

タイ工業用水合理的使用計画調査 報告書

平成元年 3 月

国際協力事業団

工計鋳

J R

89-43

10261

JICA LIBRARY

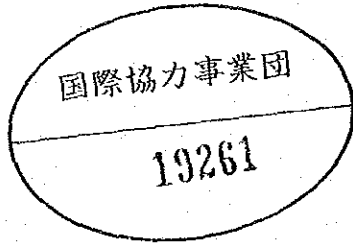


1073665[03]

タイ工業用水合理的使用計画調査 報告書

平成元年 3 月

国際協力事業団



序 文

日本国政府は、タイ王国政府の要請に基づき、同国の工業用水合理的使用計画にかかる開発調査を行うことを決定し、国際協力事業団がこの調査を実施した。

当事業団は、1987年8月25日より9月8日まで及び同年10月12日より12月10日まで、1988年7月14日より7月28日まで、同年12月7日より12月15日までの4回に亘り（財）造水促進センター橋本尚人氏を団長とする調査団を現地に派遣した。

調査団は、タイ王国政府関係者と協議を行うとともに、プロジェクト・サイト調査を実施し、帰国後の国内作業を経て、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、ひいては両国の友好・親善の一層の発展に役立つことを願うものである。

最後に、本件調査に御協力と御支援をいただいた両国の関係者各位に対し、心より感謝の意を表するものである。

平成元年 3 月

国際協力事業団
総裁 柳谷謙介

要 旨

1. 調査の経緯

バンコク首都圏で発生している深刻な地盤沈下を防止するため、工業用水として使用されている地下水を合理的に使用して、揚水量を節減する計画がタイ国工業省工場局（IWD）において企画され、その基礎となる「工業用水合理的使用計画調査」の実施が日本政府に要請された。日本政府はその要請を受入れ、国際協力事業団（JICA）がその調査を実施することになり、1987年8月に調査を開始し、1989年3月に完了した。

2. 調査の目的

タイ国政府が指定したバンコク首都圏のサムトプラカン地域において、工業用水として使用されている地下水の使用状況を調査し、経済・技術の両面より考えた節水可能量を算出し、合理的使用のための技術的指針を作成する。本調査がいくつもある地盤沈下対策の中に占める位置と、他の対策との関連を図1に示す。

3. 調査の内容

全体は8ステップに分れている。各ステップの概要を図2に示す。

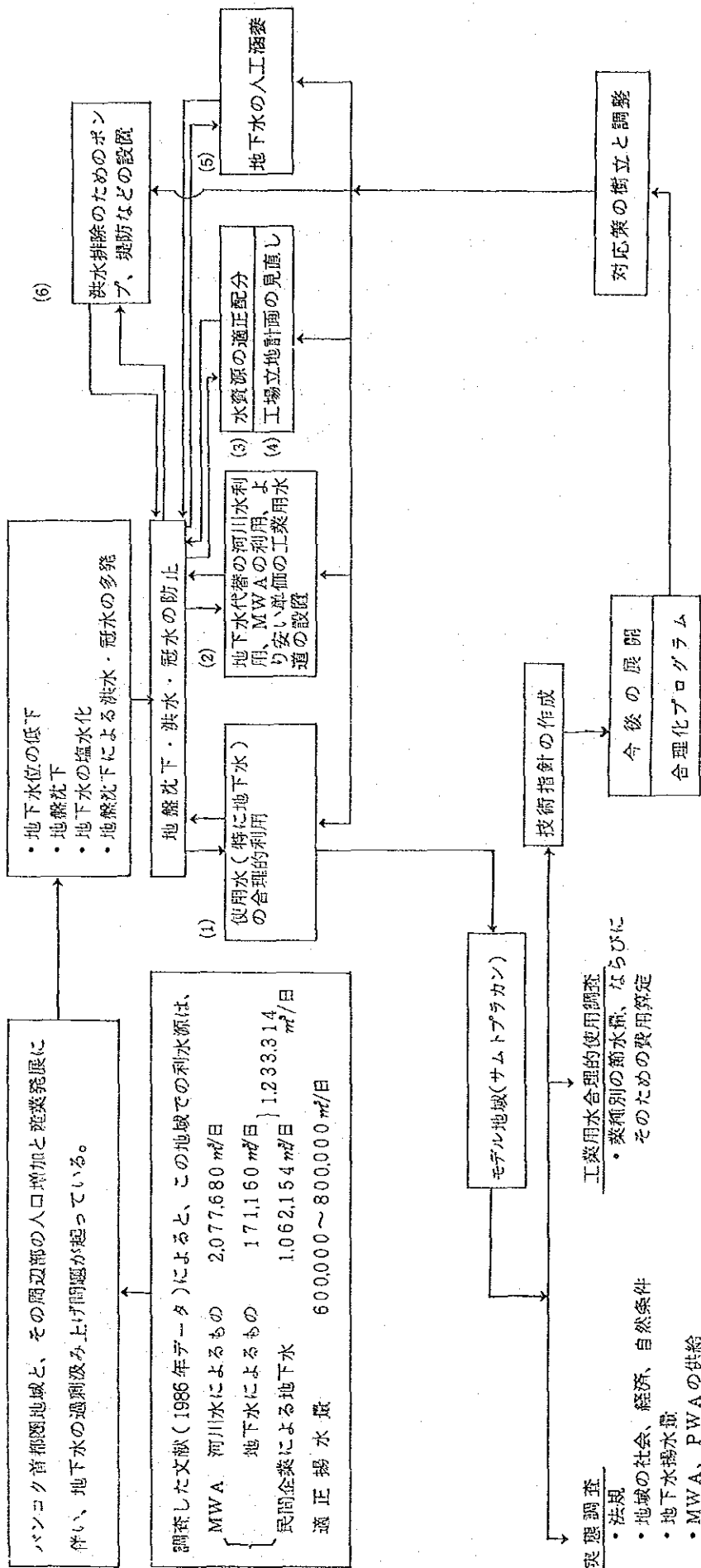


図1 調査の位置づけ

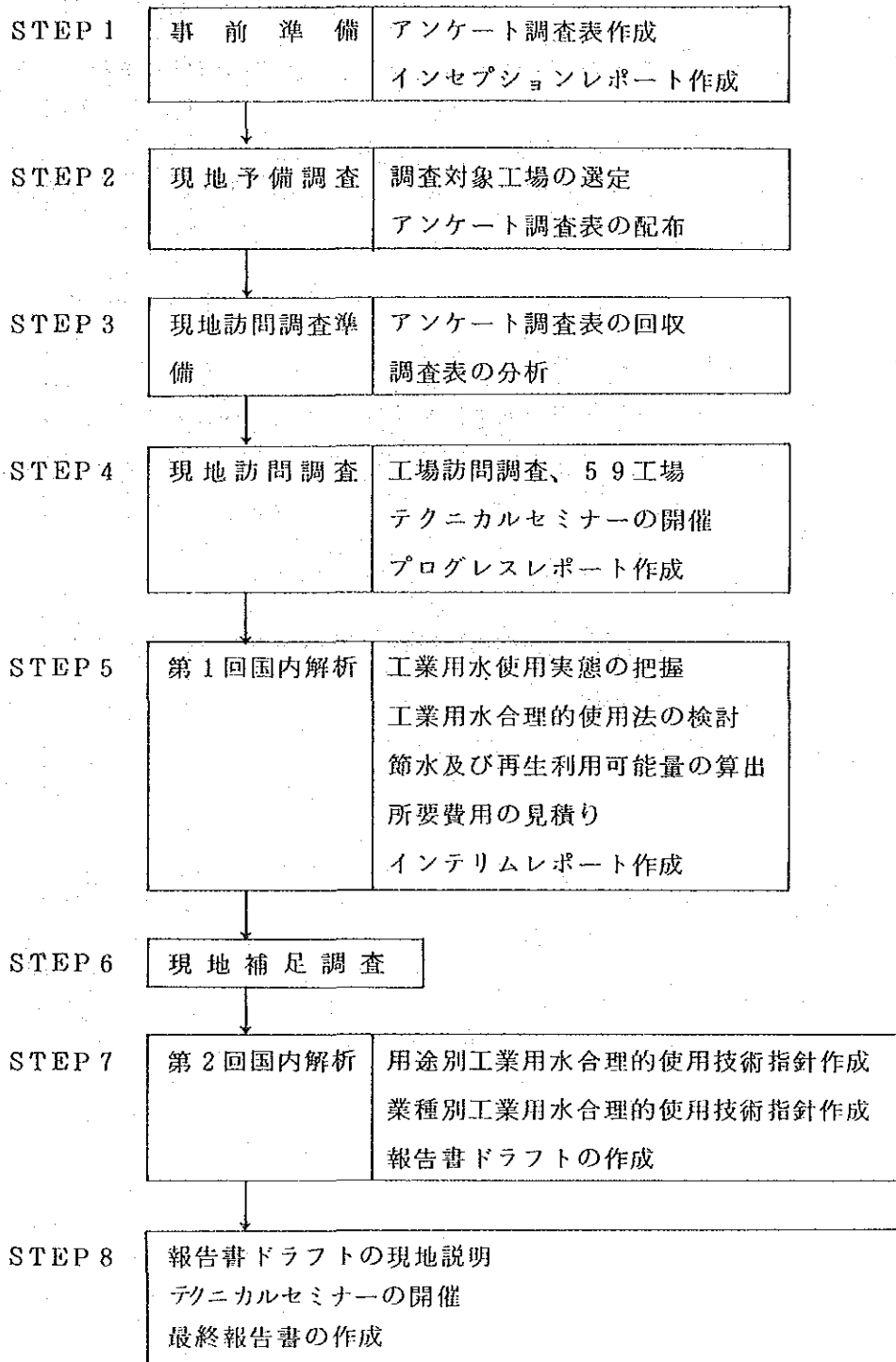


図2 作業の流れ

4. 調査結果の概要

サムトプラカン地区に立地する5業種59工場を調査した。その結果を集約して表1に示す。

調査した工場数は、サムトプラカン地域の全工場の2.2%に過ぎないが、地下水の使用量では17.6%を占めている。

5. 合理的使用を進めるためのプログラム

調査結果に基づいて、今後合理的使用を進めるため問題点と対応策を検討し、その中から政府側と民間側で実施すべき合理化プログラムを作成した。その概要を表2に示す。

6. 合理化プログラムの提言

上記の合理化プログラムの中より、比較的実行可能と思われるプログラムとして、以下の5項目をあげ、これについて検討した。

- a. セミナー等による技術指針の普及・徹底
- b. 合理的使用計画調査の対象工場の拡大
- c. デモンストレーションプラントの建設・運転による合理的使用の普及・徹底
- d. 工場の巡回指導による技術指針の実施
- e. 工場に専門家を派遣することによる技術指針の実施

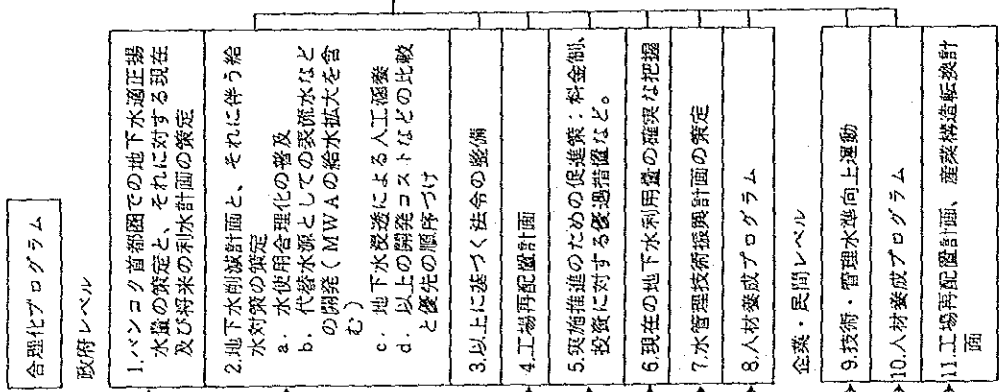
表1 調査結果の集約

項目 業種	調査 工場数	工業用水使用量 $m^3/日$			回収率 ¹⁾ %	節水可能量 ²⁾ $m^3/日$	井戸水に対 ³⁾ する節水率 %	合理化 単価 日/ m^3 ⁴⁾	
		補給水	補給水の内 井戸水	回収水					合計
食料品	14	7,025	6,521	39,301	46,326	84.8	969	14.9	3.4
紙	5	18,845	16,945	11,009	29,854	36.9	5,260 再生利用を除く 1,560	31.0 9.2	3.3 0.8
織	7	13,632	13,578	53,535	67,167	79.7	2,636 再生利用を除く 636	19.4 4.7	10.1 0.8
金属	20	8,594	8,547	26,563	35,157	75.5	1,603	18.8	1.4
化学	13	4,799	4,704	43,693	48,492	90.1	694	14.8	0.3
合計	59	52,895	50,295	174,101	226,996	76.7	11,162 再生利用を除く 5,462	22.2 10.8	4.7 1.4

注：1) 回収率 = 回収水量 / 全使用水量
 2) 本文4.4参照
 3) 節水率 = 節水可能量 / 井戸水使用量
 4) 本文4.3参照

表 2 合理的な使用を進めるための問題点と対応策

実施レベル	実施	問題点	対応策
政府	1. 水法、特に利水に関する諸施策の計画調整、法令の整備、施行令の強化が必要	1. 水法、特に利水に関する諸施策の計画調整、法令の整備、施行令の強化が必要	バンコク首都圏の地下水揚水量は120万m ³ /日以上、これに対する地盤沈下に対する安全揚水量は60~80万m ³ /日といわれる。即ち40~60万m ³ /日以上の地下水を削減しなければならぬ。この削減策を各地域で推進して行くためには、それぞれの地域の適正揚水量を算定し、その目標に向かって削減計画を策定する。MWAでは地下水揚水量を削減していない。この対策として節水・合理化全体としては大きな削減とはなっていない。この対策として節水・合理化による低減のみでは十分でなく、代替水源（表流水など）の開発が必要である。表流水利用については、農業用水、上水道との水量の調整が必要。また個別に工業用水道を許すれば、MWA法との調整や、水料金政策を含めて（工場によって高い水料金を課すところもある）考究する必要がある。
	2. 工場立地ならびに再配置計画の見直し	2. 工場立地ならびに再配置計画の見直し	工業の近代化、規模拡大をわらうとして団地化の中には、水を余り使わない生産設備への転換などを含む。
	3. 合理化促進のための施策の強化	3. 合理化促進のための施策の強化	合理化のインセンティブとしては、水料金制、特に大量の水を使うほど料金が上がる連増法による水料金制の導入が有効であるが、現在、地下水水に依って法制的にも強制できるようになり、適正料金による代替水（河川水等）が供給できる工業用水道の建設などを進める。
企業・民間レベル	4. 工場用水に関する試験、調査、試作計画、サービス機能の不足	4. 工場用水に関する試験、調査、試作計画、サービス機能の不足	教育、訓練制度を拡充すると共に「水管理士」、「環境管理士」といった認定制度などを新設し、管理機能を充実するものも一方策。
	5. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	5. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	例えばば流計修復センター、材料統一認定制度などにより、水質・水質データの確認と、技術振興のための研究機関の設立なども一方策。
政府	6. 地盤沈下地域での適正揚水量の設定が明確でない	6. 地盤沈下地域での適正揚水量の設定が明確でない	地下水揚水量削減の基本的数値であり、各地区で料米の工場立地計画を含め揚水量削減値を明確にする必要がある。
	7. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	7. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	水使用合理化のためには、こうした数値の把握が基本である。揚水量を含めたプロセス用水と生活用水を明確に捉え、循環使用のための冷却塔よりの節電、プロパティの把握、さらには排水処理、排水質の把握が必要。こうした調査を拡大し、全体像を明らかにすること。
政府	8. 中間管理者不足、用排水技術者不足	8. 中間管理者不足、用排水技術者不足	政府自身の指導機関の設立の促進、工場側でも資格技術者による管理水準、技術水準向上運動の促進、その間を結ぶエンジニアリング会社の育成が必要。
	9. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	9. 各工場使用水の量的・質的把握が不十分	地下水揚水量削減の基本的数値であり、各地区で料米の工場立地計画を含め揚水量削減値を明確にする必要がある。



目 次

第1章 緒 論	1
1.1 調査の経緯	1
1.2 調査の目的	2
1.3 調査の内容	2
1.4 作業の実施状況	3
第2章 調査に関連したタイ国の諸事情	12
2.1 タイ国全般の状況	12
2.2 バンコク首都圏の状況	14
2.3 給水及び排水の水質	26
2.4 サムトプラカン地域の状況	35
2.5 地下水の適正揚水量	40
2.6 関連した法律・規則	46
2.7 地盤沈下対策	48
2.8 水道料金	55
参考文献	62
第3章 調査工場の工業用水使用実態	63
3.1 調査対象工場の選定	63
3.2 実態調査の実施状況	64
3.3 調査工場の概要	65
3.4 工業用水の使用実態	70
第4章 工業用水の合理的使用法の検討	86
4.1 概 要	86
4.2 合理的使用法の説明	86
4.3 所要費用の算出法	89
4.4 節水及び再生利用可能量の算出	90
4.5 業種別、用途別節水可能量	96
4.6 方法別、用途別節水可能量	96
4.7 方法別、業種別節水可能量	101
4.8 合理化単価について	102
4.9 合理的使用法のまとめ	107

第5章 個別工場の合理的用法	110
5.1 食料品工業	111
5.2 紙工業	190
5.3 繊維工業	218
5.4 金属工業	253
5.5 化学工業	358
第6章 主要用途別工業用水合理的技術指針	427
6.1 概要	427
6.2 ボイラー用水	427
6.3 製品処理・洗浄用水	431
6.4 冷却用水及び温調用水	442
6.5 その他の用水	450
第7章 主要業種別工業用水合理的技術指針	455
7.1 概要	455
7.2 食料品工業	455
7.3 紙工業	465
7.4 繊維工業	471
7.5 金属製造業	483
7.6 機械製造業	485
7.7 化学工業	492
第8章 問題点と対応策	495
8.1 地盤沈下防止対策の概要	495
8.2 合理的使用による節減の効果	499
8.3 合理的使用を進めるための問題点と対応策	501
第9章 合理化プログラムについての提言	507
9.1 合理化プログラム	507
9.2 実行可能なプログラム	509
第10章 結言	516
付属資料 その1	付1
付属資料 その2	付9

図 一 覧 表

第 1 章	1
図 1.1 作業の流れ図	4
1.2 作業工程表	8
第 2 章	12
図 2.1 タイ国の人口の推移	12
2.2 タイ国の降雨量分布	13
2.3 バンコク地下水圏	15
2.4 地下水重点域	16
2.5 地盤沈下地域	17
2.6 民間企業の地下水揚水量の削減目標	20
2.7 MWA の給水実績	21
2.8 MWA の給水区域	22
2.9 MWA の地下水揚水量の目標値	23
2.10 東京都における漏水率、漏水量、配水量の推移	24
2.11 PWA の給水状況の推移	26
2.12 サムトプラカン地域の人口増加状況	36
2.13 サムトプラカン地域の出荷額の推移	37
2.14 サムトプラカン地域の工場数等の推移	38
2.15 井戸の分布状況	39
2.16 サムトプラカン地域の降雨量	39
2.17 埼玉県における都市用水の水源別用水量変化と地盤沈下の変化	54
2.18 工業用水使用合理化の指導の進め方	55
2.19 地名の参考図	58
2.20 水道の用水原価と販売価格	59
第 3 章	63
図 3.1 水源別工業用水使用量	72
3.2 水源別工業用水使用比率	72
3.3 業種別工業用水使用比率	73
3.4 用途別工業用水使用比率	73
3.5 業種別井戸水使用比率	74
3.6 用途別井戸水使用比率	74
3.7 生活用水の使用量	80

第4章	86
図4.1 冷却塔による循環使用	88
4.2 業種別節水可能量及び節水率	98
4.3 節水可能量の用途別比率	98
4.4 節水可能量の方法別比率	100
4.5 合理化単価と節水可能量の関係	105
4.6 合理化平均単価と節水可能量の関係	106
4.7 自動ブロー装置の設置例	108
4.8 導電率管理による水質変動状況	108
第6章	427
図6.1 ボイラー用水使用系統図	428
6.2 スチームドレン回収装置の例	429
6.3 向流多段洗浄方式の例	431
6.4 向流多段洗浄における段数と水量の関係	432
6.5 洗びん機の向流多段洗浄	433
6.6 手元制御弁(その1)	435
6.7 手元制御弁(その2)	435
6.8 定量制御弁の一例	436
6.9 水洗槽用自動給水装置モデル図	437
6.10 高圧噴射洗浄機のモデル図	438
6.11 冷却塔による循環利用	443
6.12 濃縮倍率とブローダウン率の関係	445
6.13 冷凍機を用いた冷却システムの概略図	447
6.14 冷却塔の価格と動力	449
6.15 冷凍機利用システムにおける冷凍機容量と価格、動力の関係	450
6.16 光検知による個別検知型小便器自動洗浄装置の使用例	453
第7章	455
図7.1 食料品工業の製造フロー	456
7.2 清涼飲料、ビールのブラシ型洗びん機の概略工程図と適正水量	459
7.3 洗びん機の能力と適正水量	460
7.4 C I P使用のフローシート	462
7.5 C I Pの適正水量	463
7.6 足踏みスイッチ	465
7.7 トイレットペーパーの製造工程図	466
7.8 離解、除塵、粗選機の組合せフロー	467

7.9	綿・麻織物の染色加工工程	472
7.10	向流式染色仕上げ用水洗機	475
7.11	振動式染色仕上げ用水洗機	476
7.12	貫通式染色仕上げ用水洗機	477
7.13	絞り式染色仕上げ用水洗機	478
7.14	従来型染色仕上げ用水洗機	478
7.15	ジェット染色機	481
7.16	棒鋼の加工フローシート	483
7.17	錫めっき鋼板の加工フローシート	484
7.18	金めっきにおける加工工程と洗浄用水	485
7.19	自動車製造工程のフロー	486
7.20	車体塗装ラインの製造工程概略フロー	486
7.21	前処理工程フロー	487
7.22	電着工程フロー	488
7.23	鋳造工程概略フロー	489
7.24	限外汙過装置前後のフローシート	491
7.25	高分子工業製造フローシート	493
第8章		495
図 8.1	本調査の結果と地盤沈下防止対策における位置づけ	496
第9章		507
図 9.1	巡回指導の進め方の一案	513

表 一 覧 表

第 1 章	1
表 1.1 調査団の名簿	6
1.2 I W D のスタッフの名簿	7
第 2 章	12
表 2.1 タイ国各地における年間降雨量	14
2.2 民間の地下水の揚水量	19
2.3 バンコク首都圏における地下水の揚水量	19
2.4 MWA の給水記録	20
2.5 WATER PLAN 2000	25
2.6 タイ国の飲料水基準	27
2.7 日本の飲料水基準	29
2.8 P-04 工場の井戸別水質	30
2.9 水源別水質表	31
2.10 工業用水道供給標準水質	31
2.11 工場排水の基準	32
2.12 生活排水の基準	34
2.13 井戸の数と揚水量	40
2.14 B. G. A. における民間使用の井戸数と揚水量	42
2.15 G. C. A. における民間使用の井戸数と揚水量	42
2.16 適正揚水量の検討	43
2.17 日本の地下水揚水量の実例	44
2.18 千葉県地下水の単位揚水量	45
2.19 埼玉県地下水の単位揚水量	45
2.20 関連した法律及び告示	47
2.21 日本の工業用水法	49
2.22 日本における水に関わる法律	50
2.23 日本における地下水障害対策	52
2.24 千葉県の地盤沈下防止対策体系	53
2.25 MWA の水道料金	56
2.26 PWA の水道料金	56
2.27 日本の上水道の家庭用料金	57
2.28 日本の公共工業用水道の平均料金の推移	60

2.29	日本の主要産業別、水源別用水コスト	61
2.30	主要業種における工業用水コスト	61
第3章		63
表 3.1	会社、工場概要	66
3.2	調査工場の工業用水使用量	70
3.3	井戸水の水質	81
第4章		86
表 4.1	工場別の節水及び再生利用可能量一覧	92
4.2	業種別、用途別節水可能量	97
4.3	方法別、用途別節水可能量	99
4.4	方法別、業種別節水可能量	101
4.5	方法別、単価別節水可能量	103
第6章		427
表 6.1	ドレン回収の費用試算	430
6.2	節水型機器使用時の費用節約率	441
6.3	冷凍機の種類	446
6.4	冷凍機の特徴	447
6.5	光検知による個別検知型小便器自動洗浄装置による節水効果	453
第7章		455
表 7.1	洗びん機の合理化費用	461
7.2	C I Pの合理化費用	464
7.3	白水回収前後の水質の比較	469
7.4	廃水再生利用における費用比較(紙、パルプ)	471
7.5	節水型水洗機導入前後の水費用の比較	480
7.6	廃水再生利用における費用比較(染色工程)	483
7.7	限外汚過処理による再生利用における費用比較	492
第8章		495
表 8.1	合理的使用を進めるための問題点と対応策	502

第1章 緒 論

1.1 調査の経緯

タイ王国の首都であるバンコクは、広大なタイの中央平野の南端、タイ湾より約 25 km 北部に位置している。首都圏はチャオプラヤ河兩岸のデルタ地帯に広がっているが、そこは地面の高さが海面上 0.5 ~ 1.5 m に過ぎない極めて平坦な低地である。

首都圏では近年急激に人口が増加し、又産業が発展し、そのため生活用水や工業用水の需要が急速に増大した。しかし、この地域の最大の水源であるチャオプラヤ河は、海水が上流に向かって逆流するため水質が悪く、バンコク国際空港（河口より約 50 km）近くまでさかのぼらないと塩分が低い淡水が得られない状況にある。従って主要な水源として地下水（井戸水）が使用されているが、急激な揚水量の増大により、種々な障害が発生している。その主なものは地盤沈下と地下水の塩水化であるが、特に前者は雨季にしばしば発生する洪水の大きな原因になっており、緊急の対策が必要となっている。

根本的な対策としては井戸水の揚水を止め、すべて河川水に替えることであるが、水源の開発は容易ではなく、又給水施設（浄水施設、配管等）の建設にも多大の費用と期間を要する。

一方、日本においても地下水の過剰な汲み上げによる地盤沈下及び地下水の問題が各地で発生しており、その対策の一つとして工業用水の合理的使用の調査及び指導が行われている。

これは工業用に使用されている井戸水の使用状況を詳しく検討し、これをできるだけ有効に使用することにより井戸水の節水をはかるもので、地盤沈下が激しく、しかも代替の河川水が得られにくい地域において大きな効果をおさめている。

タイ王国政府において工業用水を管轄する工業省工場局（Industrial Works Department, 以下 I W D と略する）は、日本における工業用水の合理的使用の調査及び普及の実績に着目し、バンコク首都圏において工業用水の有効使用をはかり、井戸水の揚水量を節減して地盤沈下等の障害の解決をはかることを計画した。しかし、I W D 自体は技術及び経験に乏しいことから、昭和 60 年 8 月に日本政府に対し「工業用水の合理的使用計画」の策定に関する技術協力を要請した。

日本政府はこの要請を受け、昭和 61 年 3 月に国際協力事業団（以下 JICA と略する）のコンタクトミッションを派遣し、この要請の内容を検討した結果、これを受入れるこ

とに決定した。

その決定に従い、JICAは昭和62年3月に事前調査団を派遣し、IWDとの間に最終的なSCOPE OF WORKを締結した。このSCOPE OF WORKと打合わせ議事録により、調査対象地域はバンコク首都圏の南部、チャオプラヤ河口とタイ湾に面するサムトプラカン地域、調査対象工場は5業種約60工場と指定された。

1.2 調査の目的

前述のように、工業用水の合理的使用が井戸水の揚水量の節減に有効であり、さらにそれが地盤沈下防止の有効な対策となり得ることは、IWDによって認識されている。しかし、それを具体的に実行しようとする、合理的使用に関する適切なガイドラインがないことが、指導する側のIWDにとっても、実行する側の工場にとっても大きな問題点となってくることは明白である。

本調査の主目的は、上記の両当事者(IWD及び工場)に、工業用水の合理的使用に関する適切なガイドラインを提供することにある。さらに加えて工業用水の合理的使用に関する技術及びノウハウを関係者に移転し、調査終了後はタイ国自身の力で合理的使用が推進できるようにすることである。その目的を細かく分けると以下の項目となる。

- (1) 調査対象工場の井戸水の節水の可能性を検討し、節水可能量を算出する。
- (2) 上記に基づいて工場の業種及び工業用水の用途に従って技術的なガイドラインを作成する。
- (3) IWDに対し、調査結果をタイ王国において実行する場合の問題点を提示し、その解決策を提言する。
- (4) 前後2回のセミナーを開催して関係者に合理的使用に関する技術及びノウハウを移転し、又IWDのスタッフに対しては、調査の実施の過程においてOJT(On the Job Training)により技術移転をはかる。

1.3 調査の内容

1.3.1 作業の流れ

本調査は次の8段階から成り立っている。

第1段階 国内における事前準備

第2段階 現地予備調査

第 3 段階	国内における現地訪問調査準備
第 4 段階	現地訪問調査
第 5 段階	第 1 回国内解析
第 6 段階	現地補足調査
第 7 段階	第 2 回国内解析
第 8 段階	報告書ドラフトの現地説明及び最終報告書作成

なお前後 2 回のセミナーは、第 4 段階と第 8 段階に含まれる。この作業の流れを図 1.1 に示す。各段階ごとの作業の実施状況は以後に説明する。

1.3.2 調査実施の態勢

本調査を実施するため、表 1.1 に示す調査団を結成し、それぞれの業務内容に従って作業を進めた。また、タイ王国側のカウンターパートである I W D の態勢は表 1.2 に示す通りである。

1.3.3 作業工程

図 1.2 に、実施した作業工程を示す。

1.4 作業の実施状況

1.4.1 準備作業

アンケート調査表（英文）及びインセプションレポートを作成し、昭和 62 年 8 月 15 日に JICA バンコク事務所を通じて I W D に送付した。アンケート調査表は付属資料その 2 に添付してある。

1.4.2 現地予備調査

昭和 62 年 8 月 25 日から 9 月 8 日までの 2 週間、橋本団長以下 4 名がバンコクにおもむき、予備調査を実施した。その主な内容は以下の通りである。

- (1) I W D に対するインセプションレポートの説明
- (2) 調査対象事業所の選定
- (3) アンケート調査の実施準備
- (4) 工場予備調査（4 工場）の実施
- (5) 現地訪問調査及びテクニカルセミナーの内容決定

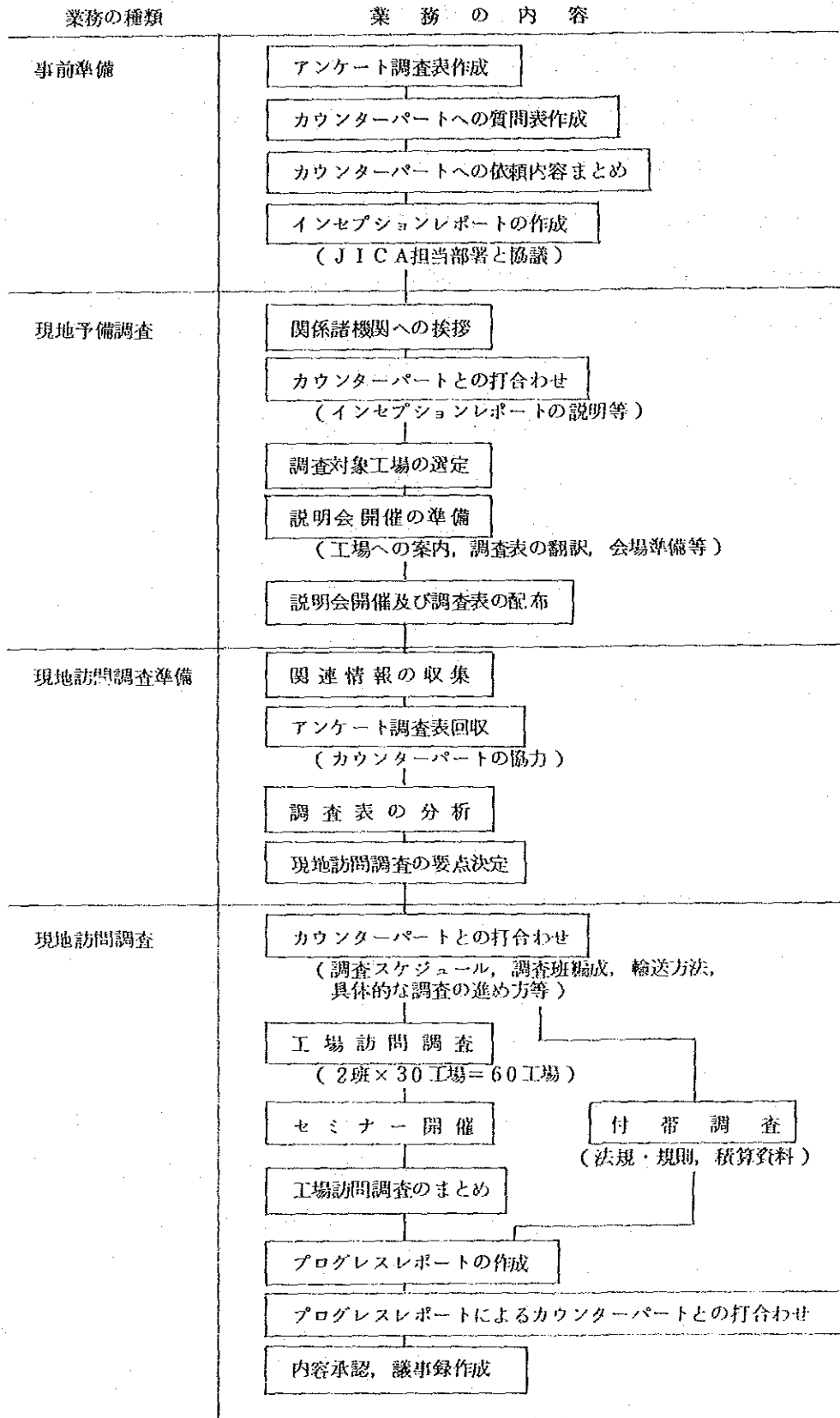


図 1.1 作業の流れ図(その1)

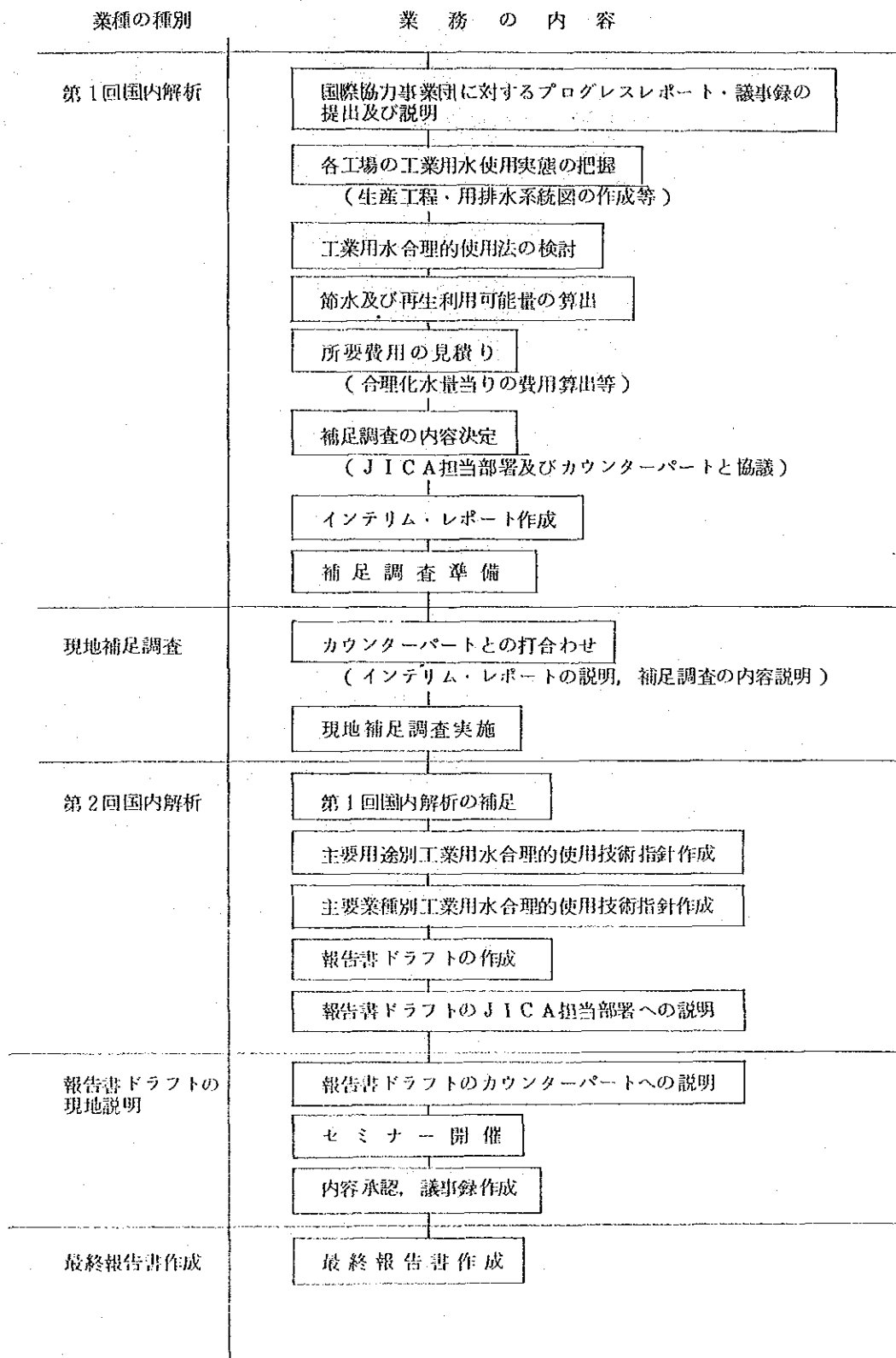


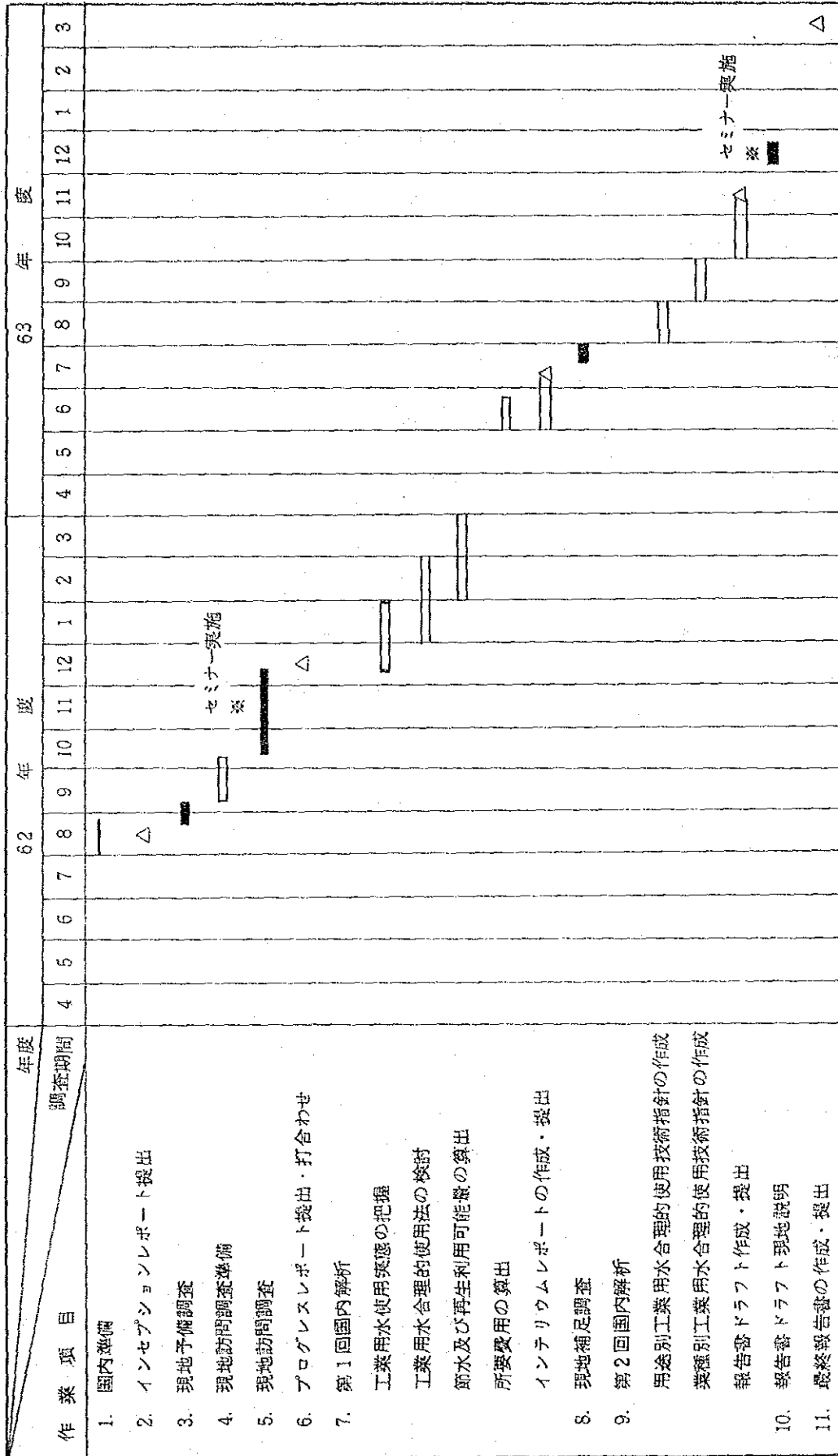
図 1.1 作業の流れ図(その2)

表 1.1 調査団の名簿

氏名	担当	業務内容	所属
橋本尚人	団長 業務総括	業務全体の取りまとめ責任者 国内業務 — 同上 現地業務 — カウンターパートとの折衝 調査団の取りまとめ セミナーの主催及び講師	(財)造水促進センター
内田駿一郎	団長代理 合理化総合計画	工業用水合理的使用法検討の実施及び取りまとめ 工業用水合理的使用技術指針の作成及び取りまとめ 国内業務 — 同上 現地業務 — カウンターパートとの折衝 訪問調査の実施及び取りまとめ 団長不在の場合の代行 セミナーの講師	同上
江藤徳積	合理化総合計画	工業用水合理的使用法検討の実施及び取りまとめ 工業用水合理的使用技術指針の作成及び取りまとめ 国内業務 — 同上 現地業務 — 訪問調査の実施及び取りまとめ	東洋エンジニアリング(株)
太田敬一	合理化計画 (洗浄用水)	工業用水合理的使用法検討(洗浄用水関連担当) 工業用水合理的使用技術指針の作成(洗浄用水関連担当)	(財)造水促進センター
長沢末男	合理化計画 (洗浄用水)	工業用水合理的使用法検討(洗浄用水関連担当) 工業用水合理的使用技術指針の作成(洗浄用水関連担当)	同上
田村隆夫	合理化計画 (冷却・温調用水)	工業用水合理的使用法検討(冷却・温調用水関連担当) 工業用水合理的使用技術指針の作成(冷却・温調用水関連担当)	同上
福井英明	合理化計画 (冷却・温調用水)	工業用水合理的使用法検討(冷却・温調用水関連担当) 工業用水合理的使用技術指針の作成(冷却・温調用水関連担当)	同上
久保田昌治	再生利用	排水の再生利用に関する技術的検討及び計画	同上
本田春生	節水型機器	節水型機器に関する技術的検討及び計画	同上
津田俊夫	費用算出	工業用水合理的使用に要する費用の算出及び積算関連資料の作成	東洋エンジニアリング(株)
平井光芳	費用算出	工業用水合理的使用に要する費用の算出及び積算関連資料の作成	(財)造水促進センター
堀順三	政策・法規 ・規則	現地の工業用水及び地下水に関連する政府の政策、法規、規則の実施状況、諸機関・団体の状況等の調査	同上

表 1.2 I.W.D. のスタッフの名簿

氏 名	役 職 及 び 所 属
Mr. Yingyong Strithong	Director-General
Mr. Pisal Khongsamran	ex-Director - General
Mr. Chane Boonsong	Deputy Director - General
Mr. Sompoch Srimarut	Deputy Director-General
Mr. Boonyong Lohwongwatana	Director Office of Industrial Services and Waste Treatment
Mr. Adisorn Naphavaranonth	Chief Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mrs. Kasemsri Homchean	Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mr. Suphot Somthawiltrakul	Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mrs. Peeraphan Buranasomphob	Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mrs. Sugunaya Bunpaesat	Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mr. Thavorn Leclatrakul	ex-Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mr. Somchai Kraikichrach	Industrial Water Supply Service Sub-Division
Mr. Phaisan Lertsolauch	Industrial Water Supply Service Sub-Division



凡例：—— 事前準備期間。■ 現地調査期間。□ 国内作業期間。△ 報告書等の説明。

図 1.2 作業工程表

1.4.3 現地訪問調査準備（国内作業）

現地訪問調査の準備として、以下の作業を実施した。

- (1) 収集した資料の整理・検討
- (2) テクニカルセミナー資料の作成
- (3) I W D により回収され、調査団に送付されたアンケート調査表の検討
- (4) 現地において使用する測定機材の操作習熟。この機材は現地訪問調査に使用するため、JICAより調査団に貸与されるもので、その内容は付属資料その2に添付してある。

1.4.4 現地訪問調査

昭和62年10月12日から12月10日までの2ヶ月間、橋本団長以下8名がバンコクにおもむき、現地訪問調査を実施した。その主な内容は以下の通りである。

- (1) 工場訪問調査（59工場）
- (2) テクニカルセミナーの実施（11月11日）、内容は付属資料その2示してある。
- (3) 法律・規則、所要費用算出用資料、工業用水関連資料、水資源全般の資料等必要資料の収集
- (4) プロGRESSレポートの作成及びカウンターパートへの説明

1.4.5 第1回国内解析

現地訪問調査終了後、そこで得た資料に基づき国内解析を実施した。その主な内容は以下の通りである。

- (1) 工業用水使用実態の把握
- (2) 工業用水の合理的使用法の検討
- (3) 所要費用算出用資料の作成
- (4) 現地補足調査項目の検討
- (5) 節水及び再生利用可能量の算出

この値は、最終的には所要費用の算出によって確定する。

- (6) 所要費用の算出
- (7) インテリムレポートの作成

インテリムレポートは、昭和63年7月6日にJICAに提出し、審査を経た後バンコク事務所を通じてIWDに送付した。

1.4.6 現地補足調査

昭和63年7月14日から7月28日までの2週間、橋本団長以下5名がバンコクにおもむき、現地補足調査を実施した。その主な内容は以下の通りである。

- (1) インテリムレポートの説明及び討論
- (2) 工場の補足訪問調査(5工場)
- (3) 最終報告書の内容についての打合わせ
- (4) 第2回テクニカルセミナーの内容についての打合わせ

1.4.7 第2回国内解析

これまでの調査で得た資料を整理・解析して、以下の作業を実施した。

- (1) 第1回国内解析の補足
- (2) 用途別工業用水合理的使用技術指針の作成
- (3) 業種別工業用水合理的使用技術指針の作成
- (4) 合理的使用をタイ王国で実施する場合の問題点とその解決策の検討
- (5) カウンターパート(IWD)に対する提言の検討
- (6) 最終報告書ドラフトの作成

最終報告書ドラフトは、昭和63年11月16日にJICAに提出し、審査を経た後、バンコク事務所を通じてIWDに送付した。

1.4.8 報告書ドラフトの現地説明

昭和63年12月7日から15日まで、橋本団長以下4名がバンコクにおもむき、報告書ドラフトをIWDに説明した。又、この間の12月12日に第2回のテクニカルセミナーを実施した。その内容は付属資料その2に示してある。

1.4.9 最終報告書の作成

報告書ドラフトに対するIWDの修正・追加の要請に従い、ドラフトを修正して最終報告書を作成した。

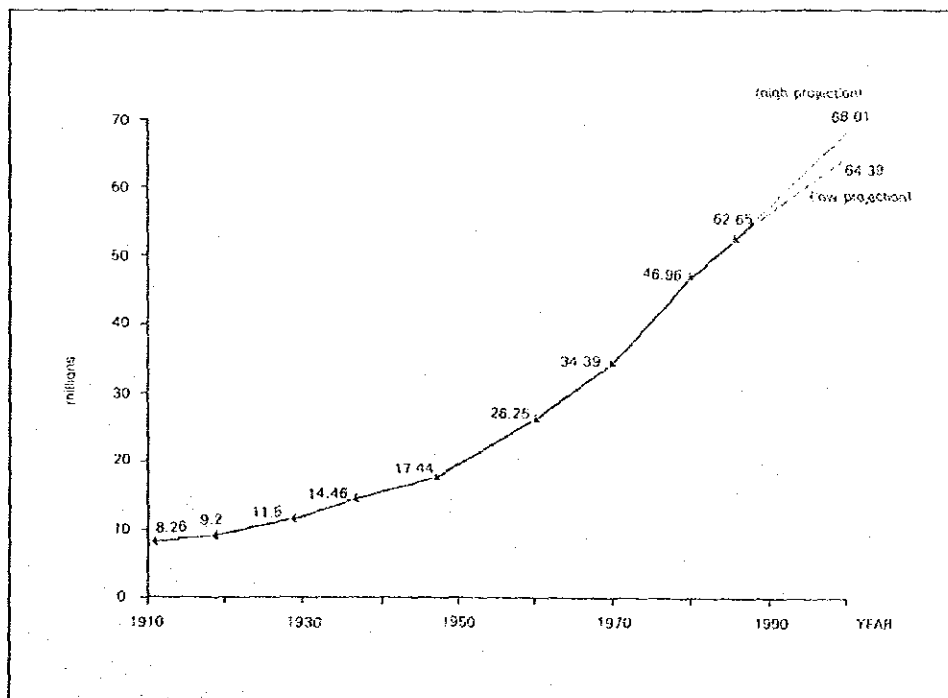
第2章 調査に関連したタイ国の諸事情

2.1 タイ国全般の状況

タイ国の人口は現在約 6,265 万人で、図 2.1 に示すように近年急激な上昇を示している。その内約 1,000 万人がバンコクを中心とした首都圏に集中している。

国土面積は約 513×10^3 km² で、日本の約 1.4 倍である。年間の平均降雨量は 1,550 mm で、図 2.2 及び表 2.1 に示すように地域により差があり、概して北部は少雨で南部は多雨である。

これに対し、日本の平均降雨量は約 1,750 mm/年 (1985年) でタイ国よりやや大であるが、降雨総量ではタイ国は約 $8,000 \times 10^8$ m³/年、日本は約 $6,600 \times 10^8$ m³/年となり、共に水資源に恵まれた国と言える。しかし、タイ国は三方が山に囲まれ、一方で海に接しているという地勢に対し、日本は四方海に囲まれ、気象条件も異なるので、水利用という観点から見ると、異なった面があるのは当然である。例えば、タイ国最大の河、チャオプラヤ河の流出率 (run-off ratio) は、日本の河川より遥かに小さい。広い流域面積 (catchment area) をもち、流下距離も長く、暑い気象条件にあるので、当然と言えるが、そうしたことが水利用の上からも違った様相を示すこととなっている。



1)
図 2.1 タイ国人口の推移

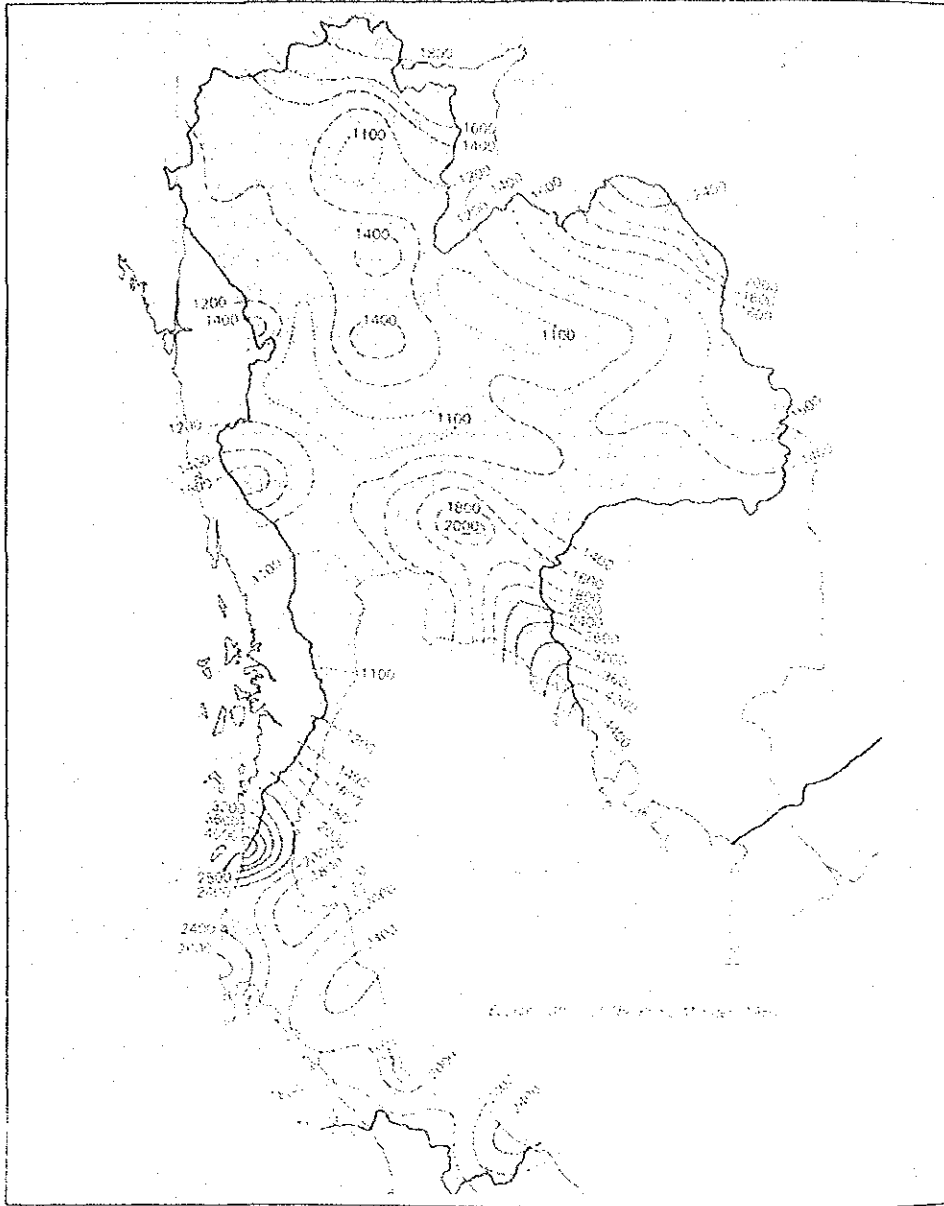


図 2.2 タイ国の降雨量分布¹⁾

注：表、図面、各種データの出典は、番号を付して本章に末尾にまとめて示した。
出典を示す肩の番号によって参照されたい。

表 2.1 タイ国各地における年間降雨量¹⁾

Region	Average Annual Precipitation (mm)	Area (km ²)	Rainfall Volume (MCM)
Northeast	1,400	168,854	256,400
North	1,300	169,644	220,500
East	2,100	36,503	76,700
Central	1,350	67,399	91,000
South	2,400	70,715	169,700
Total		513,115	794,300

Note : a. The categorization of different regions is based on compiled statistics on water resources available in related governmental agencies.

2.2 バンコク首都圏の状況

2.2.1 地盤沈下状況と地下水の揚水量

この地域には、地下水に関して Bangkok Groundwater Area (アユタヤ、バンコク等 6 都県) と Groundwater Critical Area (バンコクを中心とした地域) とがある。この地域を示したのが図 2.3 と図 2.4 である。面積の上から見ると、それぞれの図にも示してあるように、前者が 7,923 km²、後者が 2,285 km² である。前者が後述する Groundwater Act, 1977 年の規制地域であり、後者の地区 I 及び II が特に重点地域となっている。

図 2.5 はバンコク首都圏における地盤沈下状況を示す。最大の沈下量は約 12cm/年である。この図に示された沈下量 5 cm/年以上の地域が、図 2.4 に示した重点区域に相当している。

バンコク首都圏はチャオプラヤ河の河口に近い低湿地帯で、土地の高さは海面上 0.5 ~ 1.5 m に過ぎない。もし 10 cm/年の割合で地盤沈下が続くとすれば、10 年程度で海面下に没してしまうことになる。このことから、この地域において地盤沈下が重大な問題になっていることが理解できる。

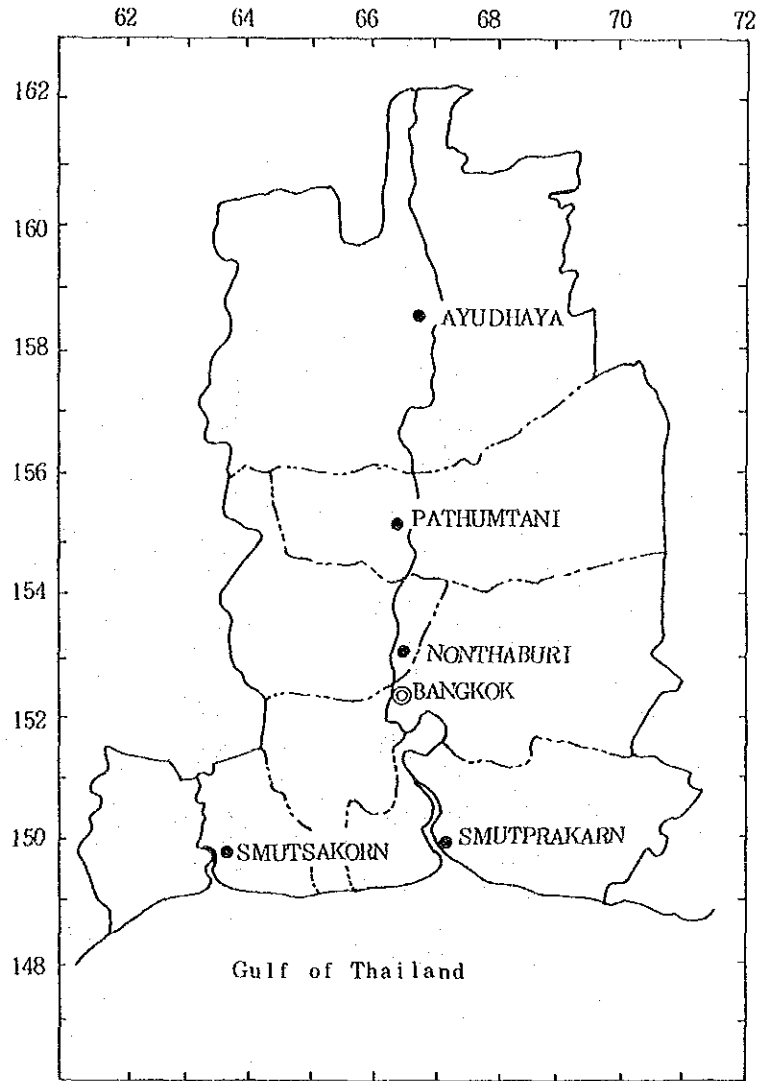
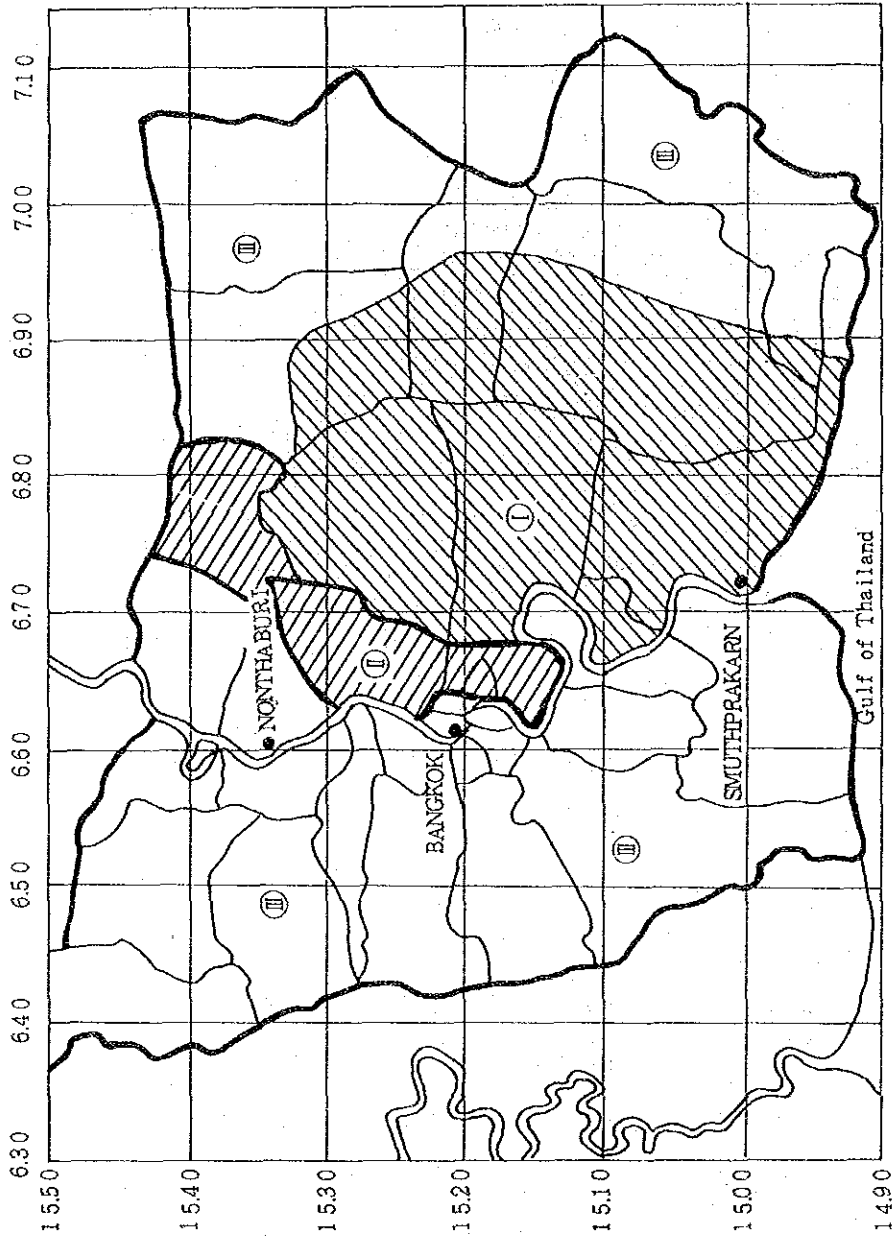


図 2.3 バンコク地下水圏²⁾



Explanation : Critical areas I : Subsidence rate > 10 cm/yr (763 km² approx)
 Critical areas II : Subsidence rate 5 - 10 cm/yr (213 ")
 Critical areas III : Subsidence rate < 5 cm/yr (1,309 ")
 Total 2,285 km² approx

图 2.4 地下水重点域²⁾

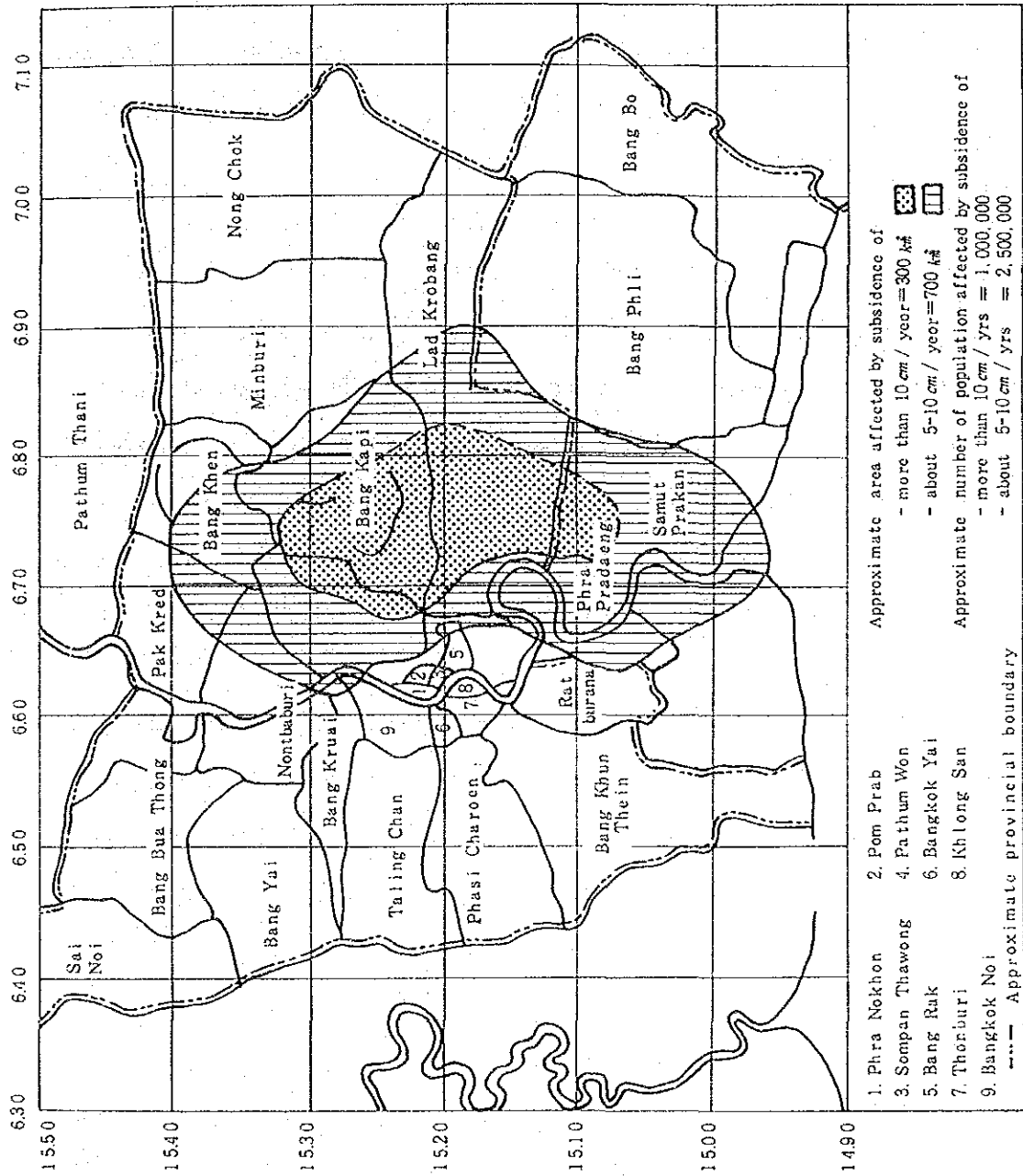


图 2.5 地盤沉下地域³⁾

これらの地域の面積を日本の類似の地域の面積と比較してみると、東京 23 区が 597.1 km²、大阪市が 212.1 km²、大阪府が 1,866.9 km²であるから、タイ国の Groundwater Act, 1977年の規制地域、指定地域の広さが、相当広いことがわかる。

日本で「工業用水法」によって地下水の揚水が規制されている指定地域は全体で 1,925 km²で、その中で大きいものでも、愛知県の 449 km²、大阪の 421 km²、千葉県の 326 km²、東京都の 244 km²などである。また、「ビル揚水規制法」による指定地域は全部で 1,621 km²で、内訳は、東京都 591 km²、千葉県 564 km²、埼玉県 254 km²、大阪市 22 km²となっている。

次に、表 2.2 に、これらの地域での地下水揚水井戸数と揚水量を示す。

およそ 10,000 本の井戸、1,100,000 m³/日の揚水量ということになる。しかし、文献¹⁾の Part II、62 頁、Groundwater の項に "Furthermore, unlicensed abstraction of groundwater may be as high as 50 percent of the legal licensed total of 1.3 million m³/day" という記述もあるし、"Notification of Ministry of Industry No. 15 (B. E. 2527) issue in accordance with the Factory Act B. E. 2512" には少ない水量であれば免除される項目があるので、表 2.2 に示された数字よりもっと多くの地下水揚水が行なわれているものと推定される。

ここでは一応、文献¹⁾によって地下水の揚水量を示してみると表 2.3 のようになる。ここで MWA とは Metropolitan Waterworks Authority のことで、配管によって用水供給を行っている公社である。水源的には、チャオプラヤ河の河川水と地下水を使っているが、ここには、その中の地下水が示されている。文献²⁾によると図 2.6 に示すように、MWA も含めて地下水の揚水量を逐次減少させて、河川水によって供給量を増大させ、地盤沈下を停止させようとしている。

2.2.2 Metropolitan Waterworks Authority (MWA) の給水状況

1967年7月25日、首都圏水道公社法が施行され、バンコク首都圏、ノンタブリ及びサムトラカンにおいて、浄水、給水、配水を行うことを目的として(第6条)設立された。表 2.4 は、その MWA の給水の記録である。図 2.7 は、その給水能力を、図 2.8 は最近までの給水区域の拡大を示している。目標としては、給水区域を 3,080 km²にまで拡大される予定なので、図 2.4 に示す Groundwater Critical Area より広い地域をカバーすることとなる。

表 2.2 民間の地下水の揚水量

上段：井戸本数
 下段：() m³/日
 1986年1月当時

Area \ Usage	Domestic Use	Commercial Use	Agricultural Use	Total	%
Bangkok	3,263 (270,589)	1,639 (215,385)	220 (12,543)	5,122 (498,517)	52.5 (46.9)
Samutprakarn	1,684 (60,402)	1,500 (286,070)	122 (4,284)	3,306 (350,756)	33.9 (33.0)
Samutsakorn	368 (5,585)	246 (63,519)	91 (1,461)	705 (70,565)	7.2 (6.6)
Nothaburi	181 (3,260)	85 (19,539)	2 (40)	268 (22,839)	2.8 (2.2)
Pathumtani	113 (21,362)	139 (87,792)	22 (1,227)	274 (110,381)	2.8 (10.4)
Ayudhaya	32 (950)	31 (7,782)	9 (364)	72 (9,096)	0.7 (0.9)
Total	5,641 (362,148)	3,640 (680,087)	466 (19,919)	9,747 (1,062,154)	100.0 (100.0)
%	57.9 (34.1)	37.3 (64.0)	4.8 (1.9)	100.0 (100.0)	

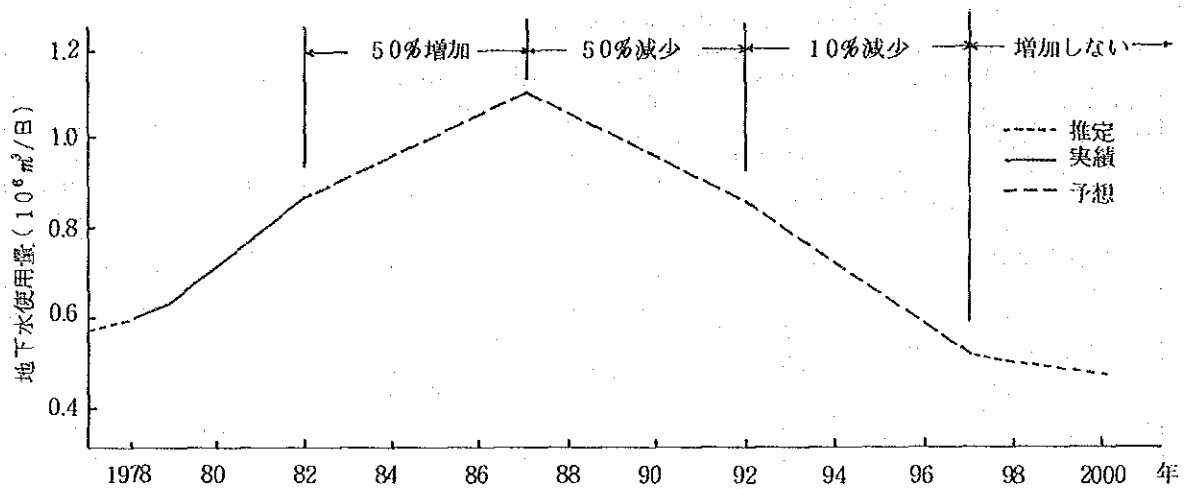
出典：IWD資料

表 2.3 バンコク首都圏における地下水の揚水量¹⁾

(m³/day)

Year	MWA	% decrease	Private	% change	Total	% decrease
1982	447,000		944,305		1,391,305	
1983	350,000	21.7	993,842	+5.2	1,343,842	4.3
1984	272,365	22.3	1,034,511	+4.1	1,306,876	2.7
1985	269,410	1.0	1,026,032	-0.8	1,295,442	0.9

Note : Record up to May.

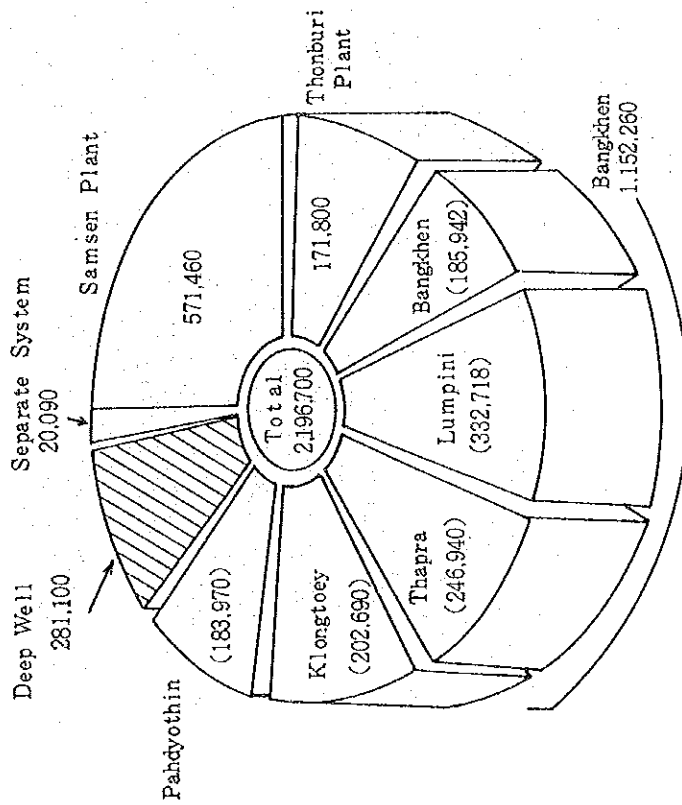


2)
図 2.6 民間企業の地下水揚水量の削減目標

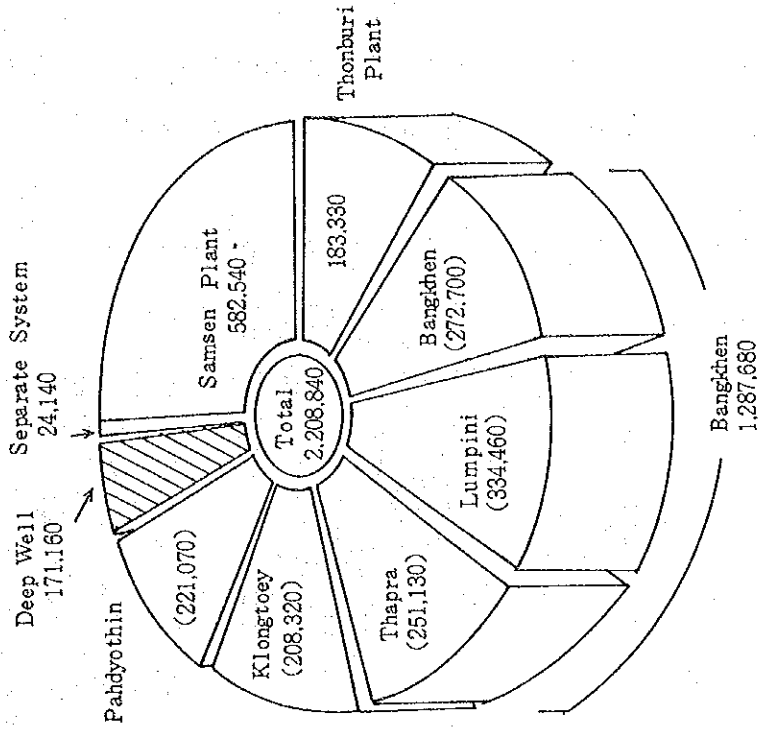
表 2.4 MWA の給水記録^{4) 5)}

Items	Year	1984	1985	1986
Total Water Production (10 ⁶ m ³ /Year)		731.2	801.8	820.8
Water Sales (10 ⁶ m ³ /Year)		423.4	477.4	485.0
Leakage Ratio (%)		42.1	40.5	40.9
Customers (Numb)		519,487	602,267	659,660
(Total Water Production) / Customer (m ³ /d/Cust)		3.86	3.65	3.41
(Water Sales) / Customer (m ³ /d/Cust)		2.23	2.17	2.01

Production Capacity in 1985 4)
 (Unit: Average m³/day)



Production Capacity in 1986 5)
 (Unit: Average m³/day)



4) 5)
 図 2.7 MWA の給水実績

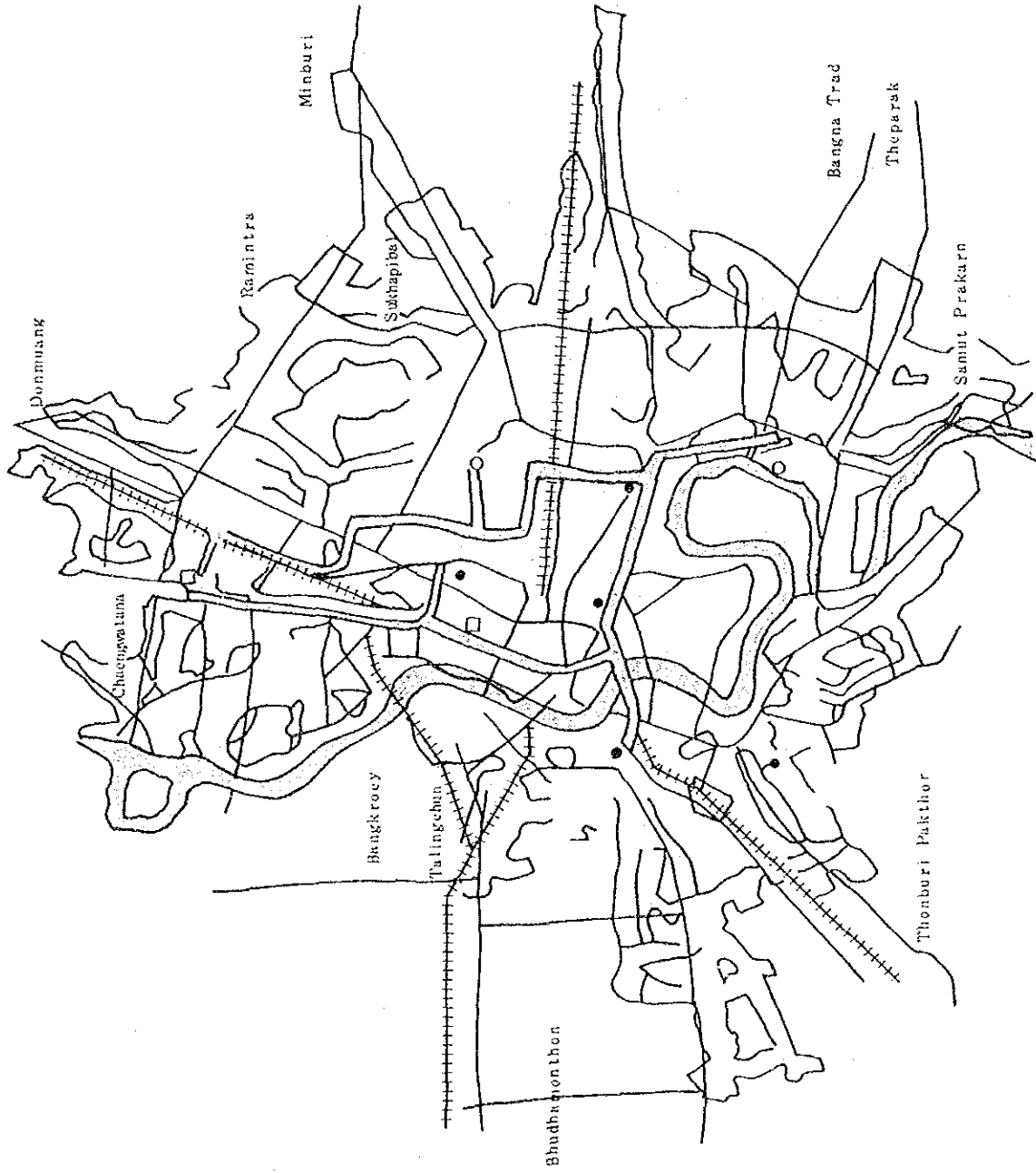


図 2.8 MWA の給水区域 5)

図 2.9 は、MWA が地下水揚水量を減少させていく目標値を示している。図 2.7 と対照すれば、着々と地下水揚水量の削減が推進されていることが分る。給水区域の拡大につれ、MWA 以外の地下水揚水量を減少させていかねばならないが、これについては後述する。

表 2.4 にも示したが、MWA の漏水率は約 40 % と大きく、差し当たって 30 % にまで減らすように対策を講じているところである。このように高い漏水率であるから、給水量 $2,248,840 \text{ m}^3/\text{日}$ に対し、実際に使用者が使った水量は、 $485 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{年} \approx 1,328,770 \text{ m}^3/\text{日}$ となり、給水量から考えられるほどの給水の普及率とはなっていないのではないかと考えられる。

参考のため、日本の東京都における漏水率の推移を図 2.10 に示した。

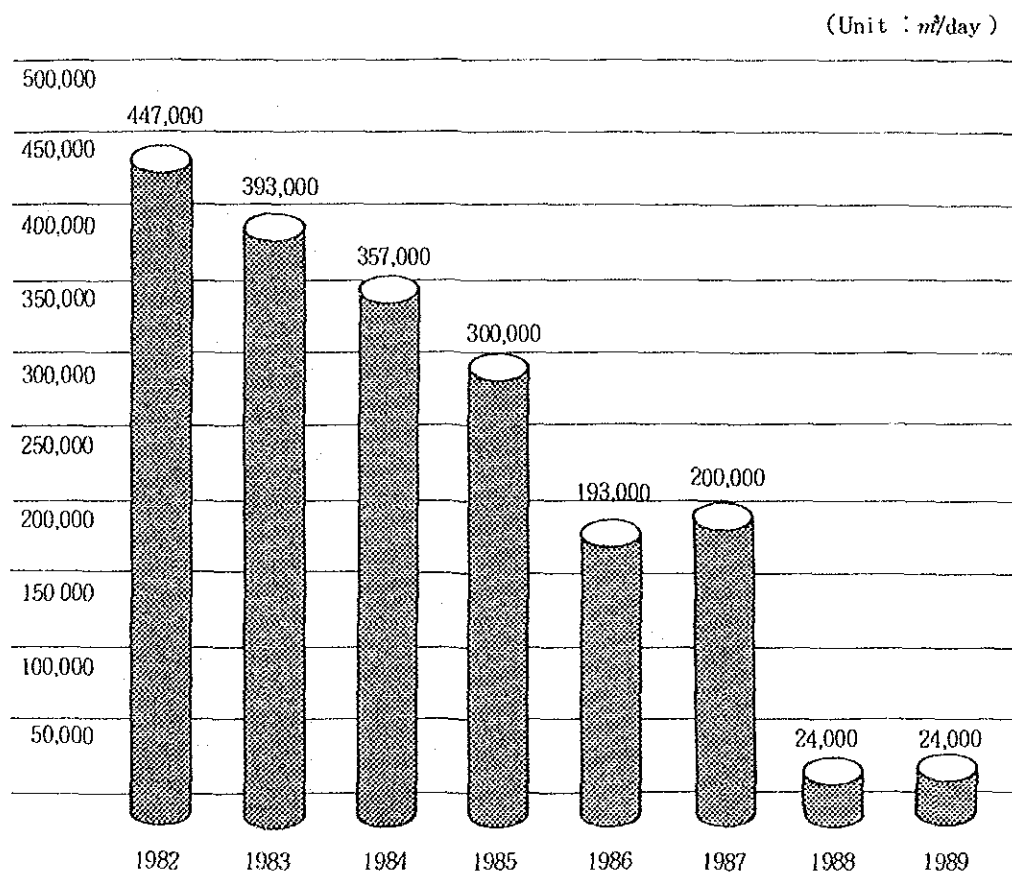
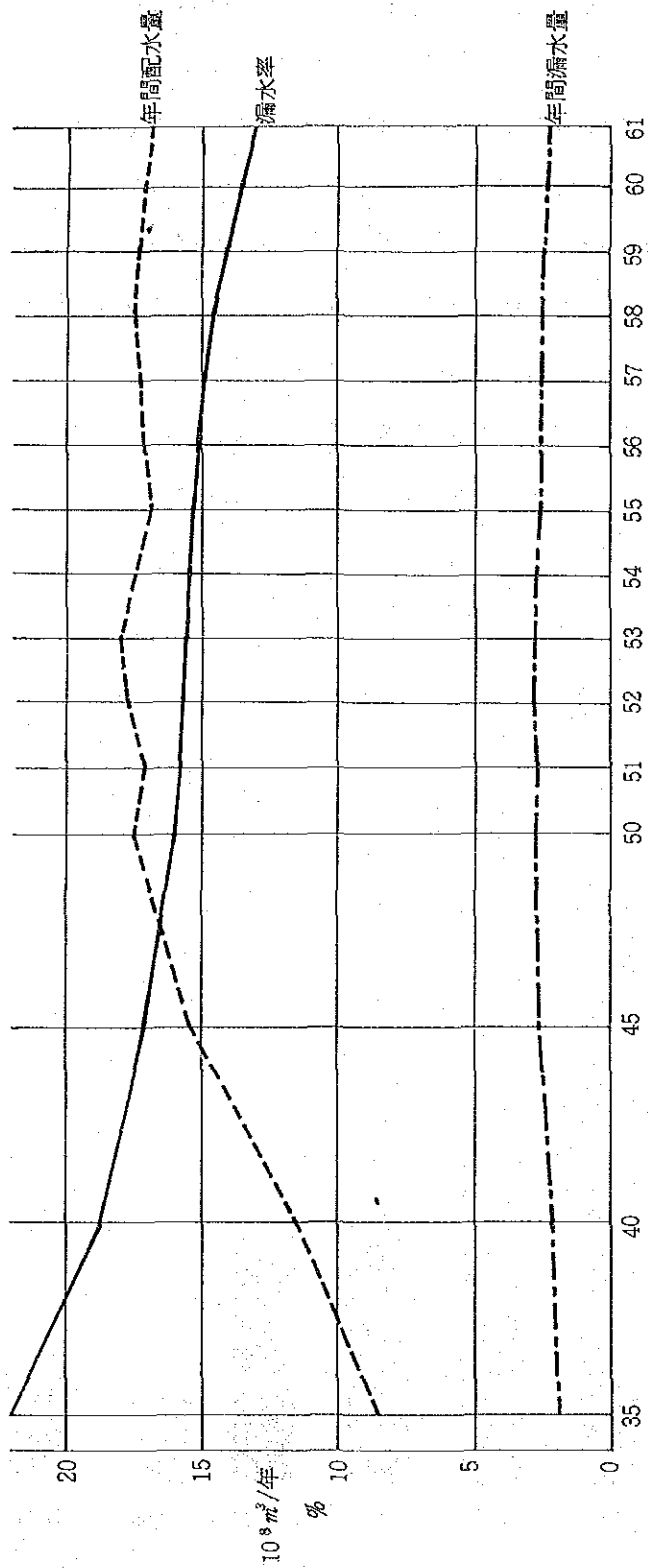


図 2.9 MWA の地下水揚水量の目標値 ⁵⁾



年	1960	1965	1970	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
漏水率(%)	22.0	18.7	17.2	16.1	15.9	15.8	15.6	15.5	15.4	15.2	15.0	14.7	14.2	13.7	13.2

出典：東京都資料（1983）

図 2.10 東京都における漏水率、漏水量、配水量の推移

又、日本の国土庁が、西暦 2000 年の水需給の見通しを (WATER PLAN 2000) として発表しているが (表 2.5)、この数字から計算すると、生活用水で 1983 年、漏水率 18.8% を、2000 年には 16.8% に改善し、工業用水では、1983 年、2000 年とも漏水率は 6.3% と見ている。

折角、生産した水が途中で大量に漏れるということは、大きな損失であるから、MWA でもその防止に懸命の努力を注いでいるところであるが、その漏水の原因の一つに、地盤沈下があることは考えねばならないことである。

表 2.5 WATER PLAN 2,000

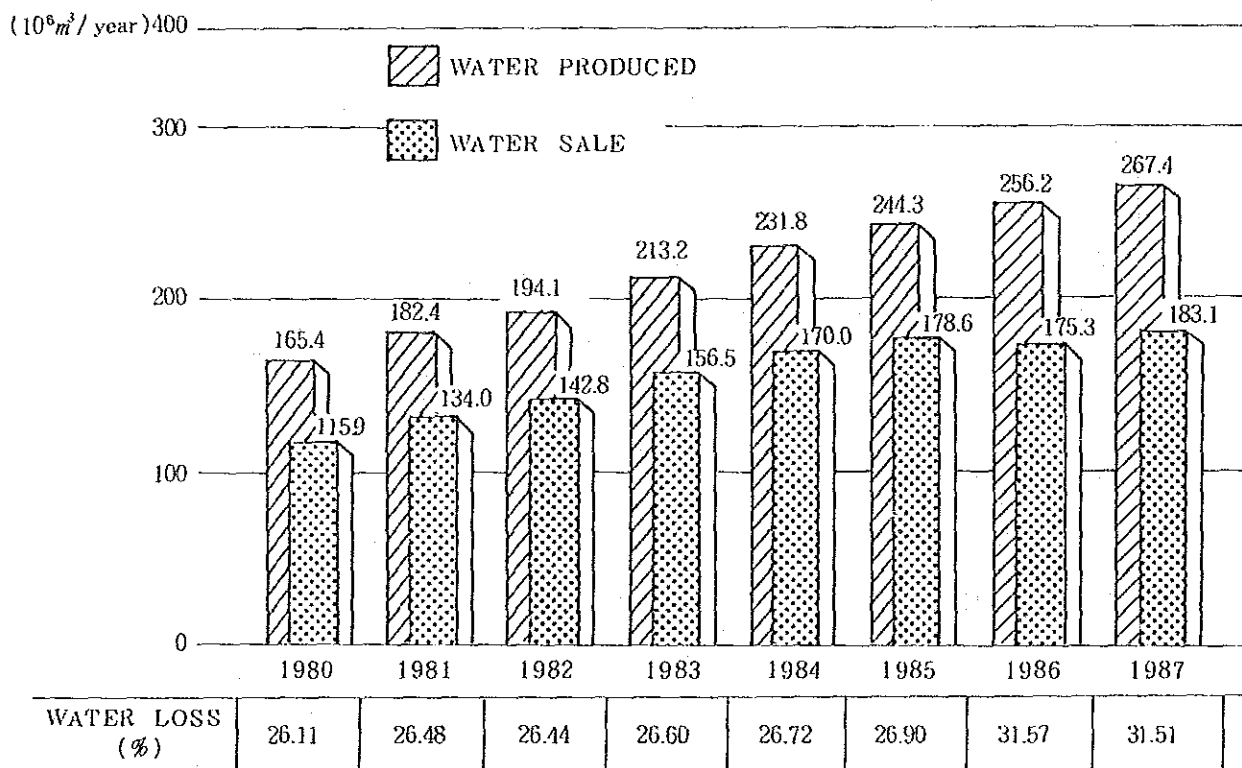
		1983 年	2000 年	単 位
生活用水	総 人 口	11,948	13,120	10 ⁴ 人
	給 水 人 口	11,070	12,860	10 ⁴ 人
	水 道 普 及 率	92.6	98.0	%
	生 活 用 水 原 単 位	298	368	ℓ/人/d
	需 要 水 量 (有 効 水 量)	121	173	10 ⁸ m ³ /year
	需 要 水 量 (取 水 量)	149	208	10 ⁸ m ³ /year
工業用水	工 業 出 荷 額	235	480	10 ¹² yen
	淡 水 使 用 量	554	893	10 ⁸ m ³ /year
	回 取 率	73.3	76.7	%
	淡 水 補 給 量 (有 効 水 量)	148	208	10 ⁸ m ³ /year
	淡 水 補 給 量 (取 水 量)	158	222	10 ⁸ m ³ /year
農業用水	水田かんがい用水	562	577	10 ⁸ m ³ /year
	畑地かんがい用水	18	43	10 ⁸ m ³ /year
	畜 産 用 水	5	6	10 ⁸ m ³ /year
	計	585	626	10 ⁸ m ³ /year
合 計		892	1,056	10 ⁸ m ³ /year

出典：国土庁、全国総合水資源計画 (ウォータープラン 2000)

2.2.3 Provincial Waterworks Authority (PWA) の給水状況

MWAの給水区域以外の水道供給はPWAの所轄である。ここでは、MWAの給水区域の北、パトムタニ県、アユタヤ県の1987年の給水実績を調査した。パトムタニ県では、地下水を9,360 m³/day、アユタヤ県では、河川水2,160 m³/day、地下水1,200 m³/dayを給水している。これに表2.2のPWA以外の地下水揚水量を加えると、パトムタニ県では、地下水を120,000 m³/day程度、アユタヤ県では、地下水を10,300 m³/day程度使っていることとなる。今後、発展するであろう両方の県の水使用量はもっと増えることが予想される。

PWA全体としての給水量、有効水量の推移は図2.11に示す通りである。ここでは、漏水率は31.5%位となっている。給水量が増大するにつれ、漏水率も大きくなっているのは注意すべきであろう。



6)
図 2.11 PWAの給水状況の推移

2.3 給水及び排水の水質

2.3.1 給水の水質

タイ国の飲料用水の水質基準を表2.6に示す。参考のために日本のそれを表2.7に示した。

表 2.6 タイ国の飲料水基準 (その1)

(1) Drinking Water Quality Standards

Properties	Parameters	Unit	Standard values (Max. allowance)
Physical	Colour	Hazen	20
	Odour	—	none
	Turbidity	Silica Scale	5.0
	pH	—	6.5—8.5
Chemical	Total Solids	mg/l	500
	Total Hardness as CaCO ₃	"	100
	Arsenic (As)	"	0.05
	Barium (Ba)	"	1.0
	Cadmium (Cd)	"	0.01
	Chloride as Chlorine	"	250
	Chromium (Cr)	"	0.05
	Copper (Cu)	"	1.0
	Iron (Fe)	"	0.5
	Lead (Pb)	"	0.1
	Manganese (Mn)	"	0.05
	Mercury (Hg)	"	0.002
	Nitrate as Nitrogen (NO ₃ -N)	"	4.0
	Phenol	"	0.001
	Selenium (Se)	"	0.01
	Silver (Ag)	"	0.05
Sulphate	"	250	
Zinc (Zn)	"	5.0	
Fluoride as Fluorine (F)	"	1.5	
Bacterial	Coliform	MPN/100 ml	2.2
	E. Coli	"	none
	Disease Causing Bacterial	"	none

Source : Notification of the Ministry of Public Health, No. 61, B.E. 2524,
 printed in the Royal Government Gazette, Vol. 98,
 Part 157 (Special issue), dated September 24, B.E. 2524 (1981)

表 2.6 タイ国の飲料水基準 (その2)

(2) Ground Water Quality Standards for Drinking Purpose

Properties	Parameters	Units	Standard values	
			Suitable allowance	Max. allowance
Physical	Colour	Platinum Cobalt	5	50
	Turbidity	JTU	5	20
	pH	—	7.0 — 8.5	6.5 — 9.2
Chemical	Fe	mg/l	0.5	1.0
	Mn	"	0.3	0.5
	Cu	"	1.0	1.5
	Zn	"	5.0	15.0
	Sulphate	"	200	250
	Chloride	"	200	600
	Fluoride	"	1.0	1.5
	Nitrate	"	45	45
	Total Hardness as Ca CO ₃	"	300	500
	Non-Carbonate Hardness as Ca CO ₃	"	200	250
Total Solids	"	750	1500	
Toxic	As	"	none	0.05
	Cyanide	"	none	0.2
	Pb	"	none	0.05
	Hg	"	none	0.001
	Cd	"	none	0.01
	Se	"	none	0.01
Bacterial	Standard Plate-Count	Colonies/ml	500	—
	Coliform			
	Bacterial E. Coli	MPN/100 ml	2.2	—
	E. Coli	"	none	—

Penalty : A licensee who does not comply with this notification is punishable by fine not exceed twenty thousand baht

Source : Notification of the Ministry of Industry, No. 4, B.E. 2521, issued under Groundwater Act B.E. 2520, printed in the Royal Government Gazette, Vol.95, Part 66, dated June 27 B.E. 2521 (1978)

表 2.7 日本の飲料水基準

<p>Not to be affected by a pathogenic organ or not to contain an organism or substance which gives ground for suspicion of being affected by a pathogenic organ :</p>	<p>Nitrite nitrogen and Nitrate nitrogen Chlorine ion Organic substances (Consumption of potassium permanganate) Standard plate count Coliform group bacteria count</p>	<p>Not more than 10 mg/l Not more than 200 mg/l Not more than 10 mg/l Not more than 100/1 in 1ml Not to be detected</p>
<p>Not to contain cyanogen, mercury and other poisonous substances :</p>	<p>Cyanic ion Mercury Organic phosphorus</p>	<p>Not to be detected Not to be detected Not to be detected</p>
<p>Not to contain copper, iron, fluorine, phenol and other substances in excess of their allowable quantities :</p>	<p>Copper Iron Manganese Zinc Hexavalent chromium Cadmium Arsenic Flourine Calcium, magnesium etc. (Hardness) Evaporation residue Phenol Methylene blue active substance</p>	<p>Not more than 1.0 mg/l Not more than 0.3 mg/l Not more than 0.3 mg/l Not more than 1.0 mg/l Not more than 0.05 mg/l Not more than 0.01 mg/l Not more than 0.05 mg/l Not more than 0.8 mg/l Not more than 300 mg/l Not more than 500 mg/l Not more than 0.005 mg/l as phenol Not more than 0.5 mg/l</p>
<p>Not to assume abnormal acidity or alkalinity :</p>	<p>pH value</p>	<p>5.8~8.6</p>
<p>Not to give an abnormally offensive smell, except an offensive smell caused by sterilization :</p>	<p>Odor Taste</p>	<p>Not abnormal Not abnormal</p>
<p>To almost colorless and transparent in appearance :</p>	<p>Color Turbidity</p>	<p>Not more than 5 degree Not more than 2 degree</p>

Source : Article 4. Water Works Law

今回調査したP-04工場(製紙工場)の井戸水の水質は表2.8のようである。この数字と表2.6の値を見くらべると、ただ一つの工場の例ではあるが、この付近の工場で使用されている水質がかなり悪いものであることがわかる。

表2.8に示した水質指標の一部では、次第に水質が悪くなっている傾向も見られる。それが地下水の過剰揚水によるとすれば、地下水の利用者自身にとっても、地下水の過剰揚水は大きな障害を招いていることになる。

表 2.8 P-04工場の井戸別水質

(上段: 1985. Feb.)
(下段: 1986. Feb.)

Qualities	No. of Well									
	1	2	3	5	6	7	8	9	10	
PH	8.2	8.0	8.1	8.4	7.9	-	8.4	8.2	8.6	
	6.9	6.8	7.0	7.0	7.1	7.0	6.8	-	-	
SS (mg/l)	1.4	3.3	3.8	0.5	5.2	-	1.3	3.7	3.7	
	2.9	4.1	2.6	1.4	7.6	0.8	2.4	-	-	
Total Residue (")	491	1,903	1,654	501	2,105	-	651	1,504	493	
	1,004	2,404	1,853	1,201	1,608	701	1,402	-	-	
Hardness (")	120	835	545	130	905	-	190	735	165	
	275	765	585	245	470	115	410	-	-	
Cl ⁻ (")	119	1,139	926	138	1,230	-	277	922	119	
	387	1,207	928	354	703	161	624	-	-	
Fe (")	0.4	3.2	1.6	0.6	1.9	-	1.1	2.8	0.6	
	1.2	3.2	1.6	1.0	1.6	0.8	1.5	-	-	

出典: 本調査による

2.3.2 日本における給水の水質

参考のために、日本における給水の水質について述べておく。表2.9に日本で使用されている水源の水質の平均的な値を示す。日本は清浄な水源に恵まれているので、サムトプラカン地域の井戸水と比べると、はるかに上質の水が使用されている。

表2.10に工業用水道の供給標準水質を示す。工業用水道には水質基準はなく、この値を目安として個別の工業用水道ごとに給水の水質基準を決めている。実際に給水されている工業用水道の水質は、この表の値より良好であることが多い。

一方、工業用水道を含む多くの水源の水を使用する工場では、それぞれの経験を通して、望ましい使用水質の基準を持っていることが多い。これらの値は、工業用水の合理的使用を検討する場合に極めて有用なので、付属資料の中にパルプ・製紙工場、高炉を持つ製鉄所の例を示した。(付属資料その2参照)

表 2.9 水源別水質表

水質項目	水源事例	工業用水道 (下水処理水) (東京都)	上水道 (大阪市)	表流水 (日本225河川 中の過半数)	表流水 (日本225 河川平均)	地下水 (浅井戸)	海水
水温 (°C)		9.7~27.0	4.4~31.5	—	—	—	5~28
濁度 (度)		1~15	0~1.5	—	—	—	—
色度 (度)		10~38	1.5~6.0	—	—	—	—
pH		6.4~7.0	6.3~6.4	6.9~7.2	—	—	8.10~8.24
電気伝導度 (μS/cm)		—	140~160	—	—	—	4,800~66,000
全硬度 (ppm)		131~344	30.0~40.5	—	—	—	18,980
塩素度 (ppm)		96~960	15.2~21.6	2.0~6.0	5.8	5~50	2,649
硫酸度 (ppm)		—	18.0~21.0	3.0~10.0	10.6	5~10	—
硝酸度 (ppm)		—	0.26~0.68	0.1~0.3	1.0	0.1~0.2	—
ケイ酸度 (ppm)		—	0	10~20	18.7	5~35	—
アンモニウム (ppm)		—	0.024~0.040	0.02~0.05	—	0.2~0.3	0.005~0.05
カルシウム (ppm)		—	—	5~10	8.8	5~20	400
マグネシウム (ppm)		—	—	1.0~3.0	1.9	3~15	1,272
鉄 (ppm)		0.13~0.67	0.01~0.06	0~0.05	0.3	0.1~2.0	0.01
文献		東京都 水道事業年表 (1969)	大阪市 水質試験所報告 (1967)	蔵田延男 「工業用水」	資源調査会 「日本の水資源」	蔵田延男 「工業用水」	理科年表

表 2.10 工業用水道供給標準水質

業種	濁度 (ppm)	pH	アルカリ度 (CaCO ₃) (ppm)	硬度 (CaCO ₃) (ppm)	蒸発残留物 (ppm)	塩素イオン (ppm)	鉄 (ppm)	マンガン (ppm)
工業用水道供給標準	20	6.5~8.0	75	120	250	80	0.3	0.2
同上(東京都)	15度	5.8~8.6	—	—	—	200	0.3	—
同上水道(厚生省)	2度	5.8~8.6	—	300	500	200	0.3	0.3

注) 1. 本表の数値は、現在供給を行っている工業用水道の供給水質の現態(処理下水など特殊な水源のものを除く)及び工業用水道受給者側の要望水質を勘案して算出した一定の標準値である。

2. 工業用水道の供給水質は工業用水道使用者全体の用途を考慮して効率的、経済的に定めることとなるので原水の水質の状況によっては本表によりがたい場合もある。

2.3.3 排水の水質

タイ国の排水の水質基準には、工場排水に対するものと、生活排水に対するものがある。前者を表 2.11 に、後者を表 2.12 に示す。

これらの値を日本の排水基準と比較すると、比較的厳しい値になっている。ただし日本においては都道府県による一層厳しい条例が適用される場合が多い。

このような規制は、それぞれの国の状況により決定されることなので、それぞれの値について言及することはできない。

表 2.11 工場排水の基準 (その1)

(1) pH	Between 5.0 and 9.0
(2) Permanganate Value	60 mg/ℓ
(3) Dissolved solids :	
3.1 Discharge into watercourses :	2,000 mg/ℓ or more but not exceeding 5,000 mg/ℓ, depending upon discharging point.
3.2 Discharge into sea or estuaries (Salinity higher than 2,000 mg/ℓ)	5,000 mg/ℓ higher than dissolved solids content in sea or estuary waters
(4) Sulfide as H ₂ S	1.0 mg/ℓ
(5) Cyanide as HCN	0.2 mg/ℓ
(6) Heavy metals :	
6.1 Zinc	5.0 mg/ℓ
6.2 Chromium	0.5 mg/ℓ
6.3 Arsanic	0.25 "
6.4 Copper	1.0 "
6.5 Mercury	0.005 "
6.6 Cadmium	0.03 "
6.7 Barium	1.0 "
6.8 Selenium	0.02 "
6.9 Lead	0.2 "
6.10 Nickel	0.2 "
6.11 Manganese	5.0 "
(7) Tar	Nil
(8) Oil & Grease	5.0 mg/ℓ (Except for crude oil refinery and lubricant blending plant ; less than 15 mg/ℓ)

表 2.11 工場排水の基準 (その2)

(9) Formaldehyde	1.0 mg/l
(10) Phenols & Cresols	1.0 mg/l
(11) Free chlorine	1.0 "
(12) Insecticides and radioactive substances	Nil
(13) Suspended solids	30 mg/l or more depending on dilution ratio as shown below
	<u>Dilution Ratio</u> <u>Allowable Suspended solids</u>
	8 - 150 30 mg/l
	151 - 300 60 "
	301 - 500 150 "
(14) BOD, 5 days, 20 °C	20 mg/l or more but not exceeding 60 mg/l depending upon discharging point, except for industries as shown below
14.1 Fish canning	200 mg/l Until 31 Dec. 1982
(category 7 (1))	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
14.2 Tapioca starch : New process	100 mg/l Until 31 Dec. 1982 thereafter as in (14)
(category 9 (3))	
Old process	200 mg/l Until 31 Dec. 1982
	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
14.3 Noodle factory, using less than 500 kg of rice per day	150 mg/l Until 31 Dec. 1982
(category 10 (3))	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
14.4 Tanneries	200 mg/l Until 31 Dec. 1982
(category 29)	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
14.5 Pulp mills	150 mg/l Until 31 Dec. 1982
(category 38 (1))	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
14.6 Seafood processing	200 mg/l Until 31 Dec. 1982
(category 92)	100 mg/l As of 1 Jan. 1983
(15) Temperature	Less than 40 °C
(16) Color and Odor	Not objectionable when mixed in receiving water

Source : Office of Industrial Services and Waste Treatment
Industrial Works Department
12 June 1982

表 2.12 生活排水の基準

Parameters	Units	Domestic Effluent Standards for Community group—(persons)			
		A (< 101)	B (101-500)	C (501-2500)	D (> 2500)
1. BOD ₅ 20	mg/ℓ	30	60	30	20*
2. Solids					
2.1 SS	"	60	50	40	30
2.2 Settleable S.	"	0.5	0.5	0.5	0.5
2.3 TDS	"	+ 500	+ 500	+ 500	+ 500**
3. Sulfide	"	4.0	3.0	1.0	1.0
4. Free Residual Chlorine	"	—	—	0.3	0.3***
5. Nitrogen					
5.1 TKN	"	40	40	—	—
5.2 ORG-N	"	15	15	10	10
5.3 NH ₃ -N	"	25	25	—	—
5.4 NO ₃ -N	"	—	—	—	—
6. pH	—	5-9	5-9	5-9	5-9
7. Oil & Grease	mg/ℓ	20	20	20	20

* Settled BOD (30 min).

** More than TDS of used water

*** Maximum allowance under epidemic condition only.

Parameters	Methods of Analysis
	Ref : Standard Methods for Examination of Water & Wastewater APHA-AWWA-APCF
1. BOD ₅ 20	— Azide Modification; 20°C; 5 day
2. Solids	
2.1 Suspended Solids	— Non Filterable Residue through glass Fiber filter Discs
2.2 Settleable Solids	— 60 min—Setting in 1,000 CC Imhof Cone
2.3 Total Dissolved Solids	— Filtrate from 2.1 and Evaporate at 103-105°C 1 hr.
3. Sulfide	— Titration for Total sulfide
4. Free Residual Chlorine	— Orthotolidine Arsenide
5. Nitrogen	
5.1 TKN	— Kjeldahl
5.2 ORG-N	— Kjeldahl after NH ₃ -N Separate
5.3 NH ₃ -N	— Nesslerization
5.4 NO ₃ -N	
6. pH	— Electrometric pH Meter
7. Oil & Grease	— Soxhlet Extraction

Source : Setting by the Sub-Committee of Domestic Effluent Criteria under the Committee on Water (May 27, B. E. 2527 (1984))
 approved by the National Environment Board (Jan 31, B. E. 2528 (1985))

2.4 サムトラカン地域の状況

今回の調査対象であるサムトラカン地域は、図 2.3、2.5、及び 2.12 に示されているようにバンコクの南部、チャオプラヤ河の両岸とタイ湾に面した低地帯である。最近では都市化が急激に進み、北部ではバンコク市街と完全に連続した市街地を形成している。

面積は図 2.3 に示されているように 934 km²、人口は約 700,000 人、その大部分はバンコクに隣接し、チャオプラヤ河の両岸に集中している。この隣接地域は人口の増加率も大きく、8% / 年以上を示している。図 2.12 に人口の増加率の地域による分布を示す。

大消費地であり、又原材料の輸入港でもあるバンコクに隣接しているので工業が急激に発展している。この地域の産業の生産額を図 2.13 に示す。図からわかるように、特に工業生産の増加が著しい。

図 2.14 に工場の数、投資額及び従業員数の推移を示す。いずれもこの数年間に急激に増加している。

このような人口、産業の発展に従って、水の使用量も増加しているが、前述のように MWA の給水はまだこの地域の一部にしか及んでいないので、水源はほとんど井戸水にたよることになる。図 2.15 にこの地域の井戸の分布状況を示す。井戸の本数と揚水量の推移は表 2.13 に示されている。この表からも井戸本数、揚水量共に増加していることがわかるが、最近では後述の地下水法の影響もあって、増加率はやや低下の傾向にある。

井戸水以外の重要な水源である降雨は、図 2.2 に示すように 1,400 mm / 年程度であるが、雨期である 5 月から 10 月までに集中している。月間の降雨量と降雨日数の平均値を図 2.16 に示す。

この地域は今後急激に開発が進むことが予想されるが、そのような経済開発計画や社会開発計画の中で、工業用水の供給をどのように位置付け、他の社会基盤（道路、港湾、上水道等）の整備といかに調整して行くかが、今後の大きな課題となろう。

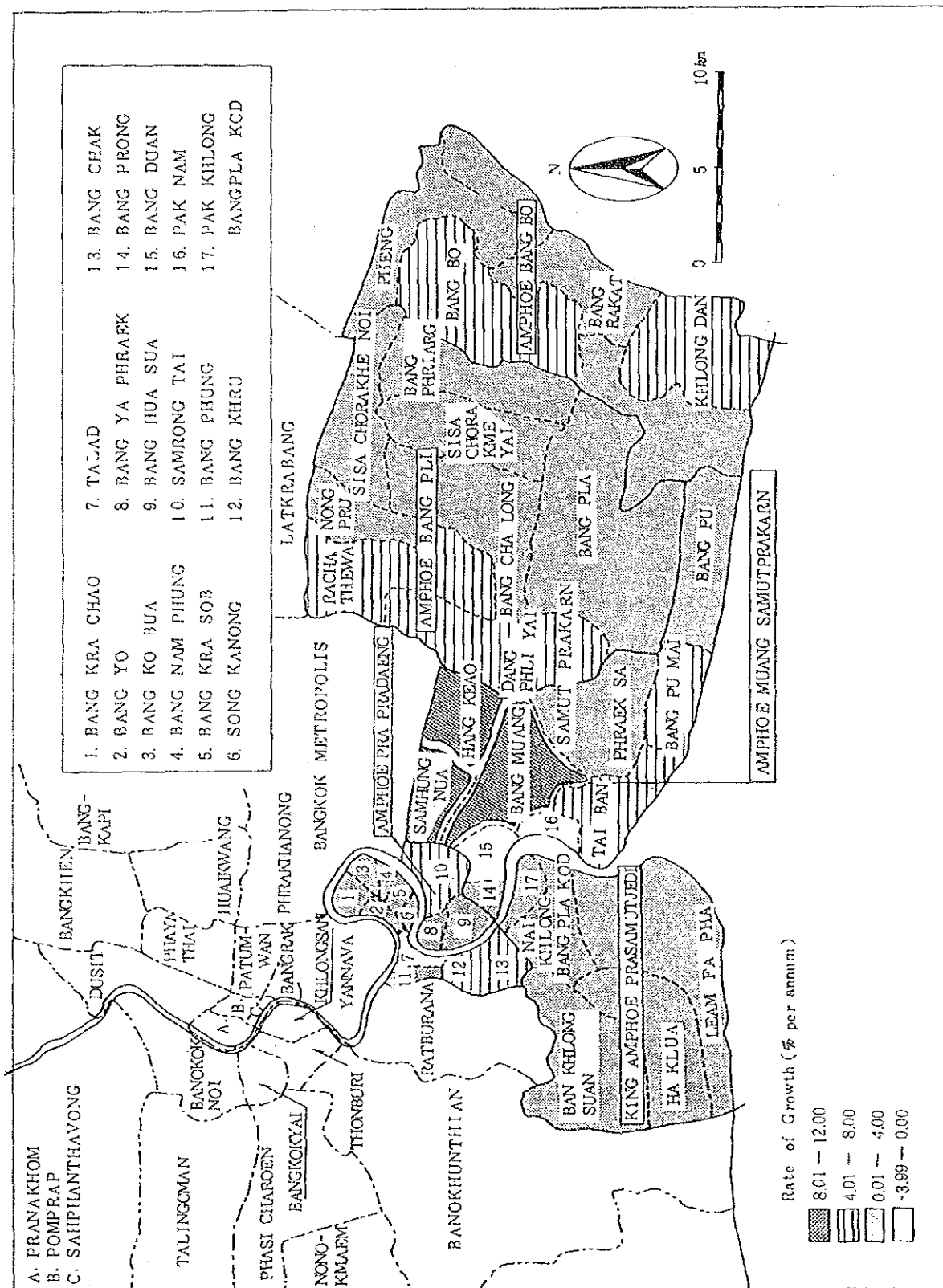
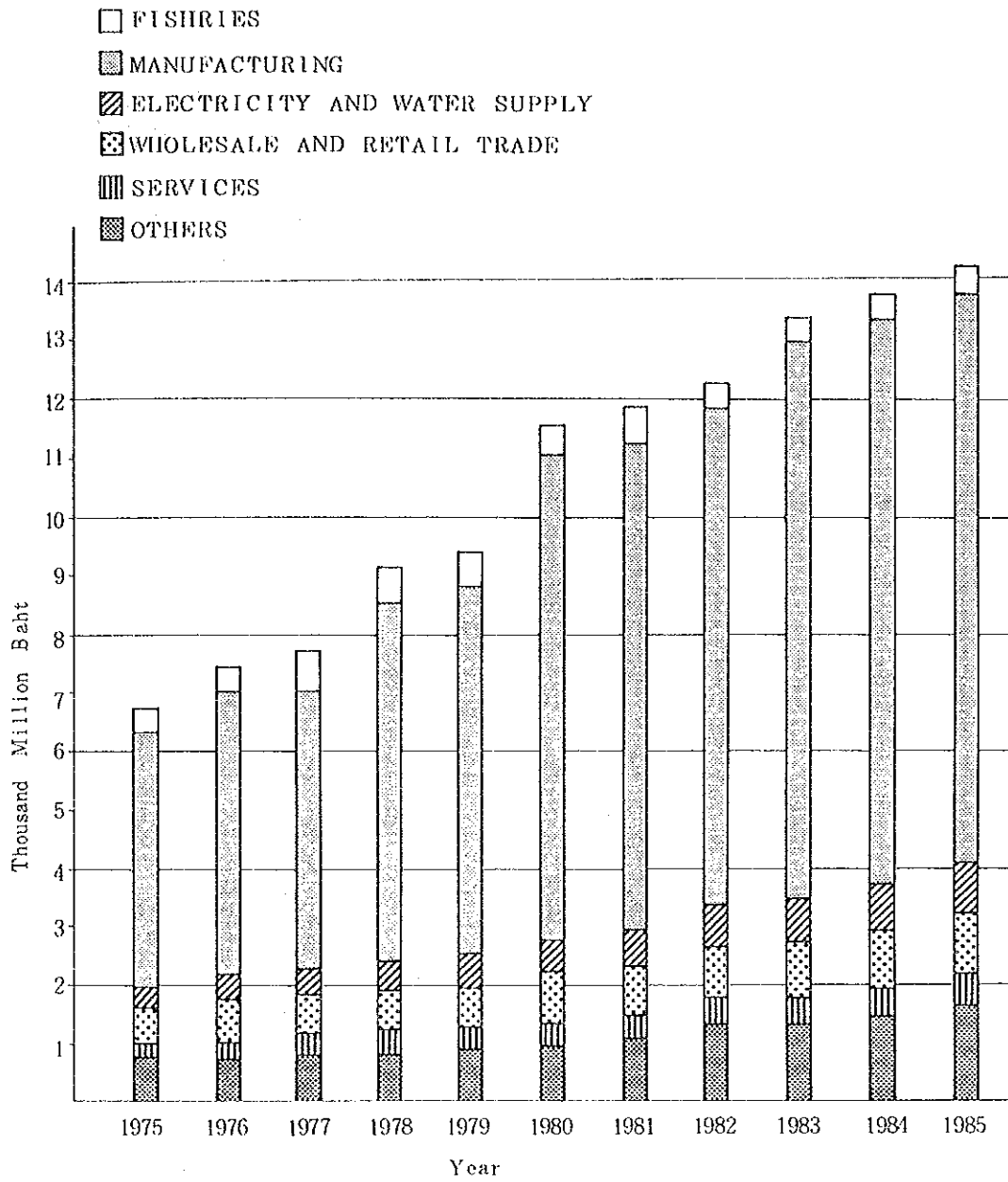


図 2.12 サムトプラカン地域の人口増加状況³⁾



Source : Office of the National Economic and Social Development Board

図 2.13 サムトプラカン地域の出荷額の推移

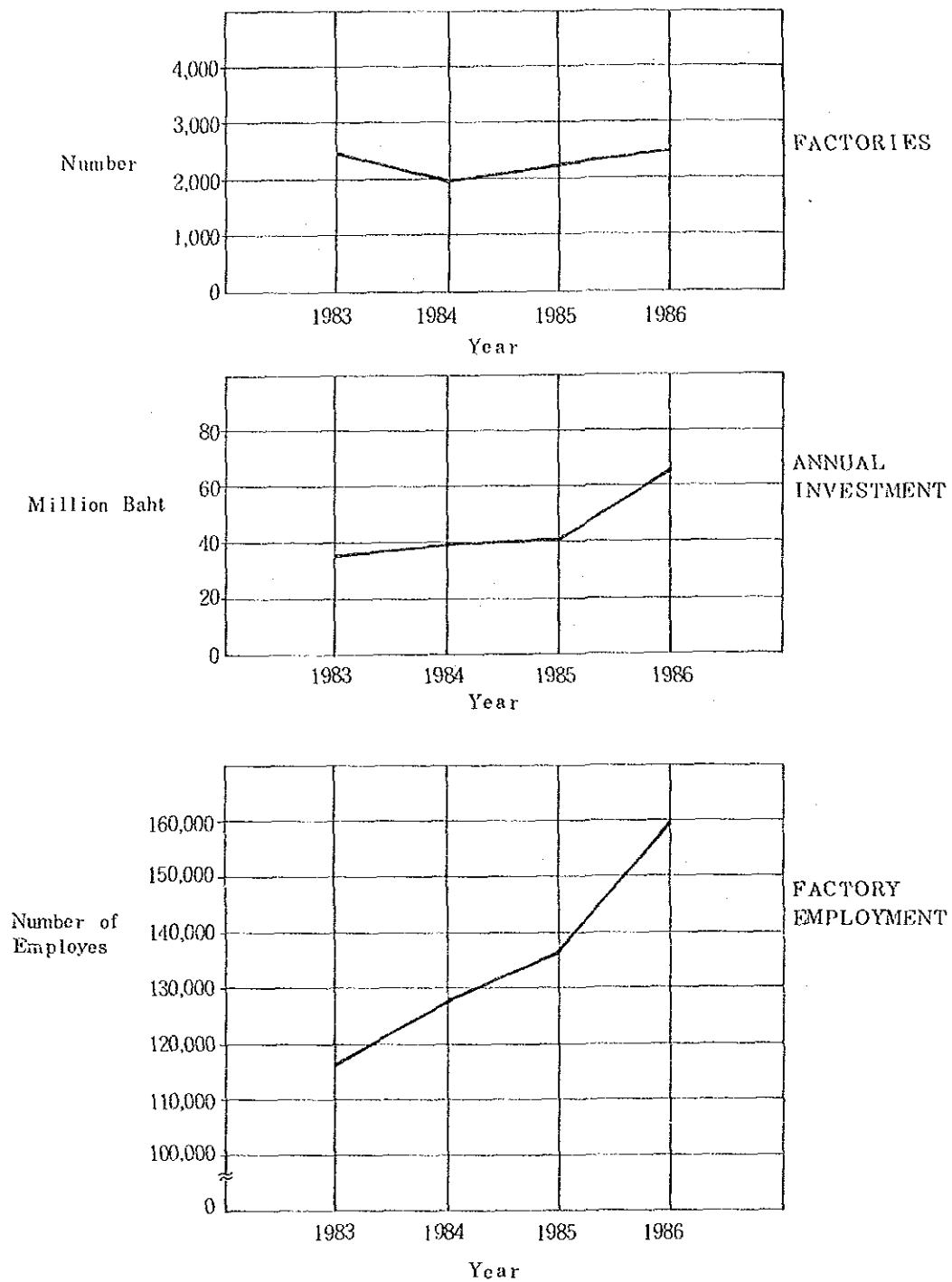


図 2.14 サムトラカン地域の工場数等の推移³⁾

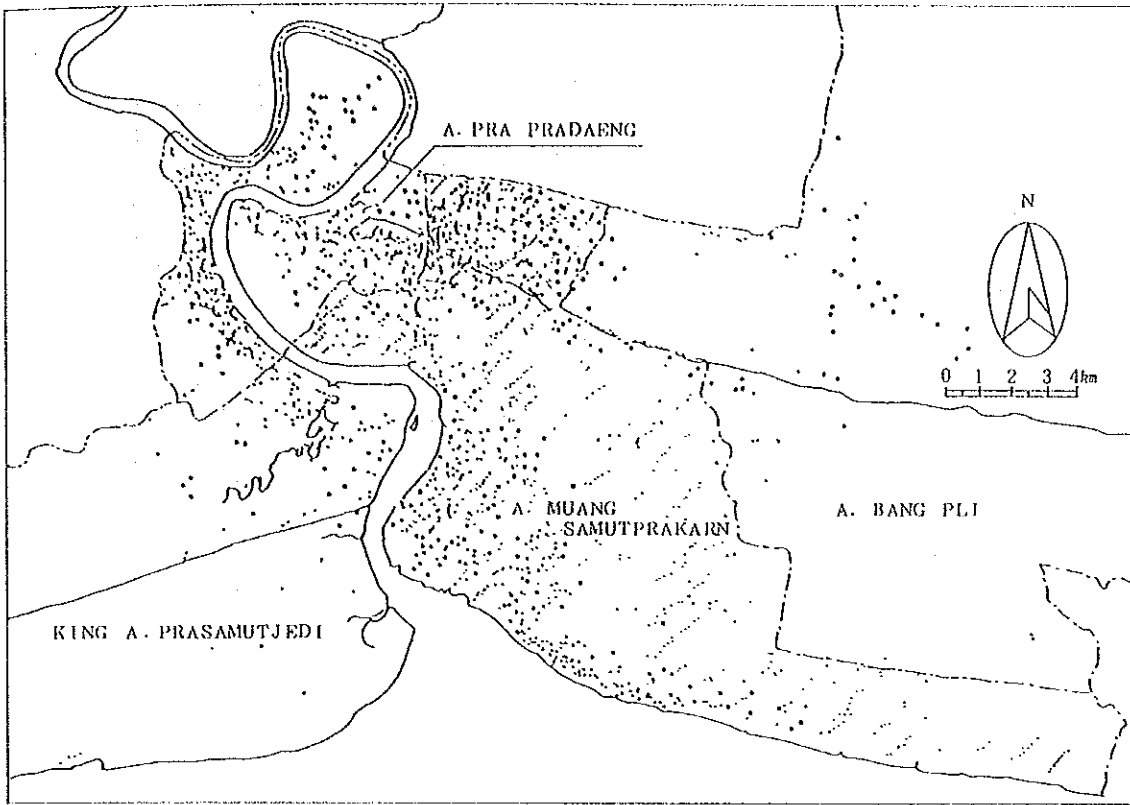


図 2.15 井戸の分布状況³⁾

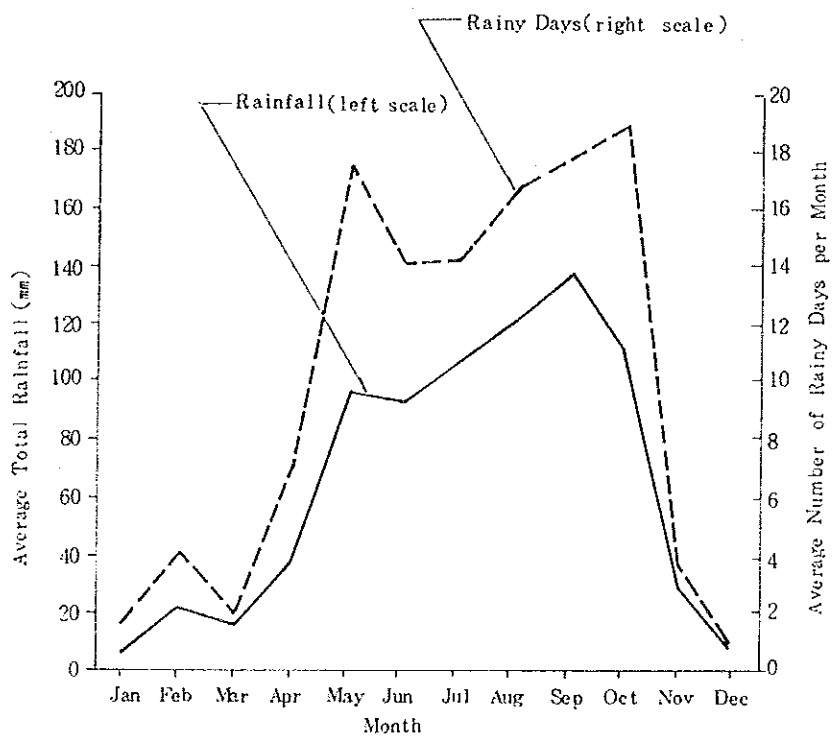


図 2.16 サムトプラカン地域の降雨量³⁾

表 2.13 井戸の数と揚水量

Year	Samut prakarn		Bangkok	
	No. of Wells	Quantity m ³ /d	No. of Wells	Quantity m ³ /d
1978	2,329	228,115	4,229	339,496
1979	2,529	244,534	4,643	363,164
1980	2,731	264,347	4,999	418,354
1981	2,901	285,277	5,251	465,361
1982	3,028	316,153	5,430	498,837
1983	3,104	319,261	5,542	518,299
1986	3,306	350,756	5,122	498,517
1988	3,411		4,958	

Source : IWD資料

2.5 地下水の適正揚水量

2.5.1 サムトプラカン地域の適正揚水量

地盤沈下の原因が地下水の過剰な汲み上げであることは明らかであるが、揚水量が過剰であるか否かを判断する基準となるのが適正揚水量である。この水量以上に大量の地下水を長期間汲み上げていると、地盤沈下が発生する可能性が高い。

適正揚水量は地域の特性によって異なり、この値を求めるには大規模な測定を長期間行なわねばならず、容易ではない。バンコク首都圏の地下水の適正揚水量は、文献に2,3の値が見られるが、明確な数値は求められていないようなので、以下にその推定を試みた。

文献²⁾に Bangkok Groundwater Area と Groundwater Critical Area の井戸水の揚水状況が示されている(表 2.14、表 2.15)。この値と表 2.2 の値に基づいて単位面積 (km²) あたりの揚水量を試算すると、以下のようになる。

地 域 名	Bangkok Groundwater Area (B.G.A.)	Groundwater Critical Area (G.C.A.)
面 積 (km^2)	7,923	2,285
地 下 水 揚 水 量 ($m^3/日$)	約 1,100,000	※約 935,000
単 位 面 積 あ た り 揚 水 量 ($m^3/日/km^2$)	139	409

※ $1,100,000 \times 0.85 = 935,000$

0.85はB.G.A. に対するG.C.A. の揚水量の比である。

これに対し文献¹⁾のPart II, P. 62にこの地域の適正揚水量として $800,000m^3/日$ の値が示されている。しかし、この値の対象地域が上記のB.G.A. かG.C.A. のいずれであるかははっきりしないので、そのおのおのの面積を用いて単位面積あたりの揚水量を算出すると以下ようになる。

B.G.A. 基準 $101 m^3/日/km^2$

G.C.A. 基準 $350 m^3/日/km^2$

さらに、文献⁷⁾のK. Bには適正揚水量として $600,000m^3/日$ の値が示されている。この値も文献²⁾と同様に対象となる地域が示されていないので、上記と同様な計算を行えば、以下の値を得る。

B.G.A. 基準 $76 m^3/日/km^2$

G.C.A. 基準 $263 m^3/日/km^2$

以上の数値の内、B.G.A. を基準にした数値は、日本における実績値から見て過少であるように思える。一方、G.C.A. における実績値 ($409 m^3/日/km^2$) は、すでにこの地域で地盤沈下が発生しているので、適正揚水量を超えている可能性が高い。このような考察から、適正揚水量は $260 \sim 410 m^3/日/km^2$ の範囲にあるとの推定が成り立つ。

調査対象であるサムプラカン地域は、図2.3にも見るように、面積は $934 km^2$ である。そして、この県で使われている地下水は、表2.2に示されるように約 $350,000 m^3/日$ である。しかし図2.15に見るように、地下水を揚げているところは全県まんべんなく分布しているのではなく、およそ $500 \sim 700 km^2$ の地域に集中している。

この面積を基準として単位面積あたり揚水量を算出すると $500 \sim 700 m^3/日/km^2$ ($350,000/700$ 又は 500) になる。この数字は適正揚水量を超えているから地盤沈下が起こっていると類推し、前述の数値と合わせて極めて大胆に推定すれば、

表 2.14 B.G.A. における民間使用の井戸数と揚水量²⁾

Year	Type of Uses			Total	Increment of the Preceding year (%)
	Domestic	Business	Agriculture		
1978	3,947 (218,312)	3,042 (454,033)	330 (11,675)	7,319 (684,020)	—
1979	4,512 (245,738)	3,165 (471,530)	345 (11,982)	8,022 (729,250)	9.6 (6.6)
1980	4,976 (289,350)	3,349 (526,732)	396 (14,023)	8,721 (830,105)	8.7 (13.8)
1981	5,318 (324,048)	3,502 (571,411)	417 (16,307)	9,237 (911,766)	5.9 (9.8)
1982	5,558 (361,600)	3,601 (619,359)	433 (19,018)	9,592 (999,977)	3.8 (9.7)
1983 (up to Oct)	5,733 (384,535)	3,625 (635,704)	441 (22,063)	9,799 (1,042,302)	2.2 (4.2)

Explanation : Figures without () are the number of wells and their related values whereas figures in () are the pumpage (in m^3/day) and their related values

表 2.15 G.C.A. における民間使用の井戸数と揚水量²⁾

Year	Number of well (Pumpage : m^3/d)	Increment of the preceding Year (%)	Percentage of the Bangkok Groundwater Area
1978	6,707 (594,083)	—	91.6 (86.9)
1979	7,350 (636,780)	9.6 (7.2)	91.6 (87.3)
1980	7,936 (717,069)	8.0 (12.6)	91.0 (84.4)
1981	8,380 (792,648)	5.6 (10.5)	90.7 (86.9)
1982	8,699 (860,200)	3.8 (8.5)	90.7 (86.0)
1983 (up to Oct)	8,876 (884,743)	2.0 (2.9)	90.6 (84.9)

適正揚水量はおよそ $300 \sim 350 \text{ m}^3/\text{日}/\text{km}^2$ となろう。この値は当然、タイ政府内でも研究調査されていることと思われるが、今後信頼すべき値が見い出されることを期待する。

この値を使用して、サムトラカンの中央部における地下水の揚水量が過剰になっているか否かを検討してみた。そのために以下の仮定を設けた。

- a. 面積は 500 km^2 と 700 km^2 の 2 ケース。
- b. 適正揚水量は $300 \text{ m}^3/\text{日}/\text{km}^2$ と $350 \text{ m}^3/\text{日}/\text{km}^2$ の 2 ケース。
- c. 地下水量の揚水量は、地域全体の揚水量 $350,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の 80% ($280,000 \text{ m}^3/\text{日}$) と考える。

検討結果を表 2.16 に示す。

表 2.16 適正揚水量の検討

Area (km^2)		Safe Yield ($\text{m}^3/\text{d}/\text{km}^2$)	CASE 1 300	CASE 2 350
CASE 1 500	Safety Limit of Pumping - Up Quantity (m^3/d)		150,000	175,000
	Quantity Over Safety Limit (m^3/d)		130,000 (46.4%)	105,000 (37.5%)
CASE 2 700	Safety Limit of Pumping - Up Quantity (m^3/d)		210,000	245,000
	Quantity Over Safety Limit (m^3/d)		70,000 (25.0%)	35,000 (12.5%)

Note : (%)

Shows ratio of Quantity over Safety Limit to Total
Pumping - Up Quantity.

表 2.16 に示した推算によると、サムトラカン地域では現在 $13 \sim 46\%$ の範囲で地下水が過剰に揚水されていることになる。この値は前述のようになりにかなり大胆な仮定に基づいているので、信頼性には問題はあるが、本調査において節水及び再生利用可能量を算出する際に、一つの目安になるものと考えられる。

2.5.2 日本における実例

日本における主要な地下水利用地域での揚水量の実績を示したのが表 2.17 である。中には $2,000 \text{ m}^3/\text{日}/\text{km}^2$ 以上の高い揚水量を示している地域があるが、これは

富士山麓の極めて地下水の豊富な地域であって、他はおおむね1,000 m³/日/km²以下になっている。

表 2.17 日本の地下水揚水量の実例

(1986)

Area (Province)	Pumping-Up Quantity (m ³ /day)	No. of Wells	Area (km ²)	Unit Pumping -Up Rate (m ³ /day/km ²)
Yatsushiro (Kumamoto)	131,971	69	146.70	900.0
Saga (Saga)	5,458	57	103.68	52.6
Ehime (Ehime)	67,304	107	507.99	132.5
Kagawa (Kagawa)	44,689	110	425.43	105.0
Yoshino-River (Tokushima)	172,897	136	508.43	340.1
Kobe, Akashi	95,222	266	929.54	102.4
Shimamoto (Osaka)	24,246	37	16.82	1,441.5
Nagaokakyo (Kyoto)	21,849	70	19.24	1,135.6
Nobi (Aichi)	313,198	533	275.11	1,138.4
Hamanako (Shizuoka)	32,499	335	137.15	237.0
Enshu (")	486,926	1,859	254.49	1,913.3
Enshu (")	287,803	688	405.14	710.4
Ōigawa (")	1,403,505	2,368	535.23	2,622.2
Shimizu (")	750,449	1,295	1,374.12	546.1
Fujigawa (")	94,554	86	46.76	2,022.1
Fuji-South (")	2,002,364	1,228	529.56	3,781.2
Kisegawa (")	720,058	399	245.89	2,928.4
Shokawa (Toyama)	221,514	462	213.55	1,037.3
Toyama (")	186,873	298	1,712.70	109.1
Echigo (Niigata)	130,417	250	1,165.75	111.9
Echigo (")	396,487	28,462	572.10	693.0
Uonuma (")	200,398	703	585.22	342.4
Yamagata (Yamagata)	73,148	689	381.58	191.7
Oki tama (")	196,200	2,535	1,057.60	185.5
Murayama (")	65,856	377	515.50	127.8
Shinjo (")	43,979	271	882.68	49.8
Kesenuma (Miyagi)	18,700	70	184.02	101.6
Hachinoe (Aomori)	15,928	147	214.69	74.2
Aomori (Aomori)	8,690	138	774.92	11.2

出典：日本地下水利用団体資料（1987）

東京都の東隣の千葉県及び北に隣接する埼玉県における単位面積あたりの地下水揚水量を表 2.18 及び 2.19 に示した。

表 2.18 千葉県の地下水の単位揚水量

市町名	単位揚水量 $m^3/日/km^2$	市町名	単位揚水量 $m^3/日/km^2$
A 町	1,430	F 市	629
B 市	1,093	G 市	596
C 市	976	H 市	513
D 市	922	J 市	508
E 市	681	K 町	481

出典：千葉県資料（1987）

表 2.19 埼玉県の地下水の単位揚水量

市町名	単位揚水量 $m^3/日/km^2$	市町名	単位揚水量 $m^3/日/km^2$
A 市	4,214	G 市	691
B 町	1,821	H 市	617
C 市	1,745	J 市	429
D 市	1,485	K 市	311
E 市	1,049	L 市	144
F 町	872		

出典：通商産業省資料（1977）

千葉県及び埼玉県における単位揚水量は、特に例外的な値を除いて、おおむね 500 ~ 1,500 $m^3/日/km^2$ の範囲に入っており、この内、値の大きな市町では地盤沈下の問題が発生している。

これらの値からも推察できるように、日本では適正揚水量の値はおおむね 1,000 $m^3/日/km^2$ と考えられている。

しかし、適正揚水量の値は各地域の気象条件や土壌の条件によって大きく変わるので、サムトラカンにおいても、この値が適用できるとは言えない。むしろ前述したように日本における値よりかなり低いと考える方が妥当であろう。

このように、適正揚水量の概念を一律に適用することは問題が多いが、地下水の

揚水量をチェックする一つの有力な方法とは言える。

2.6 関連した法律・規則

2.6.1 タイ国における法律・規則

本調査に直接関連した法律は下記の2つである。

- a. Factory Act, B.E. 2512 (1969)
- b. Ground Water Act, B.E. 2520 (1977)

上記の法律には多くの告示が付属している。それらをまとめて表 2.20 に示す。

これ以外に関連する法律としては下記がある。

- a. Public Health Act B.E. 2484 (1941)
- b. Act for the Cleanliness and Tidiness of the Country,
B.E. 2503 (1960)
- c. Building Act, B.E. 2522 (1979)
- d. Act for Metropolitan Waterworks Authority, B.E. 2510 (1967),
Revision B.E. 2522 (1979)
- e. Act for Provincial Waterworks Authority, B.E. 2522 (1979)

この内 d の MWA 法において、サムトラカンは MWA の給水区域であることが示されている。

上記の法規・告示の内、特に関連深い部分については付属資料に示した(付属資料 2.4 ~ 2.7 参照)。

2.6.2 日本における法律・規則

日本における水に関する法規は非常に多いが、水源の大部分が河川であることから、治水・利水の点からは河川法が最も基本となる。

地下水の保全に関しては、工業用水法と建築物用地下水の採取の規制に関する法律がある。両者共タイ国におけるような経済的効果をねらったものではなく、代替水(工業用水道、上水道等)の供給を条件に地下水の揚水を規制していることが特徴である。工業用水法の概略を表 2.21 に示す。代替水の供給に関しては工業用水道法、水道法等がある。

日本における水に関わる法律の一覧を表 2.22 に示す。

表 2.20 関連した法律及び告示

No	法律・告示名	主管官庁	用排水に関連したおもな内容
1	工場法 (1969) Factory Act, B. E. 2512 (1969)	工業省 (Ministry of Industry)	1. 工場の立地及び操業には免許 (Licence) を必要とする。 2. 許可証を受ける条件の中に、廃棄物、廃水及び廃ガスの処理を行うことが示されている。
2	工場廃水基準 告示No. 10 及び 12 B. E. 2525 (1982)	同 上	工場廃水の基準 (表 2.11 参照)
3	公害管理者基準 告示No. 13 B. E. 2525 (1982)	同 上	公害管理者をおくべき工場の規模・種類と管理者の資格。
4	環境影響報告書 告示 No. 15 B. E. 2527 (1984)	同 上	環境影響報告書 (Environmental Impact Assessment Report) の提出が義務づけられる工場の規模・種類と、報告書の内容。
5	地下水法 (1977) Ground Water Act, B. E. 2520 (1977)	同 上	1. 地下水の揚水には許可証 (Permit) を必要とする。 2. 許可証によって地下水を使用する者には、使用量に見合った料金を課すことができる。ただし、 [※] 料金は $1\text{B}/\text{m}^3$ 以下とする。
6	地下水保全のための 技術的方策 告示 No. 7 B. E. 2528 (1985)	同 上	1. 深井戸 (深さ 15 m 以上) にはすべて流量計を設置する事。 2. 流量計の技術的基準。

※ 備考： 地下水料金は、現在ではMWAの給水区域では $1\text{B}/\text{m}^3$ 、それ以外では $0.75\text{B}/\text{m}^3$ となっている。

2.7 地盤沈下対策

2.7.1 タイ国における実施状況

地盤沈下対策は、以下の2種類に大別できる。

a. バンコク首都圏のように、すでに沈下のはじまった地域において、洪水等の災害の発生を防ぐ対策。

b. 地下水の揚水量を減少させて、地盤沈下そのものを停止させる対策。

前者は言わば“対症療法”であり、バンコク首都圏においては堤防の建設、排水路の整備、排水機器・水門の設置等が進められている。

後者は根本的な対策であり、地下水揚水の規制、代替水の供給が考えられる。バンコク首都圏では次の対策が行われている。

a. 前述の地下水法による地下水揚水の規制。ただし、この法律では直接揚水を規制するのではなく、料金を課すことにより経済的に揚水量を節減しようとしている(表2.20参照)。

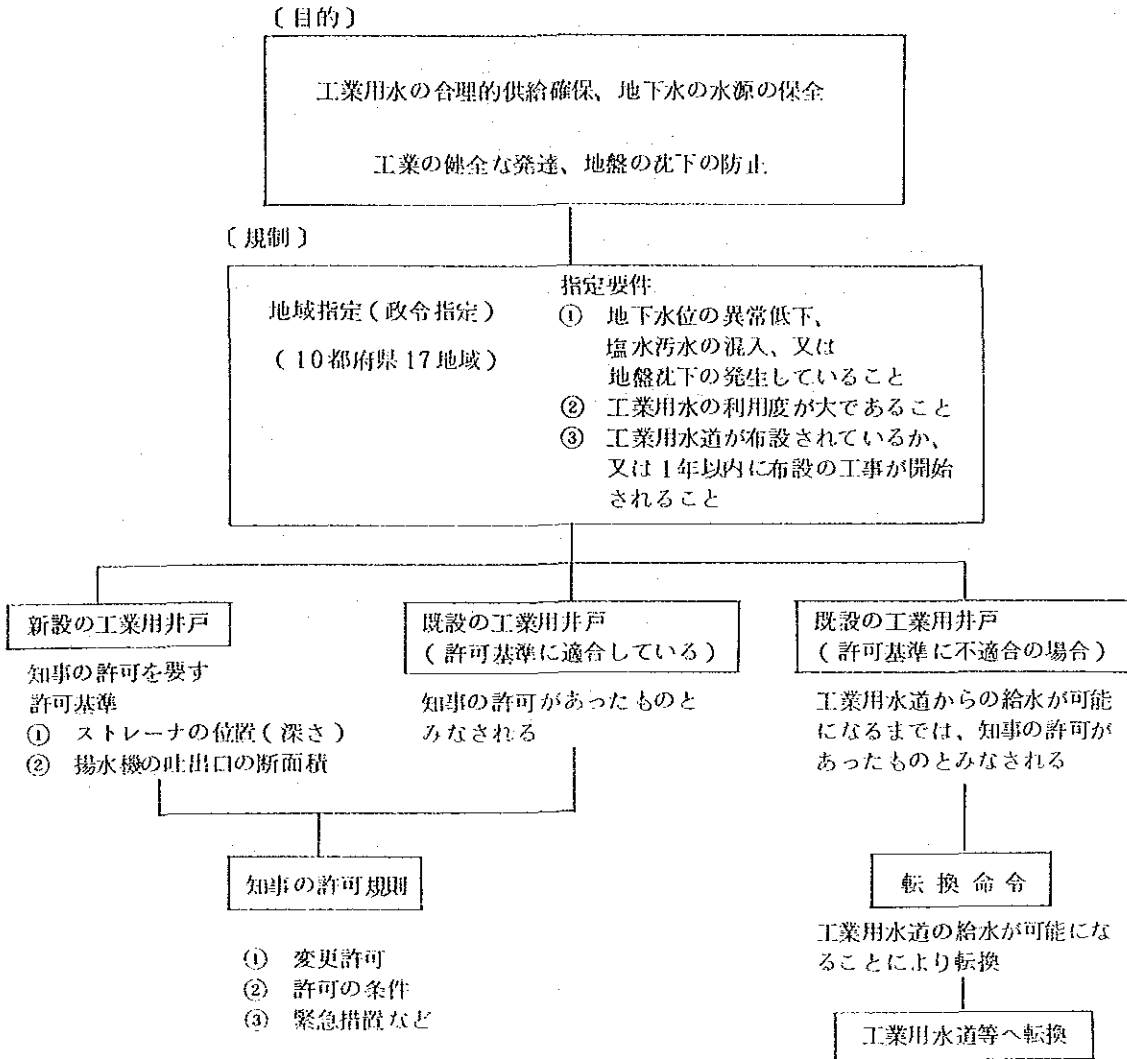
b. MWAの水源の内、地下水を使用している部分を河川水に替え、さらに給水区域を広げて地下水の代替水を供給している(2.2.2参照)。

c. 工業省工場局(IWD)は、日本政府の援助により本調査(工業用水合理的使用計画調査)を実施している。

d. IWDはサムトラカン地域に、河川水を水源とした工業用水道の布設を計画している。⁹⁾

これらの対策の内、bはMWAの給水区域が十分広がっていないこと、供給能力が十分でないこと、後述するように料金が高いこと等のため、現在対策として十分機能しているとは言えない。cとdは将来の計画であるので、現在有効に機能しているのはaの地下水法のみと言える。しかし、経済効果により現在以上に地下水の揚水量を節減するには、地下水料金の設定値が低過ぎると考えられ、現在の地下水法のみでは十分な対策とはならないと考えられる。

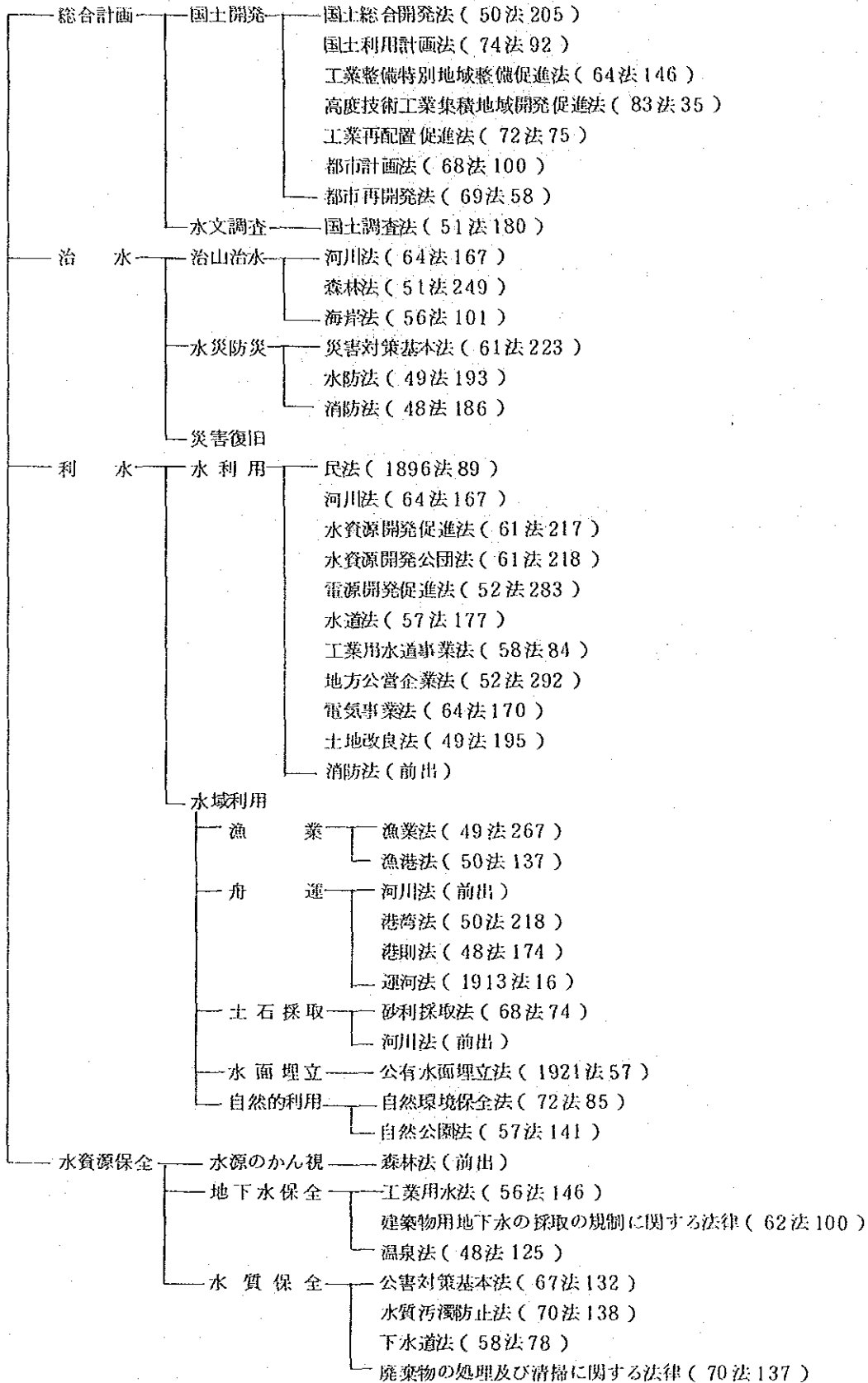
表 2.21 日本の工業用水法



(注) 地盤沈下防止のため、以上の外

- ① ビル用水法
- ② 公害対策基本法
- ③ 都道府県の条例
- ④ ユーザーを含めた自主調整、自主規則がある。

表 2.22 日本における水に関わる法律



2.7.2 日本における地盤沈下対策

日本における対策も、前記の a、b のように区別される。その概要を表 2.23 に示す。ここでは地盤沈下以外に、地下水の塩水化、地下水位の低下等を含めた地下水障害の対策が示されている。この中で最も重要な施策は工業用水法であり、これについては 2.6.2 で述べた。

対策が実施されている具体例として、東京都の東にある千葉県での地盤沈下防止対策のための体系を表 2.24 に示した。又、図 2.17 は東京都の北にある埼玉県地下水揚水水量の低減と、その代替水源としての河川水の手当への推移を示し、埼玉県川口市での沈下量の推移を示している。1970 年代に入ると、地下水揚水量を低減した効果がはっきりと読みとれる。

表 2.23 に示した対策の内、水利用合理化の実例として、通商産業省と地方自治体（都道府県）が協力して実施している「工業用水使用合理化指導」の進め方を図 2.18 に示す。

この図に示した“調査”の部分は、本調査とほとんど同様の内容である。“指導”の部分は、調査の結果を使用して合理的使用を推進させる方策である。

日本にはこの指導により、ある地域の地下水使用を 30% 程度節減させるのに成功した実例がある。

この方策をタイ国に適用した場合の検討は、第 9 章に示してある。

表 2.23 日本における地下水障害対策

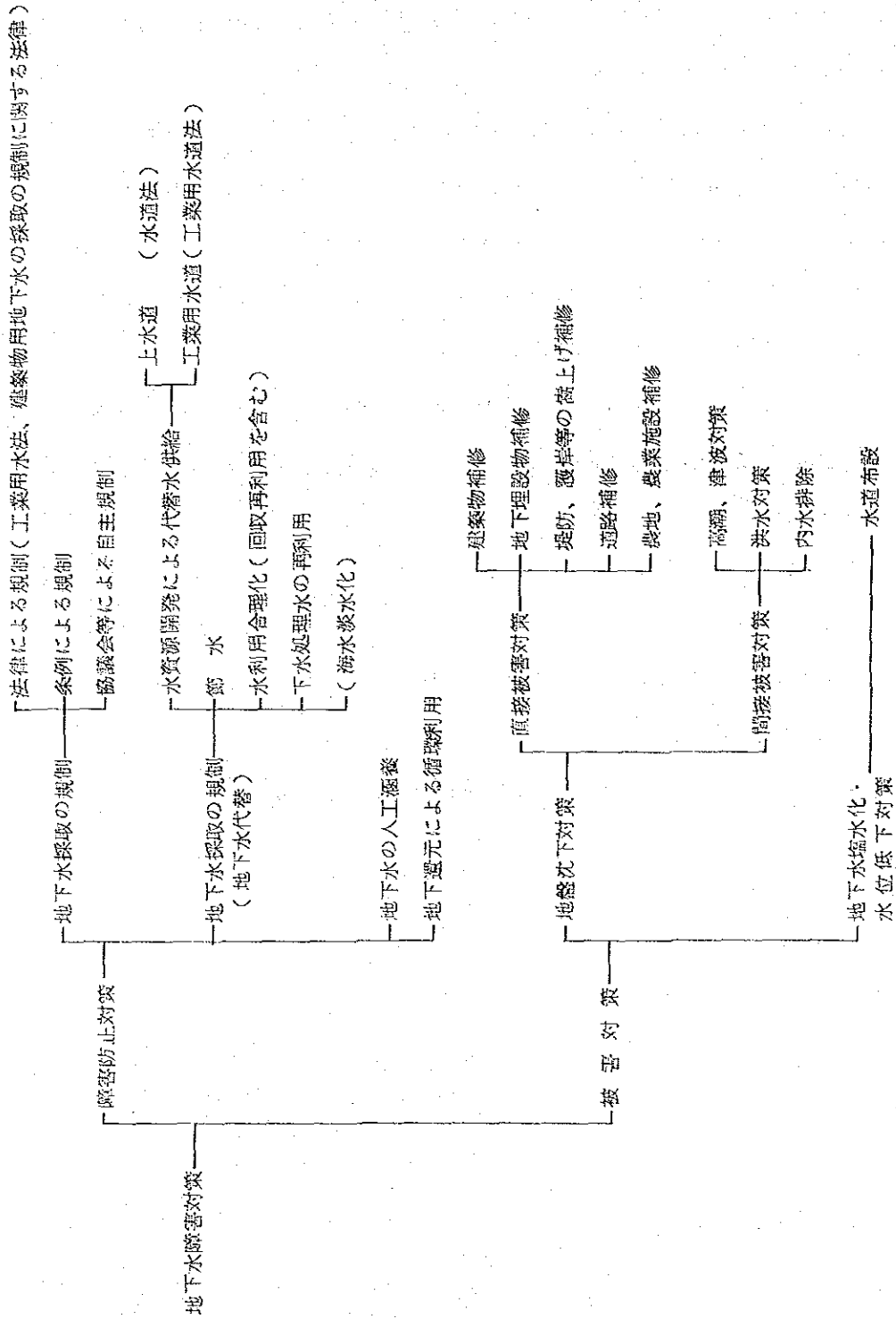
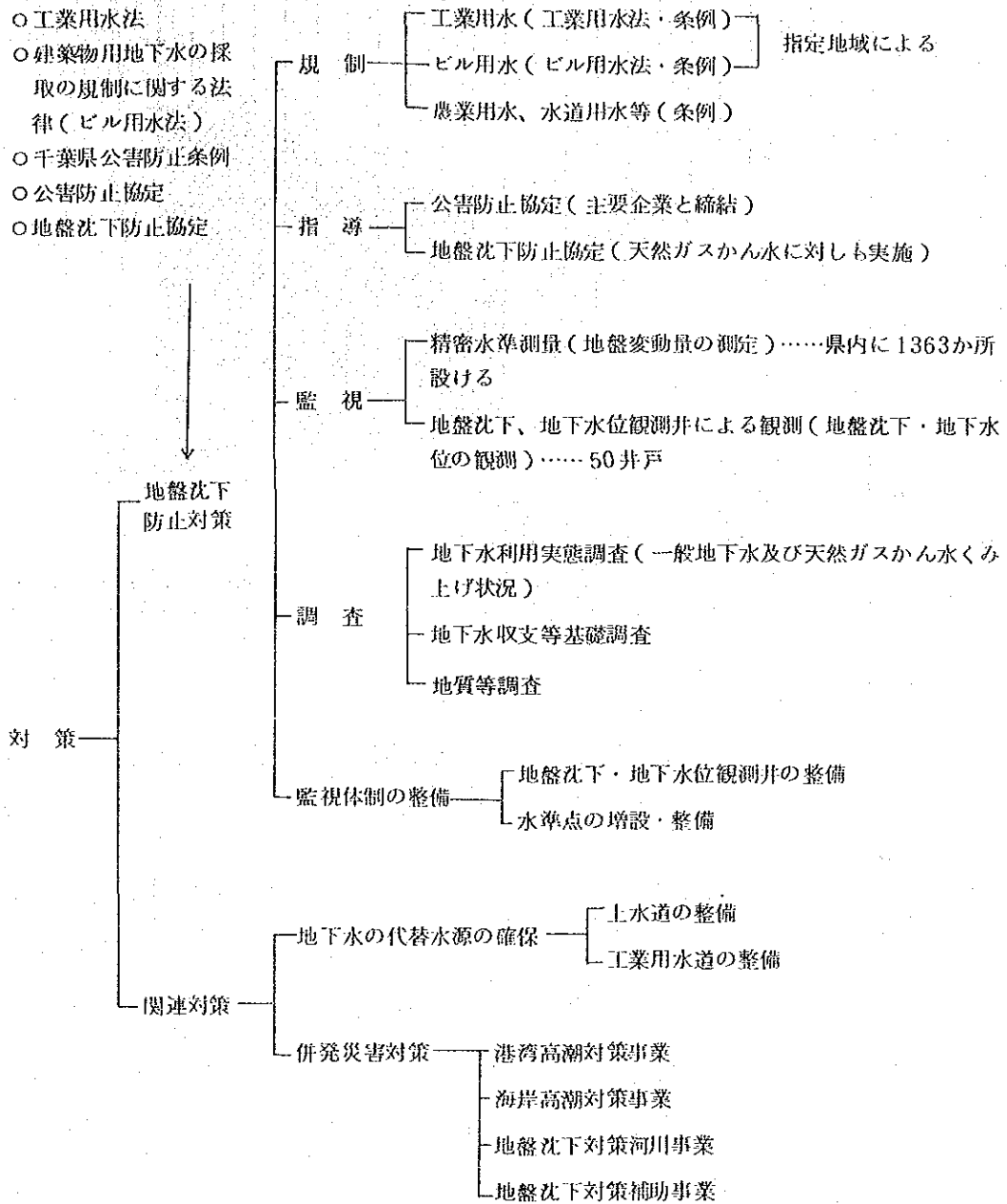


表 2.24 千葉県 の地盤沈下防止対策体系



出典：千葉県の公害対策(1987)

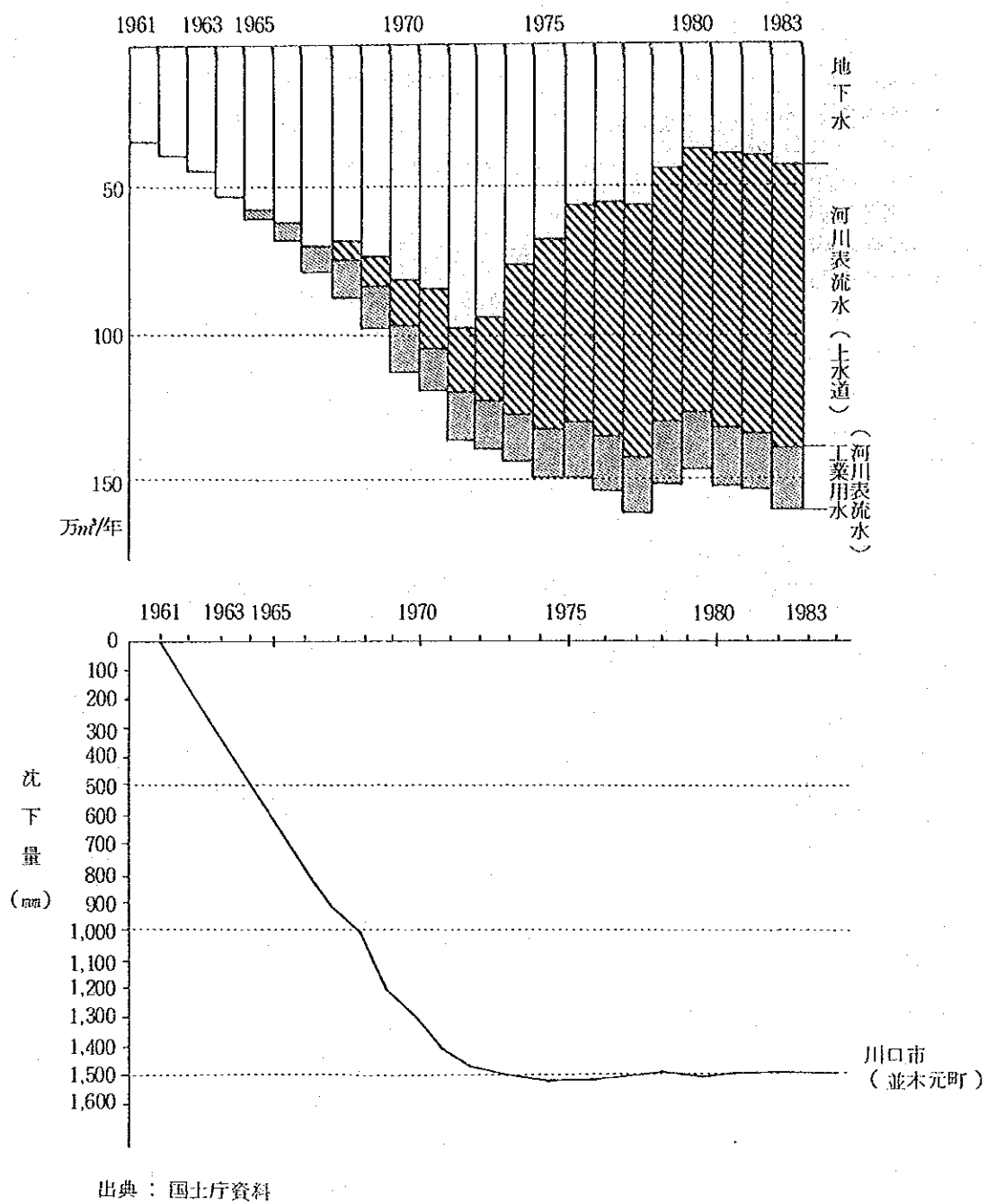


図 2.17 埼玉県における都市用水の水源別用水量変化と地盤沈下の変化

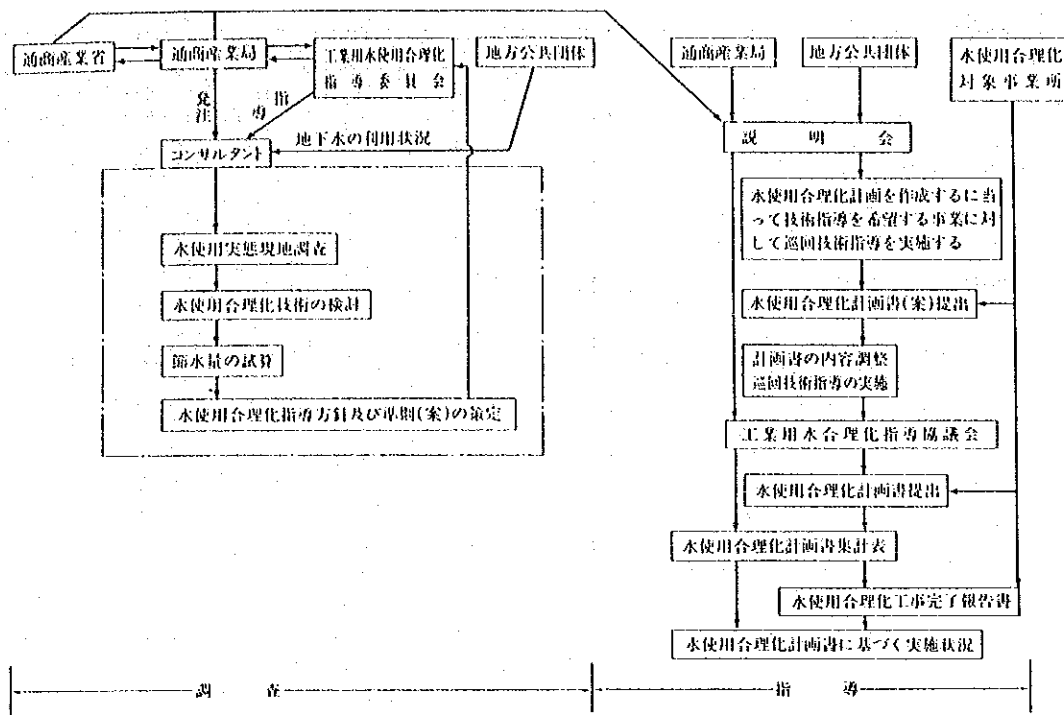


図 2.18 工業用水使用合理化指導の進め方

2.8 水道料金

2.8.1 タイ国の水道料金

前述したように水道料金、水コストというものは、今後の検討を進めていく上で重要なものであるから、ここで検討しておきたい。

先ずMWAの料金であるが、表 2.25 に示すように料金体系が住民用のものと、工業用とに分れ、住民用は割安となっている。そして逓増法といって水をたくさん使うほど単価は高くなっている。表 2.26 はPWAのそれである。ここでは住民用、工業用といった分類 (Category) はなく、MWAの業務用より割高になっている。

一方、サムプラカン地域で地下水を使用した場合、そのコストは地下水料金 (表 2.20 参照) に井戸の掘削費、井戸の維持費、揚水の動力費を加えた値で、おおむね $2 \sim 2.5 \text{ B/m}^3$ 程度となる。従ってMWAの給水を使用した場合の方がかなり高いことになり、簡単に水源をMWAに転換させることは困難があることがわかる。

表 2.25 1988年 Water Tariff in MWA

Category I : Residence		Category II : Industry	
Volume (m ³ /m)	Rates (B/m ³)	Volume (m ³ /m)	Rates (B/m ³)
0-30	4.05 But no less than 20 baht	0 - 10	Package rate 50.0
31-40	4.30	11 - 20	6.20
41-50	4.55	21 - 30	6.45
51-60	4.80	31 - 40	6.70
61-70	5.05	41 - 50	6.95
71-80	5.30	51 - 60	7.20
81-90	6.20	61 - 80	7.45
91-100	6.45	81 - 100	7.70
101-120	6.70	101 - 120	7.95
121-160	6.95	121 - 160	8.20
161-200	7.20	161 - 200	8.45
201 and up	7.70	201 - 2,000	8.60
		2,001 - 4,000	8.40
		4,001 - 6,000	8.00
		6,001 - 10,000	7.50
		10,001 - 20,000	7.00
		20,001 - 30,000	6.50
		30,001 - 40,000	6.00
		40,001 - 50,000	5.50
		50,001 - and up	5.00

Source : MWA

表 2.26 Water Tariff in PWA

Volume (Cubic Metre/Month)	Rates (Baht/Cubic Metre)
0 - 10 cu. m.	unit charged 3.75 baht (but not less than 15 baht)
11 - 20 cu. m.	unit charged 4.50 baht
21 - 30 cu. m.	" 6.50 "
31 - 50 cu. m.	" 7.50 "
51 - 80 cu. m.	" 8.00 "
81 - 100 cu. m.	" 8.50 "
101 - 300 cu. m.	" 9.00 "
301 - 1000 cu. m.	" 9.25 "
1001 - 2000 cu. m.	" 9.50 "
2001 - 3000 cu. m.	" 9.75 "
3001 and above	" 10.00 "

Note : Water charge was calculated from group of water used and is subjected to use for water bill from October, 1987 and on ward.

Source : PWA

2.8.2 日本の水道料金

水道料金についての理解を助けるために、日本の水道料金を表 2.27 に示す。

この表は、表 2.25 に示した MWA の料金の内、民生用にあたるものを日本各地について集計し、パーツに換算したものである。表に示した地名については、図 2.19 を参照されたい。

図 2.20 は、日本における水道の用水原価と販売価格の平均値を示したものである。この差額は公益事業であるため、地方自治体の予算と自治省の補助金で補填される。この価格には家庭用以外の業務用の料金が含まれているので、表 2.27 とは多少異なっている。

表 2.27 日本の上水道の家庭用料金（1985年度）

地域	項目	基本料金 (B/m ³)		
		最高	最低	平均
北海道		68.0	13.8	31.2
東北		90.0	6.0	26.6
関東	内陸	54.0	4.8	19.4
	臨海	36.0	5.0	17.6
東海		46.0	5.8	18.0
北陸		43.2	5.6	19.6
近畿	内陸	48.0	10.0	20.8
	臨海	60.0	6.0	20.8
山陰		38.4	10.2	17.8
山陽		46.6	6.2	22.0
四国		83.0	6.6	19.6
北九州		50.0	10.0	23.4
南九州		50.0	9.6	20.8
沖縄		41.8	13.0	22.8
全国		90.0	4.8	21.8

資料：厚生省「水道統計」

Note: 5 Yen = 1 Baht にて換算

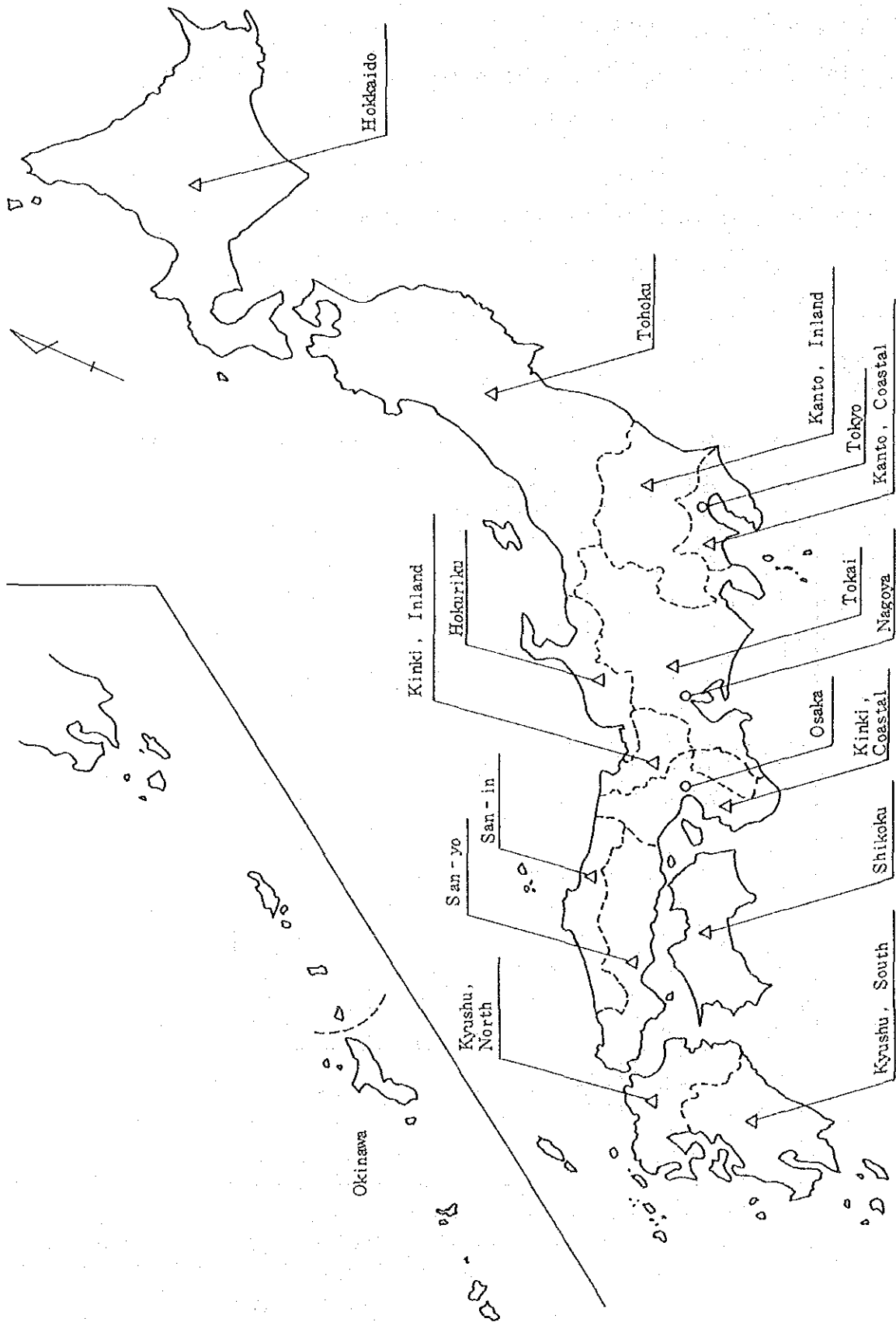
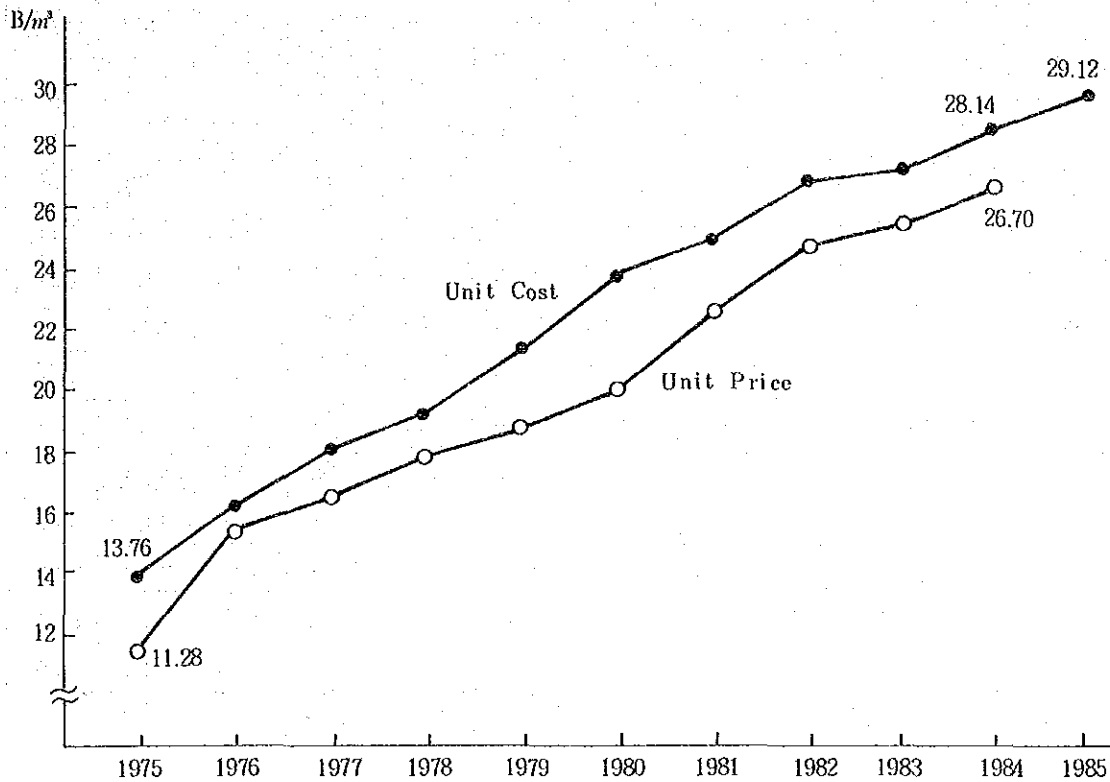


図 2.19 地名の参考図



出典：厚生省「水道統計」
 注：5 Yen ≡ 1 Baht として換算

図 2.20 水道の用水原価と販売価格

2.8.3 工業用水の価格

タイ国においては、未だ公共の工業用水道は存在しない。前述のように I.W.D. は現在サムプラカン地域に工業用水道を布設することを計画しており、その予想される料金は $5 \sim 8 \text{ B/m}^3$ 程度といわれる。

一方、日本には上水道とは別に工業用水のみを供給する公共の工業用水道があり、全工業用水の約 35% を供給している。参考のためにその平均料金を表 2.28 に示す。

表 2.27 に示した日本の水道料金（平均 2.18 B/m^3 ）に比べるとかなり低廉となっているが、これは給水範囲が狭く、長い配管を必要としないこと、水処理も砂濾過がなく場合によっては沈殿池もないほどであること、給水先が大量の水を必要とする需要家のみであること等が安くなっている大きな理由である。

表 2.2 8 日本の公共工業用水道の平均料金の推移

(Unit: B/m³)

Area \ Year	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	
Whole Country Average	2.49	2.55	2.94	3.00	3.00	3.14	3.22	3.31	3.34	3.41	
Hokkaido	2.54	2.57	2.57	2.58	2.58	2.58	2.75	2.75	2.75	2.75	
Tōhoku	1.35	1.55	1.74	1.79	1.91	1.99	2.18	2.23	2.26	2.28	
Kanto	Inland	1.81	1.87	1.99	2.17	2.17	2.29	2.23	2.23	2.35	3.17
	Coastal	3.68	3.72	4.49	4.05	4.05	4.08	4.08	4.62	4.62	4.62
Tokai	2.57	2.59	2.97	3.14	3.15	3.33	3.42	3.45	3.44	3.51	
Hokuriku	2.13	2.24	2.39	2.60	2.75	2.76	2.93	2.93	3.05	3.05	
Kinki	Inland	3.98	3.69	3.69	3.59	4.13	4.91	4.91	4.91	5.27	5.27
	Coastal	2.84	2.92	3.51	3.78	3.42	3.64	3.63	3.63	3.63	3.69
Sanin	2.01	2.62	2.62	2.62	2.62	2.89	2.89	3.06	3.06	3.06	
Sanyo	2.08	2.10	2.42	2.50	2.51	2.77	2.92	2.97	2.99	3.00	
Shikoku	2.18	2.22	2.50	2.62	2.68	2.82	2.94	2.86	2.94	2.94	
Kyushu	2.53	2.58	2.76	3.06	3.26	3.58	3.62	3.64	3.66	3.68	

Source : M. I. T. I. (Japan)

2.8.4 工場における用水の費用

工業用水の合理的使用を検討する場合、実際に工場で使用されている用水の価格及び用水の費用が出荷額に占める比率等は重要な資料となる。ただ、タイ国においては工業用水に関する資料はほとんど見い出せないのので、日本における数値を示して参考とする。

日本においても、このような値は最近の資料がなく、表 2.29 及び 2.30 に示したのはやや古い値である。

ここで、日本のある製鉄所の実例を並べる。その製鉄所では用水量の原単位の基準として、中間製品である粗鋼の生産量(トン数)を採用している。

1970年頃の実績は以下の通りであった。

水 源	原 単 位 (m ³ /トン)	用水単価 (B/m ³)	用水費用 (B/トン)	備 考
淡水補給水	10	3.0	30	
淡水回収水	110	1.6	176	
海 水	30	0.4	12	発電所用は含まず
合 計	150	1.45	218	

表 2.29 日本の主要産業別、水源別用水コスト（1962年）

（単位：B/m³）

	公 共 水 道		自 家 用 水 源				回 収 水	淡 水 加 重 平 均
	工業用水道	上水道	地表水	伏流水	地下水	その他		
全 国 平 均	0.67	3.24	0.32	0.39	0.57	0.39	0.34	0.67
化 学 工 業	0.65	3.00	0.34	0.42	0.38	0.77	0.48	0.59
パルプ・紙・紙加工品	0.59	1.45	0.31	0.31	0.39	0.26	0.07	0.32
鉄 鋼 業	0.58	3.23	0.77	0.96	0.65	0.79	0.61	0.84
繊 維 工 業	1.09	3.03	0.22	0.45	0.63	0.22	0.23	0.71
食 料 品 工 業	0.90	3.83	0.40	0.16	0.46	0.15	0.52	0.82
窯 業 ・ 土 石	0.72	3.72	0.38	0.38	0.48	0.26	0.17	0.66
火 力 発 電	1.02	3.36	0.08	0.72	0.95	0.10	0.21	0.17

Note : Fresh water のみとし、Sea water は除いてある。

1 Baht ÷ 5 Yen として換算

出典：日本の水資源

表 2.30 主要業種における工業用水コスト

（1971年 Practical Data.）

（単位：%）

業 種	出荷額に占める用水費の割合
鉄 鋼	1.67
石 油 精 製	0.88
石 油 化 学	2.95
ア ル ミ 製 錬	1.27
繊 維	0.69
紙 ・ パ ル プ	1.77

（注）通産省工業用水課調べ。

この製鉄所の粗鋼の生産コストを 20,000 B/トンとすると、用水費用が出荷額に占め比率は 1.09% となる。

この程度が製鉄所の平均的数値であり、表 2.30 に示した 1.67% はやや高目の数値と思われる。粗鋼の生産コストを上記の値とすると、出荷額に占める比率が、1.67% の場合は、用水費用は 334 B/トンとなり、上記の実績に比べて 100 B/トン以上の差が生じることになるので、企業の経営上大きな問題となる。

このように用水単価が企業に及ぼす影響は小さくないので、地下水の節減のために地下水料金を高くすることは効果のある方法であるが、あまり単価の高い用水を使用させることは企業の運営を危くする恐れがあるので、慎重に検討されるべき問題であろう。

参 考 文 献

- 1) Thailand Development Research Institute 「Thailand - Natural Resources Profile」 May, 1987.
- 2) Sitdhirak Sritrakul. 「Implementation of the Groundwater Law in Thailand」 Nov. 24, 1983.
- 3) Watson Hawksley (Consultant) 「Samut Prakarn Industrial Pollution Control and Management Project」 Aug. 1987.
- 4) Metropolitan Waterworks Authority 「Annual Report, 1986.」
- 5) Metropolitan Waterworks Authority 「Annual Report, 1987.」
- 6) Provincial Waterworks Authority Journal 「Water」 (The 9th Anniversary Special Copy) Feb. 1988.
- 7) NEB, Pub. 1981-002 「Investigation of Land Subsidence Caused by Deep Well Pumping in the Bangkok Area」 Comprehensive Report 1978~1981. Prepared by Division of Geotechnical & Transportation Engineering AIT.
- 8) P.A. Bank 「Water and Environmental Management in the Third World」 Institute Water and Environmental Management Conference, 1987.
- 9) Feasibility Study of a Giant Water Reservoir and Water Distribution System for Industries in Samut Prakarn Province; IWD (1984)

第3章 調査工場の工業用水使用実態

3.1 調査対象工場の選定

サムトプラカン地域には大小合せて 2,631 の工場が存在するが、その中から SCOPE OF WORK と同時に合意された議事録に対象サンプル工場数として示された 5 業種 60 工場を抽出した。抽出は工場局 (IWD) が以下の方針に従って行った。

- a. その業種を代表する大規模な工場であること。ただし、小規模な工場も或程度は加える。
- b. 各業種の工場数の分布を考慮する。
- c. 調査表による調査及び訪問調査を受入れて貰える工場であること。

以上の方針の内、c は調査のためのサンプルを抽出する条件としてはやや異例であるが、本調査は工場の内部に立入って、製造工程全般について詳細な調査を行う必要があるため、有効な調査を行うためには、この条件は必須のものと考えられる。

工場局は a 及び b の条件を考慮してまず約 200 工場を抽出し、次いで予備調査によって c の条件を確認して、最終的に調査対象工場 59 を抽出した。その概要は以下に示す通りである。

項目 \ 業種	食料品	紙	繊維	金属	化学	計
工場数	14	5	7	20	13	59
従業員数	4,840	1,870	5,310	5,590	2,240	19,850
井戸水揚水量 m ³ /日	6,500	16,900	13,600	8,500	4,700	50,300

これ等の工場がサムトプラカン地域の全工場に対する位置づけを以下に示す。

項目 \ 区別	全工場	調査対象工場
工場数	2,631	59 (2.2)
従業員数	130,000 ~ 150,000	19,850 (14.2)
井戸水揚水量 m ³ /日	286,000	50,300 (17.6)

() 内は比率 % を示す。

この表からわかる通り、全工場に対し井戸水揚水量では 18 % を占めるに過ぎない。これは各業種の工場数の分布を考慮したことのほか、c の条件も影響していると思われる。

このようにして抽出された調査対象工場は、地域全体を代表するサンプル工場とはいえないが、以下の条件を考えればこの抽出は妥当なものと考えられる。

- a. この様な工業用水の使用実態の調査は、タイ国では初めてなので、調査がし易い所から実施して見る必要があるであった。
- b. 個別工場の井戸水の揚水量は本調査以前には極めて不正確なデータしかなかった。
- c. 種々な業種における使用実態を明らかにする必要がある、揚水量が多い工場（例えば繊維、紙、鉄鋼等）のみを対象とすることができなかった。
- d. 小規模な工場の使用実態も調査しておく必要があった。
- e. 工場局側は、この調査を今後同様な調査を進めるためのテストケースと考えており、統計的な正確さを期待していなかった。

3.2 実態調査の実施状況

(1) アンケート調査

調査対象工場にはすべて訪問調査を実施したが、訪問調査を効率よく行うため、事前に調査表を送付して回答を求めた。送付した調査表（英文）は付属資料その2に添付してある。実際に工場に送付された調査表はタイ文になっている。

調査表の送付及び回収は工場局によって実施された。回収された調査表数は、訪問調査実施前に32、工場を訪問した際に5で、合計37であった。調査表の回収率は63%で、事前に予想された値（約50%）を上廻った。

(2) 訪問調査

昭和62年10月～12月の間に行った現地調査の際に、対象59工場に対し訪問調査を行った。その方法及び内容は以下の通りである。

- a. 調査班2班を編成した。各班は以下の人員からなる。

JICA調査団員 3名（内1名が班長）

工場局担当官 1～2名

計 4～5名

- b. 各班が、大規模な工場は1日1工場、小規模な工場は1日2工場を訪問した。

- c. 訪問調査は、おおむね以下の手順に従って行った。

工場担当者による調査表の内容についての説明。

調査班員による質問。

施設の視察。

流量等の測定個所の決定。

各種測定の実施。

工場担当者に対する測定結果の報告と意見交換。

工場訪問調査のやり方についての要領(マニュアル)は、付属資料その2に示してある。

なお、昭和63年7月に行った補足調査の際も、前記の訪問調査を補足するため、5工場については再度訪問調査を実施している。

(3) 調査結果の整理と表示

上記で調査した結果は、各工場ごとに以下の型式に整理し、表示した。

- a. 工場の概要(資本金、出荷額、従業員数等)
- b. 用途別・水源別使用水量
- c. 製造工程のフローシート(用水使用個所を主としたもの)
- d. 用排水のフローシート(流量が記入されたもの)
- e. 工業用水の使用状況についての説明
- f. 排水の処理状況についての説明
- g. 用水及び排水の水質(ただし入手し得た値のみ)

上記については第5章に各工場ごとに示してあるほか、表3.1、3.2、3.3、及び付属資料その2に一覧表にして示した。

3.3 調査工場の概要

3.1で述べた方法で、約2,600工場から抽出された調査対象工場59の概要を表3.1に示す。これらの工場の特性を簡単に説明すると、以下のようになる。

- a. 工場の規模については、大規模の工場から小規模な工場まで広く分布している。
- b. 同一の業種に属している工場でも、製品の種類は多様であり、ほぼ同一の製品を造っている工場は僅少である。
- c. 金属の業種は、大別すると金属の素材を造っている工場と、素材を原料として機械等を製作する工場とになる。前者の代表は棒鋼、めっき鋼板(M-02)、錫めっき鋼板(M-15)等であり、後者の代表は扇風機、テレビ(M-01)、自動車(M-18)等である。

表 3.1 会社・工場概要 (1/3)

Type of Indst.	Code No.	Fact. No.	Capital (M¥)	Annual Amount of Shipment (M¥)	Total Area (m ²)	No. of Workers	Main Products	Well Water Qt. (m ³ /d)
Food	F-01	170	-	400	12,100	700	Canning of Fish, Fruits & Vegetables	870
	F-02	103	0.4	40 t/Y	48,000	450	Condensed Milk & Evaporated Milk	1,065
	F-03	135	50	200	5,500	100	Jam, Paste, Margarine, Dry Milk	178
	F-04	130	24	-	56,000	214	Fish Sauce	100
	F-05	127	8.0	-	27,200	465	Canning of Fish, Fruits & Vegetables	614
	F-06	114	-	670	33,600	400	Condensed Milk & Sterilized Milk	1,098
	F-07	110	-	48	13,000	130	Frozen Sea Food	163
	F-08	109	-	20-30 t/d	16,400	1,000	Frozen Sea Food	665
	F-09	91	-	-	24,000	150	Vegetable Oil, Fat & Wax	300
	F-10	78	-	-	-	45	Cake	0
	F-11	65	5.0	0.6	3,600	75	Candy	PW 54 37
	F-12	48	120	350	64,000	214	Poultry, Pig, Pet & Aquatic Foods	323
	F-13	43	0.03	459	44,800	880	Frozen Chicken	1,040
	F-14	21	6	3.5	2,000	15	Noodle	68
Paper	P-01	145	-	60	10,000	65	Writing Paper	1,245
	P-02	124	-	54,000 t/Y	30,000	330	Board Paper, Corrugate Medium	1,230
	P-03	107	10	7,491 t/Y	4,800	249	Toilet Paper	2,958
	P-04	84	430	1,100	80,000	900	Printing Paper, Kraft Paper & Cardboard	11,360
	P-05	39	-	264 t/Y	81,600	323	Coated Paper, Aluminum Foil	152
Textile	T-01	146	600	-	144,000	4,530	Fiber, Yarn, Raw Cloth, Finished & Dyed Cloth	10,384
	T-02	197	2	6,000 y/d	19,200	100 (Peak 170)	Dyeing of Cloth	113
	T-03	203	-	2,400 t/Y	6,400	180	Bleaching & Dyeing of Cloth	1,885

表 3.1 会社・工場概要 (2/3)

Type of Indst.	Code No.	Fact. No.	Capital (M¥)	Annual Amount of Shipment (M¥)	Total Area (m ²)	No. of Workers	Main Products	Well Water Qt. (m ³ /d)
Textile	T-04	193	1	3	3,200	50	Printing & Dyeing of Cloth	25
	T-05	200	-	-	12,800	76	Knitwear, Cloth	180 (Plan)
	T-06	198	-	-	6,400	76	Bleaching & Dyeing of Cloth	442
	T-07	189	20	120	4,800	300	Towel	549
Metal	M-01	61	500	544.5	45,108	507	Fan, TV, Refrigerator & Motor	504
	M-02	96	30	1,200	9,600	684	Steel Bar, Galvanized Sheet	1,190
	M-03	89	-	15	24,000	250	Automobile Parts	162
	M-04	206	7	8	4,000	40	Iron Rod	6 PW 2
	M-05	73	100	143.9	70,400	350	Steel Bar, Aluminum Bar, Sash, Brass	620
	M-06	53	45	50	8,807	390	Air Conditioner	70
	M-07	34	1	-	2,400	87	Parts of Motorcycle	58
	M-08	42	15	72	15,600	201	Automobile Parts	40
	M-09	69	150	-	21,000	200	Steel Angle, Channels	451
	M-10	207	20	15	6,400	60	Flat Bar, Square Bar	17
	M-11	116	126	530	24,300	345	Drawing Dies, Carbide Tip	212
	M-12	97	-	1,300	7,200	31	Electrical Parts of Motorcar	107
	M-13	208	-	100	9,600	90	Steel Pipe	20
	M-14	115	65	73.2	83,315	310	Fine Steel Wire	269
	M-15	101	1,376	2,139	41,600	469	Truck (Medium & Large Size) Bus	3,162
	M-16	100	-	140	12,634	127	Tin Plate, Tin-Free Steel	529
	M-17	56	40	53,200	24,213	413	Iron Wire, Steel Wire, Spring Wire	140
	M-18	64	130	5,476	124,800	585	Coil Spring Leaf Spring	617
	M-19	57	110	2,710	17,600	341	Passenger Car, Pickup Truck	350
	M-20	49	33	70	19,200	105	Motorcycle, Engine for General Use Piston Ring	23

表 3.1 会社・工場概要 (3/3)

Type of Indst.	Code No.	Fact. No.	Capital (M¥)	Annual Amount of Shipment (M¥)	Total Area (m ²)	No. of Workers	Main Products	Well Water Qt. (m ³ /d)
Chemical	C-01	155	18	100	20,800	67	Medicines (Tablet, Injection, Syrup)	75
	C-02	168	30	450	81,600	102	Resins	330
	C-03	209	2.5	15	275	120	Electro-Plating, a Plating	36
	C-04	210	20	-	32,000	110	Medicine	0
	C-05	149	-	-	64,000	325	Caustic Soda, Hydrochloric Acid	PW 30 1,560
	C-06	147	10	180	32,000	67	Pesticide	27
	C-07	106	-	100	12,000	96	Vegetable Oil	83
	C-08	94	12	533	20,336	531	Soap, Margarine	752
	C-09	82	360	720	22,400	276	Soap, Cosmetic, Confectionery	226
	C-10	51	-	900	17,000	100	Shampoo, Blucher, Surface Active Agent	300
	C-11	25	80	Ca 180	80,000	240	Latex, Resin	1,020
	C-12	7	-	-	20,000	109	Plasticizer, Plastics	250
	C-13	29	24.5	18.8	25,600	94	Sorbitol, Dextrose Medicines (Tablet, Cream & Liquid)	45

d. 化学の中に電気メッキ(C-03)、食用油(C-07)が含まれている。これは日本では別途の分類に属する。

e. 工場の規模を従業員数で分類すると、以下のようになる。

1,000人以上	2	、	500~999人	7、	300~499人	14、
200~299人	8、	100~199人	12、	99人以下	16	

3.4 工業用水の使用実態

3.4.1. 概 要

表 3.2 に調査工場の水源別の工業用水使用量を示す。表に示されたように、59工場の工業用水の使用量は約 2 2.7 千 m^3 /日（工場当たり 3,847 m^3 /日）となり、その内補給水量は約 5.3 千 m^3 /日（工場当たり 896 m^3 /日）、回収水の使用比率（回収率）は 76.7% に達している。なお、各工場の詳細は付属資料その 2 に示す。

工業用水の使用実態を図で示したのが図 3.1～3.6 である。図 3.1 及び 3.2 は水源別工業用水の使用量及び比率を示したもので、前述のように回収水が大きな比率を占めていること及び補給水では井戸水が大部分（95%）を占めていることがわかる。

図 3.3 は業種別の使用比率を示したもので、工場数の少ない繊維及び紙が大きな比率を占めているのがわかる。この両業種は多用水型の業種であり、一工場当たりの使用水量が多いので、この結果は当然のことである。このことは図 3.5 に示した補給水量の使用比率についてもあてはまる。以下に一工場当たりの使用量（回収水を含む総使用量及び補給水量）を業種別に示す。

一工場当たりの使用量

業 種	項目	総使用水量 m^3 /日	補給水量 m^3 /日
食 料 品		3,309	502
紙		5,871	3,769
繊 維		9,595	1,947
金 属		1,758	430
化 学		3,729	368
合 計		3,847	896

図 3.4 は用途別の使用比率を示したもので、冷却用水が半分近い比率を占めていることがわかる。温調用水が製品処理・洗浄用水を上廻る比率を占めているが、これは調査対象工場中最も規模の大きい（敷地面積及び従業員において）T-01工場において、多量の温調用水（約 53,000 m^3 /日）が使用されているためで、この特殊例を除くと製品処理・洗浄用水が冷却用水に次ぐ使用比率を占めている。

図 3.5 は井戸水について業種別に使用比率を示したものである。図 3.3（総使用水

表 3.2 調査工場の工業用水使用量

項目 業種	調査 工場数	工業用水使用量 $m^3/日$				回収率 %
		補給水	補給水の内 井戸水	回収水	合計	
食料品	14	7,025	6,521	39,301	46,326	84.8
紙	5	18,845	16,945	11,009	29,854	36.9
繊維	7	13,632	13,578	53,535	67,167	79.7
金属	20	8,594	8,547	26,565	35,159	75.5
化学	13	4,799	4,704	43,693	48,492	90.1
合計	59	52,895	50,295	174,101	226,996	76.7

量)に比べて紙の使用比率が大幅に増大しているのは、紙の工業用水回収率が全業種の平均値に比べてかなり低い(37%)ためであり、逆に化学が大幅に減少しているのは、回収率が極めて高い(90%)ためである。なお、工業用水回収率については次項で説明する。

図 3.6 は井戸水について業種別に使用比率を示したものである。図 3.4 (総使用水量)と異なり製品処理・洗浄用水の使用比率が極めて高く、温調用水及び冷却用水の使用比率が低くなっている。これは、前者の回収率が低く(29%)、後者の回収率が極めて高い(冷却…96%、温調…99%)ことによる。また、製品処理・洗浄水の大部分は紙と繊維の2業種で使用されている(75%を占める)。

使用量(㎥/日)

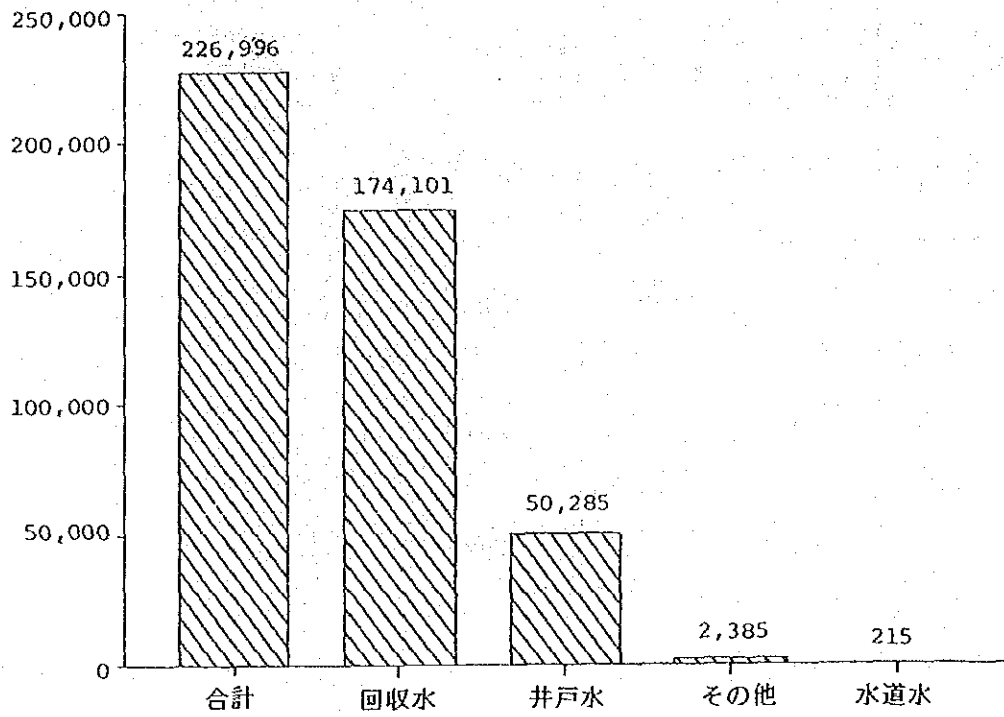


図 3.1 水源別工業用水使用量

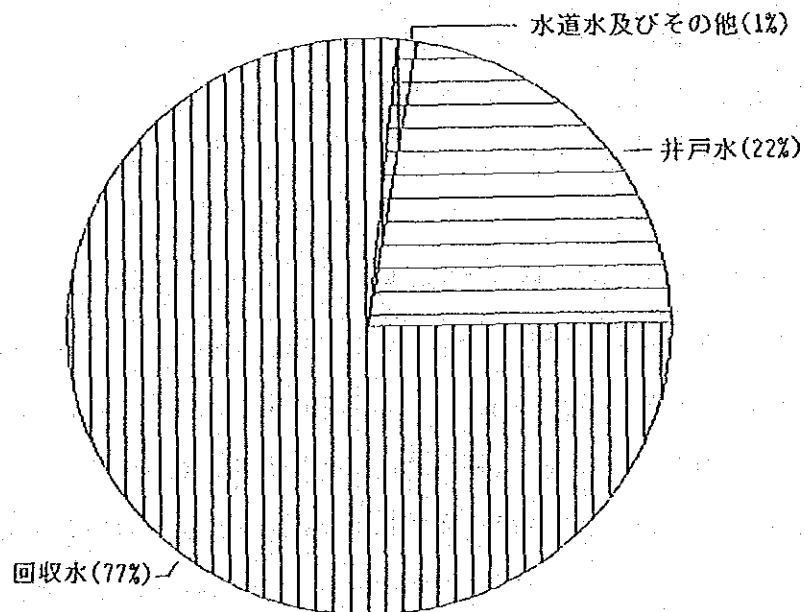


図 3.2 水源別工業用水使用比率

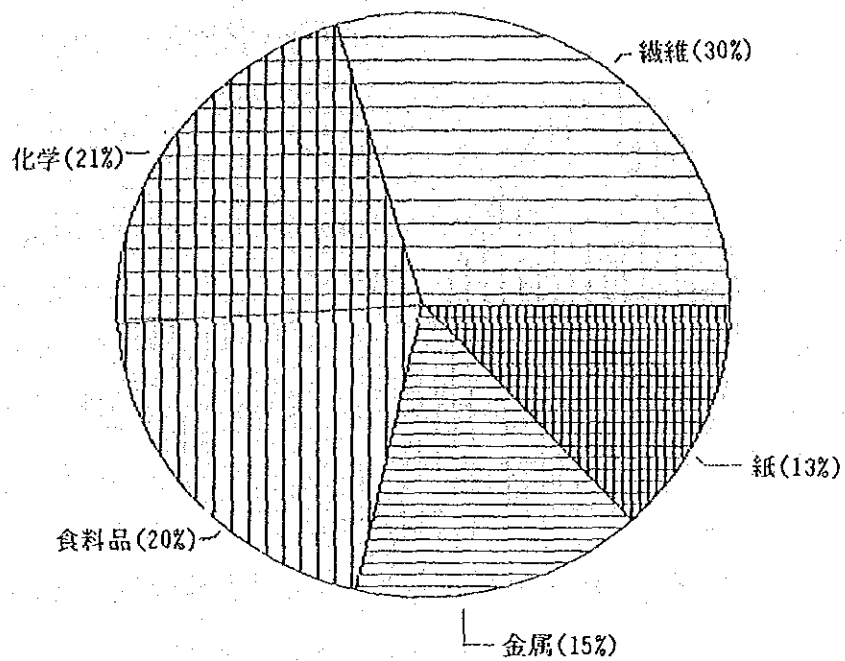


図 3.3 業種別工業用水使用比率

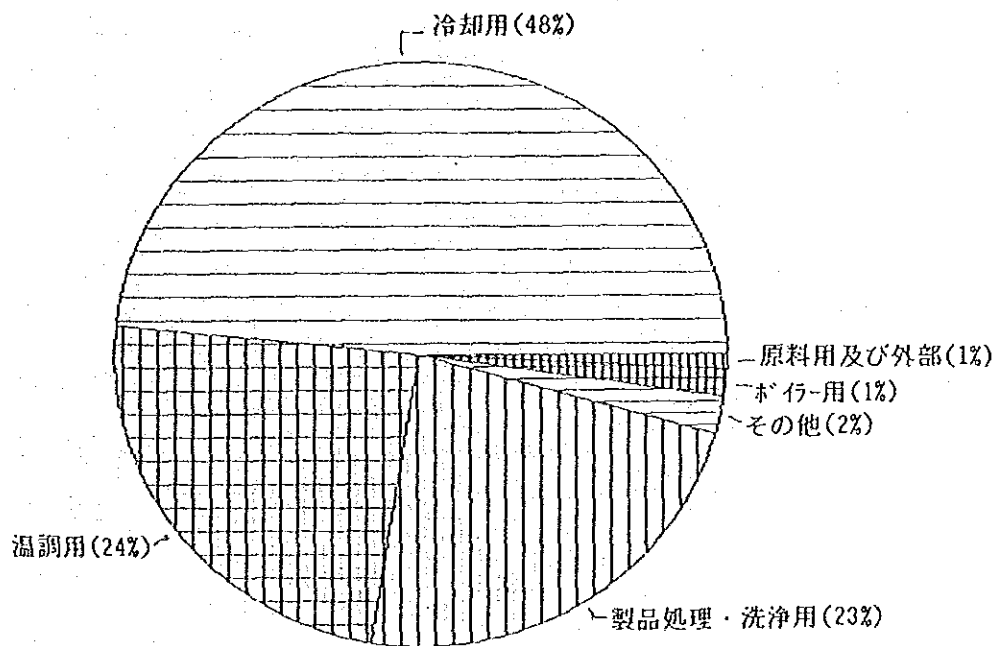


図 3.4 用途別工業用水使用比率

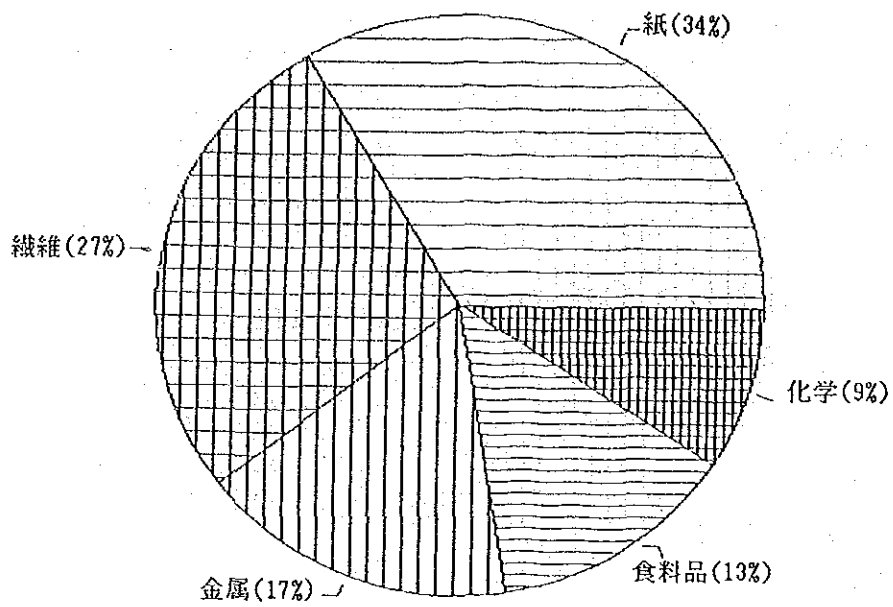


図 3.5 業種別井戸水使用比率

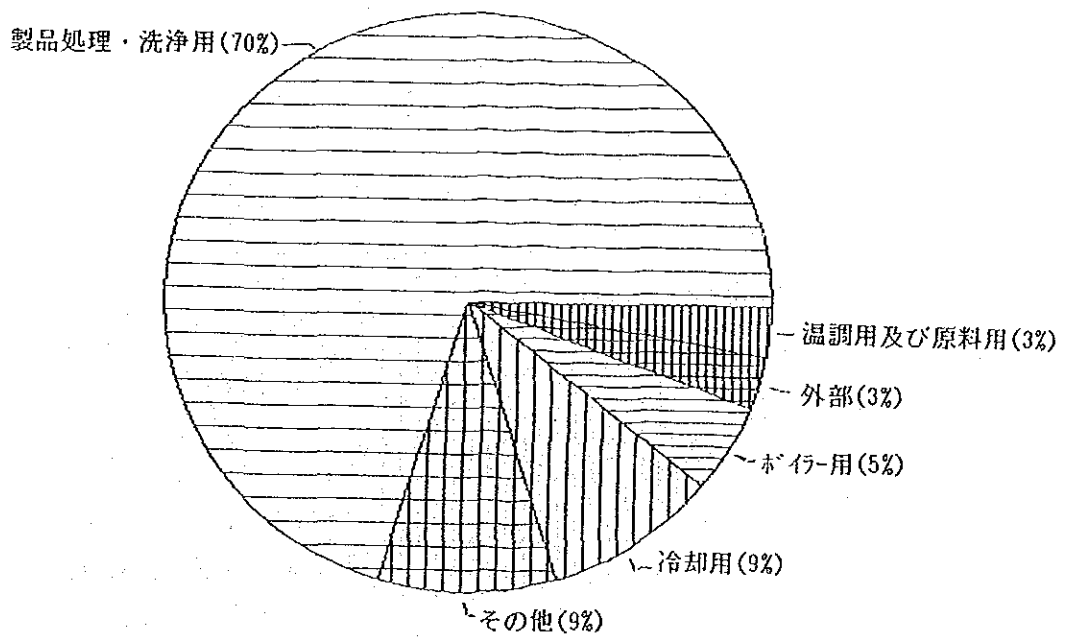


図 3.6 用途別井戸水使用比率

3.4.2. 工業用水回収率の検討

工業用水の回収率は次式で定義される。

$$\text{回収率 (\%)} = \frac{\text{回収水量}}{\text{総使用水量}} \times 100$$

なお、総使用水量＝回収水量＋補給水量であるから、総使用水量と補給水量は、回収率によって次のように関係づけられる。

$$\text{補給水量} = \text{総使用水量} (1 - \text{回収率})$$

前項における図 3.6 の説明は、この関係から必然的に導き出された結果である。

一般に回収率が高いと言うことは、よく回収使用が行われていること、すなわちよく合理的使用が行われていることを意味している。今回の調査対象工場の回収率は約 77% であり、この値は日本における全国平均値約 75% に比べるとやや高い値となっている。下表に業種別の回収率を日本の平均値と比較して示す。なお、日本の数値は 1986 年工業統計表（用地用水編）による。

業種	調査対象工場		日本における状況		
	工場数	回収率 %	相当業種	工場数	回収率 %
食 料 品	14	84.8	食 料 品	6,656	37.0
紙	5	36.9	紙	301	43.0
織 維	7	79.7	紡績・織物	957	30.5
金 属	20	75.5	染色整理	642	7.3
			鉄 鋼	1,392	89.5
			電気機械	9,522	69.0
化 学	13	90.1	輸送用機械	3,247	92.0
			化 学	2,120	80.2
全業種平均	59	76.7	全業種平均	57,978	74.7

この表のみでは、調査対象工場の回収率の位置付けが明確とならないので、業種ごとに検討を行った。

(1) 食 料 品

調査対象工場の回収率は、日本における値よりはるかに高い値になっている。しかし、回収水の内容を調べると、食料品工場の回収水 39,301 m³/日の内、86%にあたる 33,827 m³/日は 6 工場の冷凍機用の冷却用水である。

調査対象工場では冷凍機用の冷却用水が全体の使用水量に対し大きな比率を占めたため、業種全体の回収率を高めたものと考えられる。日本での実例を見れば、冷凍機用の冷却用水はほとんど同様に回収使用されており、従って日本との比較において特に合理的使用が進んだ状態にあるとは思われない。

(2) 紙

調査対象工場の回収率は、日本の紙製造業に比較してやや低い値である。しかし、日本の紙製造業には木材を原材料としてパルプを経て一貫して紙を製造している工場が含まれており、用水量では古紙及びパルプを原料として紙を製造している工場よりも多い。一方、調査対象工場はすべて後者であり、日本の工業統計値との比較は適当ではない。(財)造水促進センターの調査によれば、古紙及びパルプを原料として紙を製造している工場の回収率は次の値になっている。

生産品	調査工場数	回収率 %
トイレット・ペーパー ティッシュ・ペーパー	35	55
板紙	39	62

これらの値から判断すれば、調査対象工場の合理的使用の程度は日本の現状よりもやや低いものと考えられる。

(3) 織 維

調査対象工場の回収率は日本の紡績・織物及び染色整理のいずれの業種よりもはるかに高い値になっている。しかし回収水のほとんど全部はT-01の温調用水で占められており、これを除いて計算すると回収率はほとんど0に近くなる。T-01の温調用水は織物工場の温調用に循環使用されており、これは日本でも通常実施されている方法である。従って調査対象工場の合理的使用の程度は、日本の現状と同等かやや低いものと考えられる。

(4) 金 属

本調査では一括して金属に分類してあるが、これらの工場は日本の分類に従うと次の3業種に分類される。

項目 業種	調査対象工場			日本における状況		
	工場数	工場のコード番号	回収率%	相当業種	工場数	回収率%
鉄 鋼	10	M-02,04,05,09,10 M-12,13,15,16,17	80.8	鋼材圧延	335	79.0
電気機械	3	M-01,06,11	31.7	民生用電気機械	676	56.8
輸送用機械	7	M-03,07,08,14,18 M-19,20	61.3	自動車	2,554	92.9
業種平均	20		75.5			

鉄鋼については日本とほぼ同等であるが、他の2業種については日本の相当業種よりやや低い回収率である。調査対象工場の数が少ないので、この値のみで合理的使用の程度を比較するのは困難であるが、訪問調査による知見を合せて考えると、鉄鋼についてはほぼ日本と同程度、他の2業種についてはやや低いものと考えられる。

(5) 化 学

調査対象工場の回収率は極めて高い値(90.1%)を示している。しかし、この値は、工場からの調査表の回答を単純に集計した値ではなく、訪問調査によって詳細に調査し、必要に応じて測定を行って求めた値である。

一般に工場においては、冷却塔により循環使用している用水を回収水と認識していないことが多く、単なるアンケート調査では記入されないことが多い。従って、実際に訪問して詳細に調べる、調査表に記入されていない多量の回収水が使用されていることがわかり、回収率が上昇することが、しばしば経験されている。化学工業のように回収水のほとんどが冷却塔による循環水である場合には、この差は大きくなる傾向にある。

これらの事情と訪問調査による知見を合せて考えると、調査対象工場の合理的使用の程度は、日本の現状と同程度にあるものと考えられる。

以上に業種ごとに検討した結果を総合して考えると、調査対象工場の合理的使用の程度は、日本の現状にほぼ近い相当進んだ程度に達していると言える。しかし、日本の現状自体がまだ相当の合理的使用の余地を残していることから考えれば、調査対象工場についても、十分合理的使用の余地はあるものと判断される。

3.4.3. 工業用水使用原単位の検討

(1) 工業用水使用原単位の定義

一定量の生産を行うのに必要な工業用水の使用量を、工業用水使用原単位と定義す

る。分母となる量の選び方によって、種々の原単位の表示方法があるが、通常使用されるのは以下の4種である。

a. 出荷額（又は生産額）あたりの原単位

一定の金額の製品を出荷（又は生産）するのに必要な用水量で、日本では普通年間1億円の出荷額を得るのに必要な、1日あたりの用水量を用いる。すなわち単位は〔 m^3 /日/億円/年〕となる。

b. 敷地面積あたりの原単位

工場の単位敷地面積あたりに使用される用水量で、普通単位としては〔 m^3 /日・ $100 m^2$ 〕が使用される。

c. 従業員あたりの原単位

工場の従業員あたりに使用される用水量で、普通単位としては〔 m^3 /日/人〕が使用される。

d. 生産量あたりの原単位

工場で生産される物量の一定量あたりに使用される用水量で、物量の選び方は製品の種類によって異なる。二三の例を示すと以下ようになる。

鉄鋼・パルプ・紙等……重量（ton）、酒・ビール等……体積（KL）

自動車・自転車……台数、繊維染色……織物の長さ（m）

(2) 原単位の使用法

a 用水量の多い少いを経年的にあるいは多くの工場間で比較すること。

この目的には前記のa～dの内、dが最も適している。しかし、この原単位はほぼ同一の製品をほぼ同一の工程で生産している工場にしか適用できない。

b 工業用水の需要量を予測すること。

新たな工業団地を造成する場合、あるいはある地域の工業の将来計画を立てる場合、工業用水の需要量を予測することが必要になってくる。その際にこれらの原単位が有効に使用できる。

(3) 調査対象工場の原単位

調査対象となった工場は、製品の種類、生産工程がそれぞれ異なるので、(1)のdの原単位で比較することはできない。全工場に対する共通の分母としては(1)のaの出荷額しかないが、この原単位も生産品の種類がほとんど同一な場合でないと、工場相互の比較をしても無意味である。調査対象全工場の原単位は付属資料その2に示

してある。又、原単位についての詳細の説明も同じ付属資料に示す。

3.4.4. 生活用水の使用量の検討

工場内で使用される生活用水は、広い意味においては工業用水に含まれる。調査対象工場の生活用水の使用量と従業員数の関係を図3.7に示す。この中には工場内にある従業員宿舎の人員と使用量は含まれているが、工場外に供給されている生活用水とその受給人員は含まれていない。

全工場平均の1人1日あたりの使用水量は201ℓであるが、従業員宿舎のある工場では約400ℓ、宿舎のない工場では約180ℓとはっきりした差がある。適当とされる生活用水の使用量の基準は、個々の工場によって条件が異なるので一律に決めるのはむづかしいが、図3.7に示された状況及び付属資料その2に示された生活用水使用原単位の検討結果等より、従業員宿舎のない工場では300ℓ/人・日、従業員宿舎のある工場では500ℓ/人・日程度と考えられる。

この考えに従うと、図3.7に示されたように、生活用水の使用量が過大と思われる工場がかなりあることがわかる。

3.4.5. 井戸水の水質

表3.3に調査工場の井戸水の水質を示す。水質項目の値は工場側で測定した値を主体とし、調査団が測定した値がある場合にはそれを記入した。この水質の特徴を日本の井戸水と比較して以下に示す。

- a. 水温が高い。日本の井戸水は15～20℃であるのに、調査対象工場の水温は30℃以上の場合が多い。これは冷却用水として使用する場合に不利である。
- b. 濁度がやや高い。従って、調査対象工場では凝集沈殿、濾過等の処理を行っている例が多い。
- c. 溶解塩類が多い。これはアルカリ度、硬度、塩化物イオン濃度、導電率等で示されている。塩類が多いことはスケーリング、腐食等の原因になり、工業用水としては好ましくない。これは又循環使用を進めるためにも障害となる。

調査対象工場では軟化、イオン交換によって用水の処理を行っている例が多い。

以上に示した特徴から見て、この地域の井戸水は工業用水に適していると言えないが、河川水も海水の混入によって導電率が極めて高いことから、井戸水の使用は止むをえないものと考えられる。

なお、日本の井戸水の水質例を参考のため付属資料その2に示す。

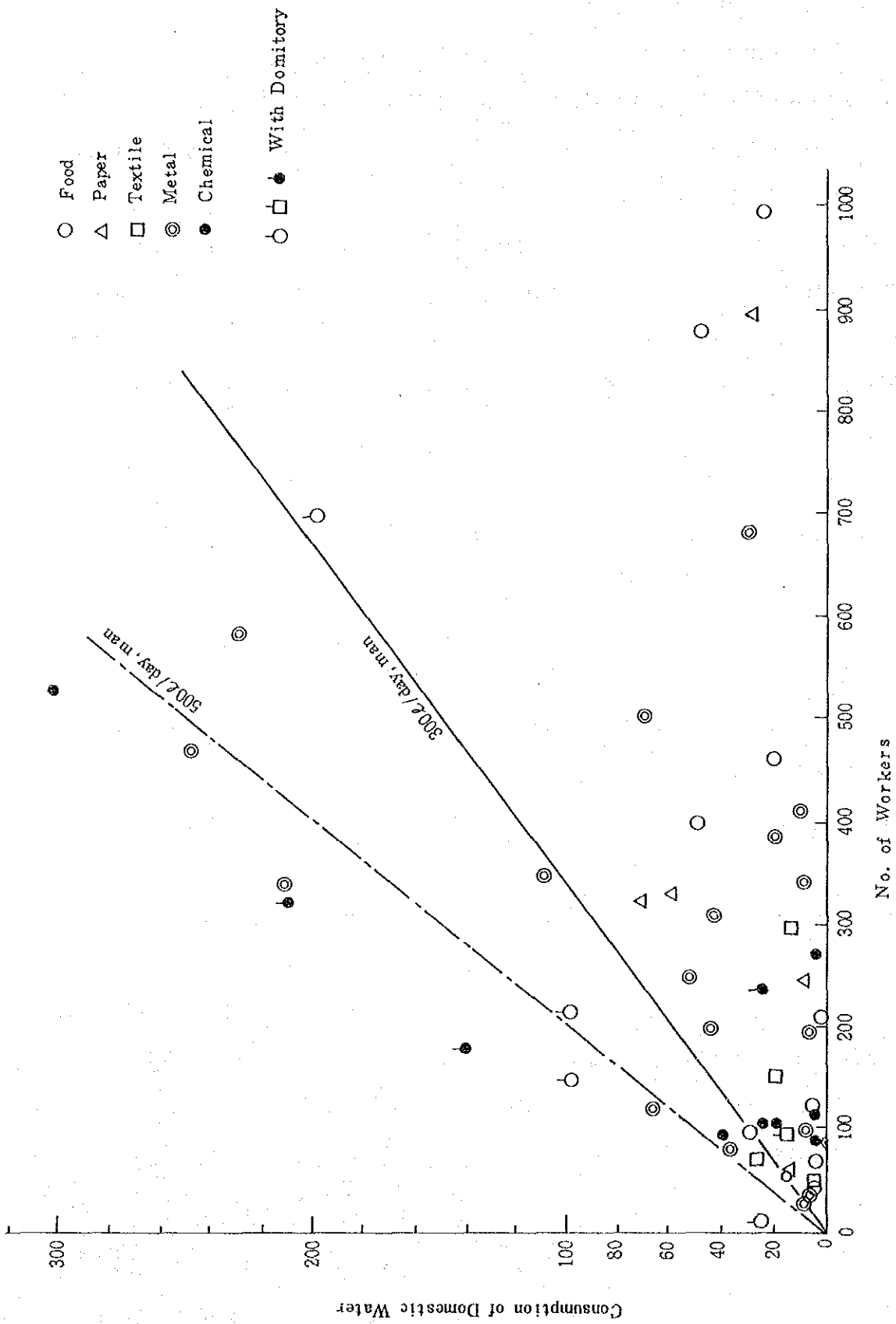


図 3.7 生活用水の使用量

表 3.3 井戸水の氷質

Code No.	Fact. No.	Temp. (°C)	Turbidity (°)	pH	Alkalinity (mg/l)	T/Hardness (mg/l)	Chloride (mg/l)	T/Iron (mg/l)	TDS (mg/l)	Elec. Cond. (uS/cm)	Well Depth (m)
F-01	170	* 28.1	* 3	* 7.0	-	-	-	-	-	* 2,020	-
F-02	103	27- 30	* 14	7-8	210- 250	32- 160	250- 375	0.3	1,070	1,200- 1,800	140
F-03	135	* 33.2	* 0	* 7.01	329	56	24	0.02	-	* 725	110
F-04	130	* 36.5	* 4	* 7.80	-	-	-	-	-	* 750	140
F-05	127	-	2.4	6.7	268	185	188	0.1	672	960	150
F-06	114	36	-	* 7.95	380	76	35	0.05	-	* 788	140
F-07	110	-	0	* 7.64	-	-	-	-	-	* 760	-
F-08	109	* 35	* 0	* 8.02	-	102	96	0.4	688	* 762	-
F-09	91	-	1.7	7.7	302	125	124	0.32	-	965	130
F-10	78	-	2.70	6.95	-	750	838	0.25	2,196	-	120
F-11	65	* 33	* 0	* 7.07	342	89	17	0.19	-	* 705	60
F-12	48	-	Dirty	10.95	825	0	423	-	-	9,200	-
F-13	43	27- 34	Ca. 1-2	5- 7	400	136	37.5	0.3	-	* 678	-
F-14	21	* 34.1	* 1	* 7.24	-	-	-	-	-	* 711	110

Note: Figure under * was measured by the Study Team.

Table 3.3: Quality of Well Water (Continued, 2/4)

Code No.	Fact. No.	Temp. (°C)	Turbidity (°)	pH	Alkalinity (mg/l)	T/Hardness (mg/l)	Chloride (mg/l)	T/Iron (mg/l)	TDS (mg/l)	Elec. Cond. (uS/cm)	Well Depth (m)
P-01	145	* 35.6	* 15.0	* 7.40	250	460	655	0.28	1,542	* 2,980	100
P-02	124	-	-	* 6.84	-	-	-	-	-	* 2,510	100
P-03	107	* 36.0	* 16.0	* 7.20	315	181	145	0.17	25.5	* 1,333	220
P-04	84	32-	96	7.48	256	260	315	0.86	1,200	-	90
P-05	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T-01	146	39	0	7.7	2.70	90	39	0.4	390	1,050	210- 234
T-02	197	* 30.8	* 19	* 7.29	-	176	662	0.05	1,500	* 1,786	60
T-03	203	* 31.1	* 2	* 7.4	225	-	375	0.03	1,162	* 1,852	-
T-04	193	* 30.5	* 2	* 6.98	-	-	-	-	-	* 1,925	54
T-05	200	* 31.4	* 0-2	* 7.02	225	320	403	0.1	865	* 1,880	-
T-06	198	* 30.8	* 12	* 6.87	-	-	-	-	-	* 1,824	80
T-07	189	* 30.6	* 14	* 6.93	186	380	485	0.2- 0.6	900	* 1,849	-

Note: Figure under * was measured by the Study Team.

Table 3.3: Quality of Well Water (Continued, 3/4)

Code No.	Fact. No.	Temp. (°C)	Turbidity (°)	pH	Alkalinity (mg/l)	T/Hardness (mg/l)	Chloride (mg/l)	T/Iron (mg/l)	TDS (mg/l)	Elec. Cond. (uS/cm)	Well Depth (m)
M-01	61	* 33.8	9	7.10	-	-	-	-	-	711	80- 100
M-02	96	30	-	7	216	200- 300	200- 400	0.3- 1.0	500	1,680- 2,000	80
M-03	89	* 33.3	-	* 6.71	-	312	-	2.31	-	* 1,350	120
M-04	206	* 31.5	* 9	* 6.52	-	-	-	-	-	* 4,680	83
M-05	73	* 28.1	* 16	* 6.94	-	-	-	-	-	* 1,820	90
M-06	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M-07	34	-	* 2	* 7.25	-	-	-	-	-	* 975	54
M-08	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
M-09	69	* 31.9	* 3	* 7.06	-	-	-	-	-	* 1,068	-
M-10	207	* 29.8	* 37	* 6.92	204	582	760	2.12	1,890	* 2,710	60
M-11	116	* 33.4	* 6	* 7.47	311	47	114	0.005	445	* 1,250	135
M-12	97	-	-	6.3	469	385	355	0.5	1,101	1,573	84
M-13	208	* 30.0	* 7.0	* 7.4	-	-	-	-	-	* 1,989	-
M-14	115	* 34.1	* 0	* 7.24	342	80	80.6	1.79	-	* 1,100	150
M-15	101	-	-	6.8- 7.9	234	80.1	17.6	0.2- 0.4	441- 462	630- 660	100- 120
M-16	100	-	-	7.10	320	98	63	0.16	-	794	-

Note: Figure under * was measured by the Study Team.

Table 3.3: Quality of Well Water (Continued, 4/4)

Code No.	Fact. No.	Temp. (°C)	Turbidity (°)	pH	Alkalinity (mg/l)	T/Hardness (mg/l)	Chloride (mg/l)	T/Iron (mg/l)	TDS (mg/l)	Elec. Cond. (uS/cm)	Well Depth (m)
M-17	56	* 33.8	* 4	* 7.05	-	83	90	0.98	526	* 863	-
M-18	64	* 28.3	0.9	7.0- 8.1	279	97	84	-	-	* 850	118
M-19	57	33.0	4	6.3	260	278	450	0.3	1,155	1,650	125
M-20	49	* 32.7	* 0	* 7.61	292	124	116	0.07	-	* 1,283	140
C-01	155	* 30.4	* 92	* 7.45	-	102	194	1.45	-	* 1,700	126
C-02	168	* 35.4	* 0	* 7.42	300	45	120	0.04	-	* 1,010	120
C-03	209	28	1	7.0	188	57	400	1.7	452	770	75
C-04	210	-	128	7.35	-	879	1,114	4	2,124	-	-
C-05	149	* 31.4	* 0	* 6.88	-	-	-	-	-	* 2,600	60- 80
C-06	147	* 33.6	* 7	* 7.6	-	-	-	-	-	* 720	42
C-07	106	-	-	7.75	300	33.3	203.2	0.19	-	1,280	150
C-08	94	-	6.5- 7.2	-	180- 220	180- 380	250- 450	2- 7	600- 900	* 1,360	90
C-09	82	30	-	7.25	-	87	90	-	488	-	-
C-10	51	* 32.6	* 0	* 7.47	-	-	-	-	-	* 887	36
C-11	25	* 36.4	* 0	* 7.52	-	70	-	0.12	-	* 1,027	115
C-12	7	* 34.5	* 0	* 7.27	-	-	-	-	-	* 987	-
C-13	29	* 33.4	* 0	* 7.58	364	192	-	-	-	* 715	80

Note: Figure under * was measured by the Study Team.

3.4.6 排水処理の状況

排水処理の状況は本調査の主目的ではないが、合理的使用と関係が深いので主として調査表によって処理の状況を調べた。その結果を付属資料その2に示す。

本調査の目的外なので、排水処理について特に検討は行わないが、日本の現状と比較すると、採用されている処理プロセスはほぼ同様であるが、施設の能力、運転及び管理については不十分な点が多く見られた。

第4章 工業用水の合理的使用法の検討

4.1 概 要

前章に示された工業用水の使用実態に基づいて、工場ごとに合理的使用法が具体的に検討された。その方法は以下に示す通りである。

- a. 用水管理の徹底（生活用水量の検討・管理を含む）
- b. 循環使用の実施
- c. 多段及びカスケード使用の実施
- d. 再生利用の実施
- e. 節水型機器の使用
- f. 運転管理の徹底
- g. その他の方法

次に各方法ごとに合理化単価（定義は後に示す）を算出し、ある単価以下となる方法を実行可能な方法と考え、節水及び再生利用可能量を算出した。工場ごとの詳細な内容は第5章に示し、一覧表としてまとめたものを表4.1に示した。

4.2 合理的使用法の説明

(1) 用水管理の徹底

用水の使用個所における正確な使用量を知らないで、用水の管理は不可能である。しかし現実には正しく用水量を把握している工場は意外に少ない。用水量を把握するためには、少なくとも以下の事項が実施されることが必要である。

- a. 井戸に必ず流量計を設置する。
- b. 工場の主要な用水区画に流量計を設置する。
- c. 配管径と弁の開度から流量が予測できるようにしておく。

(2) 循環使用の実施

間接冷却用水を冷却塔により循環使用することは、すでに相当実施されているが、後述するようにその運転管理は十分でない。

洗浄用水もあまり汚れていないものは、受槽を設けて循環使用することは容易である。

ボイラーより発生した蒸気の凝縮水を回収して、再びボイラー用水として循環使用

することは、熱管理上からも極めて有効である。

(3) 多段及びカスケード使用

多段使用法は主として洗浄用水に適用され、洗浄槽を2個以上設け、洗浄用水を各槽に順次流して多段に使用する方法である。

カスケード使用法は、ある用途に使用した水を、そのまま他の用途に使用する方法で、その代表例は間接冷却用に使った水を、そのまま洗浄用に使用する方法である。

(4) 再生利用

外部に放流される排水をさらに処理して良質な水とし、種々な用途に再利用する方法である。コストを考えなければ現在の技術を利用して排水から任意の水質の水を得ることは可能である。しかし、一般にコストが高くなるので、適用できる場合は限定される。

(5) 節水型機器

水を使用する機器の中で、特に用水量を節減することを考慮して設計・製作された機器を節水型機器と定義する。冷却用水はその目的から考えて大幅な節水はむづかしく、循環利用が主流となるが、洗浄用水は機器の設計の仕方・使用法等によりかなりの節水が可能となるので、節水型機器はほとんど洗浄用に限られている。

その方法は、必要以上に使用されている用水を節減する手法が大部分で、手元制御弁、逆止弁、小便器の自動洗浄装置等が代表例である。

(6) 運転管理の徹底

(2)でのべた冷却塔は冷却用水を冷却しながら循環使用する装置であるが(図4.1参照)、補給水量及びブロー水量が適当に管理されていないと、ブロー水量が少な過ぎて循環水中の塩類濃度(導電率)が過度に上昇し、装置に悪影響を与えたり、逆にブロー水量が多過ぎて必要以上に補給水が供給されたりすることがしばしばおこる。

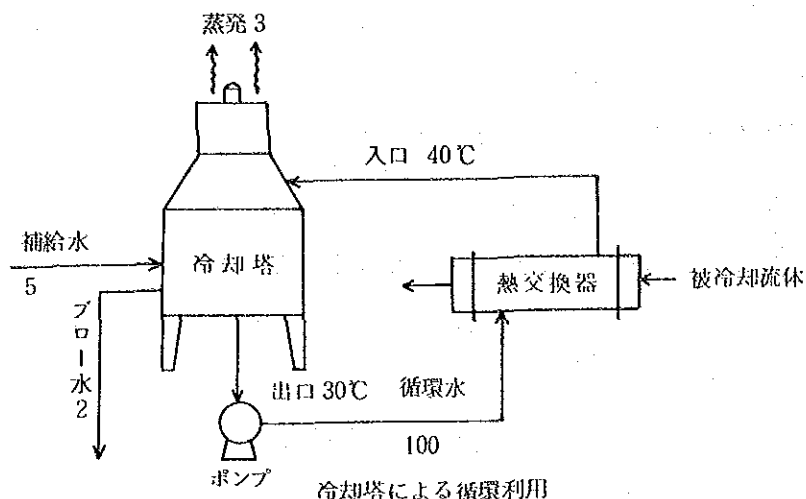


図 4.1 冷却塔による循環使用

冷却塔の運転管理の指標として濃縮倍率がよく用いられるが、この値は以下で定義される。

$$\text{濃縮倍率} = \frac{\text{循環水中の塩類濃度}}{\text{補給水中の塩類濃度}}$$

この値はブロー水量（同時に補給水量）をへらすと上昇し、ふやすと減少する。適当な値は補給水の水質により異なるが、本調査の場合ではおおむね2～3であった。

運転管理の対象としては、冷却塔の外に各種の用水処理装置（砂濾過器、軟水器、イオン交換装置等）が考えられる。これらの装置では一定量の用水を処理した後逆洗浄によって内部を洗浄するが、そのサイクルが多過ぎたり、一回の逆洗水の量が多過ぎると水が無駄に使用されることになる。

(7) その他の方法

工場が使用し得る井戸水以外の他の水源（河川水、池水等）を活用することが考えられる。

(8) 生活用水の検討及び管理

工場内で使用される生活用水（従業員宿舍の用水も含む）は広い意味では工業用水に含まれる。本調査の対象工場では、3.4で述べたように従業員数に比べて生活用水の使用量が過大ではないかと判断される工場がかなり有った。

生活用水の使用量の基準を、3.4で述べたように従業員宿舍のない工場では300

ℓ/人・日、従業員宿舎のある工場では 500ℓ/人・日の考え、これ以上に使用している工場では節水を考えることとした。なお、生活用水の使用量の基準（原単位）については、付属資料その 2 を参照されたい。

4.3 所要費用の算出法

前項に示した各種の方法を用いて個別工場の合理的使用法を検討し、所要費用を算出した。

4.3.1. 費用算出の手順

以下の手順に従って所要費用を算出した。

- a. 必要とする設備の建設費（パーツ……… B）
- b. 設備の償却費（B/年、B/m²）
- c. 設備の維持管理費（B/年、B/m²）
- d. 設備の運転費（B/m²）
- e. 合理化単価（B/m²）

4.3.2 費用の算出基準

(1) 設備の建設費

建設費には主要機器、付属機器、電気・計装品、配管、基礎、及び配管工事を現地価格で積算した。

しかし、タイ国内で調達し難い機器及び現地工事の費用については次のように簡略化を行った。

- a. タイ国内で調達し難い機器については国内価格によった。
- b. 現地工事費は機器、配管及びその他の調達費用に適当な比率を掛けて近似した。
また、以下に示す費用は積算が困難なため除外した。
- c. 現存する設備や建物の大規模な変更
- d. 土地の価格
- e. 合理化の結果が他の設備・プラントに及ぼす影響（例えば排水処理設備）

(2) 設備と固定費

固定費＝償却費＋維持管理費

- a. 償却費；耐用年数 15 年、金利 12%、残存価格 0、として算出した。
- b. 維持管理費；大規模な設備（たとえば火力発電設備、石油精製プラント等）を除いて軽工業では定期修理の慣習が少なく、維持管理費をあらか

はじめ費用として見込むことは通常行われていないので、今回の算出においては固定費には算入しないこととした。なお、日本では設備の維持管理費として年間に設備費の2～5%を見込んでいる。このように考えれば、固定費は設備の償却費のみとなる。

(3) 設備の運転費

設備の運転に必要な動力費、薬品費、その他の消耗品費を算入した。なお、運転のための要員は、大部分がごく小規模な設備のため現在の要員で対応できると考えて、運転費にも固定費にも特に見込まなかった。

4.3.3. 合理化単価の算出

合理化単価とは下記に示された単価を指す。

$$\text{合理化単価} = \text{固定費} + \text{運転費} (\text{B}/\text{m}^3)$$

$$\text{固定費} = \text{年間の固定費} / \text{年間の節水量} (\text{B}/\text{m}^3)$$

$$\text{運転費} = \text{年間の運転費} / \text{年間の節水量} (\text{B}/\text{m}^3)$$

この単価は、合理化を地下水の代替水源と考えた場合の仮想の用水コストに当り、地下水のコスト等と比較することにより、この合理化が妥当であるか否かを判断するための指標となる。

すなわち、もし合理化単価の方が他の水源（地下水、M. W. A.、工業用水道等）より安ければ、他の水源を使用するよりも、合理化によって節水する方が経済的に有利となる。

4.4 節水及び再生利用可能量の算出

4.4.1 基本的考え方

4.2で述べたように、費用を考えないで現在の技術を適用すれば、どんな業種の工場でもほとんど補給水を必要としないクローズドシステムにすることは不可能ではない。しかし、その場合のコストは極めて高価となり、現実には実施不可能に近いものとなる。従って、節水及び再生利用が可能かどうかを判断する基準は必要とするコスト、すなわち前述の合理化単価と考えられる。

実施可能な合理化単価の基準は、代替水源の価格によって決まる。サムトプラカン地域における代替水源の価格は、おおむね下記の通りである。

$$\text{M. W. A. の料金} \quad 8 \text{ B} / \text{m}^3$$

工業用水道の予想料金 4.75 ~ 7.5 B/m³

(参考：井戸水の揚水費用 2 ~ 2.5 B/m³、ただし地下水料金を含む)

しかし、M. W. A. の用水も予想される工業用水道の用水も、水質があまり良くない(特に導電率)ので、工場においてさらに用水処理を行う必要が生ずる場合が予想される(すでに実例がある)。

一方、日本における合理化指導に際しての合理化単価の基準は、以下の値を基準として決めている。

- a. 日本における工業用水道料金の最高値。
- b. その地域に工業用水道を新たに布設した場合に、予想される料金。

この考え方に従うと、サムトラカン地域における工業用水道の予想料金(4.75 ~ 7.5 B/m³)を基準とすれば良いことになる。従って、今回の調査における合理化単価の目安を8 B/m³とした。

しかし、本来この合理的使用は経済性を目的としたものでなく、地盤沈下対策と言う公害防止を目的とした方策なので、経済性を無視しても実施せねばならない場合もあると考えられる。又、上記のように実際に工場が負担する水源の費用は、工業用水道料金に多少の用水処理費用を上乗せした値になると予想される。

従って節水及び再生利用可能量の算出にあたっては、8 B/m³よりやや高い範囲(約1.5倍位)までも含めることとした。

なお、日本においても上記の目安値よりやや高い単価まで、節水可能量として算出している。

4.4.2 工場別算出結果

前述の方法によって、節水及び再生利用可能量を工場別に算出した結果を表4.1に示す。なお、工場ごとの詳細な内容は第5章に示した。

節水及び再生利用可能量算出結果の概要は以下の通りである。

節水及び再生利用可能量 11,162 m³/日

井戸水の節水率 2.22 %

平均合理化単価 4.7 B/m³

最大合理化単価 13.1 B/m³

表 4.1 工場別の節水及び再生利用可能量一覧

(その1)

No.	事業所 コード	使用水量 $m^3/日$			回収率 %	合理的 使用の 方法		節水量		設備費用		合理化単価 B/m^3			
		井戸水	その他	小計		回収水	合計	区 別	概 要	用途	水量 $m^3/日$	1,000 B	固定費	運転費	合計
1	F-01	870	330	1,200	540	1,740	31.0	節水型機器 その他	用水管理の徹底と手元制御弁の使用 床洗淨用水等への河川水の使用	W W	100 150	20 1,240	0.2 3.4	— 3.7	0.2 7.1
								合計			250	1,260			4.3
2	F-02	1,065	—	1,065	4,000	5,065	78.9	用水管理	生活用水の検討及び管理	D	215	—	—	—	—
3	F-03	178	—	178	672	850	79.1	節水型機器 循環使用	冷却塔に逆止弁の取り付け 一過式使用の冷却水を既設の冷却塔で循環使用	C C	5 8	9 15	0.9 1.0	— 0.5	0.9 1.5
								合計			13	24			1.3
4	F-04	100	—	100	—	100	0		有効な合理的使用法は見あたらない						
5	F-05	614	40	654	4,797	5,451	88.9		合理的使用を進める余地は少ない						
6	F-06	1,098	—	1,098	4,520	5,618	81.6	循環使用	冷却用水を冷却塔を設けして循環使用	C	350	2,930	3.6	2.4	6.0
7	F-07	163	—	163	5,760	5,923	97.2	節水型機器	洗淨用水に手元制御弁の使用	W	10	15	1.5	—	1.5
8	F-08	665	—	665	4,160	4,825	95.5	運転管理	冷却塔の曝縮倍率の上昇	C	36	—	—	0.5	0.5
								節水型機器	洗淨用水に手元制御弁の使用	W	40	60	1.3	—	1.3
								合計			76	60			0.9
9	F-09	300	—	300	3,565	3,865	92.5	用水管理	生活用水の検討及び管理	D	25	—	—	—	—
10	F-10	—	54	54	660	714	92.4		合理的使用を進める余地は少ない						
11	F-11	37	—	37	4	41	9.8		使用水量が少なく、合理的使用は無理						
12	F-12	323	—	323	23	346	6.6	運転管理	脱塩システムの運転管理の強化	O	30	—	—	—	—
13	F-13	1,040	80	1,120	600	1,720	34.9		合理的使用を進める余地は少ない						
14	F-14	68	—	68	—	68	0		使用水量が少なく、合理的使用は無理						
	食料品合計	6,521	504	7,025	89,301	46,326	84.8				969	4,289			3.4
											節水率 14.9%				
15	P-01	1,245	—	1,245	600	1,845	32.5	循環使用	白水回収槽の容量増大による白水回収の強化	W	200	160	0.3	—	0.3
								"	スタームの凝縮水の回収	B	90	46	0.5	—	0.5
								合計			290	206			0.4

(その2)

No.	事業所 コード	使用水量			回収率 %	合理的使用の方法		節水量 用途	設備費用 1,000 B	合理化単価 B/m ³	
		井戸水	その他	小計		回収水	合計			固定費	運転費
16	P-02	1,230	—	1,230	2,200	3,430	64.1	循環使用	—	—	—
					2,200	3,430	64.1	白水回収槽の容量増大による白水回収の強化	320	0.5	0.5
17	P-03	2,958	—	2,958	3,349	6,307	53.1	再生利用	4,200	2.5	1.5
					3,349	6,307	53.1	排水を高度処理して洗浄用水に再利用	—	—	—
18	P-04	1,360	1,900	13,260	4,800	18,060	26.6	循環使用	496	0.2	0.7
					4,800	18,060	26.6	白水の回収能力の増強	37,776	4.5	0.8
								排水を高度処理して洗浄用水に再利用	38,272		4.2
19	P-05	152	—	152	60	212	33.0	その他	167	3.2	1.2
					60	212	33.0	排水の用水を池水に転換	—	—	—
紙合計		16,945	1,900	18,845	11,009	29,854	36.9		43,154		3.3
								再生利用を除く	1,178		0.8
20	T-01	10,384	—	10,384	53,489	63,873	83.7	運転管理	—	—	0.5
					53,489	63,873	83.7	冷却塔の濃縮倍率の上昇	40,000	7.3	5.8
								排水を高度処理して洗浄用水の再利用	40,000		13.1
								再生利用	40,000		11.1
21	T-02	113	53	166	—	166	0	循環使用	71	5.0	—
					—	166	0	スチームの凝縮水の回収	—	—	—
22	T-03	1,885	—	1,885	40	1,925	2.0	カスケード使用	361	3.1	—
					40	1,925	2.0	冷却用水をボイラー用水にカスケード使用	20	0.6	—
								洗浄用水に手元制御弁の使用	320	1.0	—
								工程ごとの用水管理の徹底	701		1.4
								合計	—	—	—
23	T-04	25	1	26	—	26	0				
					—	26	0	使用水量が少なく、合理的使用は無理			
24	T-05	180	—	180	不明	180					
					不明	180		試験採査中で、検討できる状態ではない			
25	T-06	442	—	442	—	442	0	用水管理	40	—	—
					—	442	0	用水管理の徹底	—	—	—
26	T-07	549	—	549	6	555	1.1				
					6	555	1.1	合理的使用を進める余地は少ない			
繰上合計		13,578	54	13,632	53,535	67,167	79.7		40,772		10.1
								再生利用を除く	772		0.8
								排水を高度処理して洗浄用水に再利用	—	—	—
27	M-01	503	—	503	227	730	31.1	運転管理	139	—	0.5
					227	730	31.1	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	—
28	M-02	1,191	—	1,191	370	1,561	45.6	運転管理	184	—	0.5
					370	1,561	45.6	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	—

No	事業所 コード	使用水量			回収率 %	合理的 使用の方法		節水量 t/日	設備費用 1,000 B	合理化単価		B/m ³ 合計
		井戸水 その他	小計	回収水 合計		区分	概要			用途	水量 t/日	
29	M-03	162	—	2,442	2,604	93.8	用水管理		—	—	—	—
30	M-04	6	2	960	968	99.2						
31	M-05	620	—	812	1,432	56.7	循環使用		1,424	3.0	—	3.6
32	M-06	70	—	—	70	0	循環使用		31	4.2	—	4.2
							"		133	5.5	0.6	6.1
							合計		164			5.7
33	M-07	58	—	95	153	62.1	循環使用		274	8.5	0.5	9.0
34	M-08	40	—	10	50	20.0						
35	M-09	451	45	8,370	8,866	94.4	運転管理		—	—	0.5	0.5
36	M-10	17	—	128	145	88.3						
37	M-11	212	—	138	350	39.4	循環使用		318	2.5	1.0	3.5
38	M-12	107	—	2,175	2,282	95.3						
39	M-13	20	—	144	164	87.8						
40	M-14	269	—	1,100	1,369	80.3						
41	M-15	3,162	—	4,800	7,962	60.3	循環使用 カスケード使用 多段使用 運転管理 用水管理		23	0.1	0.5	0.6
							冷却水を既設の冷却塔で循環使用 スクラバーの洗浄水をカスケード使用 めっき工程の洗浄水の多段使用 用水処理装置の逆洗水量をへらす 生活用水の検討及び管理		289	0.7	1.3	2.0
							合理的の使用を進める余地は少ない		289	0.7	1.3	2.0
							合理的の使用を進める余地は少ない		—	—	—	—
							合理的の使用を進める余地は少ない		—	—	—	—
							合理的の使用を進める余地は少ない		595			1.2
42	M-16	529	—	1,072	1,601	67.0	用水管理		—	—	—	—
43	M-17	140	—	1,256	1,396	90.0						
44	M-18	617	—	1,460	2,077	70.3	循環使用 用水管理		140	3.1	1.0	4.1
							有効な合理的の使用法は見あたらない シャワーシステム用水の循環使用 生活用水の検討及び管理		—	—	—	—
							合計		140			1.3
45	M-19	350	—	600	950	63.2	循環使用		21	0.4	0.5	0.9
							"		28	3.5	—	3.5
							用水管理		—	—	—	—
							合計		141			0.3

(その4)

No	事業所 コード	使用水量 $m^3/日$			回収率 %	合理的 使用 の 方法		節 水 量		設備費用 1,000 B	合理化単価		B/ m^3 合計
		井戸水	その他	小計		回収水	合計	区分	概要		用途	水 $m^3/日$	
46	M-20	23	—	23	404	427	94.6						
金属合計		8,547	47	8,594	26,565	35,159	75.5			2,970			1.4
47	C-01	75	—	75	280	355	78.9						
48	C-02	330	—	330	5,700	6,030	94.8	運転管理	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	0.5	0.5
用水管理								生活用水の検討及び管理		—	—	—	—
合計										125			0.2
49	C-03	36	—	36	54	90	60.0						
50	C-04	—	40	40	—	40	0						
51	C-05	1,560	—	1,560	14,400	15,960	90.2	用水管理	生活用水の検討及び管理	—	—	—	—
52	C-06	27	—	27	—	27	0						
53	C-07	83	55	138	40	178	22.5						
54	C-08	752	—	752	3,770	4,522	83.9	運転管理	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	0.5	0.5
用水管理								生活用水の検討及び管理		—	—	—	—
合計										220			0.2
55	C-09	226	—	226	790	1,016	78.4						
56	C-10	300	—	300	2,000	2,300	87.0	運転管理	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	0.5	0.5
57	C-11	1,020	—	1,020	14,400	15,420	93.4	運転管理	冷却塔の濃縮倍率の上昇	—	—	0.5	0.5
58	C-12	250	—	250	2,227	2,477	89.9	循環使用	冷却塔の補給水に軟水を使用し、濃縮倍率の上昇をはかる	4	0.1	1.2	1.3
59	C-13	45	—	45	32	77	41.6						
化学合計		4,704	95	4,799	43,693	48,492	90.1			4			0.3
節水率										694			14.8%
総合計		50,295	2,600	52,895	174,101	226,996	76.7			91,189			4.7
節水率										5,462			10.8%
再生利用を除く										9,213			1.4

※用途 B……………ボイラー用
 W……………製品処理・洗浄用
 C……………冷却用
 A……………温調用
 O……………雑用
 D……………生活用

4.5 業種別・用途別節水可能量

表 4.2 に算出結果を示す。又図 4.2 と図 4.3 にグラフで示した。

節水率は全業種では 22.2% であるが、業種別には紙が最も高く (31.0%)、化学が最も低い (14.8%)。これは紙では再生利用が比較的容易なためで、再生利用を除くと紙の節水率は 9.2% となる。化学はすでに回収が行われている冷却水以外の用途について行う余地が極めて少ないことが節水率が低い原因である。

用途別に見ると、製品処理・洗浄用水の節水可能量が最も多いが、これは用途別に見た井戸水の使用比率が極めて高く (約 70%)、しかもその回収率が極めて低い (約 29%) ことによる。

冷却水及び温調水の節水率はかなり高い (約 31% 及び 45%)。これらの用途は現状でも高い回収率を示しているが (約 96% 及び 99%)、さらに回収使用を進めることが可能なことが示されている。

4.6 方法別・用途別節水可能量

表 4.3 に算出結果を示す。又、図 4.4 にグラフで示した。

方法別に見ると再生利用が最も大きな割合を占めているが (約 51%)、これは後述するようにかなりコストの高い方法で、これを除くと循環使用が残りの約 46% を占め最も一般的な方法となっている。

運転管理と用水管理を合せると、循環使用にほぼ相当する割合を占めており、合理的な使用は設備ではなく、人の意識・訓練にたよる部分がかなり大きいことが分る。

用途別に見ると、製品処理・洗浄用水では前述の再生利用が最も大きな比率を占め (約 69%)、冷却水では運転管理が大きな比率を占めている。後者について言えば、冷却塔の運転管理に改善の余地 (濃縮倍率の上昇) が大きかったことが示されている。

表 4.2 業種別・用途別節水可能量

業種	用途	区 別	井 戸 水 の 使 用 量 (m ³ /日)						計
			ボイラー	原 料	製品処理 ・ 洗 浄	冷 却	温 調	その他	
食 料 品 (14)	現 状 節水可能量 節水率(%)		436	111	3,508	1,245	0	1,221	6,521
					300	399		270	969
					8.6	31.3		22.2	14.9
紙 (5)	現 状 節水可能量 節水率(%)		695	0	16,009	2	0	209	16,945
			90		5,150			20	5,260
			12.9		32.2			9.6	31.0
織 維 (7)	現 状 節水可能量 節水率(%)		858	0	10,723	164	830	1,003	13,578
			56		2,210		370		2,636
			6.5		20.6		44.6		19.4
金 属 (20)	現 状 節水可能量 節水率(%)		192	0	3,803	2,156	2	2,394	8,547
			7		601	642		344	1,603
			3.7		16.0	29.8		14.4	18.8
化 学 (13)	現 状 節水可能量 節水率(%)		344	454	1,187	1,141	0	1,578	4,704
						419		275	694
						36.7		17.4	14.8
合 計 (59)	現 状 節水可能量 節水率(%)		2,525	565	35,230	4,709	832	6,434	50,295
			153		8,270	1,460	370	909	11,162
			6.1		23.5	31.0	44.5	14.1	22.2

備考 : ()内は工場数を示す。

水使用量(千 m^3 /日)

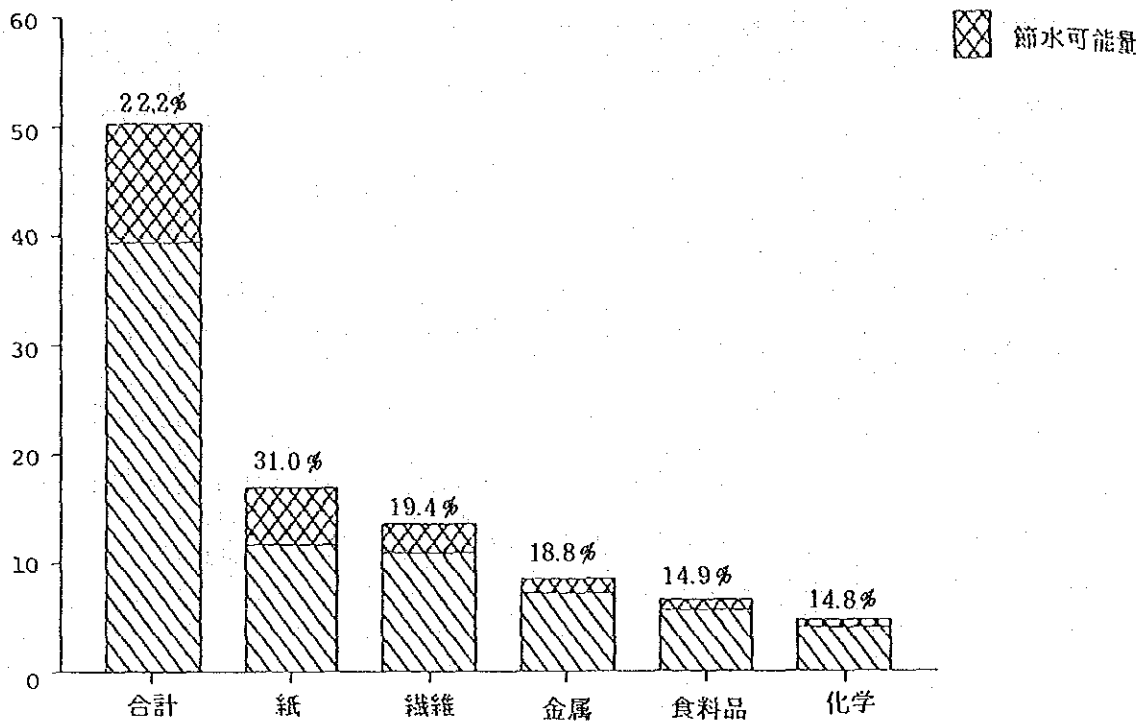


図 4.2 業種別節水可能量及び節水率

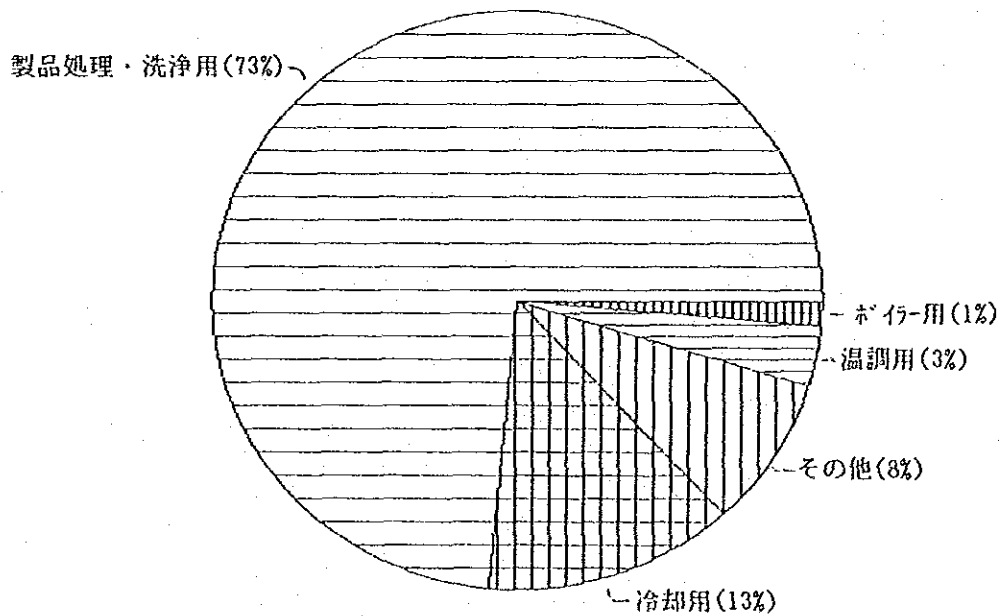


図 4.3 節水可能量の用途別比率

表 4.3 方法別・用途別節水可能量

合理的 使用方法	用途 項目	井戸水の用途					
		ボイラー	製品処理 ・ 洗浄	冷 却	温 調	その他	計
循環使用	件数	4	6	7			17
	水量(m ³ /日)	103	1,685	599			2,387
	比率(%)	67.3	20.4	41.0			21.3
カスケード、 多段使用	件数	1	2				3
	水量(m ³ /日)	50	312				362
	比率(%)	32.7	3.8				3.2
再生利用	件数		3				3
	水量(m ³ /日)		5,700				5,700
	比率(%)		68.9				51.1
節水型機器	件数		4	1			5
	水量(m ³ /日)		180	5			185
	比率(%)		2.2	0.3			1.7
運転管理	件数		1	8	1	1	11
	水量(m ³ /日)		63	856	370	30	1,319
	比率(%)		0.8	58.7	100.0	3.3	11.8
用水管理	件数		2			10	12
	水量(m ³ /日)		180			859	1,039
	比率(%)		2.2			94.5	9.3
その他	件数		1			1	2
	水量(m ³ /日)		150			20	170
	比率(%)		1.8			2.2	1.5
合 計	件数	5	19	16	1	12	53
	水量(m ³ /日)	153	8,270	1,460	370	909	11,162
	比率(%)	100	100	100	100	100	100

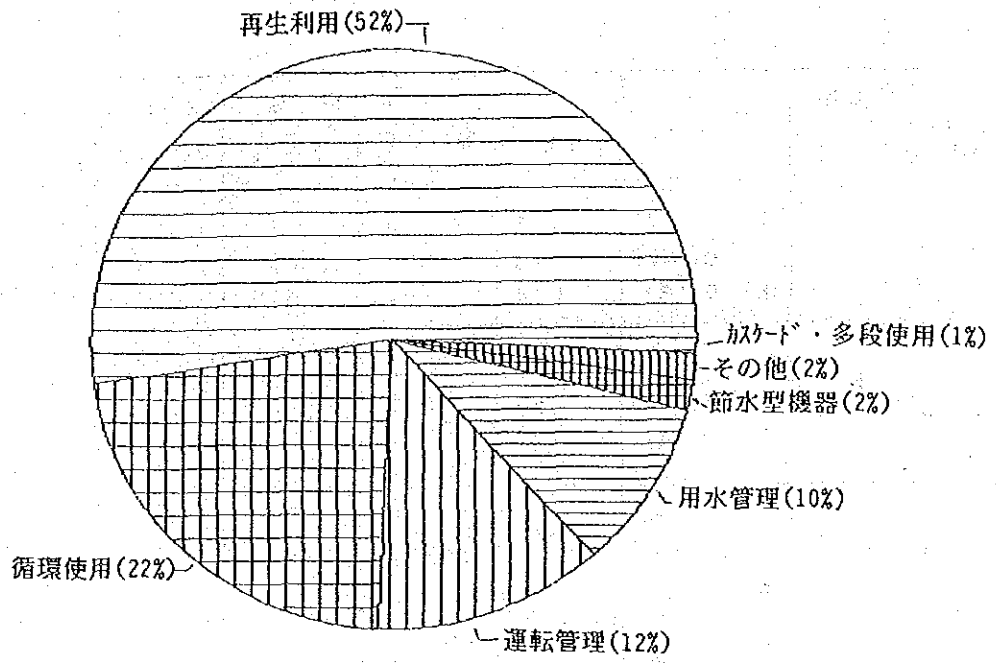


図 4.4 節水可能量の方法別比率