

ビルマ連邦社会主義共和国
都市飲料水開発計画基本設計調査
報告書

昭和60年3月

国際協力事業団

JICA LIBRARY



1033986[9]

ビルマ連邦社会主義共和国
都市飲料水開発計画基本設計調査
報告書

昭和60年3月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 5. 30	104
	61.8
登録No. 11492	GRB

マイクロ
フィルム作成

序 文

日本政府は、ビルマ連邦社会主義共和国政府の要請に応え、都市飲料水開発計画に協力することを決定し、国際協力事業団が本件調査を実施した。

当事業団は、昭和59年9月11日から同年11月18日まで、厚生省国立公衆衛生院工学部長真柄泰基氏を団長とする基本設計調査団を現地に派遣した。

調査団は、ビルマ国政府関係者と協議をおこなうとともに現地調査及び資料収集等を実施し、帰国後の国内作業を経て、ドラフトファイナルレポートの現地説明を終えて、ここに本報告書完成の運びとなった。

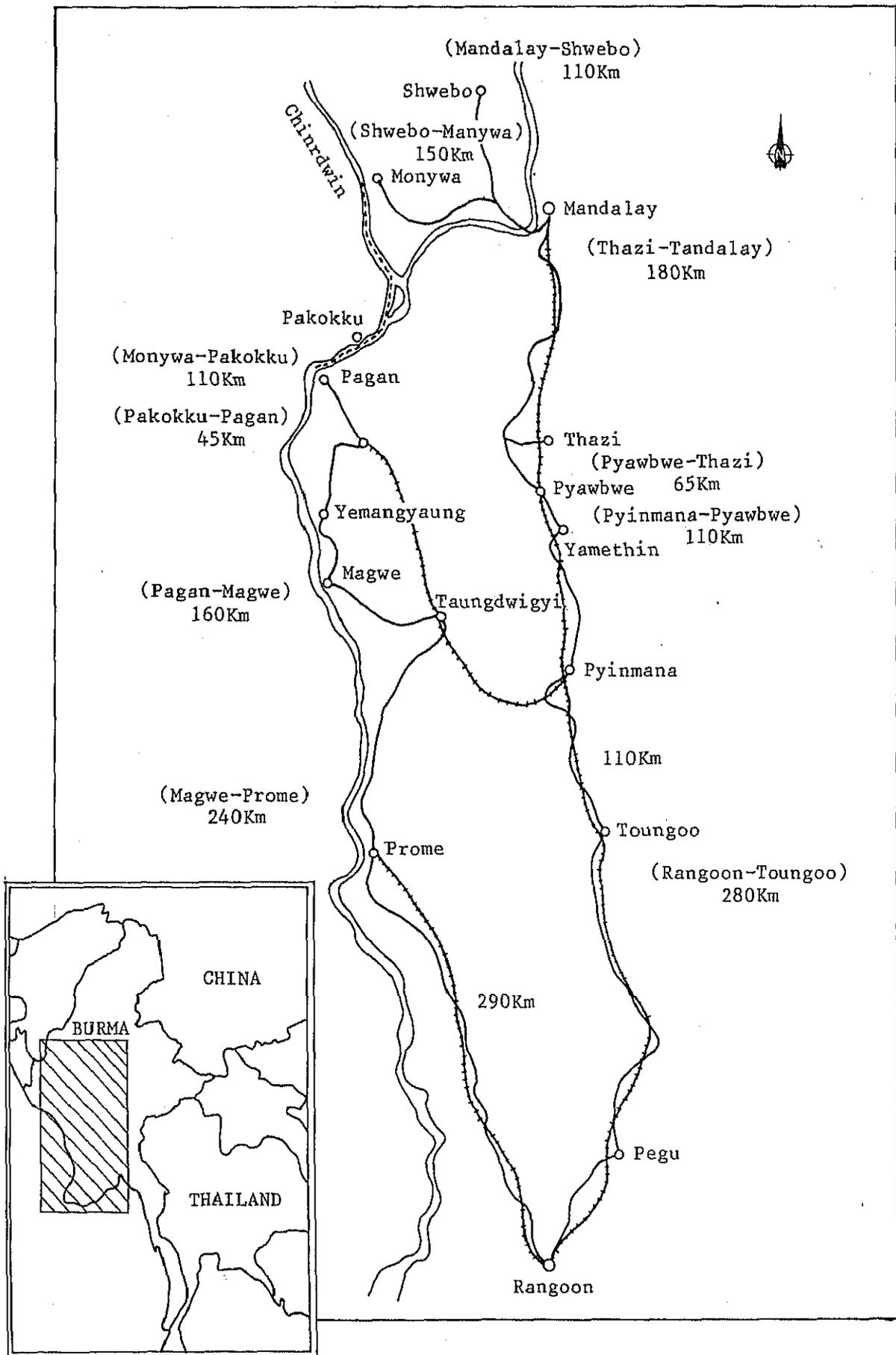
本報告書が、本プロジェクトの推進に寄与するとともに、ビルマ国の当該各都市の住民に対して、安全で清潔な飲料水の安定的な供給が可能となり、住民の生活の安定と向上、保健衛生環境の改善に大きく貢献し、ひいては両国の友好、親善に一層の発展に寄与することを願うものである。

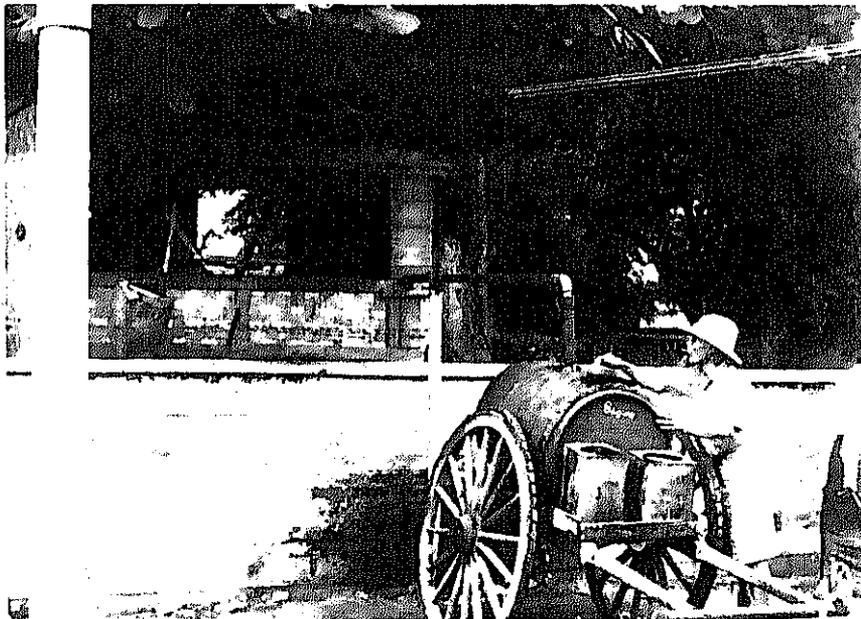
最後に、本件調査に御協力と御援助をいただいた関係各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

昭和60年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔





私設井戸より給水する
売水用牛車

(Pyinmana)



井戸調査

(Pyinmana)



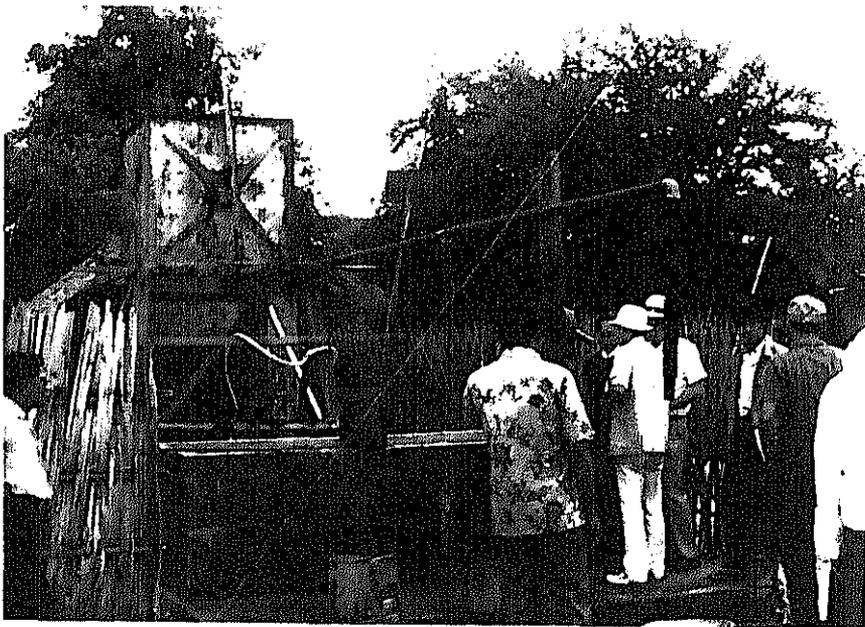
Yamethinの水源
全9本の井戸のうち
No.5とNo.8

(Yamethin)



井戸へ水汲みに来た
人達と水質調査

(Pyawbwe)



Thazi市内の共同井戸

(Thazi)



Canalの水汲み場

(Shwebo)



飲料用のため貯水した
雨水

(S hwebo)



市内の共同井戸(Dug Well)

(P akokku)



Pakokku住宅地区



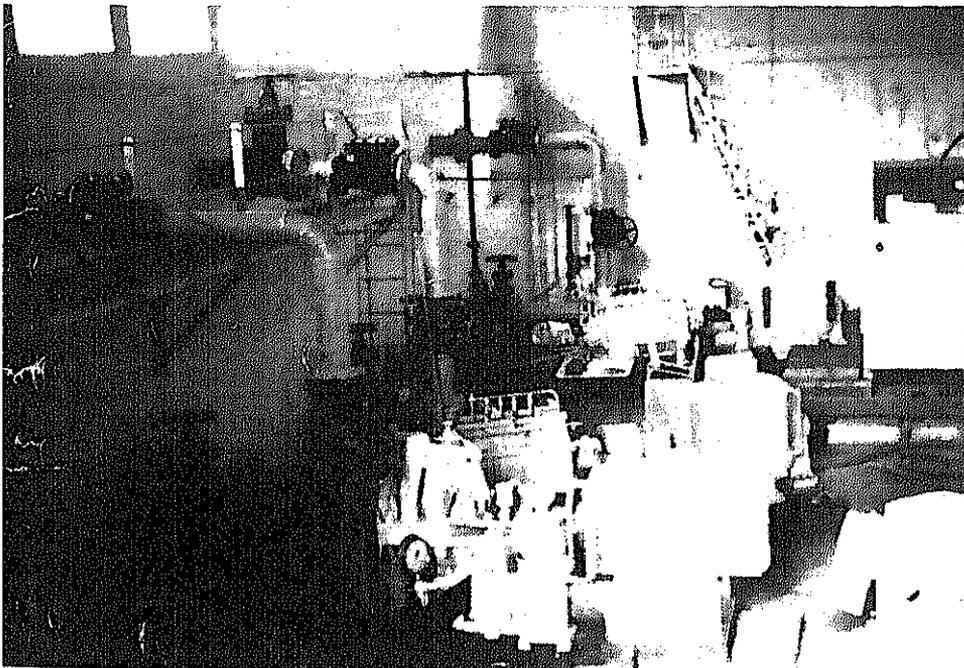
共同水栓

(Taungdingyi)



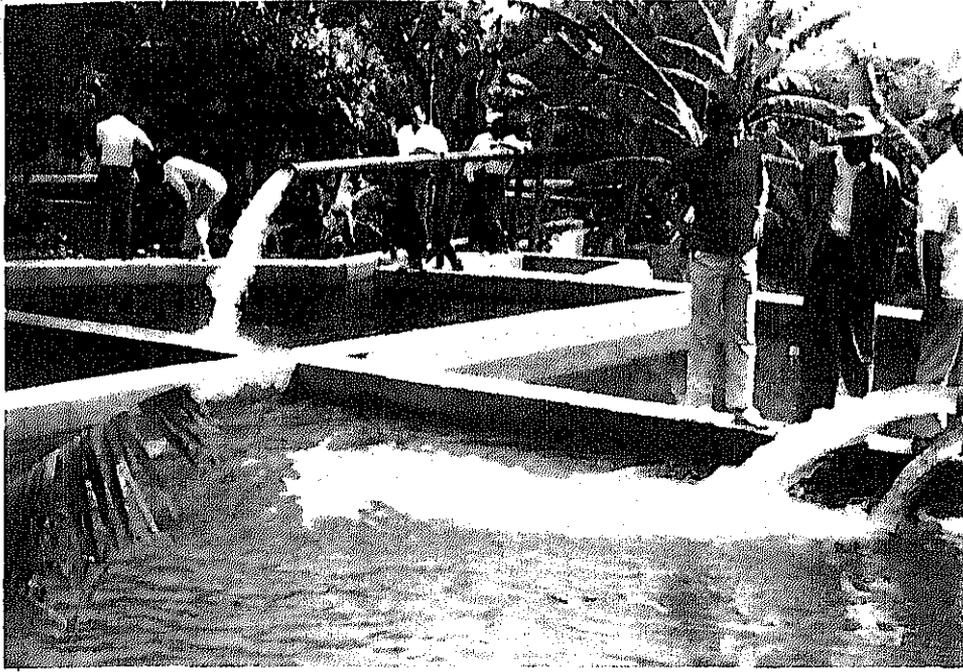
I rrawaddy 河岸に設けられた
伏流水取水井戸

(Y enangyaung)



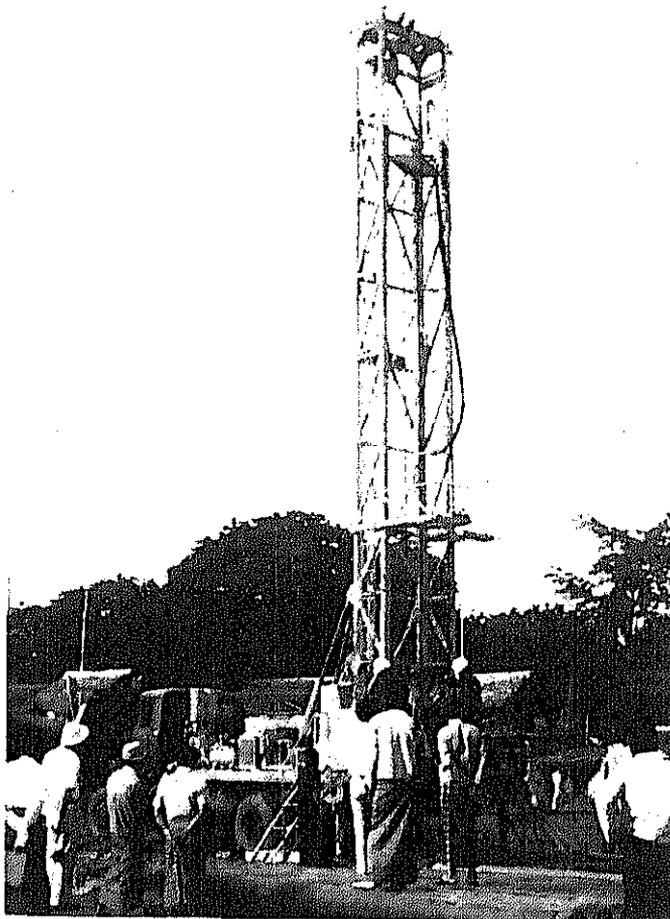
同 上

送水ポンプ室



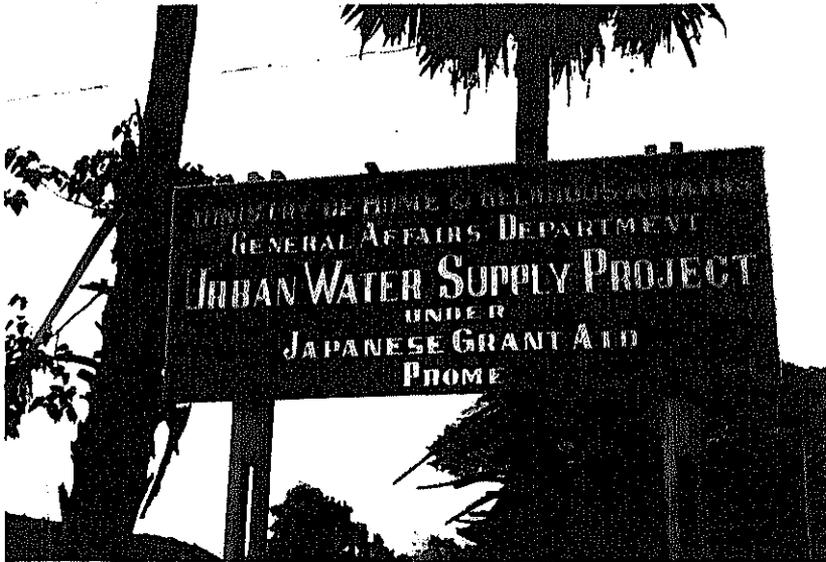
完成した井戸から
集水される地下水

(Magwe)



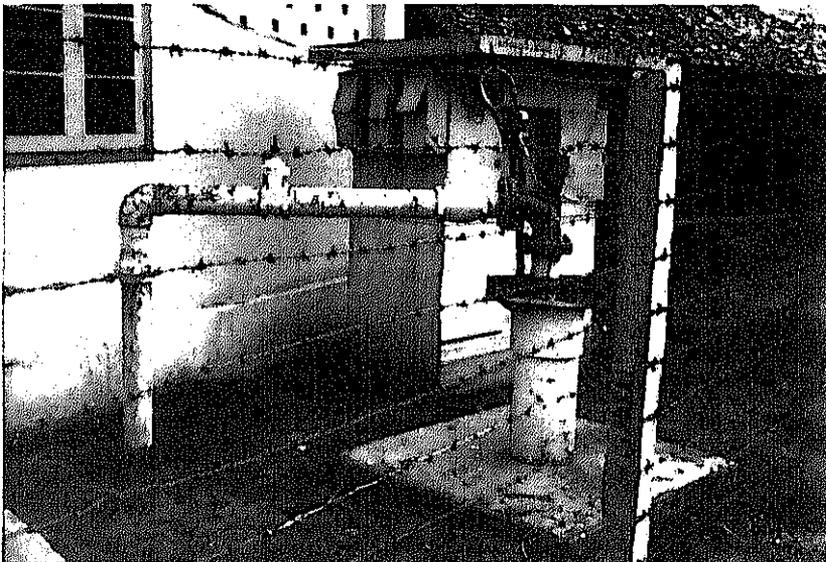
さく井中の深井戸

(Magwe)



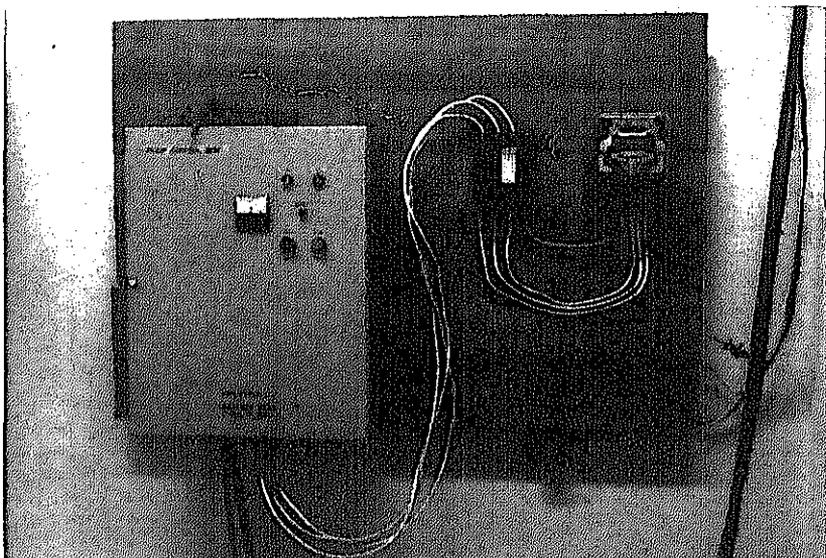
プロジェクト事務所
に建てられた看板

(Prome)



完成した井戸と
コントロール室

(Prome)



同 上
コントロールパネル

(Prome)

要 約

1. ビルマ国全人口の24%にあたる860万人が都市人口であり、このうち水道の受益者数は360万人で、全人口に対する水道普及率は約10%である。全国288都市のうち、63都市に小規模の水道施設があるが、これらのほとんどは英国の統治時代に建設されたものであり、給水量が少なく、水質的にも問題のあるものが多い。水道施設のない地区や都市では、浅井戸や河川あるいは池等を生活用水源としている。特に乾期には、これらの水源の水は極端に減少し、水質も悪化するため、水性伝染病の発生率が高い。このような生活環境を改善するために、ビルマ国政府は飲料水の開発を緊急課題としている。

2. ビルマ国における地方都市水道の開発は、内務宗教省の総務局が担当しており、特に水事情の悪い乾燥地域の都市の開発に優先度をおいている。ビルマ政府は、1981年日本政府の無償資金協力でProme, Magweの2都市の飲料水開発を行っており、他の都市についても同様の開発を行うことを希望し、日本政府に無償資金協力を要請してきた。

日本政府はこれに応え、国際協力事業団を通じ事前調査を実施し、引き続き基本設計調査を実施した。

3. 本調査の目的は、下記の9都市に対する飲料水供給計画のための基本設計調査と、前回行なったProme, Magweプロジェクトに対する追加資機材援助についての検討である。

基本設計調査対象都市は、次のとおりである。

- | | | |
|------------|---------------|----------------|
| ① Pyinmana | ② Yamethin | ③ Pyawbwe |
| ④ Thazi | ⑤ Shwebo | ⑥ Monywa |
| ⑦ Pakokku | ⑧ Yenangyaung | ⑨ Taungdwingyi |

4. 飲料水供給計画立案のための設計条件は次のとおりとした。

- ① 計画目標年次 1990年
- ② 計画給水量
 - a. 計画1人1日当たり給水量 70ℓ(15gal.)
 - b. 計画1人1日最大給水量は a.の50%増し 105ℓ(22.5gal.)
- ③ 水源は原則として深井戸とする。
- ④ 送水管および配水本管(最小75mm)は铸铁管とする。
- ⑤ 配水管末端における管内圧力は4m(0.4kg/cm²)とする。
- ⑥ 高架水槽はパネル製、地下貯水槽は鉄筋コンクリート製とし、容量はそれぞれ日給水量の30分および2時間分とする。

5. 計画対象9都市の計画概要は下表のとおりである。

各都市の概要

項目	都市	Pyinmana	Yamethin	Pyawbwe	Thazi	Shwebo	Monywa	Pakokku	Yenang-yaung	Taungd-wingy
都市の状況	Division	Mandalay	Mandalay	Mandalay	Mandalay	Sagaing	Sagaing	Magwe	Magwe	Magwe
	Rangoonからの距離 (km)	320	400	410	450	640	590	520	420	360
	Ward数	6	5	8	7	10	18	15	14	10
	標高 (m)	92 122	200	200 230	214	122	75 120	53 69	75 100	83
	都市の面積 (km ²)	5.7	7.7	6.4	2.4	6.1	21.9	9.6	33.0	6.6
	温度 上段 夏 下段 冬	42~15°C 38~8°C	max 42°C min 29°C	max 35°C min 20°C	42~17°C 31~5°C	max 43°C min 28°C	42~21°C 29~12°C	max 43°C min 10°C	max 44°C min 27°C	44~37°C 30~33°C
	平均年間降雨量 (mm)	900 1,850	609 1,063	172 1,180	480 1,011	460 1,138	315 1,070	173 774	388 483	458 1,390
	現在人口 ('83)	51,275	22,598	23,834	18,434	48,920	105,096	70,265	71,475	38,563
	年平均人口伸び率 (%)	1.8	1.4	2.2 (2.6)	1.9	2.1	2.5	2.2	1.6	2.0 (1.6)
	計画給水人口 ('91)	59,200	25,300	28,400	21,400	57,800	128,000	81,800	81,200	45,200
概要	総計画給水量 (m ³ /day)	6,200	2,700	3,000	2,300	6,100	13,500	8,600	8,500	4,800
	井戸1本当り計画揚水量 (m ³ /day)	600	600	200	500	700	1,400	1,200	1,590	700
	計画井戸本数	10	5	15	5	9	10	7	※ 5	7

※満州井戸



6. 本プロジェクトの総事業費は、約35億円であり、その内訳は日本国負担分が24億円で、ビルマ国負担分は、11億円である。また、PromeとMagweの追加資機材分を含む総援助額は38億円である。

これらの給水施設の年間維持管理費は、840万Kyat(2.5億円)と算定された。

事業は2段階に分けられ、建設工事期間は交換公文締結後第1段階、第2段階それぞれ15ヶ月と30ヶ月を必要とする。

7. 本プロジェクトの実施により、各Townの住民に対しては、安全で清潔な飲料水の安定的な供給が可能となり、住民の生活の安定と向上、保健衛生環境の改善に大きく寄与すると共に、地方都市の開発、発展が促進されることが期待される。

ABBREVIATION

ADB	- Asian Development Bank
UNICEF	- United Nations Children's Fund (former United Nations International Children's Emergency Fund)
EPC	- Electric Power Corporation
DWSSD	- Drinking Water Supply and Sanitation Decade
GAD	- General Affairs Department
IRC	- International Reference Center
MCDC	- Mandalay City Development Committee
MOC	- Myanma Oil Corporation
RCDC	- Rangoon City Development Committee
TDC	- Township Development Committee
WHO	- World Health Organization
EC	- Electrical Conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
gpcd	- gallon per capita (per) day
l pcd	- liter per capita (per) day

UNIT

1 in	= 25.4 mm
1 ft	= 12 in = 30.48 cm
1 mile	= 5,280 ft = 1.609 km = 1,609 m
1 acre	= 43,560 ft^2 = 4,046.9 m^2 = 0.00405 km^2
1 mile^2	= 640 acre = 2.59 km^2
1 gal (1 imp. British)	= 4.546 Liters = 0.00455 m^3

CURRENCY

1 Kyat	= 100 pyas = 30 Yens
1 US Dollars	= Kyats 8.3

序 文
Location Map
要 約
略号および単位

目 次

第1章	プロジェクトの背景	1
1.1	一般的状況	3
1.2	日本政府への要請	3
1.3	事前調査団の派遣	4
1.4	基本設計調査	4
1.4.1	調査対象都市	5
1.4.2	調査目的	5
1.4.3	調査方法	5
第2章	ビルマ国の水道事業	7
2.1	ビルマ国の概要	9
2.1.1	全体概要	9
2.1.2	産業と経済の概況	9
2.2	ビルマ国の水文地質	12
2.2.1	気象条件	12
2.2.2	水理地質	12
2.3	水道事業	17
2.3.1	水道行政	17
2.3.2	水道と環境衛生	17
2.3.3	水道施設状況	19
2.3.4	水道事業に関する外国援助	19
第3章	基本方針および調査の概要	21
3.1	設計基準	23
3.1.1	計画年次	23
3.1.2	計画給水人口	23
3.1.3	計画給水区域	23
3.1.4	計画給水量	25
3.1.5	計画配水量	26
3.2	水源	26
3.2.1	水源の種類および位置	26
3.2.2	地下水賦存量および水質	26

3.3	取水施設	29
3.3.1	生産井、調査井、観測井	29
3.3.2	ポンプ、電気	31
3.4	給配水施設	33
3.4.1	既存施設の利用	33
3.4.2	飲料水供給システムの計画	33
3.4.3	導水施設	35
3.4.4	配水施設	36
3.4.5	管網流量計算	39
3.5	調査の概要	41
3.5.1	水源調査	41
3.5.2	給水区域調査	41
第4章	各都市における水道計画	43
4.1	Pyinmana	49
4.2	Yamethin	73
4.3	Pyawbwe	93
4.4	Thazi	121
4.5	Shwebo	145
4.6	Monywa	173
4.7	Pakokku	197
4.8	Yenangyaung	219
4.9	Taundwingyi	229
4.10	PromeおよびMagwe	255
4.11	参考図	261
第5章	事業費および事業の実施体制	269
5.1	事業費の概算	271
5.2	事業の実施体制	271
5.2.1	事業実施の方法	271
5.2.2	実施設計	272
5.2.3	実施工程	274
5.2.4	実施組織	274
5.3	維持管理体制	278
5.3.1	維持組織	278
5.3.2	維持管理	280
5.3.3	維持管理費	281

第6章 事業評価	285
第7章 結論と提言	289
7.1 結論	291
7.2 提言	291
第8章 付録	293
Minutes of Discussion on Preliminary Study	295
Minutes of Discussion on Basic Design Study	299
Minutes of Discussion on Draft Final Report	311
調査団員	314
ビルマ国関係者リスト	315

第1章 プロジェクトの背景

1. 1 一般的状況

ビルマ連邦社会主義共和国(以下ビルマ国)は、南はインド洋に面し、北は中国、東はラオス・タイ、西はバングラデッシュ・インドと国境を接している。

国土面積は、67.8万km²(日本の約1.8倍)であり、全人口は現在約3,600万人、その全国年平均伸び率は約2.2%である。

ビルマ国は、14のStatesとDivisionsからなり、これらは314のTownshipsに分けられている。Townshipsはさらに288の都市(Town)と、その他数多くの農村部(Village Tracts)に分割されている。

ビルマ国全人口の24%にあたる860万人が都市人口であり、このうち水道の受益者数は360万人で、水道普及率は10%である。全国288の都市のうち、63都市は水道施設を有するが、これらの水道施設はほとんどが英国の統治時代に建設されたものであり、すでに数十年を経過している。

Rangoon、Mandalayを除く都市では十分な施設はなく、表流水あるいはそれとほとんど変わらない水質の水を給水しているため、非衛生的な場合が多い。また給水量が不足しているため、時間給水、隔日給水などの給水制限を余儀なくされている。水道施設が利用できない地域では、個人あるいは共同組合の保有する井戸からの買水、または表流水をそのままタルに入れて売り歩く牛車からの買水に頼っている。さらに地下水の塩分濃度が高く飲用に適しない地域もあり、飲用には河川水や雨水、洗濯用等その他の用途には地下水と用途別の水利用を行っているなど水事情は極めて劣悪な状態にある。現在ビルマ国の都市水道開発はMinistry of Home & Religious AffairsのGeneral Affairs Department(GAD)が担当しているが、外貨、資機材、技術力等の不足により開発が停滞しており1977年から1981年までの5ケ年における都市人口に対する給水人口の伸び率は、約6%にすぎない。

1. 2 日本政府への要請

ビルマ国政府は日本政府に対し、Prome、Magwe両都市に対する追加資機材援助と、その他8都市の飲料水開発のための基本設計の実施およびこれに必要な資機材援助を要請してきた。

① Prome、Magwe両都市に対する追加資機材援助

昭和55年10月にビルマ国から要請された「Prome、Magwe水供給プロジェクト」に対し、日本政府は、昭和56年に基本設計調査を実施し、これに基づき一部資機材援助を行なった。

ビルマ国政府は実施設計を行い、供与された資機材を使用して現在工事を行っているが、配水本管および配水池等の付帯設備に要する資機材不足のため、工事完成の目標が

大幅に遅延している。従って現在工事中の当該プロジェクトを早期に完成するために、これらの不足資機材に対する追加援助を要請してきたものである。

② その他 8 都市の飲料水開発計画

ビルマ国政府は、国家政策として飲料水供給事業を最重要項目の一つとしており、ビルマ国の D W S S D (Drinking Water Supply and Sanitation Decade) 計画では、1990 年における水道普及率を 50% まであげることとしている。これらの計画を遂行すべく、ビルマ国政府は 288 都市のうちから緊急度の高い 8 都市を選定し、調査の実施およびこれに必要な資機材援助を要請してきたものである。

・ビルマ国から要請のあった都市は以下のとおり。

- | | |
|-------------|--------------|
| (a) Pakokku | (b) Thazi |
| (c) Monywa | (d) Pyinmana |
| (e) Pyawbwe | (f) Toungoo |
| (g) Shwebo | (h) Pegu |

1. 3 事前調査団の派遣

ビルマ国政府の要請を受けて、国際協力事業団(JICA)は要請の具体的な内容を明確にし、必要な調査を実施するために、昭和59年6月17日から7月1日までの15日間にわたり事前調査団をビルマ国に派遣した。

同調査団は政府の要請内容の確認、地方都市の水道事業並びに水道開発計画の可能性について意見交換を行なうと共に現地調査を実施した。

なお本調査ではビルマ国から要請のあった新規8都市の他、数都市の視察を行なったが、緊急度および工事の規模等を考慮し、この中からToungooとPeguの2都市をはずし、新たにYamethin、Yenangyaung、Taungdwingyiの3都市を入れることとした。

(付録-1 Minutes of Discussion on Preliminary Study参照)

1. 4 基本設計調査

基本設計調査は事前調査結果に基づき、Prome、Magweと新規の9都市を援助対象として、昭和59年9月7日から11月18日までの73日間にわたる現地調査と約3カ月間の国内解析作業を行ったものである。

1.4.1 調査対象都市

本調査で対象とした9都市は以下のとおりである。

- | | |
|------------------|-----------------|
| (a) Pakokku | (b) Thazi |
| (c) Monywa | (d) Pyinmana |
| (e) Pyawbwe | (f) Shwebo |
| (g) Yamethin | (h) Yenangyaung |
| (i) Taungdwingyi | |

1.4.2 調査目的

Prome、Magwe の2都市に対する追加資機材援助内容の提案を行い、新たに無償資金協力がなされる9都市の水道施設計画案の作成と援助内容の提案をするために、本調査においては下記の作業を実施することを目的とした。

- ① 地下水賦存量の把握
- ② 水需要量の予測
- ③ 地下水開発計画の設定
- ④ 水供給開発計画の設定
- ⑤ プロジェクトの評価
- ⑥ プロジェクトに必要な資機材の仕様書作成
- ⑦ プロジェクトに必要な資機材の数量算出
- ⑧ 日本政府による無償援助の具体化案の提示

1.4.3 調査の方法

調査は Fig. 1.4.3.1 に示す調査フローチャートに従って実施された。

基本設計調査

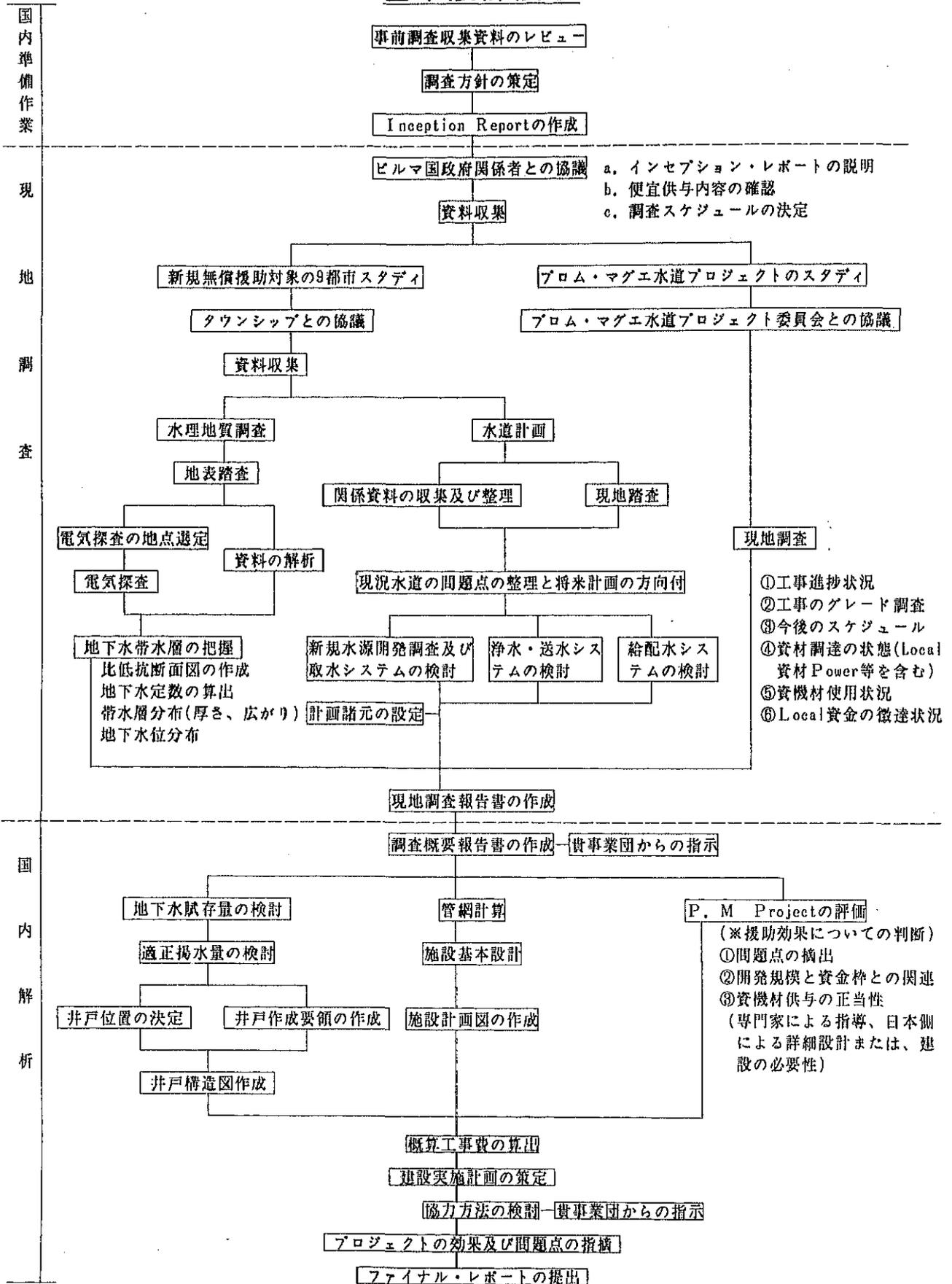


Fig. 1. 4. 3. 1 調査フローチャート

第 2 章 ビルマ国における水道事業

2. 1 ビルマ国の概要

2. 1. 1 全体概要

ビルマ国は、現在正確には、「ビルマ連邦社会主義共和国」と称し、その面積は、67.8万km²で日本の約1.8倍を有している。気候は暑季（2月下旬～5月中旬）、雨季（5月下旬～10月中旬）、涼季（10月下旬～2月中旬）に分かれるモンスーン気候である。

首都ラングーンにおける気温は、月平均23.0℃～27.0℃と年間を通じて大きな温度差はないが、降雨量は雨季には700mm/月を超える雨量があるものの、暑季、涼季にはほとんど降雨がない。

総人口は現在約3,600万人であり、年率2%強の人口増加率と推定され、他の開発途上国に比べ小さい。

住民の約60%はビルマ族で、その他レン、シャン、カチン、モン族など約50の種族があり、ビルマ国は多民族国家である。

言語は、チベット・シナ語およびモン・クメール語の2系統に大別でき、前者の系統である、ビルマ語が公用語として定められている。英語は、英領植民地時代の名残りでもあるが、その国際語としての実用的価値に着目して、その学習を奨励しており、その普及度は高い。

地勢は、北方にKachin丘陵、東方にShan高原、西方にChinおよびArakan山脈があり、中央部は低地帯を形成し、その中央をイラワジ河が北方より南へ貫流しインド洋に注ぎ、その下流域は広大なデルタを形成している。

また、東方タイ国との国境近くにはサルウィン河が、ほぼイラワジ河と平行して北から南流している。

2. 1. 2 産業と経済の概況

ビルマ連邦社会主義共和国の産業は、国（State）、私的企業（Private）および共同組合（Cooperatives）の三つのセクターによって生産活動が行なわれている。業種によって、その分担割合が異なっており、例えば、1983/84年度の実質生産高では電力（99.9%）、社会管理部門（98.7%）、鉱山（石油含）（88.8%）、建設（81.5%）、プロセス・製造部門（59.0%）などの国営企業による生産割合が高く、農業（State 0.3%、Coop. 2.6%、Private 97.1%以下この順の割合）、畜産・漁業（1.8%、1.3%、96.9%）、林業（37.8%、4.4%、57.8%）、交通・輸送（37.0%、5.8%、57.2%）、通商取引（46.2%、9.2%、44.6%）等は、私的企業の受持つ分野が大きい。

また、農業生産は土地の所有・納税を行なう農民に委ねられ、特に輸出に関係する、米、さとうきび、豆類、綿花、たばこ、ジュートなどは、政府が買い上げ、その他の野菜、落花

生、ごま、とうがらし、ひまわり、にんにく、じゃがいも等は共同組合により、ある時は加工されて国内市場に流される。

共同組合には中央、Township、Primary Coop. の中央機関、その他各種生産者の共同組合、消費者、軍隊等20種の組合があり、通商取引・仲買、生産、流通がその主な仕事となっていて、総取引扱い金額はそれぞれ54億Kyat、18.6億Kyat、79.4億Kyatとなっている。

1983/84年度の統計によれば農産物は生産総額(1兆7700億円)のうち6,666億円(37.6%)であり工業の7,711億円(43.5%)に首位を譲っている。また1974/75年には総額6253億円のうち42.6%が農業、42.3%が工業であったが、過去10年間に総額で2.8倍、農業2.5倍、工業2.9倍の増加を示している。

国の生産総額に対する鉱業の占める割合はわずか1.7%である。その中で原油980万USバレル、天然ガス4.9億M³(1982/83)が産出され、国内需要をほぼ満たしている。なお石炭の生産量は極めて少ない。

そのほかビルマの鉱業には、宝石、タングステンなどがあるが、特に、ひすい、エメラルド、ルビーは後世の財産として生産を調整している。またタングステンは戦前にはイギリスの需要の85%をまかなっていたが、今日でも純度65%のものが年間800トン以上生産されている。

ビルマの輸出入は戦前(1941/42-1947/48)は黒字であったが、1960/61年以来、輸入超過に転じ、1981/82には21.6億Kyat、1983/84年度には21.4億Kyatの入超となっている。この主な理由は、主要産物である農産物の価格の低迷である。またおもな輸入相手国は日本、EEC、北米・カナダ、北西欧等であり、主な輸出相手国はバングラデッシュ、スリランカ、日本、EEC、アフリカ諸国などである。

工業生産は全体として農業生産額を上回っているものの、品数が少なく進歩の度合はまだまだと思われる。1983/84における各種生産量の一例をあげると砂糖(49,000トン)、綿糸(14,000トン)、タバコ(27.4億本)、セメント(37万トン)、紙(22,800トン)、竹パルプ(6,400トン)、ガラス板(8,000トン)、ケロシン(77,000トン)、蛍光灯(40万本)、自動車(2115台)、自転車(20,000台)、水用ポンプ(6,350台)、肥料(151,800トン)等がある。

なおビルマ国全体としての生産および成長度合は、Table 2.1.2.1に示すとうりである。

Table 2.1.2.1 ビルマ国の経済指標

(各億kyat)

	1979/80	1982/83	1983/84	備考
産品生産額	411.7	544.4	590.5	
サービス	80.5	114.2	118.2	
通商取引	121.6	151.4	160.0	
上計 合計	614.0	810.0	868.6	
各工業間使用	260.7	345.5	371.4	
正味産出	353.3	464.5	497.3	
全輸入	42.0	65.7	57.3	
全輸出	26.8	30.0	35.9	

(各kyat)

国民1人当産出(GNP)	1964	2316	2435 *	*約300US\$
“ 正味産出	1073	1328	1394	
“ 収入	1119	1430	1454	
“ 消費	880	1128	1151	
“ 投資	224	287	284	
労働者1人当産出	4649	5710	5992	
“ 正味産出	2675	3275	3430	

2. 2 ビルマ国の水文地質

2. 2. 1 気象条件

ビルマ国はモンスーン地帯に属するが、Arakan 山脈の存在によって気象条件が地域によって著しく異なる。つまりベンガル湾からの湿った空気がArakan 山脈にあたり、乾いた空気が流れ込むことによって乾燥地帯となっている。

ビルマ気象協会が出している年間の水理報告書に基づいて作成した、ビルマの年平均降雨量分布をFig. 2.2.1.1に、各都市の降雨量をTable 2.2.1.1に示す。

Arakan 山脈とTenasserim 山脈では年間3,000mm以上の降雨量をみるが、中央低地では3,000mm以下、中央付近では1,000mm以下と極めて少量の降雨量しか記録されていない。また、蒸発散量の測定記録は少ないが蒸発散量は内陸地帯で高く、北部と南部地帯では低い状態となっている。今回の対象都市は、その大部分が乾燥地帯に入っており、Pyinmana、Taungdwingyiでは1,000~1,300mmでやや多いがPakokku、Yenangyaungでは440~560mmときわめて少なく、その他の地域では730~870mm前後の降雨量を記録している。一方、蒸発散量は半乾燥地帯のMonywa、Mandalayでは2,000mm、モンスーン地帯のPeguでは1,450mmである。

2. 2. 2 水理地質

ビルマの地質構造は、東部は主に古生層や花こう岩類などの基盤岩から成るShan 高原、西部には古生層または中世代白亜期の各層からなるArakan 隆起帯がほぼ南北方向に分布している。これらの高原や隆起帯はヒマラヤ造山運動によって生じたものであり、断層や褶曲構造の発展が著しい。

Shan高原とArakan隆起帯の間の中央低地は両側とも南北の構造線によって切られ、地溝帯を形成しており、中央新生代帯(Central Cenozoic Belt)と呼ばれている。この帯のほとんどは新生代の堆積岩からなっている。

ビルマの一般地質構造図をFig. 2.2.2.1に示す。中央新生代帯中の構造は四つの隆起帯と三つの盆地がある。

- | | | |
|-------|-----------------------|---------------------|
| (隆起帯) | • Kunnon ridge uplift | • Wunyo mass uplift |
| | • Salingyi uplift | • Pegu Yoma uplift |
| (盆地) | • Chindwin basin | • Minbu basin |
| | • Irrawaddy embayment | |

又、中央新生代帯の地層は次の層に区分される。

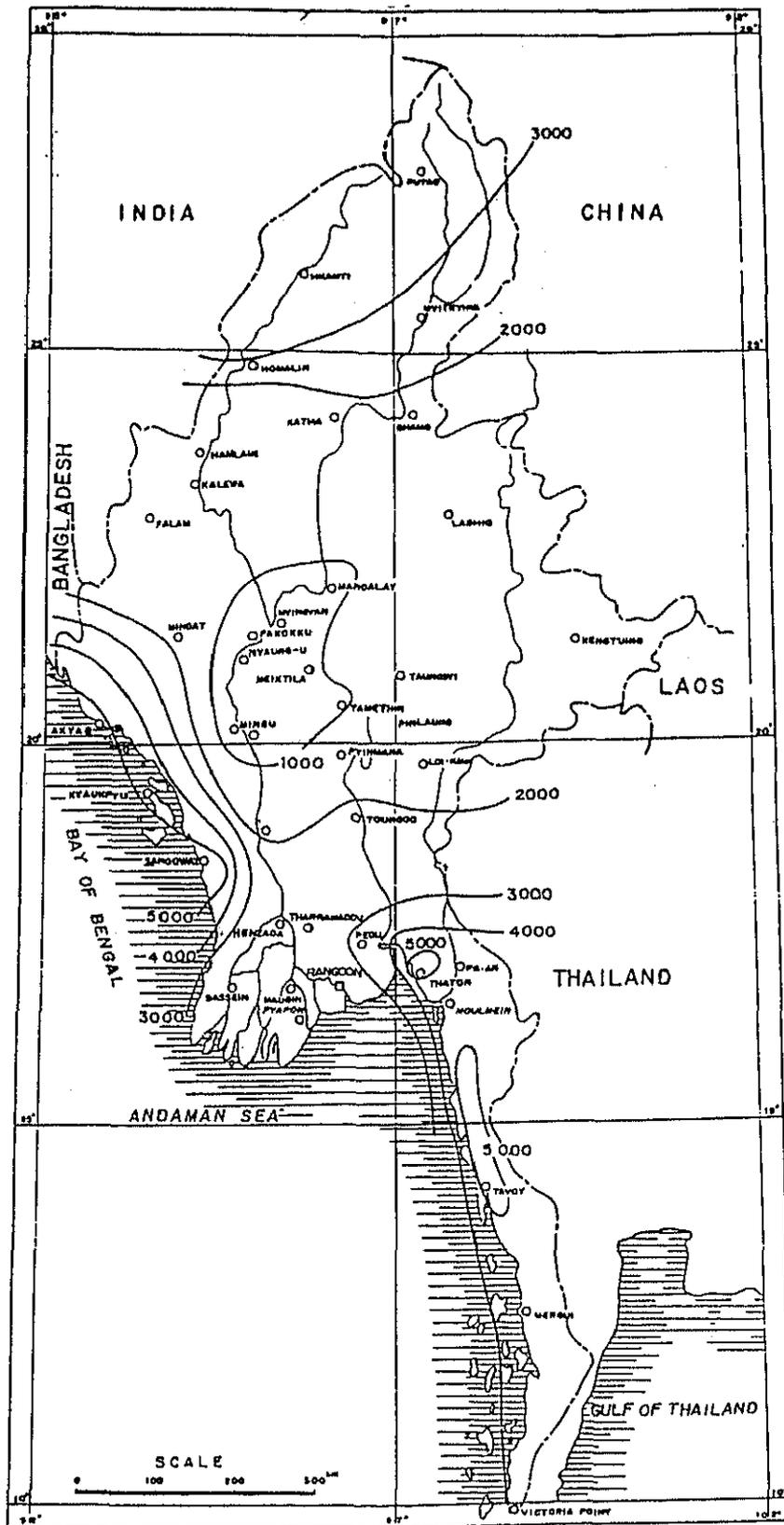
- ・ Pegu 層群 (漸新世-中、下部中新世)
- ・ Irrawaddy 累層 (上部中新世-鮮新世)
- ・ 洪積層 (洪積世)
- ・ 沖積層 (沖積世)

Pegu 累層は砂岩と頁岩の互層であり、北部では陸成、南部では海成の各層からなっているが、半固結状態にあり保水性が極めて悪い。

Irrawaddy 累層は Irrawaddy 川によって運ばれた土砂でできており、その層厚は約 3,000m と推定されている。Irrawaddy 累層は砂、粘土互層からなり、ビルマ国における主要帯水層となっている。この層の特徴は中粒～粗粒の砂が卓越しており、石英粒の混じった鉄錆色の砂層となっている。更に、この層は陸棲、水棲の脊椎動物、主にほ乳類の化石を産し、珪花木も含んでいて、地質時代を固定することができる。

Irrawaddy 累層と下位の Pegu 層群とは常に不整合関係にあり、Irrawaddy 累層が Pegu 層群を覆って入る。

中、古世層や火成岩類の基盤岩および Pegu 層群の半固結岩の地下水は、保水性が悪く地層水を採取することは困難であるため、裂カ水や断層など特殊な条件にある地下水を採取することになる。また Irrawaddy 累層、洪積層および沖積層の未固結層では砂、砂れきなどからなる滞水層から地下水を採取することになるが、滞水層の深度や厚さは場所によって著しく異なっている。なお Irrawaddy 類層の地下水の大部分は被圧地下水の状態分布していることが多く、場所によっては自噴状態を示す。



Compiled from Meteorological Department Data

Fig. 2.2.1.1 降雨量分布图

Table 2.2.1.1 各都市の降雨量および蒸発量

(in mm)

Town Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
Pyinmana	8.4	2.8	4.6	39.4	149.8	193.4	232.5	237.7	216.5	144.7	54.5	6.5	1,298.8	1874 - 1983
Yamethin	10.6	1.2	6.6	22.7	140.5	91.0	98.7	133.5	180.6	105.7	68.1	9.4	868.6	1973 - 1983
Pyawbwe	14.4	0.2	12.9	28.2	120.2	112.3	94.8	117.6	171.0	116.8	59.4	3.5	851.3	1974 - 1983
Thazi	9.4	2.2	6.1	17.3	91.1	119.5	93.6	91.3	140.4	135.7	55.4	5.1	767.1	1974 - 1983
Shwebo	-	1.5	1.0	22.4	86.2	161.7	83.4	158.4	169.0	133.0	41.2	11.3	869.1	1978 - 1983
Monywa	3.1	0.2	3.1	16.2	105.7	92.8	73.1	121.4	135.1	121.7	53.5	5.6	728.5	1974 - 1983
Pakokku	-	-	0.9	8.5	41.0	92.7	22.0	51.3	144.7	114.0	79.1	4.3	558.5	1980 - 1983
Yenangyaung	0.8	-	-	3.4	6.8	37.3	101.4	107.8	113.3	42.9	16.1	8.4	438.2	
Taungdwingyi	6.7	0.4	1.4	12.5	151.1	167.5	132.8	172.7	203.0	104.4	50.3	5.3	1,008.1	1974 - 1984
Monywa	106.1	140.3	201.7	234.3	228.5	201.2	205.8	174.6	142.3	164.0	108.4	102.2	2,009.4	
Mandalay	90.6	157.9	215.3	239.7	239.5	205.6	212.2	177.9	168.1	159.5	90.8	83.8	2,040.9	
Pegu	117.8	122.0	159.9	146.1	131.7	88.7	96.6	103.7	129.6	140.9	97.8	111.4	1,446.2	

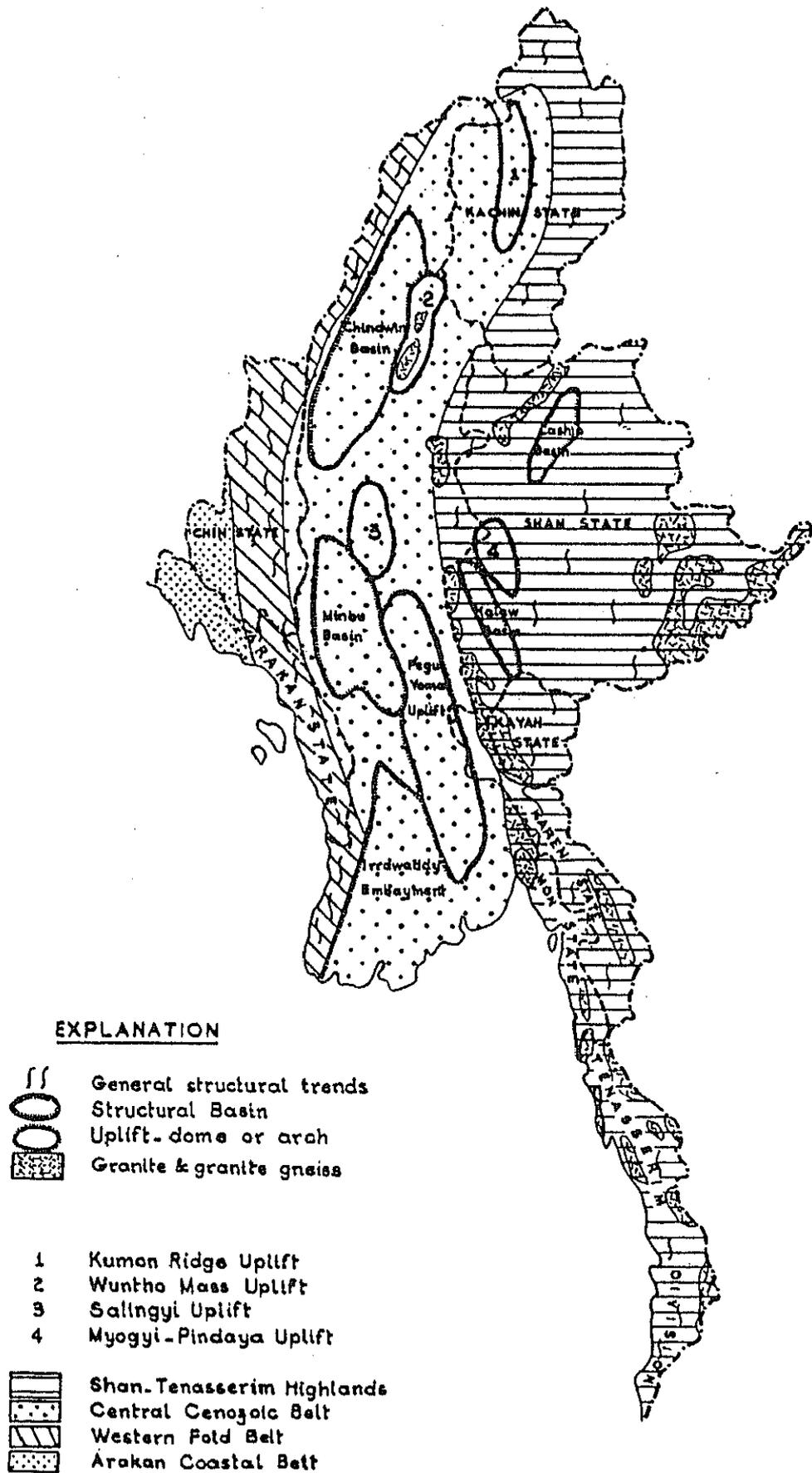


Fig. 2.2.2.1 地質構造概念圖

2. 3 水道事業

2. 3. 1 水道行政

ビルマ国政府は水道事業について、施設整備は国が行い、維持管理は水利用者が負担することを原則としている。また行政は3つの部局に分担されている。即ち全国の都市水道に関する調査、建設等は、Ministry of Home and Religious Affairs の General Affairs Dept. が、都市以外の村落の水供給 (Rural Water Supply) は、農村開発の一環として農林省の、Agricultural Mechanization Dept. が、またその他官公庁関係の施設については、各自に、あるいは Ministry of Construction の協力を得て建設することになっている。

2. 3. 2 水道と環境衛生

今回調査の対象とした9都市における伝染病の件数と罹患率 (人口10万人当たり患者数) は Table 2.4.2.1 の通りである。1981、1982、1983年の伝染病を病種毎に三段に示し、世界統計を比較参考データとして記載した。下痢症は熱帯諸国の例では、患者10万人当たりの罹患率が数百～数千という値を示すことはあるが、Yamethin、Pyawbwe、Yenaungyaung、Taungdwingyi は1,000を越える。(Taungdwingyiでは、1981、1982年の率が更に高かった。) 赤痢も一桁台の罹患率であれば良好と見られるが、Yamethin、Pyawbwe、Yenaungyaung、Taungdwingyi は400以上であった。なお1979年インドでは972、タイでは66であった。腸チフスとパラチフスについては、1979年のインド、パキスタン、タイでは、いずれも20～40台、1976年フィリピンの地方部で最高レベル80～120台を示した。9都市のうちでは、Taungdwingyi 78、Shwebo 42、Yenaungyaung 41、Pakokku 30、Pyawbwe 25である。ビールス性肝炎は、Yamethin 170、Shwebo 169、Pyawbwe 162、Monywa 153と高く、その他では100以下であった。ここに示された伝染病の罹患率を見る限り、Pakokku、Shwebo、Monywa が3桁台、Thazi、Pynmana も2桁台を示しており、これらの都市は、早急に衛生的な生活環境の改善を行う必要があると考えられる。

これらの病気は水に関係したものであり、本プロジェクトにおいて安全で清潔な飲料水が供給されることにより、今まで飲料水に起因していた伝染病の発生は大きく減ることが期待される。

Table 2.4.2.1 水性伝染病発生件数 (1981~1983)

項目	人口 ('83)	下痢		赤痢		腸チフス及び パラチフス		ビールス性 肝炎		食中毒			
			☆		☆		☆		☆		☆		
計 画 対 象 都 市	Pyinmana	221,638	-	483(2)	-	148(0)	-	30(0)	-	130(3)	-	31(0)	
				327(3)	147.5	106(1)	47.8	20(0)	9.0	178(3)	80.3	30(4)	13.5
	Yanethin	182,096		625(0)		299(0)		7(0)		28(0)		10(0)	
				159(0)		829(0)		20(1)		136(0)		48(0)	
				3007(0)	1651.3	942(0)	517.3	20(0)	11.0	310(1)	170.2	79(0)	43.4
	Pyawbwe	206,134		2302(4)		888(0)		110(0)		47(0)		40(1)	
				3007(0)		1050(0)		102(0)		279(1)		78(2)	
				3193(7)	1549.0	1258(0)	610.3	53(0)	25.7	334(4)	162.0	26(0)	12.6
	Thazi	147,845		2112(0)		1190(0)		29(0)		60(0)		25(0)	
				1556(1)		1088(0)		115(5)		115(0)		67(0)	
			84(1)	56.8	40(0)	27.1	9(2)	6.1	18(0)	12.2	-	46.0	
Shwebo	206,344		999(4)		399(0)		119(1)		89(4)		29(0)		
			1337(3)		507(0)		67(4)		221(3)		38(0)		
			897(3)	434.7	298(1)	144.4	87(0)	42.2	348(7)	168.7	37(0)	17.9	
Monywa	241,667		-		-		-		-		-		
			678(6)		205(1)		90(0)		196(2)		64(1)		
			1827(6)	740.6	493(0)	204.0	38(0)	15.7	370(4)	153.1	89(2)	36.8	
Pakokku	256,680		1062(1)		653(0)		31(0)		70(0)		3(0)		
			837(0)		788(0)		22(0)		134(1)		15(0)		
			821(2)	319.9	582(0)	226.7	79(1)	30.8	194(3)	75.6	29(1)	4.9	
Yenangyaung	150,224		781(0)		588(0)		36(0)		3(0)		84(0)		
			1732(3)		1820(0)		83(0)		51(0)		58(0)		
			2470(2)	1644.2	697(0)	464.0	62(0)	41.3	63(0)	41.9	20(0)	13.3	
Taungdwingyi	192,239		3045(0)		1326(0)		64(0)		51(0)		26(0)		
			3198(0)		1144(0)		121(0)		55(0)		41(0)		
			1864(0)	969.6	1719(0)	894.2	150(1)	78.0	176(0)	91.6	72(0)	37.5	
ア ジ ア 諸 国	Philippines		('76)	1000		200		80		about		about	
				3000		300		120		200		200	
	India		('79)	972.3		40.9		-		-		-	
	Thailand		('79)	66.2		22.0		-		-		-	
Pakistan			-		-		43.2		-		-		

note) 上段 : '81 ☆:罹患率 (10万人当たりの患者数)
 中段 : '82 (:) : 死亡者数
 下段 : '83

2. 3. 3 水道施設状況

今回対象の9都市のうち、水供給システムを有する都市は、Yamethin、Monywa、Yenangyaung、およびTaundwingyiの4都市である。これらの施設は建設後数十年を経過し、かつ老朽化しており、戦争、火事、地震等による被害やその他の原因により、十分に機能しているものは皆無といえる。また全般的に施設規模が小さく、給水区域が限られており、さらに給水量が少ないため隔日または時間給水といった給水制限を行なっている場合がほとんどである。

給水区域には共同水栓又はコンクリート製の受水槽が各所に設けられており、多く市民はバケツや水専用の壺を持って集まり、順次水を汲んで各戸に持ち帰っている。配管システムのない地区や水供給システムを持たない都市では、深井戸や掘り抜き井戸から水を得ている。深井戸にはボアホールポンプ(ほとんどがMono-Pump)やコンプレッサー付エアリフトポンプが取り付けられ、コンクリート水槽または鉄板製やパネル製高架水槽に受水している。掘り抜き井戸では紐付バケツやその他の容器を用いて手で汲み揚げられている。

これらの既存施設では多くの人々が直接原水に手を接することが多く、どうしても多少の汚染は禁じ得ない。なおWHO-UNICEFおよびその他の外国援助によるRural Water Supplyの水槽については、カランコック付屋根付としているものが多く、比較的衛生的な水槽となっている。

2. 3. 4 水道事業に関連する外国援助

ビルマ国では各分野において国連、世銀、アジア開銀、その他、たくさんの国のローン、融資、無償等によりプロジェクトが実施されている。例えば、社会関連ではJICAによる220ベットの一般病院、農・水産業関連ではOECF、ADBのローンおよびECの無償による灌がい、ADBによる海産漁業、JICAによる木材関係の機械改善、その他英国、オーストラリア、ドイツ、フランス、オランダ、チェコ等の援助が、年次報告されている。その中で、最近の都市ないし地方(農村)水道に関する事業を拾いあげると、次のごとくである。

- ① 1981年Agricultural Mechanization Dept.関連でポンプ灌がいおよび地域開発におけるRural Water SupplyがADBローン(12万4000USドル)。(承認81年7月3日)
- ② 1981年日本政府によるMagweおよびPromeの2都市に対する資機材の無償供与。
- ③ 1982年にはADBローンにより、Mandalay市水道に関する借入(1,500万米ドル)が10月15日に承認された。全プロジェクトを完成すると23MGD(103,000M³/D)の供給ができる。

- ④ 1983年には同上のMandalay市水道の追加分としてOPECからローン700万ドルが設定され83年1月19日に承認された。
- ⑤ 同年また、Mudon水道供給がタンク灌がいの一環として、世銀（IDA）プロジェクトとして設定され91万4000米ドルが2月4日に承認された。
(全体は791万4000米ドル)

第3章 基本方針および調査の概要

3.1 設計基準

ビルマ国における設計基準は、W.H.Oまたはその他の基準に準じたものがあるが、本プロジェクトの計画を行うに当たっては対象都市の地域性・特殊性を考慮する必要があると判断されたため、ビルマ国側技術スタッフと協議し下記のとおり設計基準を定め、これに基づいて水道計画を行った。

3.1.1 計画年次

計画年次はI.D.W.S.S.Dの最終年の1990年事業年度とする。

3.1.2 計画給水人口

計画給水人口は各都市ごとに過去10年間の人口推移データより平均人口伸び率を算定し、これを基に指数式により計画年次における計画給水人口を決定した。

$$\text{算定式} \quad Y = Y_0(1 + \gamma)^X$$

ここに Y: 基準年からX年後の人口
(ただし基準年は1983年とする)

Y₀: 現在人口

X: 現在から計画年次までの経過年数
(X = 8)

γ: 平均人口伸び率

3.1.3 計画給水区域

計画対象都市には、市街地の他、農業用地、公共用地および軍用地等、飲料水を必要としない地域または独自の水供給施設を保有している区画がある。したがって本プロジェクトでは、土地利用状況、都市開発計画および飲料水供給の必要性を検討し、各都市毎に計画給水区域を決定した。

なお計画給水区域の選別に当たっては、原則として下記の用地、区画は給水区域から除外することとした。

計画給水区域から除外する用地、区画

- | | |
|-----------------|---------|
| *農業用地および牧場 | *軍用地 |
| *宗教用地 | *駅用地 |
| *公共施設建物を含む国有地 | *学校、競技場 |
| *病院 | *墓地 |
| *計画住居拡張地区の一部 等。 | |

3. 1. 4 計画給水量

計画給水量を策定するに基準となる1人1日平均給水量は、都市の規模、気候条件および利用可能な水資源量によって決定されなければならない。本プロジェクトの対象都市はそれぞれの特徴を有するものの、すべてビルマ国の乾燥地帯に属する地域にあり、ほぼ同じ条件であると判断されるため、基本的に全都市同一の基準とした。

I.R.C(International Reference Center)の「Small Community Water Supplies - 1981」による標準的な生活用水使用量をTable 3.1.4.1に示す。

Table 3.1.4.1 Typical domestic water usage

Type of Water Supply	Typical Water Consumption (ℓ pcd)	Range (ℓ pcd)
Communal water point (e.g.village well, public standpost)		
- at considerable distance(>1000m)	7	5 ~ 10
- at medium distance (500-1000m)	12	12 ~ 15
Village well		
walking distance < 250m	20	15 ~ 25
Communal stand pipe		
walking distance < 250m	30	20 ~ 50
Yard Connection (tap placed in house-yard)	40	20 ~ 80
House Connection		
- single tap	50	30 ~ 60
- multiple tap	150	70 ~ 250

Communal Stand pipe およびHouse Connection の割合をそれぞれ40%と60%としHouse Connection を単栓、複栓の平均値とすると、1人1日平均給水量 q_1 は、 $q_1 = (50 + 150) \cdot 1/2 \times 0.6 + 30 \times 0.4 = 72 (\ell)$ となることから、G.A.Dと協議し15g.p.c.d (70ℓ.p.c.d)とした。

また、1人1日最大給水量を算定する場合の負荷率は1日当たり給水量が平均6,000m³程度であることから日本の水道施設の実績から1.5とした。

従って計画給水量(1日最大給水量)の算定式は下記のとおりとする。

① 1人1日平均給水量: q_1

$$q_1 = 15 \text{ g.p.c.d (70 } \ell \text{ .p.c.d)}$$

② 1人1日最大給水量: q_2

$$\begin{aligned}q_2 &= q_1 \times \text{負荷率}(1.5) \\ &= 15 \times 1.5 \\ &= 22.5 \text{ g.p.c.d (105 } \ell \text{ .p.c.d)}\end{aligned}$$

③ 1日平均給水量: q_3

$$q_3 = q_1 \times \text{計画給水人口}$$

④ 1日最大給水量: q_4

$$q_4 = q_2 \times \text{計画給水人口}$$

3.1.5 計画配水量

計画配水量は、1日最大給水量の時間的に最大と想定される水量とする。

なお消火用水については、各都市毎に必要な応じコンクリート製の消化用水池を設けることとし、消火せんは設置しないこととした。

従って計画配水量 Q は、

$$Q = K \times \frac{q_4}{24}$$

ここに K : 時間係数(1.5)

q_4 : 計画1日最大給水量とする。

3. 2 水源

3. 2. 1 水源の種類および位置

水道用原水は、大別して河川水、湖沼水および貯水地水等の地表水と地下水に分けられる。地表水を使用する場合、浄水施設が必要であり、地下水を水源とした場合に比べ建設費が高く、長い建設期間を要し、かつ維持管理が難しいこと等から、本プロジェクトにおける水源は原則として地下水とした。

また水源の位置は地表調査、既存井戸調査および既存の水理地質データに合わせ、電気探査を実施して可能取水域を求めたが、経済性・機能性の点から給水区域により近い地域に水源を置くこととした。

3. 2. 2 地下水賦存量および地下水の水質

1) 地下水賦存量

地下水賦存量の算出方法は、次の2つの方法を用いる。

*水文学的方法によるもの

*帯水層の体積、空隙率、比湧水量より算出する方法

(1) 水文学的方法では、ある水収支区を取り上げ、そこでの一定期間内の水収支を考えると次式が成立する。

$$P = D + E + G + M \rightarrow G = P - (D + E + M)$$

P:降雨量 D:流出量 E:蒸発散量

G:地下水涵養量 M:土湿変化量

なお、期間を一年にとれば土湿の変化はないから、土湿変化量(M)は無視され、また半乾燥地帯と考えれば流出量(D)も無視される。したがって、地下水涵養量(G)は、 $G = P - E$ で表される。

各都市の降雨量は、そのままその都市の降雨量を用いるが、蒸発散量は各都市毎の測定値がないため、測定値のある都市(気温がほぼ同じ都市)の値を用いるものとする。

年間を通して考えれば特に乾期における蒸発散量が著しいため降雨量を上廻りすることとなるが、半乾燥地帯の地下水涵養は主に雨期に行なわれるため、ここでは雨期(5月から10月までの6ヶ月間)における降雨量、蒸発散量について考えるものとする。蒸発散量Eと蒸発計蒸発量 E_p との関係は、一般的に $E/E_p = 0.7$ 程度とされているため、全ての都市においてこの値を用いるものとする。従って地下水涵養量Gは、 $G = P - E_p \times 0.7$ (G:mm)で現され、水収支区の全涵養量は、 $\Sigma G = G \times A = (P - E_p \times 0.7) \times A$ (A:涵養面積 m^2)となる。

(2) 帯水層の体積、空隙率、比湧水量から地下水賦存量を求める場合は、次式で計算される。

$$V = A \times S \times E$$

V; 地下水賦存量(m³)

A; 対象地域の面積(m²)

S; 帯水層の層厚(m)

E; 有効間(空)隙率(%)※1)

※1) Irrawaddy 累層の有効間隙率は15～20%であるが、帯水層の発達状況や堆積状況の違いを考慮して、有効間隙率を対象地域で15%、対象地域外で10%と仮定する。

この値は、地下水の補給や流出を無視した値であり、現在の賦存量を示すものである。

2) 透水係数の決定

対象とする土層の透水係数の算出は、一般にボーリング孔を用いた透水試験や井戸を用いた揚水試験で行なわれる。今回の対象都市には数多くの井戸があるが、揚水試験がほとんど実施されていないため、本調査における透水係数は、井戸の静水位、動水位と揚水量から求めるものとする。これらの既知数から透水係数を求める簡便法としてThiemの式が用いられる。

*自由地下水の場合

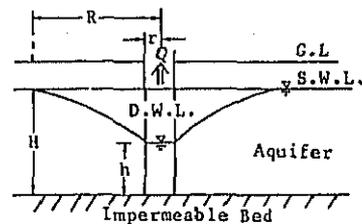
$$k = \frac{2.3 Q \log R / \gamma_0}{\pi (H^2 - h^2)}$$

k; 透水係数(m/sec)

R; 影響圏(m)

γ_0 ; 井戸半径(m)

Q; 揚水量(m³/sec)



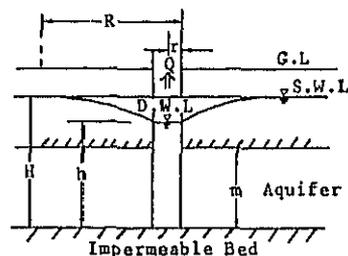
*被圧地下水の場合

$$k = \frac{2.3 Q \log R / \gamma_0}{2 \pi m (H - h)}$$

m; 帯水層厚(m)

H; 不透水層から静水位までの距離(m)

h; 不透水層から動水位までの距離(m)



なお、当報告書における影響圏RをR = 500mと仮定する。

3) 揚水量の算出

生産井における揚水量は、段階式揚水試験によって求めるのが普通である。しかし、現況において揚水試験が実施されていないため、既知の数値を用いて推定するしかない。

ここで、前述の Thiem の公式を用いて算出するものとするが、水位低下量を S ichardt の式を用いて算出する。

$$R = 3,000 S\sqrt{k} \rightarrow S = \frac{R}{3,000\sqrt{k}}$$

R ; 影響圏(m)

S ; 水位低下量(m)

k ; 透水係数(m/sec)

影響圏 R は、井戸相互による干渉が生じないよう井戸相互の距離の 1/2 とする。したがって、揚水量 Q は次式で表される。

*自由地下水

$$Q = \frac{\pi k \left\{ H^2 - \left(H - \frac{R}{3,000\sqrt{k}} \right)^2 \right\}}{2.3 \log R / \gamma} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

*被圧地下水

$$Q = \frac{2 \pi D k \cdot \frac{R}{3,000\sqrt{k}}}{2.3 \log R / \gamma} \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$

ただし、各記号は透水係数の決定の項で述べたものと同じである。

4) 地下水の水質

水質の基準は I . R . C の飲料水のためのガイドラインに従うものとした。ガイドラインの内容は下表のとおりである。

Guidelines for drinking water quality

Water Quality Parameter	measured as	highest desirable level	maximum permissible level
Total dissolved solids*	mg/l	500	2000
Turbidity	FTU	5	25
Colour	mg Pt/l	5	50
Iron	mg Fe ⁺ /l	0.1	1.0
Manganese	mg Mn ⁺⁺ /l	0.05	0.5
Nitrate	mg NO ₃ ⁻ /l	50	100
Nitrite	mg N/l	1	2
Sulphate	mg SO ₄ ⁻ /l	200	400
Fluoride	mg F ⁻ /l	1.0	2.0
Sodium	mg Na ⁺ /l	120	400

3. 3 取水施設

3. 3. 1 生産井、調査井、観測井

生産井は各都市の地下水賦存状況に応じ、深度・口径・一井当たり揚水量が決定される。後述する各都市の井戸形状および一井当たり揚水量は、既存井戸の井戸データおよび本調査で実施された電気探査により決定されたものであり、実際に試験掘りを行って決定されたものではない。従って調査井および観測井を先行させ、これらから得られるデータにより適切な生産井築造に当たることが望ましい。なお生産井・調査井および観測井の設置方法については以下のとおりである。

(1) 生産井

生産井においての揚水を行なう場合、ストレーナから流入する水量が、帯水層中の充填物(砂)を移動しない水量としなければならない。充填物である砂が移動すると、帯水層の破壊やストレーナの目詰まりが生ずるため、土層の空隙率、平均粒径から流動限界速度や流入量を求めてストレーナ径および長さを決定する。以下に手順と手法を述べる。

- ① 各井戸の単位時間当たりの揚水量を求める。
- ② 平均粒径から流動限界速度を求める。流動限界速度は次に示す栗原の公式を用いる。(ただし、砂の移動限界速度と一致するとする。)

栗原の公式 d ; 平均粒径(cm)

$$d < 0.085\text{mm} \quad Vc^2 = (-76.0 \log 1.18d - 37.2)d$$

$$d = 0.085 \sim 0.213\text{mm} \quad Vc^2 = (16.21 \log 1.18d + 55.0)d$$

$$d > 0.213\text{mm} \quad Vc^2 = (83.71 \log 1.18d + 92.3)d$$

- ③ 各井戸径による流入量および有効流入量を求め、各井戸径を決定する。
- ④ 各井戸の単位時間当たりの揚水量に有効流入量を乗じたものが、スクリーン長となる。スクリーン長が帯水層に比べ長い場合には井戸径を調整して妥当なスクリーン長に変更する。各都市の帯水層の空隙率 n 、平均粒径 d は既存のWell Logデータよりを次の通りとした。

* $n=0.3$ $d=0.05\text{cm}$ Pyawbwe, Thazi

* $n=0.3$ $d=0.10\text{cm}$ Pyinmana, Yamethin, Shwebo, Taungddwinyi

* $n=0.3$ $d=0.20\text{cm}$ Monywa, Pakokku

各都市の計画揚水量と井戸径は、下記のとおりである。

Pyinmana、Pyawbweでは、Tube well 1本当たりの揚水量は $200 \sim 600 \text{m}^3 / 18\text{ha}$ と小～中量であることから井戸径は $150 \text{mm}(6")$ とする。

Yamethin、Thazi、Shwebo、TaungddwinyiではTube well 1本当たりの揚水量は 500

～700 m³/18hrと中量であり、井戸径200 mm(8")でまかなうことができる。

Monywa、Pakokkuでは、Tube well 1本当たりの揚水量は1,200～1,400 m³/18haと大量であり、大型水中ポンプの設置が必要であるため Pakokkuでは200 mm(8")とし、深度40 mまでは250 mm(10")のポンプハウジングケーシングとしMonywaは全て250 mm(10")の井戸径とする。

生産井用ケーシング、スクリーンの材質は井戸寿命に直接かかわるため、材質の優れたものを使用しなければならない。特にスクリーンはステンレススチール製とし、スリットサイズは細砂用に使用される0.5 mmのものとする。

ケーシング、スクリーンの挿入後のグラベルパッキングの際、孔壁と管側面のグラベル目詰まり防止のため、ケーシング、スクリーンの接続はフラッシュジョイントタイプとする。

なお、生産井の設置位置は電気探査、既設井戸の分布状況の結果をふまえて決定する。また、調査井の結果から井戸設置位置を変更する場合もある。

2) 調査井

調査井は、生産井の掘削に先立ち、地域全体あるいは生産井設置予定地点の帯水層の分布深度、地下水賦存状態(地下水定数、適正揚水量等)を把握するために掘削するものである。生産井本数の少なくとも50%以上の本数を実施するものとする。

調査井の設置位置は、生産井とほぼ同一地点(生産井より10 m 離す)とし、三角形に配列し、帯水層の走向、傾斜および深度の把握を行なうと共に、各生産井の基礎データを得るものとする。調査井は生産井の揚水試験用観測井として、また長期的な水位変動を計るための観測井として用いるものとする。

調査井は9⁵/₈インチ孔径で掘削し、ケーシング、スクリーンのサイズは150 mm(6")とする。スクリーンは1 mm水平スリット、開孔率5～5.5%のものとし、主帯水層に設置する。調査井の深度は生産井の深さから、砂だめの6 mを差し引いた値の25%増しとする。

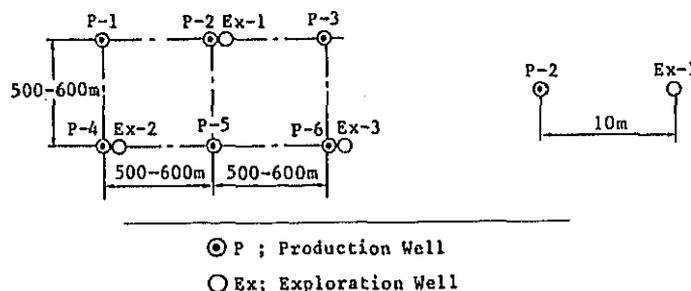


Fig. 3.3.1.1 調査井配置

3) 観測井

観測井は、生産井間の干渉による地域全体の地下水位の動向および乾期、雨期における井戸湧水量の変化等、経年的な生産井の維持管理のために設置するものである。

観測井は、地域全体の地下水位動向を観測するための経年観測井と生産井間の干渉を観測するための生産井観測井の二種類を設置するものとする。

経年観測井は、生産井設置地域の地下水流の上流、中流および下流に1本ずつ設置する。

45日自動巻きの自記水位計によって地域全体の経年観測を行なうものとする。

生産井用観測井は、数本の井戸群の中心あるいは側方に設置し、簡易型水位計による定期的な(1ヶ月毎)水位観測を行なう。

観測井は、7⁵/₈インチ孔径で掘削し、ケーシング、スクリーンのサイズは100mm(4")とし、深度は生産井と同じ深さとする。スクリーンは1mm水平スリット、開孔率5~5.5%

観測井は、ある意味において生産井および地域全体の湧水量、水収支を観測するという点から、生産井以上に重要であるため、耐摩耗性、耐食性、耐電食性に強いFRP管を採用する。

3.3.2 ポンプ、電気

1) ポンプ

地下水の揚水には水中ポンプを使用し、井戸から配水地または高架水槽への送水は特に送水ポンプを設けず、水中ポンプの揚程を上げて直接送水することとした。ここに水中ポンプの計画揚程は井戸の動水位と配水池または高架水槽の計画高水位との標高差、導水管の損失水頭およびポンプ廻りの損失水頭の総和とする。

なおポンプの日稼働時間は18時間とした。

i) 水中ポンプの規格

計画送水量と計画揚程からポンプ口径と軸動力を決定する。

計画揚水量は、次式により求められる。

$$Q_1 = Q_2 / T$$

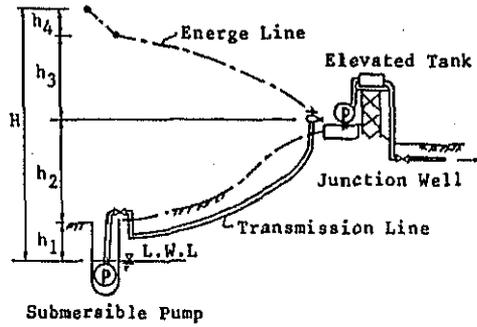
ここに

Q_1 : ポンプの計画送水量(m^3/min)

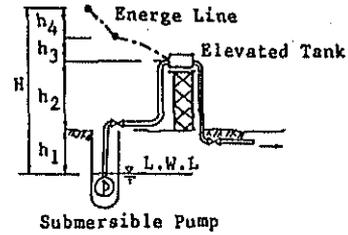
Q_2 : 井戸の計画揚水量 (m^3/day)

T : ポンプの日稼働時間(min) (= $18.0 \times 60 = 1,080$)

また、ポンプの計画揚程は、本プロジェクトの送水形態から以下の要領で求められる。



- Type 1 -



- Type 2 -

H: 計画揚程 (m) ($=h_1 + h_2 + h_3 + h_4$)

h_1 : 井戸地点の地盤高と動水位標高差(m)

h_2 : 井戸地点と着水施設の標高差(m)

h_3 : 管路の摩擦、損失水頭(m)

h_4 : ポンプ廻りの損失水頭(m)

ii) ポンプ口径の決定

ポンプ口径は送水量とポンプ吸込口および吐出口の流速から次式により求められる。

$$D = 146 \sqrt{Q/V}$$

ここに

D: ポンプ口径(mm)

Q: ポンプの送水量(m^3/min)

V: 吸込口または吐出口の流速(m/sec)($=1.5 \sim 3 (m/sec)$)

iii) 軸動力

ポンプの所要軸動力は送水量、計画揚程およびポンプ効率から次式により求められる。

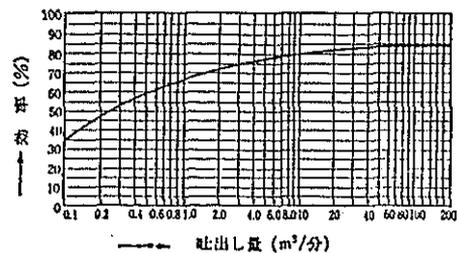
$$L = 0.163 Q \cdot H / \eta$$

ここに

L: ポンプ軸動力(kw)

Q: 送水量(m^3/min)

η : ポンプ効率(右図)



一般用ポンプの標準効率

2) 電力

ビルマ国内の電力事業はE.P.C (Electric Power Corp.) が担当している。

計画対象都市のうち、Thazi、Monywa、Pakokku およびYenangyaung を除く各都市は、市内に設置されたゼネレーターや水力発電所より電力供給がなされている、がいずれも電力量は十分でない。

しかし、西ドイツからのローンによるThazi からToungoo への送電線プロジェクト、日本の無償援助によるTaungdwingyi への電力供給プロジェクトおよび別プロジェクトによるShwebo への電力供給工事等は、それぞれ2年以内に完了の目途が立っており、対象各都市共に計画井戸の運転に必要な電力は確保可能な状態にあるといえる。

新設井戸への電力供給施設の計画に当たっては、井戸が市内にある場合には近くの変圧器から供給することとし、離れている場合には井戸群の中心付近に変圧器を設け、ここから各井戸へ供給する計画とした。なお一次側の電圧はPyinmana の一部を除き11KVであり、二次側電圧は400V、周波数は50Hzである。

3.4 給配水施設

3.4.1 既存施設の利用

計画対象9都市のうちYamethin、Monywa、Yenangyaung およびTaundwingyi の4都市は水供給施設を有し、その他の都市にも数多くの深井戸や浅井戸がある。現地調査では、これらを最大限に新施設に利用することを目的として調査したが、ほとんどの施設は建設年度が古く老朽化しており、YamethinとYenangyaung を除いては計画に利用できる施設は少ない。

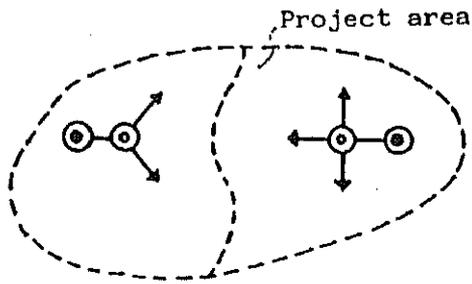
特に既存井戸については、数は多いものの年間を通して利用できる井戸が少ないこと、水質が悪くW.H.Oの基準に適合しないこと、また両方を満足しても可能揚水量が少なく計画にのらないことなどの理由から、原則として計画施設には統合しないこととした。

3.4.2 飲料水供給システムの計画

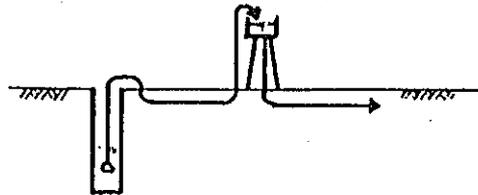
本プロジェクトの対象都市は、地形的、水理地質的条件および都市形態において、それぞれ異なった特性を有している。

したがってこれら各都市の飲料水供給システムの計画は、それぞれの都市または地区の特性に合わせて、以下に示す3つの基本システムを単独あるいは組み合わせて適用することとした。(Fig. 3.4.2.1参照)

システム 1 計画給水エリア内に井戸の築造が可能な場合

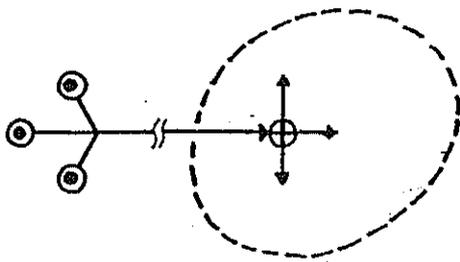


Plan

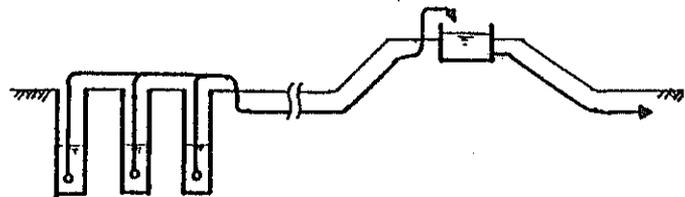


profile

システム 2 計画給水エリア外に井戸予定地があり、地形がフラットで配水池に利用できる丘陵等がない場合

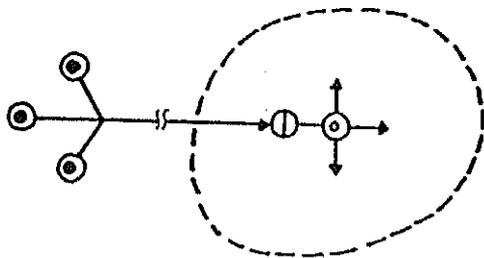


Plan

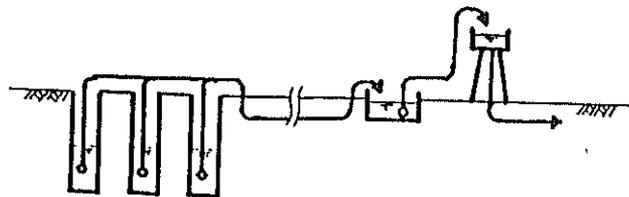


Profile

システム 3 井戸予定地が計画給水エリア内にあるなしを問わず、計画給水エリア内に配水地に利用できる丘陵地等がある場合



Plan



Profile

Legend ●: Intake well ⊕: Reservoir ⊙: Elevated tank ⊕: Junction well

Fig. 3. 4. 2. 1 飲料水供給の基本システム

3.4.3 導水施設

導水施設は、生産井と着水施設とを接続する管路である。

使用する管種は、T形ダクタイトル铸铁管を使用することを原則とするが、鉄道あるいは河川の横断箇所については、維持管理上から鋼管を使用する。

管径は、井戸群からの送水量に対し、管内流速1.0(m/sec)をこえない程度とし、これを満足する管径をダクタイトル管規格より選定する。

管径は、次式にて求める。

$$D = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}$$

D: 必要管径(m)

Q: 管径を求めようとする管路内の送水量(m³/sec)

V: 仮定管内流速(≤1.0)(m/sec)

π: 円周率

管路の流量計算は、一般的に使用されているハーゼン・ウィリアムス(Hazen-Williams)公式にて行なうが、これにより管路の動水勾配、摩擦損失水頭等を求める。

ハーゼン・ウィリアムス公式を下記に示す。

$$I = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

ここに

I: 動水勾配

C: 流速係数(屈曲部の損失を含む場合 C = 110)

D: 管の内径(m)

Q: 流量(m³/sec)

管路の摩擦損失は、動水勾配に管路延長を乗じて求められる。

$$H = I \cdot L$$

ここに

H: 摩擦損失水頭(m)

L: 管路延長(m)

3.4.4 配水施設

配水施設は、井戸群から送られて来た飲料水を一時的に貯水する配水池または高架水槽と、ここから給水区域へ配水する配水管路網とに大別される。

配水方式はすべて自然流下式とし、給水区域内に配水池設置に適当な高所がある場合には、R. C構造の半地下式配水池を設け、適した高所がない場合には、パネル式高架水槽を設けるものとする。配水池および高架水槽の制御は、ウォッチマンによるマニュアル方式により行ない、配水池の有効容量は、1日最大給水量の2時間分、また高架水槽は、1日最大給水量の30分分とした。なお高架水槽の設置に当たっては、井戸群が遠くにあり、なおかつ貯水量が多い場合には一旦着水井に受水し、高架水槽を通して配水する方式とした。この時の有効容量も上記と同様とする。高架水槽の最大高さは15Mを目安とし、構造は空水時の風圧および満水時の地震力に耐え得ることを条件とした。

配水管路は、原則としてダクタイル鑄鉄管を使用し、管網の流量計算は電子計算機で行なったが、計画および計算手法は以下のとおりである。

◎中継ポンプの規格

市域から遠く分散した井戸群からの送水は、一旦、着水井に受水される(システム2の場合)。中継ポンプは、これより高架水槽へ揚水するために設置するもので、井戸群からの総送水量を高架水槽へ確実に揚水できる計画揚程を有するものとする。

計画揚水量および計画揚程は、以下により求める。

i) 計画揚水量

$$\Sigma Q = n \times Q_1$$

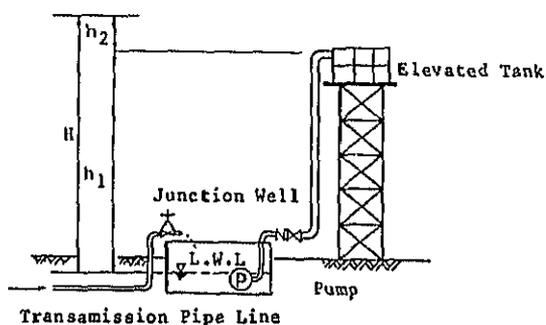
ここに

ΣQ ; 計画揚水量(m^3/min)

n ; 着水井に送水される井戸郡の本数

Q_1 ; 井戸の取水ポンプ1台当たりの計画送水量(m^3/min)

ii) 計画揚程



$$H = h_1 + h_2$$

ここに

H ; 計画揚程(m)

h_1 ; 着水井L.W.Lと高架水槽

HWLの差(m)

h_2 ; ポンプ廻りの損失水頭(m)

中継ポンプ形式は、水中ポンプと陸上ポンプが考えられるが、両者の特性は下記の通りである。

	水中ポンプ	陸上ポンプ
高温度下の運転性	水中のため冷却効果に優れ、運転効率が良い	温度上昇により運転効率が悪化する場合がある
水密性	グランドパッキングが不要で水密性に優れている	グランドパッキングからの漏水の可能性がある
圧力のばらつき	空気の吸込みがなく圧力のばらつきはない	グランドパッキング部からの空気吸込みが圧力のばらつきを発生させる
キャビテーション	発生しない	発生する可能性がある
故障時の点検	容易	機械が多く複雑となる

両者のうち、ポンプ価格では水中ポンプが高くなるが、上表の運転および維持、補修性を重視し、水中ポンプを選定した。なお水中ポンプの場合、上屋、ポンプ基礎の構築を必要としないという利点もある。

3.4.5 管網流量計算

管網流量の計算は、ハーディークロス(Hardy-Cross)法に基づき、電子計算機による反復近似解法にて行なう。

ハーディークロス法で使用される流量公式は、ハーゼン・ウィリアムス公式とする。計算方式の概要は次の通りである。

i) 配水管網の配置

設定された給水区域を人口密度により適宜分割し、各々の区域に給水できるように現況道路(Extension地域では計画道路)に沿って配水管網を配置する。

管網上に定めた給水点から、分割された各区域内人口に相当する給水量を定める。

ii) 流入点の設定

管網上に地形的または配水上有利で、かつ土地利用の可能な一点を定め、流入点(実際上は、配水池または高架水槽)とする。

流入量は、給水量の総和に等しく、また流入点の水頭は、配水管の末端で 0.4 kg/cm^2 (水頭 4.0 m に相当する)を確保することを前提として決定する。

iii) 計算手法

計算は、管路延長と流速係数を既知とし、各管路の通水量と管径を仮定し、ハーゼン・ウィリアムス公式により、流量と摩擦損失水頭を求める。各々の管路について得られる値が合理的に収束するまで、仮定流量の反復補正を繰り返す。

$$h = \gamma Q^{1.85}$$

$$\gamma = 10.666 \cdot C^{-1.85} \cdot D^{-4.87} \cdot L$$

$$\Delta Q = -\Sigma h / 1.85 \Sigma k$$

$$k = h / Q$$

ここに

h: 損失水頭(m)

γ : 管径、管路長、流速係数により決まる係数

C: 流速係数(≒110)

D: 管内径(m)

L: 管路長(M)

ΔQ : 流量補正值(m³/sec)

iv) 計算結果

計算結果、以下の数値が得られる。

* 管路内流量および流速

* 各々の管路の管径

* 各給水点の水圧

3.5 調査の概要

3.5.1 水源調査

1) 井戸調査

井戸調査は、既設井戸について位置、種類(Hand Dug Well、Tube Well あるいは Artesian Well)、深度、径、揚水量のほか、水温、電気伝導度、PHなどの簡易水質試験を行った。

これらの内容については、ビルマ側によって調査されていたが、これを再確認すると共に追加調査を行ったものである。深度や揚水量は聞き込み調査によるもので、実際の深度、揚水量とは違っているものもあると考えられる。

2) 電気探査

電気探査には、自然に発生している現象を利用する自然電位法、人工的に発生させた現象を利用する人工電位法とがある。今回の探査は、人工的に地下に電流を流して地層の比抵抗を測定する比抵抗法を用いた。

比抵抗法は、地下に電流を流し、地盤の見掛けの比抵抗を測定して地質の分布状況を把握する方法である。

Fig. 3.5.1.1に示すように、二つの電極 C_1 、 C_2 を設置し、 C_1 から C_2 に向けて電流 I を流すと、 C_1 、 C_2 間の任意の点 P_1 、 P_2 間の電位 V は、

$$V = V_{P_1} - V_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{P_1 C_2} - \frac{1}{C_1 P_2} + \frac{1}{P_2 C_2} \right)$$

ここに、 ρ ：地盤の比抵抗

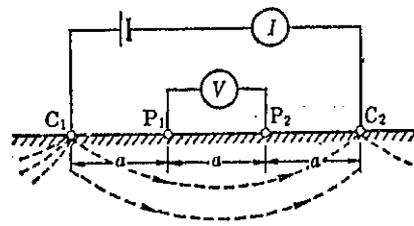


Fig. 3.5.1.1 電極設置

$C_1 P_1 = P_1 P_2 = P_2 C_2 = a$ になるように電極を設置すると、 $V = (\rho I / 2\pi)(1/a)$ となる。したがって、

$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I}$$

となり、地盤の見掛けの比抵抗 ρ が求まる。垂直探査で a を種々変えて、 ρ と a との関係曲線を描き、これを解析して地質構造を判定するのがウェンナー法である。電極間隔は、垂直探査の場合、測点を中心として電極間隔 a を測線上に Table 3.5.1.1 に示すように展開した。

Table 3.5.1.1 電極間隔

深 さ	0～1m	1～3m	3～20m	20～40m	40～100m	100～200m
電極間隔	0.3 m	0.5 m	1.0 m	2.0 m	4.0 m	10.0 m

測点間隔は井戸間隔と概ね一致するように配置したが、地層状況に応じて測点間隔を変更した。また、探査深度は既存井戸資料を参考に決定したため、都市によって探査深度が異なっているが、測定器の性能からみて最大探査深度を200mとした。

3) 水質試験

水質試験は現場試験と室内試験に分かれる。

現場試験は井戸調査中に行ったものであり、測定項目は水温、電気伝導度、PHを測定した。室内試験は各都市の代表的な井戸において採水したものを、Rangoon に持ち帰り、国立衛生研究所(National Health Laboratory)で行った。試験項目は、次の通りである。

- ① 外観(Appearance)
- ② 固形物総量(Total Solids, dried at 103～105° C)
- ③ 全硬度(Total Hardness, as CaCO₃)
- ④ 永久硬度(Permanent Hardness, as CaCO₃)
- ⑤ カルシウム硬度(Calcium Hardness, as CaCO₃)
- ⑥ 全鉄(Total Iron, as Fe)
- ⑦ 塩化物(Chloride, as Cl)
- ⑧ PH

なお、今回調査における固形物総量と電気伝導度の関係を Fig. 3.1.1.2 に示す。この図から $TS = 1 / 1.5 EC$ に集中しており、大阪の地下水の $TS = 1 / 1.33 EC$ と概ね一致している。

室内試験結果は、第4章に都市毎に記載した。

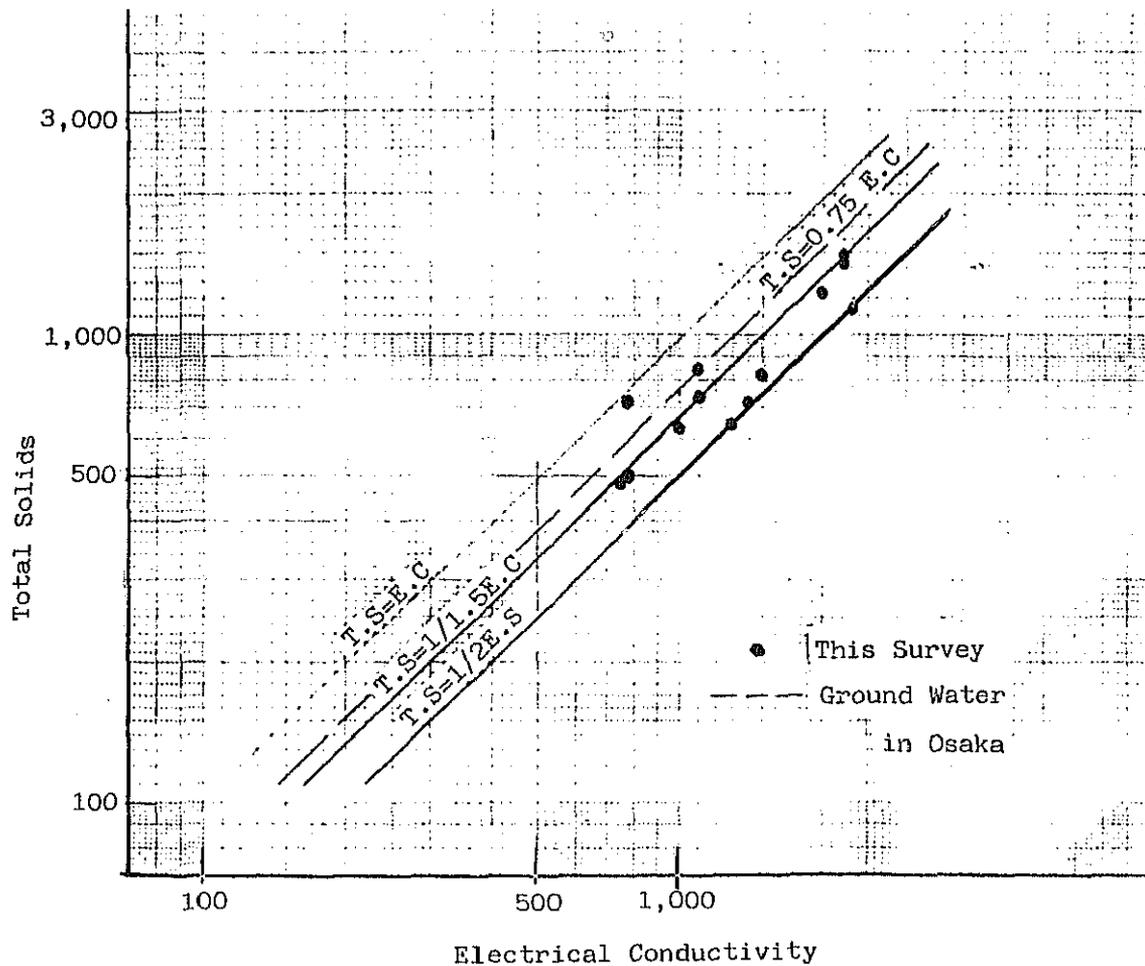


Fig. 3.5.1.2 E.CとT.Sの関係

3.5.2 給水区域調査

水道計画および施設計画を行うに当たっては現地踏査を行うと共に、計画水道施設に関する基本方針について、各都市毎にT.D.Cのメンバーと協議し、基本案を作成した。

調査内容は以下のとおりである。

- ① 水源予定地を含む計画対象地域の地理・地形
- ② 道路、河川、鉄道および土地利用状況
- ③ 人工分布の現状と将来計画
- ④ 既存水供給施設と給水状況
- ⑤ 計画水供給施設の基本案の作成
- ⑥ T.D.Cメンバーに対する基本案の説明と協議

また、追加資機材援助の要請があったProme, Magwe両都市に対しては、建設工事の進捗状況と今後の工程についての事情聴取および要請資機材内容の確認を行った。

第4章 各都市における水道計画

4. 1	Pyinmana	4 9
4. 2	Yamethin	7 3
4. 3	Pyawbwe	9 3
4. 4	Thazi	1 2 1
4. 5	Shwebo	1 4 5
4. 6	Monywa	1 7 3
4. 7	Pakokku	1 9 7
4. 8	Yenangyaung	2 1 9
4. 9	Taungdwingyi	2 2 9
4. 10	PromeおよびMagwe	2 5 5
4. 11	参考図	2 6 1
	(生産井、調査井、観測井、高架水槽)	

調査を実施した各都市は、町の大きさに格差はあるものの、いずれも鉄道、道路の要衝であり、それぞれの地域における商・工業の重要な拠点となっている。しかしながら、町の発展に伴う水道の整備はほとんどなされておらず、飲料水の確保に窮しているのが現状である。

計画対象都市のうちMonywa、YenangyaungおよびTaungdwingyiには既存の水道施設があるが、いずれも小規模なものであり、給水量も極端に不足し、さらに建設以来数十年が経過しているため、老朽化も激しく将来的に耐用できる施設は少ない。またその他の都市には水道施設はなく、ほとんどが自家井戸や公共の掘り抜き井戸に依存しているが、これもない都市では、河川、湖床等の表流水をそのまま飲料水として使用している。

本調査では、各都市毎に既存の井戸について構造、水質および水理地質に関する調査を行うと共に、計画地域とその周辺を含む現地踏査を行い、さらに必要に応じて電気探査を実施し、地下水賦存量の把握、井戸建設の可能性を検討し、計画井戸の位置設定、井戸構造および可能取水量の決定を行った。また水道計画については各都市の地形、土地利用状況、人口の分布および都市計画等より計画給水人口、計画給水量を決定した。また既存施設を持つ都市については、計画施設への利用を目的として調査を行い、町の特性に合わせて施設計画を行った。

各都市の概況、地下水開発計画、水道計画について各項に述べる通りであるが、各都市の概要は「要約」第5項のとおりである。

Table 4.2 主要施設数量総括表

施設	工種	Pynaana		Yamethin		Pyawbwe		Thazi		Shwebo		Monywa		Pakokku		Yenangyaung		Toungdwingyi		計		
取水施設	生産井	Q=600~850 150×76	10本	Q=600~850 200×176	4	Q=200~250 150×46	15	Q=500 200×36	5	Q=700 200×208	9	Q=1,400 ~1,500 250×56	9	Q=1,200 ~1,250 250×106	7	※Q=1,590 3,600×6.0	5	Q=700 200×76	7	5※本	計画取水量Q(m ³ /日)	
	調査井	150×90	5本	150×220	2	150×55	8	150×40	2	150×250	5	150×65	5	150×130	4	-	-	150×90	3	34本	井戸径(mm)×深度(m)	
	観測井	100×76	8本	100×176	4	100×46	9	100×36	4	100×208	7	100×56	8	100×106	6	-	-	100×76	6	52本	"	
	取水ポンプ	100×15	4基	50×7.5	1	50×5.5	8	65×11	5	80×11	9	125×22	4	125×18.5	5	100×30	7	※150×55	3	80×11	7	3※基
ポンプ室	80×11	6基	80×15	4	50×5.5	8	50×5.5	6			80×3.7	1									67基	※陸上ポンプ
		A=16.0	10棟	A=16.0	4	A=16.0	15	A=16.0	5	A=16.0	9	A=16.0	9	A=16.0	7	A=16.7	1	A=16.0	7	67棟	建築面積A(m ²)	
導水施設	導水管	φ150~φ200	3,790m	φ150~φ300	2,800	φ75~φ200	17,140	φ100~φ250	3,040	φ150~φ250	9,540	φ200~φ300	5,720	φ200~φ350	3,980	-	-	φ150~φ350	3,270	49,280m	管径φ(mm)、 T型ダクタイル鋳鉄管3種	
	仕切弁	"	6ヶ所	"	5	"	18	"	5	"	9	"	8	"	8	-	-	"	6	65ヶ所	口径φ(mm)	
	空気弁	φ20	5ヶ所	φ20~φ25	4	φ20	23	φ20~φ25	4	φ20~φ25	13	φ20~φ25	8	φ20~φ25	6	-	-	φ20~φ25	5	68ヶ所	口径φ(mm)	
配水施設	貯水槽	V=210	1基	-	-	V=20	1	-	-	-	-	-	-	V=315 V=410	1 1	-	-	-	-	4基	貯水容量V(m ³) 半地下式RC構造	
	着水井	-	-	-	-	V=100 V=130	1 1	V=190	1	V=170 V=175	2 1	V=480 V=210 V=150 V=140	1 1 1 1	-	-	-	-	-	10基	"		
	高架水槽	38.9×15.0	1基	-	-	32.6×15.0	1	46.8×15.0	1	41.3 φ×15.0	3	50.5×15.0 30.8×15.0	1 1	-	-	-	-	-	14基	容量(m ³)×高さ(m) FRPパネル製、鋼製架台		
		12.9×15.0	3基	-	-	25.2×15.0	1	-	-	43.3	-	34.1×15.0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
配水施設	配水管	φ75~φ200	16,840m	-	-	φ75~φ150	13,190	φ75~φ200	8,720	φ75~φ200	25,670	φ75~φ350	45,320	φ75~φ250	27,440	-	-	φ75~φ250	20,230	157,410m	管径φ(mm) T型ダクタイル鋳鉄管3種	
	仕切弁	"	57ヶ所	-	-	"	46	"	27	"	60	"	127	"	71	-	-	"	53	441ヶ所	口径φ(mm)	
	空気弁	φ20	36ヶ所	-	-	φ20	28	φ20	20	φ20	58	φ20~φ25	95	φ20~φ25	57	-	-	φ20~φ25	43	337ヶ所	"	
	中継ポンプ	-	-	-	-	125×11 100×7.5	1 1	150×15	1	150×11	3	250×30 150×15	1 3	-	-	-	-	200×22	1	11基	口径(mm)×出力(kw)	
電気施設	変電設備	100 25	1式 1式	150	1	75 50	1 1	100	1	150	1	100 50	1 2	100	1	-	-	100	1	12式	3φ4W用(KVA) 11KV/0.4KV	
	送電線	14°~100° 8°×4c	27.8km	60° 8°×4c	1.5	14°~80° 5.5°×4c	47.0	50° 8°×4c	9.4	14°~100° 14°×4c	23.4	30°~50° 14°×4c ~22°×4c	28.4	22°~60° 22°×4c	17.1	-	-	22°~80° 8°×4c	18.0	172.6km	0W- CV- (km)	

