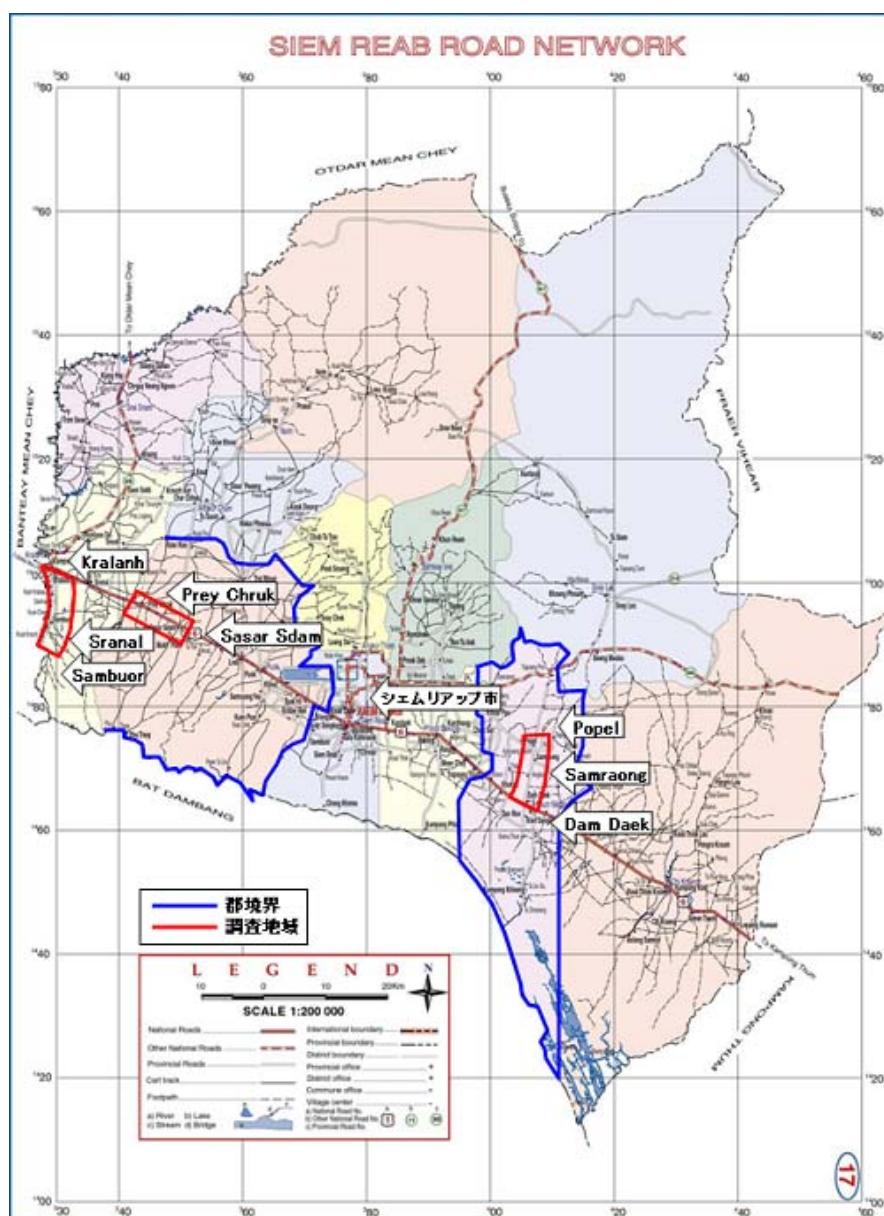


図 1-16 シェムリアップ州の調査対象地 位置図

2) 給水分野における地域の現状と課題

(1) カンダール州

A. 水利用状況（利用水源・水量）

調査対象コミュニティの多くの住民は、飲用、皿洗い、炊事、洗濯、シャワーに利用する全ての用水をメコン川の河川水によっている（雨季には屋根に落ちる雨水を集水し、河川水とともに利用している）。井戸水は砒素汚染により飲用と炊事には利用できず、それ以外での使用も少ない。メコン川により水源が豊富であるものの河川水を購入していることもあり、1人あたりの河川水の利用量は20～30L/日、一世帯（5人）で100～150L/日である。

B. 水質

メコン川の水質は乾季においても濁度が 10～20NTU、雨季には 500NTU 以上に達するため、そのままの使用は不可能である。ヒアリングによると、河川水は甕に溜めて濁質を自然沈降させるか、ミョウバン（凝集剤）を用いて沈殿させて利用されており、感染症対策のために煮沸して飲用に供している家庭も多いということであった。

C. 水の料金

多くの家庭はメコン川の河川水を販売業者から購入しているが、購入価格は Preak Daek コミューンでは 1.25USD/m³、PeamReang コミューン及び、Khpov Ateav コミューンでは 4.1USD/m³（1.25USD/300L）、Sandar コミューンでは 2.5USD/m³ と、メコン川からの距離や販売業者の配送距離など、コミュニティの地理的特性により異なっている。Luek Daek のコミュニティリーダーによれば、家族それぞれが川にシャワーを浴びに行き、その際に 20L のポリタンクに水を汲んで持ち帰っている世帯もある。また、沈殿処理に要するミョウバンの購入費用は 0.5USD/月程度である。

(2) シェムリアップ州

A. 水利用状況（利用水源と利用水量）

調査対象コミュニティにおける水利用状況は共通しており、多くの住民は、飲用、皿洗い、炊事、洗濯、シャワー等全ての用水を井戸水、近隣の河川からの河川水、農業用水、河川からの水を引き込んだ溜池、湧水による溜池によっている（雨季には屋根に落ちる雨水を集水し、河川水とともに利用している）。近隣の河川は乾季の 3 月～5 月にかけて枯れるものもあり、水源が十分でない村落の住民は生活用水の利用において節水傾向にあり、1 人あたりの河川水の利用量は 20L/日、一世帯（5 人）で 100L/日と比較的少ない。

B. 水質

井戸水は基本的に近隣の河川水などと繋がった浅井戸が多く濁質も含んでおり、水質は近隣の河川水と同等と想定できる。一部の深井戸について砒素汚染は無く濁質も低い、鉄、マンガンが多いため飲用には適しておらず、さらに、濁質の低い深井戸の数や揚水量には限りがある。近隣の河川水の水質は、年間を通して濁度が数十 NTU と高く、降雨時にはさらに高濁度となることが予想され、鉄、マンガンがカンボジアの浄水基準値以上に含まれている。農業用水の水質も河川水と同様であるが、農薬の有無について今回は検証していない。近隣の溜池の水質は、濁度は河川水ほど高くないものの、鉄、マンガンが基準値以上に含まれているため、そのまま飲用できるレベルにはない。

濁質の無い深井戸を直接汲み上げて利用している世帯を除き、用水は甕に溜めて濁質を自然沈降させている。ヒアリングでは、ミョウバン（凝集剤）を用いて沈殿させている世帯は確認できなかった。感染症対策のために煮沸して飲用に供している家庭も多く、一部の家庭では NGO から贈与された砂ろ過フィルターやセラミックフィルターを使用している世帯も散見された。飲用水にボトルウォーターを購入している中間所得世帯も多い。

表 1-17 シェムリアップ州の水源の水質検査結果

項目	単位	飲料水基準	Prek Dach 郡 メコン川	Kralanh 郡 Sraeng 川	Puok 郡 Phang 川	Puok 郡 Prey Churuk コミュニティ井戸	Puok 郡 Sasar Sdam コミュニティ農業用水	Puok 郡 Sasar Sdam Pagoda 池	Puok 郡 Yean コミュニティ小学校井戸	Puok 郡 Puok コミュニティ民営水道
濁度	度	5	38.0	77.2	92.4	3.04	31.6	16.8	10.2	16.3
pH	—	6.5-8.5	8.2	10.7	9.2	10.9	11.14	10.3	10.9	11.52
伝導率	mS/m	—	145	10.71	12.58	0.247	11.31	37.2	48.8	3.25
鉄	mg/L	0.30	0.03	2.50	0.76	0.11	0.84	0.47	4.80	0.13
マンガン	mg/L	0.10	0.03	0.20	0.014	1.20	2.50	0.27	0.21	0.21
フッ素	mg/L	1.50	—	0.06	0.06	0.08	0.09	0.08	0.23	<0.05
砒素	mg/L	0.05	N. D.	N. D.	N. D.	0.002	0.002	N. D.	N. D.	N. D.

※ 水色部分は飲料水基準以上の項目を示す

C. 水利用コスト

自己あるいは共同で井戸を所有、利用している住民は、用水利用に対する費用負担は飲用のための煮沸に要する燃料代のみである。河川水、雨水、溜池の用水等を利用している住民は自ら水汲みに赴く住民が多く、インタビューでは河川水の販売業者に関するコメントは得られなかった。飲料水にボトルウォーターを利用する世帯では、NGO などが展開している安い製品で 0.25USD/20L、一般的なもので 0.5USD/20L である。

1.2.6 調査対象地域のニーズ

1) カンダール州

(1) 計画モデル

各コミュニティのコミュニケーションリーダーからは、「メコン川の河川水にかわり直接飲用可能な浄水が各家庭まで届けられるならば、現状の河川水の購入価格以上の価格にて買取る意思が村民にはある」とする共通したコメントがあった。こうした浄水供給ニーズに対応すると、メコン川の河川水を浄化して浄水を供給し、各家庭まで配水する条件で 1.25USD/m³ 以上の価格で販売する浄水供給モデルが想定できる。

しかしながら、このモデルがカンボジア王国において水道事業としてみなされる場合には、水道料金の設定にエネルギー工鉦省の許認可が必要となる。これまでに地域事情に応じてカンダール州の民営水道事業者に対して認められている価格は 0.425~0.7USD/m³ と低い、価格設定はこの範囲に収める必要がある。

(2) 水需要

供給対象範囲は配水の経済性を考慮して、Preak Dach コミュニティの Preak Dach 村以南、Sandar コミュニティの Chong Kaoh 以北の村落とする。これらの各村落の合計人口は 22,343 人となる。

このうち、給水対象として有効な人口は、カンダール州民営水道がサービス地区内の総住宅

数に対する水道接続数の割合から推定する。サンプリングデータ 8 件の平均値は 53.8%であることから、計算の便宜上 50%と仮定し、4 つのコミューン全体での給水対象人口を 11,172 人と推定する。

また、一人当たりの浄水使用量は、村落地域の飲料水であることを念頭に、実態に即した値を推定する。現地調査における調査対象エリアのコミューンリーダーへのヒアリングでは、周辺住民は 20～30L/人日を使用しているとのことであった。なお、カンダール州民営水道の 8 サンプルでの実績値は 8.7～78.6L/人日と地域によってばらつきが大きい。そのため、少ないニーズとして 30L/人日を採用することが妥当であると判断する。この場合、一日あたりの必要給水量は 224m³/日と算定される。

2) シェムリアップ州

(1) 計画モデル

各コミューンでの住民へのインタビューでは、ボトルウォーターの価格である 0.5USD/m³にて購入するとのコメントが多かったが、水源に難のある地域における比較的所得の高い世帯では 2USD/m³とのコメントもあった。

こうした浄水供給ニーズに対応すると、利用可能な井戸水、近隣の河川水、農業用水、溜池等を水源として浄水を供給し、各家庭あるいは近隣の共同水栓まで配水し 0.5USD/m³以上の価格で販売する浄水供給モデルが想定できる。シェムリアップ州の民営水道事業者の水道料金は 0.5～0.75USD/m³程度であり、この価格設定は妥当であるが、給水対象村落は、水源から浄水装置までの送水、及び各家庭への配水を含む整備費用と運用費用に関する経済合理性から判断する必要がある。

(2) 水需要

シェムリアップ市街西側の地区では、Sraeng 川に隣接する村道に沿って散在する Kralanh 郡 Kralanh コミューンと Sambour コミューンの 9 つの村落、Phang 川付近に散在する Kralanh 郡 Sranal コミューンと Puok 郡 Prey Chruk コミューンの 7 つの村落、農業用水と溜池付近に散在する Sasar Sdam コミューンの 3 つの村落となる。これらの村落の総人口は合計 15,047 人 (2,978 世帯) である。

同東側の地区では、Ou Rung 川付近の道路沿いに散在する Dam Daek コミューン、Samraong コミューン、Popel コミューンの 15 の村落となり、人口は合計 12,691 人である。

このうち、給水対象として有効な人口を想定するには、次善の策としてシェムリアップ州の民営水道のデータが必要であるが存在しないため、ここでは、カンダール州民営水道のサンプリングデータ 8 件の村落全世帯数に対する供給世帯数割合の平均値 50%を参照して想定する。また、一人一日あたりの浄水使用量は 20L/日として、東西それぞれの地区の一日あたりの必要給水量は以下のとおり算出される。

表 1-18 モデル事業の給水人口と計画給水量算定値

地区	給水人口	計画給水量
西側地区	7,524 人	150m ³ /日
東側地区	6,346 人	127m ³ /日

1.3 インド

1.3.1 インドの政治・経済の概況

1) 政治

連邦共和制国家であるインドには、自治権が認められている 28 の州と、中央政府の直接の支配下にあつて大統領が任命する行政官を通じて統治される 7 つの連邦直轄領が設置されている。インドの行政組織は、中央レベル・州レベル・地方自治体レベルの三層構造である。中央と州の管轄事項は憲法で定められており、中央は国防、外交、通信、通貨、関税などを、州は州法制定と治安維持、上水供給、公衆衛生、教育、農林水産業などを各々の専管事項としている。特に、農業基盤とインフラの整備について強い権限と財源を持ち、経済・社会開発分野での州政府の役割が大きい。また、中央と州の共有権限として、経済計画、社会保障、貿易、産業などがある。

2) 経済

かつては産業発展の遅れた農業大国であったが、2004 年からはサービス産業の割合が 50% を超え、BRICs 諸国の中で中国に次ぐ水準の経済成長を記録する国となっている。2009 年に発足した第二次シン政権は農村開発や貧困対策とともに、インフラ整備による更なる経済開発を目指している。

経済成長に伴い、都市部で高所得者層が出現し、中所得者人口が増加しているものの、農村部や都市部の貧困層との格差が拡大している。2011 年の一人当たり GDP は 1,388 ドルで、世界平均より大幅に低い。農業従事者は人口比率では約 6 割だが、GDP 構成では 14.6%しか占めていない。また、地方部のインフラ整備は経済成長のスピードに追いついておらず、特に電気や水、交通インフラの未整備は産業発展の足かせとなっている。都市部においても、人口流入で肥大する生活インフラ需要に対して整備が追いついていない状況である。

インドはこれからの日本の経済成長に不可欠な巨大な市場ポテンシャルを持っており、まだまだ少ない貿易量の拡大に向け、ボトルネックの一つになっているインフラ基盤整備に向けたデリー・ムンバイ間産業大動脈構想など、我が国との結びつきを強化してきている。

1.3.2 インドの給水分野における開発課題の現状

1) 上水道施設整備の遅れ

インドは、年平均 GDP 成長率 9.0%の目標へのボトルネック対策としてインフラ整備投資を進める一方、生活インフラの基盤整備も目指している。しかし、上水道分野の現状は、特に都市域において人口急増に伴う水需要増加に対して、給配水システムが追いつかず、間欠給水や高い無収水率の問題が顕著となっている。

2) 水資源不足

ヒマラヤ山脈の豊富な水源、地下水を涵養できる沖積平野が広がり、多くの河川や湖沼、井戸、貯水池が存在する。しかし、人口増加や都市活動の活発化などで、水資源の不足が懸念されている。水資源省による水需要予測によると、2050 年には飲料水が 2 倍、灌漑で 50%

の増加が見込まれ、年間利用可能水資源量を需要が上回るとされている。

3) 水質汚染

特に農村部においては、水質汚染の問題が深刻である。表流水の約 70%は化学物質、有機物、無機物などによる汚染が進んでいる。また、乾燥による内陸部の塩害、地下水の状況を考慮せずに地表水の灌漑を行ったことによる内陸部で発生した塩害も多くみられる。砒素に関しては、1980 年に西ベンガル州において初めて基準値の 0.05mg/L を超える砒素が観測され、汚染地域は 8 地区 79 ブロックに及んでいる。さらに、1.0mg/L 以上の高鉄分地域も存在し、インド国内では 11 万世帯以上に被害が及んでいるとされる。さらに、インド国内では地下水のフッ素濃度も深刻な問題であり、ガンジス川流域の東部の西ベンガル州や北西部のラジャスタン州などで高濃度のフッ化物の検出が報告されている²。このような地下水汚染に対して、インド政府は 1970 年に地下水管理及び規制のためのモデル法案を各州政府に提示し、今回の調査で対象としたマハラシュトラ州では、1993 年に地下水法を制定し、地下水取水に制限をかけている。

1.3.3 インドの給水分野の関連計画、政策及び法制度

1) 給水分野に関連する法制度、計画、政策

(1) 第 12 次五カ年計画 (2012～2016 年)

国家レベルの計画は、憲法によって「五カ年計画」で規定されることになっている。経済、財政、金融、雇用、教育、社会保障、環境、産業、農業、交通、都市開発、エネルギーなどの分野について、今後の戦略的目標やその達成に向けたプロジェクトを示すものである。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 年までの都市部人口への上水道施設整備、漏水率の改善、24 時間連続給水の実現などが設定されている。また、上水道事業の運営組織の改編にも触れている。

特に都市部においては、水道の安定供給を重要視しており、現在の 1 日あたり 2～6 時間程度の間欠給水を 24 時間 365 日供給が可能となる水道システムへ変換することをビジョンとして掲げている。間欠給水の原因としては、短期間での都市人口の急増に伴う水需要の増加に対し、配水供給システム（浄水場および管網）の整備が間に合わないことが挙げられる。さらにインドでの無収水率は 30～55%と非常に高く水不足に拍車をかけている。

(2) 国家地方給水プログラム

2009 年に策定されたプログラムで、農村部での安全で十分な飲料水供給の早急な実施と持続可能な維持管理を推進することを掲げ、2017 年度までに地方人口の 50%への上水道普及を目指すとしている。

² B.K. Handa 「Geochemistry and Genesis of Fluoride-Containing Ground Waters in India」, Volume 13, No.3, Ground Water (1975)

(3) 国家フッ素症対策プログラム

2009年に策定された地下水のフッ素汚染問題に取り組む体制整備を目指すプログラムである。

2) 給水分野を所管する関連機関

(1) 中央省庁

水資源省（Ministry of Water Resources）が水資源に関する規制、政策、開発計画を所管している。

都市部の上水道は、都市開発省（Ministry of Urban Development）の所管であり、農村部の給水は飲料水衛生省（Ministry of Drinking Water and Sanitation）の所管である。飲料水衛生省は、農村開発省の下部組織であった水供給部（Department of Drinking Water Supply）から省に格上げされた。

(2) 州政府

州政府の上下水道部（Water Supply and Sanitation Departments）等が各州の政策、規制、事業の実施を管轄している。

本調査の対象地域としたマハラシュトラ州の、給水分野の関連機関の関係を以下に示す。

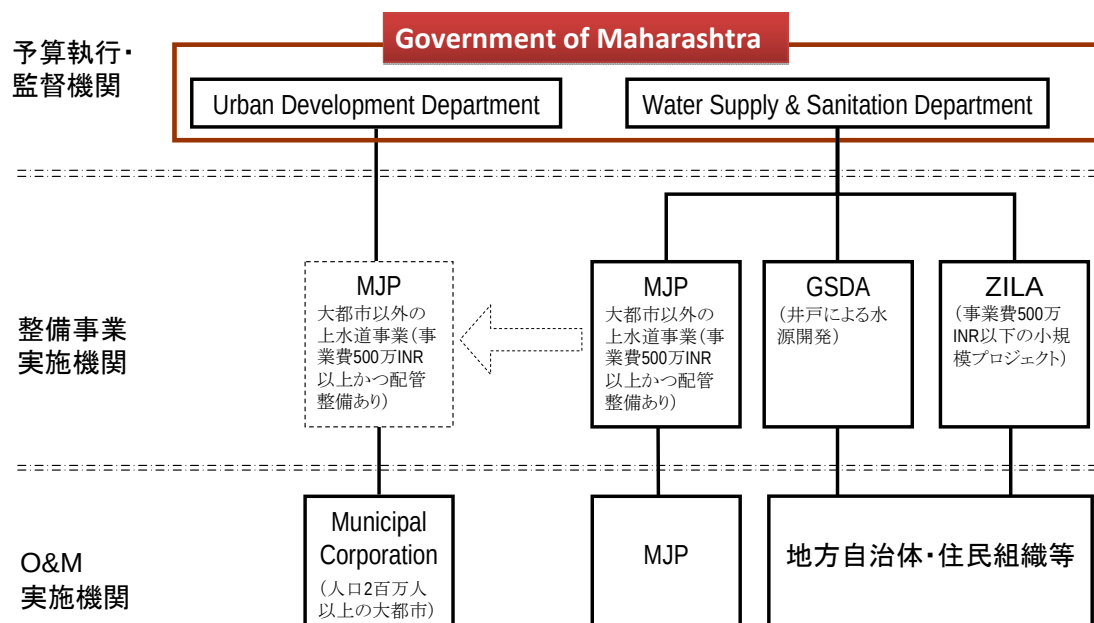


図 1-17 マハラシュトラ州の、給水分野の関連機関の関係

マハラシュトラ州における一定規模の上水道事業整備は MJP（Maharashtra Jeevan Pradhikaran）が管轄している。また、都市は人口規模によってカテゴリー分けされるが、MJP は主に中規模都市の水道事業の維持管理・運営も管轄している。

2011年2月時点のマハラシュトラ州の都市の人口規模とカテゴリーを表 1-19に示す。

表 1-19 マハラシュトラ州の都市の人口規模とカテゴリー

都市カテゴリー	人口規模	自治体数
Municipal Corporation	100 万人以上	6
Municipal Corporation	30～100 万人	16
‘A’ class Municipal Council	10～30 万人	18
‘B’ Class Municipal Council	4～10 万人	62
‘C’ Class Municipal Council	2～4 万人	63
‘C’ Class Municipal Council	2 万人以下	79
Nagar Panchayats (村落)	-	3
合計		247

水道事業予算は、政府(国と州)の予算と地方自治体の予算に配分される仕組みである。中央政府の水道事業予算計画は、UIDSSMT(Urban Infrastructure Development Scheme for Small & Medium Towns)と JNNURM(Jawaharlal Nehru National Urban Renewal Mission)で分けられ、これらのプログラムに呼応する形で、マハラシュトラ州は Sujal Nirmal と Nagarotthan という 2 つのプログラムを設定している。

Nagarotthan は、都市クラスに応じた政府(国と州)と地方自治体の予算配分を定めるものである。Sujal Nirmal は、Nagarotthan のプログラムを適用するために最低限必要な上水道インフラ整備を推進するためのプログラムであり、このプログラムを通じて上水道インフラが改善した場合に、Nagarotthan による予算プログラムの適用を受けることが出来る仕組みである。

人口規模 30 万人以上の大規模都市の水道事業への予算配分は、9 割が政府（国及び州）による補助、1 割が大規模都市自身の借入と設定され、この借入費用は水道事業の運営による徴収料金から賄われる。なお、政府補助に関する国と州の予算比率は、National Rural Water Development Program では 50 : 50 となっている。

人口規模 30 万人以下の市の場合は、8 割が政府（国及び州）による補助、2 割が市自身の借入と設定される。なお、政府補助に関する国と州の予算比率は、プログラムの内容に応じて異なるため、一律ではない。

1.3.4 インドの給水分野のODA事業の事例分析

1) 我が国の給水分野における援助動向

2006 年に策定された「対インド国別援助計画」では、1)電力・運輸インフラ等の支援を通じた経済成長の促進、2)保健・衛生問題、地方開発、上下水道支援、植林支援等を通じた貧困・環境問題の改善、3)人材育成・人的交流の拡充のための支援、の 3 点を重点目標としている。

給水分野におけるインドに対するこれまでの ODA 事業は、都市給水、地方給水、水質改善、水資源開発、農村開発と幅広く実施してきている。

表 1-20 近年の対インド援助案件一覧

スキーム	分野課題 内訳	案件名	期間
開発調査	水質汚濁	下水道施設設計・維持管理マニュアル策定計画調査	2009/02～2010/10
開発調査	都市給水	ゴア州上下水道強化計画	2005/02～2006/12
開発調査	水質汚濁	ガンジス河汚染対策流域管理計画調査	2003/03～2005/01
技術協力プロジェクト	農業開発	アンドラ・プラデシュ州灌漑水管理強化プロジェクト	2008/06～2010/06
技術協力プロジェクト	水質汚濁	下水道施設の維持管理に関するキャパシティ・ビルディング・プロジェクト	2007/04～2011/04
技術協力プロジェクト	水質汚濁	フセインサガル湖水環境修復管理能力強化プロジェクト	2005/09～2008/09
技術協力プロジェクト	水質汚濁	河川水質浄化対策にかかる技術移転プロジェクト	2004/10～2006/10
技術協力プロジェクト	水質汚濁	「水質管理機材整備計画」フォローアップ協力（現地調達）	2003/12～2004/03
技術協力プロジェクト	水資源開発 （旧）	「地下水開発計画」フォローアップ協力	2003/10～2004/03
技術協力プロジェクト －科学技術	水質汚濁	エネルギー消費最小型下水処理技術の開発プロジェクト	2011/05～2016/05
草の根技協（パートナー型）	水質汚濁	行政主導化をめざしたインド・ウッタル・プラデシュ州における総合的砒素汚染対策実施事業	2011/03～2013/03
草の根技協（パートナー型）	水質汚濁	インド・ウッタルプラデシュ州における地下水砒素汚染の総合的対策	2008/06～2010/06
有償技術支援－附帯プロ	都市給水	ゴア州無収水対策プロジェクト	2011/01～2014/03
有償技術支援－附帯プロ（開発計画調査型）	水質汚濁	下水道施設設計・維持管理マニュアル策定計画調査型プロジェクト	2010/07～2013/03
有償資金協力	水質汚濁	ヤムナ川流域諸都市下水等整備事業（III）	2011/02～2018/04
有償資金協力	地方給水	グワハティ上水道整備事業	2009/03～2017/01
有償資金協力	地方給水	ホゲナカル上水道整備・フッ素症対策事業（フェーズ2）	2008/03～2013/07
有償資金協力	農業開発	レンガリ灌漑事業（III）	1997/12～2012/06
有償資金協力	都市給水	ケララ州上水道整備事業（III）	1997/08～2010/12

1.3.5 調査対象地域の現状と課題

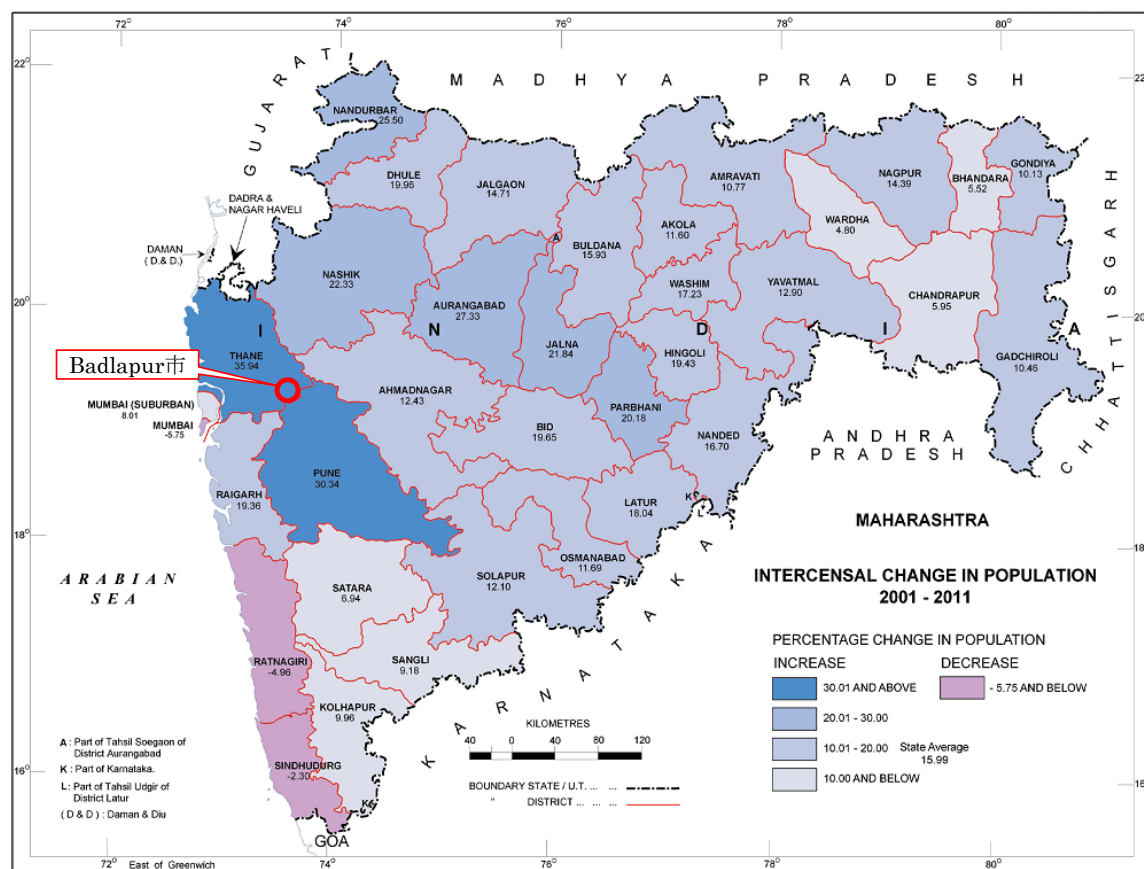
1) 調査対象地域の選定

マハラシュトラ州は国内第3位の面積、国内第2位の人口を誇り、州都ムンバイは国内最大の都市である。インド国内でも有数の経済発展を遂げているが、一方では州の東部は未だに農業を中心とした後進地域であり、ムンバイを中心とする州西部との間に大きな格差が生まれている。中でも最も後進的なヴィダルバ地方を始めとする農村地域では、雇用問題、不十分なインフラ整備、電気・水道の供給不足等多数の問題を抱えている。

熱帯性モンスーン気候で、平均年間降水量は5,266mmであり、他州と比べて多雨である。

調査対象地域として選定した Badlapur 市は、ムンバイから約 200km 東部に位置のターネ県に属し、急激な人口増加を記録している。2001 年は 97,948 人であった人口は、2011 年時点で 177,266 人へと、10 年間で 1.8 倍になっている。経済発展が著しいムンバイ首都圏

の近傍であるターネ県とプネ県は、2001 年から 10 年間の人口増加率が 30%を超えている 2 県だが、その中でも際立った人口増加を記録している。



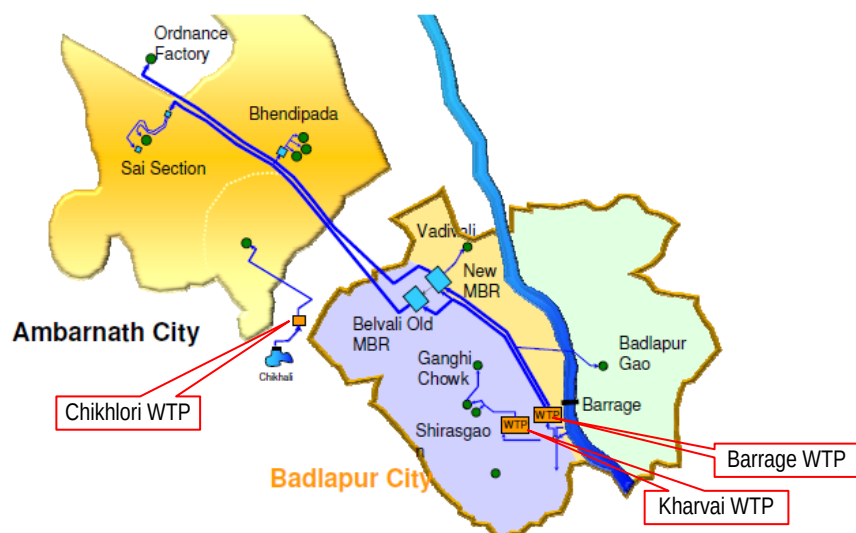
出典：Office of the Register General & Census Comssioner, India 「Provisional Population Totals Paper」 (2011)

図 1-18 マハラシュトラ州の人口増加割合

2) 給水分野における地域の現状と課題

(1) 上水道施設

Badlapur 市の上水施設は、近傍の人口約 50 万人の Ambarnath 市への供給も併せた一体の施設として、MJP Ambarnath によって運営管理されている。両市への給水施設配置図を図 1-19に、2 市に供給する 3 箇所の浄水場の概要を表 1-21に示す。



出典：MJP Ambarnath 資料

図 1-19 Badlapur 市上水施設配置図

表 1-21 MJP Ambarnath の浄水場の概要

浄水場名	処理方式	取水源	取水量 (m ³ /日)	処理能力 (m ³ /日)	配水量
Barrage WTP	沈殿砂ろ過	Ulhas 川	54,000	50,000	砂ろ過
Kharvai WTP	沈殿砂ろ過	Ulhas 川	23,000	18,000	砂ろ過
Chikhlori WTP	沈殿砂ろ過	Chikhlori Dam	6,000	6,000	砂ろ過

出典：MJP Ambarnath 資料

2 市に供給する浄水場 3 箇所の浄水能力合計は 7.4 万 m³/日であり、うち約 1 万 m³/日が両市の工場施設に給水され、飲料水は Badlapur 市に約 3.4 万 m³/日、Ambarnath 市に約 3.0 万 m³/日供給されている。

しかし、漏水率は約 30%を記録しており、さらに急激な人口増加の傾向は今後も予測されていることから、需要増への対応が急務となっている。MJP は目標年度 2018 年として、Badlapur 及び Ambarnath 両市の飲料用水を約 1.8 万 m³/日、工業用水等を約 0.3 万 m³/日の、合計 2.1 万 m³/日の処理能力増加を計画しており、現在州政府に申請中である。しかし、申請から施設整備完了までが最低 3 年にかかるため、その間にも増加する需要に対応が追いつかないことが課題となっている。

(2) 民間デベロッパーの宅地開発による需要増加

ムンバイ近傍のベッドタウンとして急激な人口増加を記録する Badlapur 市は、民間住宅デベロッパーにとっても大きなビジネスフィールドである。ここ数年、都市計画制限ぎりぎりの 7 階建てのアパート建設が市内のいたるところでみられる。



図 1-20 Badlapur 市内のアパート建設ラッシュの状況

これらの住宅建設のほとんどは、都市計画に沿った開発ではない。開発されるエリアには水道や電気などのインフラが整備されていないが、将来的にインフラが延伸することを見越して建設している状況である。

しかし、現在の上水道施設ですら間欠給水など不十分な給水状況であり、こういった宅地開発エリアまで配管を延長して新たな給水を行うことは困難な状況である。計画時の想定を上回る水需要に対し、MJP はこれまで給水エリアを逐次拡大してきている状況である。このような場合は、給水の絶対量を減らすことでサービス享受者を確保する方策で対応することになる。この対策のイメージを以下に示す。右側の折れ線が 24 時間給水から間欠給水へとサービスレベルが下がっていくことを示している。

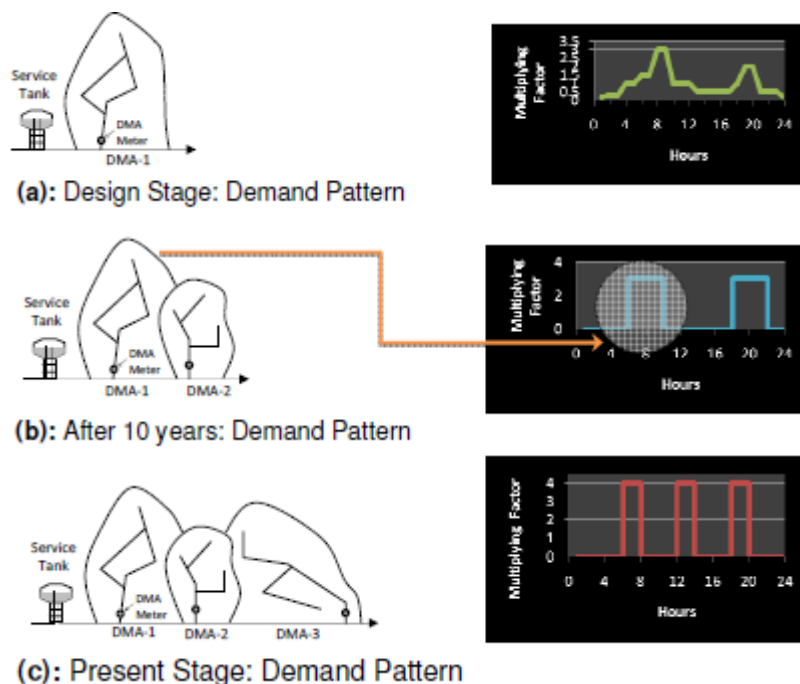


図 1-21 サービスエリアの無秩序な拡大に伴う間欠給水のイメージ

MJP Ambarnath 事務所へのヒアリングによると、住宅デベロッパーは MJP からの給水が不可能な場合に備え、宅地敷地内に住民が共同利用する井戸を設置し、公共水道サービスが始まるまでの間、この井戸水源によってアパート住民への給水を賄っているとのことである。

(3) 水源

インド全土では砒素やフッ素などの汚染物質の問題が見られる地域が多いが、本調査で対象としたマハラシュトラ州ターネ県では、砒素やフッ素などの汚染物質は顕著ではない。本調査では Badlapur 市、Ambarnath 市の主な水源となっている Ulhas 川の支川及び Chikololi ダムの表流水に加え、民間デベロッパーが整備した住民専用の浅井戸の水質も検査したが、基準値を超える値は認められなかった。

表 1-22 インド・Badlapur 市の表流水および浅井戸の水質検査結果

分析項目	単位	インド 水質基準	Ulhas 川支川 1	Ulhas 川支川 2	Chikololi ダム	民間開発住宅 の居住者専用 浅井戸
濁度	度	-	9.2	14.1	17.1	12.2
pH	-	5.8~8.6	6.0	7.2	6.8	8.1
全マンガン	mg/L	0.05	0.022	0.012	0.028	<0.005
全鉄	mg/L	0.3	0.15	0.06	0.11	0.01
砒素	mg/L	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

しかしながら、Ulhas 川を取水源とする Barrage 浄水場の水質検査では、大腸菌が毎月 16MPN/100mL 程度記録されているほか、雨季には濁度が 100NTU を超える日が 1 年に 10 日前後記録されている。マハラシュトラ州では地下水利用に制限があることから、表流水の利用に際しては留意が必要である。

なお、マハラシュトラ州では、主要河川もしくはダムの水源については、管轄するマハラシュトラ州灌漑局に対して水源使用料として 0.45INR/m³を支払う必要があるが、それ以外の支川などの表流水については、例えそれらが主要河川の支川であったとしても使用料は発生せず、使用に際しての申請許可も不要である。

1.3.6 調査対象地域のニーズ

1) 地域で優先度の高いニーズ

Badlapur 及び Ambarnath の両市では、既存供給エリア内の需要増と、民間開発地区の未供給エリアの需要増の 2 つの需要増への対応のため、浄水場の能力増加が当面の課題となっている。しかし、都市型上水道システムのアップグレードには、取水源の確保のためにマハラシュトラ州灌漑局からの許可が必要である他、初期投資の 8 割を中央政府及び州政府が補助するために、予算確保の確実性ととも、その申請、承認手続きに時間がかかる、といった問題がある。

そのため、MJP Ambarnath 事務所としては、ODA 無償等何らかの形で施設整備が行われるようであれば、都市型上水道システムのアップグレードの申請が通り建設工事が完了するまでの一定期間を対象に、需要が高いエリアへの一時的な浄水能力の増強を図りたいというニーズが存在する。ただし、施設整備後の O&M 費用は、当該自治体の規模に応じて施設の運営維持管理を移管される自治体もしくは MJP が分担することになるため、維持管理費用が既存水道料金の範囲内で納まることが絶対条件となることに留意が必要である。

このような需要増加の著しいエリアの位置とともに、必要条件となる水源及び施設設置場所

となる土地の確保の可能性も踏まえ、以下のモデルサイトと計画需要を設定する。

2) 計画モデル

(1) Chikhloli 浄水場の増強

Badlapur 市と Ambarnath 市に挟まれたエリアに位置し、近傍の Chikololi ダムから取水している Chikhloli 浄水場は、0.6 万 $\text{m}^3/\text{日}$ の処理能力を有するが、近年、配水エリアの宅地開発が急激に進み、処理能力を超える需要が存在している。現在は約 4 万人の給水を賄っているが、漏水等、上水道施設の問題の一方で、民間の宅地開発も進んでおり、現時点で 2,000 人に相当する水需要が不足している。

そこで、2018 年を目指して現在申請中の浄水場増強が完成するまでの数年程度の期間、住民への給水サービス向上のために、浄水装置の設置によって一時的に浄水能力増強を図ることが望まれる。

水源は、近傍の Chikololi ダムから取水可能である。この水源の容量は約 230 万 m^3 であり、その 9 割が飲料水用として使用が認められている。

(2) 宅地開発エリアへの給水

Badlapur 市、Ambarnath 市の両市の各所で無秩序な宅地開発が進められているが、MJP Ambarnath 事務所へのヒアリングでは、特に多く民間住宅が建設されている Kharvai 浄水場付近の、Ulhas 川への支川付近が推奨された。この近辺は現在も何棟もの住宅開発が進行中であるが、既存配管施設までの距離が比較的遠く、配管敷設が困難な地域である。

一方で、この開発エリア近辺の MJP 配管エリア内には、MJP の配水場が存在する。現在、供給能力が不十分で目標の 24 時間給水には程遠い 3~4 時間の間欠給水であるため、配水場の容量、ポンプ能力には余剰がある。

したがって、この配水場付近で既に住民が居住している住宅棟を対象に、MJP による配管整備が行われるまでの間、未利用となっている Ulhas 川支川を水源として住民に浄水供給を図るモデルが考えられる。

3) 水需要

(1) Chikhloli エリア

現在未給水となっている住民は約 2,000 人であるが、MJP Ambarnath 事務所では、過去 10 年間で 80% という人口増加実績を踏まえ、5 年後には 2 万人の人口増加を予測している。MJP では国で定められている一人当たりの計画給水量 135L/日を採用し、MJP Ambarnath 事務所は 3,000 $\text{m}^3/\text{日}$ の処理能力の増強を望んでいることから、Chikhloli 浄水場処理能力増加のモデル計画での水需要量は 3,000 $\text{m}^3/\text{日}$ と設定する。

なお、管轄するマハラシュトラ州灌漑局に対しては、1,350INR/日の水源使用料を支払う必要が生じる。

(2) 宅地開発エリア

現在、Kharvai 浄水場付近の開発エリアには、1 棟あたりの戸数が 100 から 2,000 まで大小

のアパートが建設されているが、完成している住宅の戸数は約 5,000 戸あると推定される。民間開発住宅には、シャワー施設や水洗トイレが完備されていることから、パイプ給水サービスが得られる場合は、一般家庭より多く水を消費することが考えられる。MJP Ambarnath 事務所では、一人当たりの計画給水量を 200L/日と設定することが妥当と考えていることから、1,000m³/日の処理能力の増強が求められる。

1.4 ケニア共和国

1.4.1 ケニア共和国の政治・経済の概況

1) 政治

内政状況は現在は安定している。2007 年には大統領選挙の結果をめぐって国内部族間の対立が表面化し、死者 1,200 人、国内避難民 20 万人を超える大規模な混乱に発展したが、2008 年に国連の仲介を受けた与野党は大連立政権を発足させ、選挙改革や部族問題などの長期的課題に取り組み、2010 年に実施した国民投票は約 3 分の 2 の賛成で採択された。

外交では、アフリカ諸国の中でもケニアは重要な安定勢力である。多数の難民を受け入れているほか、エチオピア・エリトリア紛争、ソマリア、スーダンの内戦の和平調停等に積極的に関与している。また、近隣のタンザニア、ウガンダ、ルワンダ、ブルンジで構成する東アフリカ共同体（EAC）を通じた政治・経済面の域内協力を推進している。

2) 経済

国家経済の中心は、農業と観光業等のサービス業であり、コーヒー、茶、園芸作物などの農産物生産を中心とする農業が GDP の約 25%、労働人口の 60%を占めている。1990 年代後半はエルニーニョ現象による多雨に起因する作物被害やインフラ被害により、経済はマイナス成長であったが、2003 年から好調な経済成長を記録しており、2005 年は 5.8%、2006 年は 6.1%、2007 年は 7.0%の経済成長率であった。2008 年の経済成長率は、大統領選挙後の混乱、旱魃、世界金融恐慌の影響を受け、1.7%であったが、その後観光業と建設業を牽引役として回復基調を見せている。2010 年の成長率は約 5%である。

1.4.2 ケニア共和国の給水分野における開発課題の現状

1) 浄水へのアクセス

東アフリカ中央部の赤道直下に位置するケニアは、日本の約 1.5 倍の約 58.3km²の国土面積のうち、海岸地域と南部高原地域を除く約 83%が乾燥・半乾燥地域（ASAL 地域）である。日本の約 3 分の 1 相当である人口約 39.8 百人のうち、約 25%は ASAL 地域に住んでおり、水源の保全、雨水・地下水の利用による新水源開発が重要課題の一つである。

人口の約 3 割が居住する都市部において、安全な水に継続的にアクセスできる割合は 60%である。しかし、都市部に居住する貧困層においてはその率は 20%に留まっている。都市部のスラム人口は 10%の伸び率を記録していることから、都市部では、都市中心部の貧困層への給水が課題である。国全体の衛生設備の普及率は約 50%であり、都市部貧困層の生活は非衛生的で、衛生設備の不足と糞便の未処理の状況は、水源汚染の要因になっている。

人口の約 7 割が居住する地方部の給水率は約 35%に留まり、都市部と比較して著しく低い。地方部の水源は未だに雨水や未整備の湧水が利用されているところも多く、乾季の水量減少や水質悪化の問題がある。

2) 上水道施設

都市周辺部や農村部の上水道施設に関する課題は、以下が挙げられる。

- ① 浄水の水質が悪い。主な理由として以下の4点があるが、これらは資金不足と技術力不足に起因する課題である。
 - ・ 凝集剤の不適切な注入量
 - ・ 薬品注入量を決定するための分析器具が不整備な場合が多く、沈殿効率が悪い
 - ・ 予算不足による薬品の確保が困難
 - ・ 多くの浄水場では水質試験器具が無く、水質の知識を有する職員の不在もあり、水質管理が不適切
- ② 料金徴収が効率的に機能しておらず、経営が不安定である。
- ③ 導・送・配水管の流量計整備の不足により、流量管理が不適切な場合が多い。
- ④ 大半の水道が間欠給水である。主な理由として以下が考えられる。
 - ・ 機器が故障しても資金不足のため修繕できず放置されていることがある。
 - ・ 薬品や電力事情がよくなりなく運転が休止されることがある。

3) 非衛生的な未処理水

特に乾季における水不足という深刻な課題に対しては、ダムや井戸による水源開発が行われてきた。しかし、特に村落散在地域などでは、これらを水源とする給水が届いておらず、住民は以下のような水を確保している。

- ・ 住民は一般的に、水を運搬する手段としてロバを使用するか、ロバを養う経済余力の無い家庭では、女性あるいは子供が容器を背中に背負って運ぶ。成人男性が水を運ぶことは少なく、水汲みは子供と婦人が1日の多くの時間を費やす労働となっている。
- ・ 乾季には水源が枯渇する井戸も多い。水源が河川の場合も状況は同じであるが、他に水源にアクセスできない住民は、干上がった河床をスコップ等で1~2m掘削し、底から染み出て来る水を採取している。

農村部では、赤痢、腸チフス、住血吸虫症、腸内寄生虫症等の水系感染症罹患率が比較的高い。季節によっては大雨による洪水も発生し、その際に生活排水等が河川に流れ込むことも要因の一つと考えられ、浄水処理をしない河川水の利用は衛生上の問題も大きい。

1.4.3 ケニア共和国の給水分野の関連計画、政策及び法制度

1) 給水分野に関連する法制度、計画、政策

(1) 水法 Water Act 2002

水法（Water Act 2002）では、水資源の管理・開発並びに水供給に関する方針をまとめている。この水法では、水資源や水供給の権限と権利を水・灌漑省（MOWI: Ministry of Water and Irrigation）に規定している。

また、水法の制定以来、旧ドイツ技術協力公社（GTZ、現 GIZ）等のドナーが中心となり、ケニアの給水、水資源管理の行政的枠組みを改編する「水セクターリフォーム」の支援が実施されてきた。水・灌漑省及び水サービス委員会（WSB：Water Service Board）などとドナーコミュニティが共同で水セクターの年次レビューを行うほか、各ドナーのプロジェクトや投資計画を共有するなど、水セクターでセクターワイド・アプローチの枠組みが存在する。

「水セクターリフォーム」により、水資源管理については全国を 6 つの流域区にわけ、それぞれの流域区において流域管理戦略を策定して管理するようになるなど、行政的な枠組みが 1992 年のマスタープラン策定当時から大幅に変化してきている。

(2) 飲料水水質基準

水法第 47 条において、「法制部局（Regulatory Board）は利用者に供給する水質の基準を定める」と規定している。また、法制部局（Regulatory Board）は「水道施設の設計、建設、維持管理の段階において、飲料水質基準の遵守状況を監視する」と定め、消費者への水道供給基準の決定と、水道施設の構造、建設、運転及び維持管理の認定基準が遵守されているかどうか調査することを要求している。この法制部局は水サービス規制委員会（WSREB：Water Service Regulatory Board）のことを指しているが、実質的な規制及び監視は水サービス委員会（WSB）も実施しており、同法は、WSB および WSREB による独立した調査の双方による効果的な水質調査が必要であるとしている。

飲料水水質基準は WSREB の “Drinking Water Quality and Effluent Monitoring Guideline, Schedule1～5” に掲載されている。

(3) 国家水サービス戦略（The National Water Services Strategy 2007- 2015）

水法の制定によって水セクターリフォームが進んでいる状況であるが、既存上水道施設が抱える課題については改善の道半ばにある。水不足や非衛生な水供給の問題によって、例えば現地での水売り業者は、公共水道サービスを十分に享受できない住民に対し、公共水道料金の 5～20 倍の価格で、管理されていない水質の水を販売しているという実態もある。

このような状況下、国家水サービス戦略では、水道分野の以下のアクションプランを策定している。

- ・ 都市部において、ケニア国基準に適合した安全な水への持続的アクセスを増加させる。
- ・ 都市部における給水率を 2015 年までに 60%から 80%に引き上げる。
- ・ 農村部において、住居から水を手入れできる施設まで時間を最大 30 分に減少させる。
- ・ 農村部において、ケニア国基準に適合した安全な水への持続的アクセスを増加させる。
- ・ 農村部において安全な水を手入れできる率を 2015 年までに 40%から 75%に引き上げる。
- ・ 2015 年までに無収水率を現在の平均値の 60%から 30%に減少させる。

(4) 国家開発戦略ビジョン 2030

国家開発の方向性は、2006 年に制定された国家開発戦略ビジョン 2030 に示されている。これは 2007 年に終了した「富と雇用創出のための経済回復戦略（ERSWEC/Economic

Recovery Strategy for Wealth and Employment Creation) 」に取って代わる長期戦略であり、経済、社会及び政治の 3 つの柱を基に、GDP 年平均成長率 10%達成、環境整備による公正な社会の建設、問題解決型の政治体制・民主主義の確立を謳っている。ビジョン 2030 は、世界情勢と各地域の状況などに応じて、5 年毎に体系的に見直される。

ビジョン 2030 では、水と衛生に関して、水と衛生施設が全ての国民にとってアクセス可能に改善されることを目指しており、2012 年の目標は安全な水と衛生設備へのアクセスを都市部、地方部双方で現在レベルより向上することとしている。

ビジョン 2030 で描かれている社会経済の発展には上水を含むインフラ整備を必要とするが、国土の大半が ASAL 地域に属する水不足の国における最重要課題は、水源の保全、雨水・地下水の利用による新水源開発である。

2012 年に向けた水と衛生に関する国家的プロジェクトは以下のとおりである。

- ・ 水文学に係るデータ収集ネットワークの修復と 600 観測所の修復を行う
- ・ Nzoia 川及び Nyando 川において、貯水能力合計 24 億 m³ の多目的ダムを 2 基建設する
- ・ ASAL 地域に中規模多目的ダム 22 基（合計貯水量 20 億 m³）を建設し、家庭用水、家畜用水及び灌漑用水を供給する
- ・ Tana 川から Garissa へ延長 54km の Rahole 運河を建設する
- ・ 観光業支援のため、全ての海岸部の町への給水を行う Mzima 送水管の修復及び拡張を行う
- ・ 経済の柱で指定された主要衛星都市における都市水道施設と衛生施設の修復と拡張を行う
- ・ Tana Delta 灌漑事業を実施する
- ・ 大灌漑事業の修復と拡張を行う (Bura, Hola, Kano Plains, Nzoia, Perkera, Kerio Valley, Mwea, Taita Taveta, Ewaso Nyiro North and Ngurumani)

また、第 1 次五カ年計画（2008 年～2012 年）の水セクターに関する目標は以下のとおりである。

- ・ 安全で安定した水へのアクセスの割合を、都市部 90%、地方部 70%とする
- ・ 無収水率を 30%以下のレベルに減少させる
- ・ 安全な衛生設備へのアクセスの割合を、都市部 70%、地方部 65%とする
- ・ 下水道へのアクセスの割合を、都市部 40%、地方部 10%とする

2) 水道分野を所管する関連機関

水セクターリフォーム後の関連機関の機能及び役割は以下のとおりである。

表 1-23 水道分野の関係機関の機能と役割

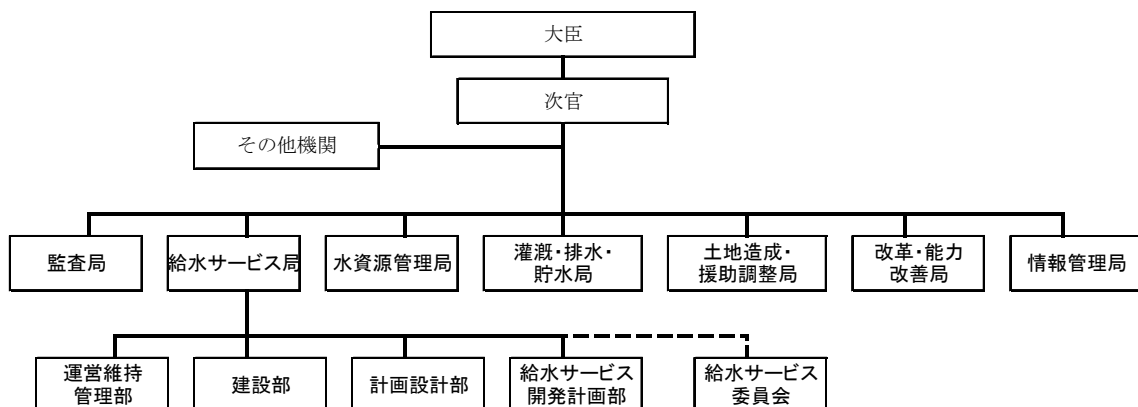
機能	具体的な役割	機関名
政策決定	- 政策 - モニタリング - 調整	水・灌漑省 (MOWI : Ministry of Water and Irrigation)
法規制定 規制 許認可	- MOWI 大臣に対するアドバイス - WSB に対する事業認可 - WSB-WSP 事業委託契約の承認 - WSB, WSP に対するモニタリング - 水利用料金に係わるガイドライン作成	給水サービス規制委員会 (WSRB : Water Service Regulatory Board)
	- 上下水施設の整備 - 上下水事業の戦略・計画の作成、目標の設定 - WSRB への事業許認可の申請 - WSP に対する審査と事業許可 - 上下水事業における各種規制の執行	給水サービス委員会 (WSB : Water Service Board)
サービス提供	- WSB との事業委託契約の締結 - 給水サービスの提供 - 給水施設の運営・維持管理	給水サービス会社 (WSP : Water Service Provider)

出典：JICA「地方給水計画事業化調査 2006 年 7 月」をもとに作成

(1) 水・灌漑省 (MOWI)

水法により、MOWI の役割は水資源開発・管理ならびに上下水道事業に係わる政策決定、それに係るモニタリングと調整に重点が置かれている。また、MOWI は水セクターの責任機関として財務省、JICA 及びその他の機関との調整を行っている。

組織図は以下に示すとおりであり、給水サービス委員会 (WSB) は省内の給水サービス局が所管している。



出典：MOWI 「Strategic Plan 2009-2012」

図 1-22 MOWI 組織図

(2) 給水サービス規制委員会 (WSRB)

WSRB は国家レベルのプロジェクトにおける水供給ならびに下水事業の、WSB に対する許認可権を有するとともに、水利用料金の設定に関するガイドラインの作成や、WSB、WSP

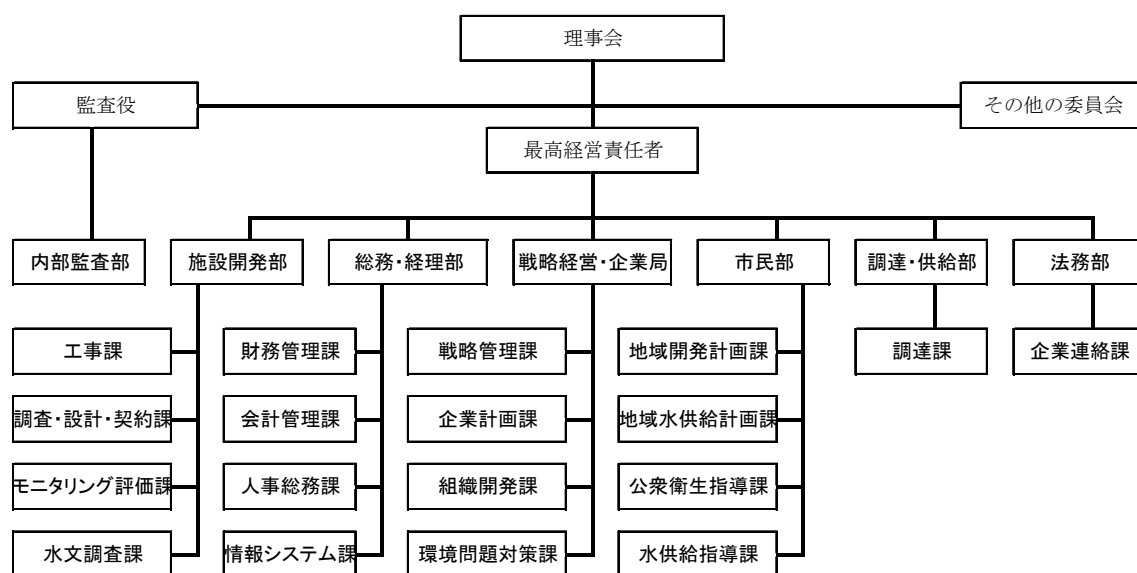
に対するモニタリングを責務とする。

(3) 給水サービス委員会 (WSB)

水法に基づき設置された組織であり、現在ではリフトバレー、ビクトリア湖北、ビクトリア湖南、北、タナ、アチ、タナアシ、コーストの 8 つの WSB が制定されている。WSB の役割は、効率的かつ経済的な上下水道サービスの提供を管轄地区内で確保することであり、具体的な事業の計画、整備等を行い、水道事業の運営を WSP との契約によって管理している。

また、機器を維持管理する能力をいかに確保するかは給水事業のサステナビリティに大きな影響を与える要素であるため、WSB は村落やコミュニティに対する給水分野の支援を担っているが、コミュニティへの維持管理支援能力が低いためにその技術及び財務の訓練と啓蒙活動が必要となっている。

参考として、本調査のパイロット地域とした Kitui Town を管轄する実施機関 TANATHI WSB (TAWSB)の組織図を以下に示す。



出典：TAWSB 「Strategic plan 2008-2013」

図 1-23 TAWSB 組織図

(4) 給水サービス会社 WSP

WSP は、WSRB による認可を得た上で WSB と事業委託契約を締結し、地方給水の給水サービスの提供と施設の運営・維持管理を担う事業主体である。地方村落部では、NGO や地域住民組織、民間企業などが WSP となる。

なお、TAWSB の管轄地域には 19 の WSP が存在する。

1.4.4 ケニア共和国の給水分野のODA事業の事例分析

1) 我が国の給水分野における援助動向

ケニアの給水分野に対する我が国の援助方針は、今後も都市給水と地方給水の両面の支援に取り組むこととなっている。これは、都市給水に比較的注力するフランスやドイツの二国間援助機関と異なっており、井戸の水源開発など、幅広い支援内容である。

現行水セクターのJICAプロジェクトで重要度が高いのは「全国水資源マスタープラン 2030 策定プロジェクト」である。これは 2013 年 6 月に完成予定であり、ケニア全土を水資源管理について 6 つの流域区に分け、それぞれの流域区において 2030 年に向けて治水と利水を含む総合的な流域管理戦略を策定するマネジメントプランである。村落給水のマスタープランについては「全国水資源マスタープラン 2030 策定プロジェクト」の完了後に実施が検討されることになっている。

また、地方給水については無償資金協力による浄水場建設と合わせ「無収水技プロ」によるソフト面での支援を展開している。

その他、始動するプロジェクトでは、「バリンゴ郡村落給水計画」と「ナロック給水拡張計画」が準備中である。

過去の案件開発調査案件は以下のとおりである。

表 1-24 ケニア国の開発調査案件

実施年度	案件名	概要
1981	モンバサ地区給水増強計画	モンバサ市、地方6市町村、農村地域を含む 2000 年までの水需要に対応する給水増強の F/S 調査
1990-1992	全国水資源開発計画調査	全国の水資源に係る M/P の策定及び F/S の実施
1995-1997	メルー郡給水計画調査	メルー郡における給水計画の策定及び F/S の策定
1995-1997	キスム市上下水道整備計画調査	キムス市の浄水場の拡張、下水処理場、取水施設、送配水施設のリハビリに係る基本計画、F/S の策定
1995-1998	全国水資源開発計画アフターケア調査	1990～1992 年に実施した「全国水資源開発計画」に基づく計画実施状況の調査
2000	地方都市給水事業運営改善計画調査	在外開発調査
2010-2012	全国水資源マスタープラン 2030 策定プロジェクト	ケニア全土 6 地域毎の水資源に係る 2030 年を目標年次とした M/P、及び 2022 年を目標年次としたアクションプランの策定

出典：JICA「地方給水計画事業化調査報告書」（2006 年）及び JICA「カプサベット給水事業計画 BD 報告書」（2008 年）

過去の有償資金協力案件は以下のとおりである。

表 1-25 ケニア国の有償資金協力案件

実施年度	案件名	概要
1986-1994	大ナクル上水道事業	大ナクル地域東部地区の水道施設を整備。その他を含め円借款承諾額 50.12 億円
1988-1994	ナイロビ給水事業	世銀、アフリカ開発銀行、欧州投資銀行との協調融資。円借款承諾額 53.42 億円。ナイロビ市において新たな水資源による上水道施設を建設

出典：JICA「カプサベット給水事業計画 BD 報告書」（2008 年）

水道分野における 2000 年以降の一般無償資金協力案件は以下のとおりである。

表 1-26 ケニア国の無償資金協力案件（2000 年以降）

実施年度	案件名	供与限度額(億円)	概要
1999-2000	地方地下水開発計画	10.3	ライキピア県、サンプル県、バリンゴ県、コイバテック県における 90 箇所の井戸建設及び水利用組合に対する技術指導・啓発活動
2001-2003	メルレー市給水計画	13.6	給水施設改修(導水管、浄水場建設、配水管改修)
2006～2007	地方給水計画	10.3	キトゥイ及びムウインギ県での 58 箇所のハンドポンプ及び水中モーターポンプ深井戸給水施設及び 1 箇所の湧水給水施設建設、及び関連機材の調達。同時にソフトコンポーネントを実施。
2009	カプサベット上水道拡張計画	19.6	ケニア国西部のカプサベット市での浄水場新設及び水道管敷設
2010～2013	エンブ市及び周辺地域給水システム改善計画	5.5	取水堰、導水管、浄水場、送配水管網の新設
2011	第二次地方給水計画	6.1	マチャコス及びマクエニ地方の 50 か所以上への給水施設建設、及び住民参加型維持管理運営体制の強化
2013	バリンゴ郡村落給水計画(詳細設計)	1.31	深井戸施設を 90 箇所建設、関連機材を供与、維持管理に関連する啓蒙活動等を含む詳細設計

出典：外務省 HP

2) 他の援助機関の動向

ケニア国の水供給・衛生セクター開発に支援を行っている援助機関は多い。多国間援助機関では世界銀行（WB）、アフリカ開発銀行（AfDB）が主であり、二国間援助ではフランス、ドイツ、イタリア、スウェーデンが代表的な援助を行っている。また、NGO も水供給・衛生セクターで活発に活動している。中国は道路建設やビル建設などのインフラ整備には積極的であるが、現在のところ水分野では中国やインドは実施していない。

(1) WB

WB は 2012～2015 年で 127 億円の Water & Sanitation Improvement Project (WASIP) という無償プロジェクトを実施中である。これは、ナイロビやこれからの観光産業が盛んになると見込まれる沿岸域一帯を対象にした給水と衛生改善プログラムで、給水事業が 8 割を占める。

(2) AfDB

AfDB は基本的に有償資金援助による都市給水案件を支援しており、例えば首都ナイロビの上下水道に 35 億円を支援している。

(3) フランス開発庁（AFD）

AFD も基本的に有償資金援助による都市給水案件を支援している。キスムの上下水道に 24 億円、ナイロビの上下水道に 36 億円、モンバサの上下水道に 40 億円を支援している。

(4) ドイツ技術協力公社・復興金融公庫・ドイツ開発サービス公社（GTZ/KfW/DED）

ドイツも基本的に都市給水中心の支援しているが、有償と無償の両方を実施している。中でも GIZ は無償の技術協力が中心で無収水（NRW）対策や水道事業の経営改善等の

技術協力を行っている。

(5) Water Service Trust Fund

フィンランド、スウェーデン、オランダ、UNICEF によって 2004 年に設置されたバスケット基金による支援で、地方の井戸・貯水池・衛生施設の整備の他、都市の上下水道を対象に支援を実施中されている。

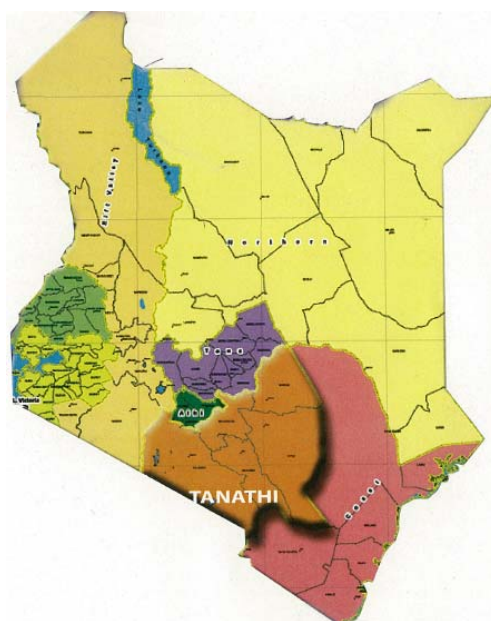
1.4.5 調査対象地域の現状と課題

1) 調査対象地域の特徴

(1) 位置

本調査でパイロット地域に選定したキトゥイ県の県庁所在地キトゥイタウンは、ケニア国東部州の南端、首都ナイロビの東へ直線距離で約 130km、道路沿いに進めば約 166km の距離に位置する。県の面積は 20,402km²、標高は 1163m であり、ASAL 地域に属す。

首都ナイロビから比較的近く、ケニア国を代表する気候地帯に属す等の理由から、MOWI 担当者からも推奨を受けたため、本調査のパイロット地域として選定した。この地域を管轄する TAWSB の管轄エリアを以下に示す。なお、調査対象エリアは、キトゥイタウン中心部からおよそ半径 30km の地域とした。



※TANATHI WSB は図の橙色地域

出典：TAWSB Strategic plan 2008-2013

図 1-24 TAWSB の管轄範囲位置図

(2) 地形及び土壌

キトゥイ県の西部には標高 600～1800 m の Yatta 高原があり、東部には標高 400～600 m の平原が広がっている。県内の土壌は総じて水はけが悪く、降雨等により侵食されやすい。

東部と中央部の土壌は主に Lixisols と呼ばれる低粘性・アルカリ性の赤土からできている。その性質は地域によって差があり、東部の土壌は養分が少ないもののナトリウムが豊富に含まれているが、中央部の土壌は養分に富みつつも水分をあまり含んでおらず、西部の土壌は主に Fluvisols と呼ばれる泥状の粘土で構成される。

(3) 気候

キトゥイ県の気候は熱帯夏期少雨気候に属している。雨季は4月～5月と11月～12月、乾季は6月～10月と1月～3月である。キトゥイタウンの2011年の年間平均降水量は768mmであるが、キトゥイ県中央部 Mumoni Hills および東部 Mutitu では500～760mm、Endau Hills で500～1500 mm、東部および南部の乾燥地域で500 mm 以下となっている。また、気温についても、2011年のキトゥイ県の年平均気温は21.7℃であるが、年間の気温変化は、東部が22～32℃の間で推移するのに対し、西部は年間を通じて概ね28℃であり、地域によって様相が異なる。

また、既存調査によると、月別降水量は以下のとおりで、雨季と乾季の降水量の変異が激しいことが特徴的である。

表 1-27 キトゥイ県の月別降雨量

県名	観測番号	月別平均雨量(mm)												年間
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
キトゥイ	9138000	44.0	29.4	131.0	247.0	56.9	4.7	2.7	5.6	7.4	86.9	317.1	148.7	1081.4
	9138001	38.8	19.0	62.7	119.9	26.1	3.9	2.5	3.3	7.5	41.8	277.4	166.7	769.6
	9138014	39.0	37.0	113.2	246.7	47.6	5.6	3.3	6.5	10.8	76.2	301.7	114.3	1001.9
	9138014	34.1	25.7	80.4	145.6	34.1	2.0	0.9	3.9	2.9	91.9	309.9	128.9	860.3

出展：JICA「マチャコス県等4県地下水開発計画基本設計調査報告書」（平成16年）

(4) 人口

現在のキトゥイ県の人口は約63万人である。これは、2009年に実施されたセンサス後の行政区画変更で、ムトモ県を吸収合併したためである。

表 1-28 キトゥイ県の人口（2009年）

場所名	人口	世帯数	面積(km ²)
2009 センサスのキトゥイ県	447,613	94,780	7,616.0
2009 センサスのムトモ県	180,148	32,896	12,834.7
現在のキトゥイ県(上記合計値)	627,761	127,676	20,450.7

出典：「Kenya Population and Housing Census」（2009）

2) 給水分野における地域の現状と課題

(1) 上水道施設

調査対象エリアにおける給水施設の状況および拡張計画を以下に示す。

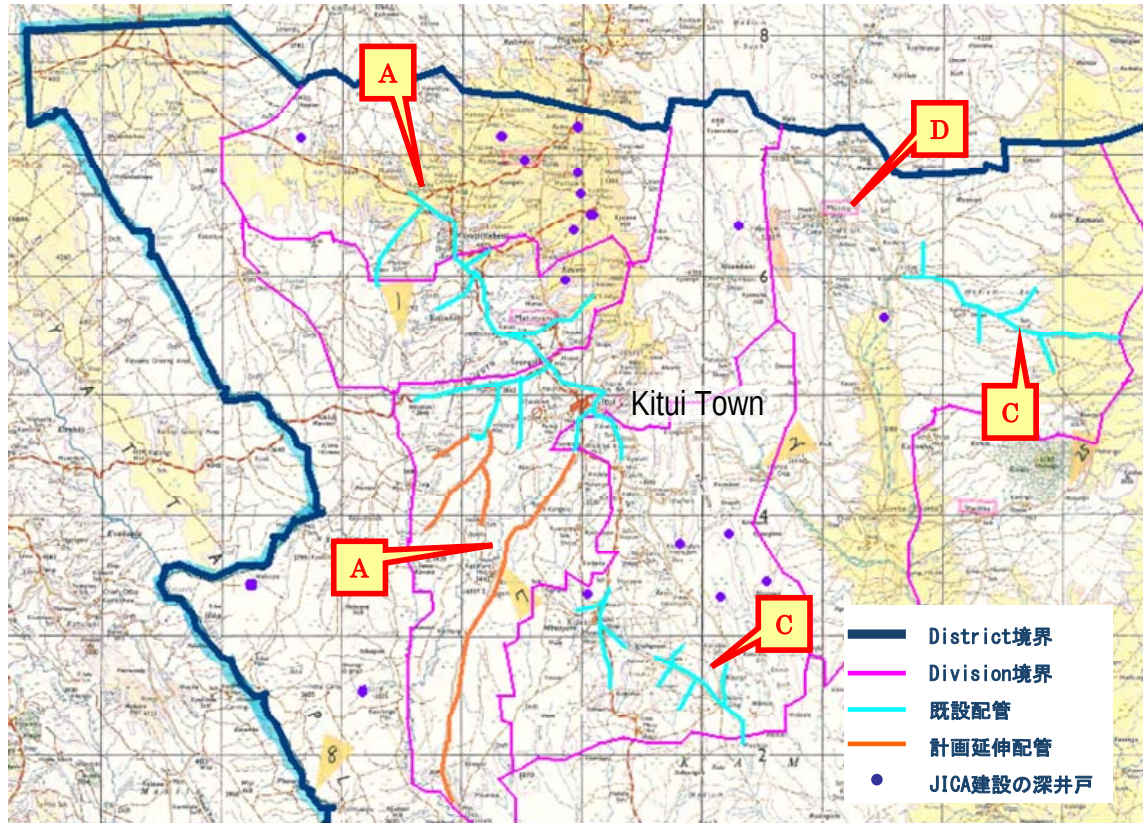


図 1-25 調査対象地域の及び計画地域の位置図

- A. キトゥイタウンから 70km 北方にあるマシंगा浄水場からの配水区域の既設区域と拡張計画区域が、Mutunguni 郡 (Division)、Mutinyani 郡及び Central 郡に分布する。
- B. JICA 無償資金協力「地方給水計画」によって 2004 年に開発が成功した深井戸が、Mutunguni 郡の東部と Chuluni 郡の東部に多く分布する。
- C. 河床の集水埋渠による取水とパイプ給水の組み合わせ及び浅井戸とパイプ給水を組み合わせた地域が、Mutitu 郡及び Chuluni 郡に存在する。これらの施設はデンマーク国際開発庁 (DANIDA) の支援のもと、コミュニティが建設したものである。Kisasi エリアは Mbitini と Kisasi の地区が供給されていたが、Mbitini の施設は取水施設が砂で埋没したため、現在修復工事中であった。
- D. Mutitu 郡の Ikoo 川には、イタリア政府の Kenyan Italian Debt Development Program という債務返済を支援するプログラムの一環で、ポンプ場が建設中であった。このポンプ場は 2012 年に完成予定であったが現在は未完である。6 箇所のウォーターキオスクに河川原水を送水する計画で、浄水施設の建設予定はない。



図 1-26 イタリア政府の支援で建設中のポンプ場

(2) 水源

現地河川より採水したサンプルの日本国内の水質検査機関における水質分析結果を以下に示す。特殊な処理を必要とする砒素、フッ素については飲料水基準を下回っているが、全鉄についてはどのサンプル検水も基準をわずかに上回っていた。ただし、この程度の量の鉄分は、ろ過の過程である程度除去されると判断できる。

表 1-29 河川水等の水質（現地調査時の採水）

水質項目	単位	ケニア飲料水基準	サンプル検水		
			Tiva 川 (Yatta 郡 Yatta Location の計画 原水)	Ikoo 川 (Mutitu 郡 Mutitu Location の計画 原水)	Mutitu キオスク 販売水 (近隣湧水の未 処理水)
pH		6.5-8.5	7.6	—	—
電気伝導率		—	6.58 mS/cm	—	—
濁度	度	5 (NTU)	24.2	—	15
水温	℃		29.9	—	—
フッ素	mg/L	1.5	0.56	0.44	0.12
全鉄	mg/L	0.3	0.37	0.38	0.45
全マンガン	mg/L	0.1	0.40	0.021	<0.005
砒素	mg/L	0.05	<0.001	<0.001	<0.001

※ 水色部分は飲料水基準以上の項目を示す

ただし、サンプル採水時期は比較的天候に恵まれていたため重大な水質上の問題は見当たらなかったが、ケニアでは雨季の濁度が異常に高くなることに留意が必要である。採水箇所は異なるが、参考として、2012 年 4 月の雨季の河川水質参考値と状況写真を以下に示す。

表 1-30 河川水等の水質参考値（雨季）

水質項目	単位	ATI 川	YATTA 川
pH	pH	6.6/21℃	7.1/21℃
濁度	NTU	2000	4200
電気伝導率	mS/cm	0.14	0.22



図 1-27 雨季の河川の状況

また、キトゥイ県の 53 村落の村落を調査対象とした JICA「マチャコス県等 4 県地下水開発計画基本設計調査報告書」では、以下のように報告されている。

A. 利用している給水源

通年で利用可能な水源を有する村落数 53 のうち、比較的安全な飲み水を賄えると考える「深井戸」及び「湧水」の占める割合は、わずか 7.5%である。

B. 給水源までの平均距離

給水源まで水を汲みに来ている住民の運搬距離は、およそ 6.0 km である。

C. 既存水源水質に関する住民の満足度

下表のとおり、「不適切」「特に悪い」という水源を抱える地域は約 7 割を占める。

表 1-31 水源水質に関する住民の満足度調査結果

県名	対象 村落数	水源別	対象村落における飲料水の水質（村落数）			
			良好	適切	不適切	特に悪い
キトゥイ	53	河川	0	8	18	1
		深井戸	3	0	2	0
		浅井戸	2	5	4	1
		湧水	0	0	1	0
		その他	2	12	10	0
合計	53		7	25	35	2

注：4 箇所の回答は不明

出典：JICA「マチャコス県等 4 県地下水開発計画基本設計調査報告書」（平成 16 年）

上記の表中の「不適切」、「特に悪い」状況を抱える地域は JICA プロジェクトでの井戸開発によりその数が減少しているが、井戸の掘削成功率（水量及び水質）及び井戸の寿命などを考える場合、河川水源及び浅井戸水源に浄水施設を設置することにより、多くの場合、水質と水量の課題解決が可能と考えられる。

(3) 水系感染症

水系感染症の数値は、統計上に乗らない数値が少なからず存在するため、中央病院の統計値から推測することができる。キトゥイタウンの総合病院である Kitui North District 病院（ベッド数 220、月当たり外来患者数 6,435 人）より入手した水系感染症のデータを表 1-32 に示す。赤痢、腸チフス、住血吸虫症及び腸内寄生虫がかなり高い率で発生している。

表 1-32 水系感染症データ

2012 年	乳幼児死亡率	68.6 人／1000 人
	妊産婦死亡率	468 人／100,000 人
21011-2012 年	5 歳未満	全下痢症状件数① 4,339 人 全患者数② 64,435 人 下痢患者／全患者数 = (①／②) × 100 = 6.2% - 赤痢 138 人 - 腸チフス 50 人 - ビルハルツ住血吸虫症 124 人 - カイチュウ属腸内寄生虫 2,862 人
	5 歳以上	全下痢症状件数③ 3,903 人 全患者④ 150,325 人 下痢患者／全患者数 = (③／④) × 100 = 2.6% - 赤痢 248 人 - 腸チフス 2,505 人 - ビルハルツ住血吸虫症 307 人 - カイチュウ属腸内寄生虫 提示無し

出典：Kitui North District 病院（2012 年 11 月 30 日）

また、2009 年にキトゥイ・セントラル郡とムトモ郡においてコレラが発生し、17 人が死亡、約 1,000 人が入院している。

(4) 水の料金

A. 上水道の料金

マシंगा浄水場からの配水にかかわる水道事業の料金は、2011 年 5 月改定の従量制料金表によると、基本料金は 6m³で 380KSH である。これをキトゥイ県で使用されているウォーターキオスクでの販売単位 20L に換算すると、1.27KSH となる。

B. 深井戸の使用料金

深井戸給水施設を持っている地域では、裨益人口が 1,000 人規模以上（約 20 m³/日以上 の施設）の村落では、深井戸に水中モーターポンプを設置して貯水槽や公共水栓を通じて給水している。この場合、住民から構成される水利用組合（WUA）が設立され、運営・維持管理を行っている。多くの WUA は 20L 当たり 2～3KSH（m³換算で 100～150 円）の水代を徴収、あるいは月ぎめの使用料金を徴収し、運営・維持管理費を捻出している。

C. 政府指導の地方給水の料金

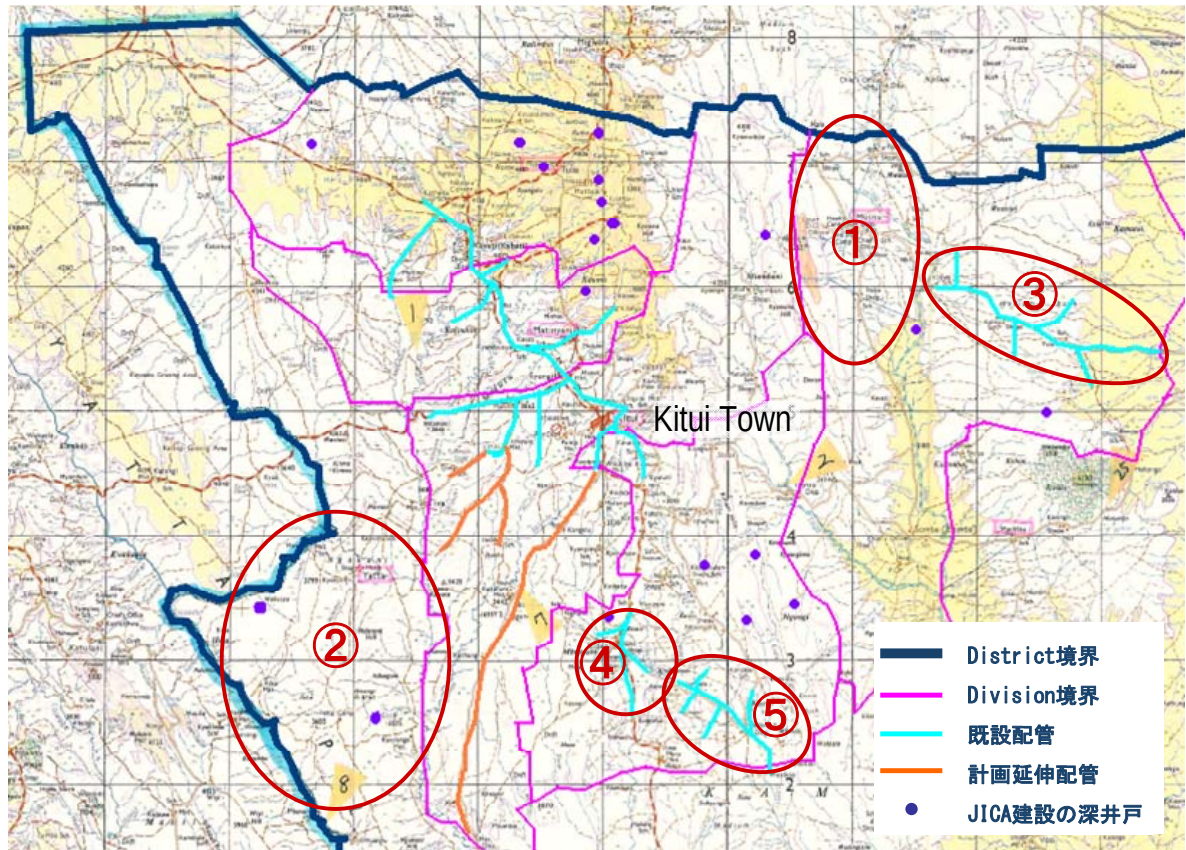
政府指導の地方給水の水の料金は 20L 容器当たり 2KES を基本として、大きくとも 3KES を目安としている。実際は、地域の事情（取水・送水に電気料金がかかる等）から 5KES で販売している例もある。本調査におけるモデル計画では、3KES/20L を目安として検討する。

1.4.6 調査対象地域のニーズ

1) 計画モデル

モデル地域は、マシंगा浄水場から浄水が給水されている Kitui Town 周辺や JICA による井戸水源開発地域を除く地域のうち、浅井戸や河川の水源が存在し、浄水未給水の地域を選定する。なお、DANIDA 等の他の援助機関による既設配管網が存在する地域でも、浄水施設が存在していないため、対象とする。

モデル計画地域の位置とそれぞれの特徴を以下に整理する。



出典：TAWSB 資料を基に作成

図 1-28 モデル地域位置図

表 1-33 モデル計画地域の分類と特徴

番号	地域名	水源	特徴
①	Mutitu 郡 Mutitu Location の一部	河川水 (既設集水埋渠)	・ イタリア政府支援により取水ポンプ場が建設中 ・ 配管とキオスクを建設予定 ・ 浄水場が計画されていない ・ 設置浄水装置一箇所での処理水量が比較的大きい ・ 雨季には河川水濁度が比較的高くなり、上流部や周辺地域の生活排水や家畜の飼料、糞尿等の流入も懸念される
②	Yatta 郡 Yatta Location の一部	河川水 (集水埋渠)	・ 配管等既存施設が存在せず、未計画 ・ 雨季には河川水濁度が比較的高くなり、上流部や周辺地域の生活排水や家畜の飼料、糞尿等の流入も懸念される ・ 給水エリアが分散している
③	Mutitu 郡 Kaliku Location の一部	既設浅井戸	・ 数箇所のウォーターキオスクへパイプ給水されている ・ 原水水質は比較的良好だが、ヒアリングによると水系感染症発生の一要因の可能性もある。
④	Chuluni 郡 Kisasi Location の一部	河川水 (既設集水埋渠)	・ 数箇所のウォーターキオスクへパイプ給水されている ・ 原水水質が比較的良好
⑤	Chuluni 郡 Mbitini Location の一部	河川水 (既設集水埋渠)	・ 現在修復工事のため休止中 ・ 数箇所のウォーターキオスクへパイプ給水されている ・ 原水水質が比較的良好

2) 水需要

(1) 計画人口

モデル地域の計画人口は、2009 年センサスを基に 2009-2012 年間の人口増加率 2.8%を加算して算出する。

(2) 使用水量原単位

A. 生活用水

ケニア国給水施設設計基準における ASAL 地域における原単位は 15L/人/日である。現地調査における住民ヒアリングでは以下のように 7～10L の使用量が確認されたことから、モデル地域における給水原単位は 15L/人/日と設定する。

- ・ 一般的な平均 6 人家族の家庭は、20L 容器の水を 1 日に 2 缶購入する。(すなわち、 $20L \times 2 \text{ 容器} \div 6 \text{ 人} = 7L/\text{人/日}$) (水・灌漑省アジア大洋州計画室長談)
- ・ 一般的に、6 人家族の場合は 1 日 3 容器(=60L)、15 人家族は 8 容器(160L)使用する。これは約 10 L/人/日に相当。ただし、乾季は水が枯渇するためこれほど使えない。(Mutongani 郡 Mutongini Location, Tulia Village、及び Mutitu 郡 Mutitu Location の住民談)
- ・ 乾季において、水不足が問題である。5 人家族で 1 日に 20 L 容器を 2 個使用している。これは約 8 L/人/日に相当する。(Lower Yatta District, Kisiani Village の住民談)

B. 家畜用水

ケニアでは乾季の水の確保は重要課題であるが、これは生活のためのいわば命の水であ

る。同じ観点から、生活の糧としている家畜の飼育用水も人間同様に重要視されている。

水・灌漑省によると、ウォーターキオスクから購入される水及び乾季に河床を掘削して汲む水は家畜の飼育用も含んでおり、優先順位は、家庭用水、家畜の飼育用水、農業用水で、牛は1日当たり20L、ヤギは10Lの水を使用するとのことである。一方、「Water Evaluation And Planning System, Kitui-Kenya: FutureWater」によると、50%の世帯が家畜を飼育し、一世帯一日あたりの家畜の水使用量は60Lとなっている。本計画はこれを参考とする。

(3) 水需要量

計画人口、水量原単位、家畜の飼育用購入水量から、水需要は表 1-34のとおり試算される。

表 1-34 モデル計画地域の水需要量

Division	Location	Sub-Location	計画人口 人 A	推定世帯数 世帯 B=A/6	生活用水 m3/日 C=A*0.015	家畜用水 m3/日 D=B*0.5*0.06	計画給水量 m3/日 E=C+D
① Mutitu	Mutitu	Masasini	1,469	245	22	7	29
		Kitoo	4,122	687	62	21	83
		Musukini	3,635	606	55	18	73
		Itiko	2,182	364	33	11	44
小計			11,408	1,902	172	57	229
② Yatta	Yatta	Makusya	4,596	766	69	23	92
		Ilika	3,814	636	57	19	76
		Ndunguni	2,238	373	34	11	45
		Nyanyaa	2,604	434	39	13	52
	Nthongoni	Kawongo/ Kathome	4,970	828	75	25	100
		Muvitha/ Kathimboni	2,844	474	43	14	57
小計			21,066	3,511	317	105	422
③ Mutitu	Kaliku	Kawala	2,871	479	43	14	57
		Kavutei	2,170	362	33	11	44
小計			5,041	841	76	25	101
④ Chuluni	Kisasi	Masimbini	5,763	961	86	29	115
		Kitungati	5,275	879	79	26	105
小計			11,038	1,840	165	55	220
⑤ Chuluni	Nbitini	Katwala	5,323	887	80	27	107
		Mbitini	8,761	1,460	131	44	175
小計			14,084	2,347	211	71	282
合計			62,637	10,441	941	313	1,254

第2章 我が国中小企業等が有する製品・技術の分析

2.1 中小企業等の製品・技術を活用する場合に求められるニーズ

2.1.1 調査対象地域が求める技術要件

1) インドネシア共和国のモデル計画地域のニーズ

パダン市は、洪水や地震、津波などの自然災害に対して上水道施設自体が脆弱である。PDAM Kota Padang のサービスエリアで未給水である約 35%の区域は、都市周辺部や農村部に区分され、MDGs の達成に向けた対策が求められるが、地震被害からの復興対策としての配管網更新も進んでおらず、さらに洪水被害によって既存サービスエリア内でも未給水区域が何箇所か生じており、都市周辺部や農村部への浄水供給率向上に向けた対策が講じられていないのが現状である。

したがって、災害時の給水対応と同時に、現在未給水となっている都市周辺部や農村部への浄水供給対策として、固定式の上水道施設とは独立した浄水装置の活用が考えられる。災害時では避難所や取水箇所などが流動的となること、また、未給水エリアは村落が散在することを考慮し、複数の水源を移動可能な車載式装置の導入が求められる。

2) カンボジア王国のモデル計画地域のニーズ

カンダール州、シェムリアップ州の両調査対象地域の水源は、高濁度の原水の利用が求められる。特にカンダール州の水源として想定するメコン川は、濁度変動幅が 20～500NTU と大きい。

また、規模が数千人の村落が散在し、近隣にダム等の水質の良い水源を確保することが困難な地域であることも特徴的である。そのため、シェムリアップ州では各村落の水源が浅井戸や河川に分散している。このように水源自体も散在するような地域では、小規模、あるいは車載式のように機動性を持つ浄水装置の導入が、経済的な面からも合理的である。

3) インドのモデル計画地域のニーズ

MJP という公共の水道事業者も、民間住宅デベロッパーも、十分な公共水道が整備される間までの一時的な給水措置として、小規模浄水装置の、3 年程度の期間とはいえ一時的な設置が求められる。

また、公共水道が整備された後も、同様な地域はいたる所に存在することから、同じスキームで別の場所でも利用できるよう、コンパクトで施工が容易、かつ他地域への移動も容易なパッケージ型の浄水装置が求められる。

4) ケニア共和国のモデル計画地域のニーズ

河川水の浄水施設については、雨季に河川水が高濁度となること、乾季には枯れ上がった川の河床下より地下水(河川原水)をくみ上げている現状を考慮した浄水装置を計画する必要がある。枯れ上がった河川では河床 1 m 程度を掘ると地下河川水面にあたる。

また、河床の集水埋渠による取水とパイプ給水の組み合わせ及び浅井戸とパイプ給水を組み

合わせた地域の浄水施設については、低濁度であることを考慮した浄水装置の選択をする。集水埋渠による取水及び浅井戸からの取水は上流の汚染源の影響や地上の人間と家畜の排水及び排泄下水の汚染を受けやすく、衛生上のリスクが大きい。

5) 調査対象 4 カ国・各地域が求める水処理装置の技術要件のまとめ

先述した海外展開している中小企業が現地に求められたニーズを参考に、今回のニーズ調査によって求められる水処理装置への要件を機能、経済性、維持管理、浄水能力の 4 つの観点で整理すると、下表のとおりとなる。

表 2-1 調査対象地域が求める水処理装置の要件

観点	要件
機能面	☐ システムがシンプルで耐久性がある ☐ コンパクトで移設可能な装置である ☐ パッケージ化され現地工事への依存が少なく、長期に亘り品質が安定する
経済面	☐ 維持管理費用が持続可能である ☐ 初期投資費用が妥当である
維持管理面	☐ 運転が容易であり、原則として熟練の技能を必要としない ☐ メンテナンスが容易であり、頻繁に特殊な技能を必要としない
浄水能力面	(以下うちいずれか一つ以上の要件を満たす) ☐ 高濁度な水源に対応できる ☐ 濁度の急激な変動に対応できる ☐ 鉄、マンガンの除去が可能である

さらに重要な観点として、本調査で対象とした都市周辺部、村落散在地域の特徴である、季節や天候に応じて濁度の変位が高い河川水や鉄・マンガンなどのミネラルの高い地下水源への対応、及び裨益者住民が分散しているという地理的条件への対応が挙げられる。

高濁度、あるいは高ミネラルの原水に対しては、途上国では一般的に、薬品による凝集沈殿を前処理として施す砂ろ過方式が採用されているが、水質に応じた適正な薬品配分等の技術レベルが求められる。表 1-17 でカンボジアの民営水道のサンプル検体水の水質検査結果でも示されるとおり、水質基準を満たさないケースも散見される。従って、都市型上水道システムでカバーできないエリアを対象とする本調査の小規模分散型浄水装置においては、高度な技術レベルを要しない膜ろ過方式による対応が最適であると考えられる。この方式には大きく高分子膜とセラミック膜の種別があるが、前者は過大な前処理設備を要し、逆に清澄な水源に対しては砂ろ過方式と比較して初期投資、維持管理費ともに高額となる点で適さない。その点、セラミック膜は前途の経済面、維持管理面に優れている特徴を有する。

他方、1,000 人程度の小規模なものから 10,000 人程度の大規模なものまで多様な村落散在地域への給水を想定する場合、水源の分散性、及び雨季と乾季における利用水源の違いを考慮する必要がある。従って、トラック等に搭載される小規模浄水装置が機動的に対応できる装置として適切である。

なお、大規模浄水施設の場合は、従来型の「凝集沈殿方式」や「砂ろ過方式」の浄水装置は電気代や人件費などが浄水処理量に比例しないためにコスト面で比較的優位であるが、都市周辺部や村落散在地域では小規模であるためコストパフォーマンスが落ちる。一般的に、途上国で求められる水質基準は日本と比較して低い、現地が求めるコスト基準との兼ね合い

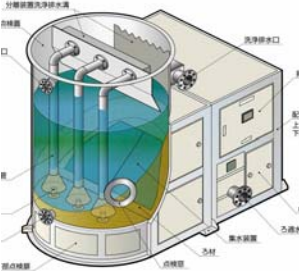
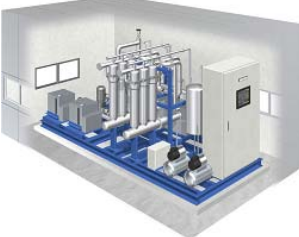
から、例えばインドでのモデル地域のように、従来型の浄水方式を小規模ながら高効率化した装置へのニーズも存在することへも留意が必要である。

2.1.2 要件を満たす小規模分散型浄水装置

本調査では、これらの機能を有し、既に製品化された浄水装置として国内、海外での実績が十分な単純でパッケージ化・ユニット化された小規模浄水装置を代表的に選出した。これらの浄水装置に共通した特徴としては、処理すべき原水にターゲット水質を設定し、それに必要最低限の機器をパッケージ化し、コンパクト化していることが挙げられる。

装置の分類名と、パッケージ製品の製作において中小企業が得意とする担当技術を以下に示す。

表 2-2 小規模分散型浄水装置と中小企業の担当技術

装置分類名	外観	中小企業が得意とする 担当技術
パッケージ型急速ろ過浄水装置		開発・設計・製作技術
高効率砂ろ過浄水装置		開発・設計・製作技術
パッケージ型膜ろ過浄水装置		製作技術
車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置		製作技術

2.2 中小企業等が有する製品・技術を取り巻く環境

2.2.1 中小企業水処理製造業界の概要

日本の中小企業が持つ水処理技術の適用用途は、河川水、地下水、海水の浄化、食品加工業から半導体加工の純水までの工業用水の浄化、工場排水の処理、工事排水の処理まで幅広い。浄水方式は、「凝集沈殿方式」、「砂ろ過方式」、「膜ろ過方式」があり、膜ろ過方式には日本における浄水場では、一般的には水源への適正と費用対効果の観点からろ過方式が適宜選定されるが、最近ではクリプトスポリジウム対策から膜ろ過方式を採用するケースも増えている。また、国内ではコンパクト化のニーズにも対応が進んでおり、簡易水道や工場等への設置、災害時の緊急対策としての導入実績も豊富である。

2.2.2 中小企業水処理製造業界の規模

前述の小規模分散型浄水装置の4類型への一部製品や半製品等も含めて対応可能な、本邦水処理装置製造業界の概要を、以下の2つの資料に基づく業界規模の観点から整理する。

- ・ 工業統計に基づく業界規模（大中小企業別企業数、製品出荷額）
- ・ 経済センサス及び文献調査に基づく業界規模（企業数、従業員数、大中小企業別企業数、売上高）

1) 工業統計に基づく業界規模

2010年の工業統計に基づく本調査の対象とする企業数の推定値は、家庭用浄化装置を製造する企業は、29社で、出荷額は573億円であり、ろ過機器や分離機器（水処理装置）を製造する企業数は121社で、出荷額は1,604億円となる。

本調査の対象とする小規模水処理装置製造技術を有する企業は、工業統計の産業中分類の金属製品製造業に含まれる金属製衛生機器（商品分類番号243111）及び生産用機器製造業に含まれる商品分類におけるろ過機器（商品分類番号265211）及び分離機器（商品分類番号265212）等を製造していると考えられる。金属製衛生機器は、家庭用浄水器等を含む。

3商品分類合計の企業数は、2010年時点で150社、出荷額は約2,177億円である。この内、中小企業は、147社、出荷額984億円となっている。これらの数値は、従業員4人以上の企業を対象とした当該業界の規模を推計する上での概数である。

表 2-3 本邦水処理装置製造業界の工業統計から見た概要

適用	企業数			出荷額		
	企業数 (件)	大企業 割合 (%)	中小企業 割合 (%)	出荷額 (億円)	大企業 割合 (%)	中小企業 割合 (%)
金属製衛生器具	29	3.4(1)	96.6(28)	578	76.9(444)	23.1(134)
ろ過機器	98	1.0(1)	99.0(97)	1,043	33.9(354)	66.1(689)
分離機器	23	4.3(1)	95.7(22)	561	71.4(400)	28.6(161)
小計（水処理装置）	121	1.7(2)	98.3(119)	1,604	47.0(754)	53.0(850)

注：（ ）内は実数

出典：平成22年工業統計表「品目編」及び「企業統計編」データ

なお、2011年の浄水器・整水器の市場規模について、民間経済調査として株式会社矢野経

済研究所による出荷金額ベースでの推計値として 436.5 億円が公表されている。

2) 経済センサス等及び文献調査に基づく業界規模

本調査の対象となる業界の企業数と売上高を推定するために、経済センサス、工業統計及び民間経済調査の結果を利用した。経済センサスでは産業別（産業中分類レベル）企業の全数が把握できるため、当該業界の全数を把握する上では工業統計調査を用いた前節の推計より実態に近い数値が得られる。しかし、本調査の対象とする業界は、その中分類に含まれる品目分類レベルの数値が必要であるため、工業統計表のデータを利用して推計した。なお、経済センサスは、総務省統計局により行われる統計調査として平成 21 年に第一回調査が実施され、「経済センサス-基礎調査」結果が平成 23 年に公表された。この調査は、企業の全数と企業構造を捕捉するものであり、本調査の業界の企業数を推定する上では、有効な統計データである。

なお、この経済センサスは、「経済センサス-基礎調査」に基づき売上高などの企業の経済活動の把握に重点を置いた「経済センサス-活動調査」を行うことになっているが、平成 24 年に行われた第一回調査の結果が未だ公表されていない。そのため、本調査では株式会社富士経済により平成 23 年に実施された「拡大する水ビジネスに挑む注目企業の事業戦略動向 2013」調査結果を利用して当該業界の売上を推定した。

(1) 企業数

当該業界の企業数は、当該業界が含まれる産業中分類別の経済センサスの企業数データをベースに、工業統計表における当該業界の生産する品目レベルの出荷額が、当該業界が属する生産用機器製造業の出荷額に占める比率を乗じて推定した。なお、前述の出荷額の比率は、前節で利用した比率を使用した。

表 2-4 当該業界の属する産業分類における経済センサス・データ

適用	金属製品製造		生産用機器製造	
	企業数(件)	従業員数(人)	企業数(件)	従業員数(人)
大企業	290	130,374	317	169,737
中小企業	36,283	563,925	26,065	435,414
計	36,573	694,299	26,382	605,151

出典：2009 年経済センサス

表 2-5 当該業界の企業数及び従業員の推定値

適用	金属衛生器具		ろ過機器等	
	企業数(件)	従業員数(人)	企業数(件)	従業員数(人)
大企業	1	464	2(16)	980
中小企業	129	605	170	2,836
計	130	1,069	172	3,816

出典：経済センサス及び工業統計データにより調査団推定

なお、上記表中、括弧内の

ろ過器等の大企業数は、本調査に利用した民間経済調査の「拡大する水ビジネスに挑む注目企業の事業戦略動向 2013」調査で取り扱われている企業数である。

(2) 売上額

株式会社富士経済が実施した「拡大する水ビジネスに挑む注目企業の事業戦略動向 2013」調査では、主要企業 16 社の水処理事業における装置・プラント製造に関する売上高を聞き取り調査により推定している。この 16 社は、大企業のカテゴリーに属する。そこで、当業界の売上高を推定するために、その調査結果である水処理事業において設備・プラント製造に取り組む本邦大企業のうち主要企業 16 社の売上高及び事業部門別売上比率を利用した。

表 2-6 主要企業の売上高事業部門別の売上比率

適用	2011 年度
国内	8273 億円
海外	849 億円
合計	9122 億円
海外比率	9.30%

出典：株式会社富士経済「水ビジネス参入企業の事業戦略を調査」（2012 年）

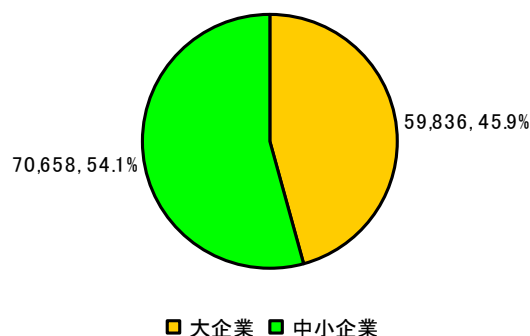
表 2-7 事業部門別の売上比率

適用	2011 年
設備・プラント	49.0%
サービス	33.5%
部材・薬品	17.5%

出典：株式会社富士経済「水ビジネス参入企業の事業戦略を調査」（2012 年）

なお、富士経済の調査の対象となっている業界は、主要 16 社の業態から工業統計等の業種分類から判断すると、生産用機器製造業に属する。

さらに、売上額の推定には、当該業界の大企業と中小企業の売上高の配分比率が必要である。「経済センサス-活動調査」が未公表であるため、代理変数として、以下に示す 2010 年工業統計表企業統計編の生産用機器製造業の生産出荷額の構成比を利用した。



出典：2010 年工業統計表

図 2-1 生産用機器製造業の大・中小企業出荷額構成比(図中実数(億円))

以上より、当該業界の全体の売上高は 2011 年で 9,040 億円であり、中小企業の売上高を求めると、約 4,986 億円と推定される。

浄水器・整水器等を含む金属衛生製品の売上規模は、ろ過機器等の出荷額と売上高と関係が同じと仮定した場合、全体の売上高は 3,257 億円となり、中小企業の売上高は 755 億円と推定される。

2.3 活用が見込まれる中小企業の製品・技術の強み

2.3.1 小規模分散型浄水装置の強み

1) パッケージ型急速ろ過浄水装置

この装置は高濁度な原水（濁度 100NTU 程度まで）をろ過する目的で製作され、沈殿ろ過方式と砂ろ過方式の 2 つのユニットからなる。途上国の都市浄水場にて一般的に建設されているプラントに見られる最もコンベンショナルな砂ろ過方式である。二つのユニットをパッケージ化してコンパクト化してあることが特徴であるが、沈殿槽を設置するため他の装置に比べると規模は幾分大きい。

日本国内では工場等で使用する浄水の供給から、同排水の処理、工事現場の場所打ち杭施工時に出るセメントミルク等の重度の排水処理まで、幅広く活用されている。基本的にオーダーメイドで必要な浄水容量に応じて設計・製作される。

他の装置と比較した場合、運転人員が常駐して操作する必要があり人件費は高い。また、オペレーターの運転技術の習得度により水質が左右されるため、人材が手当てできる場合、もしくは専門技術者の育成が可能な場合に適用することが望ましい。急激な濁度変動が起こりやすい河川などは、より経験のあるオペレーターが必要である。

技術的に高度ではないためメンテナンスは容易であるが、薬剤の使用量は多く、運転と維持管理に要する費用は比較的高めである。現地での設置に際しての工事も少なく、それにより品質が左右されることはない。

表 2-8 パッケージ型急速ろ過装置概要

特色	途上国で一般的な急速ろ過のパッケージ型ユニット、手動運転、溶解性マンガン水除去可能、15 年運転実績
水源	表流水
適用できる原水水質	高濁度（100NTU 未満）
浄水量	72-240m ³ /日 （3-10m ³ /時）
消費電力	1.17 - 1.67kWh/m ³ （5.55 - 11.7kWh/時）
薬品	凝集剤（PACl or Al ₂ (SO ₄) ₃ ） 消毒剤（NaOCl or Ca(OCl) ₂ ）
作業員	1 人 / 日（運転員）
消耗品	ろ材（5%/年）

2) 高効率砂ろ過浄水装置

この装置は処理対象を清澄な原水（濁度 10NTU 程度まで）に絞った簡易なシステムで、砂ろ過のろ材の洗浄を自動化が最大の特徴である。

機能を絞り込んであるためシステムもシンプルで、コンパクトな装置であるため運搬も容易である。そのため、技術者が常駐する必要が無く、メンテナンスも頻繁に専門技術者を必要としない。また、電気消費量、薬品消費量も少ないため、運転と維持管理に要する費用は低価格である。初期投資費用も他の装置に比して安価である。

現地での設置に際しての工事も少なく、それにより品質が左右されることはない。

表 2-9 高効率砂ろ過浄水装置概要

特色	高効率逆洗(逆洗ポンプなし、低電力消費)、自動運転、維持管理容易、溶解性マンガン水除去可能、低濁度水に適合、10 年間運転実績
水源	表流水、地下水(浄水)
適用できる原水水質	低濁度 (10NTU 未満)
浄水量	144-1000m ³ /日 (6-42m ³ /時)
消費電力	0.013-0.016kWh/m ³ /時 (2.25-13kWh/日)
薬品	凝集剤 (PACl or Al ₂ (SO ₄) ₃) 消毒剤 (NaOCl or Ca(OCl) ₂)
作業員	1 人 / 週 (点検及び薬品補充)
消耗品	ろ材 (5%/年)

3) パッケージ型膜ろ過浄水装置

この装置は、大型セラミック膜を利用することで、超高濁度な原水（濁度 1000NTU 程度まで）、濁度変動が急激な水源にも安定した処理が実施できる。鉄やマンガンの処理も可能であり、あらゆる水源に対して適応できる。さらに、運転人員が常駐する必要も無く、原水に対する浄水の回収率が高い省エネルギーな装置であり、薬品使用量も少ないため、従来型のパッケージ型急速ろ過浄水装置と比較して運転と維持管理に要する費用が比較的抑えられることが最大の特徴である。初期投資費用は他の装置に比して幾分割高であるが、ライフサイクルコストにおいて優位性を持つ。日本国内では小規模から中規模まで浄水場における十分な実績がある。

前処理を必要としないシンプルなシステムで、維持管理においてはセラミック膜の交換頻度が極めて少なく、国内では 15 年以上にわたり無交換の運転実績がある。セラミック材質であるため、高濁度原水に対しても通常の物理的な逆流洗浄及び年に 1 回程度の薬品洗浄を実施することにより、同様の長期寿命が確保される。メンテナンスでは、頻繁に特殊な技能を必要とせず、技術の移転は容易である。また、遠隔操作も可能で、将来的には ICT による運転管理の合理化もできる。

現地での設置に際しての工事も少なく、それにより品質が左右されることはない。

表 2-10 パッケージ型膜ろ過浄水装置

特色	自動運転、安定運転(突発的濁度上昇の場合でも)、維持管理容易、水の高回収率、15 年運転実績(セラミック膜ろ過装置無交換)
水源	表流水、地下水
適用できる原水水質	超高濁度 (1000NTU 以下)
浄水量	72-672m ³ /日 (3-28m ³ /時)
消費電力	0.22kWh/m ³ /時 (0.66-6.16kWh/時)
薬品	凝集剤 (PACl or Al ₂ (SO ₄) ₃) 消毒剤 (NaOCl or Ca(OCl) ₂)
作業員	1 人 / 週 (点検及び薬品補充)
消耗品	----
備考	薬品洗浄 (1 回/年)

4) 車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置

この装置は、自走式であることと、セラミック膜による幅広い水源への対応が可能という特徴を活かし、水源から水源へと移動して複数の村落に浄水を供給できることが最大の特徴である。

運転と維持管理に要する費用は、膜ろ過浄水装置に加え、車載用トラックの運転と維持管理費用が加わるため、他の技術と比較して若干高価である。制作費も車載用のトラックを購入の上、ユニットを積載して加工するため幾分高価となる。

なお、日本国内では災害時の浄水供給などに実績があり、海外でも、本調査対象国のケニアを含むアフリカ 3 カ国での納入実績がある。

表 2-11 車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置

特色	様々な水源に容易に接続、自然災害時の非常時飲料水供給、自動運転、安定運転(突発的濁度上昇の場合でも)、維持管理容易、水の高回収率、15 年運転実績(セラミック膜ろ過装置無交換)
水源	表流水、地下水
適用できる原水水質	超高濁度 (1000NTU 以下)
浄水量	24-200m ³ /日 (1-5m ³ /時)
消費電力	0.22kWh/m ³ /時 (0.22-1.1kWh/時)
薬品	凝集剤 (PACl or Al ₂ (SO ₄) ₃) 消毒剤 (NaOCl or Ca(OCl) ₂)
作業員	2 人 / 日 (操作及び運転)
消耗品	トラックの修理部分
備考	トラック及び発電機の燃料費、トラックの維持管理費 薬品洗浄 (1 回/年)

2.3.2 本邦製品の強み

1) 本邦製品の特徴の概要

本調査で選出した代表的製品の強みは、本邦製品としての特徴ともいえる「高品質、高耐久性、省エネルギー性」が挙げられる。運転や、ろ材の洗浄等におけるオートメーション化とシステム制御技術が、浄水水質の安定性確保を可能にし、合理化設計や部材選定、組み立てまでの品質の高さやセラミック膜などの先端素材、計装技術などが、耐久性と省エネルギー性という特性を生み出しているといえる。

こうした強みを持つ製品は、結果として初期投資コストは途上国の基準からすると高価である。しかしながら、浄水供給事業の計画において、20年、30年後の売水価格の予測は困難であるものの、年率5%を超える経済成長が続く途上国では、結果的に物価上昇が初期投資費用をリカバーすることは十分に期待でき、ライフサイクルコストの観点から優位性があると考えられる。

2) 本邦製品の技術的な比較優位性

本調査で選出した4製品は、対応可能な原水の水質等、特性が異なるため技術的に一律比較することは困難である。ここでは、濁度10NTU程度の原水の類似処理方式として、共にろ過工程と洗浄工程のみ採用されている圧力式ろ過と本調査で選出した高効率砂ろ過の比較、高濁度原水の類似処理方式として、急速砂ろ過と膜ろ過の比較を示す。なお、参考として、膜ろ過では本調査で選出したセラミック膜ろ過と高分子有機膜精密ろ過の比較も行う。

(1) 高効率砂ろ過浄水装置と類似装置との比較

濁度10NTU程度の原水の処理方式として、本調査で選出した高効率砂ろ過装置は、圧力式ろ過と比較して以下の点で優位性がある。

- ・ 処理水質の安定性が高い
- ・ ろ材のほぼ完全な洗浄が期待されるため、維持管理が容易
- ・ ろ材交換費用や消費電力の点で優れ、維持管理費が比較的安価

圧力式ろ過装置と高効率砂ろ過浄水装置の技術的な比較内容の詳細を表 2-12に示す。

表 2-12 圧力式ろ過装置と高効率砂ろ過浄水装置の比較

方式	圧力式ろ過装置	高効率砂ろ過浄水装置
フロー	逆流洗浄用の水槽ポンプが設置される	
構造	・ 通常、ろ過層は複層 ・ ろ材洗浄用の水槽及び設備が必要 ・ 流入原水を加圧送水するろ過ポンプが必要	・ 珪砂の単層 ・ 砂層角度45度の斜層のため、ろ過面積が通常の1.4倍 ・ 流入原水をろ材洗浄水と使用する仕組みであり、ろ材洗浄用の水槽及び設備が不要なため、コンパクト
処理水質	・ ろ材洗浄が不十分な場合も起こり、懸濁物がろ層内に蓄積することがある ・ 定圧ろ過の場合は流速の変化幅が大きい	・ ろ材の汚れを完全に除去する洗浄方法のため、ろ層内の雑菌繁殖が無い
耐久性	・ 設置機器数は高効率砂ろ過装置より多いため、耐久性では比較的劣る	・ 設置機器数は少ないため、耐久性は圧力式ろ過装置に比べ比較的優れる
維持管理性	・ ろ材は定期的に全交換を要する ・ 通常のろ過機の点検窓では、ろ過層の確認及び流入原水の状態を確認できない	・ ろ材の洗浄工程は自動化されており容易 ・ 砂ろ材の洗浄は砂層表面と下層の2重洗浄のため、ろ材のほぼ完全な洗浄が期待できる材の交換は年間5%の補充で済む ・ ろ材点検窓は人が出入りできるほど大きく、ろ過層や流入原水の状態を簡単に確認可能 ・ 消費電力費は圧力式と比較して25%少なく、ろ材の全量交換の必要が無いため維持管理費は比較的安価

(2) 急速砂ろ過浄水装置とセラミック膜ろ過装置との比較

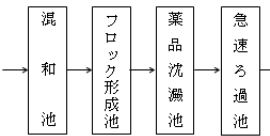
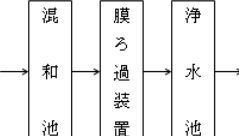
高濁度原水の処理方式として、本調査で選出した急速砂ろ過装置とセラミック膜ろ過装置は、どちらも懸濁物質や不溶性の鉄などが殆ど除去可能であるが、セラミック膜ろ過装置は以下の点で優位性がある。

- ・ 装置設置の用地面積が小さい
- ・ 除濁のための前処理が不要
- ・ 維持管理の技術的な要求度が低い
- ・ 装置の設置や移設が容易

また、膜ろ過方式にはセラミック膜の類似方式として高分子有機膜が挙げられる。有機膜と比べたセラミック膜の技術的な優位性は、膜の劣化が少ないことであり、そのためセラミック膜の方が維持管理の容易性と維持管理費用の点で優れる。

表 2-13に急速砂ろ過方式と膜ろ過方式技術的な比較内容の詳細を示す。

表 2-13 急速砂ろ過方式と膜ろ過方式の比較

方式	急速ろ過方式	膜ろ過方式	
		高分子有機膜精密ろ過	セラミック膜精密ろ過
フロー		 (ポリフッ化ビニデンの場合)	
構造	・複雑な構造で用地面積が大きい	・構造は簡単で用地面積が小さい ・外圧中空糸型（孔径0.1μm）	・構造は簡単で用地面積が小さい ・内圧モリス型（孔径0.1μm）
浄化原理	・沈殿池における凝集沈殿分離 ・砂層表面のフロッキング層と砂粒子の間隙における機械的な浄化作用	・ろ過膜による固液分離	・ろ過膜による固液分離
適用原水水質	・懸濁物質や不溶性の鉄等ほとんど除去できる特性を有する ・高濁度原水でも処理可能だが、運転管理が不十分だと処理水質が悪化する場合がある	・懸濁物質や不溶性の鉄などをほとんど除去できる特性を有する ・高濁度原水では、逆洗頻度が高まり膜寿命が短くなるため除濁前処理が必要	・懸濁物質や不溶性鉄等を殆ど除去可能 ・高濁度原水でも、内圧式セラミック膜の場合は除濁のための前処理を行わず直接ろ過が可能
処理水質	・維持管理が適切なら良好な処理水質が得られるものの除去率の点では膜ろ過に劣る ・凝集剤を添加するため色度成分等有機物の一定程度除去が可能 ・溶解性鉄は塩素注入等による不溶化処理で、マンガンは塩素注入とろ過層における接触酸化の組合せで、高除去率が期待できる ・クリプトスポリジウム等の除去率は運転管理の技量に左右される	・膜孔径（0.1μm）より大きな懸濁物質、細菌類は確実な除去が可能 ・クリプトスポリジウム等の感染性原虫の除去が可能	・膜孔径（0.1μm）より大きな懸濁物質、細菌類は確実な除去が可能 ・凝集剤の添加により、色度成分等の有機物も一定程度除去率することが可能 ・溶解性の鉄、マンガンに対しては、塩素注入等による不溶化処理を行うことにより、高い除去率が期待できる ・クリプトスポリジウム等の完全な除去が可能
耐久性	・設置機器数が多いため、耐久性の点でやや劣る	・高分子膜は経年劣化が進むため通常は5～7年程度、原水が高濁質である場合はより早い段階で交換が必要 ・劣化すると逆洗しても差圧が解消されない ・エアバブリング併用の逆洗で中空糸の揺れが大きく膜損傷の危険性がある ・高分子膜は3～5年程度で交換	・高濁表流水であっても持続的に水を供給することが可能 ・物理的及び化学的にも耐久性があり、長寿命 ・日本において最も古く設置され現在も稼働中の浄水施設は平成10年4月設置
維持管理性	・濁度、pH、アルカリ度の変化に合わせた薬品注入管理、沈殿池やろ過池の維持管理が日常的に必要 ・常時濁度を0.1度未満にするため、凝集剤の注入管理、逆洗前後のろ過速度管理が必要 ・運転管理には十分な知識を持った技術者が常駐する必要がある。 ・処理水の回収率は約95% ・電力費は比較的低価	・日常の運転管理に手間を要せずに高度な処理水質維持が可能 ・高濁度の場合は粒状活性炭や凝集剤等の大量投入で対応可能 ・逆洗圧に限度があるため高頻度で逆洗し、回収率が減少 ・自動・無人化運転が可能 ・処理水の回収率は90% ・電力費はろ過圧力が高く、頻繁な逆洗のため比較的高価	・日常の運転管理に手間を要せずに高度な処理水質維持が可能 ・運転管理は薬品補充程度の巡回管理程度で高度技術を要さない ・必要に応じ、粉末活性炭や凝集剤等の大量投入が可能で、多様な原水に対応可能 ・エア漏れ試験による高感度な膜の状態把握が可能 ・自動・無人化運転が可能 ・処理水の回収率は98% ・低ろ過動力により高分子膜に比べ安価
膜材保管	—	・保管時の乾燥状態は劣化の原因となるため、薬品浸漬保管が必要	・中～長期間の保管が容易で、熟練者でなくとも再起動が容易
施工性その他	・水槽等の土木工事を伴うため稼働までの工期が長い ・設備移設は困難	・工場既製ユニットの設置で済み、大規模工事を伴わず工期短縮が可能	・工場既製ユニットの設置で済み、大規模工事を伴わず工期短縮が可能 ・ユニット化でコンパクトなため移設が容易

3) 本邦製品の価格面での比較

(1) 価格比較に際しての留意点

今回の調査で選出した代表的な製品の価格優位性については、国内外ともに類似製品の適用

原水の多様性、及び価格情報入手の限界性から、正確な比較は困難であるため、包括的な視点から検討する。

まず、製品の設定価格に関して、対象装置は汎用品ではないことから、以下の3点に留意する必要がある。

- ・ 価格設定の方法には、主に、生産コストに必要経費と利益を加えて価格を設定するコスト志向型価格、需要動向を見極めて販売可能価格を設定する需要志向型価格、競合する業者の価格を参考に自社価格を設定する競争志向型価格などがある。
- ・ 価格比較を行うときに、イニシャルコストの標準的耐用年数を踏まえた年あたり建設価格と、年間の維持管理費用の合算値とを比較する場合がある。
- ・ 浄水機器の仕様はメーカーにより大きく異っており、これは、水質の濁度に対する許容範囲、水質或いは水量の処理能力の限界などによる。この仕様の違いにより比較する機器の代替案の組み合わせが異なる場合が多い。

ここでは詳細なデータの入手に限界があり、かつ、浄水機器メーカー価格設定の流動性、仕様の厳密な比較分析が困難であるため、背景となる情報に注意しながら単位処理能力当たりの価格比較を試みる。

(2) 高効率砂ろ過浄水装置の類似製品との比較

高効率砂ろ過浄水装置の類似製品は圧力式ろ過装置であるが、国外の類似製品の、仕様等の背景となる情報も含めた参考価格情報は入手できなかった。そのため、ここでは参考として、国内の一般的な圧力ろ過装置と比較する。

表 2-14 高効率砂ろ過浄水装置の価格比較

分類	価格に影響を及ぼす装置の特徴	単位処理能力当たりの設備費指数
高効率砂ろ過装置	・ 設置スペースが小 ・ 流入原水をろ過材洗浄水として使用可能 ・ ろ材は年間の少量補充で済む	100%
国内の一般的な圧力ろ過装置	・ 洗浄用水槽が別途必要 ・ 加圧送水用ろ過ポンプが別途必要 ・ ろ材の洗浄ポンプに大きな動力が必要	約 120～150%

(3) セラミック膜ろ過浄水装置の比較

セラミック膜ろ過浄水装置についても、国外の類似製品の、仕様等の背景となる情報も含めた参考価格情報は入手できなかった。また、固定式と車載式、あるいは装置全体の処理能力によって価格設定の考え方が異なるため、ここでは、固定式と車載式のそれぞれについて、処理方式の異なる製品の価格比較を参考として示す。

表 2-15 固定式セラミック膜ろ過浄水装置の価格比較

分類	価格に影響を及ぼす装置の特徴	単位処理能力当たりの 設備費指数
固定式膜ろ過浄水 装置	・セラミック膜（精密膜ろ過） ・高濁対応可能	100%
スイス A 社	・UF膜 ・高濁度原水対応不可	約 55～96% (1USD=90 円)
日本 B 社	・処理規模が極小 ・緩速砂ろ過方式	約 210～290%

固定式に関しては、スイス A 社の UF 膜装置より高価であるが、UF 膜と比較しセラミック膜は長寿命であり、膜の維持管理の容易性、高濁度原水への対応能力の点で、競争力を有すると考えられる。

一方、車載式に関しては高濁度原水に対する適応性を備える装置の価格情報の入手ができなかったために、比較の際の基準設定が困難である。砂ろ過方式で濁度 30NTU 以下の原水に対応する装置の車載式装置と比較すれば、参考価格として、車載式セラミック膜ろ過浄水装置は約 2 倍の価格となる。

2.4 海外の同業他社、類似製品・技術の概況

2.4.1 類似製品に関する海外同業他社の動向

1) セラミック膜製品

(1) Veolia Water

Veolia Water 社はセラミック膜製品の開発、販売を行っている。

2012 年、ドイツの German Federal Agency for Technical Relief に対してセラミック膜のモジュールを組み合わせた可動式浄水システム「TWA15UF」を納品した。このシステムは毎時 15m³ の浄水能力を有するが、下図に示すとおり、凝集沈殿処理、浄水処理、排水処理の設備がそれぞれ分離し、電源確保のためのトラックも必要とするなど、大規模災害時の避難民救助としての用途となっている。



出典：Veolia Water パンフレット

図 2-2 Veolia Water 社のセラミック膜を用いた浄水処理装置「TWA15UF」

インターネット上では現在のところ、セラミック膜を用いた小規模浄水装置の途上国への納入実績は発表されていない。

(2) LiqTech International

デンマークに本社を置く LiqTech International 社は、飲料水のための浄水方式として保有するセラミック膜技術を宣伝している。同社のパンフレットによれば、鉄やマンガンを 0.1mg/L 以下に処理し、処理水回収率は 95%としているが、製品価格や導入実績に関する情報は公開されておらず不明である。



出典：LiqTech International パンフレット

図 2-3 LiqTech International 社のセラミック膜を用いた浄水処理装置

2) 車載式浄水装置に関する海外同業他社の動向

(1) General Electric Company

RO 膜、精密ろ過膜、限外ろ過膜などの多種の膜ろ過方式のユニット搭載が可能な車載式浄水装置の開発、販売を行っている。最大処理能力は 228m³/日とされており、メキシコの石油精製施設等に納品を行っているが、飲料水用の浄水装置納入実績に関する情報は公開されておらず不明である。



出典：General Electric Company HP

図 2-4 General Electric Company 社の車載式浄水処理装置「MobileFlow® System」

(2) Power Plastic

チェコに本社を置き、欧州、北中米、南米、アフリカ、中近東に事務所を持つ Power Plastic 社は、以下に示すような様々なタイプの車載式、あるいは小型の固定式の浄水装置を製造・販売している。ホームページによると、下図中央の移動式浄水装置は砂ろ過方式であり、20～150 m³/日の浄水能力を有するとある。しかし、飲料水用の浄水装置納入実績に関する情報は公開されておらず不明である。



出典：General Electric Company HP

図 2-5 Power Plastic 社の稼動式小型浄水装置

2.4.2 対象国での類似製品の導入状況

1) 現地調査ヒアリングでの収集情報

本調査で訪問した 4 カ国ではいずれも、セラミック膜を用いた浄水装置の海外類似製品の導入実績に関する情報は得られなかったことから、海外類似製品の進出はこれからの状況であると考えられる。

インドネシア公共事業省人間居住総局水開発供給局へのヒアリングでは、インドネシア国内では浄水処理としてのセラミック膜の使用は無いため、新技術導入への期待も大きいとの反応であった。

インドでは、セラミック膜等の研究は中央政府レベルでも実施しており、マハラシュトラ州 **MJP** へのヒアリングではセラミック膜自体はインド国内でもそれほど目新しい技術ではない、とのことであった。しかし、実際は、マハラシュトラ州では 10 年ほど前に簡易砂ろ過方式の小規模浄水装置が設置されたことがあったが、維持管理が継続できなかったことから放置されてしまった、とのことであった。一方、インド水道協会関係者によると、現在のインド国内の浄水装置メーカーでは、圧力式のろ過装置が、 $1,000\text{m}^3/\text{日}$ の処理能力で 100～200 万円程度で販売されているとのことであった。この装置は、数ヶ月での施工、設置が可能である反面、特にフィルター洗浄などのメンテナンスや運用の面で技術が多少要求される、とのことである。性能や品質に関する情報が無いため、単純に比較することは困難であるが、インドでは $1,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度の浄水処理施設はこの程度の価格帯が目安として一般的である可能性があり、価格競争の際に留意が必要である。

2) インターネット上での収集情報

上記の他、インターネット上で掲載されている小規模浄水装置に類似する製品に関する情報の一覧を表 2-16 に示す。緊急時用のポータブルな小型浄水装置が比較的多く、海水淡水化処理施設等を除き、浄水施設を小型化したようなコンセプトでの装置は多くない。

表 2-16 海外同業他社の小規模浄水装置に類似する製品のインターネット上の情報

国	企業名／ 対象国進出状況(判明している場合)	製品名	処理能力 (m³/day)	主な性能 (HPk 記載情報)
フランス	Degremont (http://www.degremont.com/en/) インドネシア (PT Degremont Indonesia)、インド (Degremont Limited.) 進出済	Degremont Compact Unit (全 14 種)	115～16560	凝固凝集、ラメラ・クラリフィケーション、砂ろ過、塩素消毒。 事前塩素処理、紫外線消毒、除鉄などのオプション有。
	Veolia Water (http://www.veoliawater.com) インド進出済：Veolia Water India Pvt-Ltd.	製品情報無し	不明	不明
米国	Aqua Sun International (http://www.aqua-sun-intl.com/) インドネシアでは 2005 年の津波災害の際に使用されている他、ケニアでも SWP-S3 を起用したプロジェクトが実施されている。カンボジア・インドでの使用例に関する記載は見当たらないが、様々な国で ASI の製品を活用したプロジェクトが World Vision などの非営利団体主導で実施されている	ポータブル浄水装置 (ろ過及び紫外線消毒) Responder S	0.37～2.66	不明
		定常の浄水装置 (壁掛け式ろ過及び紫外線消毒) - Villager S1	0.37～32.0	不明
		可動式浄水装置ートレーラー式 (ろ過及び紫外線消毒、緊急時用) Aqua Tender SWP-1	18.5～181.7	ろ過装置：交換は 4～5 年に 1 度 ろ過対象：除草剤、トリハロメタン、揮発性有機化合物、匂い、色、味、その他有害物質 紫外線消毒：細菌、ウイルス、ランブル鞭毛虫、クリプトスポリジウム、赤痢、大腸菌、など
	Pure Aqua. Inc (http://www.pure-aqua.com/) 2009 年、2011 年、2012 年にインドネシアの企業に製品を販売している。そのうち、2009 年には、インドネシアの水処理施設へ 2 種類の製品を納入している。これらは処理能力がそれぞれ 500gpd と 2,200gpd である。	RO-500 シリーズ (産業用・水道水・汽水対応)	757～3,407	ろ過対象：塩分、細菌、糖分、プロテイン、など分子量 150-250 daltons 以上の成分
		RO-400 シリーズ (産業用)	106～655	メディアプレフィルタ、薬品注入、スケール防止剤装備
		RO-300 シリーズ (商業用)	50～121	不明
		RO-200 シリーズ (商業用・汽水対応)	2.3～56.8	不明
		UVI-200 シリーズ (産業用・紫外線消毒) 全 14 種	0.3～4.9	不明
		UVC-100 シリーズ (商業用・紫外線消毒) 全 10 種	0.008～0.151	不明
中国	BeiJing IWHR Corporation (www.bic-iwahr.com) インドネシアに海水逆浸透膜浄水プラント建設の実績がある。	コンテナ型浄水設備シリーズ	240～2,400	不明
	Environmental World Products (http://www.ewp-china.com/)	CERO PURO	3.0～45.4 3.0～45.4	事前処理無し、詳細不明 事前処理有り、詳細不明
韓国	Mira Scientific Technology (http://www.miraest.co.kr)	Puris, Pilot RO Water System : 全 7 種	1.2～48	不明
	Synopex (http://www.synopex.com/english/water_index.asp)	SMDT 車両搭載型 (災害・緊急時用) : 全 5 種 海水・地下水脱塩処理	20～400 不明	海水・地下水脱塩処理 不明
サウジアラビア	General Enterprises& Trading Co., Ltd. GETCO (http://www.getco.com.sa/)	コンテナ型浄水装置	不明	不明
	Metito Saudi Limitd. (http://www.metito.com/) インドネシア進出済 (PT Metito Indonesia) 1) カリマンタン Banjarmasin 市の蒸気発電所の上水・排水処理を受託。480m³/h の水処理プラント 2 基建設 2) スマトラ海域 Pabelokan 島の海水脱塩処理プロジェクトを受託。520m³/day の逆浸透膜脱塩処理プラント 2 基建設	EDI(Electro-Deionisation)、MBR(Membrane Bioreactor)、紫外線消毒、オゾン化、塩素化等。	不明	不明
	AES Arabia Ltd., (http://www.aesarabia.com/)	汽水逆浸透膜	不明	不明

第3章 中小企業等が有する製品・技術等のODA事業における活用可能性等の分析

3.1 対象国が抱える当該開発課題解決のために活用が期待できる中小企業等が有する製品・技術等

3.1.1 インドネシア共和国の開発課題

インドネシアでは、近年の気候変動の影響や森林の不法伐採にも起因してか、各地で洪水被害が起きている。河川水を取水源として利用している PDAM は多く、洪水時の高濁度水でも利用可能な浄水施設を備えている PDAM はほとんど無い。公共事業省人間居住総局水供給開発局へのヒアリングによれば、インドネシアではセラミック膜ろ過方式による浄水装置の導入実績はなく、高効率砂ろ過装置の技術にも興味があるとのことである。

また、車載式による機動性を確保した装置は、場所を選ばない災害対応の用途に適している。

他方、上水道分野においても災害対応の観点は重要視されている。インドネシア政府は対外債務削減のため、各分野のプロジェクトに明確な優先順位をつけ、国家開発企画庁（BAPPENAS）が発行する「List of Medium-Term Planned External Loans and Grants (DRPHLN-JM)」(いわゆる Blue Book) にて公開しているが、現行の 2011-2014 年版では、「Small Scale Water Treatment Plants for Emergency Relief (緊急対策としての小規模浄水装置)」という案件が挙げられている。対象都市は Bekasi、Makassar、Medan、Surabaya の 4 市で、主な目的は旱魃被害への緊急対応と謳われているが、旱魃だけでなく地震や洪水などあらゆる自然災害の被災者への給水手段としての位置づけとなっている。

Blue Book に掲載されている案件は、既に BAPPENAS の承認を得ていることから、水分野の案件を提案する側の公共事業省人間居住総局水供給開発局にとっても歓迎される可能性が高い。公共事業省人間居住総局水供給開発局局長へのヒアリングでは、既に Blue Book にリストアップされている案件に本調査で提案する小規模装置を組み込むことが考えられる、とのコメントを得た。

3.1.2 カンボジア王国の開発課題

調査対象地域では、濁度変動幅が 20~500NTU のメコン川など、高濁度の原水利用が求められる。従って、高濁度原水に対応可能な処理方式として、膜ろ過方式による対応が望ましい。

膜ろ過方式を設置式か車載式かで対応するかの判断は、各戸までの配水に伴う付帯施設整備費用も含めた経済合理性によるが、散在する村落の規模が数千人であること、シェムリアップ州では各村落の水源が浅井戸や河川に分散している点を考慮すると、車載式による村落単位での浄水供給方式が望ましいと考えられる。

また、配水コストについては、村落が連なる主要道路沿いに水道本管を敷設し、枝管で道沿いの住宅へ、住宅が本管より比較的遠く奥まった地域に集積している場合は、共同水栓への配水が経済的であると考えられる。なお、カンボジアの村落散在地域では民間の水供給事業

者が共同水栓に配水するパターンが多く、各戸の住民は各家庭からそこまで水を取りに来て
いるため、共同水栓を用いた給水は受け入れられるものと考えられる。この場合に必要な設
備項目は、2～3 日分の供給水量を貯水する浄水タンク、浄水タンクから各世帯、共同水栓
までの配水配管、配水ポンプ、料金メーター等が挙げられる。

3.1.3 インドの開発課題

無秩序な人口増加や宅地開発に対しては、数年程度の期間の据え置き型浄水装置へのニーズ
が高い。

マハラシュトラ州では州の法律により地下水利用が制限されている一方、主要河川以外の小
規模河川水の利用には制約条件がないため、小規模河川に水源を求めることが可能である。
対象地域である **Badlapur** では、現在、マハラシュトラ州灌漑局への利用許諾が必要な **Ulhas**
川からの取水量が全体の 9 割を超えているが、将来的にも継続的な増加が予測される水需要
のための水源として **Ulhas** 川を利用することに関しては、今後は灌漑局からの許諾が困難
な状況になる懸念もある。さらに、主要河川やダム水源の利用の場合は、灌漑局に対して取
水量に応じた利用料を支払う必要がある。したがって、宅地開発の進行が著しい地域に対し
ては、表流水である **Ulhas** 川の支川が利用できることが条件となると考えられる。この場
合、洪水時には濁度が数百 **NTU** まで上昇するような河川水に対しても対応可能な機能を有
する浄水装置が求められる。

一方で、**MJP** によって運営、維持管理されている既存上水道システムの処理能力増強のニ
ーズも存在する。インドの上水道システムは英国統治下の時代に建設されたものが多く、浄
水場や配管ネットワーク等の更新、改修のニーズが大きい。**Badlapur** の **Barrage** 浄水場も
1923 年に建設された歴史の古い施設であり、近年の急激な人口増加に対応するためにはシ
ステムの大幅な増強を必要としている。しかし、既存施設の大幅な改修には費用と時間を要
することから、それまでの間、一時的に都市型上水道システムの浄水能力増強を図る方策が
求められる。

こういった需要は、周辺都市にも同様に存在することから、一定期間経過後に既存システ
ムの改修が行われる時点で、同様な課題を抱える別の地域に浄水装置を移設できれば効果的
である。したがって、設置、移設が容易な装置が求められる。また、既存システムの浄水場の
増強であるため、既存浄水場と同じ原水濁度に対応できる程度の処理能力、既存浄水場の
MJP 職員等が維持管理を担当できる、といった点も特徴踏まえ、初期投資や維持管理のコ
スト面を重視した機器の選定も求められる。

3.1.4 ケニア共和国の開発課題

ケニアでは、以下の 2 点に留意が必要である。

- ・ 河川水の浄水施設については、雨季に河川水が高濁度となること、乾季には枯れ上った川の河床下より 1 m 程度地下に河川水面地下水があり、これを水源として利用している実態を考慮し、浄水装置を計画する必要がある。
- ・ 既設パイプによる給水が行われ、河床の集水埋渠もしくは浅井戸から取水している地域

の浄水施設については、低濁度であることを考慮した浄水装置の選択が求められる。さらに、集水埋渠による取水及び浅井戸からの取水は、上流の汚染源の影響や地上の人間と家畜の排水及び排泄下水の汚染を受けやすく、衛生上のリスクが大きいことも考慮する必要がある。

モデル地域では、このような既存施設の存在状況や取水源の環境に応じて、種々の種類の小規模分散型装置の適用が考えられる。以下に各モデル地域の開発課題と、それに対応する形で活用が期待できる中小企業等が有する製品・技術を用いた小規模分散型浄水装置の類型を整理する。

1) Mutitu 郡 Mutitu Location

河川水(既設集水埋渠)を原水として、イタリア政府支援により取水ポンプ場を建設中であり、そのほかに送水管とキオスク 6 箇所を建設予定であるが、浄水施設の計画がない。このため、この地域では浄水場施設が求められる。

以下の条件を踏まえ、固定式セラミック膜ろ過浄水装置が最適であると考えられる。

- ・ 設置浄水装置一箇所での処理水量が比較的大きい
- ・ 河床からの集水埋渠のスクリーンの能力が不明
- ・ TAWSB のあるキトゥイタウンより遠隔地にある
- ・ 農村地域であるため熟練した運転操作技術者の確保が難しく、操作が容易で常に確実なろ過が可能となる方式が望まれる

2) Yatta 郡 Yatta Location

この地域はパイプ式の送水管がなく、給水エリアとなる小規模集落が分散している。したがって移動が可能な車載式セラミック膜ろ過浄水装置が適している。

3) Mutitu 郡 Kaliku Location

既存の浅井戸とパイプ給水を組み合わせた施設がある。水は無処理で直接ウォーターキオスクへ送水されているが、Kaliku Sub-Location のチーフ技術者へのヒアリングによると、水系感染症との因果関係に無視できないものがあり、浄水装置を強く望んでいる。従って、ここでは高効率砂ろ過浄水装置が適すると考えられる。

4) Chuluni 郡 Kisasi Location 及び Chuluni 郡 Mbitini Location

既存の河床の集水埋渠による取水とパイプ給水の組み合わせた施設が存在する地域である。ただし、水源となる河川の洪水によって、一部の既存浄水施設が砂で埋没して機能していないという実態もある。洪水等による砂の浸入と上流地域からの汚濁物の影響が懸念されることから、これら 2 地域には高効率砂ろ過浄水装置が適すると考えられる。

3.2 中小企業等が有する製品・技術等を活用した新規 ODA 事業の提案および当該開発課題解決への貢献度

3.2.1 インドネシア共和国のモデル地域における新規 ODA 事業

1) 導入浄水装置台数

PDAM Kota Padang では洪水被害による給水不足エリアが既存給水カバーエリア内にも複数箇所存在し、被災後、

数か月経過してもなお、緊急対応用の巡回給水車が稼働している状況である。一方で、MDGs の達成に向け、PDAM Kota Padang 管轄区域の約 35%を占める未給水エリアの改善も求められている。したがって、水源が一箇所に固定されない状況下で、洪水災害後等の非常時と平常時の両ケースで稼働が可能な、車載式浄水装置の導入が効果的である。

この場合、背後の山麓から流れる複数の河川を水源とすることで、取水・配水施設を要さず費用の面で効果的であるが、これらの河川は洪水時には濁度が急上昇する。したがって、高濁度原水の処理が可能な膜ろ過装置の適用が求められる。

導入台数は、未給水エリアの分布状況と、水源とする河川の流域分布、各 11 District の比較的一様な人口分布を踏まえ、下図に示す範囲での 2~3 Districts の組み合わせに各 1 台を充当することが考えられる。なお、平常時の活用に関しては、より多くの裨益者確保のため、既存 PAMSIMAS プロジェクト対象エリアと重複することのないようなエリア設定に留意が必要となる。

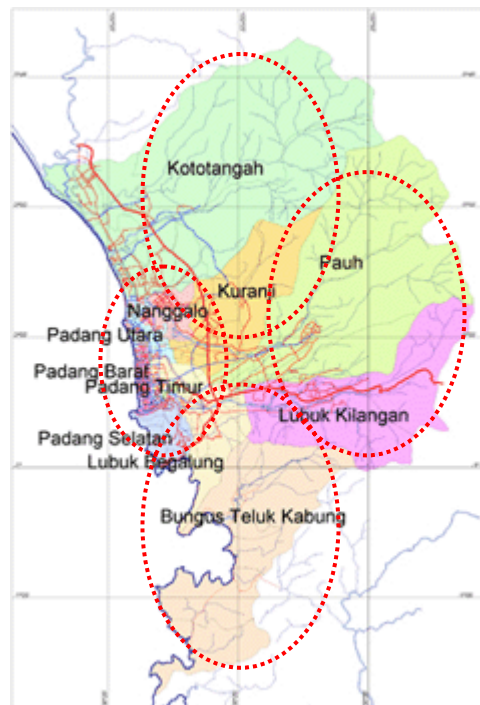


図 3-1 車載式パッケージ型膜ろ過浄水装置の導入範囲

2) 事業規模

非常時の活用では、PDAM Kota Padang 及びパダン市がそれぞれ倉庫に常備している災害

時用貯水タンクへの配水とするため、取水や配水の付帯施設を要さない。平常時については、PAMSIMAS プロジェクトの実施箇所、さらに既存の民間水売り事業者の営業状況を踏まえて対象地域を選定する必要がある。仮に無償資金協力を想定した場合は、事業規模は単純に製品の価格であり、合計 4 基の場合は 2.6 億円前後となる。

また、維持管理費については、200m³/日の浄水能力である車載式膜ろ過装置の場合、1 ヶ月当たりの維持管理費は以下に示すとおり、12,690,000 IDR/月と概算される。この場合、2,115 IDR/ m³ となり、一般家庭の水道料金である 1,200 IDR/ m³ の倍近い価格となる。しかしながら、2010 年の PDAM Kota Padang の造水コスト 3,930 IDR/ m³ は大きく下回っており、また、現在未給水の Kuranji 地区住民の支払い意思額 2,000～2,500 IDR/ m³ の範囲内である数値でもある。

表 3-1 1 ヶ月当たりの維持管理費（インドネシア・パダン）

項目	数量	単位	単価(IDR)	月額(IDR)
膜ろ過浄水装置電気代	1,500	kWh	1000	1,500,000
車載トラック燃料代	60	L	5000	300,000
配水ポンプ電気代	660	kWh	1000	660,000
薬品代	6,000	m ³	185	1,110,000
ドライバー人件費	1	人	2,000,000	2,000,000
その他スタッフ人件費	2	人	1,500,000	3,000,000
メンテナンス費	1	式	4,120,000	4,120,000
合 計				12,690,000

災害対応用として利用しない平常時の浄水供給時に有料で供給することには、住民や PDAM Kota Padang、パダン市との調整、合意が必要となるが、民間水売り業者の価格や品質を考慮すると、事業性は存在すると考えられる。

3.2.2 カンボジア王国のモデル地域における新規 ODA 事業

1) カンダール州

(1) プロジェクト概要

カンダール州では ODA 無償によるパイロットプロジェクトとして、Preak Dach コミュニンの Preak Dach 村以南、Sandar コミュニンの Chong Kaoh 以北の村落に対し、配水管による配水により浄水供給を行なうパイロットプロジェクトを想定する。水源はメコン川とし、コミュニティごとに設置する浄水タンクに、車載式膜ろ過浄水設備により巡回給水し、コミュニティ内の各住宅へと配水を行なう。

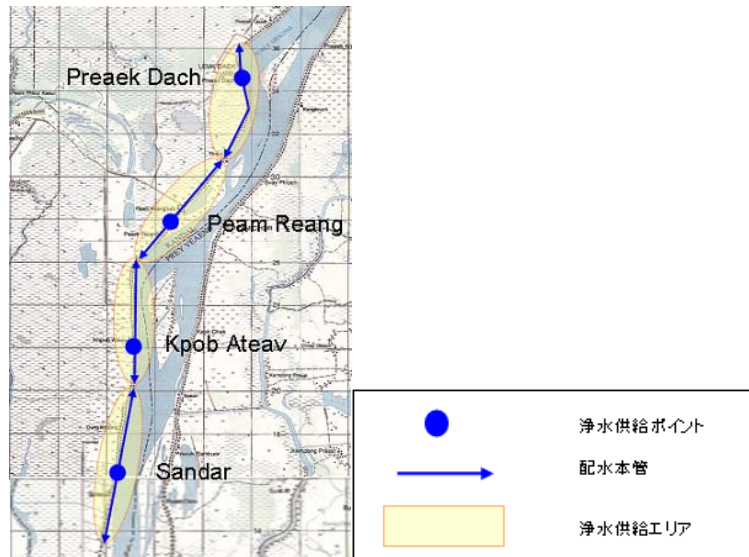


図 3-2 カンダール州モデル事業イメージ図

(2) 導入浄水装置台数

メコン川の河川水は年間を通じて高濁度であり、その変動幅も 20～500NTU と広いため、ろ過方式としては膜ろ過が選定される。村落が国道 1 号線沿いに 1,200～3,500 人規模（一村あたり給水需要は 12～35m³/日）として散在していることを考慮すると、車載式による村落単位での浄水供給方式が望ましいと考えられるが、配水本管の中間地点への設置式装置の整備案も比較検討に値する。車載式か設置式かの最終的な判断は、経済性に基づいた浄水及び配水計画のゾーニングや工事費等の詳細な検討を要するため、ここでは参考として車載式によるモデル事業を検討する。

車載式膜ろ過浄水装置のろ過能力は 200m³/日が最大であり、224m³/日の需要に対してメンテナンス時対応も含めオペレーションを想定すると、合計 3 台必要となる。

(3) 付帯設備

車載式膜ろ過浄水装置を用いて、コミュニンごとに浄水供給事業を実施するにあたり、各住戸までの配水に関する付帯設備が必要となる。

配水コストの経済性を考慮すれば、原則として国道 1 号線沿いに水道本管を敷設し、そこからの枝管で道沿いの住宅に配水することが想定される。この場合に必要な設備項目は、2～3 日分の供給水量を保存する浄水タンク、浄水タンクから各世帯までの配水配管、配水ポンプ、料金メーターが挙げられる。

(4) 事業費

A. 初期投資費用

車載式膜ろ過浄水装置 3 台、4 コミュン合計の容量 450m³の浄水タンク、合計 24km の配水管、給水対象の 2,393 世帯分の引込管及び水道メーター、計 8 台の配水ポンプ、これに、各工事費、プロジェクトマネジメント費を費目と仮定すると、総額約 3.6 億円と計上される。

B. 維持管理費用

1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 209,060 円/月と試算される。

表 3-2 1 ヶ月当たりの維持管理費（カンボジア・カンダール）

項目	数量	単位	単価(円)	月額(円)
膜ろ過浄水装置電気代	1,680	kWh	18	30,240
車載トラック燃料代	600	km	18	10,800
配水ポンプ電気代	2,640	kWh	18	47,520
薬品代	6,720	m ³	1.8	12,096
ドライバー人件費	3	人	10,800	32,400
その他スタッフ人件費	4	人	9,000	36,000
メンテナンス費	1	式	40,000	40,000
合 計				209,056

この場合の水道料金単価は、月あたり浄水供給量 6,720m³であるため、30.7 円/m³となり、カンダール州の民営水道事業者に対して認められている約 38 円/m³の水道料金単価より低く設定できる。従って、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が見込める可能性が高い。

2) シェムリアップ州

(1) プロジェクト概要

シェムリアップ州ではシェムリアップ市の西側地区、東側地区の 2 つの地区が対象として考えられるが、ここでは、村落の人口密度が比較的高く、村落が散在している西側地区を対象として、配水管による浄水供給を行なうパイロットプロジェクトを想定する。

シェムリアップ市街西側の地区では、同一水源を各ブロックとして、Sraeng 川に隣接する道に沿って散在する Kralanh 郡 Kralanh コミューンと Sambour コミューンの 9 村落、Phang 川付近に散在する Kralanh 郡 Sranal コミューンと Puok 郡 Prey Chruk コミューンの 7 村落、農業用水と溜池付近に散在する Sasar Sdam コミューンの 3 村落の、計 3 ブロックを対象とする。車載式膜ろ過浄水設備によりそれぞれの浄水タンクに給水し、各戸もしくは共同水栓への配水を行う。各戸への直接給水か共同水栓かの判断は、幹線となる配水管の位置と各戸の分布状況から判断し、幹線配水管沿いに各戸が分布している場合は各戸への直接給水とする。

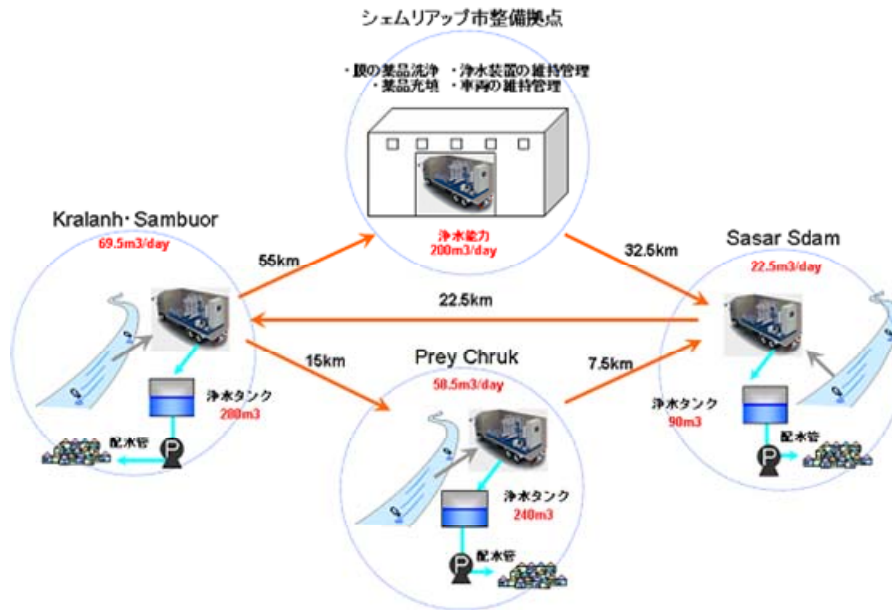


図 3-3 シェムリアップ州西側地区の事業イメージ図

(2) 導入浄水装置台数

浄水オペレーションの運営効率を考慮して全体のオペレーションを想定すると、シェムリアップ市を中心に東西のブロックに分けて対応することが必要である。

西側の浄水供給ニーズ 126.91m³/日に対しては、1週間で2回のローテーションにて浄水を供給すると仮定すると、2回で合計 888m³以上、1回あたり 444m³以上の浄水供給が可能なユニットの台数が必要である。車載式膜ろ過浄水装置は最大で 200m³/日の浄水供給能力を備えているので、必要台数は3台となる。



図 3-4 シェムリアップ州西側給水対象地区位置図

(3) 付帯設備

車載式膜ろ過浄水装置を用いて、コミュニケーションごとに浄水供給事業を実施するにあたり、各住宅、あるいは共同水栓までの配水に関する付帯設備が必要である。

配水コストの経済性を考慮して、村落が連なる主要道路沿いに水道本管を敷設し、そこからの枝管で道沿いの住宅、あるいは共同水栓に配水することが想定される。この場合に必要な設備項目は、2～3 日分の供給水量を保存する浄水タンク、浄水タンクから各世帯、共同水栓までの配水配管、配水ポンプ、料金メーターが挙げられる。共同水栓の管理については工夫が必要であるが、現時点にて付帯機器は想定しない。

(4) 事業費

A. 初期投資費用

車載式膜ろ過浄水装置 3 台、4 コミューン合計の容量 610m³の浄水タンク、合計 16km の配水管、給水対象の 1,489 世帯分の引込管及び水道メーター、計 6 台の配水ポンプ、これに、各工事費、プロジェクトマネジメント費を費目と仮定すると、総額約 3.4 億円と計上される。

B. 維持管理費用

1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 239,070 円/月と試算される。

表 3-3 1 ヶ月当たりの維持管理費（カンボジア・シェムリアップ西側地区）

項目	数量	単位	単価	月額(円)
膜ろ過浄水装置電気代	1,125	kWh	18	20,250
車載トラック燃料代	300	km	18	5,400
配水ポンプ電気代	1,440	kWh	18	25,920
薬品代	4,500	m ³	1.80	8,100
ドライバー人件費	3	人	10,800	32,400
その他スタッフ人件費	3	人	9,000	27,000
メンテナンス費	1	式	120,000	120,000
合 計				239,070

この場合の水道料金単価は、月あたり浄水供給量 4,500m³であるため、53.1 円/m³となり、シェムリアップ州の民営水道事業者に対して認められている 45～67.5 円/m³の水道料金単価の範囲内に収まる。従って、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が認められる可能性がある。

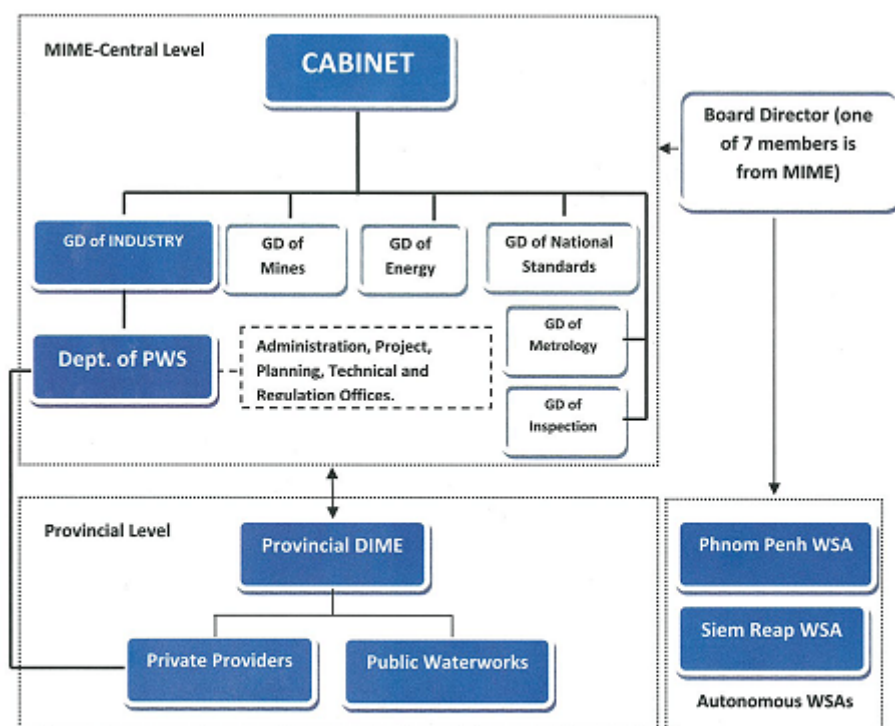
3) モデル事業イメージ

現在、カンボジア王国が MIME のもとで推進している水道事業には、MIME の州組織にあたる PDIME 直轄の公営事業、MIME が事業権を付与した民間事業者による民営事業、自律した水道公社（プノンペン水道公社及び、シェムリアップ水道公社等）の 3 つの種類がある。

このうち、中小企業製品の ODA 無償（機材供与）を想定する場合は、MIME の監理のもとに PDIME 直轄の公営事業として実施されることが望ましい。現状では、カンダール、シェムリアップ双方の PDIME とも、直轄の水道事業運営を担えるだけの余剰スタッフは抱えていないが、現地協議で確認したところ、両 PDIME とも、プロジェクトが実現すれば MIME 及び州政府と協議の上で事業収益によってスタッフを雇用する意思があるとのことであっ

た。本調査で想定する事業の規模、村落散在地域という対象地域を踏まえると、将来的には、MIME 及び PDIME を中心とする運営事業体が組成されることが望ましい。

必要な技術スタッフは、浄水装置の運転管理、及び装置のメンテナンスとなる。前者については研修や訓練によって比較的容易に技能習得できるが、後者については一定レベルの専門性を要するため、着実な技術移転を行うことが求められる。技術移転の対象者は、事業運営の経験、専門職員の乏しい PDIME の現状を踏まえると、事業のために新規雇用する PDIME 職員ではなく、独立採算制での都市型水道事業運営の実績があるプノンペン水道公社やシェムリアップ水道公社にメンテナンスを委託するスキームも考えられる。この場合、貯水タンクや管路の維持管理といった技術面だけでなく、料金徴収のための住民への教育普及や資産管理や資材調達など事業運営管理面での技術移転の効果も期待できる。



Source: Field survey, 2011

Figure 7. Operationa Structure of MIME, and its provincial level agencies and autonomous WSAs, in relation to urban water supply

図 3-5 カンボジア政府の水道事業運営組織図

3.2.3 インドのモデル地域における新規 ODA 事業

1) 導入浄水装置台数

(1) Chikhloli 浄水場

この浄水場近辺は宅地開発が進んでおり、現状でも 2,000 人の未給水人口が存在する。また、設置する装置の用地が浄水場敷地内に確保できること、MJP 職員が維持管理を担当できること、水源は浄水場と同じ上流の Chikhloli ダムに求めることが可能なことから、本サイトが選定された。

水源となる Chikhloli ダムの表流水は濁度が低レベルで一定に推移することから、高濁度の水源への対応は必要ないと考えられる。従って、10NTU 程度の濁度に対応可能ながら、処理能力が大きく運転管理も比較的容易な高効率砂ろ過浄水装置の適用を想定する。

設置台数は計画給水量 3,000m³に応じて、3 台を想定する。

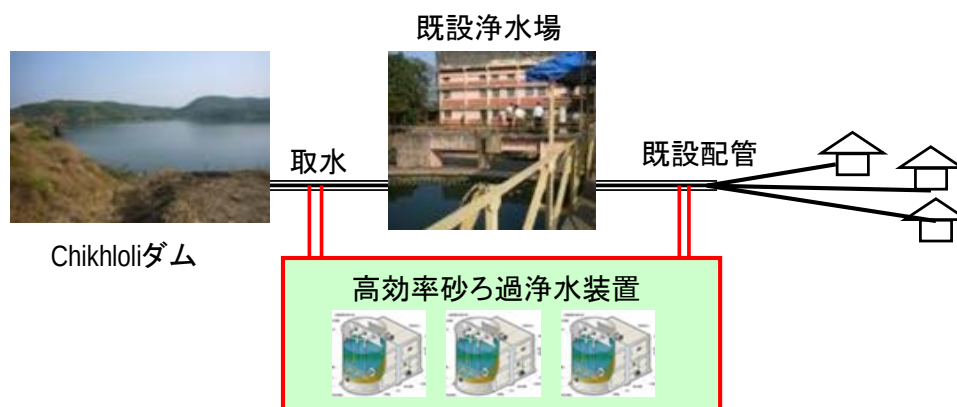
(2) 宅地開発エリアへの給水

水源を河川水に求めるため、高濁度原水への対応が条件となる。従って、パッケージ型膜ろ過浄水装置の適用を想定する。

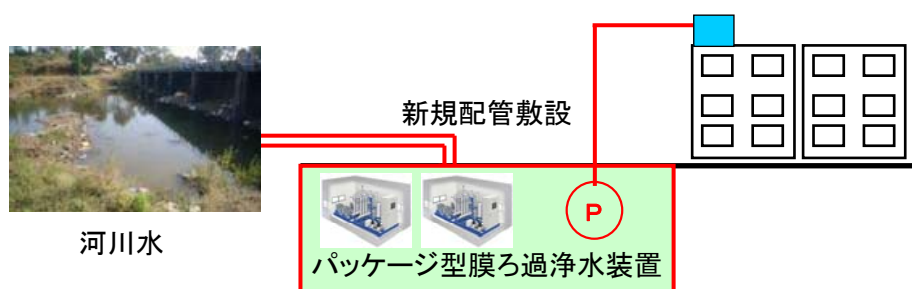
処理能力の最大値は 670m³/日であることから、計画給水量 1,000m³に対応すべく、2 基の設置を想定する。

2) モデル事業イメージ

(1) Chikhloli 浄水場



(2) 宅地開発エリア



3) 事業規模

(1) Chikhloli 浄水場

無償資金協力等の既存 ODA スキームを想定する場合の目安として、構想レベルの概算事業費を試算する。取水、送水に関しては既設浄水場の施設を併用できることから、費目は、浄水装置製品、軽微な配管工事整備費を想定する。

モデル事業の事業費総計は概算で約 1 億 5 千万円と試算される。

処理能力 500 m³ の高効率砂ろ過装置の 1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 41,081INR/月と試算される。

表 3-4 1 ヶ月当たりの維持管理費（インド・Chikhloli 浄水場）

項目	数量	単位	単価(INR)	月額(INR)
高効率砂ろ過浄水装置電気代	1,251	kWh	5	6,255
薬品代(凝集剤)	300	kg	7.3	2,190
薬品代(消毒剤)	51	kg	19	969
人件費	1	人	30,000	30,000
メンテナンス費(5 年間隔でのろ材交換費用)	1	式	1,667	1,667
合 計				41,081

この場合の水道料金単価は、1.58INR/m³ となり、MJP による既存浄水施設の造水価格である 6INR/m³ を大きく下回ることから、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が認められる可能性が高い。

(2) 宅地開発エリア

上記同様に、構想レベルの概算事業費を試算する。この場合は取水、配水の配管工事もある程度のボリュームが求められ、住宅までの配水ポンプや建屋も必要となることを踏まえると、モデル事業の事業費総計は概算で約 2 億と試算される。

処理能力 200 m³ の膜ろ過装置の 1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 115,420INR/月と試算される。

表 3-5 1 ヶ月当たりの維持管理費（インド・宅地開発エリア）

項目	数量	単位	単価(INR)	月額(INR)
膜ろ過浄水装置電気代	1,500	kWh	5	7,500
車載トラック燃料代	60	L	35	2,100
配水ポンプ電気代	660	kWh	5	3,300
薬品代	6,000	m ³	1.2	7,200
ドライバー人件費	1	人	25,000	20,000
その他スタッフ人件費	2	人	15,000	30,000
メンテナンス費	1	式	45,320	45,320
合 計				115,420

この場合の水道料金単価は、19.2INR/m³ となり、MJP による既存浄水施設による造水価格の 6INR を大きく上回ることから、事業継続性が認められる可能性は低い。

しかしながら、民間デベロッパーに対しては、初期投資費用の償却を加味した場合でも事業性が確保できる可能性のある数字である。MJP Ambarnath 事務所へのヒアリングでは、自前の井戸水源等の施設の不備や水源の枯渇によって MJP から浄水を購入する民間デベロッパーも多く、MJP は彼らに対して 42 INR/m³ で販売しているとのことである。

3.2.4 ケニア共和国のモデル地域における新規 ODA 事業

1) 導入浄水装置台数

第 1 章で示した計画給水量を踏まえ、前述の適用浄水装置の浄水処理能力に応じた導入浄水装置台数は以下のとおりである。

表 3-6 導入浄水装置台数

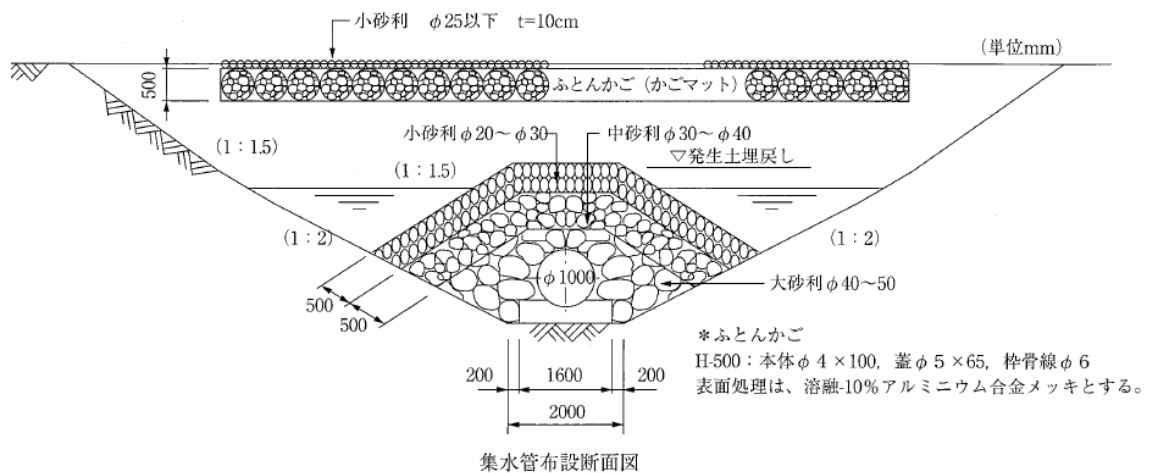
モデル地域	計画給水量 (m ³ /日)	浄水機器仕様	浄水処理能力	台数
①Mutitu	229	固定式膜ろ過浄水装置	300m ³ /日/基	1
②Yatta	422	車載式膜ろ過浄水装置	120m ³ /日/台	4
③Mutitu	101	高効率砂ろ過浄水装置	45m ³ /日/基	3
④Chuluni	220	高効率砂ろ過浄水装置	100m ³ /日/基	3
⑤Chuluni	282	高効率砂ろ過浄水装置	125m ³ /日/基	3

2) 取水源確保対策

ケニアの半乾燥地域では、乾季の水不足への対応が不可欠である。JICA 報告書「マチャコス県等 4 県地下水開発計画基本設計調査報告書」によると、井戸掘削の成功率は水質・水量を考慮すると約 70%に留まっており、小規模の井戸開発は多くの利点があるものの必ずしも確実性のある方法ではない。一方、井戸を保有していないか、一年を通じて水量が確保されない井戸を保有する住民は、乾季には干上がった河川の川底の砂質土に水穴を掘り、滲み出てくる地下水をバケツやひょうたん等のひしゃくで掬って採水している。したがって、一定水量の確保のため、河床の地下水を集水埋渠の敷設により取水する方策を提案する。

実際の事業実施に向けては、帯水層の深さと透水係数に関する土質調査等が必要になるが、ここでは集水埋渠の構造のみを提案するに留める。

集水埋渠は、河川敷の河床下などの地中に埋設した集水機能を持つ管きよで、伏流水や自由水面を持つ地下水（不圧地下水）を取水する施設で、「水道施設設計指針・解説 2012 年版」の例に見られるように、砂利の中に巻き線形スクリーン管を設置する構造である。



出典：「水道施設設計指針・解説 2012 年版」

図 3-6 集水埋渠構造



出典：某メーカーホームページ

図 3-7 巻線形スクリーン管の例

3) 配水モデルと維持管理

住民への給水方式は、日本の中小企業の浄水機器等の事業展開が円滑に推進されるためにもケニア国における農村の既存システムである、以下のようなウォーターキオスクにおける販売方式に適応させることが必要である。

ウォーターキオスクは WSB から委託契約を受けた WSPs によって運営されている。ウォーターキオスク 1 箇所あたりの地元工事発注の建設費は、WSB によると 200,000KSH とのことである。



図 3-8 ウォーターキオスクの実例

住民は主に 20L 容器を自宅から持参し、水をウォーターキオスクにおいて政府指導価格の 2KES/20L で購入している。しかし、地域や季節によってはそれ以上の高価格で売買してい

るケースが存在しており、今回の調査地域の中でも 3～5KES/20L の地域が存在している。モデル計画での販売価格の設定の目安としては、水・灌漑省のアジア・太平洋計画室長の推奨料金である 3KES/20L や、モデル地域での実際の販売価格が参考となるが、モデル計画の維持管理コストに関わる浄水コストの試算では、設置が想定される固定式膜ろ過浄水装置、車載式膜ろ過浄水装置、高効率砂ろ過浄水装置のいずれも 2KES 前後となり、3KES を下回る結果となったことから、浄水装置の維持管理費も含めて、WSPs あるいは裨益住民による管理組合等による施設の持続的な維持管理については十分に可能性があると考えられる。

4) モデル事業イメージ

以上の取水から給水までのサプライチェーンの対策も踏まえたモデル事業のイメージを以下に示す。

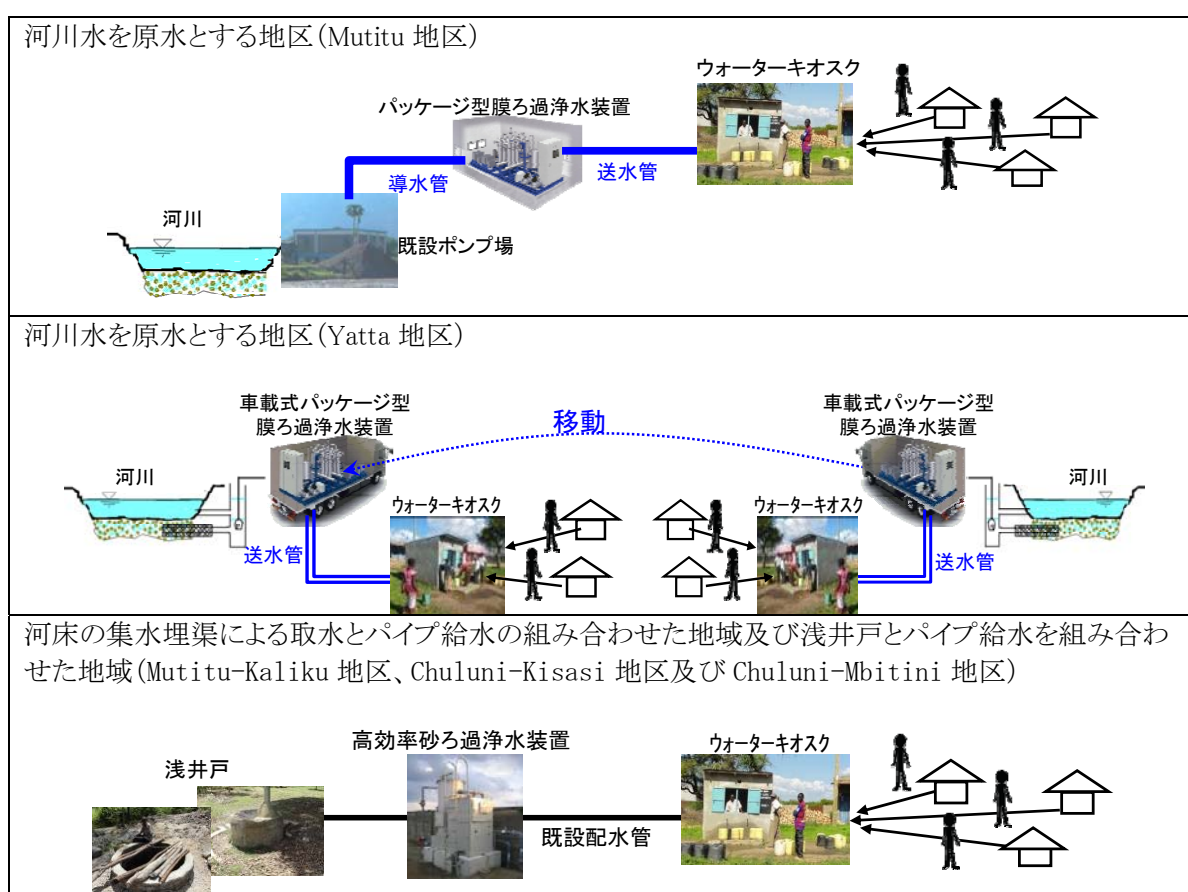


図 3-9 モデル事業のイメージ

5) 事業規模

(1) 初期投資額

無償資金協力等の既存 ODA スキームを想定する場合の目安として、構想レベルの概算事業費を試算する。費目は、浄水装置製品、集水埋渠やポンプ場、建屋、貯留タンクなどの取水関連付帯施設、新規建設が必要なウォーターキオスクや管路などの給水付帯施設の土工費を含む整備費を想定する。

各モデル事業の事業費総計は概算で約 12 億 4 千万円と試算される。このうち、本邦中小企業の機器費は、取水施設の集水埋渠のスクリーンを含めると約 6 億円と推定される。

表 3-7 モデル事業の費用項目と概算総額

単位：百万円

モデル地域	費用項目	総額
① Mutitu 郡 Mutitu Location	- 固定式セラミック膜ろ過浄水装置 300m³/日 - 建物一式 - 貯留タンク 50m³クラス、2 箇所 - 基本設計委託費等その他	246
② Yatta 郡 Yatta Location	- 集水埋渠 φ1000m ステンレス製巻線形ウエッジワイヤースクリーン 111m - ポンプ場 6 箇所 - 車載式セラミック膜ろ過浄水装置 120m³/日/台 4 台 - 導水管 PE φ50mm、12,000m - ウォーターキオスク 6 箇所 - 貯留タンク 50m³クラス、6 箇所 - 基本設計委託費等その他	679
③ Mutitu 郡 Kaliku Location	- 高効率砂ろ過浄水装置 45m³/日 3 基 - 建物一式 - 貯留タンク 50m³クラス、1 箇所 - 基本設計委託費等その他	105
④ Chuluni 郡 Kisasi Location	- 高効率砂ろ過浄水装置 100m³/日 3 基 - 建物一式 - 貯留タンク 50m³クラス、1 箇所 - 基本設計委託費等その他	105
⑤ Chuluni 郡 Mbitini Location	- 高効率砂ろ過浄水装置 125m³/日 3 基 - 建物一式 - 貯留タンク 50m³クラス、1 箇所 - 基本設計委託費等その他	105
合計総額		1,240

(2) 維持管理費

A. 固定式セラミック膜ろ過装置

処理能力 300m³の固定式セラミック膜ろ過装置の 1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 345,090KES/月と試算される。

表 3-8 1 ヶ月当たりの維持管理費（ケニア・Mutitu Location）

項目	数量	単位	単価(KES)	月額(KES)
膜ろ過浄水装置電気代	1,350	kWh	15	20,250
薬品代(消毒剤)	30.0	Kg	1520	45,600
薬品代(凝集剤)	180.0	Kg	580	104,400
人件費	2	人	30,000	60,000
その他スタッフ人件費	1	人	24,000	24,000
メンテナンス費	1	式	90,840	90,840
合 計				345,090

この場合の水道料金単価は、20L あたり 1.00KES となり、パイプ送水の無収水率 30% を考慮しても目安として設定した 3KES を下回るため、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が認められる可能性が高い。

B. 車載式セラミック膜ろ過装置

処理能力 120m³ の車載式セラミック膜ろ過装置の 1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 264,960KES/月と試算される。

表 3-9 1 ヶ月当たりの維持管理費（ケニア・Yatta Location）

項目	数量	単位	単価(KES)	月額(KES)
膜ろ過浄水装置電気代	540	kWh	15	8,100
車載トラック燃料代	120	L	108	12,960
薬品代(消毒剤)	12.0	kg	1520	18,240
薬品代(凝集剤)	60.0	kg	580	34,800
ドライバー人件費	2	人	30,000	60,000
その他スタッフ人件費	1	人	24,000	24,000
メンテナンス費	1	式	106,860	106,860
合 計				264,960

この場合の水道料金単価は、20L あたり 1.80KES となり、目安として設定した 3KES を下回るため、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が認められる可能性が高い。

C. 高効率砂ろ過装置

処理能力 135m³ の高効率砂ろ過装置の 1 ヶ月当たりの維持管理費用は、以下に示すとおり合計 198,630KES/月と試算される。

表 3-10 1 ヶ月当たりの維持管理費（ケニア・Kiliku, Kisasi, Mbitini Locations）

項目	数量	単位	単価(KES)	月額(KES)
膜ろ過浄水装置電気代	360	kWh	15	5,400
薬品代(消毒剤)	15.0	kg	1520	22,800
薬品代(凝集剤)	81.0	kg	580	46,980
人件費	2	人	30,000	60,000
その他スタッフ人件費	1	人	24,000	24,000
メンテナンス費	1	式	39,450	39,450
合 計				198,630

この場合の水道料金単価は、20L あたり 1.32KES となり、パイプ送水の無収水率 30% を考慮しても目安として設定した 3KES を下回るため、初期投資費用の償却を除いた場合には、事業継続性が認められる可能性が高い。

3.3 既存 ODA 事業との効果的な連携策（案）

3.3.1 各国政府等関係機関の意向

1) インドネシア

(1) 公共事業省人間居住総局水供給開発局の反応

A. 小規模分散型装置に対して

局長からは、MDGs 目標達成への寄与の観点から、都市周辺部や農村部には都市型の大規模装置より小規模装置の方が適しており多数の導入を期待するとのコメントであった。さらに、資金面では、人間居住総局が推奨する地域に対しては PDAM 側の必要資金援助を行う意思があり、単純な製品の導入だけでも歓迎するとのことであった。

また、今回の提案内容を新規で国家開発企画庁に提示する場合は、調整面のハードルとプロジェクトの実現スピードの面で課題が大きいため、既に Blue Book に挙げられている類似案件に今回の提案内容を組み込むことへの示唆があった。

Blue Book には、本調査対象地域のパダン市のあるスマトラ島ではメダン、ジャワ島では西部のブカシと東部のスラバヤ、さらにスラウェシ島ではマカッサルという 4 市を対象に、頻発する自然災害への対応としての小規模浄水装置の導入が示されていることから、小規模浄水装置の開発効果に対するインドネシア政府の関心は高いことが伺える。一方で、中小企業の事業展開の観点からすると、平常時利用の場合での事業性確保が必要となる。仮に事業性が確保されるなら、自発的な民間ビジネスが活発化することになるが、これらの民間事業活動の災害時での利用プログラムが成り立つようであれば、ODA 資金に頼らない災害対応効果や都市周辺部や村落散在地域の安全な飲料水へのアクセス率の向上、更に技術移転や雇用促進も期待され、インドネシア政府としての期待も高まるものと推察される。

B. 泥炭湿地帯における表流水の色素の除去に対して

さらに、セラミック膜ろ過方式や高効率砂ろ過方式などの新規技術導入に対しても前向きであったが、その観点から今回のモデル提案とは異なる課題への対応依頼があった。それは、亜熱帯性の泥炭湿地帯における、表流水の色素に関してである。

泥炭湿地における表流水は赤茶色を呈し、この色素の除去には様々な技術的プロセスを要するため、浄水処理が非常に高価となる。インドネシアには、東南アジアに分布する泥炭湿地の 8 割以上が分布しており、特にスマトラ島東岸部やカリマンタン島中央部等に広く分布する。局長は、特にこの課題に悩んでいるリアウ州の Bengkalis を推奨し、この色素の除去への強いニーズを表明した。

Bengkalis を現地調査し、水質検査を実施したが、表流水の水質項目には問題が無かった。色素除去の研究は、大統領直轄の 2 つの研究機関（純粋な研究を行うインドネシア科学院（LIPI）と適用研究を行う技術評価応用庁（BPPT））で長年取り組んできたが、低コストな技術解決に至っていない。これらの課題解決に日本の技術が応用できないか

検討して欲しいとの要望を得た。ただし、泥炭湿地の色度の除去はセラミック膜では困難であると判断されるため、本調査では検討の対象としなかった、

以下に泥炭湿地帯分布図、及び Bengkalis の表流水の色度を示す。



出典：Wetlands International

図 3-10 泥炭湿地帯分布図



図 3-11 Bengkalis 原水の色度

(2) PDAM Kota Padang の反応

多くの自然災害に悩まされている事業体であるため、災害対応の用途として導入を望むが、あくまでも災害援助としての導入を期待する意向であった。ただし、セラミック膜処理技術への関心が高く、また、人口増加に伴う水需要増への対応として、定置式で大規模な処理装置の導入をより望む意向も伺えた。

2) カンボジア政府の意向

カンダール州 PDIME 及び、シェムリアップ州 PDIME との協議において、ODA 無償が実現される場合には、オペレーション要員を新規雇用して実施する意思があるとのコメントがあった。また、メンテナンスについては専門性が必要であるため、技術協力による人材育成を実施してほしいとのコメントも得た。メンテナンス人員の技術協力については、将来の発展性も踏まえると、水道公社との連携により厚みのある人材育成を実施することが望ましい。シェムリアップ水道公社からは協力について前向きな意見も得た。

MIME からは ODA 無償であれば日本の最新技術を導入し、パイロットプロジェクトを実施

したい意向の表明があった。予算不足より民営事業者を活用した水道の普及を実施し、採算性の観点から目標水質と技術レベルを落とさざるを得ないのが現状だが、本来であれば日本製の高品質な技術を導入していきたいとの意向もあるとのことであった。

一方で、ODA 有償を前提としたパイロットプロジェクトに位置づけることについては、現時点では判断できないとのコメントがあった。

その他、既存の民営水道事業者の事業権取得済区域には配慮して欲しいとのコメントもあった。プロジェクトの実現に際しては既存権利事業者との区分について十分な事前調査が必要となる。

3) インド政府の意向

(1) MJP の反応

MJP の Member Secretary からは、事業運営・維持管理主体が O&M 費から総事業費の 1 割を負担することを考えると、O&M 費の削減が最重要課題であり、これをクリアできれば問題ない、装置の製品価格も、中央及び州政府が支払い可能な範囲である、との回答を得た。

しかしながら、インドでは機器調達等は、施工も含めて一括発注の入札になることが一般的であり、施工費も含めた費用のインド国内価格レベルに近い程度の縮減が求められる。

(2) MJP Ambarnath の反応

MJP Ambarnath Executive Engineer からは、MJP だけでなく民間デベロッパーのニーズにも合致しており、需要は膨大であるが、市場獲得のためには先ずはパイロット実証で理論的根拠と実績を周知させることが肝要、とのアドバイスを受けた。

既存上水道システムの処理能力増強と、民間住宅の乱開発による需要増への対応ニーズが併せて存在する Badlapur のような小規模都市では、5 年後、10 年後の将来上水道計画に沿った整備が困難な状況である。小規模分散型浄水装置を、局所的な需要急増エリアへの応急的対策としてだけでなく、都市型上水道システムではカバーできない地域への給水を担う一方策として捉え、近年インドで実施されている地方給水の有償プロジェクト同様の地方都市の上水道整備による生活環境改善の観点から、都市部及び都市周辺部一体の上水道システム整備計画を策定する必要性も大きいと考えられる。

4) ケニア政府の意向

(1) 水・灌漑省の反応

水・灌漑省のアジア・太平洋計画室長からは、モデル事業案の計画区域、使用水量原単位、浄水装置方式及び概略の維持管理費について理解が得られたが、取水方式についてはより取水箇所の水位確保のため、地下ダム(sub-surface dam)の建設を併用することが奨められた。この点に関しては、実際の実施箇所における河川幅、岩基盤の深さ等により工事費が大きく左右され、費用対効果も不明であるため、今後の事業実現を図る上では注意を要する。

また、今後の事業展開としては、パイロット的な無償資金協力のプロジェクトを実施し、その結果を踏まえて次の事業展開に移るのがよいとの意見を得た。

(2) TAWSB の反応

TAWSB からは、モデル事業案に対する理解と共に、パイロット的なプロジェクトの実施への要望を得た。一方で、無償資金協力が実現しない場合に中央政府や TAWSB に自ら資金調達を行う意思があるかを尋ねたところ、現時点では不明であるとの回答であった。その理由は、2013 年 3 月に実施される選挙後の新政権の方針に左右されるためである。10 年前に現政権が誕生する以前は上水・灌漑分野には注力されていなかったが、現政権になって方針が変わり、2002 年の水法制定などを経て国の水灌漑関連予算も前政権時の 50 億 KES から 420 億 KES へと大幅に増加したが、この動向が継続される確証が無いためである。

また、ODA スキームの中では、水は無償で住民に給水されるものではないこと、水供給事業の重要性についての認識普及などのコミュニティ・ベースの教育を含んだキャパティシティ・ビルディングを望むという意見も挙げられた。

今後ケニアはカウンティ制度に移行し、小さな政府を志向していくことになり、給水施設の民営化も移行していく可能性が高い。現状のシステム同様、裨益住民は施設の管理組合を創設するか WSPs にその運用、維持管理を託すことになり、その維持管理費の捻出が必要となる。裨益住民が安全な水を得ることに対する対価を支払うことが基本認識として広まるような取組みと併せた支援が、施設の持続性を保障するために不可欠であると考えられる。

3.3.2 既存 ODA 事業との連携策（案）

(1) 無償資金協力事業

河川堤外地の取水施設建設のための土木工事も含むケニアのモデル事業のような場合、全体として機器の工事費が土木工事を上回るため、中小企業をメインコントラクターとした事業実施が望まれる。しかしながら、中小企業が土木・建築工事を含むプロジェクトの采配を取ることは現実的には難しい。そこで、土木・建築工事を別途の無償資金協力事業として、中小企業の機器関連の事業を無償資金協力の機材供与事業とするスキームが望まれる。

(2) 開発調査やボランティア制度等の技術協力

パイロットプロジェクトの実施後にその他地域への事業の横展開を図るための、給水未普及地域の案件発掘に向けた開発調査も効果的であると考えられる。特に地方の事業体は、技術に対する情報が不十分であり、中小企業の製品を前面に出した課題解決型のプロモーションは効果的である。ただし、中小企業が独自にこういったプロモーション活動を行うには人的資源等の面で限界があるため、青年海外協力隊やシニアボランティア、民間連携ボランティア等の ODA 人材の活用による後方支援も効果的と考えられる。

(3) 人材育成の技術協力プロジェクト

浄水装置の試運転時から点検及び運営事業が軌道に乗るまでの期間、事業の維持管理・運営主体に対する、中小企業からの専門家派遣による人材育成や技術移転を主とする技術協力プロジェクトタイプの支援の実施が望ましい。中小企業には人材に限りがあるものの、民間連携ボランティア制度を活用し、中小企業はこの期間に、技術者派遣のみならず、人脈の形成や新たなビジネスチャンスの発掘、対象国の類似地域への営業機会の拡大等の横展開を図る

ことも可能となると考えられる。

(4) 資金調達

中小企業の中長期的取組みの観点からは、都市部周辺農村地域の水道普及における啓蒙と普及から発展へのプロセスを商機に変えるべく、車載式膜ろ過浄水装置により住民に水道利用の習慣が定着し、一定規模以上の需要が安定した後は、設置式膜ろ過浄水装置への転換を図ることにより事業機会を広げていくことが望ましい。

経済的な体力が劣る中小企業にとっては、事業機会の拡大に伴うリスクのヘッジ方策へのニーズは大きい。本調査で提案したような製品は、本邦中小企業は複数社で技術を有しており、さらに一部製品、半製品の製造業も含めると、参入企業数は多い。1件あたりの規模は小さくともロットで収益が上げられるように、浄水事業・給水分野というセクター全体を対象にした資金調達支援スキームの適用が望ましい。

第4章 中小企業等が有する製品・技術等を活用したビジネスの可能性

4.1 ODA 事業及び中長期的ビジネス展開のシナリオ

4.1.1 本邦中小企業の海外進出に対する意向調査

1) 意向調査対象企業

一般社団法人日本水道工業団体連合会所属の中小企業 66 社を対象にアンケート調査の結果とインターネットのホームページ検索により調査団の技術的知見より選んだ中小企業 25 社への電話ヒアリングと対面ヒアリング調査を行い、水処理製造業界の中小企業の海外の展開の有無を確認した。

2) アンケート調査

(1) 方法

一般社団法人日本水道工業団体連合会を介し、加盟企業のうち中小企業に属する 66 社へアンケート送付・回収を行った。

(2) 回答期間

平成 24 年 11 月 14 日～11 月 30 日

(3) 回答率

7 社から回答を得た結果、回答率は 10.6%であった。

(4) 結果

回答者が 7 社と非常に少ないことから、海外に対する意識が薄いことが推察されるが、海外展開の実態が把握できたとはいえない。しかしながら、小規模分散型水処理装置製造技術を有する企業 2 社からの回答があり、うち 1 社は海外事業展開の意向があることが分かった。

3) ヒアリング調査

(1) 方法

アンケート調査で回答のあった当該対象とする小規模分散型水処理装置製造技術を有する 2 社に加え、インターネット上のホームページ検索によって本調査の対象とする技術を有すると判断される中小企業を 26 社選択し、電話及び対面による追加的なヒアリング調査を行った。

(2) 実施期間

平成 25 年 1 月 9 日～1 月 29 日

(3) 回答状況

26 社にメールでコンタクトし、好反応が得られた 12 社に対して訪問ヒアリング調査を

行い、その他 11 社に対しては電話でのヒアリングを行った。回答率は 88.5%であった。

(4) 結果

海外取引を行っているか経験があると回答した企業は、輸出を行っている企業が 4 社、海外で事業を行っている企業が 8 社、今後展開を考えている企業 1 社であった。海外での事業展開を行っている企業は、ヒアリング調査対象企業 26 社の 5 割を占めることが判明した。

4) 本邦中小企業が捉える海外進出の課題

意向調査によって明らかとなった、本邦中小企業が直面している海外進出の障害となっている課題を、従来型の中小企業の経営体力面に起因するもの、本邦海外援助に関する情報不足に起因するもの、及びベンチャー意識の強い中小企業が積極的に海外進出する際の支援環境不足に起因するものの 3 つに大別して整理する。

表 4-1 本邦中小企業が捉える海外進出の課題

分類	課題の具体内容
経営体力に起因する課題	○自主的な海外取引の経験がなく、海外の市場ニーズが分からない。 ○海外市場展開できる人材、資金、情報等の経営資源を持っていないか、不足している。 ○海外への事業展開のリスクを中小企業では取りきれない。
本邦海外援助に関する情報不足に起因する課題	○中小企業が関与できる海外援助に関する情報が、中小企業に伝わっていない。特に、東京に営業拠点の無い地方の中小企業にその傾向が強い。 ○海外援助に関して中小企業の出番があるという認識が全くない。
ベンチャー的意識の強い中小企業の海外進出の支援環境不足に起因する課題	○進出意欲を支えるリスクマネーを提供する機関及び制度が存在しない。 ○ベンチャー中小企業が、一過性の収益確保ではなく、事業を海外で永続的に行うための海外援助支援スキームが存在しない。事業を永続させることによっての海外の発展効果及び中小企業の裨益効果も高くなる。

4.1.2 課題への対応策

1) 海外進出へのインセンティブ提供

中小企業の海外進出の促進のためには、上記のような課題を解決できる仕組みをインセンティブとして中小企業に提供することが求められる。その具体案を以下に示す。

- ・ 商社及び開発コンサルタントが、中小企業と海外市場及び海外援助情報のインターフェイス機能及びマーケットとビジネスのマッチング機能を果たす。
- ・ 中小企業が経営相談を頻繁に行う、税理士、金融機関等に海外援助情報の提供や商社及び海外コンサルタントへのアプローチの斡旋を行えるような仕組みを組成する。
- ・ ベンチャー的中小企業の海外進出を促進するための公的投資制度、ベンチャー・キャピタル提供制度を整備する。

ベンチャー企業の場合、融資を得る信用力を必ずしも持ち合わせていないため、事業発起のための資金調達が必要となる。このような場合に、リスクマネーを提供するためのファンド

の存在が期待される。我が国にあっては、商業ベースでのこうしたファンドは未成熟な状況であるが、最近になって、リスクマネーの提供機能を持つ官民連携ファンドが創設されている。海外の公共サービス提供事業分野に進出する中小企業にリスクマネーを提供するために、例えば、経済産業省所管の産業革新機構や農水省所管の農林漁業成長産業化支援機構と同種の機能を持つ公的投資制度や機構の創設が望まれる。

以下に、海外投融資制度活用等を活用する場合の中小企業のビジネススキームを示す。

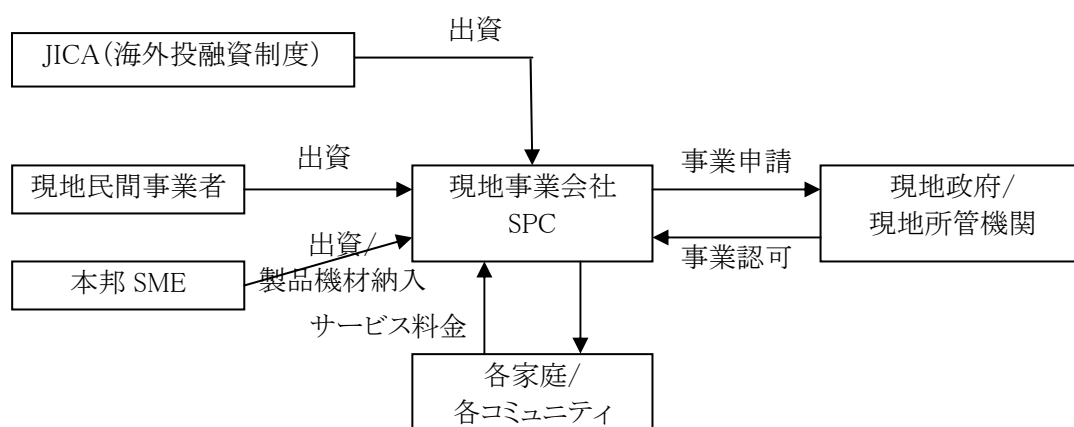


図 4-1 海外投融資制度を活用した場合のビジネス

このビジネスに関しては、中小企業にとって以下の課題が生じると考えられる。

- ・ 現行の投融資制度では、ベンチャー・キャピタル提供機能はないので、ビジネスの実現性に不安がある
- ・ 現地での事業の立ち上げについて、現地民間事業者や開発コンサルタント等の適正なビジネス・パートナーが必要である
- ・ 現地での事業立ち上げに際して、現地政府との許認可等の取得のための活動や交渉に不安がある

本調査のパイロット地域においては、本邦製品の維持管理費用は、現地の設定価格より低くなる可能性が見えていることから、ビジネス展開には、維持管理の対応も含めた中長期の活動スパンで投資回収を図ることが現実的である。その際の中小企業への資金援助の仕組みには以下が求められる。

- ・ 小規模ビジネスでも適用可能な小口の低融資
- ・ 収益率の低い維持管理による投資回収を可能にする長期融資
- ・ 初期投資をカバーする融資制度と、人材育成や技術移転という当該国への裨益効果も期待される維持管理面の人材育成支援とのセットによるトータル支援

2) パイロット実証事業を通した本邦中小企業参加型プロジェクトの運営管理事業展開

中小企業が抱えるビジネスの実現に向けた課題や不安に対しては、パイロット実証のようなステップを通じた検証によってそれらの軽減を図ることが望ましい。また、カンボジア、インド、ケニアの政府関係機関からも、パイロット調査の実施を望むコメントが得られており、

安全な飲料水の供給という公共性の高い分野における中小企業の中長期ビジネス展開の上では、ビジネスに対する双方の理解と納得性を得ることが重要と考えられる。

その一方策として、ODA を活用した中小企業等の海外展開支援に係わる委託事業に位置づけられているニーズ調査、案件化調査、途上国政府への普及事業のステップアッププロセスを継続的に実施することにより、その最終成果として、本委託事業で整備した施設/製品を活用した本委託事業参加中小企業による本格的な運営管理事業展開を目指すことが考えられる。本調査との関連における展開スキームを図 4-2に整理する。

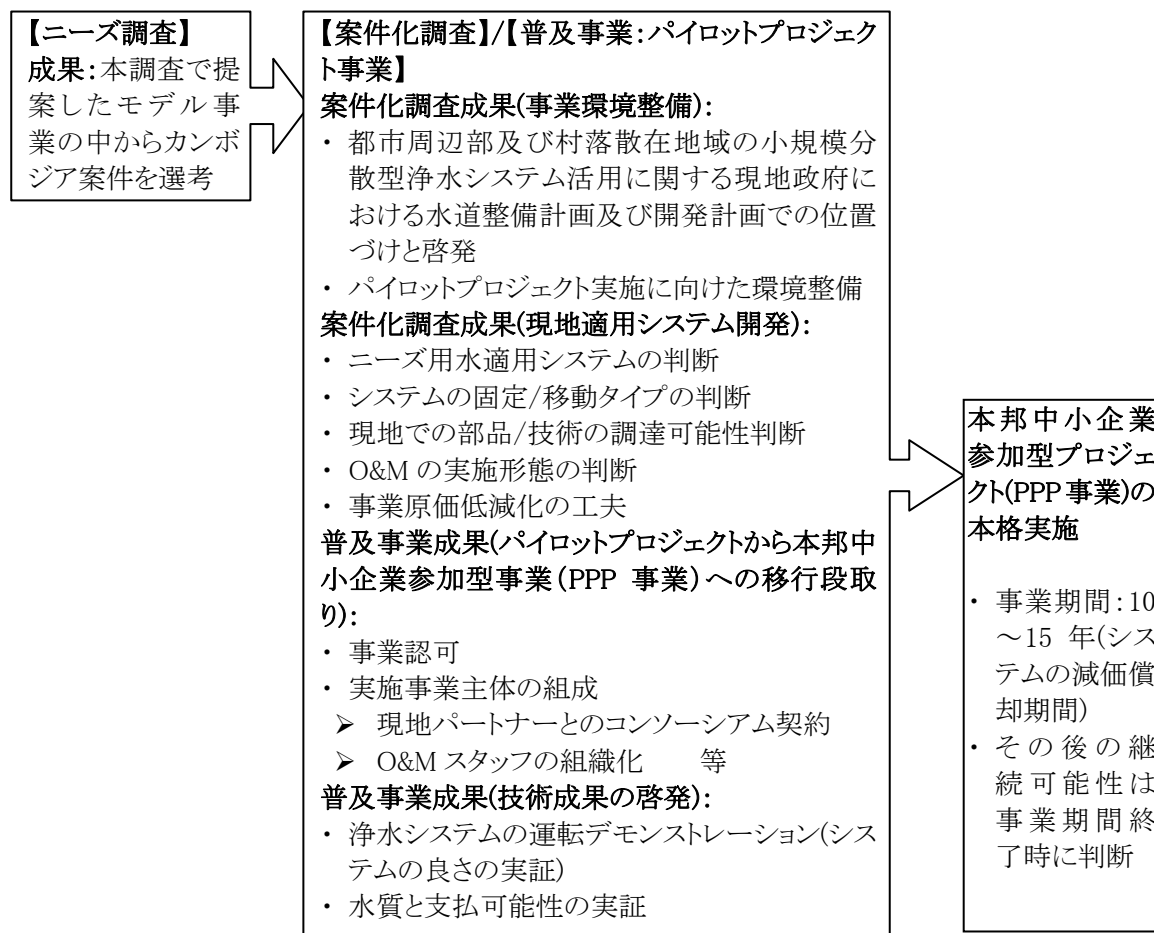


図 4-2 本事業を通した本邦中小企業参加型プロジェクトの実施展開スキーム案

なお、本邦中小企業参加型プロジェクトの本格実施にあたっては、途上国における水道事業といった公共サービス提供事業特有の水道料金の関係から事業当初の採算割れリスクが高いため、事業の採算性の観点から既存の中小企業の事業支援/海外展開支援の資金融資制度の活用は困難であり、新たなリスクマネー提供の公的資金投資制度の創設が必要である。

また、近年、ミャンマー、カンボジア、ラオス、インド等で ODA による本邦企業の海外展開の受け皿となる工業団地の開発が進んでいる。このような団地開発では、団地内水道整備運営事業や産業用水事業・排水処理事業といった分野で、本調査対象の中小企業はビジネス機会を得ることは大いに期待できる。そのため、こうした団地開発案件の中小企業に対する情報提供と進出企業とのインターフェイス機能の提供も期待される。

4.1.3 中長期ビジネス展開のシナリオ

昨今の途上国では、安価で簡易な処理品質に対応した製品による市場の寡占と短期回収、再投資による事業機会の拡大というモデルが主流である。この点において、製品で勝ってビジネスに負けているのが法人企業の現実であり、ビジネスモデルの転換と同時に、オーバースペック製品を対象国向けに適正スペックにすることが求められている状況にある。その一方で、比較的大きな初期投資費用を必要とする場合、対象国の減価償却年数、特別償却制度の有無、関連する税法までも考慮し、税法上もっとも有利な方法を探る慎重さが必要と思われる。本来的な日本の中小企業の技術力を生かすには、こうした観点からの判断を生かした長期的なビジネスモデルを開発することが求められる。

日本の中小企業が4ヶ国において民間事業を展開する場合、以下のいずれかに大別できる。

- ・ 民間事業者の小規模水道事業に対して自社製品を販売・リースすること
- ・ 自らが当該国で水道事業を展開すること

前者は、案件の発掘と形成を他者に委ねており、機器の価格競争力のみが課題となる。後者については、十分かつ速やかな案件の発掘と形成、及び長期にわたる投資回収に耐えうる企業体力、投資資金を有効活用し複数プロジェクトを成立させるための浄水装置のコストダウンが課題となる。

実例として、カンボジアにおけるフランスの NGO である GRET のビジネス活動が参考となる。

カンボジア国内で展開している民営水道は GRET の支援により整備されたものが多いが、GRET は在来の土木工事による 300m³/日程度の小規模なろ過施設と配水管網の計画支援、それに見合う事業収支計画の作成支援、銀行からの資金調達支援をパッケージでコンサルティングすることで、カンボジア国内の民間事業者による小規模民営水道普及を進めている。このプログラムでは、浄水設備は飲用に際しては煮沸が必要なレベルの水質を提供しているが、急速ろ過（沈殿ろ過+砂ろ過）設備の建設価格は 10,000USD 程度である。この仕様と建設価格を前提として、採算性の高い大都市近郊の地区を対象としてビジネスを展開している現状がある。

これを踏まえ今後の中長期的なビジネス展開を考えた場合、販売やリースを展開するためには、品質を下げることも考慮した適正価格までのコストダウンが求められ、日本国内での製造には限界があると思われるため、現地生産あるいは、近隣国で生産する必要がある。

日本の中小企業が自ら現地の水道事業者として事業機会を創出する場合は、当該国の経済発展に伴う資産価値の向上による超長期での事業収支という視点から、浄水装置の費用を投資扱いすることが必要である。その場合には GRET のプログラムと同程度の収支が成立する案件を発掘すれば、事業機会は創出可能である。

4.2 中小企業の海外展開による地域経済への貢献

4.2.1 地域経済への貢献度推定の手順

本調査で提案した各国対象地域の都市周辺部及び村落散在地域への小規模分散型浄水装置導入に向けたモデル事業が成案し、さらに同様なプロジェクトが対象国内もしくは広域エリア内でも展開した場合、中小企業が立地している地域にどの程度の地域経済への波及効果が生じるかを、最新の本邦地域間産業連関表を用いて推定する。

ニーズ量は、各提案モデル事業の裨益人口と事業規模を基に、各対象国の全土もしくは広域エリアの裨益人口を踏まえて推計する。本節では、本調査の結果として優先度と期待度の高いカンボジアでの想定事業を取り上げ、カンボジア全国のニーズ量、すなわち事業規模を本邦中小企業が受注した場合の地域経済への波及効果を、参考値として示す。

4.2.2 各対象国のニーズ量の推計

1) インドネシア共和国全土

インドネシアでは、車載式パッケージ膜ろ過浄水装置の導入対象候補地として、既に Blue Book に挙げられている災害対応による小規模装置の導入プロジェクトの対象 4 都市への導入量を、国全体のニーズ量として捉える。

4 都市の合計人口は約 5,67 万人であり、約 84 万人のパダン市の 7 倍である。従って、28 基の導入が望まれる。この場合、ニーズ量は約 18.2 億円となる。

2) カンボジア王国全土

カンボジアにおいては、大都市以外は公営水道事業体、民営水道事業者共に都市周辺部や集落散在地域へのニーズが一樣に存在することから、国全土を対象にして都市周辺部農村地域におけるニーズを算出する。ニーズ量は、農村地域における安全な飲料水にアクセスできない人口を裨益者と想定し、必要給水量に応じた整備費用とする。

MRD は“Rural Water Supply, Sanitation and Hygiene Strategy 2010-2025”（2010）において、「2025 年までに全てのコミューンの住民は安全な給水施設にアクセスできる」ことを目標として打ち出している。これに従えば、2011 年の達成実績 43.9%を踏まえ、56.1%の農村部人口が裨益対象と想定する。これは、6,048,508 人に相当する。

カンボジアには合計 24 の州が存在するが、うち既に水道が整備済みのプノンペン特別州、民間事業者により州全体の事業権が買収されているパイリン州、ケップ州を除き、カンダール州とシェムリアップ州を含んだ残りの 21 州を対象とする。各州に車載式膜ろ過装置が 3 台投入してプロジェクトを実施するとした場合、合計 63 台の車載式膜ろ過装置のニーズが見込まれ、事業費にして約 41 億円となる。

車載式膜ろ過装置の浄水能力は 200m³/日であるため、63 台の車載式膜ろ過装置では全裨益対象人口の約 10%強に相当し、妥当な数字と考えられる。

3) インド Maharashtra 州全土

MJP Ambarnath においては、既存浄水場への付帯モデルに関しては、現在申請中の浄水能力増強分がニーズ量であると仮定できる。他方、民間宅地開発エリアのニーズは、住宅開発戸数から推定が可能であるが、水源として利用可能な河川と開発エリアが近接していることが前提条件に挙げられる。この点については、アパート開発エリアの空間情報を入手できなかったため、算定が不可能である。従って、便宜的に、開発住宅の戸数の 1 割に対して給水可能と仮定して算出する。

試算結果では、裨益人口は 175,000 人、ニーズ量の総額は約 15 億円となる。

4) ケニア共和国キトウイ県全土

算出方法は、TAWSB の MDGs の現行達成率から裨益人口を求め、必要給水量に応じた整備費用を求めるものである。

試算結果では、裨益人口は 281,588 人、ニーズ量の総額は約 24 億円となる。

モデル事業では、取水対策や配水対策に土木工事や付帯設備設置などを含むことを考慮し、整備費用の 5 割が浄水装置購入費用に充てられると仮定すると、本邦中小企業への裨益効果は約 12 億円と見込まれる。

4.2.3 カンボジア案件の地域経済への貢献

1) 地域経済への貢献の推計方法

小規模分散型の浄水システム/製品を製造している中小企業の存在は、工業統計ベースで121社となっている。この数値を基に、2010年工業統計表での本調査対象中小企業が属する産業用機械器具製造業の中小企業の県別データの構成比から9地域の企業数を推計し、カンボジア案件のニーズ量を海外からの生産出荷額需要すなわち本邦中小企業からの輸出と捉え、それが地域間の取引を踏まえてどの程度の生産誘発効果をもたらすかを最新の9地域53部門地域間産業連関表を用いて推計した。9地域とは北海道、東北、関東、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄である。

推計フローを下図に示す。

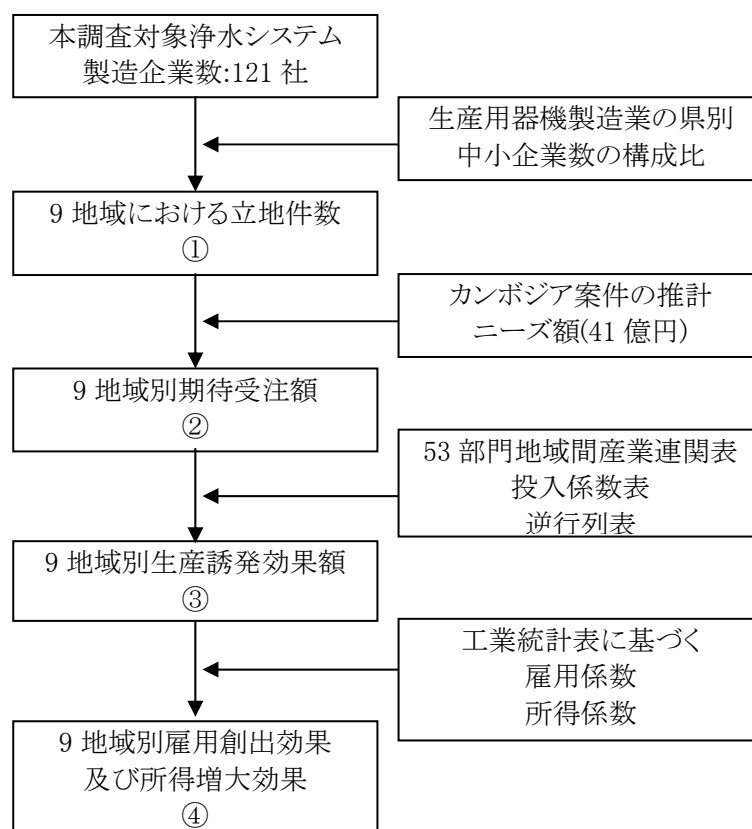


図 4-3 地域経済への効果推計フロー

2) 推計結果

フローに従って、図中での①～④に関する推計結果を以下に整理する。

表 4-2 9 地域別本調査対象中小企業立地件数①

9 地域区分	構成比	企業数
北海道	1.07%	1
東北	9.07%	11
関東	20.25%	24
中部	32.45%	39
近畿	19.50%	24
中国	7.23%	9
四国	3.16%	4
九州	7.20%	9
沖縄	0.06%	0
合計	100.00%	121

表 4-3 9 地域別期待受注額②

9 地域区分	期待受注額(億円)
北海道	1
東北	4
関東	8
中部	13
近畿	8
中国	3
四国	1
九州	3
沖縄	0
合計	41

表 4-4 9 地域別生産誘発額③ (単位：万円)

	B+C	B	A	C	C-A
	生産誘発額	自地域需要による 自地域生産誘発額	自地域需要による 他地域生産誘発額	他地域需要による 自地域生産誘発額	生産波及収支
北海道	5,742	3,867	1170	1,875	704
東北	17,143	13,495	5164	3,649	-1,516
関東	92,082	62,273	11033	29,809	18,776
中部	75,997	66,171	24415	9,825	-14,589
近畿	62,790	47,275	13639	15,515	1,876
中国	40,267	29,593	10746	10,674	-71
四国	10,522	7,742	4079	2,780	-1,299
九州	34,476	28,947	9548	5,529	-4,019
沖縄	137	0	0	137	137
計	339,157	259,364	79793	79,793	0

表 4-5 9 地域別雇用創出/所得増大効果④

	雇用創出効果(人)	所得増大効果(万円)
北海道	8	6,349
東北	29	12,480
関東	63	67,743
中部	89	82,363
近畿	49	56,538
中国	27	27,118
四国	9	8,776
九州	32	29,413
沖縄	0	0
合計	306	290,779

3) 地域経済への貢献

本調査対象の中小企業は、基本的に国内の水道事業市場に関連した経済活動を行っている。国内の水道事業市場に関しては、成熟した市場のために今後、新市場の開拓は困難であり、生き残っていくためには、海外の新市場への参入が欠かせないとのヒアリング結果を得ている。そのため、中小企業にとってはこれら海外の需要は、生産拡大や雇用創出、所得拡大にとって重要なビジネスチャンスである。それとともに、それら中小企業の立地する地域にとっても雇用創出、所得増大効果が見込まれることになる。