

ミャンマー国

ミャンマー国

ティラワ経済特別区及び周辺区域  
水資源賦存量に係る情報収集・確認調査

ファイナルレポート  
(報告書)

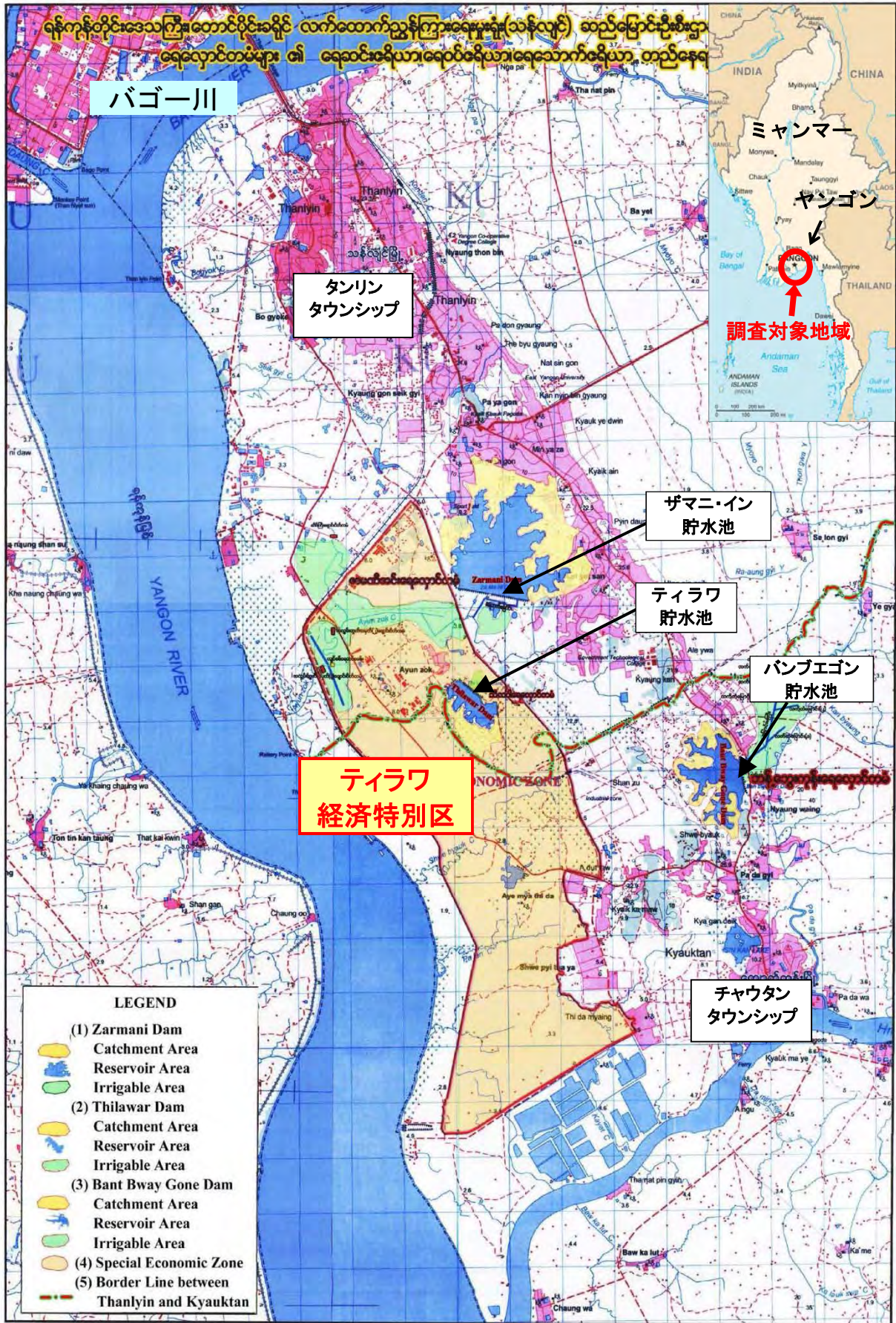
平成 26 年 9 月  
(2014 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

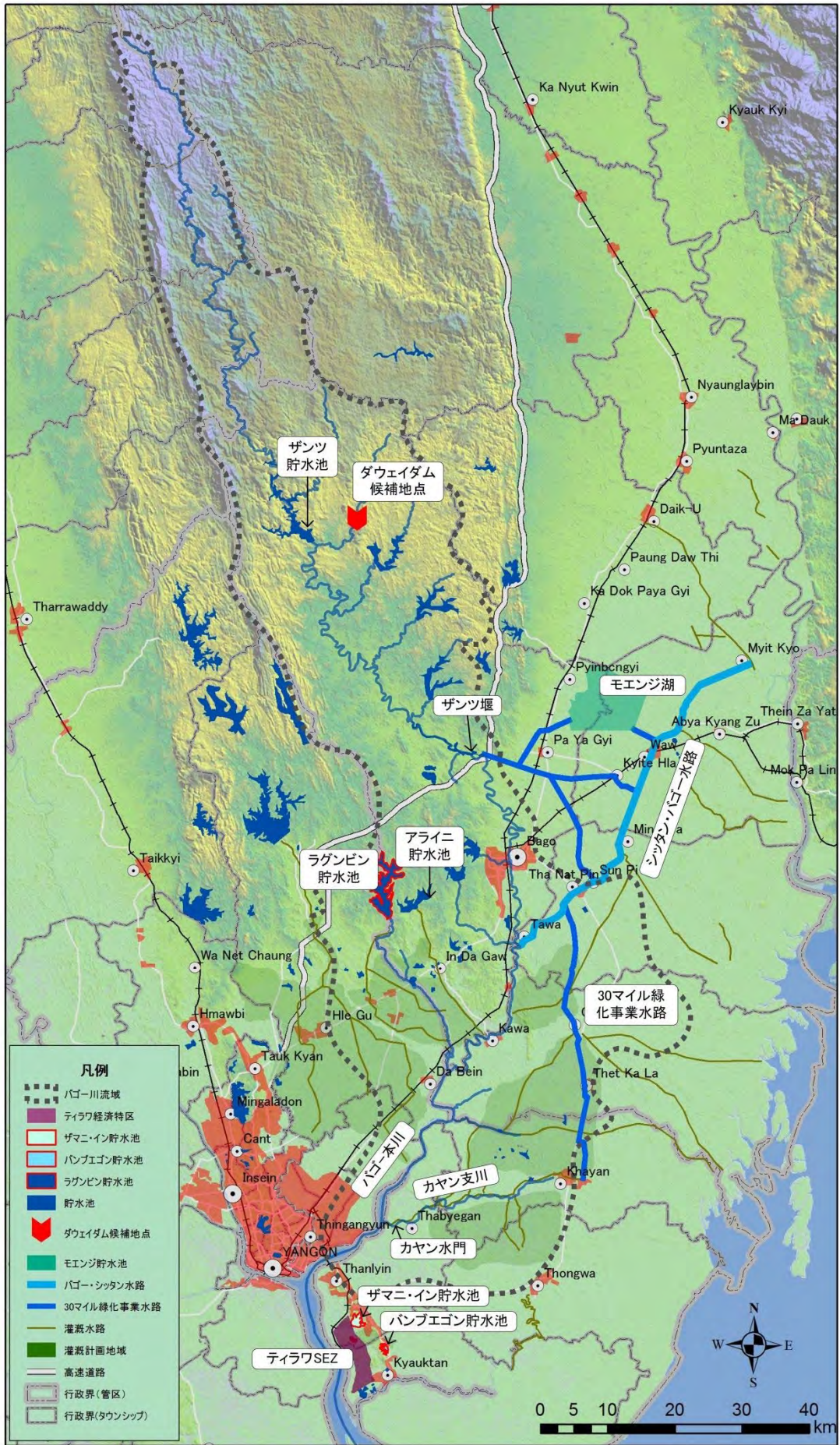
株式会社 三祐コンサルタンツ

環境
JR
14-172





調査対象地域位置図 - ティラワ SEZ 周辺図 - (1/2)



調査対象地域位置図 - バゴー川流域周辺図 - (2/2)

現 地 写 真 (1)



ティラワ経済特別区の風景(中央部西端より北東方向を望む)。2012年8月撮影



ザマニン貯水池。高水位で運用されている。2012年10月撮影



バンブエゴン貯水池。  
2012年10月撮影



ラGUNビン貯水池の取水塔。高水位で運用されている。2012年11月撮影。



ティラワ貯水池と取水塔(経済特別区内に位置している)。2012年10月撮影



アライニ貯水池と取水塔。  
2014年1月撮影



現 地 写 真 (2)



電気探査実施状況。  
2012年10月撮影



時間領域電磁探査(TDEM)測定状況。  
2012年11月撮影



タンリン地区既設水源。ハンドポンプ付家庭用浅井戸。2012年11月撮影



タンリン地区既設水源。家庭用深井戸  
(小型エアーコンプレッサーで揚水)  
2012年11月撮影



コアボーリング実施状況 (D-2 サイト)。  
2013年2月撮影



ボーリングコアの観察 (D-4 サイト)。  
2013年2月撮影





現 地 写 真 (3)



試験井戸掘削状況 (D-1 サイト)。  
2012 年 12 月撮影



試験井戸孔内検層実施状況 (D-5 サイト)。  
2013 年 1 月撮影



試験井戸の揚水試験実施状況 (D-3 サイト)。  
2013 年 6 月撮影



試験井戸掘削後の地下水位観測施設設置状況 (D-3 サイト)。  
2013 年 10 月撮影



地下水水質検査実施状況。  
2013 年 7 月撮影



同位体分析用試料採取状況。  
2013 年 7 月撮影



現 地 写 真 (4)



ザンツ越流堰。  
2012年2月撮影



カヤン水門。2012年3月より供用開始。  
2014年1月撮影



タマビン観測地点（自記水位計設置）。  
2014年5月撮影



バゴー川の既設水位観測地点（橋脚に量水標が取り付けられている）。  
2012年10月撮影



表流水水質検査実施状況（バゴー川上流地点）。2013年3月撮影



ドップラー流速計による観測状況（バゴー川）。2014年5月撮影



## 目 次

調査対象地域位置図	
現地写真	
目次	
図および表一覧	
度量衡・換算および略語表	
第1章 調査の背景と目的.....	1-1
1-1 調査の背景 .....	1-1
1-2 調査の目的 .....	1-2
第2章 基礎資料収集と分析.....	2-1
2-1 自然、社会、経済及び環境社会配慮に関する基礎資料 .....	2-1
2-1-1 調査対象地域 .....	2-1
2-1-2 自然 .....	2-3
2-1-3 社会 .....	2-3
2-1-4 経済 .....	2-4
2-1-5 環境社会配慮 .....	2-6
2-2 水利行政組織、政策、法的枠組み.....	2-7
2-2-1 水利行政組織 .....	2-7
2-2-2 政策 .....	2-8
2-2-3 法的枠組み.....	2-9
2-3 対象地域の地形・地質概要 .....	2-9
2-3-1 地形 .....	2-9
2-3-2 地質 .....	2-11
2-4 対象地域の社会経済状況.....	2-15
2-4-1 面積および人口 .....	2-15
2-4-2 産業、経済、雇用 .....	2-19
2-5 対象地域の水利用状況.....	2-21
2-5-1 対象地域の農業の水利用状況 .....	2-22
2-5-2 対象地域の工業の水利用状況 .....	2-24
2-5-3 対象地域の生活用水の利用状況 .....	2-24
2-6 対象地域の農地及び農作物に関する情報.....	2-25
2-6-1 農業土地利用 .....	2-25
2-6-2 栽培面積、生産量および近年の変化 .....	2-25
2-6-3 農具および農業機械 .....	2-30
2-7 水利権及び水利組織 .....	2-30

2-7-1 水利権 .....	2-30
2-7-2 水利組織 .....	2-31
第3章 地下水の調査及び解析 .....	3-1
3-1 概要 .....	3-1
3-1-1 目的 .....	3-1
3-1-2 地下水開発可能量の定義 .....	3-1
3-1-3 地形 .....	3-2
3-1-4 地質 .....	3-3
3-2 地下水調査 .....	3-6
3-2-1 概要 .....	3-6
3-2-2 既存報告書及びデータの精査 .....	3-8
3-2-3 既存井戸インベントリ調査 .....	3-19
3-2-4 物理探査 .....	3-48
3-2-5 コアボーリング .....	3-56
3-2-6 試験井戸掘削 .....	3-71
3-2-7 既存井戸の水質調査 .....	3-80
3-2-8 試験井の水質調査 .....	3-90
3-2-9 地下水位観測 .....	3-108
3-2-10 掘井戸の季別地下水位測定 .....	3-118
3-2-11 土地被覆分類図の作成 .....	3-121
3-2-12 露頭地質調査 .....	3-122
3-2-13 既存井戸の揚水試験 .....	3-125
3-3 水理地質総合解析 .....	3-130
3-3-1 概要 .....	3-130
3-3-2 帯水層の分布と性状 .....	3-132
3-3-3 地下水利用 .....	3-156
3-3-4 水質 .....	3-167
3-3-5 地下水頭と地下水流動 .....	3-176
3-4 地下水涵養と利用率 .....	3-178
3-4-1 タンクモデルによる地下水涵養量の推定 .....	3-178
3-4-2 地下水涵養量と利用率の推定 .....	3-189
3-5 地下水開発可能量の推定 .....	3-190
3-5-1 地下水開発可能量に関する主要項目の評価 .....	3-190
3-5-2 調査地域における地下水開発可能量の基本像 .....	3-191
3-6 三次元帯水層概念モデルによるティラワ SEZ 短期地下水開発の環境影響評価 .....	3-192
3-6-1 概要 .....	3-192
3-6-2 三次元モデルの構築 .....	3-192
3-6-3 地下水開発の予測検討 .....	3-209

3-7 ティラワ SEZ の短期地下水開発についての結論 .....	3-231
3-8 地下水のモニタリングと帯水層管理についての提言 .....	3-232
3-8-1 ティラワ SEZ における地下水取水に係るモニタリング .....	3-232
3-8-2 タンリン市街地におけるモニタリングと帯水層管理 .....	3-235
3-8-3 設置観測井の有効利用とモニタリング及び帯水層管理の担い手について .....	3-237
3-9 地域における将来の地下水開発に関する結論と提言 .....	3-239
第4章 地表水の調査及び分析 .....	4-1
4-1 バゴー流域 .....	4-1
4-1-1 地表水の調査範囲 .....	4-1
4-1-2 地形 .....	4-1
4-1-3 河川及び流域の標高 .....	4-2
4-1-4 土壌 .....	4-4
4-1-5 地表被覆 .....	4-5
4-2 気象 .....	4-7
4-2-1 気候値概要 .....	4-7
4-2-2 気象観測所 .....	4-9
4-2-3 雨量 .....	4-10
4-2-4 気温 .....	4-13
4-2-5 湿度 .....	4-14
4-2-6 風速 .....	4-14
4-2-7 日射 .....	4-15
4-2-8 蒸発散量 .....	4-15
4-3 潮汐 .....	4-17
4-4 表流水に係る調査 .....	4-19
4-4-1 バゴー川流域 .....	4-19
4-4-2 バゴー川水文観測所 .....	4-20
4-4-3 水文観測記録 .....	4-23
4-4-4 水文観測記録 .....	4-26
4-4-5 流量観測結果の照査 .....	4-38
4-4-6 水位流量曲線 .....	4-40
4-4-7 河川流量の計算及び流量ハイドログラフ .....	4-44
4-4-8 他観測所との比較 .....	4-45
4-4-9 表流水の水質 .....	4-48
4-5 既存水利施設の現状（国の灌漑システム整備状況） .....	4-62
4-5-1 貯水池 .....	4-62
4-5-2 灌漑水路・排水路および水門 .....	4-65
4-5-3 30 マイル緑化事業 .....	4-68
4-5-4 ティラワ経済特区周辺の貯水池 .....	4-78

4-5-5	ラグンビン貯水池 .....	4-97
4-5-6	ダウェイダム計画 .....	4-102
4-5-7	周辺の雨水利用 .....	4-107
4-5-8	ティラワ経済特区内貯水池新設貯水池 .....	4-110
4-6	水資源及び流域水収支バランス .....	4-111
4-6-1	シミュレーションモデル (SWAT) .....	4-111
4-6-2	流域区分 .....	4-112
4-6-3	副流域区分 .....	4-113
4-6-4	入力データ .....	4-114
4-6-5	HRU 解析 .....	4-115
4-6-6	水文観測データ .....	4-122
4-6-7	モデル検証 .....	4-122
4-6-8	モデル出力 .....	4-128
4-6-9	流域収支 .....	4-132
4-6-10	副流域の水資源量 .....	4-135
4-7	モニタリングシステム及びデータベース .....	4-136
4-7-1	モニタリング項目 .....	4-136
4-7-2	データベース .....	4-139
第5章	水需要予測 .....	5-1
5-1	水需要予測の前提条件 .....	5-1
5-2	農業用水の需要予測 .....	5-2
5-2-1	対象区域の農業の現況 .....	5-2
5-2-2	対象地域の農業の将来 .....	5-2
5-2-3	農業用水の需要予測 .....	5-4
5-3	工業用水の需要予測 .....	5-5
5-3-1	対象地域の工業用水利用の現況 .....	5-5
5-3-2	2040年における4タウンシップの工業用水需要 .....	5-5
5-3-3	ティラワ SEZ の水需要予測 .....	5-6
5-3-4	工業用水需要量 .....	5-6
5-4	生活用水の需要予測 .....	5-7
5-4-1	対象地域の生活用水の現況と目標 .....	5-7
5-4-2	対象地域の人口動態 .....	5-7
5-4-3	生活用水需要量予測 .....	5-7
5-5	将来の水需要予測 .....	5-8
5-6	水資源ポテンシャルからの考察 .....	5-9
5-6-1	地下水資源ポテンシャル .....	5-9
5-6-2	表流水ポテンシャル .....	5-9
5-6-3	水収支から見た水資源開発課題 .....	5-10



第 6 章 施設整備計画 .....	6-1
6-1 基本条件 .....	6-1
6-1-1 水源オプションの検討 .....	6-1
6-1-2 その他の水源 .....	6-4
6-1-3 検討条件 .....	6-7
6-2 短期施設整備計画 .....	6-12
6-2-1 施設設計 .....	6-12
6-2-2 コスト分析 .....	6-44
6-3 中期計画 .....	6-64
6-3-1 主要水源 .....	6-64
6-3-2 水源池の課題 .....	6-66
6-3-3 ラグンビン貯水池の洪水吐 .....	6-68
6-3-4 ラグンビン貯水池の余裕高 .....	6-74
6-4 長期計画 .....	6-81
6-4-1 ダウエイダムの候補地 .....	6-82
6-4-2 地質状況 .....	6-84
6-4-3 ダム形式と築堤材料 .....	6-84
6-4-4 ダム容量 .....	6-85
6-4-5 洪水量 .....	6-86
6-4-6 洪水量解析 .....	6-88
6-4-7 洪水吐 .....	6-90
6-4-8 貯水池の水位 .....	6-90
6-4-9 提案するダム横断図 .....	6-95
第 7 章 環境社会配慮 .....	7-1
7-1 環境社会配慮制度 .....	7-1
7-1-1 環境社会配慮法制度 .....	7-1
7-1-2 環境影響評価の手順 .....	7-3
7-2 環境社会の現状 .....	7-4
7-2-1 水源開発計画案の概要 .....	7-4
7-2-2 自然保護区および希少生物 .....	7-5
7-2-3 文化保護区 .....	7-5
7-2-4 調査対象地区にある既存水源 .....	7-8
7-3 水資源開発計画案およびその整備計画案における留意点 .....	7-8
7-3-1 代替案の検討 .....	7-8
7-3-2 スコーピング .....	7-8
7-3-3 環境社会配慮の TOR .....	7-12

第 8 章 見解と提言 .....	8-1
8-1 地下水資源に係る見解と提言 .....	8-1
8-2 表流水資源に係る見解と提言 .....	8-2

(別冊) 要約

第 1 章	調査の背景と目的
第 2 章	調査対象地域の概要
第 3 章	地下水に係る調査及び解析
第 4 章	表流水に係る調査及び解析
第 5 章	水需要予測
第 6 章	施設整備計画
第 7 章	環境社会配慮
第 8 章	見解と提言

データ集 (CD 添付)

Chapter 1	OBSERVATION WELL
Chapter 2	PUMPING TEST
Chapter 3	GROUNDWATER QUALITY
Chapter 4	SURFACE WATER QUALITY
Chapter 5	RIVER DISCHARGE
Chapter 6	METEOROLOGICAL OBSERVATION
Chapter 7	ENVIRONMENT AND SOCIAL CONSIDERATION
Chapter 8	AQIFER PROFILE
Chapter 9	PUMPING TEST AT EXISTING WELL
Chapter 10	GEOPHYSICAL SURVEY
Chapter 11	GROUNDWATER LEVEL
Chapter 12	SURFACE WATER LEVEL

## 図目次

図 2-1-1	ミャンマー国行政区分図 .....	2-1
図 2-1-2	表流水調査対象地域位置図 .....	2-2
図 2-1-3	地下水調査対象位置図 .....	2-2
図 2-1-4	月別平均気温および降雨量 .....	2-3
図 2-1-5	産業別 GDP 構造 .....	2-5
図 2-1-6	産業別輸出額 .....	2-6
図 2-3-1	ミャンマー南部の地形区分と調査地域 .....	2-10
図 2-3-2	地下水調査対象地域および付近の地形と標高分布 .....	2-11
図 2-3-3	調査対象地域周辺地質図 .....	2-12
図 2-3-4	タンリンーチャウタン丘陵地質図 .....	2-14
図 2-3-5	ヤンゴンおよびタンリンーチャウタン丘陵付近のブーゲ異常 .....	2-15
図 2-4-14	タウンシップの人口年齢分布 (2012) .....	2-17
図 2-4-2	18歳未満および18歳以上人口の変動 .....	2-18
図 2-4-3	4タウンシップの GDP の割合 .....	2-19
図 2-6-1	農業生産物の傾向 (2008～2013) .....	2-27
図 2-6-2	乾季作水稲の作付面積の変化 .....	2-29
図 2-6-3	灌漑面積の変化 (2008～2012) .....	2-29
図 2-7-1	関係省庁の組織図(1) .....	2-31
図 2-7-2	関係省庁の組織図(2) .....	2-32
図 2-7-3	関係省庁の組織図(3) .....	2-33
図 3-1-1-1	地下水調査地域と地形 .....	3-1
図 3-1-3-1	調査地域の鳥瞰図 .....	3-3
図 3-1-4-1	ヤンゴンおよびタンリンーチャウタン丘陵付近のブーゲ (重力) 異状 .....	3-4
図 3-1-4-2	タンリンーチャウタン丘陵の地質図 .....	3-5
図 3-2-1-1	地下水調査地点及び地域 .....	3-7
図 3-2-2-1	地質・井戸柱状図の例 .....	3-9
図 3-2-2-2	地質及び井戸柱状図位置図 (全体) .....	3-11
図 3-2-2-3	地質・井戸柱状図位置図 (北部詳細) .....	3-12
図 3-2-2-4	地質・井戸柱状図位置図 (南部詳細) .....	3-13
図 3-2-2-5	タンリンーチャウタン地区深井戸データ値の分布 (Win Naing et al., 1991) (1/2) .....	3-16
図 3-2-2-6	タンリンーチャウタン地区深井戸データ値の分布 (Win Naing et al., 1991) (2/2) .....	3-17
図 3-2-2-7	タンリンーチャウタン丘陵付近の井戸主要イオンのトリリニアダイアグラム .....	3-19
図 3-2-2-8	井戸水の鉄イオンの濃度 .....	3-19

図 3-2-2-9	電気伝導度と塩素イオン濃度の関係	3-19
図 3-2-3-1	調査対象村落	3-21
図 3-2-3-2	施設位置図	3-23
図 3-2-3-3	施設の状況	3-24
図 3-2-3-4	モニタリング井戸・揚水試験候補井戸位置図	3-25
図 3-2-3-5	調査地域における井戸の数と揚水量	3-26
図 3-2-3-6	調査地域のため池の数と容量	3-26
図 3-2-3-7	調査地域における管井(Tube Well)の分布	3-28
図 3-2-3-8	調査地域における堀井戸(Dug Well)の分布	3-29
図 3-2-3-9	調査地域におけるため池の分布	3-30
図 3-2-3-10	管井の設置年(2012年12月現在)	3-32
図 3-2-3-11	管井の深さ	3-32
図 3-2-3-12	管井の口径	3-33
図 3-2-3-13	管井の一日当りの揚水時間	3-33
図 3-2-3-14	管井の揚水能力	3-34
図 3-2-3-15	管井の一日あたり揚水量	3-34
図 3-2-3-16	管井の深度分布(全域)	3-35
図 3-2-3-17	管井の深度分布(タンリンーチャウタン丘陵付近)	3-36
図 3-2-3-18	管井の深度分布ー深度100m以上(全域)	3-37
図 3-2-3-19	管井の深度分布ー深度100m以上(タンリンーチャウタン丘陵付近)	3-38
図 3-2-3-20	堀井戸の設置年	3-39
図 3-2-3-21	堀井戸の深度	3-40
図 3-2-3-22	堀井戸の口径	3-40
図 3-2-3-23	堀井戸の一日当り揚水時間	3-40
図 3-2-3-24	堀井戸の揚水能力	3-41
図 3-2-3-25	堀井戸の1日当り揚水量	3-41
図 3-2-3-26	堀井戸の地下水面深度	3-41
図 3-2-3-27	堀井戸の深度分布(タンリンーチャウタン丘陵付近)	3-42
図 3-2-3-28	堀井戸の深度分布ー深度10m以上(タンリンーチャウタン丘陵付近)	3-43
図 3-2-3-29	ため池の設置年	3-44
図 3-2-3-30	ため池の長さ	3-45
図 3-2-3-31	ため池の幅	3-45
図 3-2-3-32	ため池の深さ	3-46
図 3-2-3-33	ため池の容量	3-46
図 3-2-3-34	ため池の容量の分布	3-47
図 3-2-3-35	トンガエにおけるため池の分布例	3-48
図 3-2-4-1	TDEM探査結果概要図(SEZ内の塩水侵入確認調査)	3-49
図 3-2-4-2	電気探査解析結果(例)	3-50
図 3-2-4-3	TDEM探査解析結果(例)	3-51
図 3-2-4-4	比抵抗断面図(A測線)	3-54

図 3-2-4-5	比抵抗断面図 (B 測線) .....	3-55
図 3-2-5-1	コアボーリング掘削プログレス .....	3-57
図 3-2-5-2	D-2 のコア写真と層相概要(1/3).....	3-60
図 3-2-5-3	D-2 のコア写真と層相概要(2/3).....	3-61
図 3-2-5-4	D-2 のコア写真と層相概要(3/3).....	3-62
図 3-2-5-5	D-4 のコア写真と層相概要(1/3).....	3-63
図 3-2-5-6	D-4 のコア写真と層相概要(2/3).....	3-64
図 3-2-5-7	D-4 のコア写真と層相概要(3/3).....	3-65
図 3-2-5-8	D-2 表層のラテライト土壌と風化帯 .....	3-66
図 3-2-5-9	D-2 86.5~89.5m 付近の酸化鉄による褐色化風化帯 .....	3-66
図 3-2-5-10	D-2 95.5~96.5m 付近のシルトと微細粒砂の半固結細互層 .....	3-67
図 3-2-5-11	D-2 131.5~134.5m 付近の硬質砂岩と褐色低固結砂岩層 .....	3-67
図 3-2-5-12	D-2 186.0~189.5m 付近の低固結 (指圧で潰れる) 砂岩層 .....	3-68
図 3-2-5-13	D-2 249.4~249.55m 付近の粘土とシルトの細互層 (ほぼ水平) .....	3-68
図 3-2-5-14	D-2 255.5~256.5m 付近のシルトと微細粒砂の細互層 (約 15 度傾斜) .....	3-69
図 3-2-5-15	D-4 9.3~9.5m 付近のシルトと微細粒砂の細互層 (ボーリングのトルクにより 乱れている) .....	3-69
図 3-2-5-16	D-4 深度 83m 付近の古土壌と古風化帯.....	3-70
図 3-2-5-17	D-4 深度 152.5~153.5m 付近の粘土とシルトの細互層(低固結).....	3-70
図 3-2-5-18	D-4 深度 201.4m 付近の生痕 .....	3-71
図 3-2-5-19	D-4 深度 223.5-224.5 付近のシルトと微細砂の互層と弱固結の砂岩 .....	3-71
図 3-2-6-1	試験井の配置概念図.....	3-72
図 3-2-6-2	試験井の井戸柱状図例 .....	3-73
図 3-2-6-3	他 JICA チームによる SEZ 内試験井位置図 .....	3-77
図 3-2-6-4	他 JICA チーム作成の試験井戸の外観 .....	3-78
図 3-2-7-1	既存井戸水質調査井戸の位置と深度 .....	3-86
図 3-2-7-2	既存井戸水の EC 分布(2013 年乾季) .....	3-86
図 3-2-7-3	既存井戸水の EC 分布(2013 年乾季および雨季) .....	3-87
図 3-2-7-4	既存井戸水の pH 分布 (2013 年乾季) .....	3-88
図 3-2-7-5	既存井戸水の濁度の分布 (2013 年乾季) .....	3-88
図 3-2-7-6	既存井戸水の色度の分布 (2013 年乾季) .....	3-89
図 3-2-7-7	既存井戸水の味の分布 (2013 年乾季) .....	3-89
図 3-2-7-8	既存井戸水の臭いの分布 (2013 年乾季) .....	3-90
図 3-2-8-1	採水用管網模式図 .....	3-101
図 3-2-8-2	採水状況 .....	3-102
図 3-2-8-3	水素と酸素の安定同位体比の分析結果.....	3-103
図 3-2-8-4	ヘリウム 4 と同位体比の関係 .....	3-104
図 3-2-8-5	ヘリウム同位体と Ne/He 比の関係.....	3-105
図 3-2-8-6	D4 地点周辺の天然ガス徴 .....	3-105
図 3-2-8-7	ヘリウム 4 年代の断面分布.....	3-106

図 3-2-8-8 他 JICA 調査チームによる SEZ 内試験井の位置と EC .....	3-107
図 3-2-9-1 観測井の位置と既存井戸の分布 .....	3-111
図 3-2-9-2 観測井における水位観測結果－標高表示(1)－全観測井 .....	3-113
図 3-2-9-3 観測井における水位観測結果－標高表示(2)－低地の観測井 .....	3-113
図 3-2-9-4 観測井における水位観測結果－深度表示(1)－全観測井 .....	3-114
図 3-2-9-5 観測井における水位観測結果－深度表示(2)－低地の観測井 .....	3-114
図 3-2-9-6 D-1 地点観測井の詳細水位変動 .....	3-115
図 3-2-9-7 D-2 地点観測井の詳細水位変動 .....	3-115
図 3-2-9-8 D-3 地点観測井の詳細水位変動 .....	3-116
図 3-2-9-9 D-4 地点観測井の詳細水位変動 .....	3-116
図 3-2-9-10 D-5 地点観測井の詳細水位変動 .....	3-117
図 3-2-10-1 丘陵における不圧帯水層の地下水面等高線図 (2012 年 11 月) .....	3-118
図 3-2-10-2 掘井戸の地下水面深度および標高 (2012 年 11 月) .....	3-119
図 3-2-10-3 掘井戸の地下水面深度および標高 (2014 年 4 月) .....	3-120
図 3-2-11-1 地下水調査地域の土地被覆分類図 .....	3-121
図 3-2-12-1 丘陵北部 Kyaik Kauk Pagoda 付近の露頭状況(1) .....	3-122
図 3-2-12-2 丘陵北部 Kyaik Kauk Pagoda 付近の露頭状況(2) .....	3-123
図 3-2-12-3 丘陵中部ティラワ東方付近の露頭状況 .....	3-123
図 3-2-12-4 丘陵南部チャウタンのマウウン河畔の露頭状況 .....	3-124
図 3-2-12-5 チャウタンの東側低地のマウウン河畔の露頭状況 .....	3-124
図 3-2-13-1 揚水試験を実施した既存井戸の位置 .....	3-125
図 3-2-13-2 揚水量測定に使用した積算流量計 .....	3-126
図 3-2-13-3 浅井戸の揚水に使用したポンプ .....	3-126
図 3-2-13-4 水位測定に使用した自記水位計 .....	3-127
図 3-2-13-5 試験井 KYA-20 における水位と揚水量の変化 .....	3-127
図 3-2-13-6 試験井 KYA-20 における揚水時および回復時の水位変化 .....	3-127
図 3-2-13-7 試験井 THA-27 における水位と揚水量の変化 .....	3-128
図 3-2-13-8 試験井 THA-27 における揚水時および回復時の水位変化 .....	3-128
図 3-2-13-9 試験井 THA8 における水位と揚水量の変化 .....	3-128
図 3-2-13-10 試験井 THA-8 における揚水時および回復時の水位変化 .....	3-129
図 3-3-1-1 調査地における地下水の水頭分布及び流動の模式断面図 .....	3-130
図 3-3-1-2 調査地における帯水層分布、性状及び地下水利用の模式断面図 .....	3-131
図 3-3-2-1 帯水層調査位置図 (全域) .....	3-133
図 3-3-2-2 帯水層調査位置図 (ティラワ SEZ 中央付近) .....	3-133
図 3-3-2-3 第三紀丘陵の帯水層調査結果と推定帯水層断面 .....	3-134
図 3-3-2-4 第四紀平野部の帯水層調査結果と推定帯水層断面 .....	3-135
図 3-3-2-5 調査地東西方向 (A 断面) の比抵抗断面と推定帯水層分布 .....	3-136
図 3-3-2-6 調査地南北方向 (B 断面) の比抵抗断面と推定帯水層分布 .....	3-137
図 3-3-2-7 ティラワ SEZ 中央付近の推定帯水層断面 (1) .....	3-138
図 3-3-2-8 ティラワ SEZ 中央付近の推定帯水層断面 (2) .....	3-139

図 3-3-2-9 帯水層断面図の断面線位置図 (1)	3-144
図 3-3-2-10 帯水層断面図の断面線位置図 (2)	3-145
図 3-3-2-11 帯水層断面図 – WSW-ENE 方向 (1)	3-146
図 3-3-2-12 帯水層断面図 – WSW-ENE 方向 (2)	3-147
図 3-3-2-13 帯水層断面 – NNW-SSE 方向 (1)	3-148
図 3-3-2-14 帯水層断面 – NNW-SSE 方向 (2)	3-149
図 3-3-2-15 帯水層断面 – NNW-SSE 方向 (3)	3-150
図 3-3-2-16 丘陵部の帯水層断面 (1)	3-151
図 3-3-2-17 丘陵部の帯水層断面(2)	3-152
図 3-3-2-18 丘陵部の帯水層断面(3)	3-153
図 3-3-2-19 丘陵部の帯水層断面(4)	3-154
図 3-3-2-20 丘陵部の帯水層断面 (5)	3-155
図 3-3-3-1 井戸の数と取水量	3-157
図 3-3-3-2 掘井戸 (左) と管井 (右)	3-157
図 3-3-3-3 管井の設置年 (2012 年 12 月現在)	3-157
図 3-3-3-4 掘井戸の分布	3-158
図 3-3-3-5 管井の分布	3-159
図 3-3-3-6 井戸の面密度 (500m 平方当りの本数)	3-160
図 3-3-3-7 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –全帯水層	3-161
図 3-3-3-8 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –表層帯水層 (深度 15m 以浅)	3-162
図 3-3-3-9 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –第 1 帯水層	3-163
図 3-3-3-10 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –第 2 帯水層	3-164
図 3-3-3-11 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –第 3 帯水層	3-165
図 3-3-3-12 井戸揚水量の面密度 (500m 平方当りの日揚水量) –第 4 帯水層	3-166
図 3-3-4-1 帯水層断面上の電気伝導度分布– WSW- ENE 断面 (1)	3-169
図 3-3-4-2 帯水層断面上の電気伝導度分布– WSW- ENE 断面 (2)	3-170
図 3-3-4-3 帯水層断面上の電気伝導度分布– NNW - SSE 断面 (1)	3-171
図 3-3-4-4 帯水層断面上の電気伝導度分布– NNW - SSE 断面 (2)	3-172
図 3-3-4-5 帯水層断面上の電気伝導度分布– NNW - SSE 断面 (3)	3-173
図 3-3-4-6 帯水層毎の推定塩水分布 (1)	3-174
図 3-3-4-7 帯水層毎の推定塩水分布 (2)	3-175
図 3-3-4-8 ティラワ SEZ 中央域の帯水層断面と塩水分布	3-176
図 3-3-5-1 塩水遡上河川近傍における揚水規模と水位低下の関係の概念図	3-178
図 3-4-1-1 当地帯水層のタンクモデル概念図と今回の解析対象	3-180
図 3-4-1-2 当地の帯水層と観測対象層 (D2 地点を例として示す)	3-180
図 3-4-1-3 表層不圧帯水層の水位変動の仮定	3-181
図 3-4-1-4 D5 地点周辺の揚水強度	3-182
図 3-4-1-5 D5 サイト観測井地下水位の日変動量	3-182
図 3-4-1-6 タンクモデル計算結果 – D-1 地点	3-184

図 3-4-1-7	タンクモデル計算結果-D-2 地点	3-185
図 3-4-1-8	タンクモデル計算結果-D-3 地点	3-186
図 3-4-1-9	タンクモデル計算結果-D-4 地点	3-187
図 3-4-1-10	タンクモデル計算結果-D-5 地点	3-188
図 3-4-2-1	推定地下水涵養高と涵養域区分	3-189
図 3-6-1-1	ティラワ SEZ の短期需要に対する地下水開発候補地	3-192
図 3-6-2-1	三次元概念モデルの対象範囲	3-194
図 3-6-2-2	三次元モデルの対象層	3-194
図 3-6-2-3	帯水層境界面等高線図 (1)	3-195
図 3-6-2-4	帯水層境界面等高線図 (2)	3-196
図 3-6-2-5	三次元モデル計算メッシュ平面図	3-197
図 3-6-2-6	三次元モデル計算メッシュ鳥瞰図	3-198
図 3-6-2-7	三次元モデル計算メッシュ断面図	3-199
図 3-6-2-8	水理定数設定域区分図	3-200
図 3-6-2-9	地下水利用量の入力セルの分布	3-202
図 3-6-2-10	境界条件	3-203
図 3-6-2-11	表層不圧帯水層地下水位分布の計算出力と観測値の比較	3-205
図 3-6-2-12	観測地点における地下水頭変動の計算出力と観測値の比較 (D1、D2 及び D5 地点)	3-206
図 3-6-2-13	観測地点における地下水頭変動の計算出力と観測値の比較 (D3 及び D4 地点)	3-207
図 3-6-2-14	帯水層毎の地下水等等高線 (定常計算結果)	3-208
図 3-6-2-15	代表的な平野部表層帯水層の水頭分布	3-209
図 3-6-3-1	SEZ 内における地下水取水計画平面図 (基本検討)	3-210
図 3-6-3-2	SEZ 内における地下水取水計画平面図 (詳細検討)	3-210
図 3-6-3-3	東方平野における地下水取水計画平面図	3-211
図 3-6-3-4	地下水環境影響の評価基準	3-213
図 3-6-3-5	2014 年乾期末期の掘井戸の井内水深	3-214
図 3-6-3-6	取水地点における水頭と水頭低下の変化のモデル出力例	3-216
図 3-6-3-7	SEZ 内取水のモデル出力例-水頭低下および水頭の等高線 (第 2 帯水層から取水; 第 2 帯水層の状況)	3-217
図 3-6-3-8	東方平野取水のモデル出力例-水頭低下および水頭の等高線 (第 2 帯水層から取水; 第 2 帯水層の状況)	3-218
図 3-6-3-9	塩水フロント移動に係る地下水流動場での粒子追跡計算例 - ケース BS5	3-219
図 3-6-3-10	塩水フロント移動に係る地下水流動場での粒子追跡計算例- ケース BS6	3-220
図 3-6-3-11	塩水フロント移動に係る地下水流動場での粒子追跡計算例 - ケース BE3	3-221
図 3-6-3-12	帯水層毎の水頭低下分布 - ケース BS6; 第 2 帯水層から 1,000 m <sup>3</sup> /d 取水	3-222
図 3-6-3-13	帯水層毎の水頭分布 - ケース BS6; 第 2 帯水層から 1,000 m <sup>3</sup> /d 取水	3-223
図 3-6-3-14	通年および半年間取水の場合の取水点における水頭低下の比較	3-224
図 3-6-3-15	通年および半年間取水の場合の取水点における水頭低下等高線の比較	3-225



図 3-6-3-16	詳細検討ケースの水位低下出力例 - ケース DA1 および DB1	3-226
図 3-6-3-17	1年間取水後の水頭回復状況	3-227
図 3-8-1-1	ティラワ SEZ での取水のために必要な地下水モニタリング井の配置 (最小案)	3-233
図 3-8-1-2	ティラワ SEZ 内で取水する場合のモニタリング井配置の基本的考え方	3-234
図 3-8-2-1	タンリン市街地 D5 サイトにおける観測地下水頭	3-235
図 3-8-2-2	タンリン市街地 D5 地点を通る計算地下水等断面図	3-236
図 3-8-2-3	タンリン市街地北部における乾期末期の第 1 帯水層計算水頭分布	3-236
図 4-1-2-1	調査地域周辺の地形	4-2
図 4-1-3-1	面積・標高ヒストグラム及び累加面積・標高ヒストグラム	4-3
図 4-1-4-1	バゴー流域の土壌図	4-4
図 4-1-5-1	バゴー流域の地表被覆区分 (2008 年)	4-5
図 4-2-1	調査地域の気候特性	4-7
図 4-2-2-1	気象観測位置図	4-9
図 4-2-2-2	水文観測所位置図	4-9
図 4-2-3-2	年降水量 (バゴー市:バゴー観測所)	4-11
図 4-2-3-1	年降水量 (ヤンゴン市:カバアエ観測所)	4-11
図 4-2-3-3	年降水量 (ザンツ観測所)	4-11
図 4-2-3-4	主要観測所月雨量	4-13
図 4-2-6-1	等値線図 (日最高・日最低気温 °C)	4-14
図 4-2-7-1	等値線図 (日平均湿度 %)	4-14
図 4-2-8-1	等値線図 (日平均風速 M/SEC)	4-15
図 4-2-9-1	等値線図 (日平均日射 MJ/M <sup>2</sup> )	4-15
図 4-2-10-1	基準蒸発散量(FAO) 及び実蒸発散量(MODIS)	4-16
図 4-3-1	ヤンゴン港潮位観測所 (MNHC)	4-17
図 4-3-2	ヤンゴン港の潮位予測(単位: m)	4-18
図 4-4-1-1	バゴー流域	4-19
図 4-4-1-2	バゴー川流域の縦断図	4-20
図 4-4-2-1	気象・水文観測所位置図 (観測所名 (数字) は表 4-4-2-1 参照)	4-22
図 4-4-3-1	河川水位ハイδροグラフ(バゴー橋観測所)	4-23
図 4-4-3-2	バゴー橋観測所およびザンツ観測所の月別流量	4-24
図 4-4-3-3	DHM 観測所の河川流量	4-26
図 4-4-4-1	表流水観測所位置図	4-27
図 4-4-4-2	バゴー旧橋 (G3) 観測所 (Jun/2013)	4-28
図 4-4-4-3	タマビン (G2) 観測所 (Feb/2013)	4-28
図 4-4-4-4	ダウェイ (G3) 観測所 (Feb/2013)	4-29
図 4-4-4-5	ラグンビン貯水池 (G4) 観測所 (Mar/2013)	4-30

図 4-4-4-6 河川水位ハイドログラフ .....	4-31
図 4-4-4-7 ドップラー流速計 (ADCP) 観測例 (02July2003、バゴ-旧橋観測所) .....	4-33
図 4-4-5-1 ダウエイ G1 観測結果照査図 (H-A 曲線、H-V 曲線、H-Q 曲線、H- $\sqrt{Q}$ 曲線) .....	4-38
図 4-4-5-2 タマビン G2 観測結果照査図 (H-A 曲線、H-V 曲線、H-Q 曲線、H- $\sqrt{Q}$ 曲線) .....	4-39
図 4-4-5-3 バゴ-旧橋 G3 観測結果照査図 (H-A 曲線、H-V 曲線、H-Q 曲線、H- $\sqrt{Q}$ 曲線) .....	4-39
図 4-4-6-1 水位(H)-流量(Q) 曲線(ダウエイ (G1) 観測所).....	4-41
図 4-4-6-2 水位(H)-流量(Q) 曲線(タマビン (G2) 観測所).....	4-42
図 4-4-6-3 水位(H)-流量(Q) 曲線(バゴ-旧橋 (G3) 観測所).....	4-43
図 4-4-7-1 流量ハイドログラフ (2013 年、G1, G2 及び G3 観測所) .....	4-44
図 4-4-8-1 河川流量の比較 (バゴ-旧橋・バゴ-橋) .....	4-45
図 4-4-8-2 ID 観測結果および DMH 観測所結果(バゴ-旧橋観測所およびバゴ-橋観測所) .....	4-46
図 4-4-8-3 河川流量 (月流量、1972 年~2013 年) .....	4-47
図 4-4-8-4 年間最大日平均流量 (バゴ-橋及びザンツ DMH 観測所) .....	4-48
図 4-4-9-1 地表水の水質モニタリング位置図 .....	4-53
図 4-4-9-2 バゴ-川および支流の電気伝導度の変化 .....	4-56
図 4-4-9-3 バゴ-川および支流の塩化物イオン (Cl <sup>-</sup> ) 濃度の変化.....	4-56
図 4-4-9-4 バゴ-川および支流の濁度の変化 (1).....	4-57
図 4-4-9-5 バゴ-川および支流の濁度の変化 (2).....	4-57
図 4-4-9-6 バゴ-川および支流の色度の変化 .....	4-58
図 4-4-9-7 バゴ-川および支流の水温の変化 .....	4-58
図 4-4-9-8 バゴ-川および支流の pH の変化 .....	4-59
図 4-4-9-9 バゴ-川および支流の DO の変化.....	4-59
図 4-4-9-10 バゴ-川および支流の BOD の変化 .....	4-60
図 4-5-1-1 貯水池位置図 .....	4-64
図 4-5-2-1 灌漑排水路位置図 .....	4-66
図 4-5-2-2 水門位置図.....	4-67
図 4-5-3-1 ザンツダム .....	4-70
図 4-5-3-2 コドウクェダム.....	4-70
図 4-5-3-3 シュエランダム.....	4-70
図 4-5-3-4 サルダム .....	4-71
図 4-5-3-5 ザンツ越流堰 (Zaungtu Weir) .....	4-71
図 4-5-3-6 カヤン水門.....	4-72
図 4-5-3-7 カヤン水門の年間水位記録 (2013 年) .....	4-74
図 4-5-3-8 カヤン水門の雨季水位記録 (2013 年 8 月) .....	4-74
図 4-5-3-9 カヤン水門の乾季の水位記録 (2014 年 1 月) .....	4-75
図 4-5-3-10 電気伝導度分布 (EC) -水温関係図.....	4-76

図 4-5-3-11	カヤン支川、試験導水後の電気伝導度分布 (EC)	4-77
図 4-5-4-1	ティラワ経済特区周辺 3 貯水池の全景	4-78
図 4-5-4-2	ティラワ経済特区周辺の 3 貯水池	4-79
図 4-5-4-3	ザマニ・イン貯水池の水位および貯水量の変化(1998 年-2011 年)	4-82
図 4-5-4-4	ティラワ貯水池の水位および貯水量の変化(2007 年-2012 年)	4-83
図 4-5-4-5	バンブエゴン貯水池の水位および貯水量の変化(2007 年-2012 年)	4-84
図 4-5-4-6	ザマニ・イン貯水池の運用シミュレーション結果(ケース 1)	4-89
図 4-5-4-7	ザマニ・イン貯水池の運用シミュレーション結果(ケース 2)	4-90
図 4-5-4-8	ザマニ・イン貯水池の運用シミュレーション結果(ケース 3)	4-91
図 4-5-4-9	バンブエゴン貯水池の運用シミュレーション結果(ケース 1)	4-94
図 4-5-4-10	バンブエゴン貯水池の運用シミュレーション結果(ケース 2)	4-95
図 4-5-5-1	ラグンビン貯水池、幹線灌漑水路およびかんがい地域の概略位置図	4-98
図 4-5-5-2	ラグンビン貯水池の水位と流入量 (2006 年-2012 年)	4-100
図 4-5-6-1	ダウエイ支川流域の位置図	4-102
図 4-5-6-2	ダウエイ計画ダム候補地点	4-103
図 4-5-6-3	ダウエイダム候補地点の月平均流入量 (site3 : lower site) 単位 : m <sup>3</sup> /sec	4-104
図 4-5-6-4	水源配分の構成要素	4-105
図 4-5-6-5	貯水池運用シミュレーションの結果(Dam-3 Site)	4-106
図 4-5-7-1	年間雨水利用可能期間 (貯水槽容量-利用期間)	4-108
図 4-6-1-1	SWA の水循環過程	4-111
図 4-6-2-2	SWAT モデル対象流域	4-112
図 4-6-3-1	流向図及び累化集水域図	4-113
図 4-6-3-2	バゴー流域の副流域区分	4-114
図 4-6-5-1	地表被覆区分	4-117
図 4-6-5-2	土壌タイプ区分	4-117
図 4-6-5-3	勾配区分	4-119
図 4-6-5-4	HRU 分布	4-119
図 4-6-5-5	気候データ入力地点	4-120
図 4-6-5-6	SWAT 入力気候値の期間	4-120
図 4-6-7-1	検証結果 (ダウエイ観測所、コドゥグエダム、タマビン観測所)	4-125
図 4-6-7-2	検証結果(ザンツダム)	4-126
図 4-6-7-3	検証結果(ラグンビンダム)	4-126
図 4-6-7-4	検証結果(バゴー橋観測所)	4-127
図 4-6-8-1	流域雨量	4-129
図 4-6-8-2	蒸発散能	4-129
図 4-6-8-3	実蒸発散量	4-130
図 4-6-8-4	土壌浸透量	4-130
図 4-6-8-5	地表流出量	4-131
図 4-6-8-6	基底流出量	4-131
図 4-6-8-7	地表水の水源量	4-132

図 4-6-9-1	流域収支図（1984年-2013年の平均）	4-134
図 4-6-10-1	副流域別の地表水水源量	4-135
図 4-7-1-1	モニタリング地点	4-138
図 4-7-2-1	データベース管理システム（DBMS）	4-141
図 5-1-1	日本の水資源賦存量と使用量	5-1
図 6-1-1	水源計画位置図	6-3
図 6-1-2	高度浄水処理システムのフロー	6-4
図 6-1-3	逆浸透現象	6-5
図 6-1-4	地下ダムの原理	6-6
図 6-1-5	既存ダムからの取水（ポンプ場）	6-7
図 6-1-6	浄水場フロー（例：急速ろ過方式）	6-8
図 6-1-7	ポンプ圧送の場合の動水勾配線	6-9
図 6-1-8	経済性の概念、ポンプ圧送の平均流速	6-9
図 6-2-1	SEZ内井戸配置図	6-12
図 6-2-2	計画概要図（①SEZ内井戸）	6-13
図 6-2-3	管路の動水勾配（①SEZ内井戸）	6-14
図 6-2-4	ポンプ選定図1（①SEZ内井戸）	6-14
図 6-2-5	ポンプ選定図2（①SEZ内井戸）	6-15
図 6-2-6	東部平野部からの導水ルート案	6-16
図 6-2-7	計画概要図（②東部平野部井戸、CASE3採用）	6-17
図 6-2-8	東部平野部井戸配置図	6-18
図 6-2-9	管路の動水勾配（②東部平野部井戸）	6-19
図 6-2-10	ポンプ選定図（②東部平野部井戸）	6-20
図 6-2-11	計画概要図（③A ザマニ・イン貯水池）	6-22
図 6-2-12	管路の動水勾配（③A ザマニ・イン貯水池）	6-23
図 6-2-13	ポンプ選定図（③A ザマニ・イン貯水池）	6-24
図 6-2-14	計画概要図（③B ザマニ・イン貯水池）	6-26
図 6-2-15	管路の動水勾配（③B ザマニ・イン貯水池）	6-27
図 6-2-16	ポンプ選定図1（③B ザマニ・イン貯水池）	6-27
図 6-2-17	ポンプ選定図2（③B ザマニ・イン貯水池）	6-28
図 6-2-18	計画概要図（④バンブエゴン貯水池）	6-30
図 6-2-19	管路の動水勾配（④バンブエゴン貯水池）	6-30
図 6-2-20	ポンプ選定図（④バンブエゴン貯水池）	6-31
図 6-2-21	貯水池概略図	6-33
図 6-2-22	計画概要図（⑤SEZ内貯水池）	6-33

図 6-2-23	30 マイル灌漑水路	6-34
図 6-2-24	計画概要図 (⑥A カヤン川)	6-36
図 6-2-25	管路の動水勾配 (⑥A カヤン川)	6-37
図 6-2-26	ポンプ選定図 (⑥A カヤン川)	6-38
図 6-2-27	計画概要図 (⑥B カヤン川)	6-41
図 6-2-28	管路の動水勾配 (⑥B カヤン川)	6-42
図 6-2-29	ポンプ選定図 (⑥B カヤン川)	6-43
図 6-3-1	中期計画位置図	6-64
図 6-3-2	ラグンビン貯水池とアライニ貯水池位置図	6-65
図 6-3-3	ラグンビン貯水池とアライニ貯水池の位置図	6-66
図 6-3-4	連絡水路位置図	6-67
図 6-3-5	ラグンビン貯水池	6-67
図 6-3-6	ラグンビン貯水池の取水塔	6-67
図 6-3-7	ラグンビン貯水池の洪水吐越流部	6-67
図 6-3-8	ラグンビン貯水池の洪水吐橋	6-67
図 6-3-9	取水塔内の水位記録計	6-68
図 6-3-10	ラグンビン貯水池の放流工	6-68
図 6-3-11	アライニ貯水池	6-68
図 6-3-12	アライニ貯水池の取水塔	6-68
図 6-3-13	ラグンビン貯水池での推定河川流量	6-69
図 6-3-14	ラグンビン貯水池の洪水吐位置図	6-72
図 6-3-15	洪水吐縦断図	6-73
図 6-3-16	ラグンビン貯水池の標準断面図	6-75
図 6-3-17	ダム天端詳細	6-75
図 6-3-18	S.M.B と SAVILLE 法による WILSON の改良式	6-78
図 6-3-19	ダム天端標高の嵩上げ	6-80
図 6-4-1	長期計画の位置	6-81
図 6-4-2	ダム候補地の位置図	6-82
図 6-4-3	ダウエイダムの流域面積	6-83
図 6-4-4	ダウエイダムの地質図	6-84
図 6-4-5	ダウエイ川	6-84
図 6-4-6	ダウエイ橋	6-84
図 6-4-7	ダム候補地	6-85
図 6-4-8	ダム現場左岸部	6-85
図 6-4-9	左岸部の頁岩露頭	6-85
図 6-4-10	頁岩露頭 (軟岩)	6-85
図 6-4-11	ダウエイダムサイトの H ~ Q 曲線	6-85
図 6-4-12	ダウエイダムサイトの推定河川流量	6-87
図 6-4-13	S.M.B と SAVILLE 法による WILSON の改良式	6-93
図 6-4-14	ダウエイダムのダム天端	6-95

図 6-4-15 ダウエイダム標準断面図と縦断面図 .....	6-96
図 7-2-1 水源開発計画案位置図 .....	7-4
図 7-2-2 文化省から発行された <i>KYOUK KHAUK PADODA</i> 保護に関する公文書（2009年11月5日） .....	7-6
図 7-2-3 ヤンゴン管区から発行された <i>PADAGI PAGODA</i> 保護に関する公文書（2007年1月15日） .....	7-7
図 7-2-4 ヤンゴン管区から発行された <i>PADAGI PAGODA</i> 保護に関する公文書（2013年1月28日） .....	7-7

## 表目次

表 2-1-1 国内総生産に占める産業別規模 .....	2-5
表 2-1-2 輸出産品別貿易収支額 .....	2-6
表 2-3-1 イラワジデルタ東部、ペグ丘陵およびシッター低地の地質層序表 .....	2-12
表 2-3-2 タンリンーチャウタン丘陵の地質層序表 (WIN NAING ET AL. 1991) .....	2-13
表 2-4-1 土地利用区分 (2012/13) .....	2-16
表 2-4-2 タウンシップ別の世帯数、人口、1世帯あたりの構成員数、人口密度 .....	2-18
表 2-4-3 労働人口、労働者数、失業者数および失業率 (2012/13) .....	2-20
表 2-4-4 各タウンシップ別業種別労働者数 (2012) .....	2-20
表 2-4-5 工場数およびその工場の従業員数 (2013) .....	2-21
表 2-5-1 農業基盤に係る基礎情報 (聞き取り調査) .....	2-22
表 2-5-2 現況農業用水需要量 .....	2-23
表 2-5-3 工業の現況に係る基礎資料 .....	2-24
表 2-6-1 4 タウンシップおよびヤンゴン南郡の農業土地利用 .....	2-25
表 2-6-2 収穫面積および農業生産量 (2012/13) .....	2-26
表 2-6-3 4 タウンシップおよびヤンゴン南郡の灌漑実績面積 .....	2-28
表 2-6-4 農具および農業機械の所有状況 (2012/13) .....	2-30
表 3-1-4-1 タンリンーチャウタン丘陵の地質層序表 (Win Naing et al., 1991) .....	3-4
表 3-2-1-1 地下水開発可能量に関する調査項目と本調査で適用した調査手法 .....	3-6
表 3-2-2-1 タンリンーチャウタン地区の水理地質調査報告書 .....	3-8
表 3-2-2-2 地質・井戸柱状図位置図 .....	3-10
表 3-2-2-3 既存資料によるタンリンーチャウタン地区の帯水層概要 .....	3-14
表 3-2-2-4 タンリン地区の帯水層概要 (Aye Thanda Bo, 2001) .....	3-14
表 3-2-2-5 タンリンーチャウタン地区深井戸データ (Win Naing et al., 1991) .....	3-15
表 3-2-2-6 タンリンーチャウタン丘陵付近の井戸水水質試験結果 (Win Naing et al., 1991) .....	3-18
表 3-2-3-1 アンケート調査票 .....	3-22
表 3-2-3-2 インベントリ調査数 .....	3-22
表 3-2-3-3 調査地域における井戸の数と推定揚水量 .....	3-27
表 3-2-3-4 調査地域のため池の数と容量 .....	3-27
表 3-2-5-1 コアボーリング地点概要 .....	3-56
表 3-2-5-2 コアボーリングの稼働率 .....	3-57
表 3-2-6-1 試験井諸元 .....	3-72
表 3-2-6-2 試験井の段階揚水試験概要 .....	3-75
表 3-2-6-3 試験井の定量揚水試験結果概要 .....	3-76

表 3-2-6-4	他 JICA チームによる SEZ 内試験井一覧	3-78
表 3-2-6-5	他 JICA チームによる SEZ 内試験井の揚水試験結果	3-79
表 3-2-7-1	既存井戸の現地水質調査結果－浅井戸 (1)	3-82
表 3-2-7-2	既存井戸の現地水質調査結果－浅井戸 (2)	3-83
表 3-2-7-3	既存井戸の現地水質調査結果－深井戸 (1)	3-84
表 3-2-7-4	既存井戸の現地水質調査結果－深井戸 (2)	3-85
表 3-2-8-1	試験井における揚水試験時採水による水質試験結果	3-91
表 3-2-8-2	試験井における毎月の水質試験の項目と方法	3-92
表 3-2-8-3	試験井の毎月の水質試験結果－D-1 サイト	3-93
表 3-2-8-4	試験井の毎月の水質試験結果－D-2 サイト	3-94
表 3-2-8-5	試験井の毎月の水質試験結果－D-3 サイト	3-95
表 3-2-8-6	試験井の毎月の水質試験結果－D-4 サイト	3-96
表 3-2-8-7	試験井の毎月の水質試験結果－D-5 サイト	3-97
表 3-2-8-8	採水した試験井の諸元と現場測定水質	3-101
表 3-2-8-9	採水試料数一覧	3-103
表 3-2-8-10	希ガス同位体分析結果およびモデル計算結果	3-104
表 3-2-8-11	他 JICA 調査チームによる SEZ 内試験井の水質試験結果	3-107
表 3-2-9-1	観測井の諸元	3-112
表 3-2-9-2	ヤンゴンの 2013 年の日降水量(mm)	3-117
表 3-2-13-1	揚水試験対象の既存井戸諸元一覧	3-126
表 3-2-13-2	既存井戸の揚水試験により得られた水理定数一覧	3-129
表 3-3-2-1	地域毎の帯水層とその性状－SEZ 中央付近の丘陵	3-140
表 3-3-2-2	地域毎の帯水層とその性状－東側平野部－	3-141
表 3-3-2-3	地域毎の帯水層とその性状－丘陵北部－	3-142
表 3-3-2-4	調査地域の比湧出量 (m <sup>3</sup> /日/m)	3-156
表 3-3-3-1	帯水層毎の地下水利用	3-167
表 3-3-4-1	試験井における水質試験結果総括表	3-167
表 3-4-1-1	地下水涵養量と利用率	3-183
表 3-4-2-1	地下水涵養量と利用率	3-190
表 3-6-2-1	最終的にモデルに入力した水理定数	3-201
表 3-6-3-1	検討ケース (基本検討)	3-212
表 3-6-3-2	検討ケース (詳細検討)	3-212
表 3-6-3-3	ティラワ SEZ のための取水についての環境予測と評価結果の概要 (基本検討)	3-228
表 3-6-3-4	ティラワ SEZ のための取水についての環境予測と評価結果の概要 (詳細検討)	3-228
表 3-6-3-5	ティラワ SEZ のための取水についての環境予測と評価結果 (基本検討)	3-229
表 3-6-3-6	ティラワ SEZ のための取水についての環境予測と評価結果の概要 (詳細検討)	3-230
表 3-8-1-1	ティラワ SEZ での取水のために必要な地下水モニタリング井 (最小案)	3-233



表 3-8-3-1 本調査により設置した観測井の位置・重要度と今後の利用についての地元の意向 .....	3-237
表 4-1-5-1 地表被覆区分別面積（2008年） .....	4-6
表 4-2-1-1 気候値概要表（ヤンゴン） .....	4-8
表 4-2-1-2 気候値概要表（バゴ） .....	4-8
表 4-2-2-1 気象・水文観測所一覧.....	4-10
表 4-2-3-1 確率年の計算（バゴ観測所の年雨量） .....	4-12
表 4-3-1 ヤンゴン港（バゴ川河口部）の潮位概要（2013年） .....	4-17
表 4-4-2-1 気象・水文観測所一覧（観測所位置は図 4-4-2-1 参照） .....	4-21
表 4-4-3-1 バゴ橋地点の推定流量（運輸省気象水文局） .....	4-25
表 4-4-4-1 河川水位観測所の設置緒元.....	4-27
表 4-4-4-2 バゴ旧橋観測所の観測概況（2013年） .....	4-28
表 4-4-4-3 タマビン観測所の観測概況（2013年） .....	4-29
表 4-4-4-4 ダウエイ観測所の観測概況（2013年） .....	4-29
表 4-4-4-5 観測結果要約表（ダウエイ G1 観測所） .....	4-34
表 4-4-4-6 観測結果要約表（タマビン G2 観測所） .....	4-35
表 4-4-4-7 (1/2) 観測結果要約表（バゴ旧橋 G3 観測所 下流） .....	4-36
表 4-4-4-7 (2/2) 観測結果要約表（バゴ旧橋 G3 観測所 上流） .....	4-37
表 4-4-9-1 ガモエ貯水池とシッタン川の水質試験結果.....	4-49
表 4-4-9-2 ティラワ経済特区近傍三貯水池の水質試験結果 .....	4-50
表 4-4-9-3 表流水の水質モニタリング地点一覧 .....	4-51
表 4-4-9-4 地表水水質調査項目及び試験数量 .....	4-52
表 4-4-9-5 表流水の水質モニタリング項目と調査方法.....	4-54
表 4-4-9-6 農薬の分析対象項目 .....	4-54
表 4-4-9-7 農薬の輸入量（2011年から2012年）と WHO 飲用水ガイドライン.....	4-55
表 4-4-9-8 農薬の水質試験地点および試験実施月.....	4-60
表 4-4-9-9 ティラワ経済特区近傍 3 貯水池の水質試験結果（2013年7月時点） .....	4-61
表 4-5-1-1 貯水池概要表 .....	4-63
表 4-5-3-1 貯水池計画（Work 1） .....	4-68
表 4-5-3-2 貯水池計画（Work 3） .....	4-69
表 4-5-3-3 カヤン水門の諸元 .....	4-72
表 4-5-3-4 カヤン水門運用ルール.....	4-73
表 4-5-4-1 ティラワ経済特区周辺の 3 貯水池の諸元 .....	4-80
表 4-5-4-2 貯水池の利用概況（2003-2011年，単位：1000m <sup>3</sup> /年） .....	4-80
表 4-5-4-3 工業用水及び生活用水の利用概況（単位：1000m <sup>3</sup> /年） .....	4-81
表 4-5-4-4 ザマニ・イン貯水池の水収支及び流入量の算定（単位 1000m <sup>3</sup> ） .....	4-86
表 4-5-4-5 バンプエゴン貯水池の水収支及び流入量の算定（単位 1000m <sup>3</sup> ） .....	4-87

表 4-5-4-6	ザマニ・イン貯水池のシミュレーションの条件	4-88
表 4-5-4-7	ザマニ・イン貯水池の水源量と配分	4-92
表 4-5-4-8	バンブエゴン貯水池のシミュレーションの条件	4-93
表 4-5-4-9	ティラワ経済特区周辺の3貯水池の水源量	4-96
表 4-5-5-1	ラグンビンダム貯水池の計画諸元	4-97
表 4-5-5-2	ラグンビンダム貯水池の年間収支(2006年-2012年)	4-99
表 4-5-5-3	ラグンビンダム貯水池の月別収支(2010年10月-2011年12月)	4-99
表 4-5-5-4	ラグンビンダム貯水池の水資源配分	4-101
表 4-5-5-5	ラグンビンダム貯水池の水質試験結果	4-101
表 4-5-6-1	ダウェイダムの各候補ダム軸についての主要計画諸元	4-102
表 4-5-6-2	ダウェイダム候補地点の流入量 (site3 : lower site) 単位 : MCM/年	4-103
表 4-5-6-3	貯水池運用シミュレーションの条件	4-105
表 4-5-6-4	ダウェイ貯水池(dam3計画地点)の水資源配分	4-106
表 4-5-7-1	ヤンゴン地区の蒸発散能 (ET0)	4-107
表 4-5-7-2	雨水利用における収支 (集水面積 100m <sup>2</sup> 、貯水槽容量 3m <sup>3</sup> )	4-109
表 4-6-5-1	植生区分対比表 (LCCS と SWAT 区分)	4-115
表 4-6-5-2	バゴー流域の土壌特性	4-116
表 4-6-5-3	土壌物理・化学特性 (SWAT 初期値)	4-118
表 4-6-5-4	気候値補完に適用した月統計パラメータ	4-121
表 4-6-7-1	感度解析の結果	4-122
表 4-6-7-2	検証後のパラメータ	4-123
表 4-6-7-3	SWAT パラメータの説明	4-124
表 4-6-9-1	流域収支 (1984-2013)	4-133
表 4-7-2-1	データベース構造	4-139
表 5-2-1	5カ年計画 (農業・灌漑省灌漑局)	5-3
表 5-2-2	耕地面積の推移 (2040年の推定耕地面積、HA)	5-3
表 5-2-3	農業用水需要量予測	5-4
表 5-3-1	工業用水としての地下水利用の推定	5-5
表 5-3-2	工業用水利用量の推定 (2040年)	5-6
表 5-3-3	開発段階に応じて必要とする水資源量 (日量)	5-6
表 5-4-1	2040年の予測給水人口	5-7
表 5-5-1	水需要値の集計 (2040年)	5-8
表 6-1-1	水源オプション一覧	6-1
表 6-1-2	流速係数Cの値	6-11
表 6-2-1	コスト算出結果一覧	6-45

表 6-2-2	コスト評価.....	6-46
表 6-3-1	ラグンビン貯水池・アライニ貯水池諸元表 .....	6-65
表 6-3-2	各 30 年間の最大河川流量.....	6-69
表 6-3-3	最大河川流量の降順 .....	6-71
表 6-3-4	岩井法の結果 .....	6-72
表 6-3-5	貯水池諸元.....	6-74
表 6-3-6	非越流部標高 .....	6-76
表 6-3-7	ダム天端標高計算.....	6-79
表 6-4-1	ダウェイダムの 3 つの候補地.....	6-82
表 6-4-2	標高と容量 .....	6-86
表 6-4-3	30 年間の最大河川流量 .....	6-87
表 6-4-4	最大河川流量の降順 .....	6-89
表 6-4-5	岩井法の結果 .....	6-89
表 6-4-6	ダム諸元 .....	6-90
表 6-4-7	越流部標高.....	6-91
表 6-4-8	ダム天端標高計算.....	6-94
表 6-4-9	ダウェイダムの諸元 .....	6-95
表 7-1-1	水源開発案の概要.....	7-1
表 7-2-1	調査対象地域内の既存水源 .....	7-8
表 7-3-1	水源開発代替案の検討.....	7-8
表 7-3-2	スコーピング結果：貯水池（表流水） .....	7-9
表 7-3-3	スコーピング結果：井戸（地下水） .....	7-10
表 7-3-4	環境社会配慮調査の TOR.....	7-12
表 8-2-1	短期・中期・長期の表流水源候補.....	8-2

度量衡・換算

度量衡・換算

cm	centimeter		°C	centigrade
cu.m	cubic meter		cms (m <sup>3</sup> /sec)	cubic meter per second
hr	hour		km <sup>2</sup>	square kilometer
km	kilometer		TCM	thousand cubic meter
lit.	liter		MCM	million cubic meter
m	meter		MGD	million gallon per day
mg/lit.	milligram per liter		meq/lit.	milli-equivalent per liter
m/s	meter per second		ppm	parts per million
lit/sec	liter per second		%	percent
m <sup>3</sup> /d, m <sup>3</sup> /day	cubic meter per day			

ton	1 t	=	1,000 kg
inch	1 in.	=	0.0254 m
mile	1 mi.	=	1,609 m
hectare	1 ha	=	10,000 m <sup>2</sup>
		=	2.471 acres
acre feet	1 acre-ft	=	1,233 m <sup>3</sup>
gallon (UK)	1 gal.	=	4.546 liter (UK)
kilogram	1 kg	=	1,000 gram
viss	1 viss	=	1.64 kg
feet	1 ft	=	0.3048 m
acre	1 ac	=	4,048 m <sup>2</sup>
cubic feet	1 cu-ft	=	28.31 liter
cubic inch	1 cu-in	=	0.01638 liter

通貨	Aug2014	1 Kyat	=	0.107 円
		US\$1.00	=	102.40 円

## 略 語 表

ID	Irrigation Department (Ministry of Agriculture and Irrigation)	灌漑局 (農業灌漑省) (ミ国)
DA	Department of Agriculture (Ministry of Agriculture and Irrigation)	農業局 (農業灌漑省) (ミ国)
EC	Electric Conductivity	電気伝導率
FC	Foreign Currency	外貨
FY	Fiscal Year	会計年度
GOM	Government of Myanmar	ミャンマー政府
HHWL	Highest High Water Level	既往高水位
HWL	High Water Level	高水位
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境評価
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構 (日本)
Kyat	Myanmar Kyat	ミャンマーKyat (通貨)
LWL	Low Water Level	低水位
MCTSEZ	Managing Committee Thilawa Special Economic Zone	ティラワ経済特別区管理委員会
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry	経済産業省 (日本)
MOAI	Ministry of Agriculture and Irrigation	農業灌漑省 (ミ国)
MOC	Ministry of Construction	建設省 (ミ国)
MOEC	Ministry of Environment Conservation	環境保護省 (ミ国)
MOEP	Ministry of Electric Power	電力省 (ミ国)
MOF	Ministry of Forestry	森林省 (ミ国)
MOFA	Ministry of Foreign Affairs	外務省 (ミ国)
MOFR	Ministry of Finance and Revenue	財務省 (ミ国)
MOI	Ministry of Industry	産業省 (ミ国)
MONPED	Ministry of National Planning & Economic Development	計画経済開発省 (ミ国)
MOPBANR D	Ministry of Progress of Border Areas, National Races and Development	国境地域民族省 (ミ国)
MOTC	Ministry of Transportation and Communication	運輸通信省 (ミ国)
MWL	Mean Water Level	平均水位
N/A	Not Available	該当データなし、入手不能
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
SCTSEZ	Supporting Committee Thilawa Special Economic Zone	ティラワ経済特別区支援委員会
SEZ	Special Economic Zone (Thilawa Special Economic Zone)	経済特別区 (ティラワ経済特別区)
TDEM	Time Domain Electro-magnetic Method	時間領域電磁探査法
TS	Town Ship (eg. Thanlyin TS: Thanlyin Town Ship)	タウンシップ
VES	Vertical Electric Sounding	垂直電気探査
YCDC	Yangon City Development Committee	ヤンゴン市開発委員会 (ミ国)



## 第1章

### 調査の背景と目的





## 第1章 調査の背景と目的

### 1-1 調査の背景

ミャンマー国（以下「ミ」国）では、軍政主導の政治体制が長く続いたが、テイン・セイン氏が2007年10月に首相に就任すると、政治体制改革が開始され、2011年3月に同氏が大統領に就任してから、民主化・市場経済化に向けた改革の取り組みには、目覚ましいものがある。同国の民主化・市場経済化に向けた改革を巡る国際社会の対応状況は、過去、経済制裁の最先鋒を担って来た米国が、2012年5月に経済制裁「停止」を発表したのを始めとして、先進諸国の間で、「アジアのラストフロンティア」との位置づけで、同国への経済進出を念頭に、制裁緩和・解除の動きを中心に、めまぐるしい変化を示している。

2012年4月21日に来日した同大統領と野田総理大臣（当時）との間で、対ミャンマー経済協力の大きな柱の一つとして、経済的首都として機能するヤンゴン市近郊のティラワ経済特別区の開発計画を共同で策定するための「ティラワ・マスター・プラン策定のための協力に関する意図表明覚書」の署名がなされた。覚書の冒頭で、日本から「ミ国」への直接投資の促進は、同国の産業発展によるより高度な経済成長及び雇用増大に資するとともに、日本経済が「ミ」国経済とともに成長していくためのより多くの機会を創出するため、双方にとって非常に有益であるとの認識を示している。

ティラワ経済特別区(Thilawa Special Economic Zone、以下「ティラワ SEZ」)は、国家経済の拠点であるヤンゴン市街地から南東23kmに位置し、上述のマスタープランは、計画面積2,400ha（東京ドーム約500個分相当）に工業団地、商業施設、住宅などを含むスマート・コミュニティ開発計画を策定するものである。日本政府は、このプロジェクトに多くの日本企業が参画することを希望し、ティラワ・マスター・プランに財政的支援をすとの約定を覚書に記している。この方針に基づき、我が国のODAスキームと民間投資資金が一体となって、同国の経済的発展の礎となるべく、ティラワ SEZ 開発が着実に進行することが期待される。

我が国民間企業の直接投資を促す基本的条件として、計画地区の電力などエネルギー、道路、港湾施設、貯蔵施設等のインフラ整備が急務であるが、進出企業の生産活動を支える基本的な生産活動資源として、安定した持続性のある水資源を工業団地に供給するためには、「安全な水」の取水・導水・給水施設整備が最重要課題の一つである。環境との調和に配慮して、水資源賦存量や水質、費用対効果等を可能な限り定量的に評価しつつ、計画的に水資源開発に取り組む必要がある。

ティラワ SEZ 開発における安定した水資源供給を考えると、表流水利用においては、近傍の貯水池群は、既存利用者が持つ水利権が設定されていて、利用可能貯水量に不安要素がある。また、ヤンゴン都市圏の開発に伴い、調査対象地域の開発も進行しつつあり、将来の水需要増が予測される。ここに地域の水資源賦存量に関する基礎情報収集・確認調査が計画された背景がある。

## 1-2 調査の目的

本調査の目的は、経済特別区として整備が予定されているティラワ及びその周辺において、将来的な開発計画策定に必要な水資源に関する基礎情報を収集することである。基礎情報収集の対象は、利用可能な表流水、地下水を含む水資源であり、これらの水資源賦存量を科学的手法に基づいて推論し、その水資源を開発するに要するコストを利用目的に沿って比較検討することにある。この調査によって達成が想定されている成果は以下の4点である。

- 対象地域内の3次元地下水モデルが構築され、地下水利用に関する現在から将来における水資源開発ポテンシャル評価が実施される。
- 対象地域周辺の表流水利用に関し、賦存する河川水・貯留水の水量及び水質と、現在の水需要を把握した上で、現在から将来における表流水の水資源開発ポテンシャル評価が実施される。
- 対象地域の地下水及び表流水の水資源開発ポテンシャル評価を基に、具体的な水資源開発方法に関してのコスト、開発可能水量、水質等を比較・提示する。
- 対象地域における開発可能水量、水質、コスト等が一覧できる水資源開発データベースを構築するための基礎情報を整理する。

## 第2章

### 基礎資料収集と分析



## 第2章 基礎資料収集と分析

### 2-1 自然、社会、経済及び環境社会配慮に関する基礎資料

#### 2-1-1 調査対象地域

ミャンマー国は行政上、7つの管区(Region)と7つの州(State)に分かれる。ティラワ SEZ が位置するのはヤンゴン管区である。

ヤンゴン管区は45のタウンシップから構成されるが、本調査対象地域は、ティラワ SEZ 及びその近隣地区と定義されており、具体的には地下水賦存量調査の一環として行われる既存井戸調査の対象地域であるタンリン(Thanlyin Township)、チャウタン(Kyauktan Township)、トングア、(Thongwa Township)、カヤン(Kayan Township)の4タウンシップ(Township)が調査対象地域である。(図 2-1-3)

表流水の水資源賦存量に係る考察を行う場合、水源調査対象地域となるのは、ヤンゴン管区に加えて、主たる水源候補河川であるバゴ川流域が所在するバゴ管区までを包含する。(図 2-1-2)

(管区)

1. エーヤワディ管区
2. サガイン管区
3. タニンダーリ管区
4. バゴ管区
5. マグウェ管区
6. マンダレー管区
7. ヤンゴン管区

(州)

1. カチン州
2. カヤー州
3. カレン州
4. シャン州
5. チン州
6. モン州
7. ラカイン州



図 2-1-1 ミャンマー国行政区分図

出典：フリー百科事典「Wikipedia」(2013/5/23)

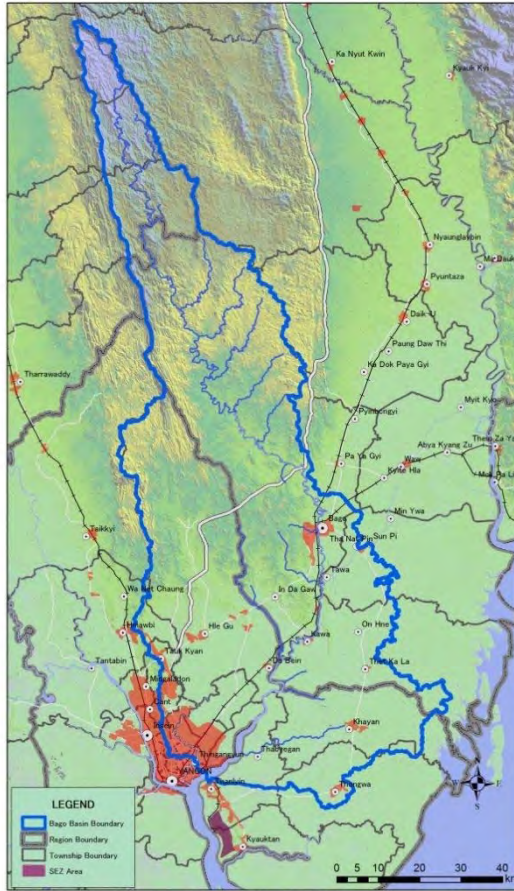


図 2-1-2 表流水調査対象地域位置図

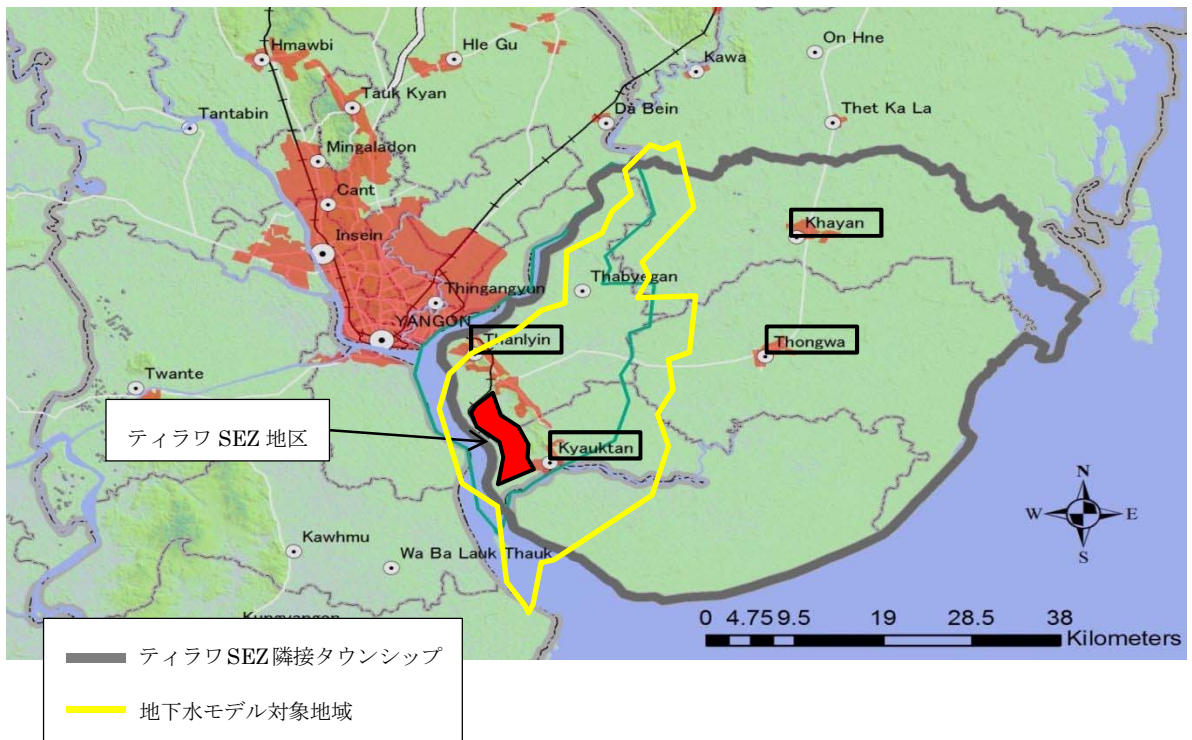


図 2-1-3 地下水調査対象位置図

## 2-1-2 自然

「ミ」国は、北緯 10 度から 28 度にあつて、東西に 900km、南北に 2,000km に延びて、熱帯性モンスーン気候帯に属している。海岸線から最北部の山、Hkakabo Razi 山(カカボラジ山;標高 5,881m)まで起伏に富んだ地形のため、場所によって気候の差が大きいのが特徴である。

上記特徴を有しながらも、「ミ」国の気候は大きく 3 つの季節に分類される。

10 月中旬－4 月	乾季 (涼季、暑季)
4 月－5 月中旬	夏季
5 月中旬－10 月中旬	雨季

その特徴は、気温においては、月別平均最高気温がヤンゴン及び表流水源の中心地であるバゴー市を例にとると、年間を通して比較的に高温であるのに対して、降雨は 5 月から 10 月に集中しており、ヤンゴンでは年降雨量の 96%がこの期間に集中している。

この降雨形態が「ミ」国の主産業である農業の通年栽培を脅かす主原因であり、同時に灌漑農業を展開する際の貴重な水資源となり、その有効利活用が、将来の農業振興を通じた農村地域の生計向上を実現する可能性を保証するものと言える。

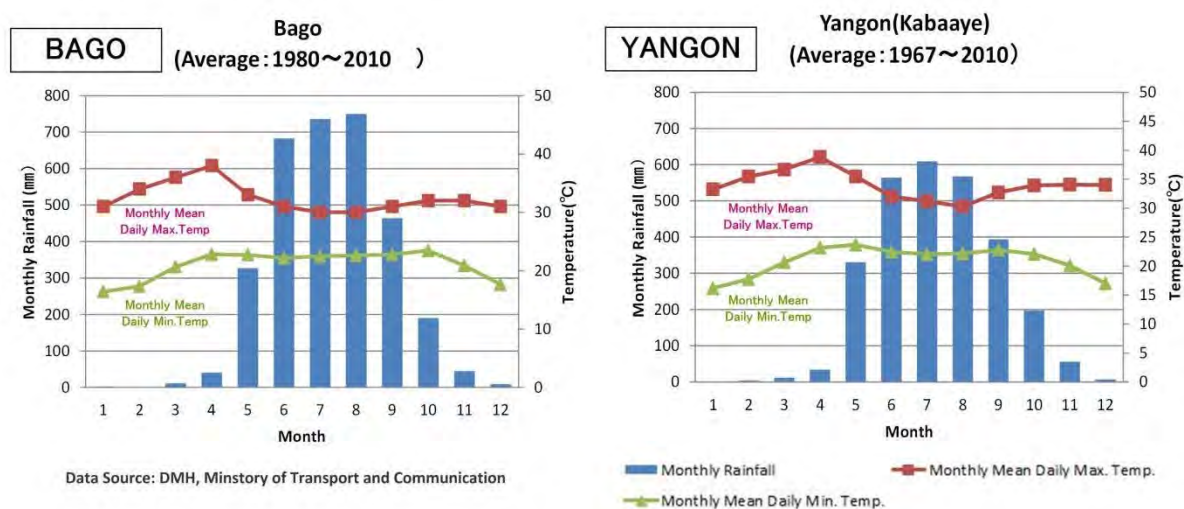


図 2-1-4 月別平均気温および降雨量

## 2-1-3 社会

「ミ」国の社会は、大きくは 8 つの大部族 (ビルマ族、カチン族、カヤー族、カイン族、チン族、モン族、ラカイン族、シャン族) から成り、それぞれ州の名前になっている。全体として 135 の部族から構成されており、総人口 6,242 万人 (2011 年、IMF 推定値) の内、ビルマ族が約 70% の多数

を占める多民族国家である。

国民の約90%は仏教徒であり、キリスト教徒、イスラム教徒と合わせて10%程度である。しかし、仏教徒とイスラム教徒との間で、深刻な宗教対立があり、本年(2013年)に入ってから、散発的であるが、全国の地方都市で、死人発生を伴う、宗教対立に根差した焼き討ち騒動が勃発している。

国際社会におけるミャンマー国の社会的発展度を客観的に知る上で一つの指標として、国連開発計画(UNDP)が発表している人間開発指数を、2011年版資料から引用すると、国際連合に加盟する193カ国の内、187カ国の人間開発指数<sup>1</sup>で149位にあり、その指数は0.483であった。因みに日本は0.901であった。人間開発指数は、平均余命、識字率、就学率、国内総生産によって決まり、先進国、開発途上国、後発途上国を分類するための指標としても使用される。「ミ」国は後発途上国に位置付けられている。

調査対象地域が所在する4タウンシップは、経済首都ヤンゴン市から南東23kmに位置し、バゴ一川で隔てられてはいるが、ヤンゴン市の経済圏内の郊外地域として位置付けらる。調査開始時点での地域の産業基盤は農業、水産業(図2-4-1)である。表流水源であるバゴ一川流域の中心都市はバゴ一市であり、ヤンゴン市の北北東約60kmに位置し、国の産業の要である農業生産において、エーヤワディー地域に次いで「ミ」国第2の穀倉地帯であるバゴ一地域の行政、経済の中心である。

## 2-1-4 経済

### (1) 国家経済の規模

国家計画・経済開発省(Ministry of National Planning and Economic Development)の中央統計局(Central Statistical Organization)が編纂した2011年版の「統計年報(Statistical Yearbook 2011)」によると、「ミ」国の国内総生産(GDP)は39,846,693,000,000 Kyat(約39兆8,000億チャット)であったと発表されている。2013年6月11日現在の為替レートでは、1円=9.58チャットであることから、日本円貨換算で約4兆1,000億円規模となる。我が国の2010年の国内総生産額(実質)が512兆3,160億円である(総務省統計局)ことから、我が国の国家経済力と比較して、約130分の1の経済力を有する国家経済規模であると理解できる。

### (2) 産業構造

前出の統計資料によると2010年の国内総生産に占める産業別規模は下表の通りである。

---

<sup>1</sup>その国の、人々の生活の質や発展度合を示す指標である。パキスタンの経済学者マブール・ハックによって1990年に提唱された。発達状況、先進性を表す指標として、生活の質を計っているため、値の高い国が先進国と重なる場合も多く、先進国を判定するための新たな基準としての役割が期待されている。国連開発計画(UNDP)によって「人間開発報告書」の中で毎年発表される。



表 2-1-1 国内総生産に占める産業別規模

(金額単位；百万チャット)

産業名	金額	率	産業名	金額	率
農業	11,082,206	27.8%	建設業	1,839,334	4.6%
畜産業	3,392,044	8.5	運輸交通	4,837,735	12.1
林業	158,340	0.4	通信	323,544	0.8
エネルギー	66,229	0.2	金融	37,715	0.1
鉱業	303,517	0.8	社会公共	788,177	2.0
製造業	7,896,966	19.8	賃貸他	738,480	1.9
電力	422,525	1.1	貿易	7,959,882	20.0
			総合計	39,846,693	100.0%

(Statistical Yearbook 2011)

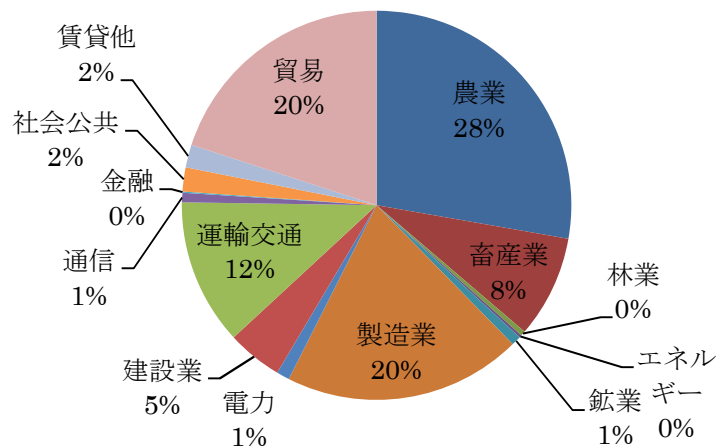


図 2-1-5 産業別 GDP 構造

「ミ」国の国内総生産に占める全産業別比率では、農業が 27.5% を占めて、同国の基幹産業であることがわかる。

### (3) 国際競争力

前出の「Statistical Yearbook 2011」によると、2010-2011 の貿易収支額は輸出 8,861 百万米ドル、輸入 6,413 百万米ドルであり、貿易収支額は 2,448 百万米ドルの黒字となっている。輸出品別別に金

額を見ると、天然ガス、貴金属の輸出額が農業を上回っており、軽工業である衣類製造業（縫製業）が4.3%でしかない。

表 2-1-2 輸出産品別貿易収支額

(単位；百万米ドル)

輸出産品	輸出額	比率	輸出産品	輸出額	比率
農産品	1,228	13.9%	畜産品	13	0.1%
水産品	287	3.2	木材	594	6.7
主要金属鉱石	42	0.5	貴金属	2,028	22.9
ガス	2,523	28.5	衣類	379	4.3
その他	1,767	18.9	総合計	8,861	100%

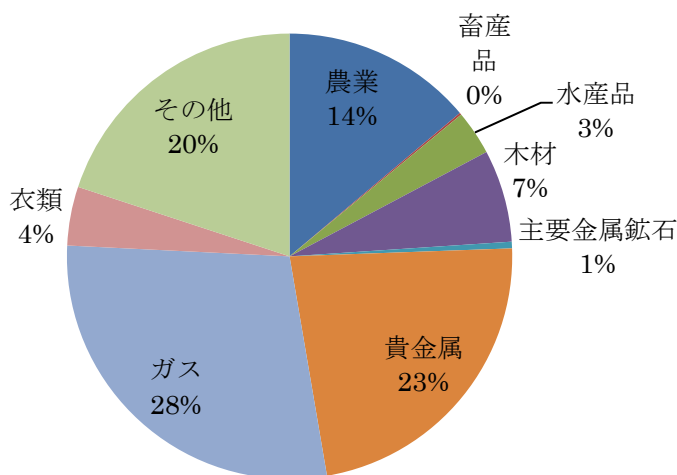


図 2-1-6 産業別輸出額

## 2-1-5 環境社会配慮

### (1) 「ミ」国における環境社会配慮に係る歴史的な歩みと変化

#### 1) 「ミ」国における環境社会配慮に係る歴史的な歩みと変化

2012年3月に環境保護法(Environment Conservation Law)が制定されたが、それ以前は環境保護に対し包括的に定めた法律はなく、各産業分野が施行している環境に関する法律が環境保護法の役割を担っていた。「ミ」国において環境政策を管轄していた機関は、国家環境審議会(NCEA)である。この機関は1990年に国民の「環境教育」と「環境政策」の実施のために外務省の下に設立された。同審議会の発案により1994年に「国家環境政策」が制定され、環

境保護の方針が示された。1997年には持続的発展を目的として「ミャンマー・アジェンダ 21」が策定されている。その後、NCEA は 2005 年に林業省傘下に移管され、現在の環境保護林業省(Ministry of Environmental Conservation and Forestry; MOECF)へと至っている。現在では MOECF が環境保護に対する主管官庁として位置づけられている。

## 2) 環境関連法

以下、環境や天然資源管理に関する関連法を示す。

- ・森林法(1992年)(The Forest Law: State Law and Order Restoration Council Law No. 8/92)
- ・野生生物保護・自然地域保全法(1992年)(The Protection of Wildlife and Conservation of Natural Areas Law: State Law and Order Restoration Council Law No. 6/94)
- ・海洋漁業法(1990年)(The Myanmar Marine Fisheries Law: The State Law and Order Restoration Council Law No. 9/94)
- ・淡水漁業法(1991年)(The Freshwater Fisheries Law: The State Law and Order Restoration Council Law No. 1/91)
- ・海洋漁業改正法(1993年)(The Law Amending the Myanmar Marine Fisheries Law: The State Law and Order Restoration Council Law No. 16/93)
- ・外国漁船海洋漁業改正法(1993年)(The Law Amending the Law Relating to the Fishing Rights of Foreign Fishing Vessels: The State Law and Order Restoration Council Law No. 15/93)
- ・養殖業法(1989年)(Law Relating to Aquaculture: The State Law and Order Restoration Council Law No. 24/89)
- ・殺虫剤法(1990年)(The Pesticide Law: The State Law and Order Restoration Council Law No. 10/90)
- ・鉱業法(1994年)(The Myanmar Mines Law: The State Law and Order Restoration Council Law No. 8/94)
- ・水資源・河川保護法(2006年)(The Conservation of Water Resources and River Law: State Peace and Development Council Law No. 8/2006)
- ・環境保護法(2012年)(The Environment Conservation Law: The Pyidaungsu Hluttaw Law No. 9/2012)

## 2-2 水利行政組織、政策、法的枠組み

### 2-2-1 水利行政組織

日本国では、1級河川の河川管理は国土交通省が司り、2級河川の管理は都道府県が行っているが、水利行政についての定義は下記の如くである。

- ・ 公共の資産である河川の流水を、河川管理者が利水者に対して、「水利権」の許可を付与する。
- ・ 河川水の有効利用を確保し、河川流域における多数の利水者の水利用の円滑な調整、水利秩序の維持を図る。
- ・ 上記に関連し、低水時の適正な河川の総合的管理を行うため、河川の主要地点に流水の正常な機能を維持するために必要な流量を設定し、この流量を十分考慮して将来の需要水量の予測、開発水量の算定、水利許可等を行うものである。

「ミ」国には、運輸省(Ministry of Transport)があつて、運輸局(Department of Transport)には舟運を司る部局があるが、運輸交通手段としての舟運を行政上で管掌する役割を担っている。また、水資源関係では、水資源・河川システム改善局(Directorate of Water Resources & Improvement of River System)があり、イラワジ川、サルウイン川、シッタン川、チンドウイン川など、我が国の一級河川級の流路変更・改修、堤防補強・改修などに従事している。

しかし、河川水を農業用水、工業用水、生活用水に取水して利用する計画そのものについての、政府レベルでの計画承認は、首都ネピドーに設置されている「国家水資源委員会(National Water Resources Committee)」がその任務を担っており、主管省庁として運輸省水資源・河川システム改善局が指名を受けているが、2013年10月時点では、実務上機能していないことを当事者との面談で確認した。現在の組織は、副大統領が議長の任にあつて、そのもとで運輸省大臣が副議長に就き、運輸省水資源・河川システム改善局長が事務局長(Secretary)を務めている。現在、委員会では水政策(Water Policy)の草案審議が行われており、2015年までに法律制定を目指して審議中である。水利権(Water Right)についての審議予定は未定と灌漑局幹部から聞き取った。

従つて、実際の河川計画、水利計画については、その都度、計画立案省庁が立地地方政府の首長との合意形成を経て、連邦政府予算を獲得して事業実施に進んでいるのが実情である。我が国での上記定義に従つて、「ミ」国における水利行政組織を担う省庁として考えられるのは、水資源の最大ユーザーとして、全土にダム、取水堰、水路網などの計画、設計、施工までを一貫して担っている農業灌漑省灌漑局が、現時点では主務官庁の立場にあると言える。

## 2-2-2 政策

水利政策の立案は、運輸省水資源・河川システム改善局による河川行政に係る政策立案と、農業・灌漑省灌漑局による地下水・表流水に係る水資源開発・利用計画立案からなっている。両省の間で、年次計画についての協議機関が常設されている事実はない。また聞き取り調査では、運輸省が前述の主要河川に特化して管理を行い、計画立案をしていることから、農業用水を主体とする灌漑局による過去の水資源開発と水資源利用計画立案については、両省が利害相反の関係で対立することはなかった。政策の基本理念を示す両省の水利政策5ヶ年計画（案）は存在せず、これに代わるものとして、両省が近未来において実施を予定する水利計画に係る予算要求あるいは、予算の箇所付け情報を入手すべく、情報提供を政府高官に要請しているが、現在のところ具体的な情報提供を得るには至っていない。

## 2-2-3 法的枠組み

灌漑局で確認したところ、現在のところ「ミ」国には「水利法」が存在しないとの返答であった。今後も、灌漑局の政策担当部署である計画部（Planning Sector）と接触を重ねて、これに代わる法的枠組みの方向性を確認して行きたい。

水利法がない現在、政府レベルでの水資源開発計画承認は、首都ネピドーに設置されている「国家水資源委員会（National Water Resources Committee）」がその任務を担っており、主務官庁として運輸省水資源・河川システム改善局が指名を受けているが、いまだ実務上機能していないとの説明を受けた。現在、同委員会では、水政策（Water Policy）についての草案審議が始まり、2015年までに法律制定を目指して審議中と言われる水利権（Water Right）についての審議予定は未定と灌漑局高官から聞き取った。

ダム、ため池、地下水開発など個別水利権は、法律に基づく行政が遂行されているのではなく、法整備までの過渡期として、電力省や農業・灌漑省など主務官庁が個々に権限として管理しているのが実情である。その上で、開発された個別水資源の規模に応じて、中央官庁による維持管理と、地元政府による維持管理に選別されている。

農業・灌漑省での聞き取りでは、表流水の開発については灌漑局が事業計画立案から実施までを担い、灌漑計画としての地下水資源開発計画から実施までは、水資源利用局が担うという行政上の枠組みとなっている。

## 2-3 対象地域の地形・地質概要

### 2-3-1 地形

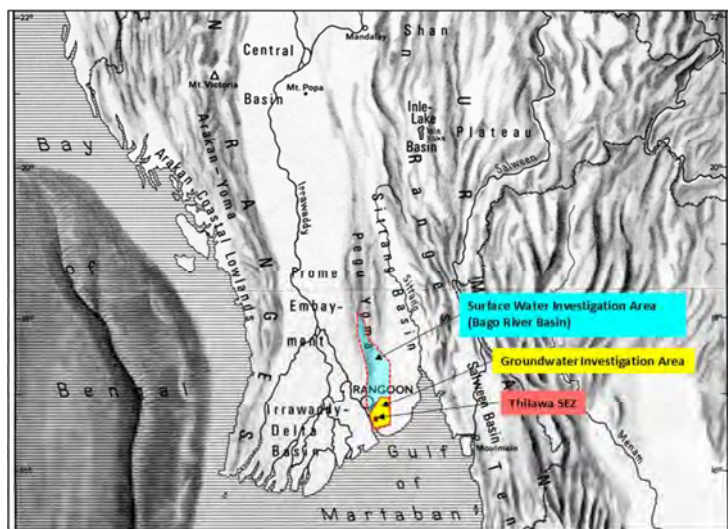
#### (1) 地形区分と対象地域

ミャンマーの国土は、東西および北縁に山地があり、中央に低地が広がっている。図 2-3-1 に示すように、中央低地の南部にはイラワジ川とシタン川が南方に流下し、最終的にアンダマン海にそそぐ。両河川の間には南北にペグ丘陵が伸び、平野を分離している。ペグ丘陵の南端は、ヤンゴンの位置するヤンゴン丘陵と、バゴー川を隔ててその南東方に伸びるタンリンーチャウタン丘陵である（図 2-3-2 参照）。バゴー川は、巻頭調査位置図に示すように、ペグ丘陵南部に発して丘陵内を南東方向に流れ、バゴー市付近で南方に流を変えて低平地内を下りヤンゴン市に至る

本業務における地下水調査地域は、図 2-3-2 に示すように、タンリンーチャウタン丘陵とその東方に広がる低平地で、バゴー川、ヤンゴン川およびマウウン川に囲まれる地域である。また、地表水調査地域は、上記調査地域に加えバゴー川流域を含む。

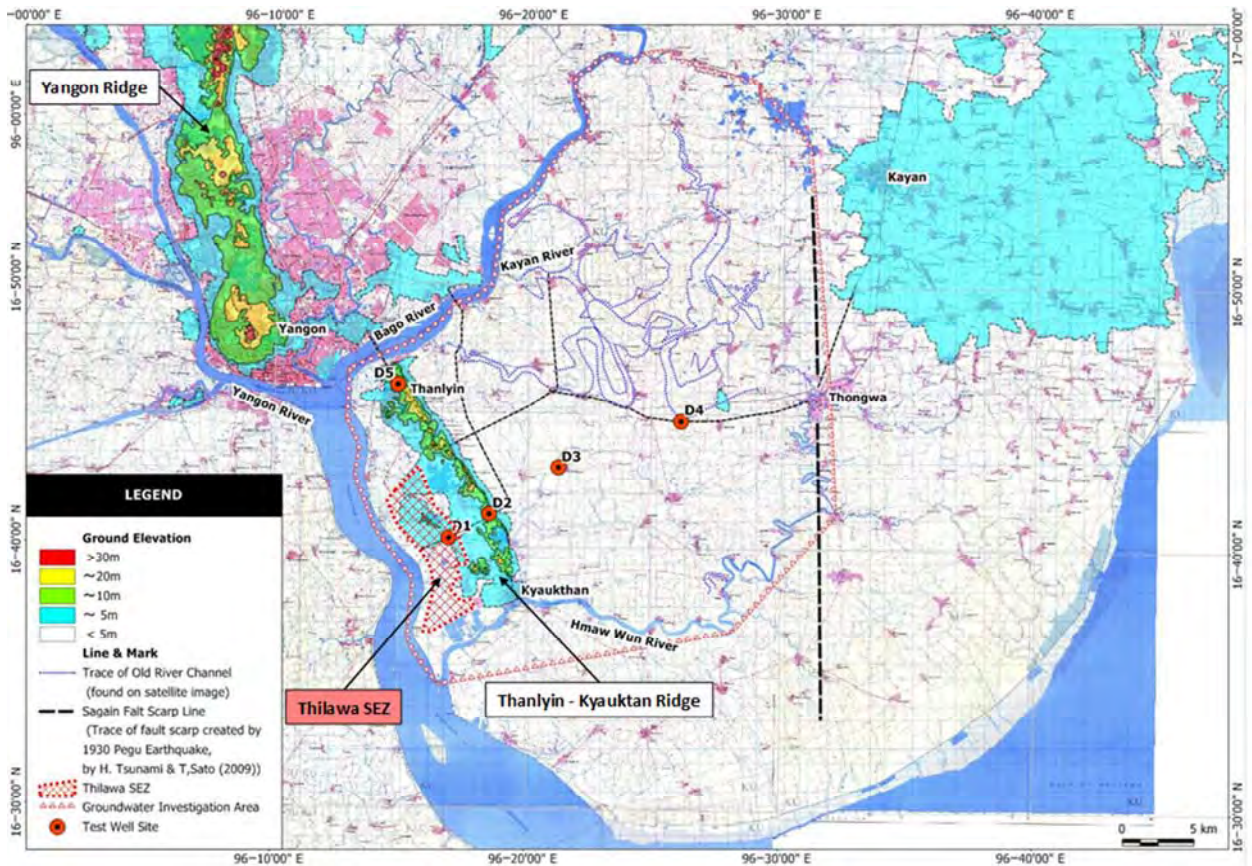
#### (2) 標高および地形勾配

ペグ丘陵南部は、一部稜線で 400m～600m の標高を示すものの、大部分は 10m～200m の細かな谷が発達する小起伏の丘陵である。調査地内のタンリンーチャウタン丘陵は、北北東-南南東方向に延びる標高 5m～25m の低丘陵であり、その西部で浅い谷が多く発達している。丘陵外の平野は、非常に低平であり、東側の地下水調査対象地域で標高 0.7m から 3.5m、バゴー市街地で標高約 10m である。このため河川勾配は非常に小さく、バゴー川はヤンゴンから約 60 km 上流のバゴー市内でも感潮により逆流する。調査対象地域内の低地部の河川は、基本的にはすべて感潮河川であるが、灌漑省により防潮水門が多数設置されたため、支流の感潮はかなり緩和されている。



出典：Bender(1983)から抜粋、加筆。

図 2-3-1 ミャンマー南部の地形区分と調査地域



出典:調査団

図 2-3-2 地下水調査対象地域および付近の地形と標高分布

## 2-3-2 地質

### (1) 広域地質

調査地付近の広域地質分布を図 2-3-3 に、層序表を表 2-3-1 に示す。

ペグ丘陵は、主としてペグ層からなり周縁部にイラワジ層が分布する。ペグ層は、第三紀漸新世～中新世の低～中固結の堆積岩で、海成とされる。上部は砂岩泥岩互層、中部は砂岩、下部は頁岩が主体である。イラワジ層は、弱固結の中粒から粗粒の砂岩や礫岩を主体とする陸成層で、低～中固結の泥質岩を挟在する。

丘陵外の低地部は、第四紀の未固結のシルト、粘土、砂で覆われる。これらは主として、河川により運ばれて堆積されたものであり、ここでは沖積層 (Alluvial) と呼ぶこととする。

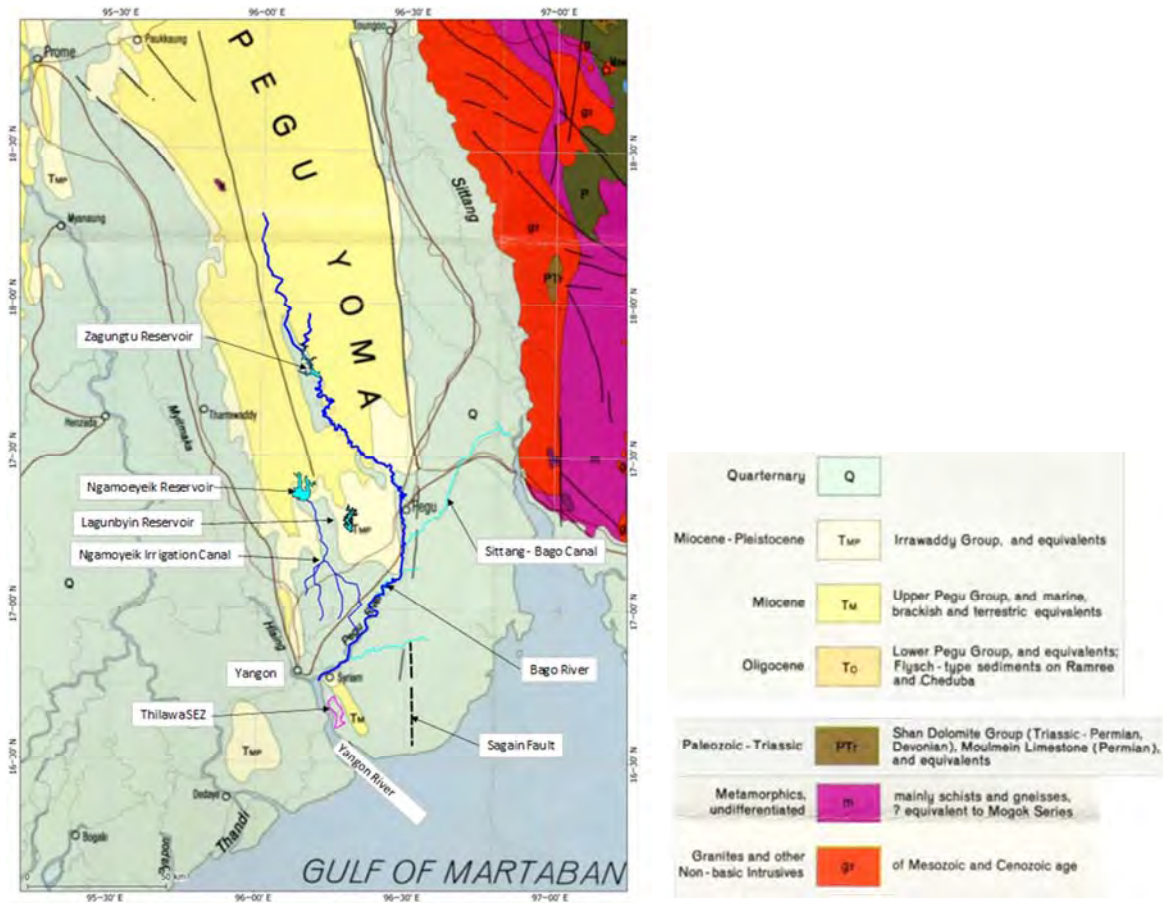
ペグ丘陵には、いくつかの褶曲の背斜構造の存在が知られており、ヤンゴン丘陵やタンリンーチャウタン丘陵北部にも背斜部構造が推定されている。ペグ丘陵とシタン低地とを画する直線的な境界沿いには、有名な横ずれ活断層であるサガイン断層が走る。1930 年には調査地東縁のトングア北方を震央とするバゴー地震が発生し、その時現れた直線的な断層崖は現在でも追跡できる。

(参考) 2011年にヤンゴン地質協会が、ミャンマー地質図の改訂デジタル版を作成している(未入手)。その一部、縮小印刷図を見る限り、調査地付近の地質分布は、Bender(1983)の地質図と大差ない。

表 2-3-1 イラワジデルタ東部、ペグ丘陵およびシタン低地の地質層序表

地質年代	地層名	層相	最大層厚(m)	
第四紀	沖積層	砂、シルト、粘土		
鮮新世 ～中新世?	イラワジ層	弱～低面結の中粗粒砂岩、砂礫、礫岩主体で、低～中面結の泥岩を挟む；厚互層、斜交成層、塊状	約1,200	
傾斜不整合				
中新世 ～漸新世?	ペグ層群	上部	砂岩と泥岩の互層	約1,000
		中部	細～中粒の砂岩が主、若干の頁岩を挟む。	約900
		下部	砂質頁岩～頁岩。細粒砂岩を挟む。	約850

出典: Bender(1983)を一部(時代と第四紀層) 改編



出典:Bender(1983)

図 2-3-3 調査対象地域周辺地質図



(2) タンリンーチャウタン丘陵の地質

タンリンーチャウタン丘陵の地質図を図 2-3-4 に、層序表を表 2-3-2 に示す。図 2-3-4 は、Win Naing et. Al(1991)および Aye Thanda Bo(2001)による地質図、衛星画像による地形判読および現地露頭調査結果を基に編集したものである。

広域地質図を含む既存地質図よれば、タンリンの Kyaik kau パゴダ付近を境に、北側にイラワジ層、南側にペグ層が分布している。両者の関係は断層で接していると推定されている。丘陵東端は、明瞭な直線性があり、断層の存在が推定される。図 2-3-5 のブーゲ異常（重力異常）図を考慮すると丘陵西側にも断層が走る可能性が高い。

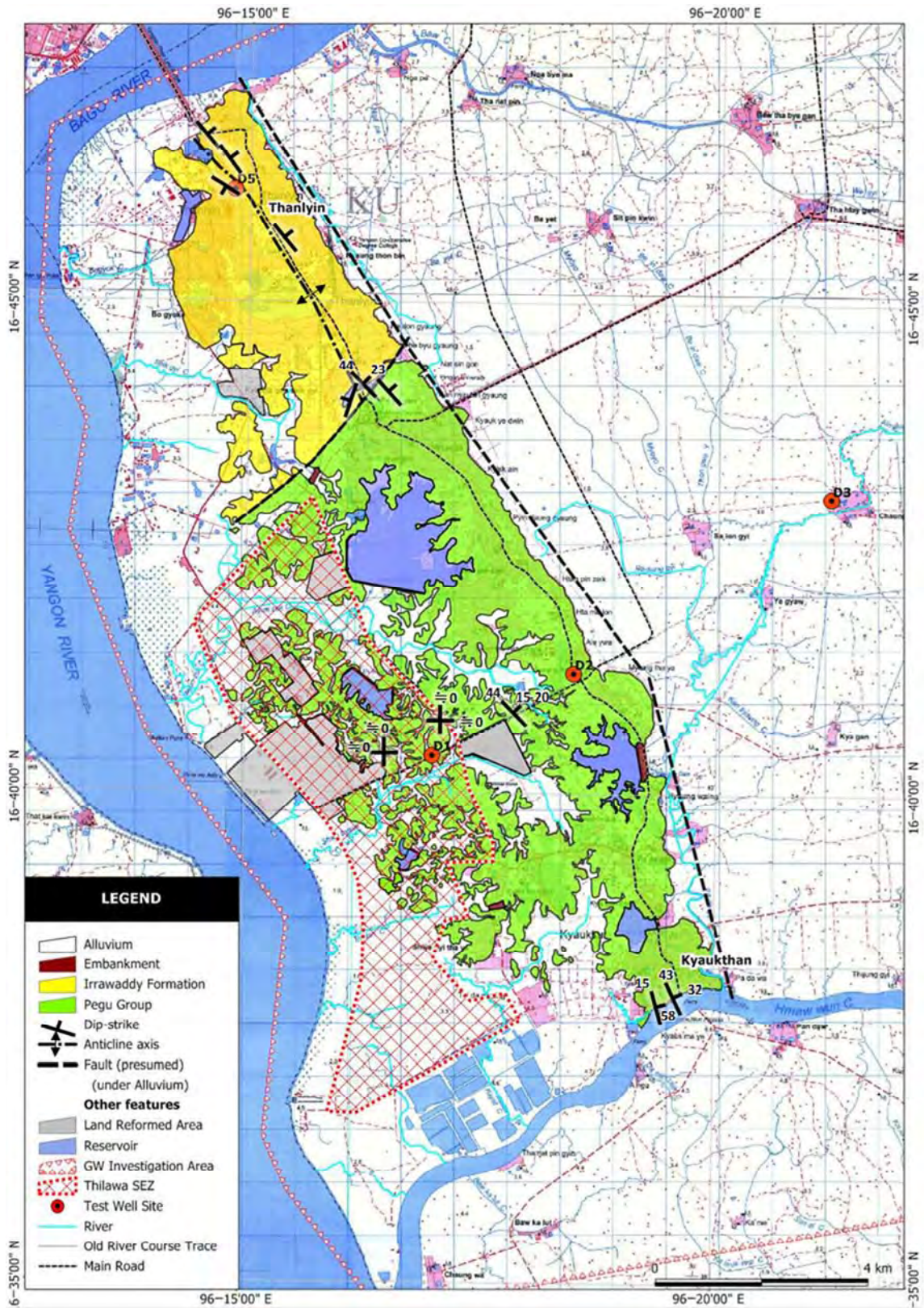
イラワジ層は、泥岩層を挟む半固結の中粒～粗粒砂岩である。ペグ層は、頁岩と酸化鉄色の縞を有する細粒から中粒の砂岩の互層である。今回のコアボーリングおよび試験井掘削結果（詳細は後述）によれば、タンリン地区のイラワジ層の砂層分布は、深度 100m ほどまでで、下方は泥岩が多くなる。南部のペグ層分布域では、地表は泥岩の分布するところが多いが、丘陵中央東端で実施されたコアボーリングでは、砂岩層の割合が高い。酸化鉄色の縞を有するのは、概ね深度 100m 以浅である。

丘陵では全般に露頭が少なく、成層状況を広く観察することが困難であるが、一部の川谷や造成地、堀井戸の壁の状況から、層相と走向・傾斜が把握できる。これにより、北部のイラワジ層分布域では、丘陵尾根沿いに向斜軸が推定される。南部のペグ層分布域中央部では、今回のボーリング調査結果から、全体的には東側に緩く傾斜し、東端部で傾斜角が増すこと推定される。丘陵末端に位置するチャウタンのマウウン川縁には、ペグ層が連続して露頭しており、傾斜角は 30～60 度の大きな値を示している。

また、丘陵地の表層は、ラテライト土壌が発達しており、表層数 m は赤褐色や褐色を帯び、球状やこれが連結した酸化鉄の凝集物が中下層に多数含まれる。タンリンのイラワジ層分布域の試掘地点では、約深度 25m まで褐色化しており、また、露頭では、厚さ 5 cm の板状の酸化鉄脈が見られる等、ラテライト化が著しい。ペグ層分布域では、ラテライト深度は 5m 程度である。なお、SEZ や付近の造成用の盛土には、このような丘陵の表層数 m をはぎ取ったものが使用されている。母材が主として泥岩のため、礫まじりではあるがシルト粘土分が多く、一般に透水性はよくない。

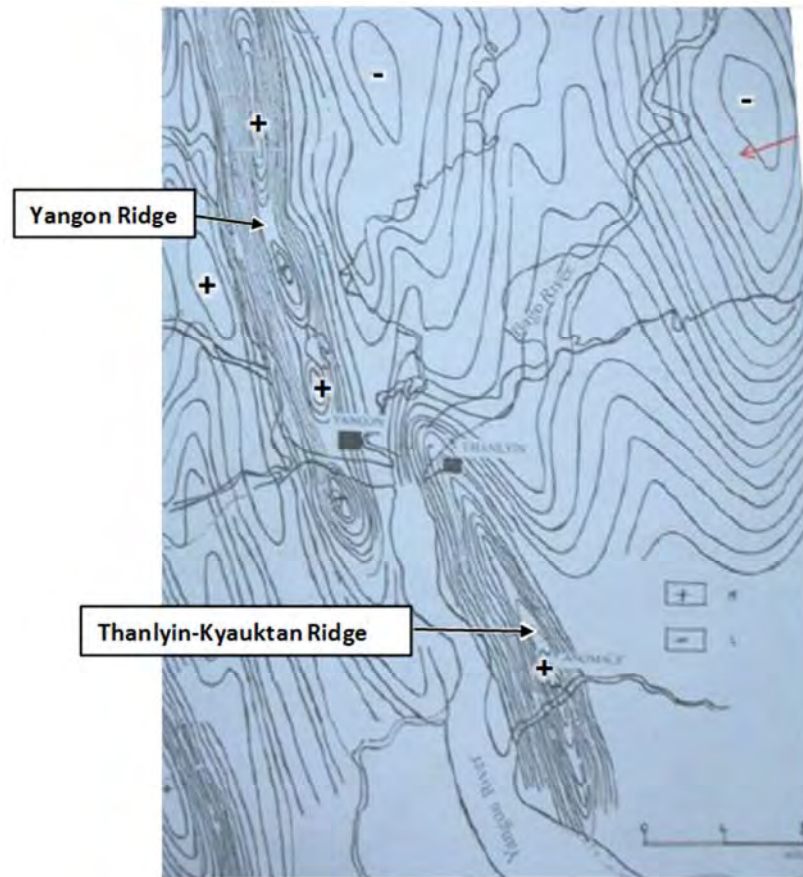
表 2-3-2 タンリンーチャウタン丘陵の地質層序表 (Win Naing et al. 1991)

地質年代	地層名	記号	層相	層相 (詳細)
現世	沖積層	A	砂、粘土	黄灰色、青灰色、褐灰色
鮮新世	イラワジ層	I	粘土および泥岩層を挟在する半固結砂岩	砂岩は中粒から粗粒
漸新世? ～中新世	ペグ層群	P	頁岩と酸化鉄色の縞を有する砂岩の互層	砂岩は、青灰～褐灰色。細粒～中粒。泥質で良く固結。酸化鉄色の縞を有する。



出典: Win Naing et. Al(1991)および Aye Thada Bo(2001)による地質図、衛星画像による地形判読および現地露頭調査結果を基に編集。推定断層は主要なもののみ表示。

図 2-3-4 タンリン-チャウタン丘陵地質図



出典:原典-MOGE ; Thint Lwin Swe(2008)から抜粋、加筆。

図 2-3-5 ヤンゴンおよびタンリン-チャウタン丘陵付近のブーゲ異常

## 2-4 対象地域の社会経済状況

### 2-4-1 面積および人口

#### (1) 面積

本調査対象地域の4タウンシップ(タンリン、チャウタン、トンガア、カヤン)において、面積が最も広いタウンシップはチャウタン(84,371.0 ha)であり、次いでトンガア(83,547.0 ha)である(表 2-4-1)。プロジェクト対象地域である4タウンシップは、すべてヤンゴン南郡に属しており、その合計面積はヤンゴン南郡の53.0%(503,091.5 haの内の266,526.4 ha)を占める。

プロジェクト対象地域において最も広い面積を占める土地利用は農地である。その割合は2012/13年の資料においてチャウタンが最も高く、タウンシップの面積の74.5%(62,882.9 Ha)を占め、次いでカヤンが71.9%(44,063.0 ha)を占めている。農地面積の割合が最も低いタウンシップはタンリンであったが、全体の66.4%(24,762.3 ha)を占めていた。ヤンゴン南郡全体では、71.0%(357,336.9 ha)が農地であった。次いで大きな面積を占める土地利用は水域である。調査対象の

4 タウンシップでは、全体面積のそれぞれ 13.6%～22.7%を占めており、ヤンゴン南郡全体では 18.1% (91,253.5 ha) を占めている。

工業用地はヤンゴン都市部近くのタウンシップで広がっていた。ティラワ SEZ の建設予定地であるタンリンおよびチャウタンにおいて、他のタウンシップよりも広く、それぞれ 2,108.0 ha (5.7%)、794.4 ha (0.9%)であった。一方、トングワやカヤンにおける工業用地の面積は、それぞれ 20.2 ha (0.02%)、32.0 ha (0.1%) と非常に低くなっていた。宅地の割合はヤンゴン市と接続する 2 箇所の橋を有するタウンシップで最も高く 10.6% (3,936.0 ha) であった。タンリンはヤンゴン市内までバスで 1 時間程度と近傍に位置しているため、ヤンゴン市内の労働者のベッドタウンとしての機能を有している事が示唆された。

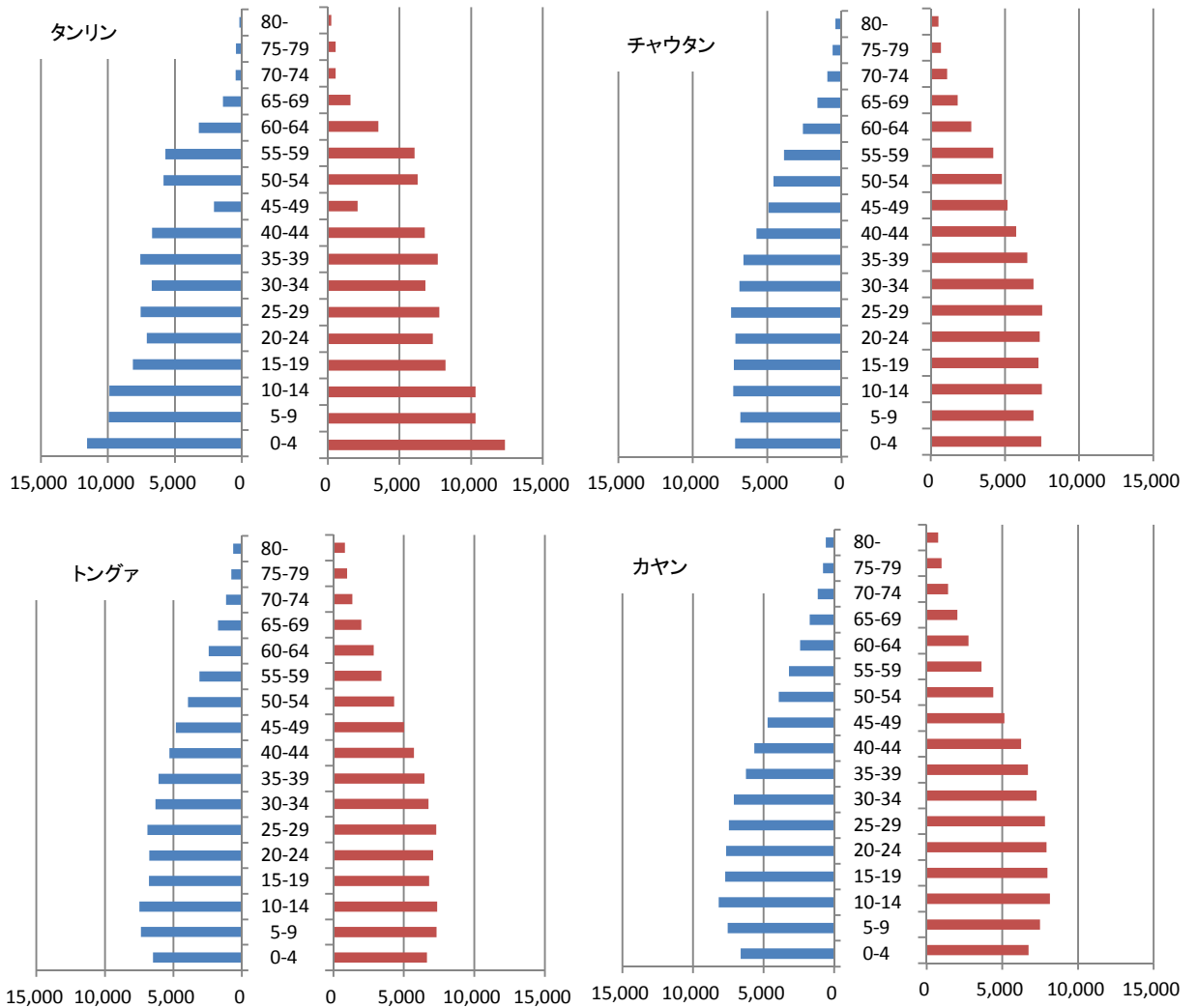
表 2-4-1 土地利用区分 (2012/13)

Township Name	Thanlyin		Kyautan		Thongwa		Kayan		Yangon Southern District	
	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)
Agricultural Land	24,762.3	66.4	62,882.9	74.5	58,804.5	70.4	44,063.0	71.9	357,336.9	71.0
Forest & Natural Area	51.4	0.1	225.4	0.3	0.0	0.0	308.8	0.5	3,999.1	0.8
Road & Railway	803.7	2.2	1,097.5	1.3	1,221.7	1.5	591.2	1.0	5,463.7	1.1
Water Area	5,064.6	13.6	12,087.2	14.3	18,961.6	22.7	10,254.7	16.7	91,253.5	18.1
Industrial Land	2,108.0	5.7	794.4	0.9	20.2	0.02	32.0	0.1	3,275.1	0.7
Settlement Land	3,936.0	10.6	3,840.9	4.6	3,346.8	4.0	3,360.1	5.5	24,757.1	4.9
Other	565.3	1.5	3,442.7	4.1	1,192.2	1.4	2,707.3	4.4	17,006.1	3.4
<b>Total Area</b>	<b>37,291.3</b>	<b>100.0</b>	<b>84,371.0</b>	<b>100.0</b>	<b>83,547.0</b>	<b>100.0</b>	<b>61,317.1</b>	<b>100.0</b>	<b>503,091.5</b>	<b>100.0</b>

Source: Yangon Southern District, Settlement and Land Record Department

## (2) 人口

調査対象 4 タウンシップの人口分布を図 2-4-1 に示す。タンリンの分布は 15 歳未満の若年層人口が多いが、他のタウンシップではその傾向は見られなかった。人口転換の観点から見ると、タンリンでは第 2 段階である「多産少死」、その他のタウンシップでは第 3 段階である「少産少死」に入っていると考えられる。人口転換は近代化と共に進行するため、一般的に後発発展途上国 (LDC) では第 1 段階である「多産多死」に属することが多い。しかし、本プロジェクト対象地域では近代化の進んだ地域と同様に、若年層が減少する傾向が見られた。一方で高齢者人口、特に 70 歳以上の人口が極めて少ない傾向も見られた。この原因として、低い衛生水準や医療技術、医療水準などが考えられるが、そのため、上記の 3 段階に当てはまらない「少産多死」と考える事ができるかもしれない。伝統的な農業が主体である社会では、労働力確保の観点から高い出生率が維持されるが、調査対象地域ではその傾向が見られなかった。



Source: Township Health Department

図 2-4-1 4 タウンシップの人口年齢分布 (2012)

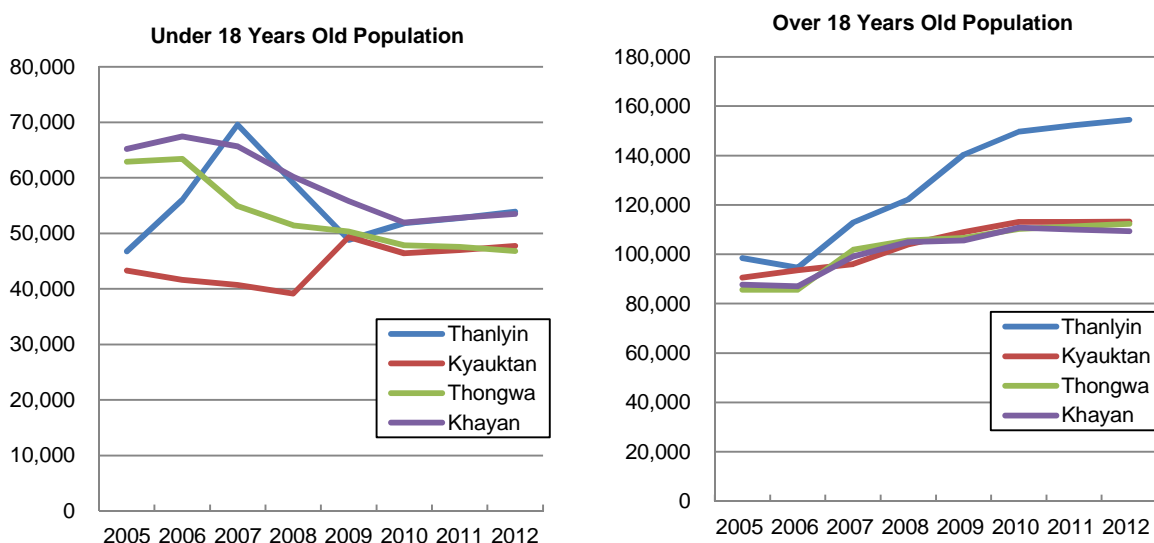
タウンシップ別の世帯数、人口 (18 歳未満、18 歳以上)、1 世帯あたりの構成員数、人口密度(人/Km<sup>2</sup>)を表 2-4-2 に示した。人口の最も多いタウンシップはタンリンであり、208,435 人 (18 歳未満 53,903 人、18 歳以上 154,532 人)、次いでトンガが多く、162,884 人 (18 歳未満 53,493 人、18 歳以上 109,391 人) であった。世帯あたりの構成員数、人口密度もタンリンにおいて最も高く、それぞれ 4.6 人、558.9 人であった。特に人口密度は他のタウンシップと比べ、2 倍以上と非常に高かった。これは上述のように、タンリンでは宅地の割合が高く、ヤンゴン市内の労働者のベッドタウンとしての機能を有しているためであると考えられた。一方、他のタウンシップの人口密度はヤンゴン南郡の平均値と比べて低かった。

表 2-4-2 タウンシップ別の世帯数、人口、1世帯あたりの構成員数、人口密度

Township Name	No. of Ward	No. of Village Tract	No. of House Hold	Population			No. of Member / House Hold	Population Density (Person/km <sup>2</sup> )
				Under 18	Over 18	Total		
Thanlyin	17	28	45,143	53,903	154,532	208,435	4.6	558.9
Kyauktan	17	56	39,084	47,740	113,284	161,024	4.1	190.9
Thongwa	12	53	38,611	53,493	109,391	162,884	4.2	195.0
Khayan	12	64	36,478	46,825	112,379	159,204	4.4	259.6
Yangon Southern District	110	375	308,184	410,672	917,692	1,328,364	4.3	264.0

Source: Township General Administration Department

過去8年間(2008～2012)年の各タウンシップ別の18歳未満および18歳以上人口の変動を図2-4-2に示した。18歳未満の人口はチャウタンを除くすべてのタウンシップで減少傾向にあった。タンリンは2007年に一時的に増加したが、その後減少した。一方、18歳以上ではすべてのタウンシップにおいて増加傾向が見られたが、特にタンリンにおいて増加率が高かった。同じ期間に18歳未満人口の増加を伴わないことから、この増加は他地域からの独身または子供無し世帯の移入のためであると考えられた。



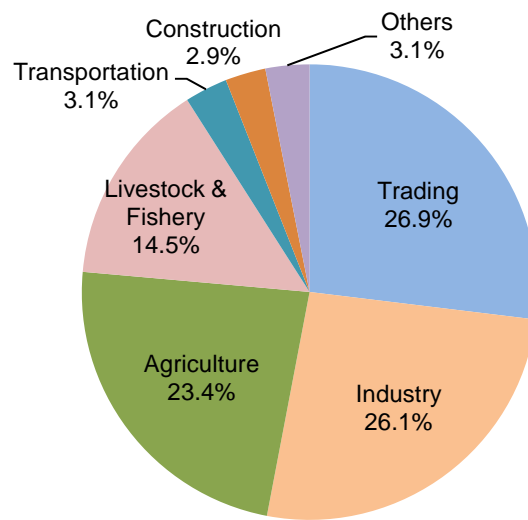
Source: Township General Administration Department

図 2-4-2 18歳未満および18歳以上人口の変動

## 2-4-2 産業、経済、雇用

### (1) GDP

表 2-4-3 にプロジェクト対象地区 4 タウンシップの GDP の割合を示す。最も大きな値を占めているのはトレーディングであった。次いで工業、農業、畜産・漁業である。第一次産業である農業および水産業を合計した場合、全体の 37.9% を占める。本プロジェクト地区における現地調査や、土地利用状況などから考えると、本地域の住人の多くは農業に従事していると考えられ、この割合にはかなり疑問を抱く。しかし、本地区において他に適当な資料が存在しないため、本資料を提示する。



Source: Township General Administration Department

図 2-4-3 4 タウンシップの GDP の割合

### (2) 就業人口

表 2-4-3 に労働人口、労働者数、失業者数および失業率を示した。最も失業率が高かったのはチャウタンで、31.5% を占めた。次いでタンリンの 17.2% であった。一方、トングアでは失業率が非常に低く、わずかに 2.4% であった。4 タウンシップの合計では 14.7% であり、ヤンゴン南郡の 14.5% に近似していた。ミャンマーを含む東南アジア地域では、日雇い労働等の短期雇用労働が多い。そのため、労働者数は調査した時期に大きく左右される可能性があるが、本資料には調査時期に関する記載はされていない。そのため、失業率の高い地区では農閑期、低い地区では農繁期において調査された可能性が考えられた。

表 2-4-3 労働人口、労働者数、失業者数および失業率(2012/13)

Township Name	No. of Workers	No. of Employed Person	No. of Unemployed Person	Unemployment Rate (%)
Thanlyin	139,440	115,420	24,020	17.2
Kyautan	113,459	77,694	35,765	31.5
Thongwa	110,882	107,533	2,649	2.4
Kayan	91,977	87,379	4,598	5.0
<b>Total</b>	<b>455,758</b>	<b>388,026</b>	<b>67,032</b>	<b>14.7</b>
Yangon Southern District	891,829	761,537	129,592	14.5

Source: Yangon Southern District, General Administration Department

表 2-4-4 に各タウンシップ別業種別労働者数を示す。ヤンゴン南郡役所から供与いただいた資料であるが、人口と比較すると、タンリンでは明らかに少なく、一方カヤンでは大きすぎる値であることがわかる。この資料によると、農業従事者の割合が 34.9%~0.8%と非常に少ないが、土地無し農民が農繁期に農業に従事する事を考えると、非常勤労働者も農業従事者として考える事ができる。

また、畜産業も加えると、第一次産業従事者はタンリンで 59.8%(農業 34.9%、畜産業 0.7%、非常勤労働者 24.2%)、カヤンでは 73.9%(農業 20.4%、畜産業 20.8%、非常勤労働者 32.7%)、ヤンゴン南郡では 50.4%(農業 21.8%、畜産業 10.0%、非常勤労働者 18.6%)である。他の産業と比べ、第一次産業に従事する労働者の割合が高いと言える。一方、チャウタンおよびトングアでは農業、畜産業、非常勤労働者を含めた第一次産業従事者の割合が 37.0% (農業 12.0%、畜産業 12.0%、非常勤労働者 13.0%) および 10.2% (農業 0.8%、畜産業 0.7%、非常勤労働者 8.7%) と少ないが、その他の割合がそれぞれ 34.3%、39.5%と高く、現地調査の状況を鑑みると、その他の中にも第一次産業従事者が相当数含まれると推察される。

表 2-4-4 各タウンシップ別業種別労働者数 (2012)

Township Name	Thanlyin		Kyautan		Thongwa		Kayan		Yangon Southern District	
	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)	(No.)	(%)
Government Employee	6,335	33.5	1,720	1.7	2,579	2.5	1,864	1.3	23,683	3.3
Labor	813	4.3	14,500	13.9	31,472	30.1	9,837	6.6	101,963	14.1
Agriculture	6,596	34.9	12,538	12.0	843	0.8	30,270	20.4	157,272	21.8
Livestock	130	0.7	12,500	12.0	721	0.7	30,872	20.8	72,453	10.0
Trader	216	1.1	13,500	13.0	15,324	14.6	16,386	11.1	100,093	13.8



Industrial Worker	20	0.1	100	0.1	3,255	3.1	3,378	2.3	11,545	1.6
Temporary Worker	4,569	24.2	13,585	13.0	9,150	8.7	48,446	32.7	134,130	18.6
Others	235	1.2	35,765	34.3	41,287	39.5	7,067	4.8	121,829	16.9
<b>Total</b>	<b>18,914</b>	<b>100.0</b>	<b>104,208</b>	<b>100.0</b>	<b>104,631</b>	<b>100.0</b>	<b>148,120</b>	<b>100.0</b>	<b>722,968</b>	<b>100.0</b>

Source: Yangon Southern District, General Administration Department.

### (3) 工場および従業員数

本プロジェクト対象地域における工場数およびその工場の従業員数を表 2-4-5 に示した。調査対象地域の 4 タウンシップにおいて、最も工場数および労働者数が多い地区はタンリンで、工場数 47 箇所、従事者数 6,327 人（男性 2,536 人、女性 3,791 人）であった。次いでチャウタンが多く、工場数 15 箇所、従事者数 2,503 人（男性 1,882 人、女性 621 人）であった。トングアおよびカヤンには工場はみられなかった。タンリンはヤンゴン市内から最も近く、またバゴー川およびヤンゴン川の左岸に位置し、港を有している。そのため、工場が多く立地している。

表 2-4-5 工場数およびその工場の従業員数（2013）

Township Name	No. of Factories	No. of Labor		
		Male	Female	Total
Thanlyin	47	2,536	3,791	6,327
Kyautan	15	1,882	621	2,503
Thongwa	-	-	-	-
Kayan	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>4,418</b>	<b>4,412</b>	<b>8,830</b>
Yangon Southern District	72	4,503	4,640	9,143

Source: Yangon Southern District, Department of Labor

## 2-5 対象地域の水利用状況

水利用状況の把握対象は、「第 5 章 水需要予測」において対象とされている①農業用水、②工業用水、③生活用水 の 3 要素に分類して述べる。

対象地域の 4 タウンシップは広大な農業地帯であるが開発レベルは低く、灌漑施設や水道施設はほとんど整備されていないのが現状である。

今後はヤンゴン市のベッドタウンとしてティラワ SEZ と共に発展することが期待されている。

## 2-5-1 対象地域の農業の水利用状況

農業は「ミ」国 GDP 構成比率(2011 年版)で 37.9%(図 2-4-3 既出)と第 1 位を占めており、将来は域内での工業立国を目指す「ミ」国であるが、現時点では農業が最大の基幹産業であり、その生産を支える上で必須なものは土地と水である事実から、農業分野は、「ミ」国では最大の水資源ユーザーである。

水資源利用の現況を把握する上で必要な、農業基盤に係る基礎情報を整理すると下表のようになる。本業務の調査対象区域であるタンリン、チャウタン、トングア、カヤンの 4 タウンシップの農業に係る基礎資料は正確な数値情報が行政機関でまとめられておらず、聞き取り調査を行った。その結果は下記の如くである。

### (1) 農業基盤の現状

表 2-5-1 農業基盤に係る基礎情報 (聞き取り調査)

	Thanlyin	Kyauktan	Thongwa	Kayan	Total	Yangon Southern District
行政面積 (km <sup>2</sup> )	372.9	843.7	835.5	613.2	2,665.3	5,030.9
18 歳未満人口	53,903	47,740	53,493	46,825	201,961	410,825
18 歳以上人口	154,532	113,284	109,391	112,379	489,586	917,692
計人口(人)	208,435	161,024	162,884	159,204	691,547	1,328,364
農家戸数	6,463	12,290	14,214	12,127	45,094	80,827
農業従事者(人)	6,596	12,538	843	30,270	50,247	157,272
耕地面積(ha)	24,762	62,883	58,805	44,063	190,513	357,337
作付面積(ha)	46,652	96,904	110,396	84,549	338,501	491,350
稲 モンスーン作	24,802	63,144	59,783	44,825	192,554	321,336
稲夏作(ha)	642	21	0	81	744	25,108

資料入手先 ; Yangon Southern District, Settlement and Land Record Department  
Yangon Southern District, General Administration Department  
Yangon Southern District, Department of Agriculture

### (2) 現況における農業用水の需要量

水需要量を考える上で、農業に必要な水需要は、モンスーン期には天水農業で基本的には充足していることから、乾季における(夏作) 水稻を代表とする灌漑用水需要を把握することにする。調査対象地域における、現況の年間水使用量に係る数値での把握は、水資源を管轄する灌漑局においてもなされていない。従って、ここでは、灌漑局が国内の灌漑事業を構想するに際して、必要とする水資源開発量についての基本構想立案時に用いる、基礎算定式を用いて推定を行う。

1) 前提となる現況夏作面積

前項より、灌漑用水を必要とする Summer Paddy の作付面積は 4 タウンシップで 744 ha である。

2) 必要灌漑用水量の基礎算定式

灌漑局が用いている基礎算定式は下式である。

$$\text{水需要量算定基礎式 (acre-feet/Year)} = 6 \text{ (acre-feet/acre)} \times \text{灌漑面積 (acre)}$$

即ち、乾季に水稻栽培を前提とする灌漑事業を構想する際には、新たに必要な灌漑用水量は、年間で単位面積当たり年間 6 フィート (1,829 mm) の水が消費されることを念頭に置いて水源計画、用水 (導水) 計画を立案することを基本としている。

これを  $\text{m}^3/\text{ha}$  の単位系に変換すると、

$$\text{水需要量算定式 (m}^3/\text{Year)} = 18,295 \text{ (m}^3/\text{ha)} \times \text{灌漑面積 (ha)} \text{ となる。}$$

3) 農業用水現況需要量

上式に表 2-5-1 の最下段の「稲夏作」に示す面積 744ha を灌漑面積に代入する。

表 2-5-2 現況農業用水需要量

	Thanlyin	Kyauktan	Thongwa	Kayan	Total
耕地面積(ha)	24,802	63,144	59,783	44,825	192,554
稲夏作付(ha)	642	21	0	81	744
用水量 ( $10^6 \text{ m}^3$ )	11.7	0.4	0	1.5	13.6

現況の需要量が少ない量に止まるのは、現況の乾季稲の作付面積が 744 ha と極めて狭小であることに起因するものであり、将来、灌漑システムが整備されることによって、夏作稲の栽培意欲が農家に広がることによって、Summer Paddy 向けの水需要が大きく伸びることを意味している。

## 2-5-2 対象地域の工業の水利用状況

工業（製造業、加工業等）は「ミ」国 GDP 構成比率(2011 年版)で 19.8%であり、貿易業の 20.0%に匹敵して、第 3 位を占めている。

調査対象地域であるタンリン、チャウタン、トングア、カヤンの 4 タウンシップの工業の現況に係る基礎資料は下記のとおりである。年間水使用量の数値は確認できていない。

表 2-5-3 工業の現況に係る基礎資料

	Thanlyin	Kyauktan	Thongwa	Kayan	Total
人口 (人)	208,435	161,024	162,884	159,204	691,547
工場数	47	15	-	-	62
工業従事者数 (人)	6,327	2,503	-	-	8,830
年間水使用量( $10^6\text{m}^3$ )	不明	不明	不明	不明	不明

## 2-5-3 対象地域の生活用水の利用状況

生活用水は、井戸により供給される水が大部分を占めている。現在、対象地域には約 12,400 本のぼる主として浅井戸があり、生活用水の主水源として利用されている。住民は可能な限りモンスーン期（雨季）における天水利用を図った上で、不足する生活用水源として井戸利用を優先し、仮に公共用水道の利用が可能な環境にあっても、それは補助的利用に留めている。

その他水源としてため池があり、ため池は生活・上水用の他一部農業に使用されるなど多目的に用いられている。また、タンリン市街地などでは、屋根を利用して集水桝を併設する家屋も認められ、雨季から乾季初期にかけての補助水源として利活用されている。

Thanlyin と Kyauktan では、公共用水道がタウンシップ開発委員会によって管理されているが、いずれも普及率は数%にとどまっている。この 2 地域は、将来的に YCDC から給水を受ける計画があるが、ヤンゴン市内の分水地点から導水するためには、バゴー川を越える必要があり建設費が嵩むため、現実的には克服すべきハードルは高いと考えられる。

対象 4 タウンシップについては、周辺河川が乾季に塩水の侵入を受けることから、安定した水道水源が確保できないことや、人口密度が非常に低く公共水道の費用対効果が得られないなどの要因から、開発が進んでいないのが現状である。

## 2-6 対象地域の農地及び農作物に関する情報

### 2-6-1 農業土地利用

対象地域の4タウンシップおよびヤンゴン南郡の農業土地利用を表2-6-1に示した。本プロジェクト対象の4タウンシップの農地は、ほぼすべて（96.6%～99.0%）が低地（水田）であった。タンリンではわずかに菜園や果樹園が他のタウンシップよりも広く、全体の2.7%を占めていた。タンリンは都市部に近く、比較的丘陵地もあることから、他の地区と比べると近郊農業を行う面積が多いためであると考えられた。4タウンシップの値をヤンゴン南郡の値と比較すると、本プロジェクト対象地域は低地の割合が非常に高く（ヤンゴン南郡 89.6%）、水田のみに特化した農業地域であると言える。

表 2-6-1 4タウンシップおよびヤンゴン南郡の農業土地利用

Township Name	Thanlyin		Kyautan		Thongwa		Kayan		Yangon Southern District	
	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)	Ha	(%)
Lowland	23,917.8	96.6	62,131.0	98.8	58,181.3	98.9	43,615.4	99.0	320,270.1	89.6
Shoal and Riverbank Field	-	-	-	-	-	-	-	-	474.7	0.1
Garden	673.8	2.7	486.0	0.8	384.9	0.7	433.4	1.0	34,760.1	9.7
Nipa Field	170.8	0.7	265.9	0.4	238.4	0.4	14.2	0.03	1,832.0	0.5
<b>Total Agricultural Land</b>	<b>24,762.3</b>	<b>100.0</b>	<b>62,882.9</b>	<b>100.0</b>	<b>58,804.5</b>	<b>100.0</b>	<b>44,063.0</b>	<b>100.0</b>	<b>357,336.9</b>	<b>100.0</b>

Source: Yangon Southern District, Settlement and Land Record Department

### 2-6-2 栽培面積、生産量および近年の変化

#### (1) 栽培面積および生産量

2012/13年の収穫面積および農業生産量を表2-6-2に示した。本地区で最も収穫面積の広い作物は雨季作水稲であり、次いで緑豆（Green Gram）であった。ヤンゴン南郡全体においても、本プロジェクト対象地域と同様に、雨季作水稲が最も広く栽培されており、次いで緑豆（Green Gram）であった。乾季作水稲はヤンゴン南郡全体では25,107.9 Haの収穫面積があるが、本地区の4タウンシップでは合計で743.3 Ha(タンリン 642.2 Ha、チャウタン 20.6 Ha、カヤン 80.5 Ha)のみであった。本地区では十分な灌漑設備が整っていないため、ヤンゴン南郡内の他のタウンシップと比較しても乾季作水稲の生産面積が非常に小さい。

表 2-6-2 収穫面積および農業生産量 (2012/13)

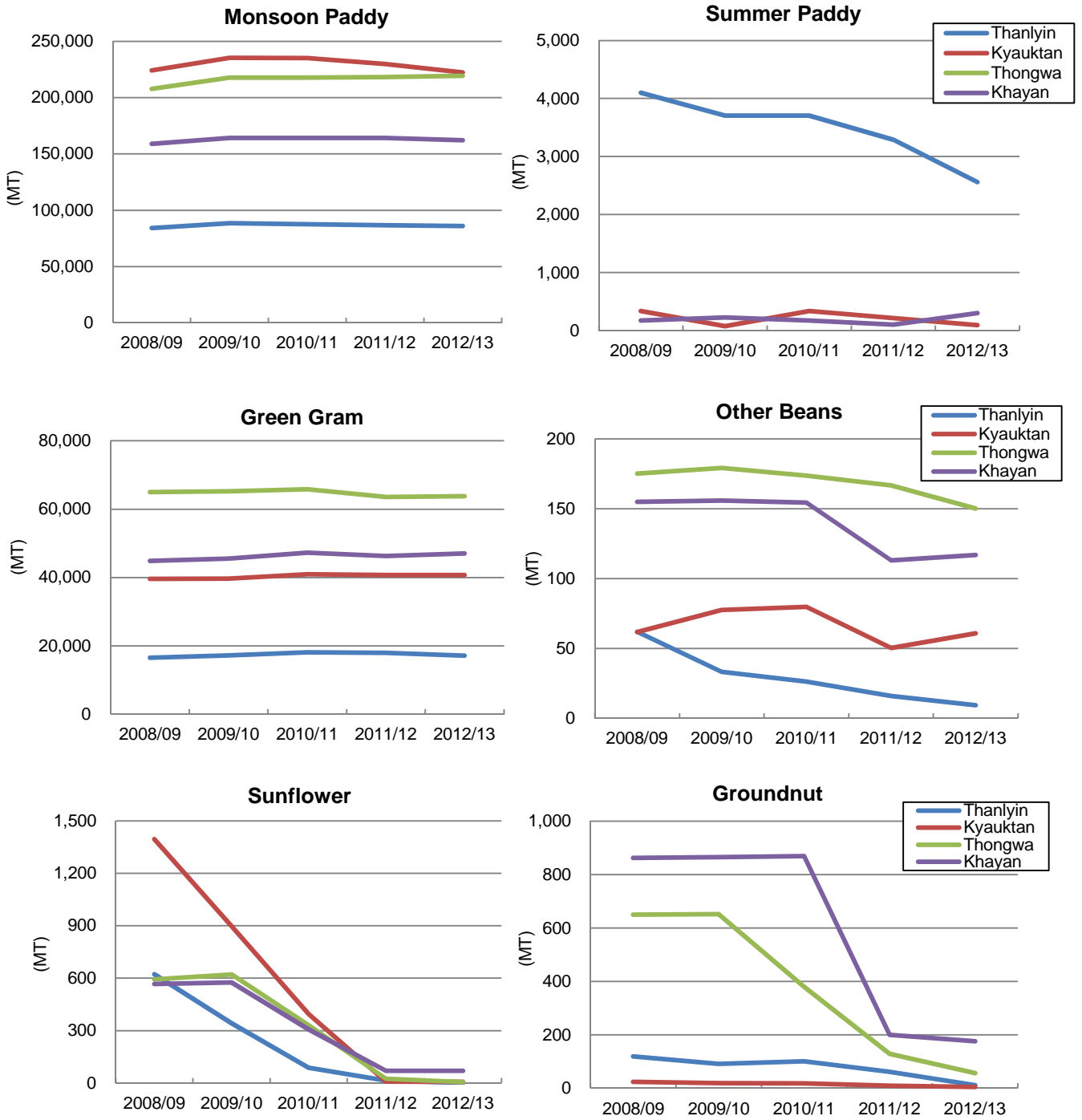
Township Name	Thanlyin		Kyauktan		Thongwa		Khayan		Yangon Southern District	
	(Ha)	(MT)	(Ha)	(MT)	(Ha)	(MT)	(Ha)	(MT)	(Ha)	(MT)
Monsoon Paddy	24,802.0	86,077.8	63,144.0	222,323.1	59,782.6	219,348.4	44,824.6	162,096.8	321,335.7	1,119,597.8
Summer Paddy	642.2	2,558.7	20.6	91.7	-	-	80.5	301.8	25,107.9	108,224.2
Groundnut	11.7	11.7	3.6	5.1	41.3	57.2	124.6	176.0	191.0	257.6
Sunflower	4.0	1.0	21.0	7.7	19.8	5.0	175.6	69.8	250.5	94.6
Black Gram	-	-	-	-	-	-	6.9	5.7	118.2	96.4
Green Gram	21,180.1	17,183.4	32,949.1	40,769.3	50,418.2	63,838.2	39,187.0	47,087.1	143,925.8	169,075.8
French Bean	-	-	-	-	-	-	-	-	52.6	47.9
Other Beans	11.7	9.4	765.7	60.8	134.0	150.2	149.7	116.9	367.9	338.2

Source: DOA, Yangon Southern District

2008年から2013年までの生産量の変動を見ると、雨季作水稲および緑豆(Green Gram)は、ほぼ横ばいを続けている。一方、乾季作水稲はタンリンで年々減少傾向にある。ヒマワリはすべてのタウンシップにおいて過去5年間減少し続けており、2011/12年からはほとんど生産が見られなくなった。トンガア、カヤンにおいて比較的広く生産されていた落花生は、2009/10から減少し、2012/13年での生産量は2008/09年の頃の4分の1から5分の1程度にまで減少している。

聞き取り調査によると、政権が交代した2010年以降、裏作については農家が栽培作物を自由に選択できるようになったようである。そのため、国内需要向けで、収益性の低い乾季作水稲やヒマワリ、落花生の生産量が減少し、一方海外市場向けで収益性が高い緑豆は一定の生産量を保っていたと考えられる。しかし、2010年以降も緑豆の生産量が増加していないため、ヒマワリや落花生の栽培面積が緑豆に変わったわけではない。その理由としては、収益性の低いヒマワリや落花生は、緑豆と比べ栽培に適さない場所で栽培されていたと考えられ、栽培を強制されなくなったからは、そのような栽培不適地での裏作の栽培が停止したと考えられた。

灌漑設備の不十分な本地域において、緑豆栽培に適していない場所では、生産の不確実な作物による裏作を行うよりも、日雇い労働などの他産業の活動を行う傾向が考えられ、それによって非常勤労働者の増加を招いたとも考えられた。



Source: Yangon Southern District, Department of Agriculture

図 2-6-1 農業生産物の傾向 (2008~2013)

(2) 灌漑地区における栽培面積および生産量

2011/12年における対象4タウンシップおよびヤンゴン南郡の灌漑実績面積を表2-6-3に示した。対象4タウンシップにおける灌漑率は、タンリン15.6% (農地面積24,762.3 Haの内、灌漑面積3,851.0 Ha)、チャウタン3.2% (農地面積62,882.9 Haの内、灌漑面積2,023.4 Ha)、トングア23.8% (農地面積58,804.5 Haの内、灌漑面積14,016.3 Ha)、カヤン34.1% (農地面積44,063.0 Haの内、灌漑面積15,042.5 Ha)であった。ヤンゴン南郡の灌漑率13.7% (農地面積357,336.9 Haの内、48,912.0 Ha)と比較すると、チャウタンを除くタウンシップでは灌漑率が高い。

しかし、乾季水稲作の面積を比較すると、4タウンシップの合計で857.5 haであり、ヤンゴン南郡の14,310.9 haのわずか6%を占めるに過ぎない。2008年からの乾季作水稲の作付面積の変化を見ると(図3.6.2)、タンリンでは2008年から2012年の間に約300 haほどの増減が見られたが、それ以外のタウンシップでは急激な減少は見られなかった。そのため、作目選択が自由に行えるようになった2010年以降、乾季作水稲から収益性の高い作目へと作目が変化した事が乾季作水稲の面積が小さい原因ではない。

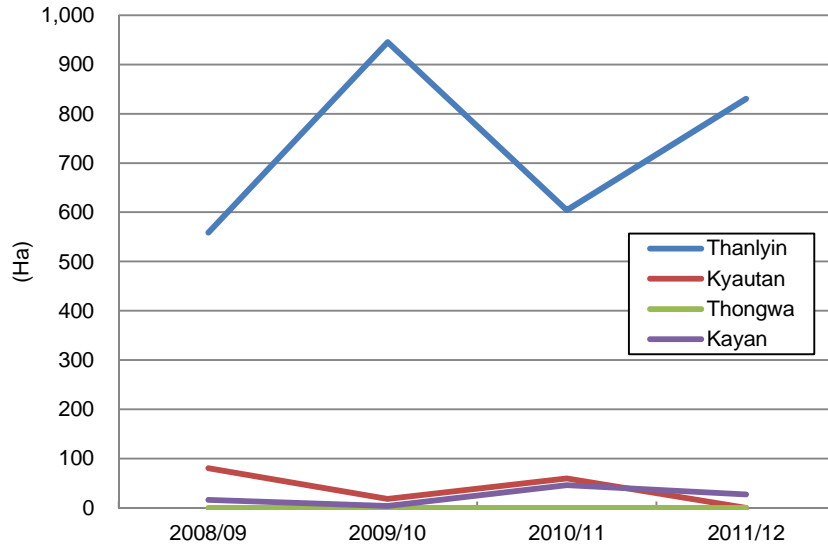
本プロジェクト対象地域の灌漑率は、ヤンゴン南郡全体と比較すると広いけれども、多くの水を必要とする乾季作水稲を十分に栽培するだけの水量がないため、雨季の終わりに補助的に灌漑を行う裏作の面積のみが大きくなっていると考えられた。この地域において灌漑施設の設置が可能になれば、安定的な裏作生産を可能にするのみならず、乾季作水稲の栽培も可能となり、年3作(雨季作水稲、裏作、乾季作水稲)の栽培が可能になる。このため、農業生産量の飛躍的な向上が可能になる地域であると考えられた。

表 2-6-3 4タウンシップおよびヤンゴン南郡の灌漑実績面積

Township Name	Thanlyin		Kyautan		Thongwa		Kayan		Yangon Southern District	
	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
Summer Paddy	830.0	21.6	-	-	-	-	27.5	0.2	14,310.9	29.3
Green Gram	2,967.6	77.1	2,023.4	100.0	13,856.4	98.9	14,793.7	98.3	33,767.4	69.0
Sunflower	-	-	-	-	-	-	-	-	327.8	0.7
Groundnut	53.4	1.4	-	-	89.0	0.6	141.6	0.9	284.1	0.6
Cow pea	-	-	-	-	-	-	62.3	0.4	69.6	0.1
Black gram	-	-	-	-	-	-	4.0	0.03	50.2	0.1
Vegetable	-	-	-	-	70.8	0.5	13.4	0.1	102.0	0.2
Total	3,851.0	100.0	2,023.4	100.0	14,016.3	100.0	15,042.6	100.0	48,912.0	100.0

Source: DOA, Yangon Southern District, Department of Agriculture

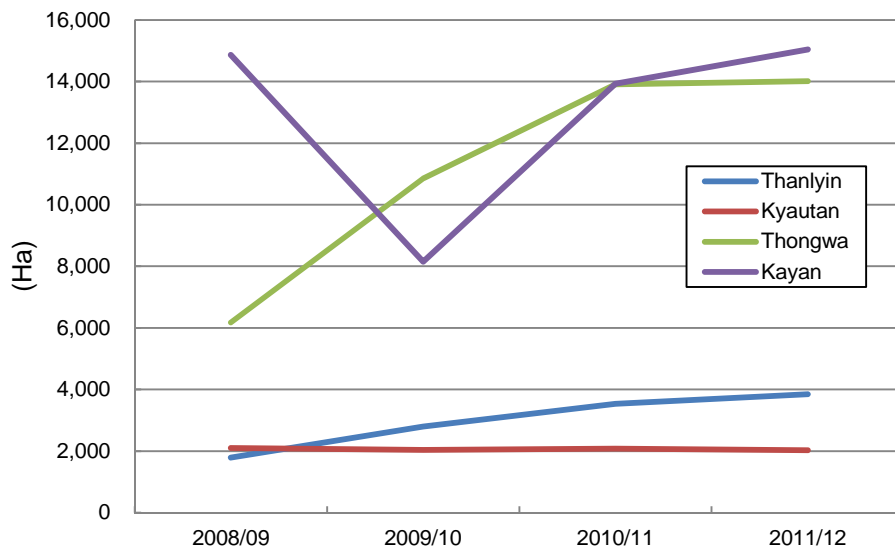




Source: Yangon Southern District, Department of Agriculture

図 2-6-2 乾季作水稲の作付面積の変化

2008～2012年までの灌漑面積の変化を見ると（図 2-6-3）、トンガワおよびタンリンにおいて増加を続けている。これは灌漑局が継続的に進めている、30 マイル緑化事業によるものと考えられる。このプロジェクトは完了していないが、水路延長の増加や一部既存水路と新設灌漑水路が開通する事によって、水路にある程度水が溜まり、それを裏作の補助水源として使ったための面積の拡大であると解釈できた。



Agriculture

図 2-6-3 灌漑面積の変化（2008～2012）

## 2-6-3 農具および農業機械

表 2-6-4 には対象タウンシップにおける農具および農業機械の所有状況を示した。タンリンにおいて耕耘機の台数が 0 台である点は明らかに誤りであると考えられるが、全体では役畜が牽引して使用する馬鋤や犁、牛車の数が、乗用トラクターや耕耘機の数よりもかなり多い傾向が見られた。例えば 4 タウンシップの合計で馬鋤 40,471 個、犁 53,331 個、牛車 24,240 台に対し、トラクター 1,316 台、耕耘機は 4,722 台である。このため、この地域では農業の機械化が進行中の地域であり、今後機械化を進めることによって、農業生産の拡大が考えられた。また、機械化による省力化により、都市部での労働者の創出が可能になる地域でもあると考えられた。

表 2-6-4 農具および農業機械の所有状況 (2012/13)

	Thanlyin	Kyauktan	Thongwa	Khayan	Total
Traditional Harrow	6,941	10,008	12,498	11,024	40,471
Traditional Plough	8,150	12,785	18,619	13,777	53,331
Bull Cart	4,513	5,551	7,151	7,025	24,240
Tractor	169	199	567	381	1,316
Water Pump	332	68	63	848	1,311
Hand Tractor	0	1,624	1,934	1,164	4,722
Machine Sow	0	0	10	0	10
Harvester	3	3	3	0	9
Thresher	50	44	35	275	404

Source: Yangon Southern District, General Administration Office

## 2-7 水利権及び水利組織

### 2-7-1 水利権

ミャンマー国には、我が国が法律で定める「河川法」に相当するものがなく、従って河川水を源流とする表流水源はもとより、地下水源に関しても、水利権の定義が未だない。水資源開発に際して水利権設定の法的根拠がない結果、事業計画立案・事業実施は水資源利用を計画する各省の責任において遂行されている。ダムや堰など表流水利用を目的とする水利施設築造に係る許可は、河川の浚渫や、河道改修、堤防築堤、堰築造、橋梁建設などとともに、それぞれの建設主体が政府機関あるいは地方政府であることから、その都度、実施機関が事業費予算措置のために閣議に諮っている形式が採用されているが、実態的には各省庁の責任において事業が遂行され、水利権の調整が行われている。地下水利用を目的とする開発は、個人の浅井戸掘削から公共水道、工場用水としての地下水揚水、さらには中部乾燥地帯などで見られる灌漑用水利用としての地下水揚水などがあるが、いずれの場合も、開発を規制する法律が整備されていない。従って、掘削した井戸の台帳登録を所在するタウンシップ事務所に行うにとどまり、行政上の水利権設定はなされていない。

## 2-7-2 水利組織

「ミ」国の水資源の最大利用組織である農業・灌漑省が進める灌漑システムの運営において、末端水利施設の管理や維持・運営を司ることを期待される水利組合、水管理組合などの組織がないことから、水利費の徴収という制度もない。その結果、幹線水路、二次水路レベルを灌漑局が責任をもってあたることの妥当性はあっても、受益者が灌漑効率を維持するために行うべき、末端水路の維持管理に必要な資金としての水利費も徴取されていないことから、結果として、維持管理が不十分で、水利施設の老朽化が大きな問題となっている。

同様にヤンゴン市の水道事業をはじめ都市部の水道事業、郡部の地方公共水道事業においてもそれぞれの市開発委員会（City Development Committee）の水道事業部門及びタウンシップの事務局が水利組織に代わる役割を担っていて、独立採算性の事業としての運営形態には至っていない。

関連する省庁の組織図を以下に示す。

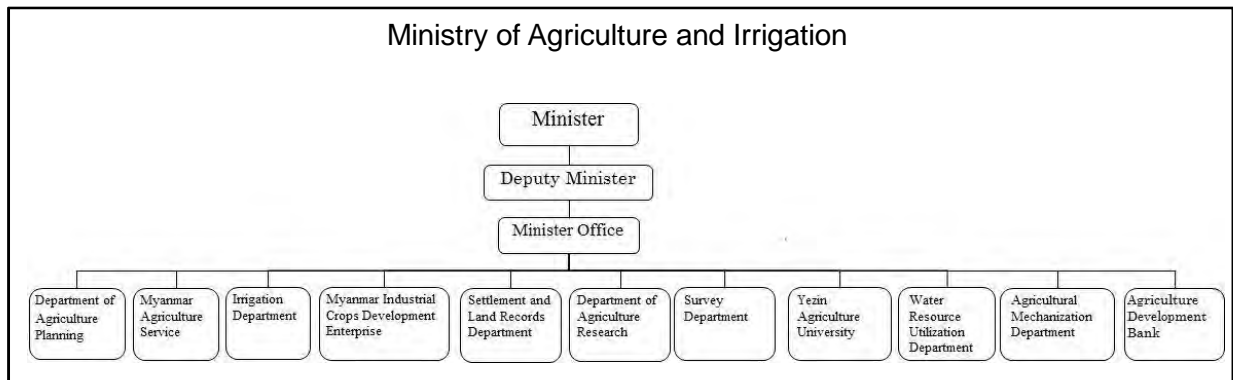


図 2-7-1 関係省庁の組織図(1)

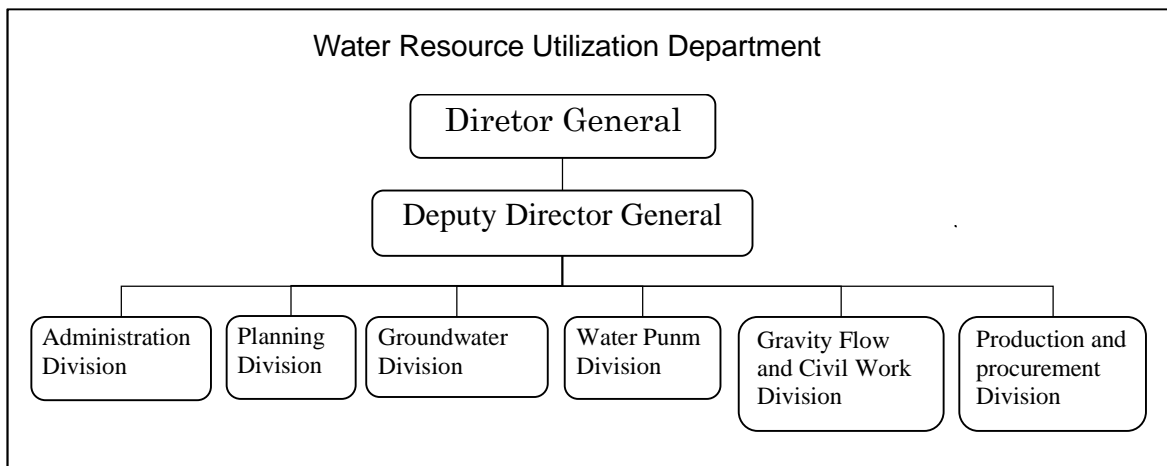
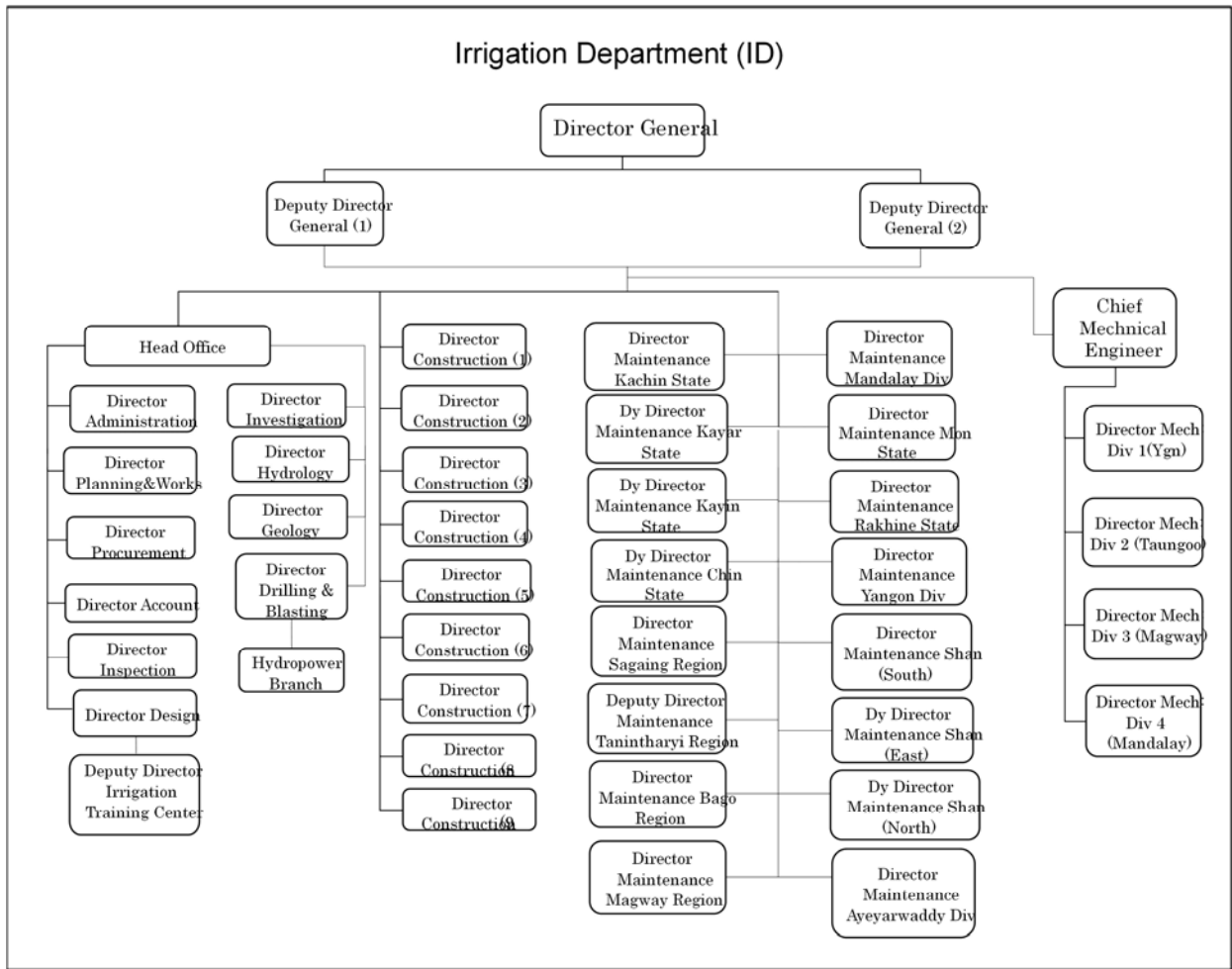


図 2-7-2 関係省庁の組織図 (2)

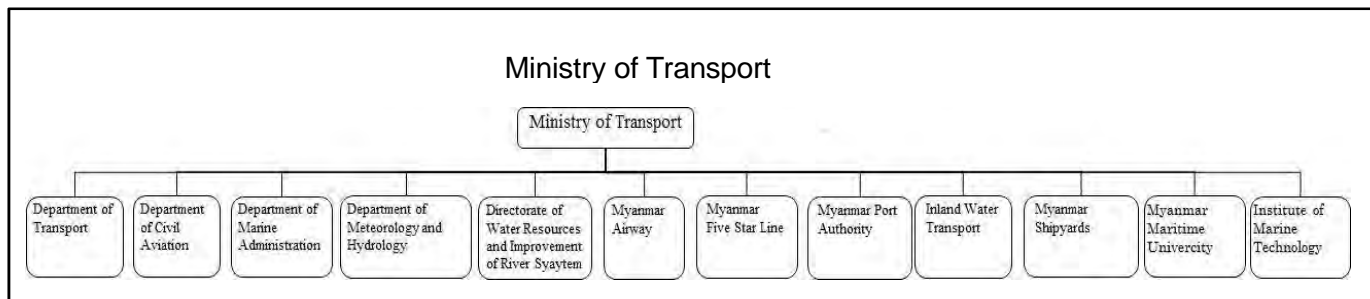
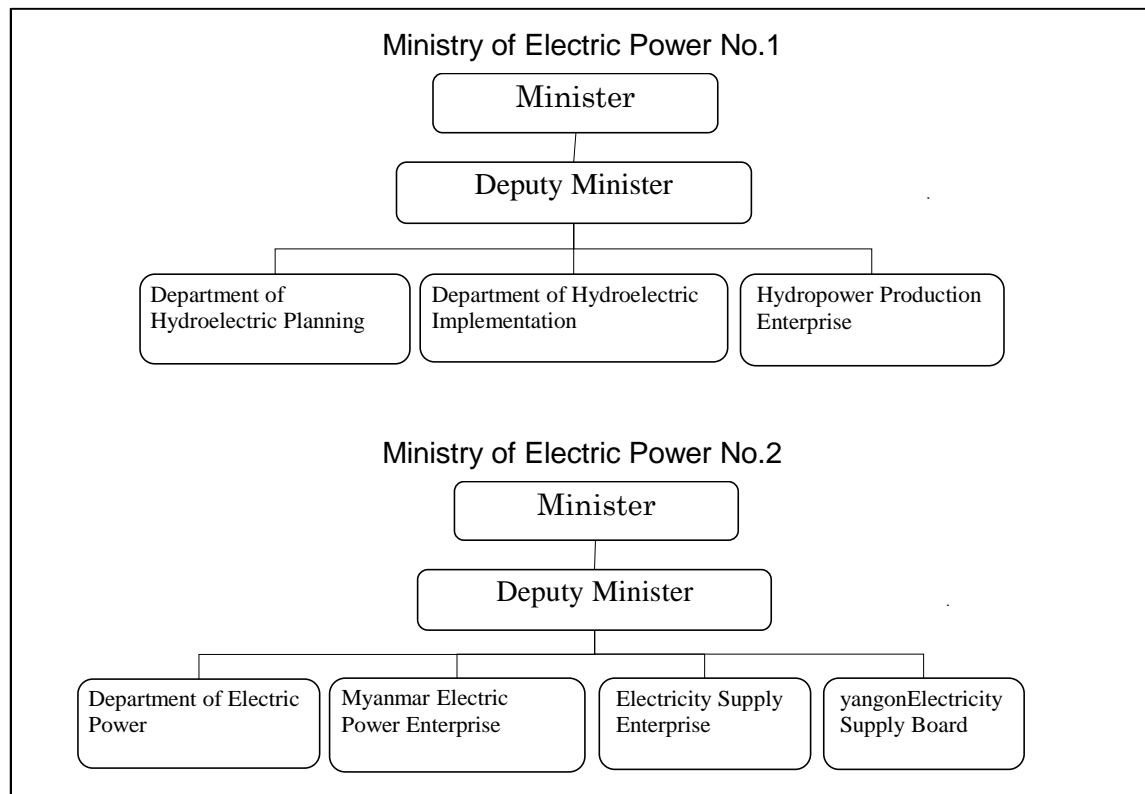


図 2-7-3 関係省庁の組織図(3)



## 第3章

### 地下水の調査及び解析



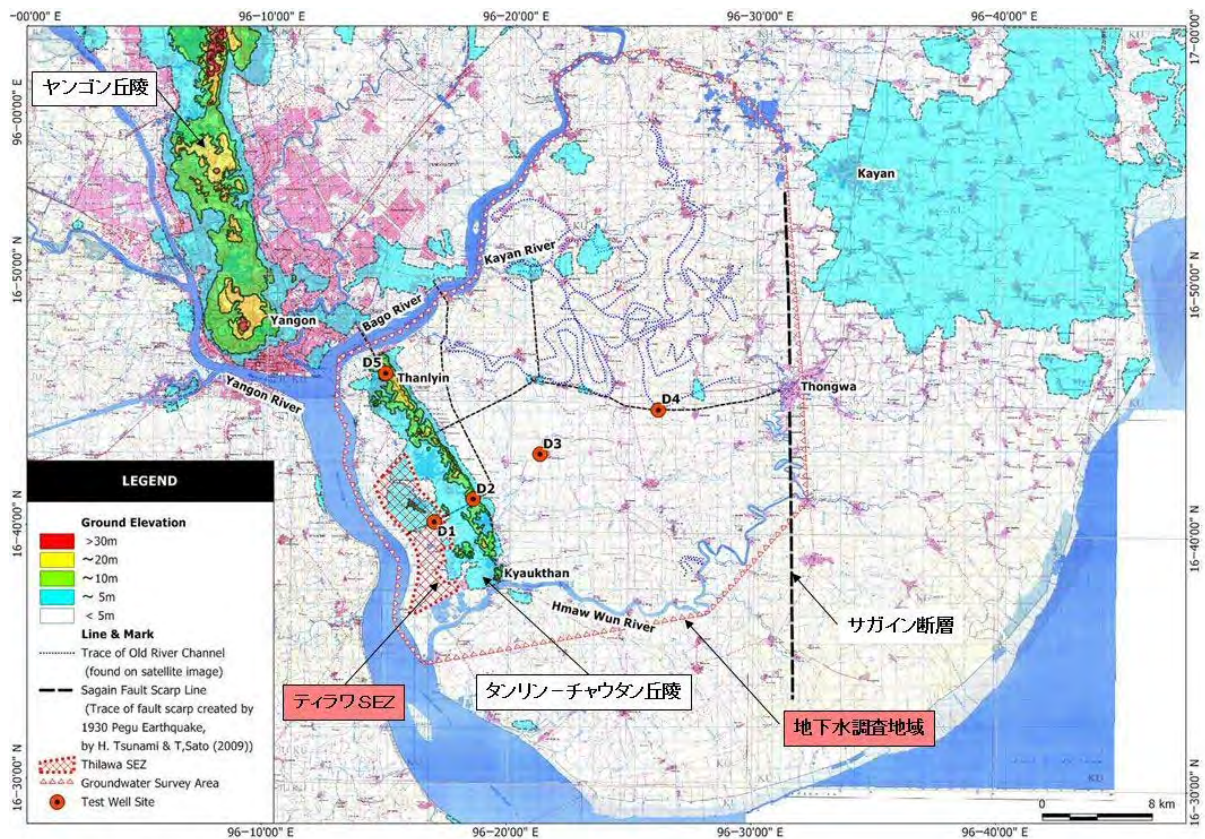


## 第3章 地下水の調査及び解析

### 3-1 概要

#### 3-1-1 目的

地下水に係る調査及び解析は、図 3-1-1-1 示す地域におけるティラワ SEZ 及び周辺地域のための地下水開発可能性を推定するために実施した。



出典：JICA 調査団

図 3-1-1-1 地下水調査地域と地形

#### 3-1-2 地下水開発可能性の定義

ここでの地下水開発可能性とは、ティラワ SEZ および周辺地域において、社会的に許容可能な範囲内で環境影響がなく持続的に開発が可能な地下水の水量である。一般に地下水の開発可能性は、以下の 4 項目について評価を行い、その結果を総合的検討し、推定される。

##### (1) 水収支

地下水の開発可能性は、対象帯水層の地下水涵養量を超えることはできない。既存の地下水

利用がある場合は、その水量は開発可能量から差し引かねばならない。加えて、通常は地下水流出があるので、水収支上の余剰水があったとしても、その全量を取水することはできない。すなわち、地下水涵養量の一部が開発可能量となる。

## (2) 水質

水質は、開発目的に適合したものでなければならない。水質を開発目的に適合するように処理する場合は、その費用が許容できるものでなければならない。

## (3) 水理能力

帯水層は、効率的かつ経済的に地下水を取水施設へ導くことができる水理能力を有している必要がある。

## (4) 環境影響

地下水開発に伴う負の環境影響は、社会的に許容できるほど小さいか、適当な方策により許容できるほど小さくできなければならない。

小規模の地下水開発においては、水質と井戸の揚水能力（水理能力の一部）のみにより、開発計画が立てられるが、規模の大きな開発においては、これらに加え、地域の水収支と環境影響を考慮しなければならない。既に地下水が利用されている地域においては、その利用への影響が、しばしば新規の地下水開発可能量を制限する。

### 3-1-3 地形

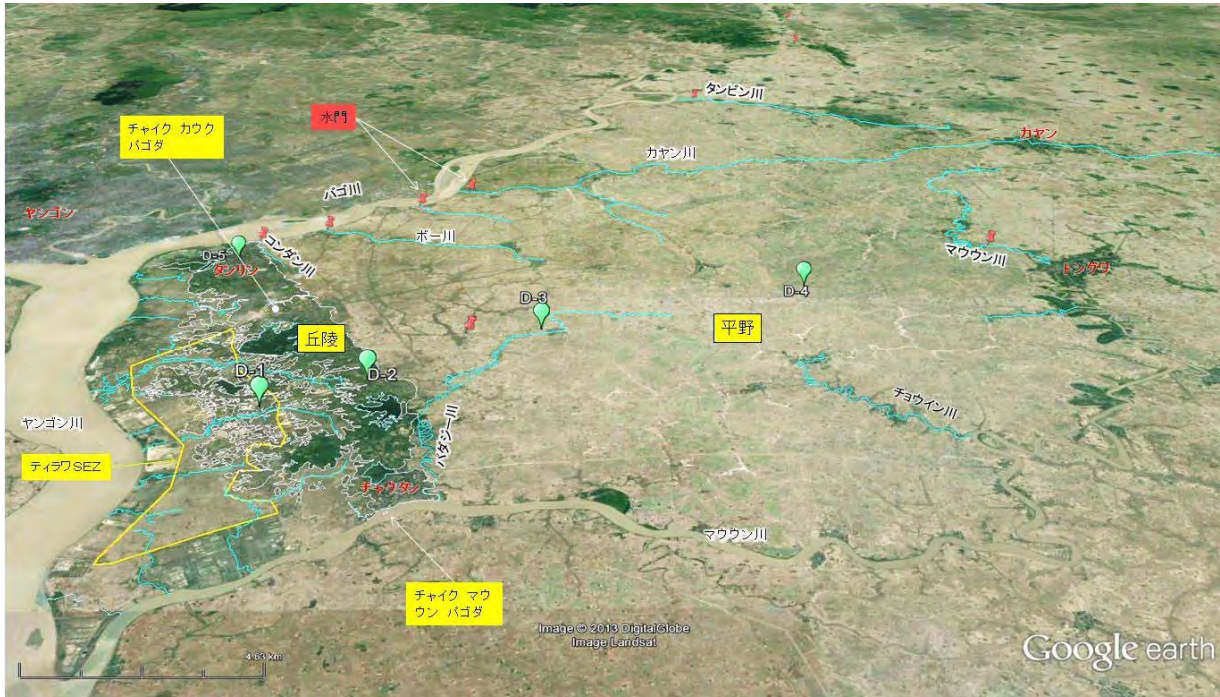
図 3-1-3-1 に示すように、調査地域は、バゴ川、ヤンゴン川、マウウン川およびタンビン川に囲まれた、小起伏の丘陵地と平野である。調査面積は近隣を含め約 990km<sup>2</sup> である。

丘陵は調査地域の西側を占め、タンリン及びチャウタンの市街地が位置する。地盤高標高はおよそ 5m～25m である。ティラワ SEZ は、丘陵の西麓にある。この丘陵は、時に「タンリンーチャウタン丘陵」と呼ばれる。

平野は調査地の東側の広い地域を占める。地盤高標高はおよそ 1m～4m であり、小河川や水路が縦横に走っている。バゴ川沿いの小河川の出口には堰が設けられており、また、分水界がタンリンとトングアを結ぶ幹線道路沿いに走る。このため、調査地の北部は、堰による締め切りは完全ではないものの、乾期における小河川沿いの塩水遡上から保護されている。

調査地域の北部には、図 3-1-1-1 に示すようにバゴ川の古い河道が衛星画像上で追跡できる。

調査地の東縁には、有名な活断層であるサガイン断層が走る。



出典：グーグル・アース衛星画像に加筆。

図 3-1-3-1 調査地域の鳥瞰図

### 3-1-4 地質

タンリンーチャウタン丘陵の地質図を図 3-1-4-2 に、層序表を表 3-1-4-1 に示す。図 3-1-4-2 は、Win Naing et. Al(1991)および Aye Thanda Bo(2001)による地質図、衛星画像による地形判読および現地露頭調査結果を基に編集したものである。

広域地質図を含む既存地質図よれば、タンリンの Kyaik kauk パゴダ付近を境に、北側にイラワジ層、南側にペグ層が分布している。両者の関係は断層で接していると推定されている。丘陵東端は、明瞭な直線性があり、断層の存在が推定される。図 3-1-4-1 のブーグ異常（重力異常）図を考慮すると丘陵西側にも断層が走る可能性が高い。

イラワジ層は、泥岩層を挟む半固結の中粒～粗粒砂岩である。ペグ層は、頁岩と酸化鉄色の縞を有する細粒から中粒の砂岩の互層である。今回のコアボーリングおよび試験井掘削結果（詳細は後述）によれば、タンリン地区のイラワジ層の砂層分布は、深度 100m ほどまでで、下方は泥岩が多くなる。南部のペグ層分布域では、地表は泥岩の分布するところが多いが、丘陵中央東端で実施されたコアボーリングでは、砂岩層の割合が高い。酸化鉄色の縞を有するのは、概ね深度 100m 以浅である。

丘陵では全般に露頭が少なく、成層状況を広く観察することが困難であるが、一部の川谷や造成地、堀井戸の壁の状況から、層相と走向・傾斜が把握できる。これにより、北部のイラワジ層分布域では、丘陵尾根沿いに向斜軸が推定される。南部のペグ層分布域中央部では、今回のボーリング調査結果から、全体的には東側に緩く傾斜し、東端部で傾斜角が増すこと推定される。丘陵末端に位置するチャウタンのマウウン川縁には、ペグ層が連続して露頭しており、傾斜角は 30

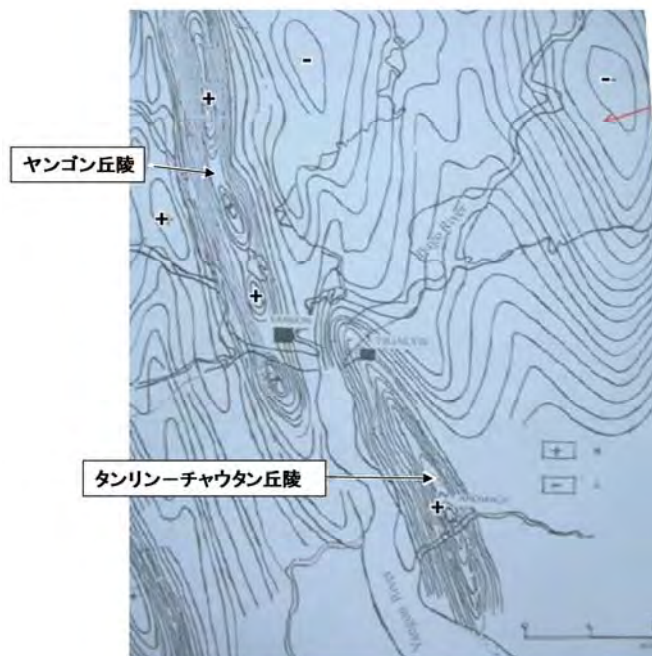
～60度の大きな値を示している。

また、丘陵地の表層は、ラテライト土壌が発達しており、表層数 m は赤褐色や褐色を帯び、球状やこれが連結した酸化鉄の凝集物が中下層に多数含まれる。タンリンのイラワジ層分布域の試掘地点では、約深度 25m まで褐色化しており、また、露頭では、厚さ 5 cm の板状の酸化鉄脈が見られる等、ラテライト化が著しい。ペグ層分布域では、ラテライト深度は 5m 程度である。なお、SEZ や付近の造成用の盛土には、このような丘陵の表層数 m をはぎ取ったものが使用されている。母材が主として泥岩のため、礫（鉄分凝集物）まじりではあるがシルト粘土分が多く、一般に透水性はよくない。

東方の平野部には、第四紀の未固結の河川堆積物が表層に主として分布する。厚さは 50m～70 m で、微細砂、シルト、粘土の微細互層からなる粘性土を主体とし、基底部に厚さ約 10m で細礫まじりの基底砂層がある。その下方には、傾斜不整合で固結度の低い第三紀層がほぼ水平に分布する。

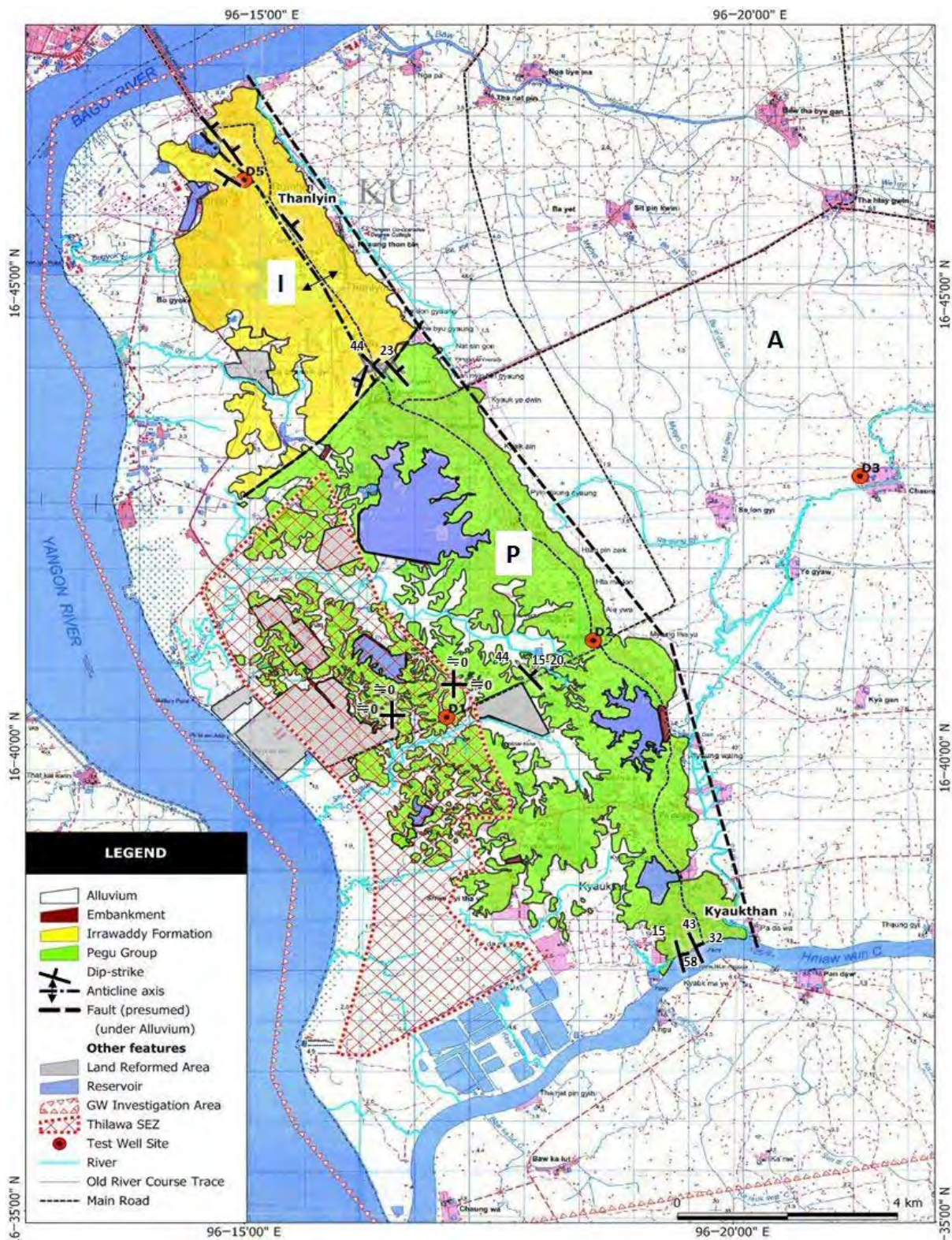
表 3-1-4-1 タンリンーチャウタン丘陵の地質層序表 (Win Naing et al., 1991)

地質年代	地層名	記号	層相	層相 (詳細)
現世	沖積層	A	砂、粘土	黄灰色、青灰色、褐灰色
鮮新世	イラワジ層	I	粘土および泥岩層を挟在する半固結砂岩	砂岩は中粒から粗粒
漸新世? ～中新世	ペグ層群	P	頁岩と酸化鉄色の縞を有する砂岩の互層	砂岩は、青灰～褐灰色。細粒～中粒。泥質で良く固結。酸化鉄色の縞を有する。



出典：原図 - MOGE ; Thint Lwin Swe (2008), から抜粋、加筆。 .

図 3-1-4-1 ヤンゴンおよびタンリンーチャウタン丘陵付近のブーゲ (重力) 異状



出典：Win Naing et al. (1991)と Aye Thanda Bo (2001)の地質図、衛星画像の地形解析および路頭地質調査結果から編集。推定断層は主要なもののみを表示。

図 3-1-4-2 タンリンーチャウタン丘陵の地質図

## 3-2 地下水調査

### 3-2-1 概要

地域の地下水開発可能性を推定するためには、表 3-2-1-1 に示す調査項目について調査を行わなければならない。調査には次のような方法が採られた。

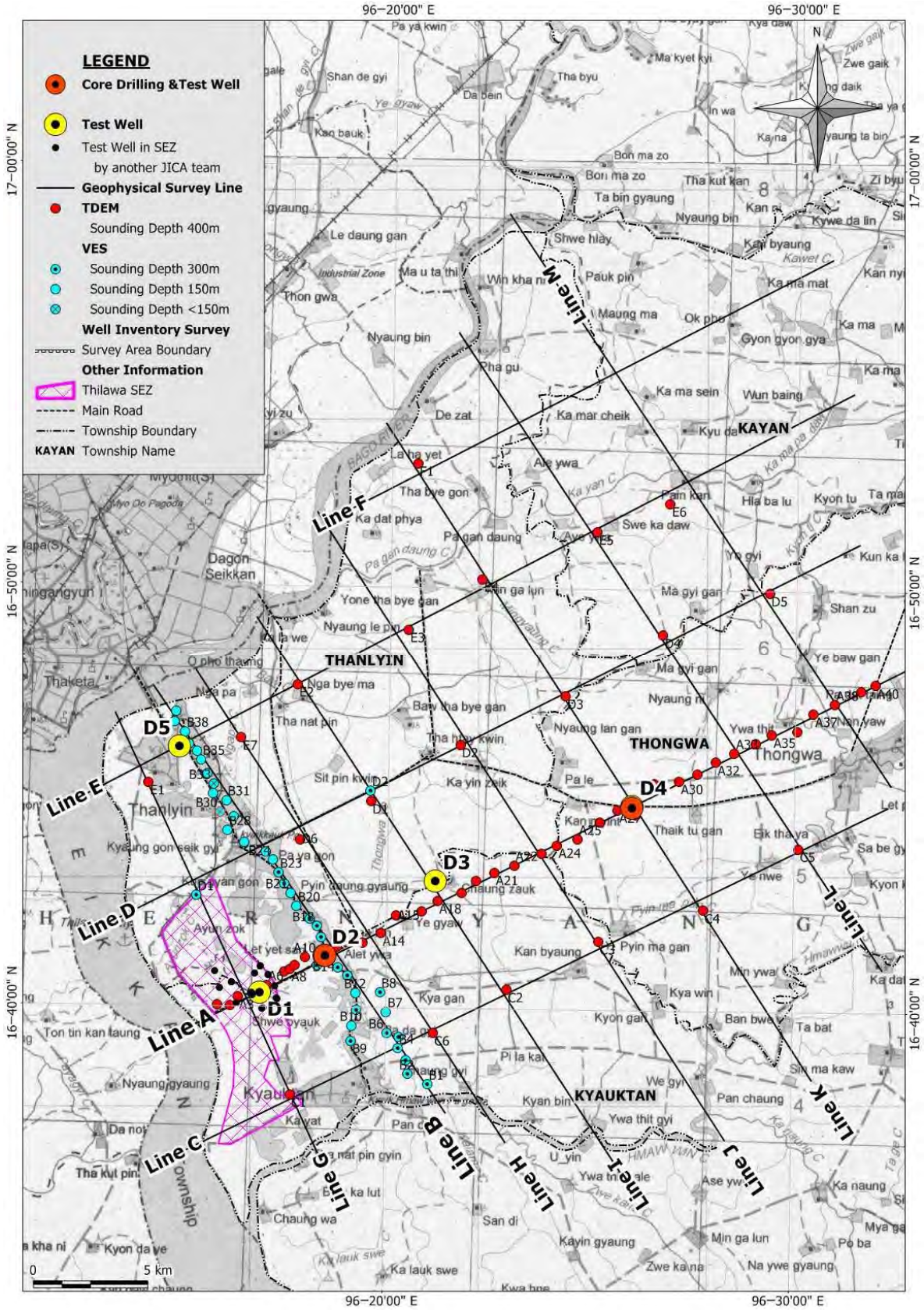
- 1) 既存調査報告書の精査
- 2) 台帳に基づく既存井戸調査
- 3) 物理探査
- 4) コア・ボーリング
- 5) 試験井
- 6) 揚水試験
- 7) 水質調査
- 8) 露頭地質調査
- 9) 地下水位観測

図 3-1-1-1 に地下水調査の主要な位置と地域を示す

表 3-2-1-1 地下水開発可能性に関する調査項目と本調査で適用した調査手法

調査対象項目		説明	調査方法
水収支	帯水層分布	地下水流動と貯留の場	井戸インベントリ調査 (14,691 施設)、物理探査(VES 43 点、TDEM 60 点)、コアボーリング(2 箇所)、試験井(5 サイト、16 本)、路頭地質調査、衛星画像による地形解析
	地下水位	1) 水収支の結果 2) 勾配は流動方向を示す	地下水位観測－自記、毎時観測;16井 掘井戸水位測定
	地下水涵養	水収支の入力成分	気象水文データの収集 (降雨、蒸発散量、潮位等)、河川や湖沼の分布確認、衛星画像解析による地表被覆図の作成
	地下水流出	水収支の出力成分	井戸インベントリ調査による地下水利用量の推定
水質		開発目的により決まる	水質調査 既存井戸200箇所 一年2回、現地測定 試験井16 箇所 一揚水試験時および毎月採水、現地測定および室内分析 試験井13 箇所一同位体分析
水理能力		地下水涵養量や流動量を規制。開発の経済性に影響を与える。	揚水試験－試験(16 箇所)、既存井戸 (3 箇所)、 既存報告書の井戸能力データ
環境影響評価	影響を与えるもの	地下水開発計画	(開発水量と開発場所を仮定する)
	影響を受けるもの	地下水利用、土地利用	地下水利用調査、土地利用(被覆)調査
	影響を伝える場	帯水層	(水収支と水理能力の調査と同じ)

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3-2-1-1 地下水調査地点及び地域

### 3-2-2 既存報告書及びデータの精査

#### 3-2-2-1 既存報告書及びデータ

表 3-2-2-1 に示す2つの調査報告書を精査した。地質、井戸柱状および水質に関するデータは、地域の水理地質を把握するために有用である。

表 3-2-2-1 タンリンーチャウタン地区の水理地質調査報告書

引用(短縮)	Win Naing et al. (1991)	Aye Thanda Bo (2001)
著者	Aung Aung Tin, Win Naing and Maung Maung	Aye Thanda Bo
年	1991	2001
題名	Hydrogeology of Thanlyin - Kyauktan Area	Urban Geology of Thanlyin Area
出版物/出版元	Diploma Article, Applied Geology Department, Yangon University	Diploma Article, Department of Engineering Geology, Yangon Technological University
調査対象地域	タンリンーチャウタン丘陵および近傍	タンリン地区
調査概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・6本の井戸柱状、36本の管井データを収集</li> <li>・44か所の井戸（堀井戸、管井）の水質試験を実施</li> <li>・チャウタンの給水、浄水状況調査</li> <li>・水理地質図の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・9本の土質調査ボーリング柱状（土質試験データを含む）、8本の調査ボーリング柱状、7カ所の井戸柱状を収集</li> <li>・水利用および水質概要の把握</li> <li>・土地利用、地盤の土質工学的な検討</li> </ul>
主要図	地質図 井戸位置図 チャウタン給水網図 地下水面深度図 水理地質図 水質イオン組成図	地質図 水質分布図（主要イオン、鉄イオン） 水理地質図 土地利用図 地盤工学的分類図

出典：JICA 調査団

また、各タウンシップに井戸台帳があり、井戸の数や公共用の井戸の利用状況や概況が把握できる。今回の調査では、これを基に井戸の悉皆調査を実施した。

以上が、調査地区においてに入手可能な、まとまった既存水理地質調査データである。当地区には多数の井戸があり、井戸掘り業者が井戸柱状や概略の帯水層位置の情報を保有していると思われるが、その収集・整理は困難である。

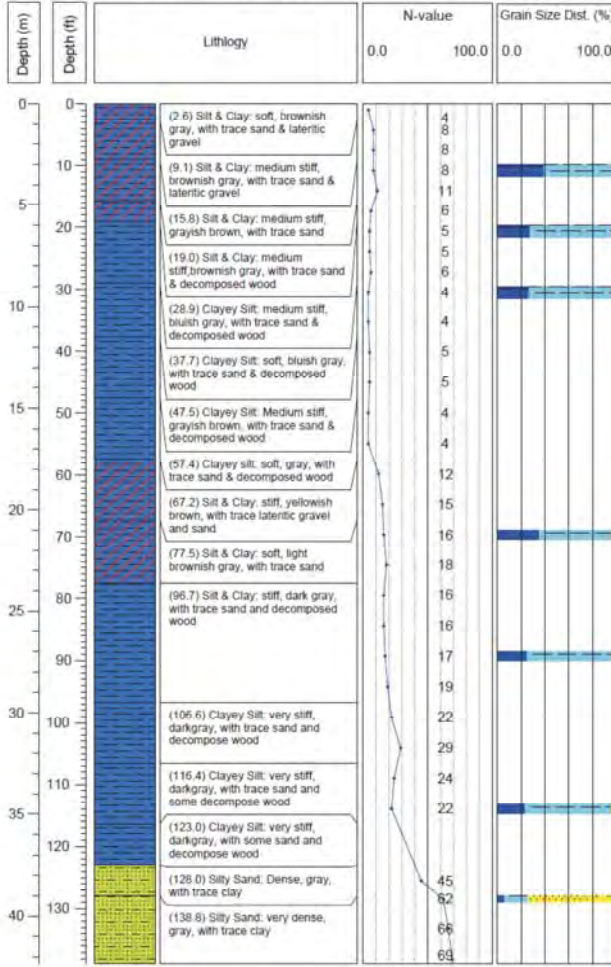
#### 3-2-2-2 地質柱状図及び井戸柱状図

上記報告書所収の柱状データおよび今回の調査を含む JICA 調査による地質柱状データの一覧を表 3-2-2-2 に、位置図を図 3-2-2-2 図 3-8.1～図 3-2-2-4 に示す。図 3-2-2-1 に柱状図の一例を示す。すべての柱状図は、データ集（"Supporting Data"）内に添付した。



JICA  
Data Collection Survey on Water Resources Potential for Thilawa SEZ and Adjoining Areas  
Existing Bore Hole Log (data cited from Aye Thanda Bo, 1999)

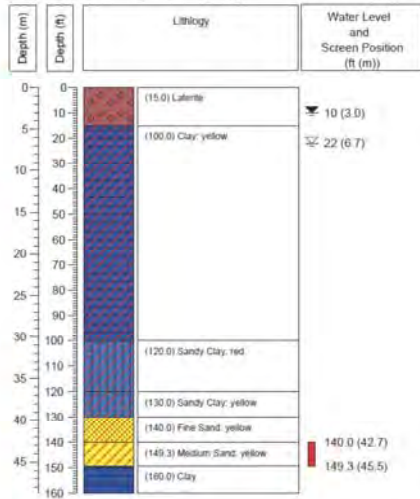
Borehole No.: **BH6** Location: Thilawa Port Project, Site BH-B-24  
Approx. Coordinates: E 96.2474 Grid Location: Depth (ft): 138.8  
(WGS84) N 16.6683 Approx. Elevation: Depth (m): 42.2



地質柱状図

JICA  
Data Collection Survey on Water Resources Potential for Thilawa SEZ and Adjoining Areas  
Existing Bore Hole Log (data cited from Aye Thanda Bo, 1999)

Well No.: **Wn10** Location:  
Approx. Coordinates: E 96.2674 Grid Location: 554314 Depth (ft): 160  
(WGS84) N 16.7421 Approx. Elevation: Depth (m): 48.8  
Screen Depth (ft): 140 - 149.3 SWL (ft): 10 DWL: 22



井戸柱状図

出典：原データは Aye Thanda Bo (2001) ; JICA 調査団により図化。

図 3-2-2-1 地質・井戸柱状図の例

表 3-2-2-2 地質・井戸柱状図位置図

No.	Kind	Name	Depth (m)	Depth (ft)	Reference Location	Longitude	Latitude	Source
1	C	D2	272	892.4	Thilawa SEZ Supporting Committee Compound	96.30803	16.68694	JICA-1
2	C	D4	248	813.6	No.6 Express Road between Kan Myin and Thaik Tu Gan, Thongwa	96.43456	16.74736	JICA-1
3	TW	D-1-0	52	170.6	SEZ Class A	96.28331	16.67314	JICA-1
4	TW	D-1-1	85	278.9	SEZ Class A	96.28339	16.67319	JICA-1
5	TW	D-1-2	150	492.1	SEZ Class A	96.28322	16.67317	JICA-1
6	TW	D-1-3	330	1082.7	SEZ Class A	96.28328	16.67314	JICA-1
7	TW	D-2-0	56	183.7	Thilawa SEZ Supporting Committee Compound	96.30764	16.68681	JICA-1
8	TW	D-2-1	97	318.2	Thilawa SEZ Supporting Committee Compound	96.30794	16.68672	JICA-1
9	TW	D-2-2	150	492.1	Thilawa SEZ Supporting Committee Compound	96.30786	16.68686	JICA-1
10	TW	D-2-3	330	1082.7	Thilawa SEZ Supporting Committee Compound	96.30811	16.68658	JICA-1
11	TW	D-3-1	80	262.5	Chaung Zauk	96.35294	16.71714	JICA-1
12	TW	D-3-2	180	590.6	Chaung Zauk	96.35278	16.71711	JICA-1
13	TW	D-3-3	330	1082.7	Chaung Zauk	96.35264	16.71711	JICA-1
14	TW	D-4-1	85	278.9	No.6 Express Road between Kan Myin and Thaik Tu Gan, Thongwa	96.43511	16.74739	JICA-1
15	TW	D-4-2	146	479.0	No.6 Express Road between Kan Myin and Thaik Tu Gan, Thongwa	96.43511	16.74742	JICA-1
16	TW	D-5-1	65	213.3	Thanlyin Center	96.24714	16.76911	JICA-1
17	TW	D-5-2	100	328.1	Thanlyin Center	96.24700	16.76911	JICA-1
18	TW	D-5-3	350	1148.3	Thanlyin Center	96.24708	16.76911	JICA-1
19	TW	TW3	198.1	650	SEZ Class A	96.26307	16.68047	JICA-2
20	TW	TW4	198.1	650	SEZ Class A	96.26503	16.67393	JICA-2
21	TW	TW5	204.2	670	SEZ Class A	96.27952	16.67967	JICA-2
22	TW	TW6	198.1	650	SEZ Class A	96.26977	16.67615	JICA-2
23	TW	TW7	195.1	640	SEZ Class A	96.27813	16.67202	JICA-2
24	TW	TW8	198.1	650	SEZ Class A	96.27200	16.66782	JICA-2
25	TW	TW9	198.1	650	SEZ Class A	96.28752	16.67463	JICA-2
26	TW	TW10	198.1	650	SEZ Class A	96.28852	16.67010	JICA-2
27	W	PW1	91.4	300	SEZ Class A	96.27837	16.6712	JICA-2
28	W	PW2	91.4	300	SEZ Class A	96.28857	16.6698	JICA-2
29	W	PW3	91.4	300	SEZ Class A	96.28253	16.6658	JICA-2
30	W	PW4	91.4	300	SEZ Class A	96.26985	16.6762	JICA-2
31	E	BH.A	30.5	100	SEZ near Zamani Inn Reservoir	96.2682	16.6978	JICA-2
32	E	BH.B	30.5	100	SEZ near Thilawa	96.2682	16.6590	JICA-2
33	E	BH.C	30.5	100	SEZ near Ship Breaking Yard	96.2687	16.6128	JICA-2
34	W	No2	72.5	238	Aungmingalar-4, Thanlyin	96.2474	16.7680	Ref1
35	W	No6	116.7	383	Prguzy, Tynalyin	96.2479	16.7583	Ref1
36	W	No14	114.3	375	Tin Smelting and Refinery Plant.1, Thanlyin	96.2650	16.7315	Ref1
37	W	No23	62.5	205	Shwegon 2, Kyauktan	96.3230	16.6506	Ref1
38	W	No24	67.1	220	Singan 3, Kyauktan	96.3310	16.6393	Ref1
39	W	No34	88.4	290	Hospital 16, Kyauktan	96.3268	16.6370	Ref1
40	E	BH1	64.3	211.0	YGN-TLN Bridge BH1	96.2434	16.7828	Ref2
41	E	BH2	20.4	67.0	Glass Factory Extension BH-1	96.2311	16.7197	Ref2
42	E	BH3	24.8	81.5	Thanlyin-Thilawa-Padagvi Road, Bridge No.2/1	96.2468	16.6978	Ref2
43	E	BH4	21.8	71.5	Thanlyin-Thilawa-Padagvi Road, Brige Site, Mile Post 2/4 & 2/5 BH-1	96.2660	16.6721	Ref2
44	E	BH5	24.8	81.5	Thanlyin-Thilawa-Padagvi Road, Brige Site, Mile Post 5/4 BH-1	96.2743	16.6615	Ref2
45	E	BH6	42.3	138.8	Thilawa Port Project, Site BH-B-24	96.2474	16.6683	Ref2
46	E	BH7	35.4	116.1	Thilawa Ship Breaking Yard Proiect, Site S-15	96.2610	16.6133	Ref2
47	E	BH8	36.2	118.8	Thilawa Port Project, Site BH-B-13	96.2526	16.6630	Ref2
48	En	Bn5	11.0	36		96.2304	16.7147	Ref2
49	En	Bn6	20.1	66		96.2336	16.7115	Ref2
50	En	Bn7	19.8	65		96.2432	16.7097	Ref2
51	En	Bn8	16.8	55		96.2429	16.7050	Ref2
52	En	Bn9	16.5	54		96.2662	16.7171	Ref2
53	En	Bn10	16.5	54		96.2654	16.7216	Ref2
54	En	Bn11	16.8	55		96.2658	16.7316	Ref2
55	En	Bn12	13.7	45		96.2660	16.7351	Ref2
56	W	Wn1	54.9	180		96.2693	16.7464	Ref2
57	W	Wn10	48.8	160		96.2674	16.7421	Ref2
58	W	Wn11	44.2	145		96.2685	16.7465	Ref2
59	W	Wn4	45.7	150		96.2215	16.7567	Ref2
60	W	Wn37	42.7	140		96.2327	16.7493	Ref2
61	W	Wn46	42.7	140		96.2404	16.7739	Ref2
62	W	Wn52	45.7	150		96.2483	16.7641	Ref2
63	E	Bmmu	18.3	60	Myanmar Maritime University	96.2660	16.7029	Ref4

Note : C: Core boring  
 TW: Test Well  
 W: Well  
 E: Geoengeering boring with geotechnical data  
 En: Geoengeering boring with no geotechnical data

Source: JICA-1 The present JICA Study Team.  
 JICA-2 Nippon Koei Inc. (2013)  
 Ref1 Aung Aung Tin, Win Naing and Maung Maung (1991)  
 Ref2 Aye Thanda Bo (2001)  
 Ref3 Kunio Watanabe, Htike Htike and Hidehiko Kazama (2004)

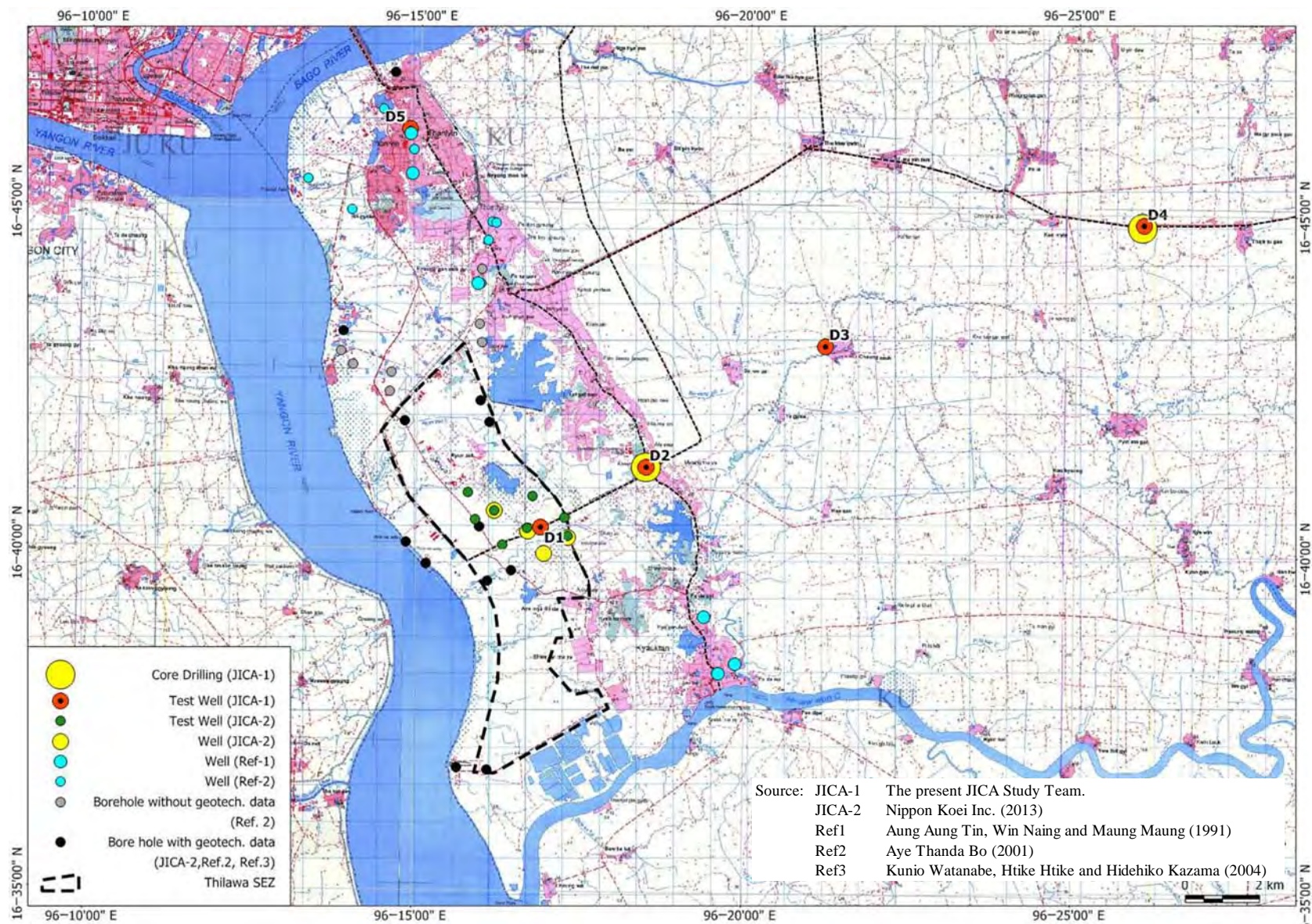
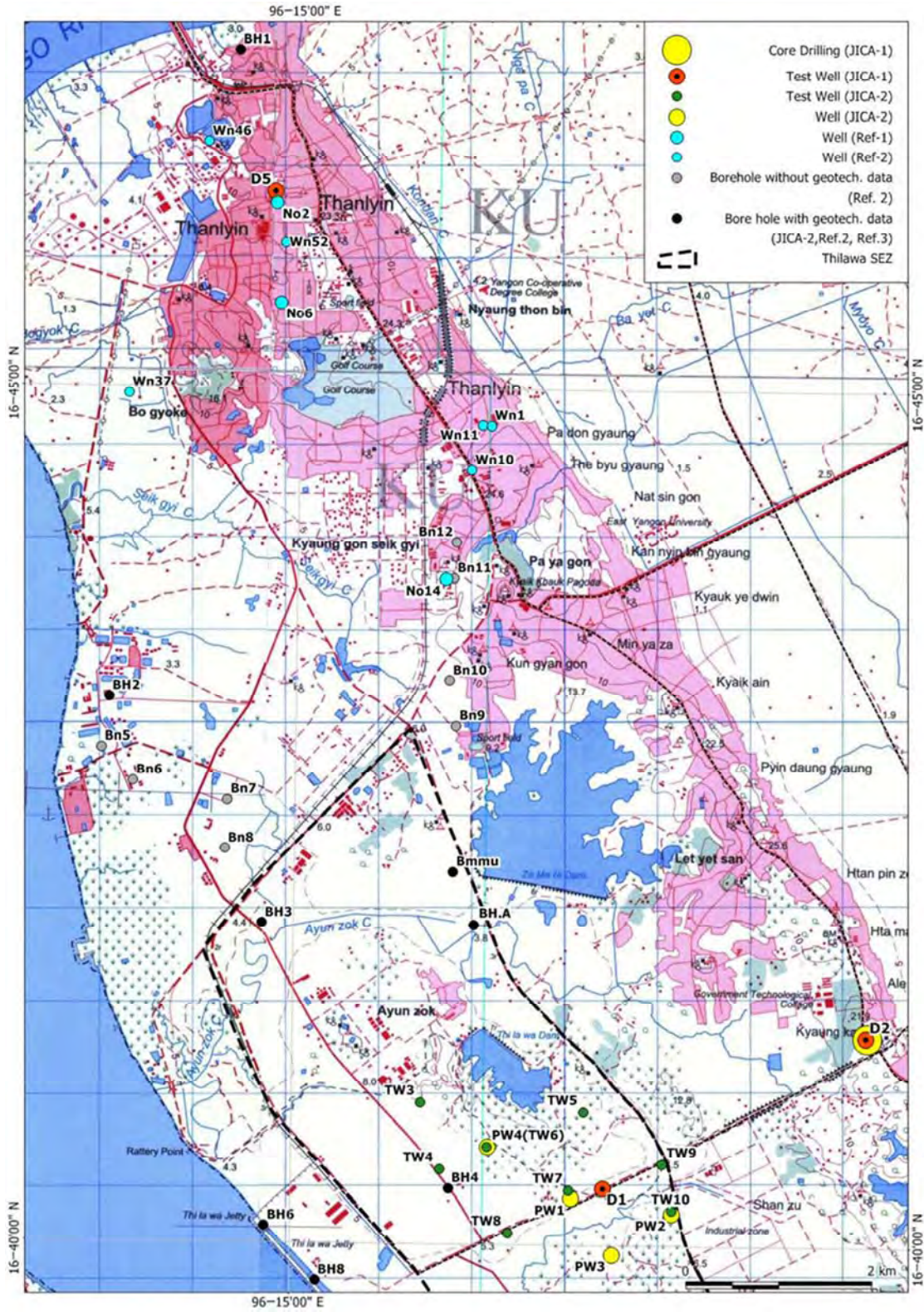
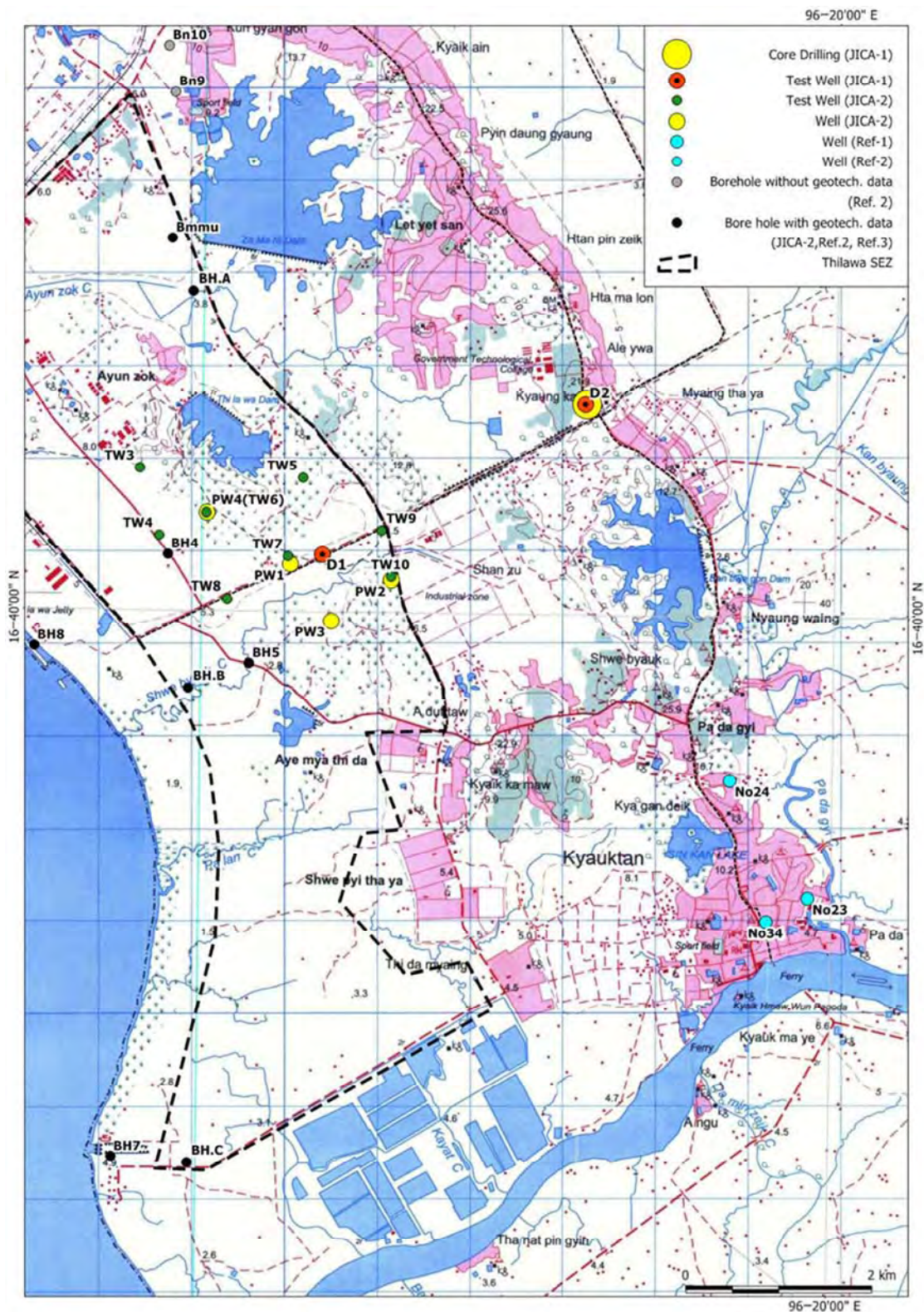


図 3-2-2-2 地質及び井戸柱状図位置図 (全体)



Source: JICA-1 The present JICA Study Team.  
 JICA-2 Nippon Koei Inc. (2013)  
 Ref1 Aung Aung Tin, Win Naing and Maung Maung (1991)  
 Ref2 Aye Thanda Bo (2001)  
 Ref3 Kunio Watanabe, Htike Htike and Hidehiko Kazama (2004)

図 3-2-2-3 地質・井戸柱状図位置図（北部詳細）



Source: JICA-1 The present JICA Study Team.  
 JICA-2 Nippon Koei Inc. (2013)  
 Ref1 Aung Aung Tin, Win Naing and Maung Maung (1991)  
 Ref2 Aye Thanda Bo (2001)  
 Ref3 Kunio Watanabe, Htike Htike and Hidehiko Kazama (2004)

図 3-2-2-4 地質・井戸柱状図位置図 (南部詳細)

### 3-2-2-3 帯水層深度と水理能力

#### (1) 帯水層深度

Aye Thanda Bo(2001)は、タンリン地区におけるイラワジ層の帯水層を表 3-2-2-5 のように要約している。これによれば、上下 2 層の帯水層があり、上部は深度 30m~40m、下部は 60~70m および 80~100m 付近に帯水層があるとしている。

また、Win Naing et al. (1991)は、表 3-8. 5 に示す深井戸データを提示している。値の分布状況を、図 3-2-2-5 および図 3-2-2-6 に示す。この表で、タンリン地区の井戸はイラワジ層、チャウタン地区の井戸はペグ層中にあると考えられる。タンリン地区の井戸のスクリーン深度は、上記イラワジ層帯水層の下部層に相当するものと考えられる。チャウタン地区の井戸はペグ層中であるが、スクリーン深度はこの下部層とほぼ同様である。

後述の既存井戸のインベントリ調査結果によれば、深度 30m~40m のところに井戸深度の頻度の大きなピークがあり、また、深度 90m~100m にも小さいピークがあり、上記、2 層の帯水層区分と整合する。ただし、両ピーク間やさらに大きい深度の井戸も相当数分布しており、帯水層深度は一様でない。

#### (2) 水理能力

表 3-2-2-4 および表 3-2-2-5 をまとめると、井戸の産水量と比湧出量は大略 表 3-2-2-3 ようになる。井戸 1 本当りの揚水量は、24 時間揚水の場合でも数百 m<sup>3</sup>/日が限度と推定される。

表 3-2-2-3 既存資料によるタンリンーチャウタン地区の帯水層概要

帯水層		深度 m	井戸産水量 m <sup>3</sup> /日	比湧出量 m <sup>3</sup> /日/m	備考
イラワジ層 (タンリン地区)	上部	30 - 40	44 - 65	3 - 24	2インチ径井戸
	下部	60 - 70 80 - 100	216 - 648	12 - 156	8-10インチ径井戸
ペグ層 (チャウタン地区)		50 - 100	72 - 864	2.4 - 31	4 インチ径井戸

注) 表 3-8. 4 と表 3-8. 5 を集約。

表 3-2-2-4 タンリン地区の帯水層概要 (Aye Thanda Bo, 2001)

帯水層		深度 m	厚さ m	井戸産水量 m <sup>3</sup> /日	比湧出量 m <sup>3</sup> /日/m	静水位 m
イラワジ層	上部	30 - 40	3 - 6.1	44 - 65	3 - 24 ( 2インチ径井戸)	1 - 4.6
	下部	59 - 73 79 - 102		436 - 655	28 - 54 (10インチ径井戸)	1 - 2.1

出典: Aye Thanda Bo(2001)の本文記載を表化。

表 3-2-2-5 タンリンーチャウタン地区深井戸データ(Win Naing et al., 1991)

地域	番号	位置/名称	口径 in	深度 m	スクリーン 深度 m			帯水 層厚 m	静水 位 m	水位低 下 m	産水量		比湧出量	
											m <sup>3</sup> /時	m <sup>3</sup> /日	m <sup>3</sup> /時 /m	m <sup>3</sup> /日 /m
タンリン	1	Thanlyin East	10	136	121	-	136	15	-	-	20	490	-	
	2	Aungmingalar-4	10	73	59.1	-	72.5	13	17	36	23	550	0.6	15
	3	Aungmingalar-5	10	94	50.3	-	59.4	9	24	40	18	440	0.5	11
					79.2	-	94.5	15						
	4	Aungmingalar-6	10	104	56.4	-	62.5	6	23	37	18	440	0.5	12
					91.4	-	104	12						
	5	Municipal	10	90	71.6	-	89.9	18	12	23	24	580	1.1	25
	6	Peguzu	10	110	27.1	-	34.1	7	-	-	25	610		
					97.2	-	110	13						
	7	MPE Thanlyin	10	84	37.2	-	83.8	47	-	-	27	650		
	8	Housing Project	8	118	110	-	116	6	23	44	25	590	0.6	13
	9	Marble Factory	4	43	36.6	-	42.7	6	11	21	14	330	0.6	15
	10	Marble Factory	4	43	33.5	-	39.6	6	9	20	15	350	0.7	18
	11	Thilawa Port	2	54	50.9	-	53.9	3	5	-	8	200		
	12	Trade School-2	8	70	57.9	-	64	6	9	29	18	440	0.6	15
					65.8	-	68.9	3						
	13	Trade School-1	6	107	85.3	-	88.4	3	11	27	23	550	0.8	20
					96	-	99.1	3						
					102	-	105	3						
	14	Tin Plant.1	8	114	95.1	-	99.1	4	4	7	45	1090	6.5	156
					102	-	112	10						
	15	Tin Plant.2	8	107	86.9	-	89	2	5	9	41	980	4.6	111
				95.1	-	105	10							
16	Glass Factory-1	8	76	41.1	-	47.2	6	5	14	36	870	2.7	64	
				66.8	-	75.9	9							
17	Glass Factory-2	8	85	73.2	-	85.3	12	3	12	19	450	1.6	39	
18	Glass Factory-6	8	82	70.1	-	82.3	12	4	30	9	220	0.3	7	
19	Glass Factory-7	8	88	73.2	-	88.4	15	6	29	27	650	0.9	23	
20	Glass Factory-8	8	85	61	-	73.2	12	15	32	18	440	0.6	14	
				79.2	-	85.3	6							
21	Glass Factory-9	8	98	79.2	-	97.5	18	11	26	32	760	1.2	29	
22	Glass Factory-10	8	110	97.5	-	110	12	9	13	36	870	2.8	67	
チャウタン	23	Shwegon 2	4	61	51.2	-	57.3	6	1	17	23	550	1.3	31
	24	Singan 3	4	67	50	-	56.1	6	11	38	3	70	0.1	2
	25	Singan 4	4	107	80.8	-	83.8	3	5	31	25	610	0.8	19
					85.3	-	88.4	3						
	26	Shwegon 5	4	70	51.8	-	57.9	6	2	28	30	720	1.1	26
	27	Shwegon 6	4	67	53.3	-	59.4	6	3	35	14	330	0.4	9
	28	Shwegon 7	4	70	51.8	-	57.9	6	2	35	18	440	0.5	12
	29	Shwegon 8	4	73	57.9	-	64	6	3	38	9	220	0.2	6
	30	Shwegon 9	4	67	53.3	-	59.4	6	4	28	13	310	0.5	11
	31	Hospital, 10	4	88	73.2	-	82.3	9	8	41	7	160	0.2	4
	32	Shwegon 11	6	79	61.9	-	71	9	5	31	23	550	0.7	17
	33	Shwegon 12	4	146	79.2	-	91.4	12	5	28	14	330	0.5	12
	34	Hospital 16	4	104	84.4	-	93.6	9	6	34	11	270	0.3	8
	35	Police Station 15	4	55	23.8	-	29.9	6	3	28	5	110	0.2	4
36	Regiment (90) 3	6	79	53.3	-	59.4	6	11	24	15	360	0.6	15	

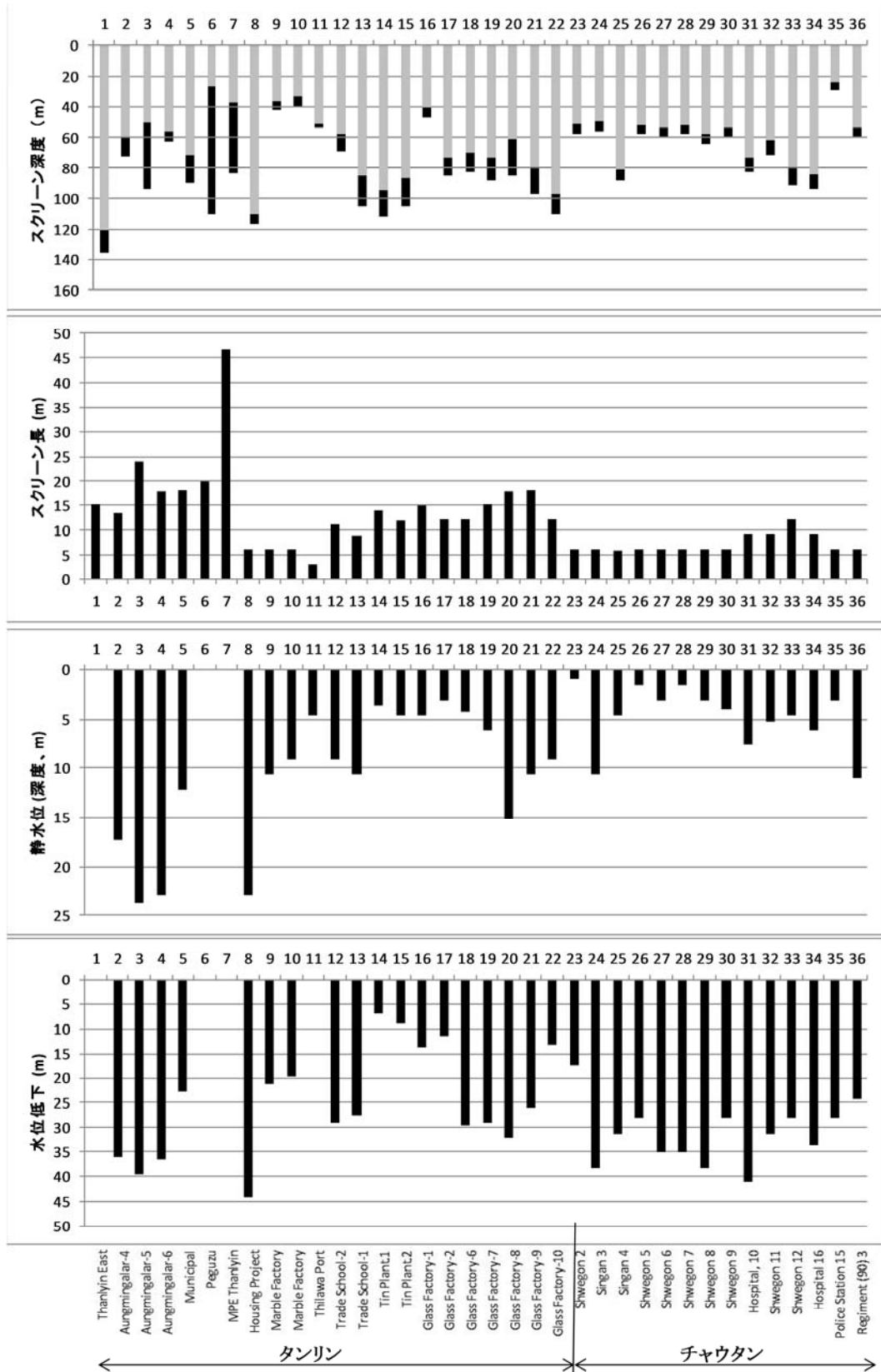


図 3-2-2-5 タンリンーチャウタン地区深井戸データ値の分布 (Win Naing et al., 1991) (1/2)



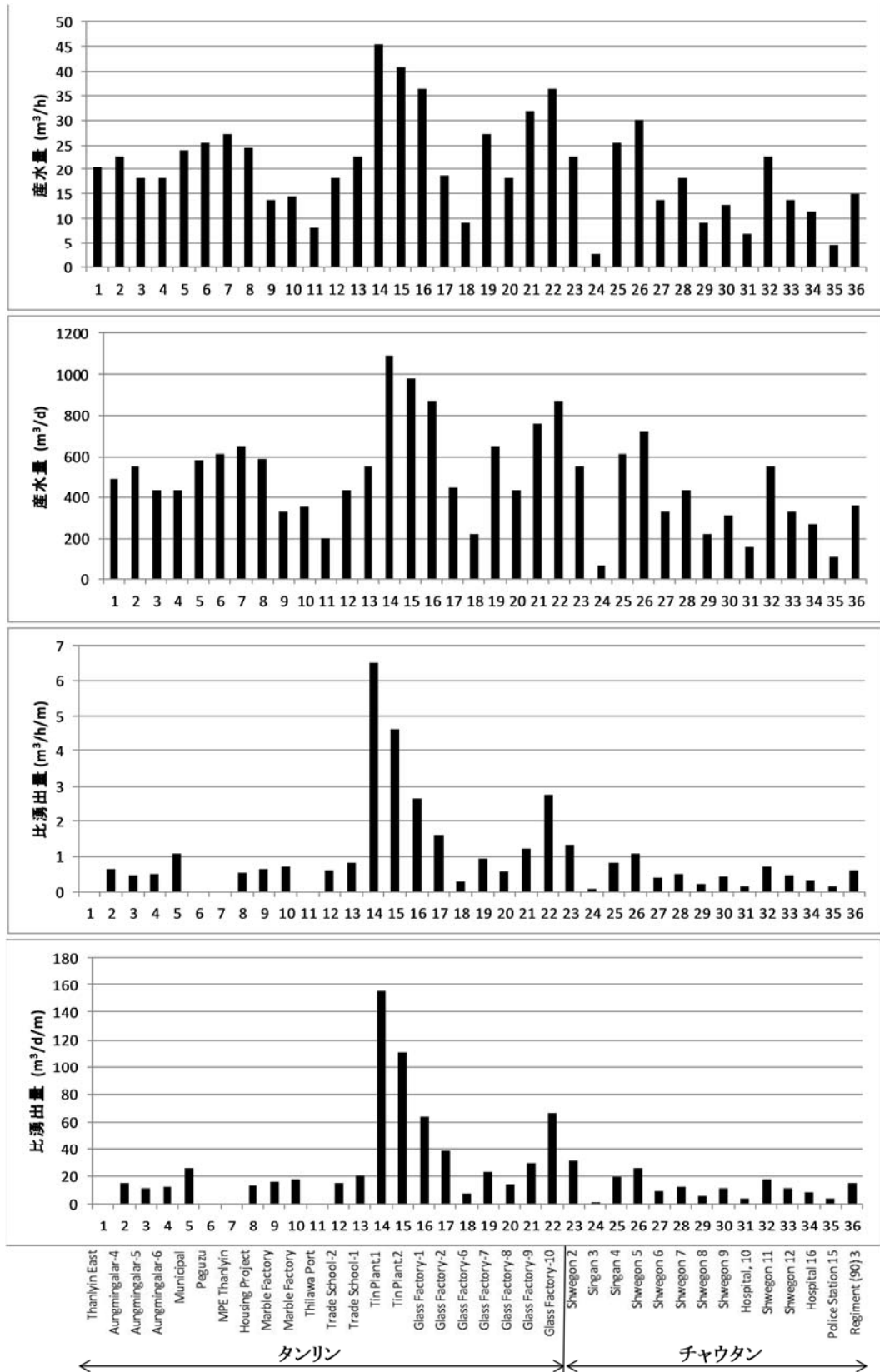


図 3-2-2-6 タンリンーチャウタン地区深井戸データ値の分布 (Win Naing et al., 1991) (2/2)

### 3-2-2-4 水質

Win Naing et al.(1991)は、タンリンーチャウタン丘陵および近傍低地にある井戸の水質試験を実施した。その結果を表 3-2-2-6 および図 3-2-2-7～図 3-2-2-9 に示す。

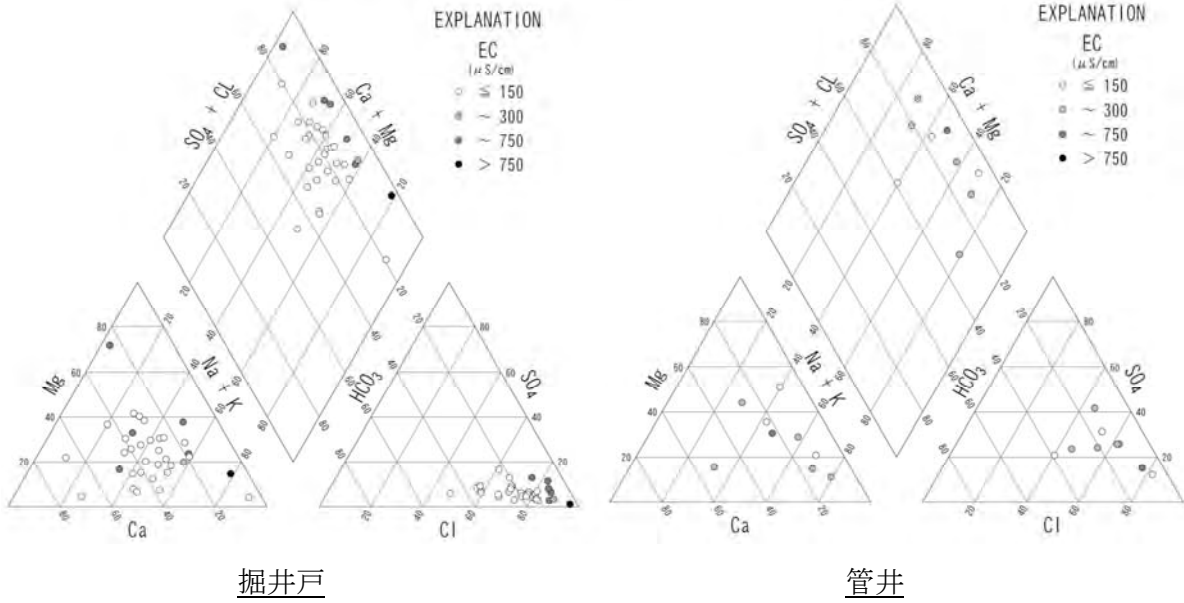
当地の地下水は、主要イオンに占める塩素イオンやナトリウムイオンの割合が大きい（図 3-2-2-7）。このため、塩素イオン濃度と電気伝導度の相関がよく、約 750  $\mu$ S/cm が塩味を感じる限界とされる 200 mg/l の塩素イオン濃度に相当するものと推定される（図 3-2-2-7）。両イオンの割合が大きいのは、海洋塩分の影響と推定される。タンリン北東端や西端の川に近い沖積層では、塩水侵入が報告されている。

また、鉄分は、一般に 0.3 mg/l の濃度を超えると水が色づきまた、0.5 mg/l～1.0mg/l を超えると金属臭味がするといわれる。当地地下水は、これらに濃度を超える鉄分が含まれるものが多い（図 3-2-2-8）。pH は、5.2～8.7 と変化に富む（表 3-2-2-6）。

丘陵の東側の低地における調査資料は乏しい。聞き取りによれば、トングア付近では、深度 100m 以浅が塩水化している。

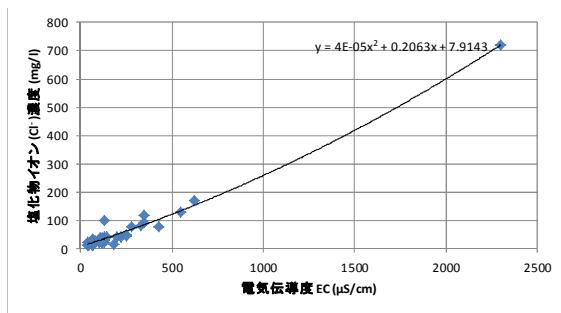
表 3-2-2-6 タンリンーチャウタン丘陵付近の井戸水水質試験結果（Win Naing et al., 1991）

試料番号	場所	井戸形式	pH	EC ( $\mu$ S/cm)	TDS (ppm)	主陰イオン				主陽イオン				備考
						CO <sub>3</sub> (ppm)	HCO <sub>3</sub> (ppm)	CL (ppm)	SO <sub>4</sub> (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na&K (ppm)	Fe (ppm)	
1	Nan oo kaung	掘井戸	7.62	130	70		18	31	4	7.21	2.4	10.01	0.03	
2	Taukthordwin	掘井戸	7.54	110	70		16	36	4	5.61	2.88	122.2		
3	Thanlyin downtown	掘井戸	6.52	330	200		12	80	8	4	6.72	17.03		
4	Nyaungthonbin	掘井戸	7.53	60	30		12	23	4	2.4	2.4	8.8		
5	Natsingon	掘井戸	6.16	50	30		14	19	1.68	4.8	0.96	5.23	3	
6	Okkyin	掘井戸	8.68	2300	1600	8	20	720	12	19.23	24.96	263	2.09	
7	Aungthukha	掘井戸	7.23	620	400		22	170	32	46.49	9.6	39.4	0.34	
8	Daragah	掘井戸	6.78	430	280		12	77	10	15.23	8.64	16.1		乾期に枯渇
9	Thanpigon	掘井戸	6.71	350	220		18	92	4	8.01	6.24	29.8		
10	Pegusu	掘井戸	6.13	280	180		12	77	4	8.01	4.32	24.7		
11	Myothit	掘井戸	5.21	100	60		12	23	6	12.02	2.4	2.45		
12	Western ward	掘井戸	5.76	130	80		18	34	6	6.4	5.28	9		時々乾期に固結
13	Sancheinmi	掘井戸	8.32	550	350	8	18	130	30	23.24	40.8	3.8		
14	Singon	掘井戸	6.03	140	90		14	41	4	4	2.88	14.85		
15	Kyaukyedwin	掘井戸	6.89	60	40		16	15	3	5.61	2.88	3.1	0.6	
16	Chanmyeithaga	掘井戸	6.9	130	80		16	41	4	6.41	4.56	12.6	0.7	
17	Aungdhantha	掘井戸	6.31	140	90		14	42	3	5.61	4.32	12.2	0.3	
18	Shegon	掘井戸	8.04	70	45		12	12	2.6	5.61	2.64	5.1	0.8	乾期に枯渇
19	Kyaukyedwin	掘井戸	8.48	40	26	4	12	12	2	4.8	0.96	7.5	0.9	
20	Lehyetsang	掘井戸	6.17	60	36		14	14	2.14	4.8	1.44	10	0.6	
21	Pyindaunggyaung	掘井戸	6.55	40	24		12	12	1.68	4	0.48	6.9		
22	Kyaukyedwin	掘井戸	7.73	45	30		10	10	2.14	4.8	0.48	5.3	1.5	乾期に枯渇
23	Ale ywa	掘井戸	7.31	130	84		14	22	8	12.02	0.48	5.4		
24	Kyaungkan	掘井戸	7.21	40	26		12	22	3.42	4.8	1.67	8.5		乾期に枯渇
25	Myavayo	掘井戸	7.19	140	96		12	40	3.62	6.41	3.36	11.9		
26	Shanzu	掘井戸	8.03	50	32		14	19	2.12	5.61	0.48	6.6		
27	Alat ywa	掘井戸	8.43	80	50		10	28	3.21	7.21	2.85	7.5		乾期に枯渇
28	Nyaungwaung	掘井戸	8.72	80	50		12	27	2.26	6.41	1.44	8.1	2	
29	Banbwegon	掘井戸	7.93	70	45		12	32	3.12	5.61	2.54	11.8		乾期に枯渇
30	Shwebyauk	掘井戸	7.72	110	70		10	32	1.84	4.8	2.88	7.6	2.08	乾期に枯渇
31	Kuaikkamau	掘井戸	6.72	60	36		12	30	2.42	4	3.36	5	0.75	
32	Pdanpetaya	掘井戸	6.69	60	36		12	22	1.22	5.61	1.92	5.1	0.65	
33	Aduttaw	掘井戸	6.55	100	60		10	34	1.48	4.8	1.92	11		
34	Padagyi	掘井戸	5.2	60	36		8	26	1.44	4	1.92	5.1	1.34	
35	Glas factory	掘井戸	6.35	120	70		10	37	4.24	6.41	5.28	6.9	2.62	
36	Shwegon	管井	6.49	250	150		16	50	28	4.01	5.28	20.6	5	井戸番号 2/6378
37	Singam	管井	6.58	100	50		40	24	16.8	2.4	8.16	12.4	0.5	井戸番号 4/6379
38	Shwegon	管井	6.83	220	140		26	40	23.84	16.08	2.88	11.8	4.5	井戸番号 42/6380
39	Shwegon	管井	6.75	200	130		20	40	49.92	4.8	2.88	27	3.09	井戸番号 5/6381
40	Shwegon	管井	7.27	180	100		20	17	12	4.81	3.36	47	6	井戸番号 7/6383
41	Shwegon	管井	6.75	250	150		16	46	26	8.81	8.64	11	5	井戸番号 9/6385
42	Hospital	管井	6.29	120	70		10	20	16	4.008	3.89	9.1	2.54	井戸番号 10/6386
43	Regiment(90)	管井	6.15	130	100		12	100	20	4.81	5.76	37.2	4.25	井戸番号 13/6389
44	Police station	管井	7.59	350	220		22	120	32	14.42	12	36	4.5	井戸番号 15/6391



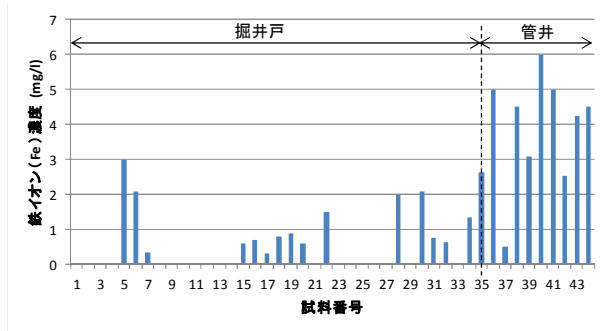
出典: Win Naing et al.(1991) のデータを図化。

図 3-2-2-7 タンリンーチャウタン丘陵付近の井戸主要イオンのトリリニアダイアグラム



出典: Win Naing et al.(1991) のデータを図化。

図 3-2-2-9 電気伝導度と塩素イオン濃度の関係



出典: 同左

図 3-2-2-8 井戸水の鉄イオンの濃度

### 3-2-3 既存井戸インベントリ調査

#### 3-2-3-1 概要

既存井戸インベントリ調査は2012年10月2日に National Engineering and Planning Services Co. Limited (NEPS)との委託契約を結び、2013年1月末までの約4カ月間で実施した。調査はティラワ経済特別区及び周辺区域の地下水利用の実態把握を通じ、SEZ 周辺地区の帯水層の能力を推量するとともに、将来の SEZ 周辺の新規地下水開発の可能性の評価への基礎資料を得ることを目的とした。調査概要は以下のとおりである。

### (1) 対象地

調査対象地点は、SEZ 地区の東側に広がるタンリン (Thanlywin)、チャウタン (Kyauktan)、カヤン (Kayan) 及びトングア (Thongwa) の 4 タウンシップ、92 村落であった。図 3-2-3-1 に調査対象の村落を示す。

- Thanlywin Township (29 village groups)
- Kyauktan Township (25 village groups)
- Kayan Township (17 village groups)
- Thongwa Township (21 village groups)

### (2) 調査の手順及び対象時期

委託調査は、各タウンシップに残される井戸台帳より基本的な井戸情報を抽出し、表 3-2-3-1 に示すアンケート調査票への記載を行った。また、すべて井戸において現地調査を行い不足情報の補足を行った。現地調査は 2012 年 12 月末に終了したことから、本成果は 2012 年末の水源地情報を収集したこととなる。これらを整理しデータベースへの登録を 1 月末までに終了した。

#### インベントリ調査の手順

- 既存資料 (井戸台帳) 整理
- インベントリ調査 (質問票調査)
- インベントリ調査 (現地調査)
- データベース構築

### (3) 調査概況

現地でのアンケート調査は複数のチームにより雨季があける 10 月第 1 週より 2 月末までの 3 ヶ月間にて行った。事前にタウンシップに残される井戸台帳より全施設 (15,252 施設) 登録情報を調べ、これらの全数について現地に出向き所有者への聞き取りを行った。登録施設 15,252 箇所のうち、約 4% が廃棄・埋戻し上、崩落などにより井戸は残されず確認することはできなかったが、14,691 箇所については、施設は確認でき、使用に給されていた。表 3-2-3-2 にタウンシップ別の箇所数、また図 3-2-3-2 にそれぞれの施設位置を示す。

井戸の分布は、家屋が密集するタンリン地区とチャウタン地区で多く、全体の 9 割以上を占め、田園が広がるカヤン地区、トングア地区では 6% 程度である。これらの井戸の分布は概ね人口密集域および集落の分布と重なる。

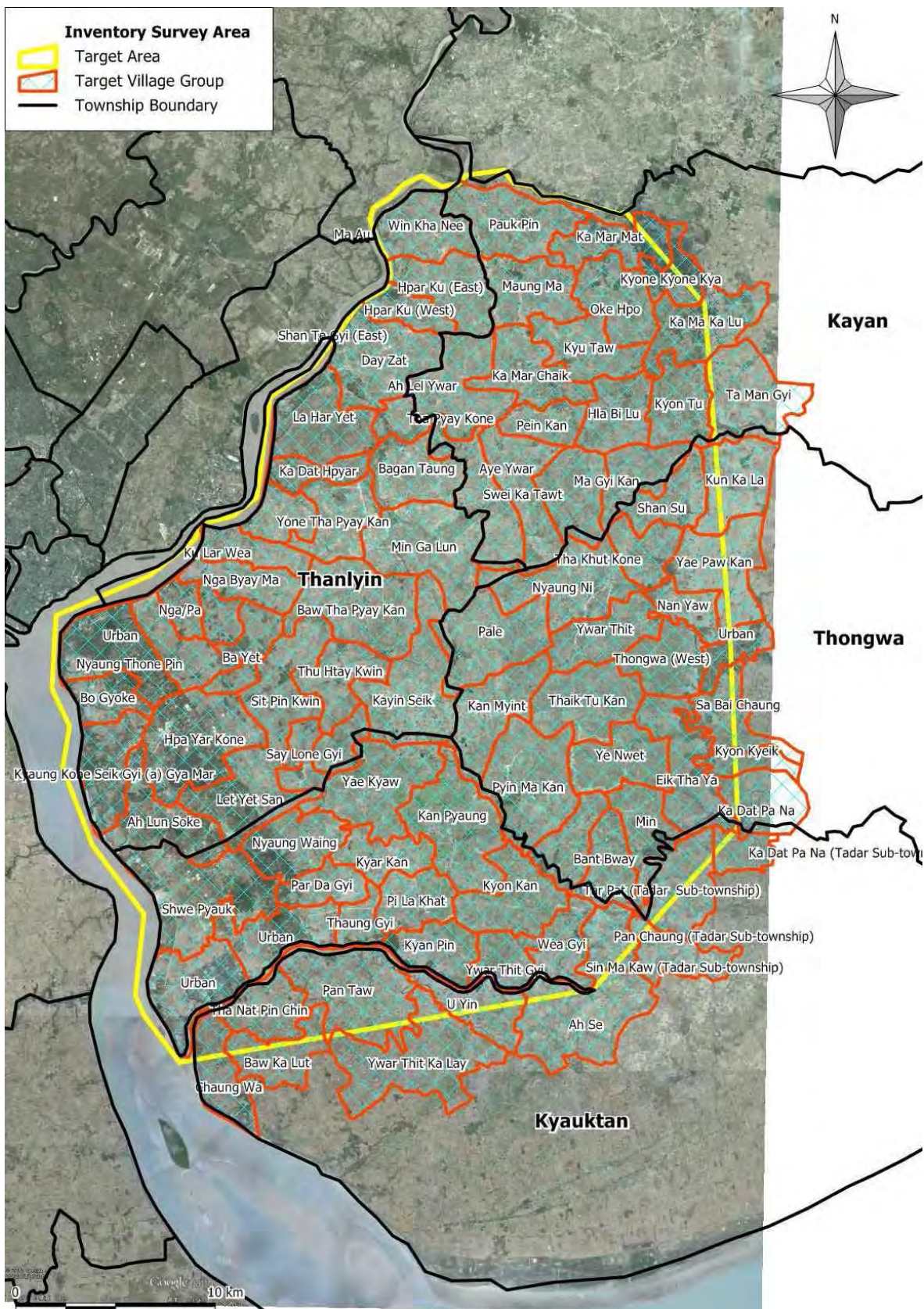


図 3-2-3-1 調査対象村落

表 3-2-3-1 アンケート調査票

Inventory Survey for Water Points

Questionnaire Sheet No. ....

Name of Facility	Facility Name					(Remarks)
	Facility ID					
	Water point ID					
Location	Facility Location					(Remarks)
	Lat (WGS84)	D	M	S		
	Lon (WGS84)	D	M	S		
	Address of Owner					
Purpose	Purpose	drinking	domestic	agriculture	industry	Others (Fishery, Building O.M etc )
	Agriculture Use	for paddy field	for dry field	for arboriculture	for green house	Others (Street Greenery Gardening etc)
Dependence	Dependence	with SW sources	groundwater	emergency water	Others (degree of dependence etc )	
Status of Use	Frequency of Use	full time	times in month	times in week	No use	Others (seasonal and emergency use etc)
	Used Hours	hr/day	hr/week	hr/month	hr/year	Others ( )
	Test for Pumping	done	not done			Others ( )
	Date of Test	Y	M	D		
	Pumping Rate	l/min				
	Measured Applied	measuring meters	using measures			Others ( )
Facility Type	Kinds of Facility	shallow well	deep well	collecting channel spring		Others ( )
	Kinds of Well	dug well	driving well	tube well		Others ( )
Facility Structure	Facility Structure	open hole	stone arrangement	concrete lining	steel casing	Others ( )
	Structure Drawing	done	not done	Contractor Name		
	Dimension	m x m		m		
	Depth of facility	m				
	Configuration	circular		square		Others ( )
	Screen Position (1)	from top of casing	m			m
Screen Position (2)	from top of casing	m			m	
Screen Position (3)	from top of casing	m			m	
Aquifer	Geological Log	done	not done	Contractor Name		
	Type of Aquifer	Alluvium	Tertiary Formation	Pre-Tertiary	Volcanics	Others ( )
	Aquifer Test	done	not done	Contractor Name		
	Well Yield	l/min/m				
	Transmissivity	m <sup>2</sup> /day				
Pump	Pump Type	electrical pump	hand pump			Others ( )
	Pump Loc.	from top of casing	m			
Groundwater Obstacles	GW Obstacles	Observed	Not Observed			
	Status of Obstacles	decreasing amount	increasing amount	wording quality	Rising up well	Others (seawater intrusion & etc )
	Reason of obstacles					Others (not specified reason & etc )
Future Use	Future Use	continue current use	increasing use	decreasing use	stop use	Others (not planned & etc )

Remarks:

表 3-2-3-2 インベントリ調査数

タウンシップ	Village Groups の数	台帳登録施設数	現地調査で確認された施設数
Thanlyin	29	10,849	10,786 (73%)
Kyauktan	25	3,028	3,025 (21%)
Kayan	17	1,146	651 (4%)
Tho ngwa	21	229	229 (2%)
SUM	92	15,252	14,691 (100%)

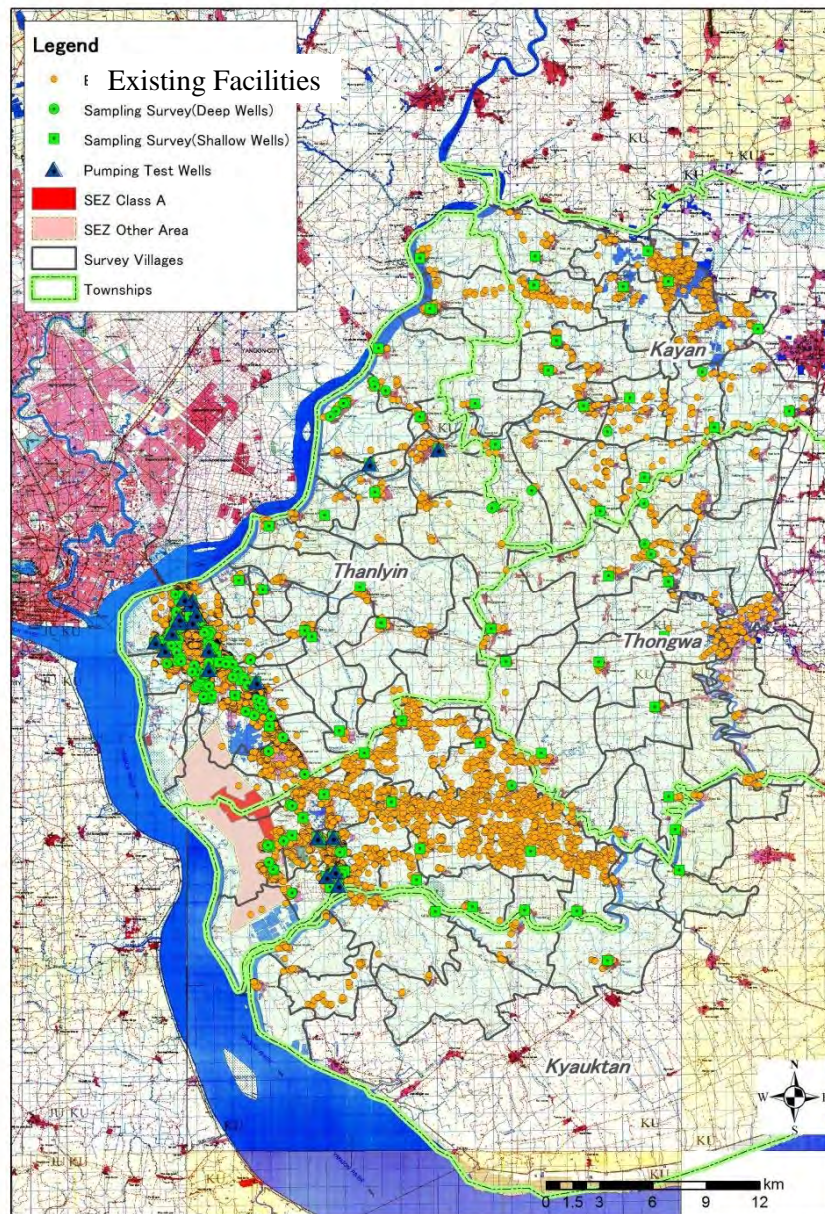


図 3-2-3-2 施設位置図

#### (4) 利用形態

対象村落には、水源として、浅井戸、管井及び溜池が認められるが、水源を用途別からみると、浅井戸、管井などの井戸施設は生活・上水用水源用、溜池は多用途に養殖、生活・上水用の他、一部農業に活用されている。

図 3-2-3-3 に施設例を示す。井戸利用においては、公共施設では、水中ポンプ、またはエアリフト・ポンプで揚水し、これを小規模の管路で各家庭まで配水しているものが多い。また家庭用の井戸はバケツ、またはエアリフト・ポンプ等を使い利用する。溜池利用においては、雨

季は自然流下で利用できる施設も見受けられるが、乾季末には、水位が極端に低下することから多くの施設でポンプを使い揚水を行っている。



釣瓶使用の掘井戸  
(タンリン地区)

手押しポンプ使用の掘井戸  
(タンリン地区)



エアリフトポンプ使用の管井  
(タンリン地区)

ため池  
(トングア地区、直接溜池よりバケツにて生活用水を取水)

図 3-2-3-3 施設の状況

#### (5) 一斉観測井戸および揚水試験候補井戸の選定

##### 1) 一斉観測（モニタリング）井戸

調査地区にある約 12000 本の井戸より、概ね深度 30m 程度を境界とし、これより浅いものを「浅井戸」、また深いものを「深井戸」とし、各々100 箇所を選定した。選定条件を、

- 測水（サンプリング）調査及び孔口より水位観測が可能であること
- 調査域全体に観測井戸が集中せず分散した観測井戸配置とすること

として、既存井戸を各村落グループ別に区分し、グループ別に測水可能な井戸を現地条件に照らし順次選定した。選定結果は、図 3-2-3-4 (右図)に示すとおりである。



## 2) 揚水試験候補井戸

調査地区における帯水層の水理定数をより広く把握することを目的として、既存井戸における揚水試験の実施を計画した。揚水試験井戸は、モニタリング井戸より、既存の井戸が設置され、利用者より試験揚水が許可される20箇所を候補として選定した（図 3-2-3-4 左側）。

これらの条件を満足する既存井戸は、タンリントウンシップ、チャウタントウンシップの市街地に集中する結果となった。一般に、管井は閉塞されて水位測定が困難であり、また、堀井戸は分布が限られている。これらの候補井戸について訪問調査した結果、最終的に3か所で揚水試験を実施した（「3-2-13 既存井戸の揚水試験」参照）。

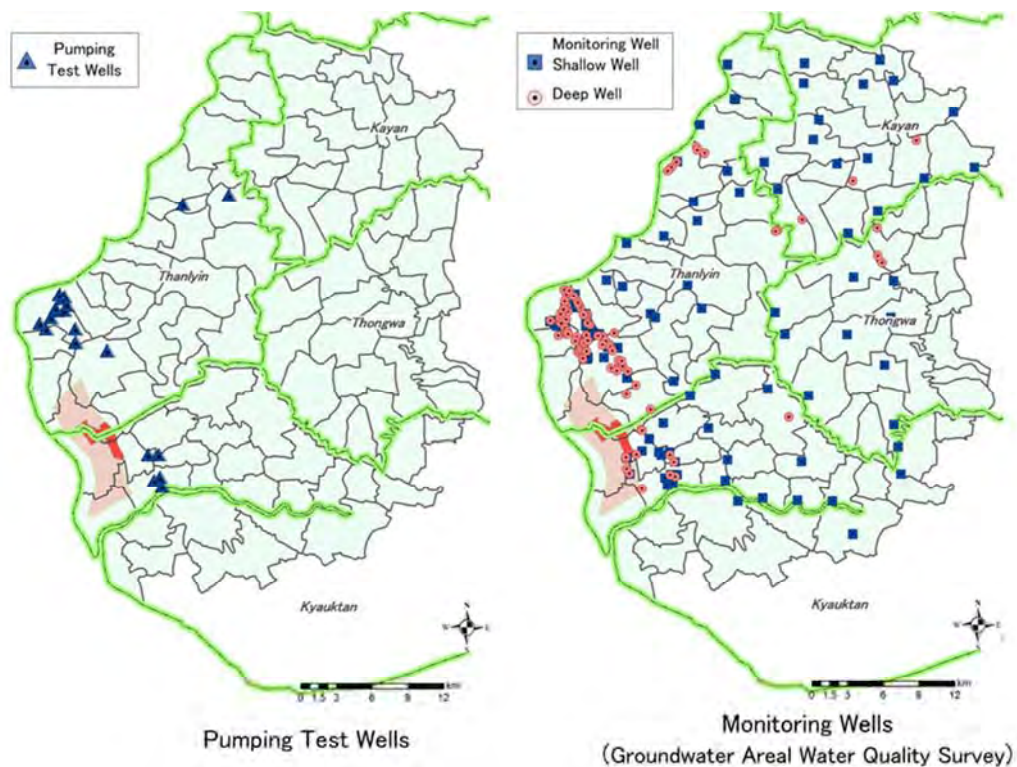


図 3-2-3-4 モニタリング井戸・揚水試験候補井戸位置図

### 3-2-3-2 調査結果詳細

#### (1) 水源施設の分布とタウンシップ別水利用量

##### 1) 井戸

調査地の井戸には、管井（Tube Well）と堀井戸（Dug Well）がある。管井は、ボーリング機により掘削し、小口径の塩ビ管または鉄管のスクリーンとケーシングを設置している。堀井戸は、人力により掘削された大口径井戸で、素掘りまたはレンガや石でケーシングをほどこしている。これらの井戸のタウンシップ別の数と推定揚水量を図 3-2-3-5 および表 3-2-3-3 に、また、井戸の分布を図 3-2-3-7 と図 3-2-3-8 に示す。

調査地内には、8,028本の管井があるが、その90%がタンリンに、8%がチャウタンにあり、

トンガワとカヤンはそれぞれ1%に過ぎない。また、堀井戸は、4,381本あるが、その75%がタンリンに、25%がチャウタンにあり、トンガワとカヤンに利用されている堀井戸はない。また、井戸の分布図からわかるように、タンリンーチャウタン丘陵およびその近傍に大部分の井戸があり、東方の平野部では管井が散在しているのみである。

推定揚水量は、まず、質問票中の井戸の揚水能力に1日当たりの揚水時間を乗じて集計し、次いでこれにデータ不明の井戸数の割合分を付加して算出した。調査地の総揚水量は、約17,000m<sup>3</sup>/日であり、その81%の約13,500m<sup>3</sup>/日がタンリン、15%の約2,500m<sup>3</sup>/日がチャウタンが占める。トンガワ、カヤンは、それぞれ、1%（215m<sup>3</sup>/日）、3%（586m<sup>3</sup>/日）に過ぎない。大部分の揚水は、タンリンーチャウタン丘陵および近傍で行われ、東方平野部では、11%、約1,800m<sup>3</sup>/日程度の揚水量と推定される。

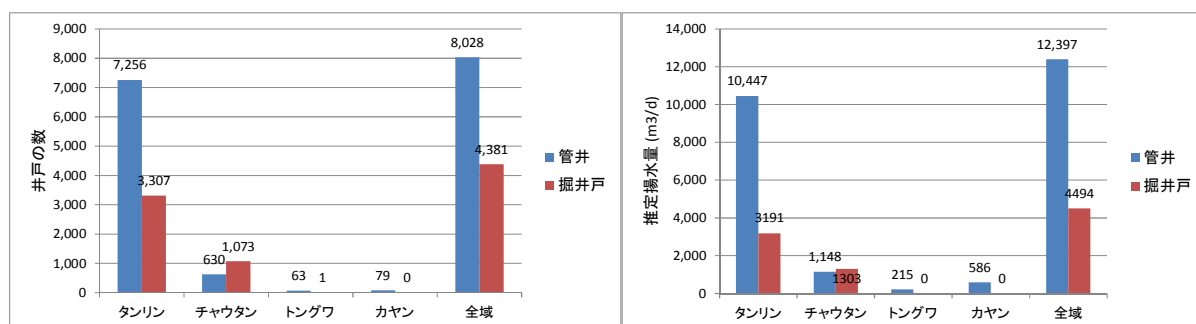


図 3-2-3-5 調査地域における井戸の数と揚水量

## 2) ため池

図 3-2-3-6 および表 3-2-3-4 に示すように、調査地には2,280か所のため池があり、大部分が平野部にある。総貯水容量は、13,500千m<sup>3</sup>であり、カヤンで容量が大きい。チャウタンで数が多いがこれは小さなものも対象としているためである。

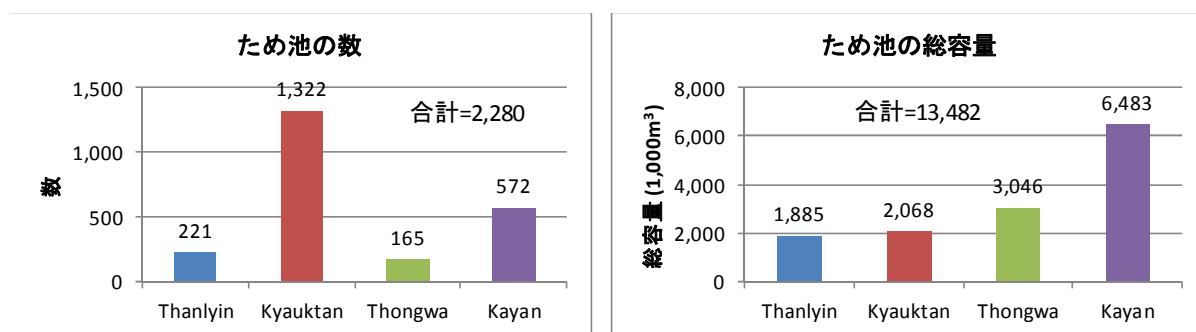


図 3-2-3-6 調査地域のため池の数と容量

表 3-2-3-3 調査地域における井戸の数と推定揚水量

井戸の種類	項目	タンリン	チャウタン	トングワ	カヤン	全域	
管井	井戸数	使用中	7,113	551	59	70	7,793
		不使用	143	79	4	9	235
		計	<b>7,256</b> 90%	<b>630</b> 8%	<b>63</b> 1%	<b>79</b> 1%	<b>8,028</b> 100%
	揚水量	データ数	6,212	398	53	70	6,733
		全データ揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	9,124	829	193	586	10,733
		最大(m <sup>3</sup> /日)	72.0	29.7	40.8	24.8	72
		最小 (m <sup>3</sup> /日)	0.01	0.01	0.50	0.60	0.01
		平均 (m <sup>3</sup> /日)	1.46	2.08	3.65	8.37	1.59
		推定総揚水量 (m <sup>3</sup> /d日)	<b>10,447</b> 84%	<b>1,148</b> 9%	<b>215</b> 2%	<b>586</b> 5%	<b>12,397</b> 100%
	掘井戸	井戸数	使用中	3,178	1,029	0	0
不使用			129	44	1	0	174
計			<b>3,307</b> 75%	<b>1,073</b> 24%	<b>1</b> 0%	<b>0</b> 0%	<b>4,381</b> 100%
揚水量		データ数	1,530	47	0	0	1,577
		全データ揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	1,536	60	0	0	1,596
		最大(m <sup>3</sup> /日)	64.8	19.2	0	0	65
		最小 (m <sup>3</sup> /日)	0.00384	0.03	0	0	0.00
		平均 (m <sup>3</sup> /日)	1.00	1.27	0	0	1.01
		推定総揚水量 (m <sup>3</sup> /d日)	<b>3191</b> 71%	<b>1303</b> 29%	<b>0</b> 0%	<b>0</b> 0%	<b>4494</b> 100%
全井戸		井戸数	使用中	10,291	1,580	59	70
	不使用		272	123	5	9	409
	計		<b>10,563</b> 85%	<b>1,703</b> 14%	<b>64</b> 1%	<b>79</b> 1%	<b>12,409</b> 100%
	揚水量	推定総揚水量 (m <sup>3</sup> /日)	<b>13,639</b> 81%	<b>2,451</b> 15%	<b>215</b> 1%	<b>586</b> 3%	<b>16,891</b> 100%

表 3-2-3-4 調査地域のため池の数と容量

項目	タンリン	チャウタン	トングワ	カヤン	全体	
箇所数	<b>221</b> 10%	<b>1,322</b> 58%	<b>165</b> 7%	<b>572</b> 25%	<b>2,280</b> 100%	
容量 (m <sup>3</sup> )	計	<b>1,885,033</b> 14%	<b>2,067,556</b> 15%	<b>3,045,956</b> 23%	<b>6,483,244</b> 48%	<b>13,481,789</b> 100%
	最大	178,204	28,285	251,957	117,344	251,957
	中央値	5,448	680	10,206	7,785	-
	最小	307	5	68	384	5
長さ (m)	最大	244	91	376	402	402
	中央値	51	18	61	80	-
	最小	14	1	6	14	1
幅 (m)	最大	411	122	274	209	411
	中央値	40	18	46	51	-
	最小	12	1	6	4	1
深さ (m)	最大	7.6	10.4	7.6	6.1	10
	中央値	2.4	2.1	3.1	1.5	-
	最小	0.6	0.3	1.3	1.2	0.3
	平均	2.7	2.3	3.4	1.9	2.3

注) チャウタンのみ、小さなため池も調査対象。

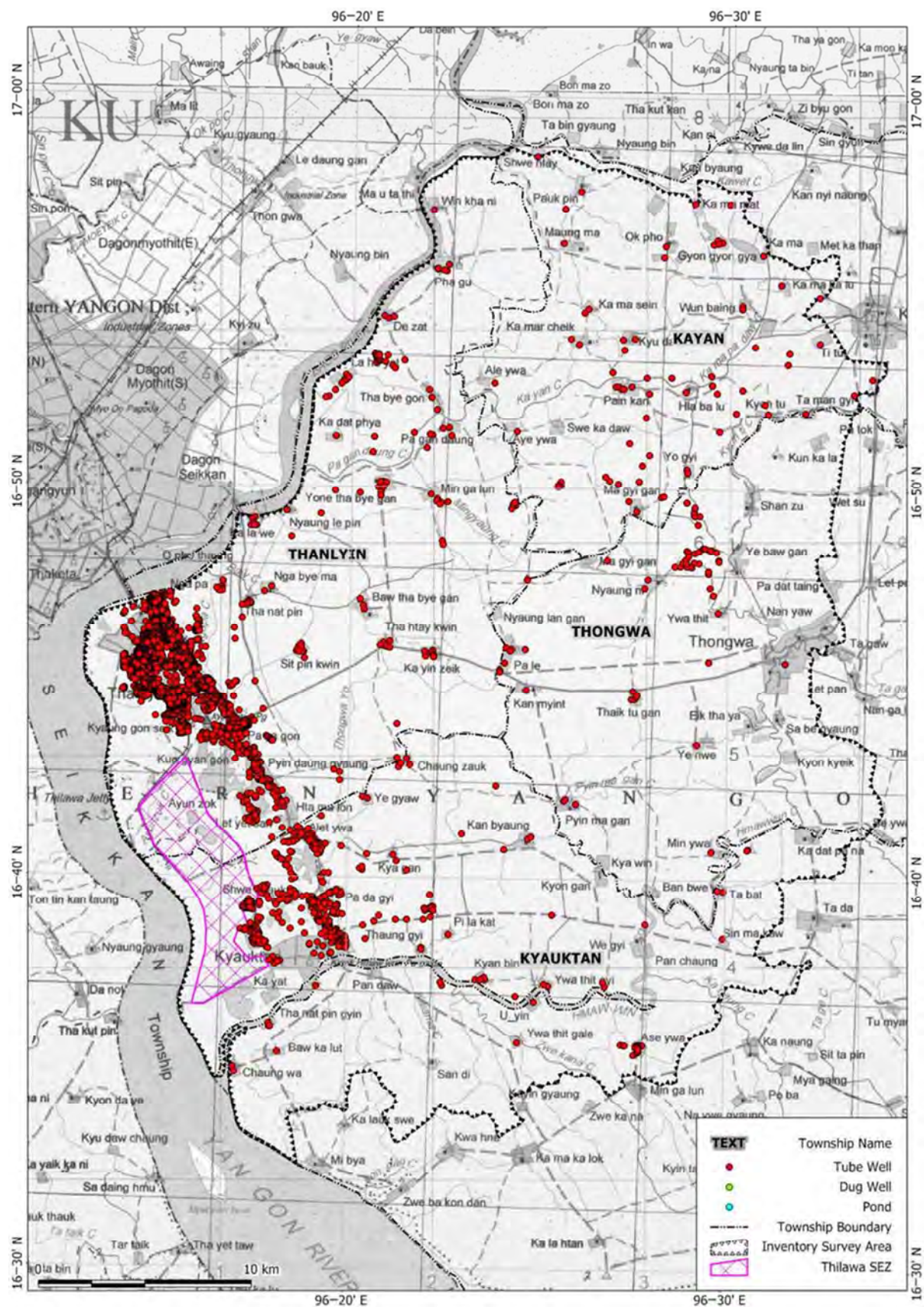


図 3-2-3-7 調査地域における管井(Tube Well)の分布

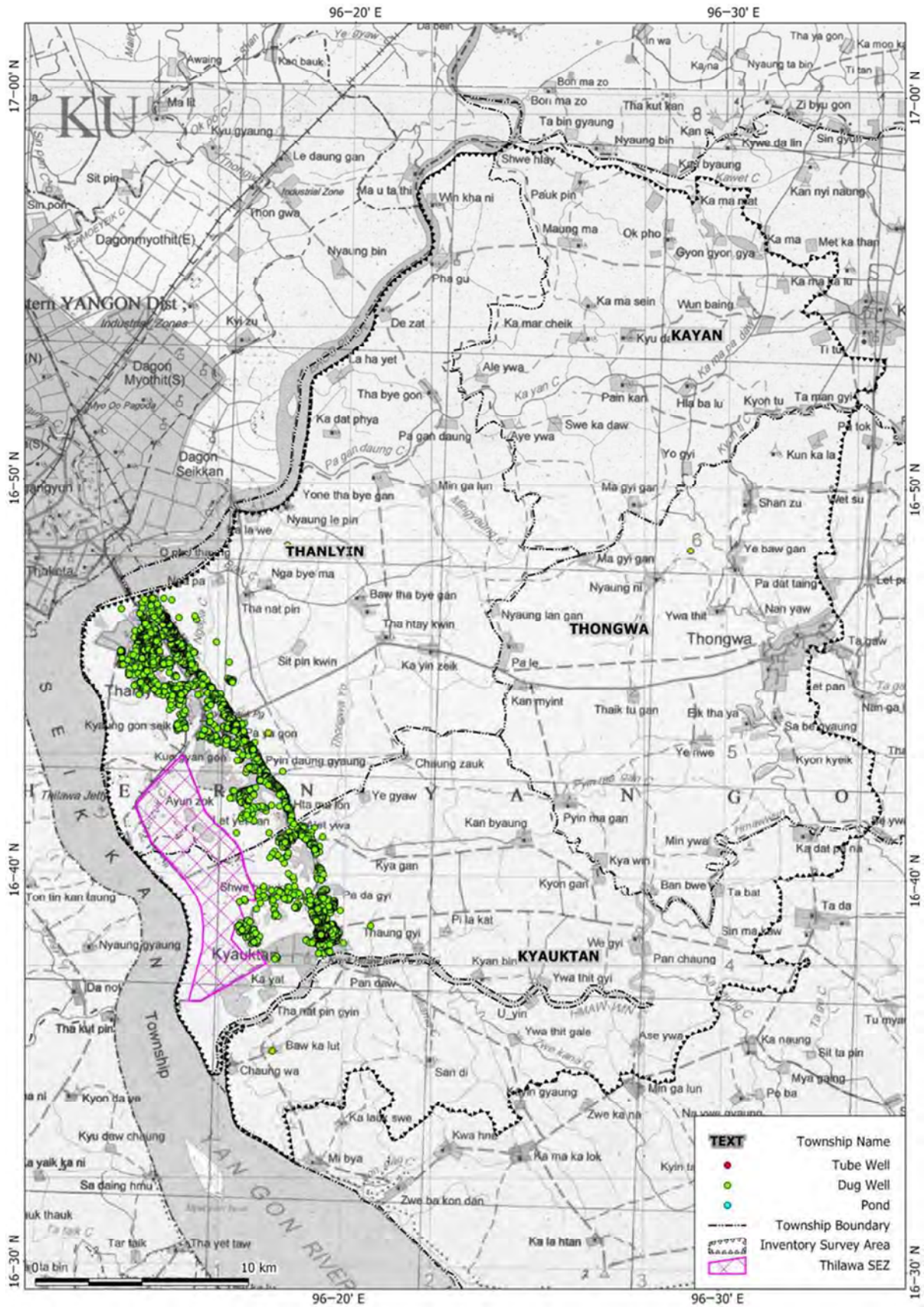


図 3-2-3-8 調査地域における掘井戸(Dug Well)の分布

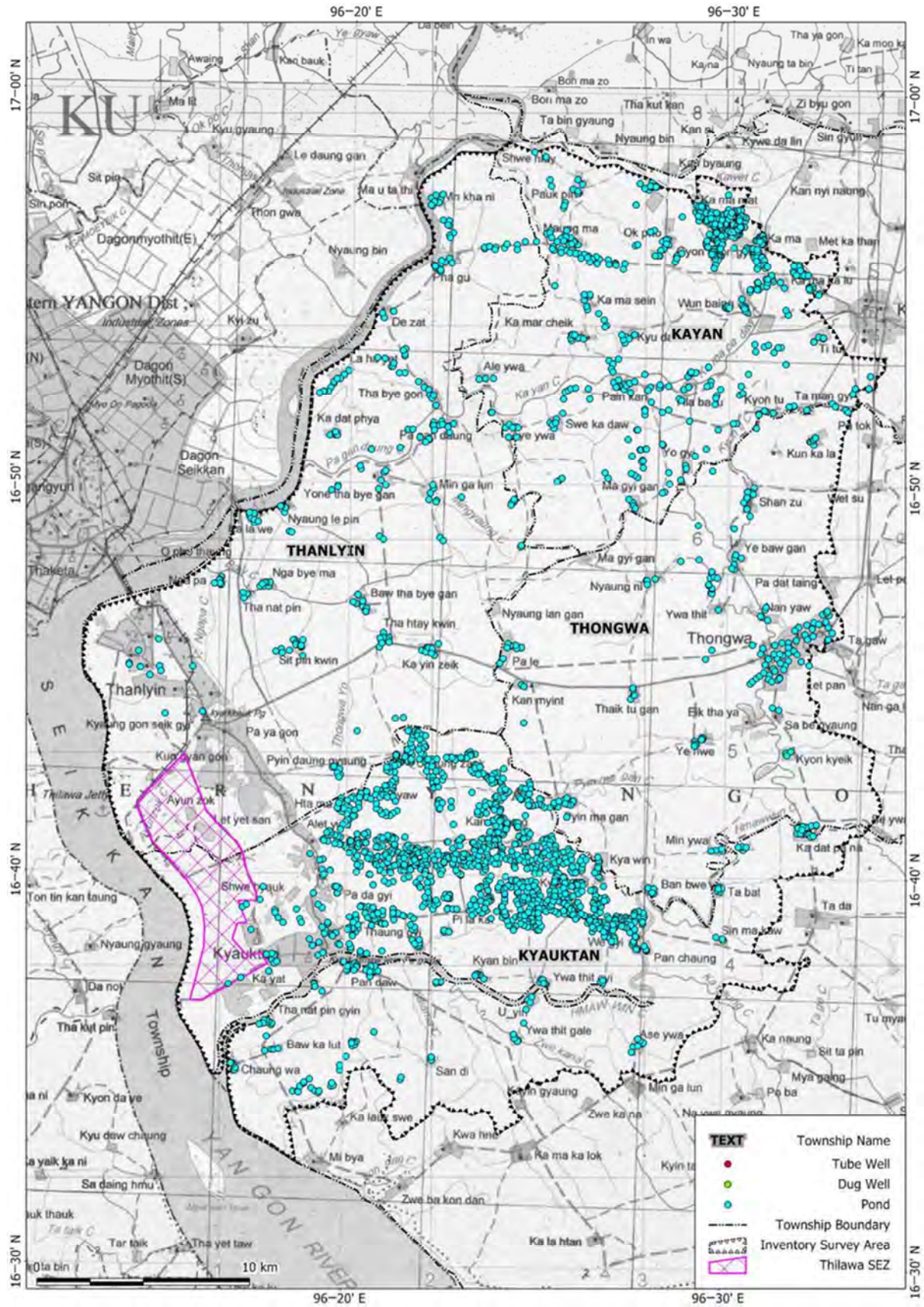


図 3-2-3-9 調査地域におけるため池の分布

## (2) 管井 (Tube Well) の諸元

### 1) 設置年

図 3-2-3-10 に示すように、管井は 1995 年以降急激に数を増やしており、現在も増え続けているものと推定される。

### 2) 深度

図 3-2-3-11 および図 3-2-3-16 ～図 3-2-3-19 に管井の深度分布を示す。管井の深度分布は、丘陵のあるタンリン、チャウタンと、平野にあるトングア、カヤンとで大きくことなる。前者では、深度 30m～40m に井戸が最も多く、百数十mまで数は減少するものの連続的な分布があるのに対し、後者では、深度 20m 以浅と 100～110m 以深にのみ分布し、これらの間の井戸は少ない。これは、平野部では 20m～110m 付近に利用可能な水質の帯水層が分布していないことを暗示している。また、タンリン、チャウタンでは深度 100m 付近にも小さな分布のピークがある。

### 3) 口径

図 3-2-3-12 に示すように、管井の口径は、多くは 2” (0.05m) であり、4” (0.10m) を超える井戸は、タンリンにのみ分布する

### 4) 一日の揚水時間

図 3-2-3-13 に示すように、管井による 1 日の揚水時間は、1 時間以下が多くを占め、3 時間を超える井戸は、少ない。カヤンでは、長時間使用する井戸が多いが、これは、公共用井戸が多く、また、必要量に対して井戸の能力が小さいためと推定される

### 5) 1 時間当りの揚水能力

図 3-2-3-14 に示すように、管井の揚水能力の分布のピークは、20～40 l/min、60～70 l/min および 200 ～300 l/min 付近にある。カヤンではすべて 20～30 l/min 以下であるが、他の郡区では 200～400 l/min の大きな能力のものも分布する。

### 6) 1 日の揚水量

図 3-2-3-15 に示すように、管井の 1 日の揚水量は、1 m<sup>3</sup> 以下が多く、数 m<sup>3</sup> 以下が大部分を占める。平均は、表 3-2-3-3 に示すように、タンリン 1.46 m<sup>3</sup>/日、チャウタン 2.08 m<sup>3</sup>/日、トングア 3.65 m<sup>3</sup>/日、トングア 8.37 m<sup>3</sup>/日である。トングアとカヤンで平均値が大きいのは、公共給水用井戸が多いためと考えられる。

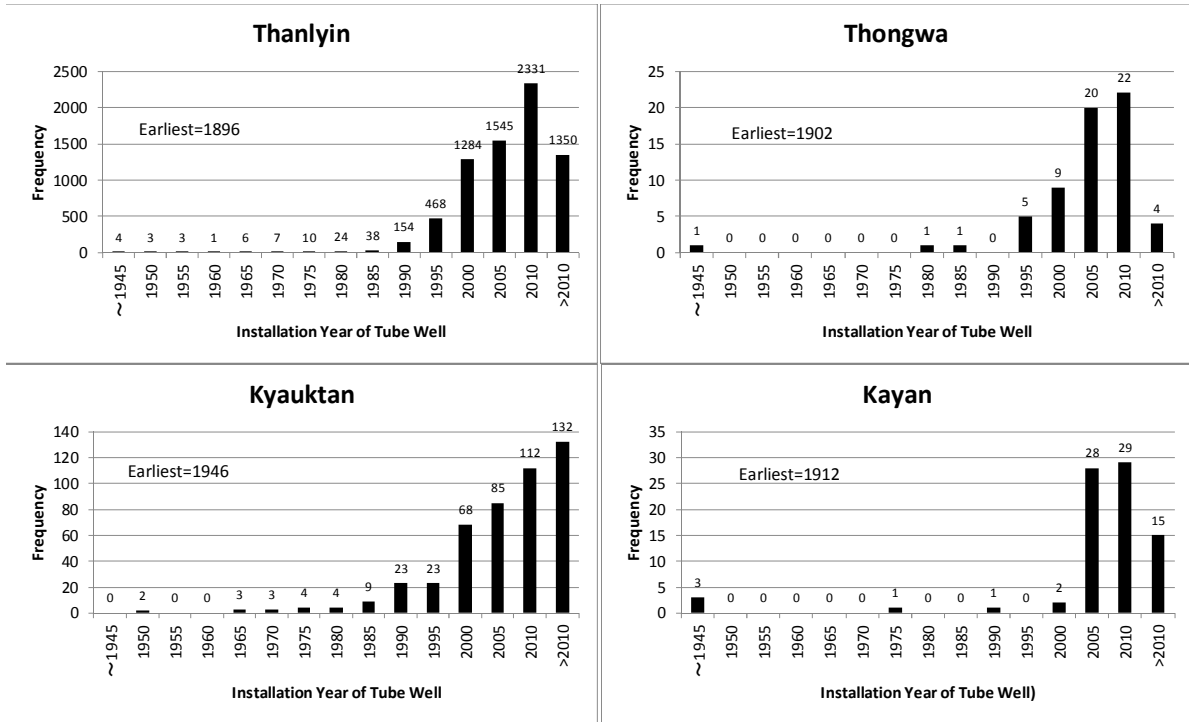


図 3-2-3-10 管井の設置年（2012年12月現在）

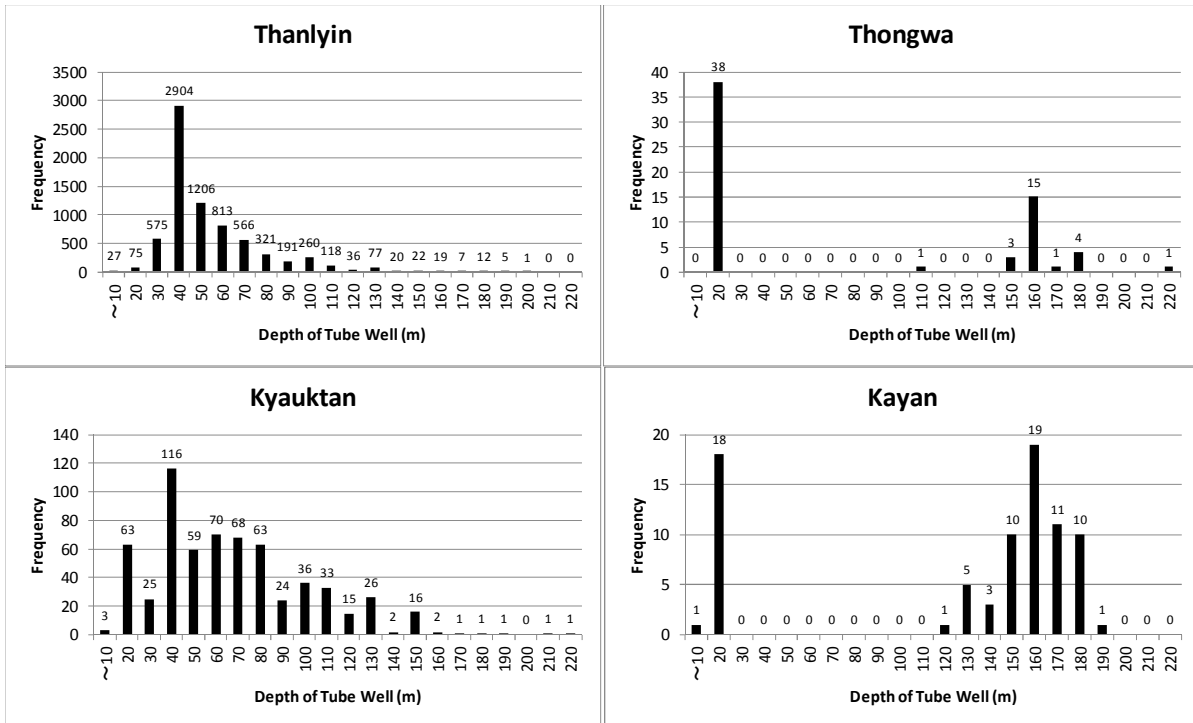


図 3-2-3-11 管井の深さ



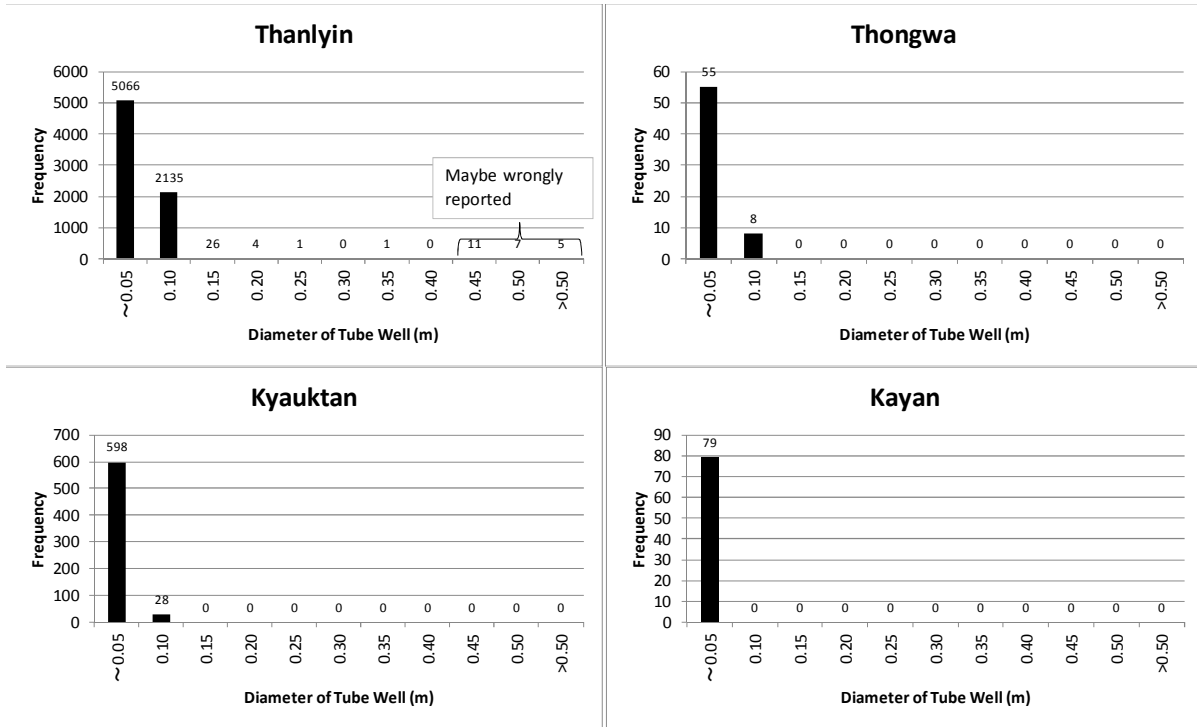


図 3-2-3-12 管井の口径

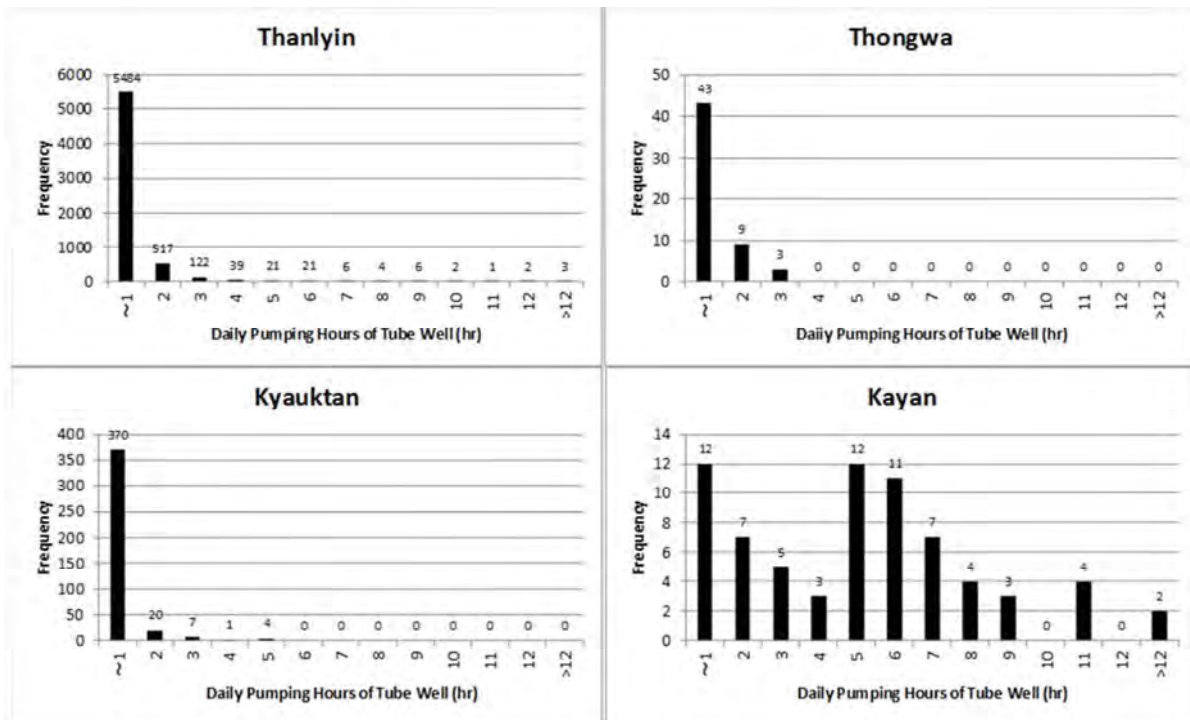


図 3-2-3-13 管井の一日当りの揚水時間

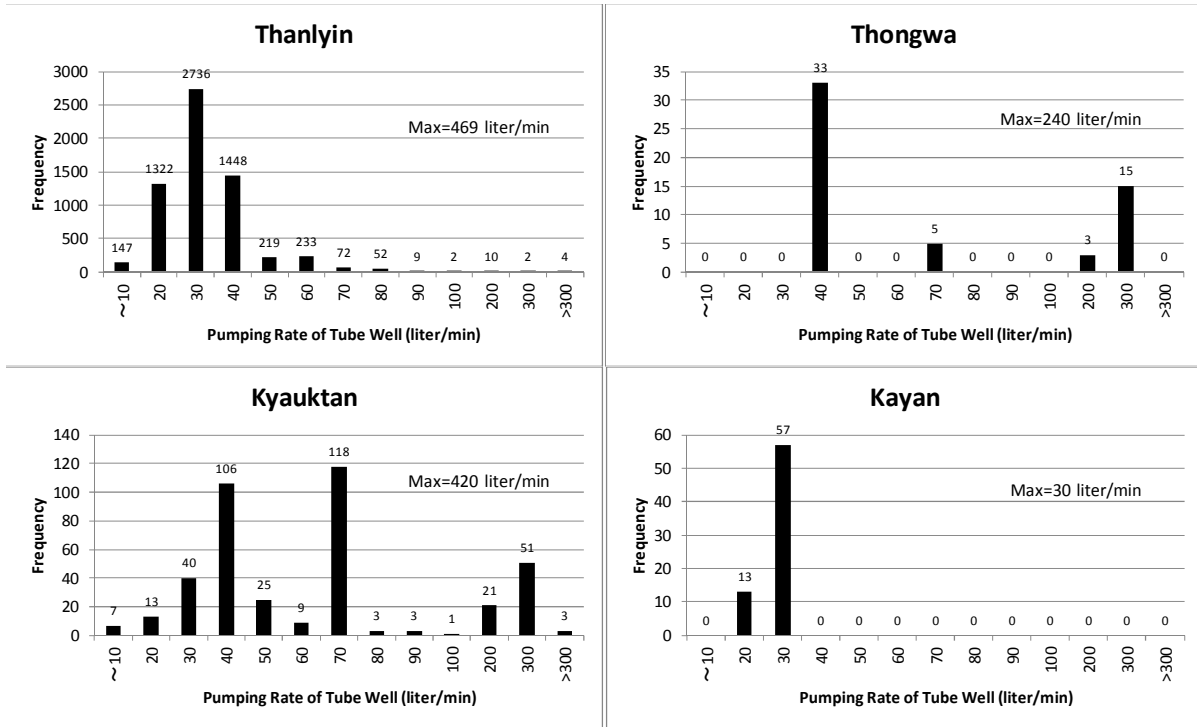


図 3-2-3-14 管井の揚水能力

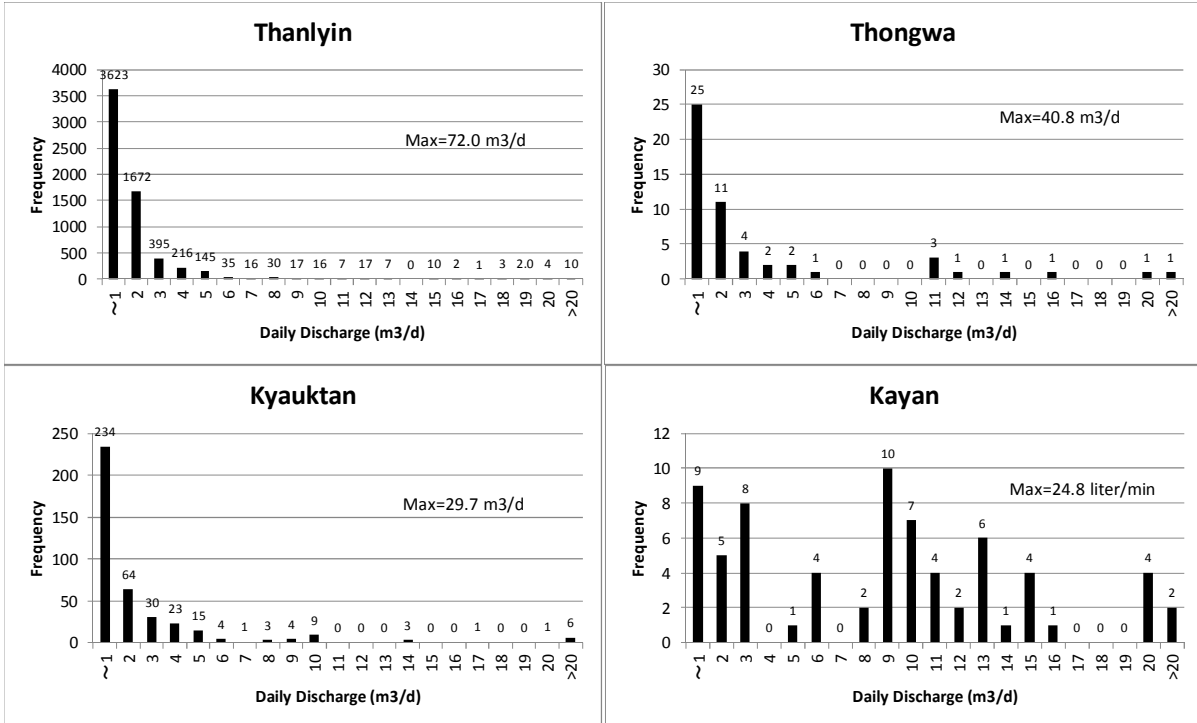


図 3-2-3-15 管井の一日あたり揚水量

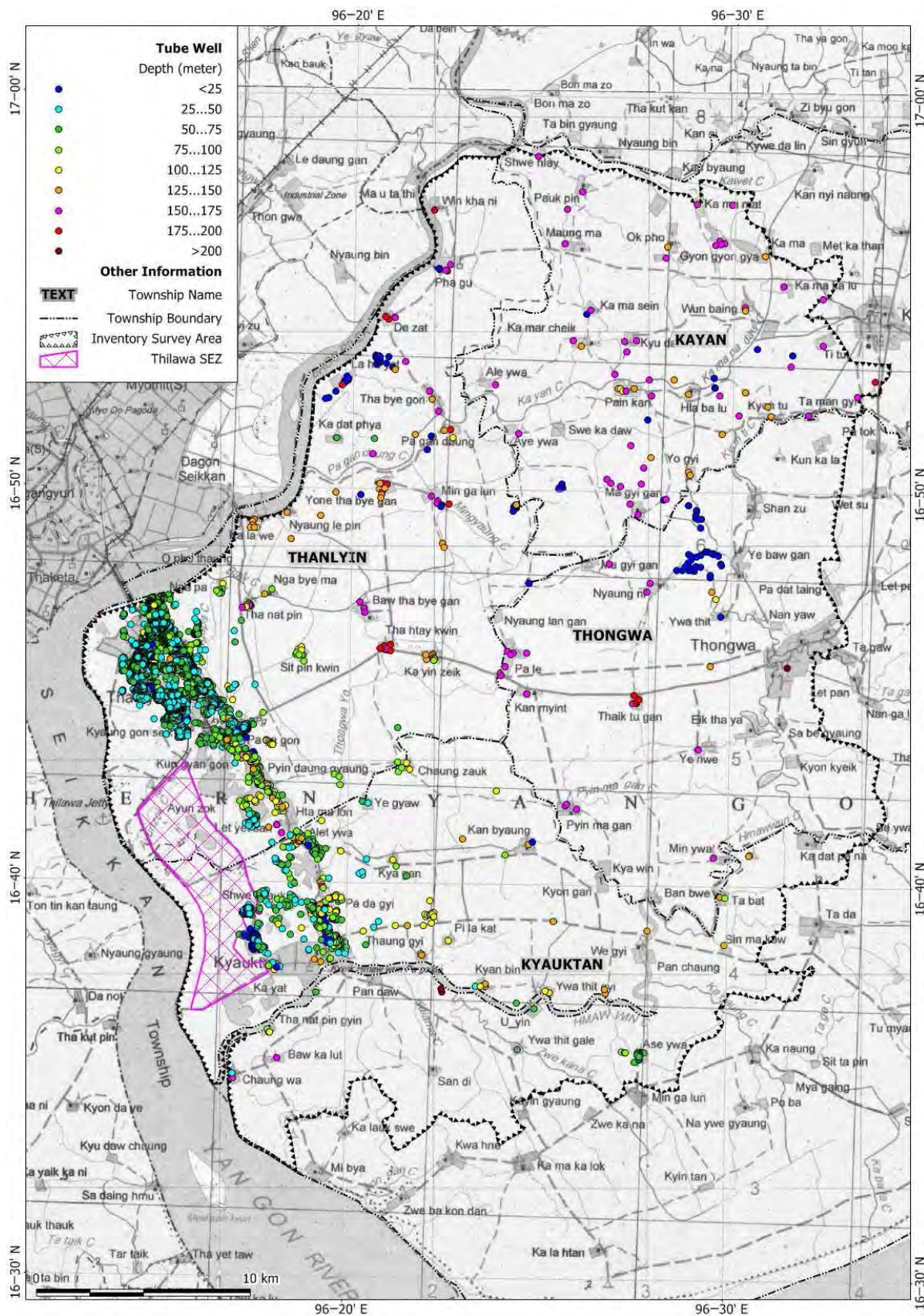


図 3-2-3-16 管井の深度分布 (全域)

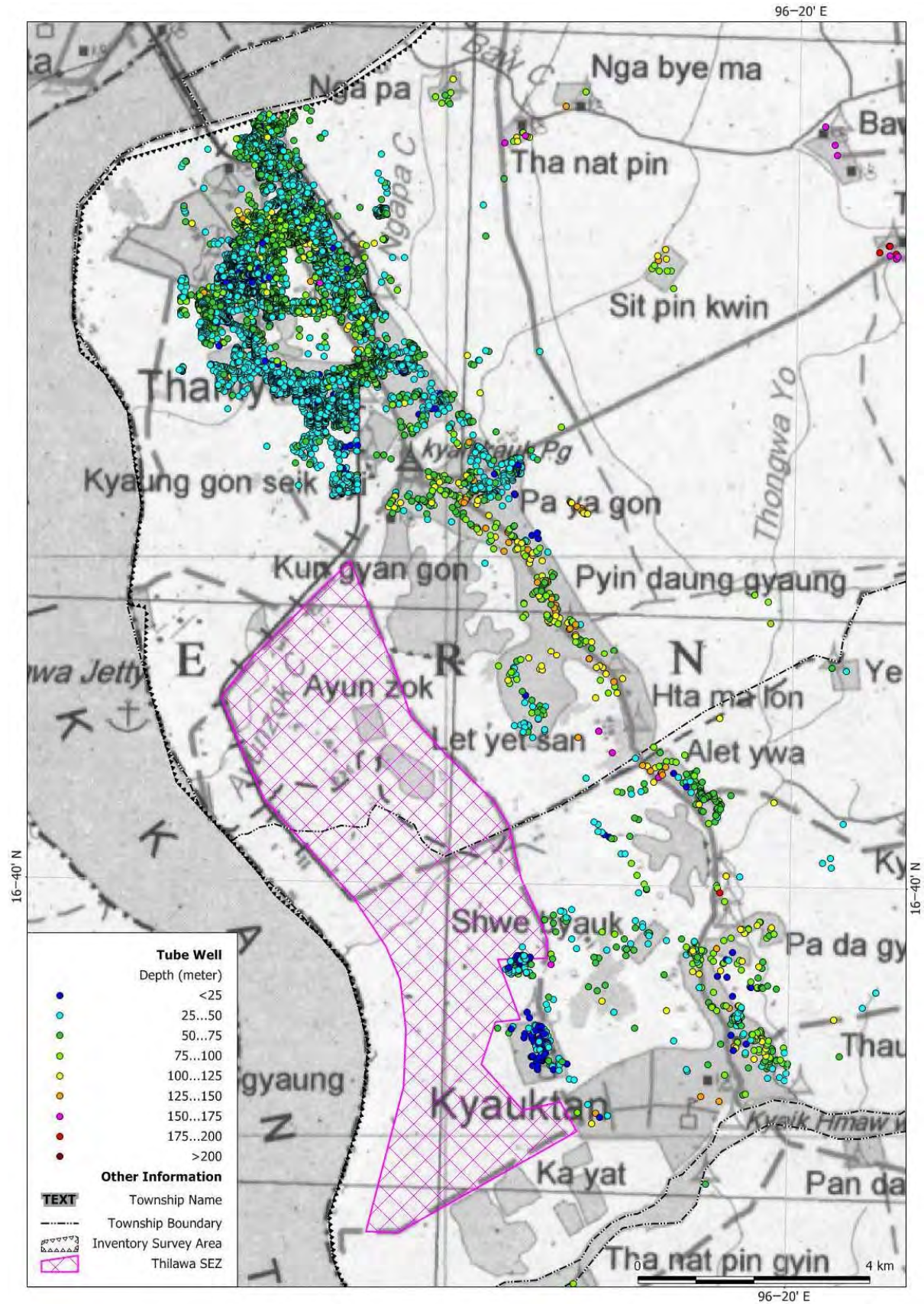


図 3-2-3-17 管井の深度分布(タンリンーチャウタン丘陵付近)

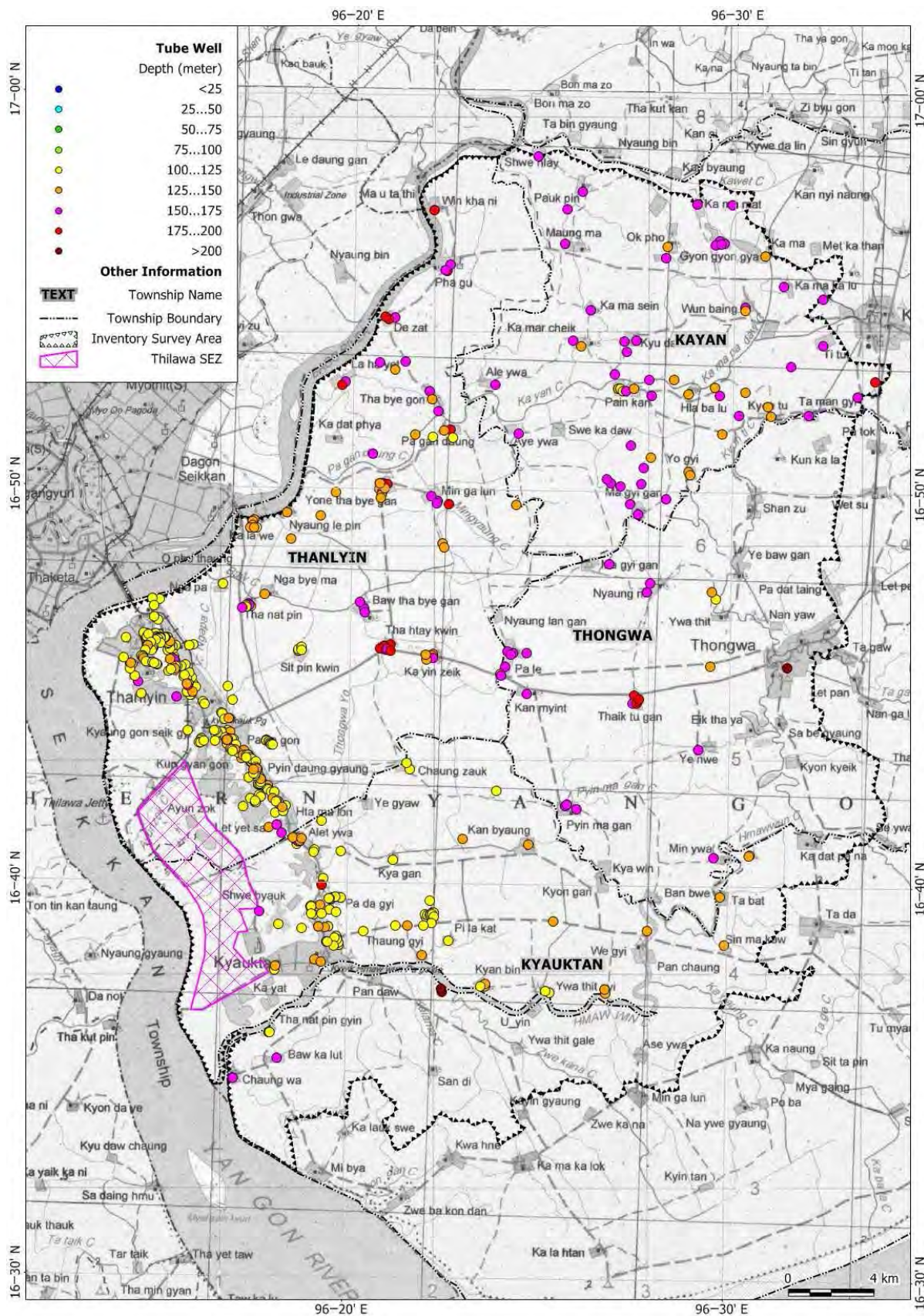


図 3-2-3-18 管井の深度分布—深度 100m 以上(全域)

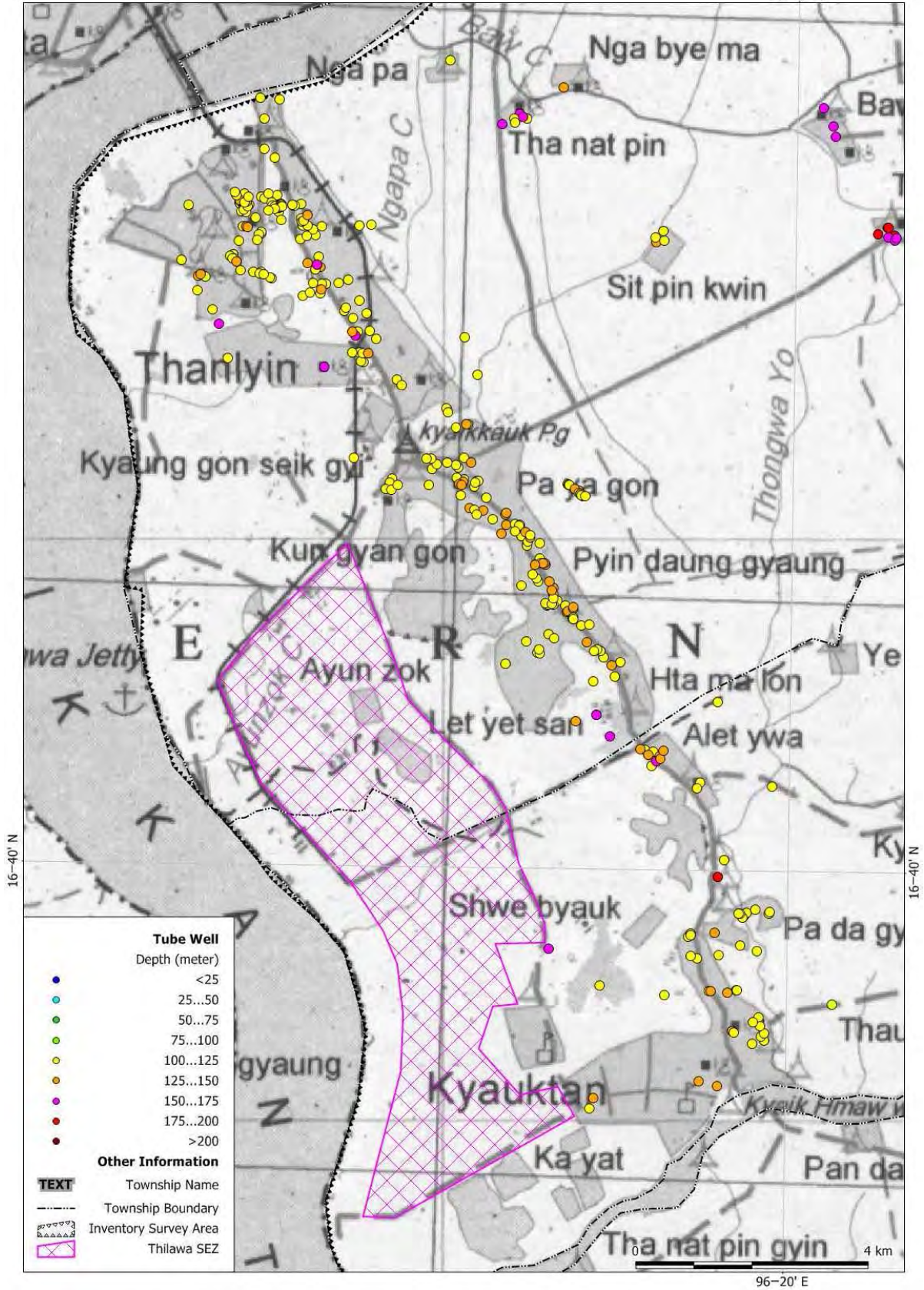


図 3-2-3-19 管井の深度分布—深度 100m 以上(タンリンーチャウタン丘陵付近)

### (3) 堀井戸 (Dug Well) の諸元

#### 1) 設置年

図 3-2-3-20 に示すように、堀井戸も 1995 年以降急激に数を増やしており、現在も増え続けていると考えられる。

#### 2) 深度

図 3-2-3-27 および図 3-2-3-28 に堀井戸の深度分布を示す。堀井戸は、タンリンーチャウタン丘陵およびその近辺のみに分布する。堀井戸の深度の多くは 10m より小さい。数は少ないが丘陵内部には 15m を越える深いものがあり、確認が必要である。

#### 3) 口径

図 3-2-3-22 に示すように、堀井戸の口径は、多くは 0.75m ～2m である。

#### 4) 一日の揚水時間

図 3-2-3-23 に示すように、堀井戸における 1 日の揚水時間は、1 時間以下が大部分を占める。また、データの無い約 50% はバケツによる取水である。

#### 5) 1 時間当りの揚水能力

図 3-2-3-24 に示すように、堀井戸の揚水能力は、10～30 l/min のものが多い。

#### 6) 一日の揚水量

図 3-2-3-25 に示すように、堀井戸の 1 日の揚水量も、1 m<sup>3</sup> 以下が多く、数 m<sup>3</sup> 以下が大部分を占める。データの無い約 50% はバケツによる取水であり、取水量は、1 日 1 m<sup>3</sup> 以下と推定される。

#### 7) 地下水面深度

堀井戸掘削においては、地下水面から数 m 下方までが限界である。図 2-3 26 図 4-1. 26 に示すように、堀井戸の水面深度は 8m 以内が大部分を占める。

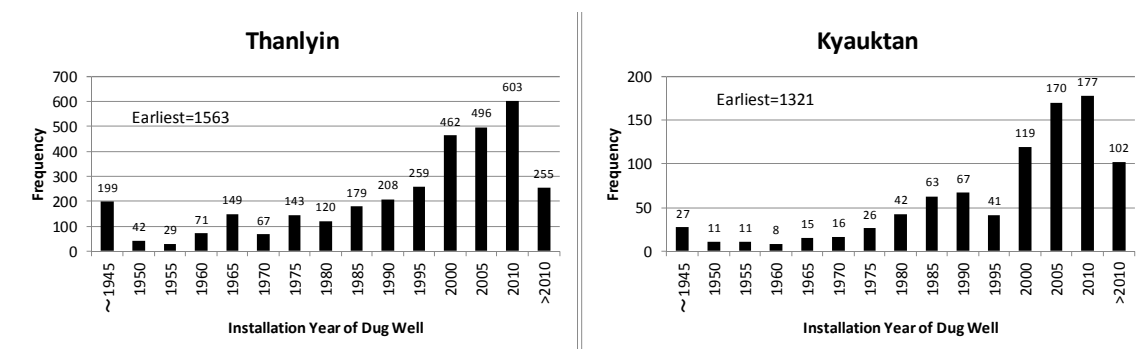


図 3-2-3-20 堀井戸の設置年

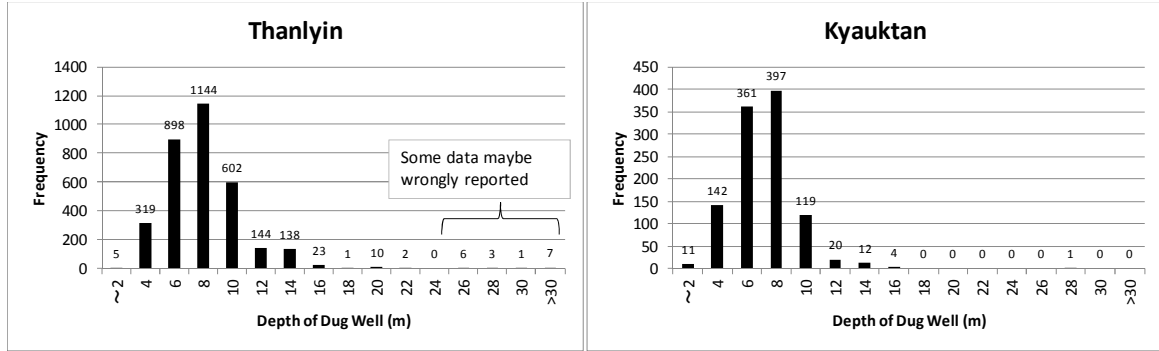


図 3-2-3-21 堀井戸の深度

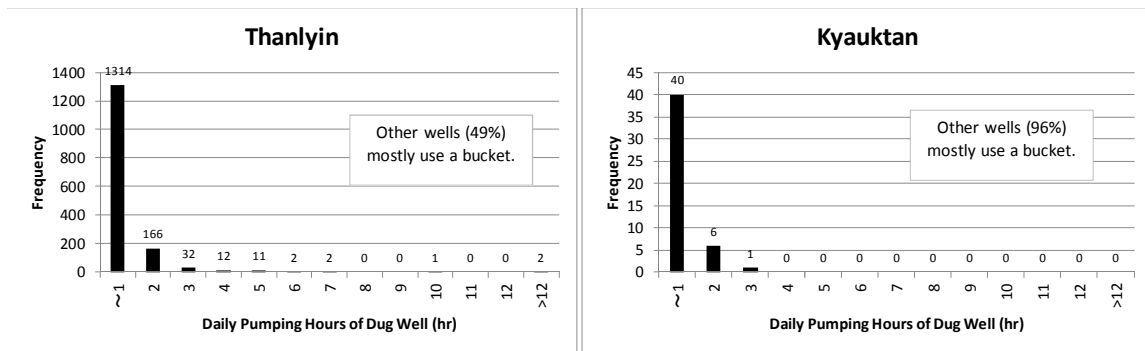


図 3-2-3-22 堀井戸の口径

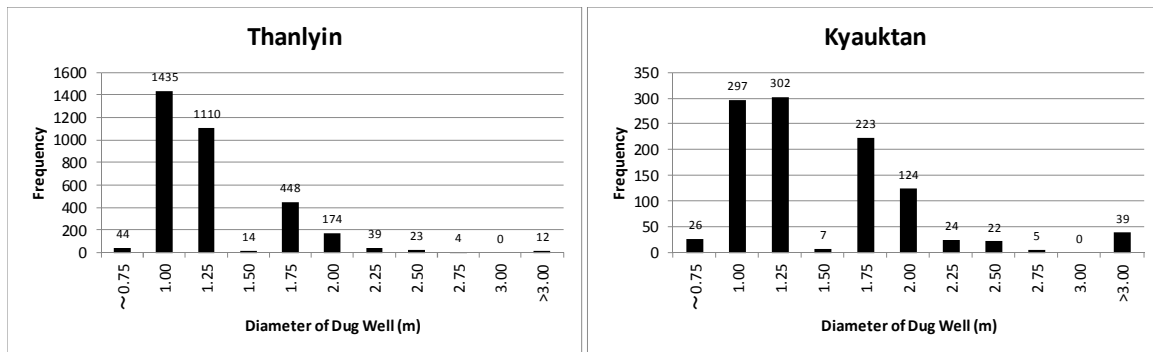


図 3-2-3-23 堀井戸の一日当り揚水時間



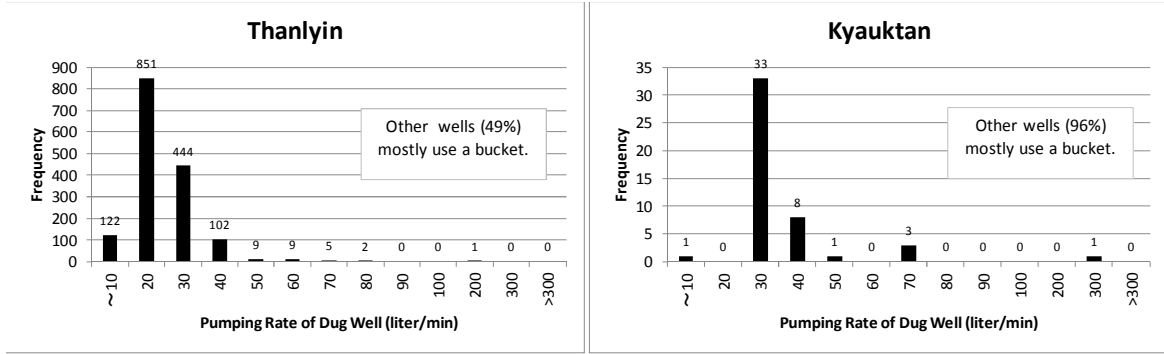


図 3-2-3-24 堀井戸の揚水能力

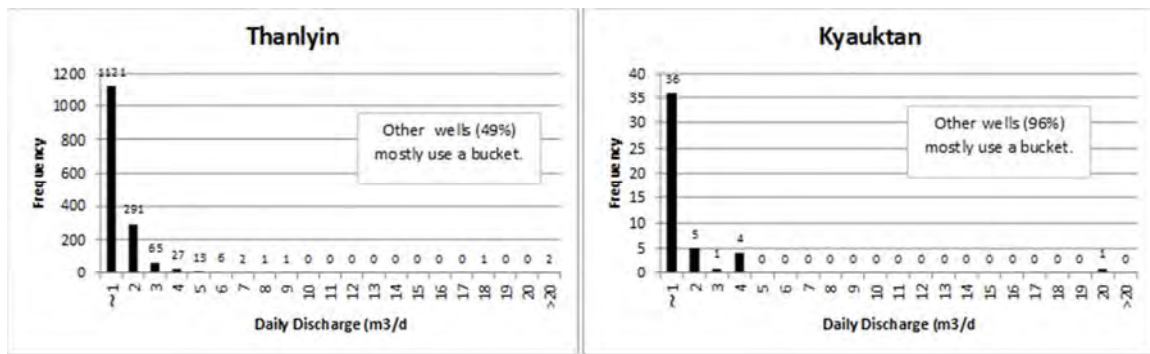


図 3-2-3-25 堀井戸の1日当り揚水量

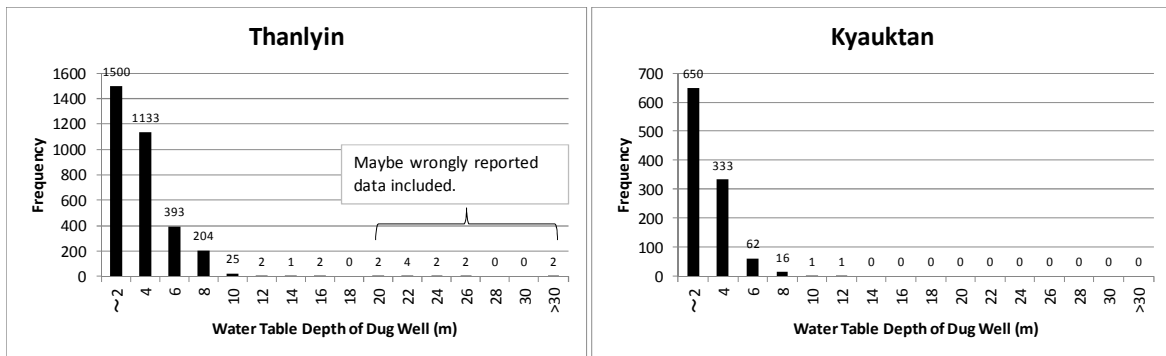


図 3-2-3-26 堀井戸の地下水面深度

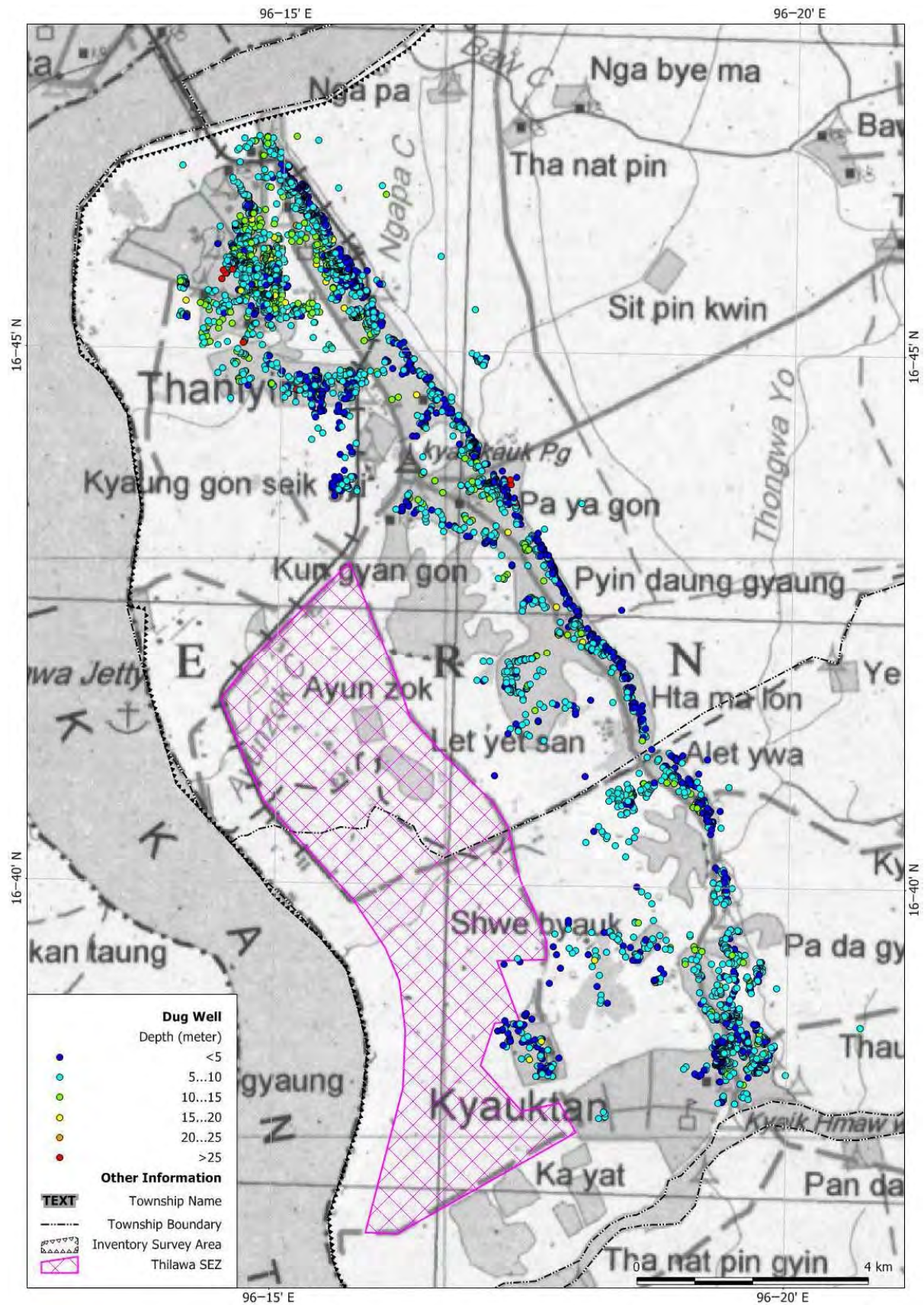


図 3-2-3-27 堀井戸の深度分布 (タンリンーチャウタン丘陵付近)

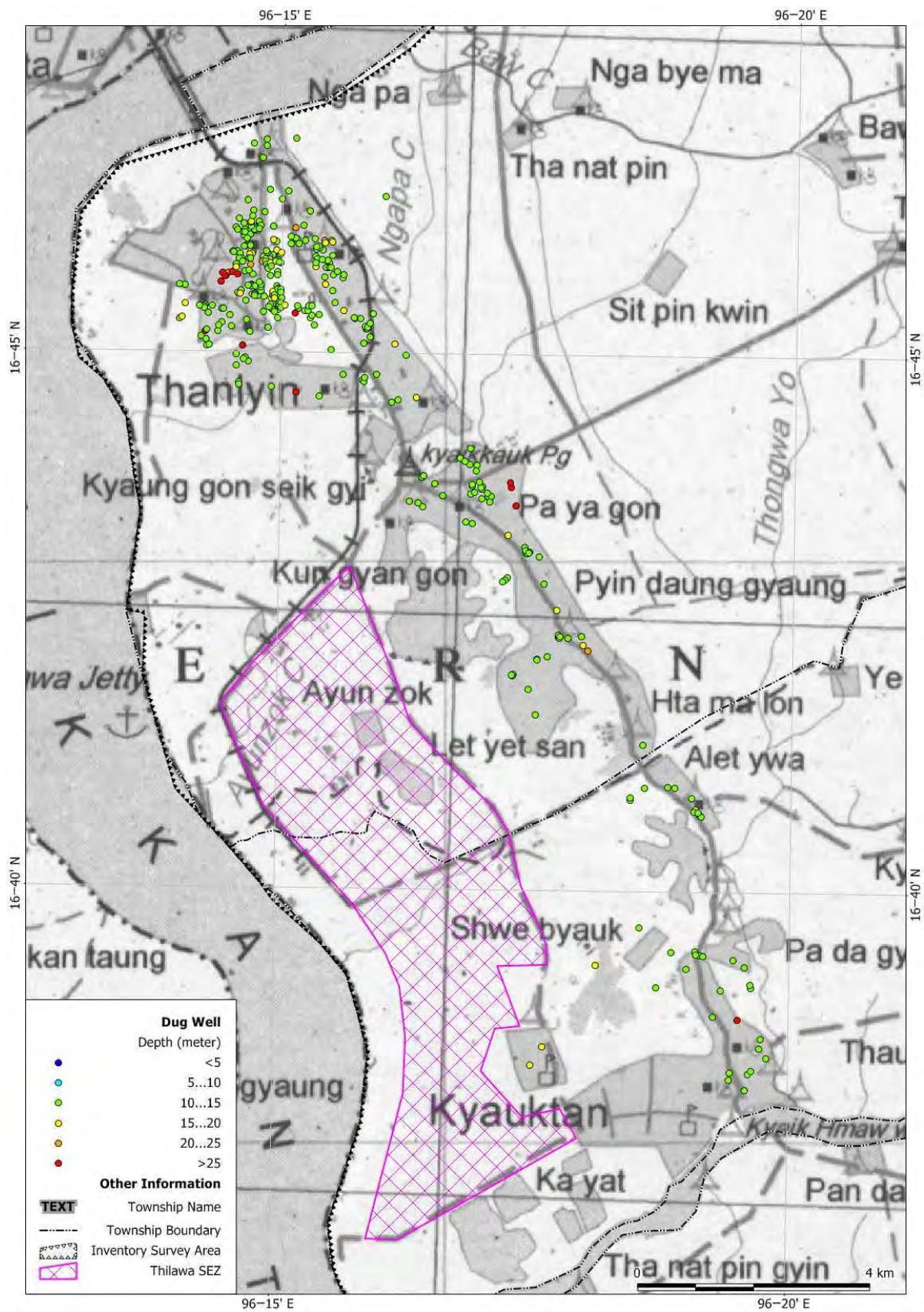


図 3-2-3-28 堀井戸の深度分布—深度 10m 以上（タンリンーチャウタン丘陵付近）

#### (4) ため池

##### 1) 設置年

図 3-2-3-29 に示すように、ため池は古くから多数設置されており、地域の主水源であったことがわかる。カヤンでは、1980 年第と 1990 年代に多数のため池が追加された。

##### 2) 長さや幅

ため池の平面形状は矩形である。図 3-2-3-30 および図 3-2-3-31 に示すように、ため池の長さや幅は、20m～80m のものが多い。チャウタンでは、20m 以下の小さいものが多いが、他の三つの郡区では、図 3-2-3-35 に示すように、このような小規模なものはインベントリに含まれていない可能性が高い。カヤンとトンガアは 100m を越える大規模なものが分布するが、チャウタンでは、100m 以下のものがほとんどである。

##### 3) 深度

図 3-2-3-32 図 4-1. 32 に示すように、ため池の深さは概ね 1～5m である。表 3-2-3-4 (上掲) に示すように、平均 2.3m で、トンガアではやや深く平均 3.4m である。

##### 4) 容量

図 3-2-3-33 に示すように、ため池の容量は、数千から 15,000 m<sup>3</sup> のものが多い。チャウタンでは 1,000 m<sup>3</sup> 以下の小さなものが多い。図 3-2-3-34 からわかるように、大きな容量のため池は、カヤンとトンガアに多く分布する。

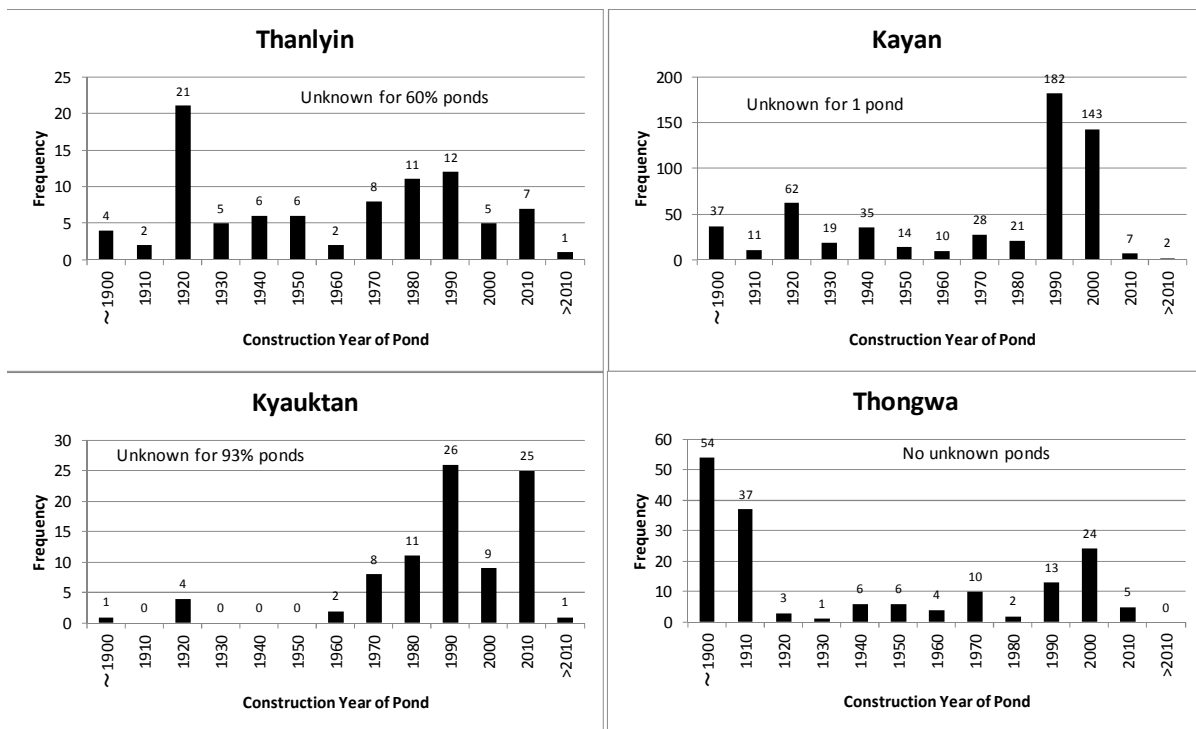


図 3-2-3-29 ため池の設置年

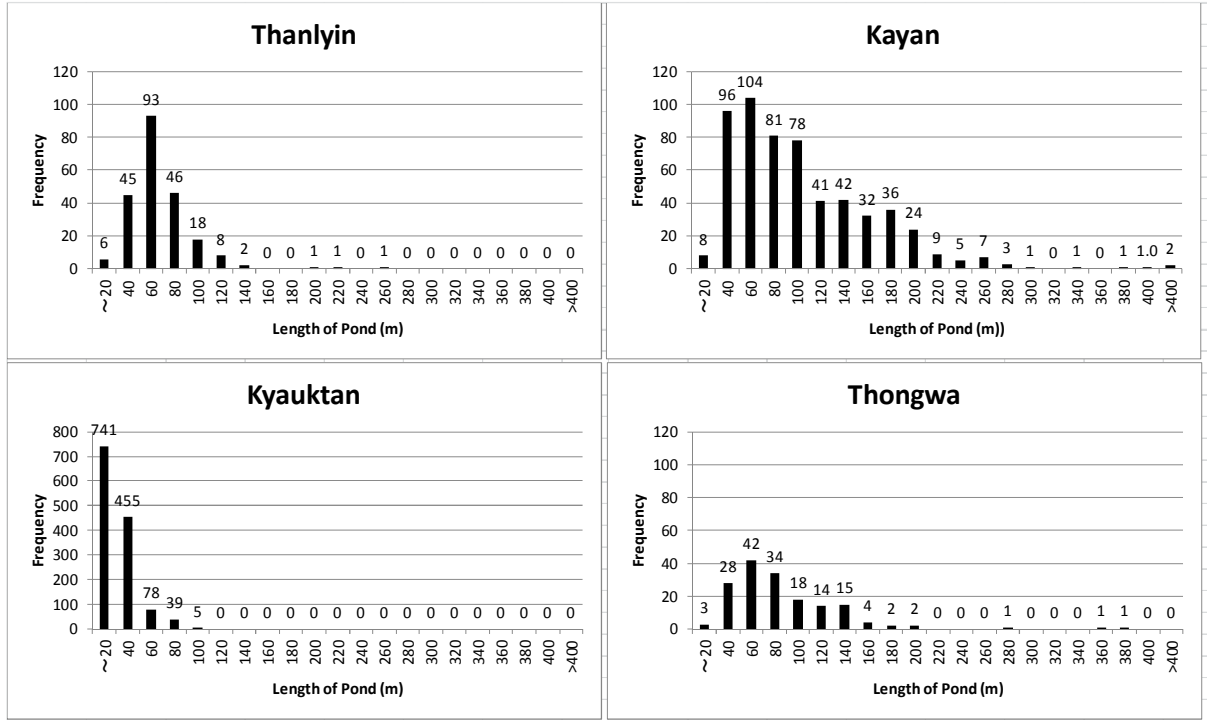


図 3-2-3-30 ため池の長さ

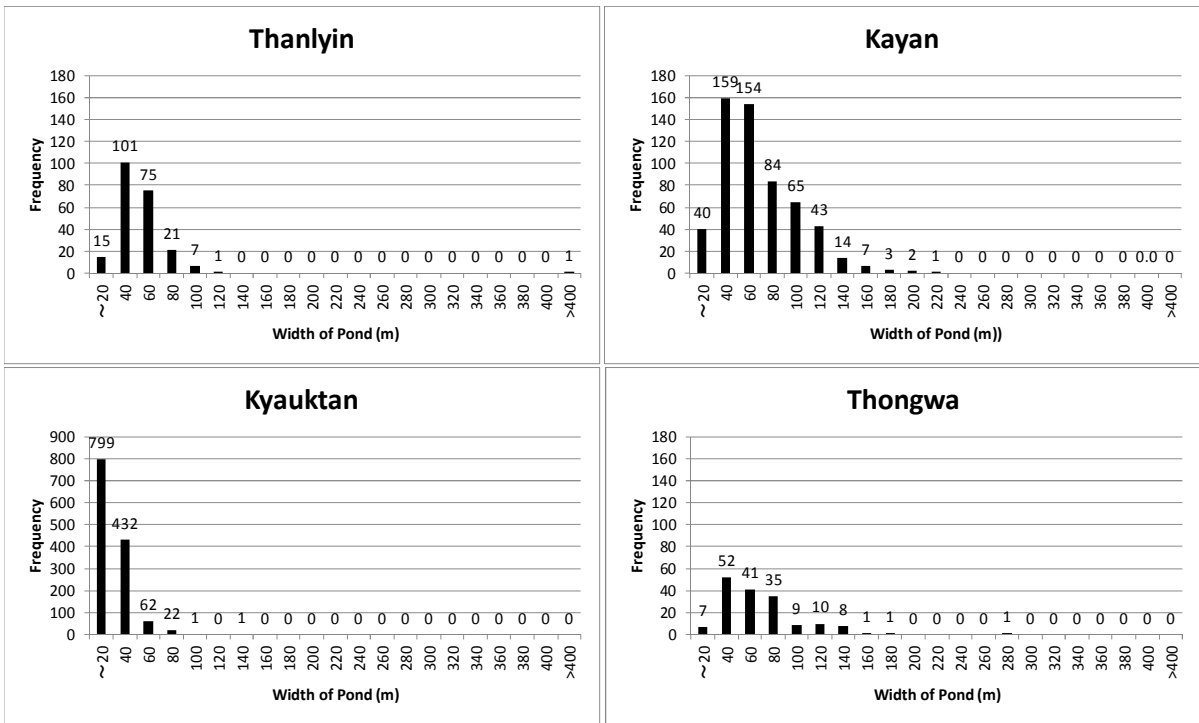


図 3-2-3-31 ため池の幅

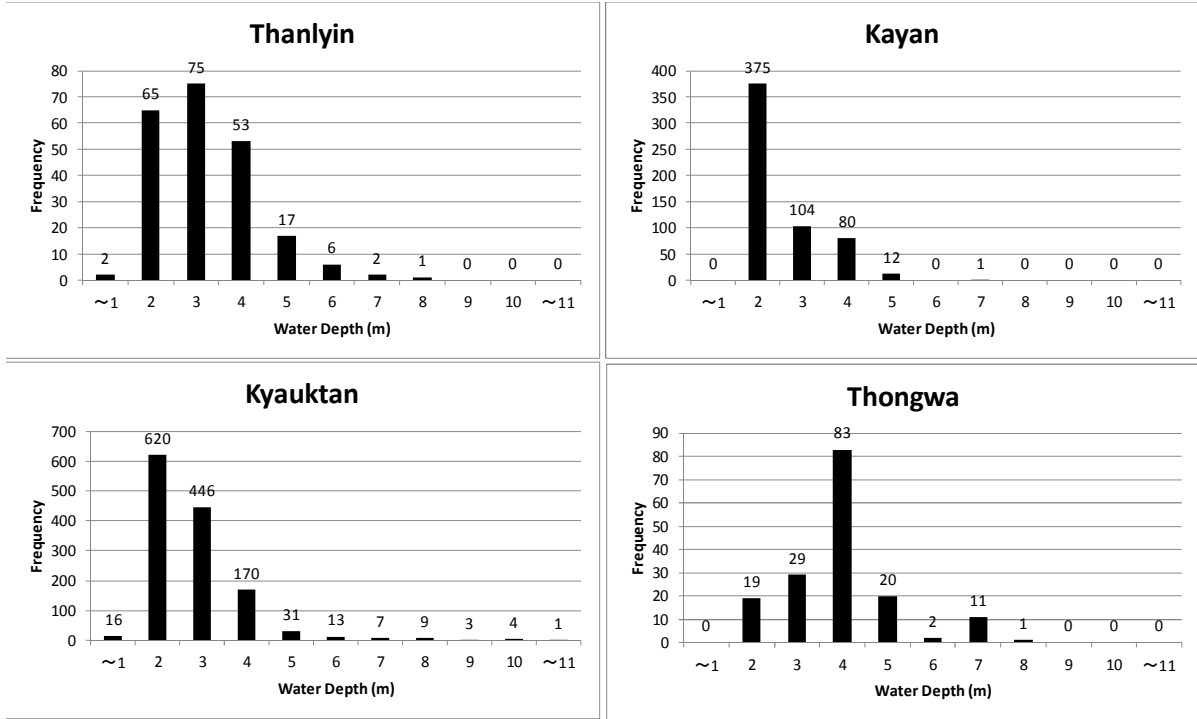


図 3-2-3-32 ため池の深さ

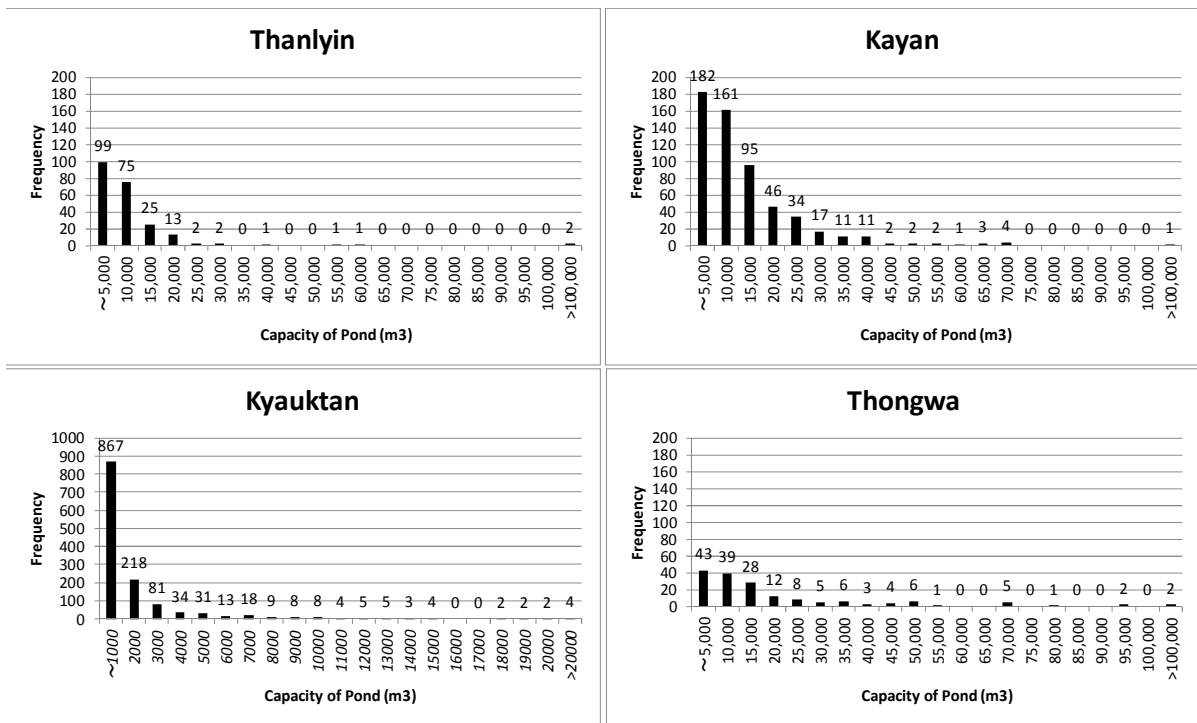


図 3-2-3-33 ため池の容量

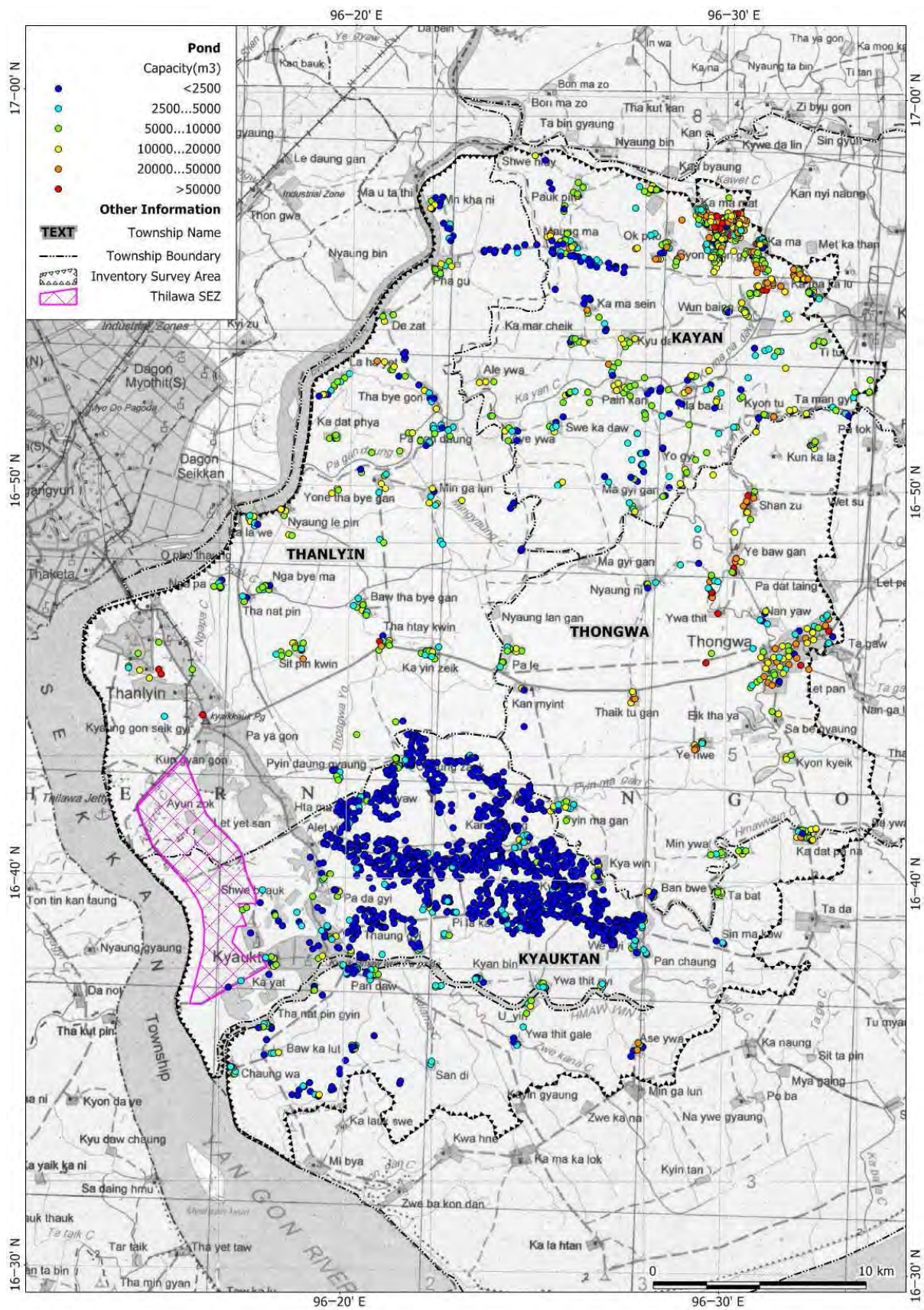


図 3-2-3-34 ため池の容量の分布

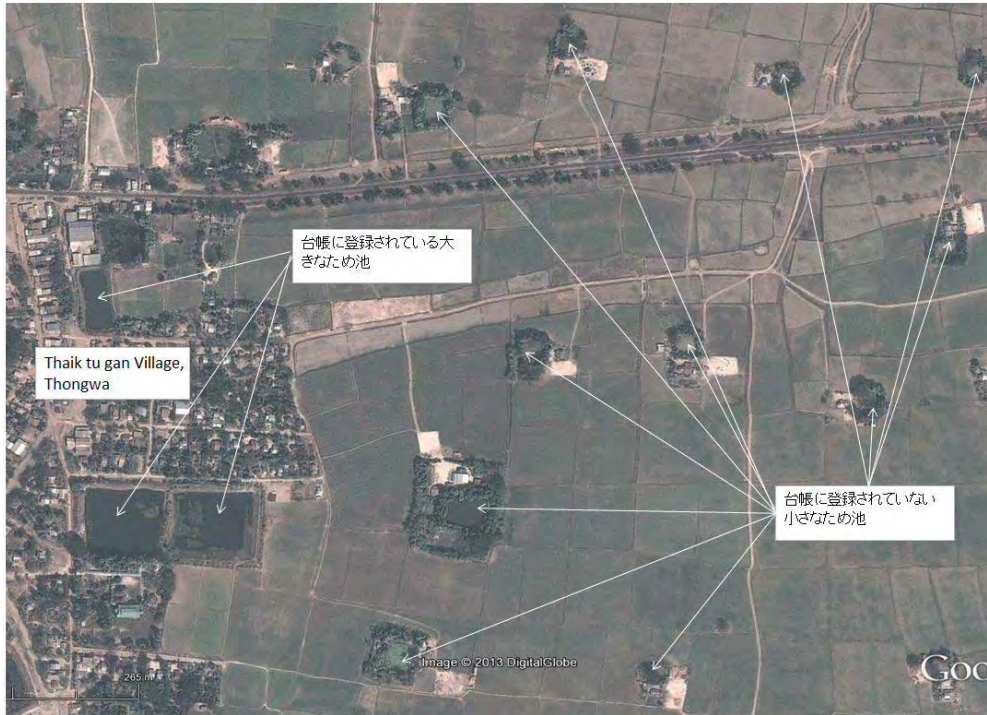


図 3-2-3-35 トングァにおけるため池の分布例

### 3-2-4 物理探査

物理探査は、調査地区のうち経済特区内の井戸予定地点で塩水侵入の懸念あったことから、SEZ内の①塩水侵入確認調査を先行して行い、引き続き、探査の範囲を経済特区外へ延長し②広域構造探査を実施した。以下に其々の探査の結果を記述する。

#### 3-2-4-1 塩水侵入確認調査

時間領域電磁探査 (TEDM) 2次元探査を行い塩水侵入の状況の確認を行った。経済特区の西側 (ヤンゴン川側) の表層部で塩化が進んでいることから、探査深度 100m で経済特区の西端より陸側へ 1.7 kmの測線を設け 20m 間隔で観測を行った。また、並行して他 J I C A調査団が井戸掘削地点において一次元探査を行った。(ティラワ経済特別区関連インフラ整備事業準備調査の井戸掘削地点)

測線上の比抵抗分布 (図 3-2-4-1 上で赤～青で色分け) を見ると、SEZ の西 (ヤンゴン川側) で低く、東 (ティラワ貯水池側) で高くなっている。低い比抵抗ゾーンの存在より、塩水がヤンゴン川側より侵入していることが想起され、この塩水相当層が内陸に向かい 1.5 km地点まで追跡できる。10 ohm-m 以下の低比抵抗値を示す TEDM の結果から、少なくともティラワ SEZ 内の西側半分では、深度 100m 程度まで地下水は塩化するか、または粘土層の介在が想定された。



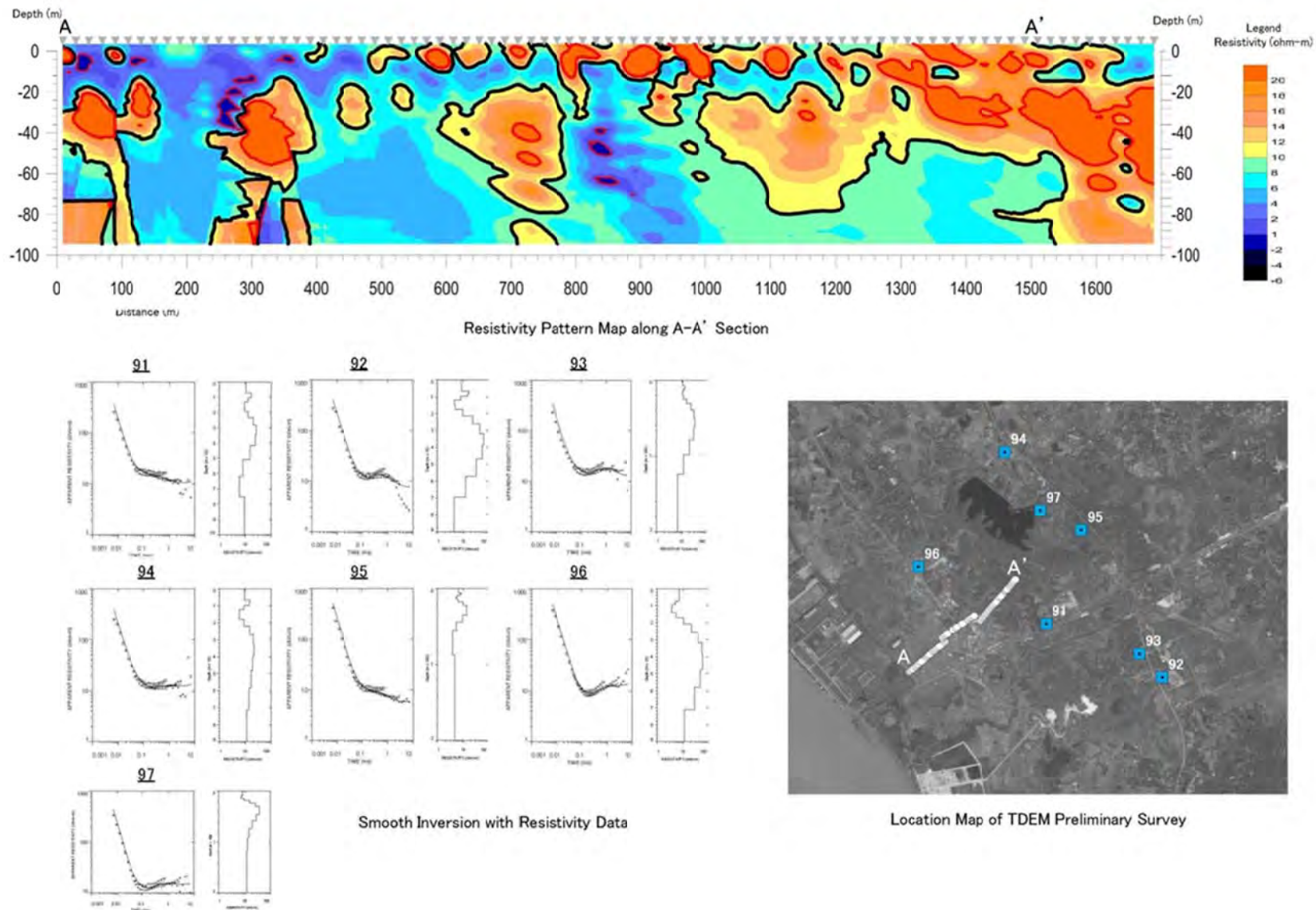


図 3-2-4-1 TDEM 探査結果概要図 (SEZ 内の塩水侵入確認調査)

### 3-2-4-2 広域構造探査

広域構造探査は、電気探査垂直法（VES 探査）および時間領域電磁探査（TDEM 探査）2手法を用いて行った。実施数量は VES 探査 43 点、TDEM 探査 60 点の合計 103 点である。個々の観測点の最終位置の選定については、VES 探査においては、道路及び家屋などの障害物を避け、また TDEM 探査は、電磁ノイズを発生源となる送電線、変電施設、および導電性の回路（フェンス、鉄筋・鉄パイプ構造物等）を避ける位置に設定した。図 2-11（前掲）に観測点位置図を示す。

#### (1) 観測及び解析

前述のとおり、探査は電気探査垂直法（VES）探査と時間領域電磁探査法（TDEM）の両者を併用し、電磁ノイズが大きく TDEM 法にて観測精度の確保が難しい市街地を通る測線（B 測線）を VES 法で実施し、また電磁ノイズが少ない田園地帯をとる測線（A 測線）においては TDEM 法を適用した。以下に各法の解析手順を記述する。

##### 1) VES 探査

VES 探査は Schlumberge 配列を用い、予定探査深度の 150m 及び 300m を探査できる測線長（500m 及び 1,000m）とし、観測結果を  $\rho$ -a 曲線（見掛比抵抗値-深度曲線）に整理し観測精度を確認した後に、15 層～20 層のスムーズ・インバージョンで真の比抵抗を求めた。さらにスムーズ・インバージョン解析結果を近似する形で比抵抗層を仮定し、これを初期値とした比抵抗層構造解析を行った。以下にボーリング調査地点（D-2 地点）及び井戸掘削地点（D-5 地点）で行った解析結果を図 3-2-4-2 に示す。

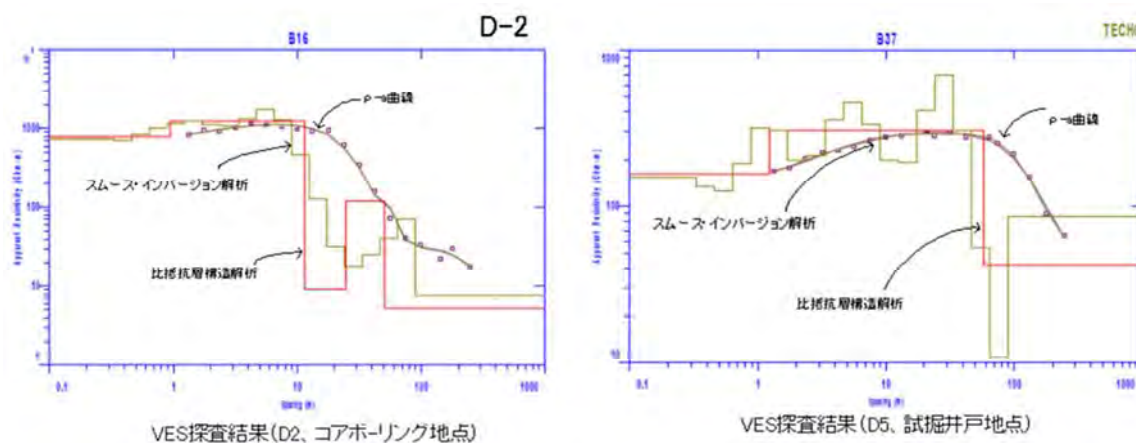


図 3-2-4-2 電気探査解析結果(例)

##### 2) TDEM 探査

TDEM 探査は、SEZ 周辺の地質がやや導電性（低比抵抗）であり、透過渦電流の減衰が大きかったことから、トランスミッター・ループのサイズを大きく、またセンサーコイルも浅深度用、深部用と使い分け観測を行った。解析にあたっては、VES 探査と同様の手順で、 $\rho$ -a 曲線、スムーズ・インバージョン、比抵抗層構造解析を行った。ボーリング調査地点（D-4 地点）及び井戸掘削地点（D-3、4）の解析結果（例）を図 3-2-4-3 に示す。

**D-1 地点:** 比抵抗層のコントラストは大きくないが、相対的に比抵抗の高低が認められ、40m

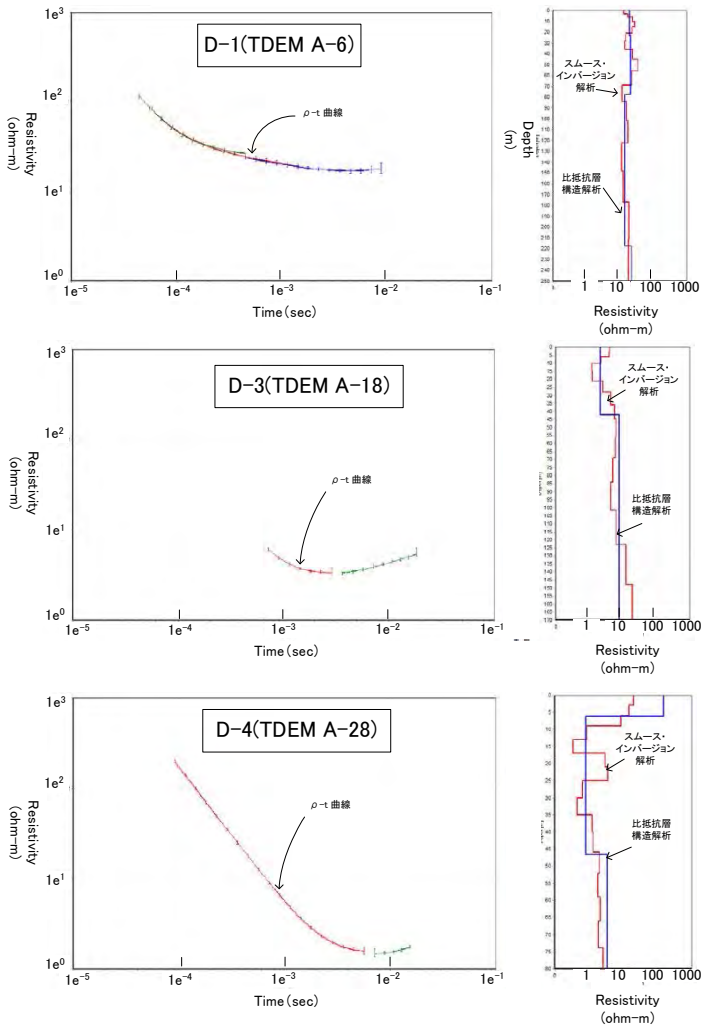


図 3-2-4-3 TDEM 探査解析結果 (例)

～60m、100m 前後、170m 以深で比抵抗は高く、この層準以外で低い。高比抵抗の区間で砂層の狭在が想定され、かつ比抵抗値が 50ohm-m 程度であることから、帯水層の可能性が期待された。また、塩水侵入を示す数 ohm-m の低比抵抗層が検出されないことから、少なくとも深度 300m 程度までは、地下水は淡水であると推定された。

**D-3 地点:** 120m 以浅までは、10ohm-m 以下の低比抵抗層が続く。特に表層 20m までは、1 ohm-m 程度と著しく低い比抵抗値であることから塩化している可能性がある。帯水層の可能性は 150m 以深と想定された。

**D-4 地点:** 全体に比抵抗値は、低く、表層部 0 m～20m を除き、深度 100m 程度まで 10ohm-m 程度の比抵抗層が続くが 100m 以深において比抵抗は上昇傾向に転ずる。近隣の観測点においても同様の傾向が認められ、深部に向かい砂質となり 150m 以深において帯水層が検出される可能性が期待された。

## (2) 比抵抗断面図

SEZ 周辺地区において実施した電気探査垂直法(VES)及び時間領域電磁探査(TDEM)は、観測手法は異なるものの、何れも大地の比抵抗から探査地点の地質構造を推定することを目的とした。この目的に沿い、本調査において 103 点 (TDEM 60 点、VES43 点) の垂直探査 (1 次元探査) を実施し、各測点で、深度方向の (真の) 比抵抗値を計算した。比抵抗値から地質への解釈にあたっては、測点が 500m 間隔で配置される A-A' 測線 (東 - 西測線、TDEM 40 点) 及び B-B' 測線 (南 - 北測線、VES41 点) において、解析結果を測線上に連ね比抵抗断面図を作成し、地層の連続性 (または不連続性: 断層・破碎帯等の存在) の把握を試みた。(図 3-2-4-4、図 3-2-4-5) 以下に各測線の配置、比抵抗層の特徴を記述する。

**A-A' 断面:** 東西断面であり、西縁 (A 点) は SEZ 内、東縁 (A' 点) はトングア市街地にいたる 33 km の測線である。比抵抗は、1 ohm-m 以下 ( $1,000 \mu S/cm$  以上) から数 100ohm-m ( $10 \mu S/cm$  程度) までの範囲にあるが、水平 (東西) 方向の連続性を見ると、上部の低比抵抗層 (5ohm-m 以下) が顕著となる。同比抵抗層はタンリン・チャウタン丘陵から東部にトングア市街地まで 25 km にわたり連続するもので、東部ほど層厚は厚くなり、最大深度は 100m に達する。また、同層は、塩化層と解釈せざるを得ない極く低い比抵抗帯を含むこと、および地表地質との対比から沖積層に対比された。

沖積層の下部 (深度 100m 以深) では、比抵抗は、やや低い (5~10 ohm-m)、中程度 (10-50 ohm-m)、やや高い (50~100 ohm-m) 及び高い (100 ohm-m 以上) が区分されるが、(これらは地下水の水質 (電導度に反映) を考慮しないと)、其々、泥岩、泥岩優勢互層、互層、砂岩優勢互層、砂岩に概ね対比可能である。地区別には、タンリン・チャウタン丘陵 (4 km~6 km 区間) とトングア郡区の西縁部 (14 km~22 km 区間) で砂岩が優勢であり、また逆に、東端 (30 km~33 km 区間) では、泥岩が優勢となる。比抵抗層の解釈から、地層は緩く東に傾き (10~20 度)、これに複数の断層が介在する (9 km 付近、及び 31 km 付近)。因みに、断面東端部の不連続線はサガイン断層の伏在想定位置に一致する。

**B-B' 断面:** 南北断面であり、南縁 (B) はチャウタン郡区のマウウン川まで、北縁 (B') はタンリン郡区のバゴー川にいたる 26 km の測線である。比抵抗は、数 ohm-m (数  $1,000 \mu S/cm$ ) から数 100ohm-m ( $10 \mu S/cm$  程度) までの範囲にあり、A-A' 断面より高い比抵抗を示す。水平 (南北) 方向の連続性を見ると、A-A' 断面との交点付近 (6 km 地点) から北部の地表部に分布する高比抵抗層 (100ohm-m 以上) が顕著である。同層は北に向かい徐々に層厚を増し、北縁で深度 200m 程度に達する。同層は地表地質との比較からイラワジ層に対比された。

同層の下部には、中程度 (10-50 ohm-m) の比抵抗層が伏在するが、これは中程度の比抵抗から砂岩・泥岩互層と思われ、ペグー層に対比可能である。また、イラワジ対比層との境界は地域的には起伏に富むが、断面全体を通じては緩傾斜であり、見掛けの傾斜ではあるが、1~2 度と想定された。

北縁のタンリン郡区には、高比抵抗な砂岩層 (イラワジ層に対比) が地表より厚く分布する

一方で、南縁のチャウタン郡区のマウウン川地点では、低比抵抗（5～10 ohm-m）が厚く、地表より地下深部にまで連続する。これらの比抵抗の不連続から断層の存在（2 km付近及び9 km付近）が想起された。

A-A' 断面およびB-B' 断面の比抵抗区分から、優良な帯水層は、断面中の比抵抗区分で、中程度の比抵抗層（10-50 ohm-m、図 3-2-4-4 および図 3-2-4-5 に黄緑色で表示）、及びやや高い比抵抗層（50-100 ohm-m、同上図に黄色で表示）の一部と想定された。

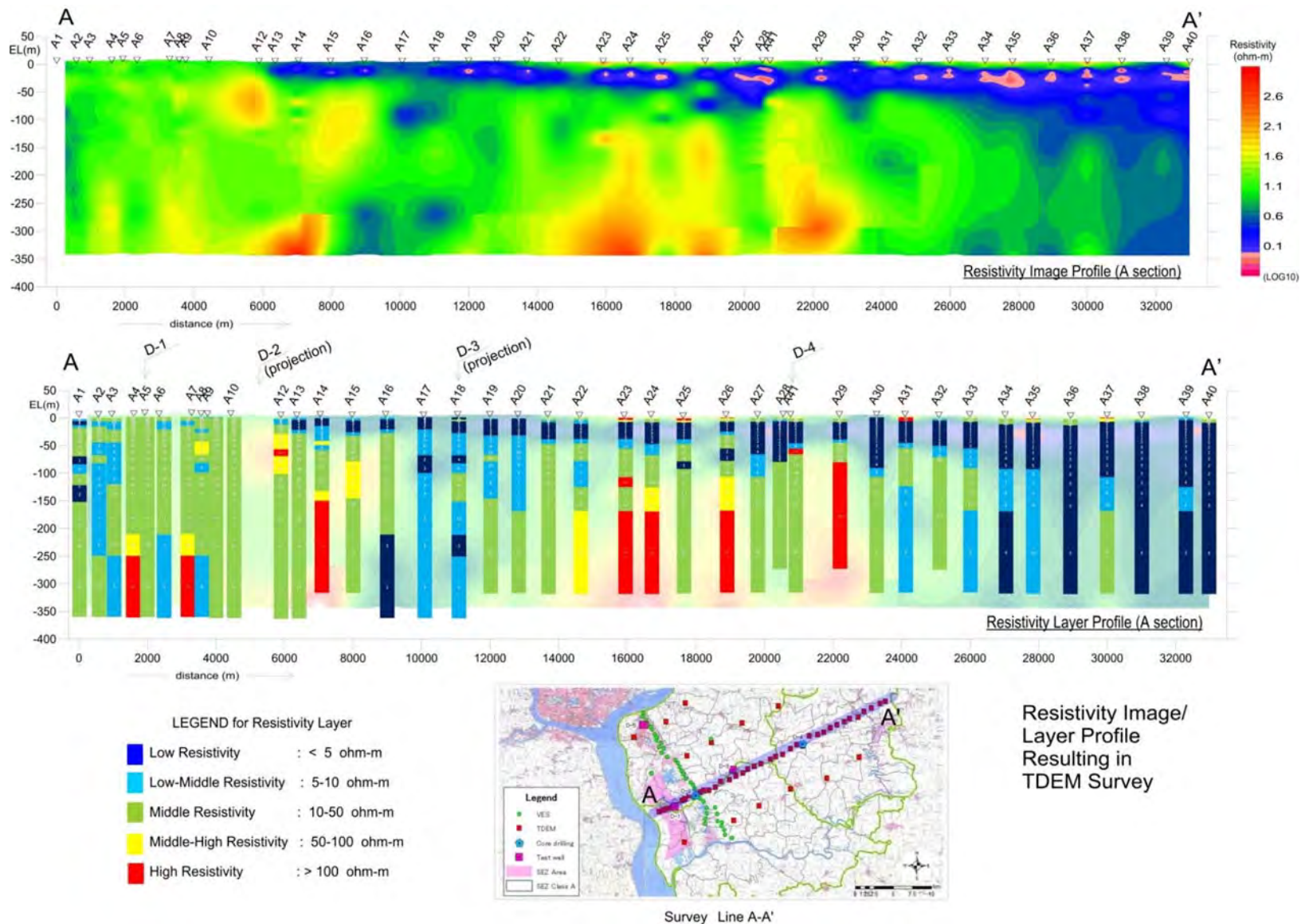


図 3-2-4-4 比抵抗断面図 (A 測線)

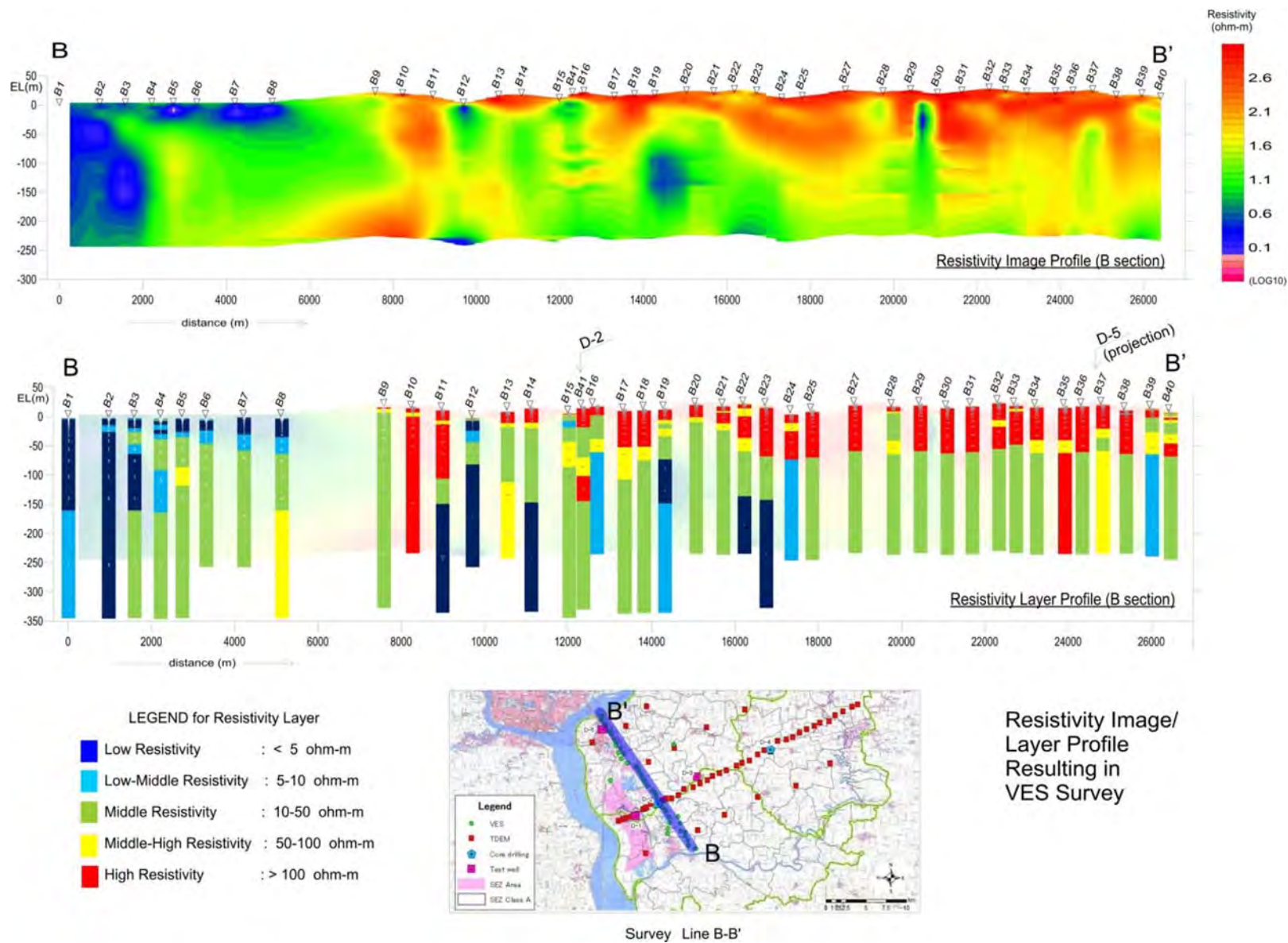


図 3-2-4-5 比抵抗断面図 (B 測線)