

2.7 プロジェクトの建設計画及び事業費

(1) 建設計画

緊急プロジェクトを含む第1段階計画は2004年～05年に実施する。取水・浄水施設等の新規施設を含む第2段階計画は水需要の増加に合わせて、以下の段階整備計画を提案する。

表 2.7.1 水道施設の段階整備計画

施設名 (実施年)	施設	第1段階		第2段階		
		緊急プロジェクト (2004～2005年)	既存配水管拡充工事(BPS1関連) (2005年)	第1期工事 (2006～2008年)	第2期工事 (2009～2010年)	第3期工事 (2014～2015年)
給水施設規模		26,500m ³ /日	-	100,000m ³ /日	50,000m ³ /日	50,000m ³ /日
取水施設	土木構造	深井戸-5本	-	220,000m ³ /日	-	-
	ポンプ/送水管	4.5m ³ /min x 5台	-	38.2m ³ /min x 3台 / φ1350mm L=5.6km	38.2m ³ /min x 1台	38.2m ³ /min x 1台
浄水施設	沈砂池	-	-	1系統	1系統	-
	沈殿池、ろ過池	-	-	2系統	1系統	1系統
	浄水池	-	-	1池	1池	-
	送水管	φ300～500mm L=6.14km	-	φ1000～1200mm L=2.86km	φ1000mm L=2.9km	-
	建築等	-	-	完成	-	-
配水施設	配水池、ポンプ他	12,500m ³ x 1池 30m ³ /min x 2台 消毒施設1式	-	17,000m ³ x 1池	25,000m ³ x 1池	-
	配水管	φ600～900mm L=0.62km、他	φ100～600mm L=51.0km	φ100～600mm L=67.4km	φ100～1200mm L=170.8km	φ100～800mm L=120.8km

(2) 建設費

建設費は施設の段階的整備計画に従って投入され、以下に示す通りである。

表 2.7.2 表流水を利用する取水・浄水施設及び配水施設の建設費 (単位:千ドル)

計画段階	第1段階計画			第2段階計画				合計
	緊急プロジェクト	既存配水管拡充工事(BPS1関連)	合計	第1期工事	第2期工事	第3期工事	合計	
A 工事費	6,806	4,957	11,764	46,989	39,787	20,573	107,350	119,114
1 取水施設	3,090	0	3,090	4,482	744	455	5,681	8,771
2 導水施設	0	0	0	5,876	0	0	5,876	5,876
3 浄水施設	0	0	0	24,283	11,491	8,677	44,451	44,451
4 送水施設	2,038	0	2,038	3,003	1,528	0	4,531	6,568
5 配水池施設	1,246	0	1,246	1,190	1,750	0	2,940	4,186
6 主配水管施設	382	3,432	3,815	5,812	18,521	7,687	32,021	35,836
7 配水管網施設	0	1,525	1,525	2,343	5,753	3,754	11,849	13,374
8 その他	50	0	50	0	0	0	0	50
B 運営管理費	308	99	407	940	796	411	2,147	2,554
C 設計管理費		297	297	2,819	2,387	1,234	6,440	6,737
D 予備費		497	496	4,699	3,979	2,057	10,735	11,231
合計	7,115	5,849	12,964	55,447	46,949	24,275	126,673	139,636

提案したプロジェクトの建設費のうち、緊急プロジェクトの費用の合計は 711 万ドル（機材調達費 486 万ドル、施設建設費 208 万ドル、現地側負担工事費 17 万ドル）と見積もられる。これを含む第 1 段階の総工事費は 1,296 万ドルと見積もられた。取水・浄水施設の整備を伴う第 2 段階工事の総額は 12,667 万ドル、（直接工事費 10,735 万ドル、その他の経費 1,932 万ドル）と見積もられた。総事業費は 13,963 万ドルと見積もられる。

（３） 施設の運転維持費

運転維持費は人件費、電気料金、凝集剤や消毒用薬品等により構成される。緊急プロジェクト施設の維持管理費は 5,469 ドル/月が見込まれる。計画浄水場の第 1 期工事で 100,000m³/日施設が完成後、維持管理費は 54,742 ドル/月、第 3 期工事で 200,000m³/日施設が完成後には 102,038 ドル/月が見込まれる。

2.8 財務・経済分析

事業初期の水道料金を 0.15 US\$/m³ に、料金上昇率を年間 4 % 相当に設定すれば本事業全体の財務的内部収益率（FIRR）は 8.0% と算出された。この時、緊急プロジェクト、BPS1 関連の既存配水管網の拡充計画及び第 2 段階において整備される表流水を利用する取水・浄水施設建設計画の FIRR はおののおの 13.0%、14.3% 及び 7.1% であった。初期投資額が 10% 増加しかつ事業収入が 10% 減少したという条件で、感度分析を行ったところ、事業全体の FIRR は 6.5% に低減するが、緊急プロジェクトを補助金で実施した場合には 7.2% に、更にこれ以外の初期投資額の 25% を補助金等で賄われると仮定した場合、9.3% に改善される。

経済的内部収益率(EIRR)としては、本事業全体では 8.1% と見積もられた。この時、案件毎の EIRR は、緊急プロジェクトで 12.3%、BPS1 関連の既存配水管網の拡充計画で 13.8%、第 2 段階の表流水を利用する取水・浄水施設建設計画で 7.3% と算定された。以上により、緊急プロジェクトと BPS1 関連の既存配管網拡充計画の業務実施は妥当であると判断されるが、第 2 段階の表流水利用による施設建設計画は EIRR が多少低下した。これより、第 2 段階の事業化へむけては市民の支払意思を維持し、事業費や工期の厳密な管理実施が必要である。

2.9 技術移転

本調査の実施を通じて、地下水の開発手法が技術移転された。その主たる内容は、１）井戸建設に関連する掘削記録、電気検層、等に関する報告書の作成方法、２）地下水モニタリング、３）井戸データベースの構築、４）地下水シミュレーションプログラムの操作方法等である。

(1) 井戸建設に関する報告書の作成

MCDC では 1989 年から 2001 年までオーストラリアから供与された掘削機により 28 本の

生産井を建設した経験を有している。本調査においても DDA が保有する掘削機によって、試験井 1 本が建設された。その経験から、既存掘削機の消耗部品や工具を供与すれば、提案された地下水開発を独自に実施し得る技術力を確認した。ただし、井戸建設過程における掘削工程、地質状況、電気検層結果、揚水試験等のデータの収集とまとめが十分なされていなかったため、調査団の専門家による指導の下、井戸建設のための各種試験の実施とデータに関するレポートを作成し、今後の MCDC で実施される地下水開発の際の事例とすることができた。

(2) 地下水モニタリング

本調査を通じて実施した井戸の水位・水質の 1 年間の定期観測と乾期に 2 度実施した一斉観測を通じて、地下水モニタリング手法を技術移転した。マンダレー市の恒久的な地下水利用のためには、地下水の低下や地下水汚染を定期的に監視する体制を創り、モニタリングを継続することが不可欠である。このようにして蓄積されたデータは、マンダレー市の将来の地下水管理にとっての有用な資料となることが期待される。

(3) 井戸データベースの構築

井戸データベースの構築もまた、大きな成果の一つである。MCDC はこれまで市全域にある井戸を有効に管理する手法を持っていなかった。構築されたデータベースは管理台帳として、今後の地下水の水位や揚水量の変動や水質の変化等のデータを入力し、適切な対応をとることができることが期待される。

(4) 地下水シミュレーションプログラムの操作方法

本調査の骨格をなす、地下水シミュレーションの基礎的知識とプログラムの操作方法を講義し、軽微な修正作業を独自に行えるようになった。将来、モニタリングや井戸データベースの遂行により、データの蓄積が進み、シミュレーションに使用した与条件を変更する必要が発生した場合にも対応できることがねらいとされた。

2.10 結論と勧告

本マスタープランで提案する計画は以下の通り、大きく 2 段階から構成される。

第 1 段階：既存水道施設の拡張計画

2004～2005 年；緊急プロジェクト（地下水開発及び既存施設の改善）

2005 年；BPS1 関連の既存配水管網の拡充

第 2 段階：表流水利用施設（取水・浄水施設建設及び配管網の整備）

2006～2008 年；第 1 期工事、100,000(m³/日)容量分

2009～2010 年；第 2 期工事、50,000(m³/日)容量分

2014～2015 年；第 3 期工事、50,000(m³/日)容量分

マンダレー市の水道は、概ね都市化の進んだ北側半分をまかなっており、給水率も 50% である。現在の給水量は水需要に対し 24,000m³/日程度下回るが、既存給水地域の外側、特に南側の周辺部への宅地化の広がり、また南部にある工業団地への労働力供給源となる住民の増加等により、給水地域の拡張及びそのための水源確保が緊急的課題となりつつある。

提案する緊急プロジェクトは、5 本の生産井と配水池の建設、加圧ポンプ設備の追加等により、安全な水を十分に配水するものである。提案する施設は従来マンダレー市に馴染みのある施設であり、地元の技術力で十分に運営管理可能な内容である。ただし、さらし粉を使用した消毒設備の経験はないが、塩素消毒よりも簡易であるため、問題はない。従って提案された緊急案件を含む既存施設の拡張計画は技術的に妥当であり、現在課題となっている水不足を改善するために有効であり、高い効果を発揮することが期待される。

一方、提案する表流水を水源とする水道施設は、将来の開発量に限界がある地下水の利用状況に鑑み、将来必ず必要となる施設である。MCDC には、大規模な取水・浄水施設運営の経験がなく、現時点から将来の施設導入のための準備を始める必要がある。新規施設の運転管理技術に関しては、施設の建設契約に基づき必要な訓練が提供されることとなる。さらに、先進国等で開催される水道技術に関する研修コースへ主要技術者を参加させることも効果的である。

提案されたプロジェクトの実施のためには、水道料金の値上げは避けられない。財務分析の結果、水道料金を当初 0.15 ドル/m³ とし年間 4% 相当の上昇を前提とした場合、本事業全体の財務的内部収益率 (FIRR) は 8.0% と算出された。初期投資額が 10% 増加しかつ事業収入が 10% 減少したという条件で、感度分析を行ったところ、事業全体の FIRR は 6.5% に低減するが、緊急プロジェクトを補助金で実施した場合には 7.2% に、更にこれ以外の初期投資額の 25% も補助金等で賄われると仮定した場合には 9.3% に改善される。一方、本事業全体の経済的内部収益率 EIRR は 8.1% と計算された。以上から、内部収益率から見た本事業の財務・経済条件は十分とはいえない。特に、本格的な取水・浄水施設の建設事業へ向けでは、市民の支払意思を維持し、事業費や工期の厳密な管理実施が必要である。

以上から、提案されたプロジェクトは当国第 2 位の大都市であるマンダレー市の社会経済活動と将来の発展に不可欠であり多大な貢献が期待できる。ただし、プロジェクトを効果的に実施するため、以下の勧告を行う。

- 水道財政の独立採算制を含む管理体制の強化
- コンピューターを導入した、施設の運営管理記録、施設台帳、資機材管理、調査設計、データベース等の業務管理手法の確立
- 地下水モニタリング体制の強化確立
- 配水管網の管理強化
- 浄水場の運営管理および浄水技術等に関する訓練、学習
- 水道料金の改定
- これまで経験のなかった浄水施設の導入に伴う水道部の組織拡充とスタッフの増員
- 下水道施設の整備及び関連調査の実施

第3章 セントラルドライゾーン給水計画

3.1 地形・地勢

セントラルドライゾーンは北緯 19 度から 23 度、東経 94 度から 96 度 30 分に位置し、ミャンマー国の内陸部のほぼ中央を占めている。この地域は南北に 560km、東西に 270 km に広がり、総面積 77,000 km²を有し、北からサガイン、マンダレー及びマグエの 3 ディビジョン（管区）に広がっている。この地域は西側をバングラデシュとの国境を形成するチン山脈（標高 1500～2500 m）とアラカン山脈（標高 1500～3000 m）、東側をタイとの国境をなすシャン台地（1500～2000 m）の間に広がる標高 45 m～70 m 程度の盆地状地形である。気候は 5 月～10 月の雨期と 11 月～4 月の乾期に大別され、年平均降雨が 500～1000 mm の半乾燥地域である。

本調査の対象地域はマンダレーとマグエの 2 管区に分布する 11 のタウンシップであり、総面積 16,500 km²で四国ほどの面積に相当する。当地域の人口は約 320 万人であり、その内ほぼ 80% が村落部に居住している。

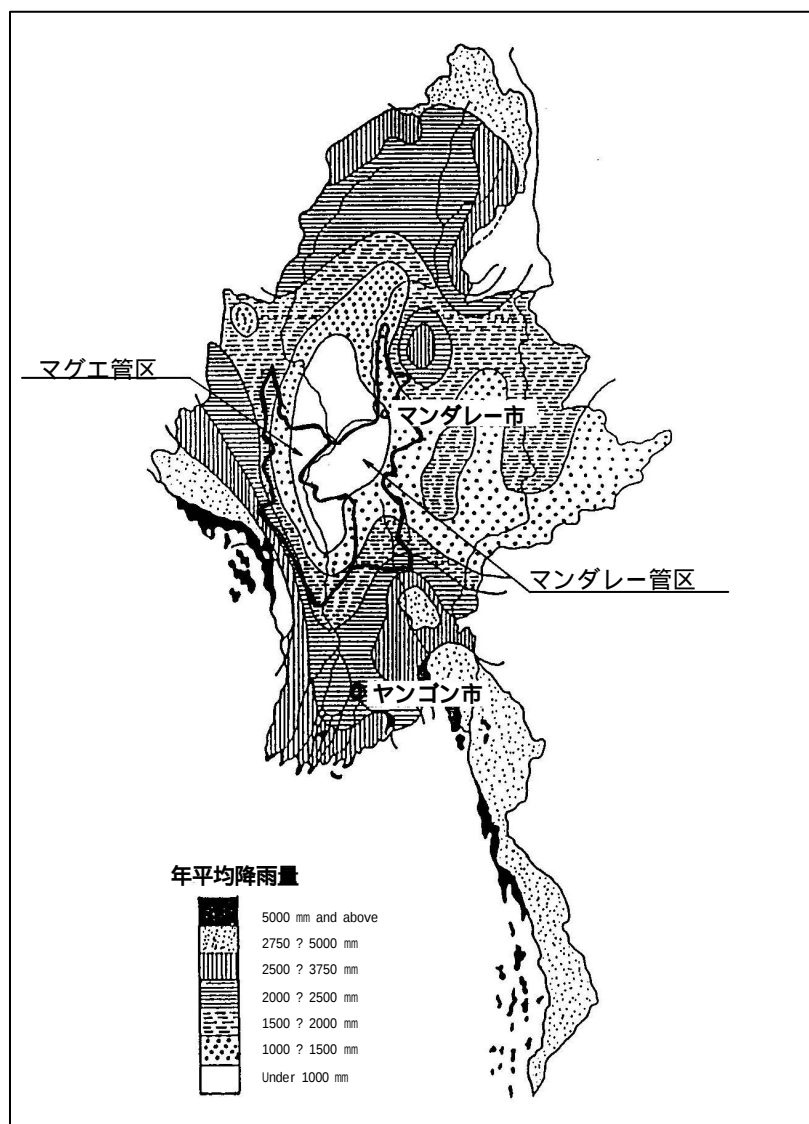


図 3.1.1 セントラルドライゾーンと調査地域

3.2 水理地質概況

(1) 水理地質構造

ミャンマーは、4つの主要な南北方向の地質構造単元に分けられる。すなわち、西から東へ、アラカン海岸地帯、インドービルマ国境山岳地帯、ビルマ内陸盆、そして中国—ビルマ国境山岳地帯である。セントラルドライゾーンはビルマ内陸盆（または、ビルマ内陸第三紀堆積盆）に含まれる。

ビルマ内陸第三紀堆積盆は、概ね長さ 600 km、幅 200 km の広さに達するが、中央火山帯によって2つの堆積盆に分割される。堆積盆の第三紀層、第四紀層の総層厚は 10,000 m に達する。ビルマ内陸第三紀堆積盆の堆積物は、一部始新世から暁新世、漸新世、中新世かかる堆積物であり、白亜紀、ジュラ紀、三畳紀、あるいはさらに古い地質時代の地層を基盤とし、第四紀の堆積物に覆われる。第三紀の堆積岩類は、ミャンマー南部では、ほとんどが海成層であるが、北から北東部にかけては、陸成層となり、その厚さを増す。ほとんどが粘土質か細砂質である。

セントラルドライゾーンには、暁新世岩、漸新—中新世のペグー層群、鮮新世から更新世にかけてのイラワジ層等の第三紀堆積岩類が分布する。調査対象地域は、特に、ペグー層群、イラワジ層と第四紀の未固結堆積物等が分布する。

調査対象地域では、ペグー層群は、大部分が中新世の堆積物であり、ペグーヨーマ地背斜部に広く分布する。一般的に、北部は陸成層で南部は海成層である。イラワジ層は、多量の石英礫・珪化木を伴う中粗粒の鉄質砂岩が特徴的であり、まれにレンズ状の粘土が見られる。中央火山帯に属する火山岩類が、チャウクパダントウンシップのボパ山付近とエサジョタウンシップのチンドウィン川下流域に見られる。安山岩、流紋岩、玄武岩などである。

第四紀堆積物は、河岸段丘、沖積平地、崖推斜面等を形成して分布している。このうち、主なものは、沖積平地の堆積物である。イラワジ川沿いはじめ、山間部の谷沿いにも発達している。砂、粘土、礫等の互層であるが、層厚、層相の変化は、縦方向にも横方向にも激しい。現世の氾濫原堆積物は、イラワジ川等の主要河川の流路沿いに分布する。礫、砂、シルト、粘土等の混合堆積物で、厚さは 60 m 未満である。

調査地域の地質図を図 3.2.1 に示す。沖積、イラワジ、ペグの3帯水層の分布域は、地質図で示される第四紀未固結堆積層、イラワジ層、ペグ層群の分布域にほぼ一致しているので、地質図によりある地区での地下水の水質と帯水層の形態を推定することができる。図では薄い黄色が第四紀未固結堆積層（Q₂）、濃い黄色がイラワジ層（T_m-T_p）、オレンジ色がペグ層群（T_m および T_φ）を表している。