

第4章

表流水の調査及び分析

第4章 表流水の調査及び分析

4-1 バゴー川流域

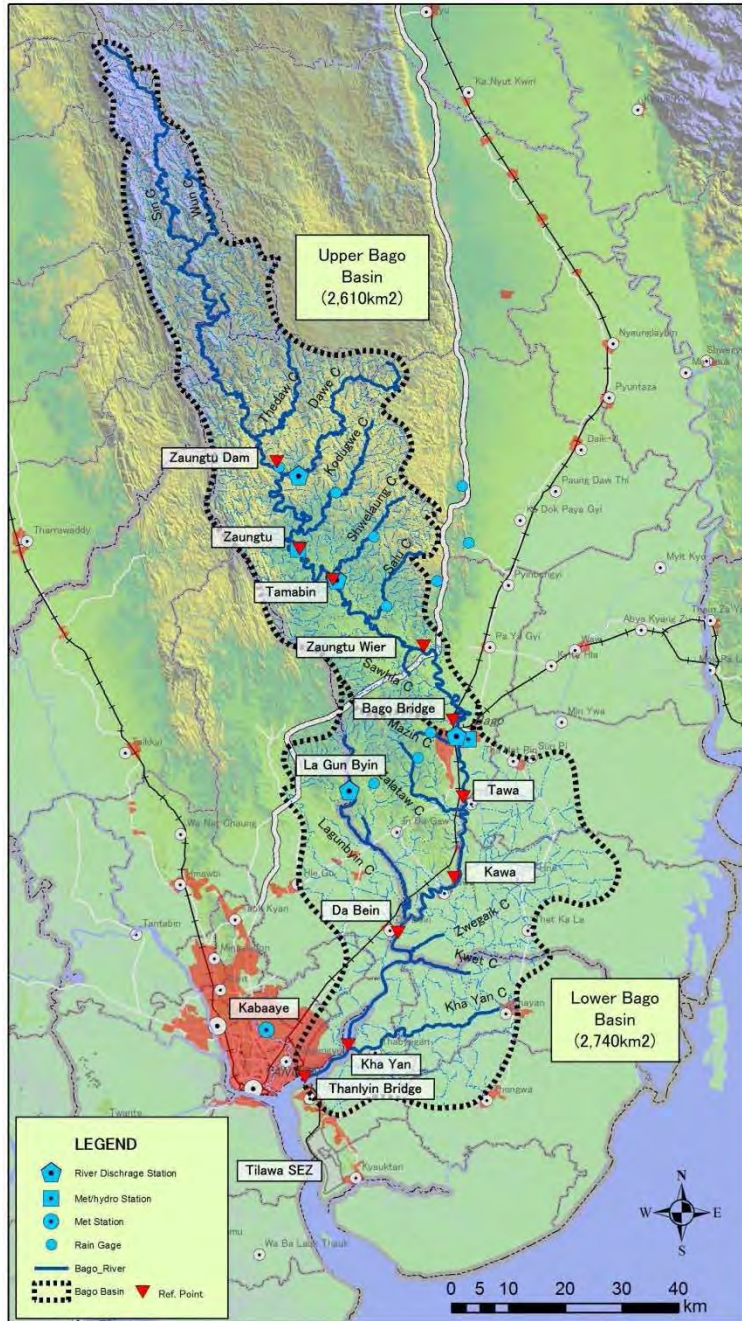


図 4-1-1 バゴー川流域

バゴー川は、調査地（ティラワ経済特区）付近で、ヤンゴン川と合流し海域に達するが、その源流はヤンゴン北方 190 km のペゲー山地（標高 630m）にある。河川総延長は、蛇行部分も含め 360 km と長いが、大きな支川が発達しないことから流域面積は 5,400 km² と河川延長と比較して相対的に小さい¹。

後背となるペゲー山地は線状構造を持つ第三紀層が脊梁をなし、北北西-南南東の直線的な地質構造が特徴的である。また、下流域においては、その西側で（Nga Moe Yeik 支川を介し）エーヤワディ水系のヤンゴン川流域、東側でシッタン水系のシッタン本川流域に挟まれ、流域は南北に伸長する形状を示す（図 4-4-1 参照）。

河川地形的には、上流域はペゲーヨマ丘陵内の「谷底平野」が代表的な地形要素となるが、下流域では数 m 以内の起伏の「低平地」が広がる。以下に下流域と上流域の地形な特徴を記述する。

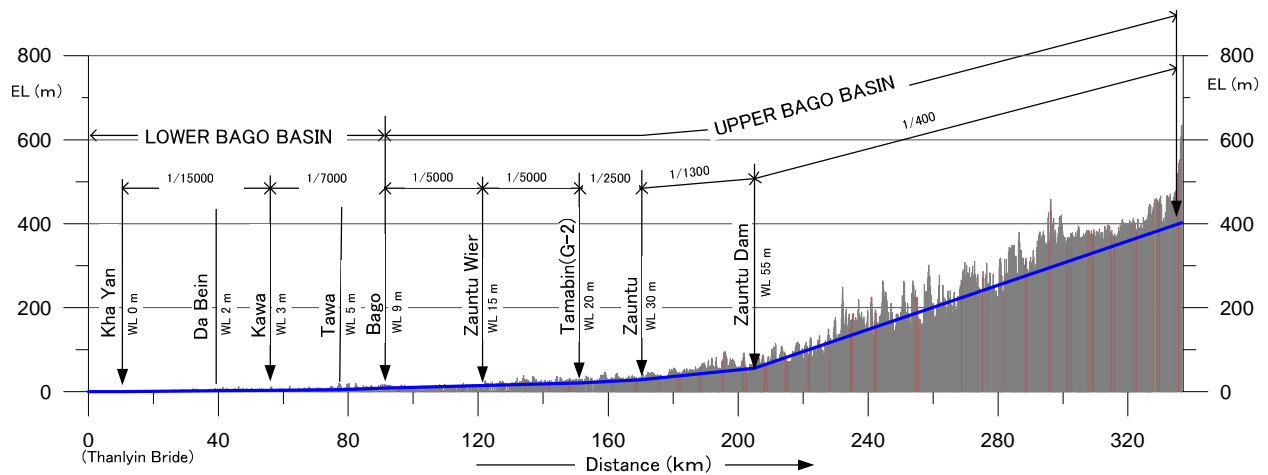
上流域(Upper Bago Basin)：バゴー橋の上流域であり、流域面積は 2,610

¹ バゴー川と本邦河川との比較では、河川延長 360 km は、本邦 1 位の信濃川に匹敵するが、流域面積 5,400 km² は本邦 10 位の阿武隈川（東北）と同規模である。

km²である。バゴ橋～ザンツダム間は、砂状の地盤が発達し、地形も解析が進み、河川勾配は1/5000～1/1500であり、河川に沿って谷底平野の発達が認められる。河道は周囲の丘陵地より10数m程度低く、区間により蛇行が発達する。

一方、ザンツダムより上流では、地形は下流域と比較し急勾配となり、地質も頁岩優勢のペグ層となる。河川勾配は1/400程度であり、支川の発達も少なく地質構造に沿って河道は直線的に屈曲することが多い。

下流域 (Lower Bago Basin) : バゴ橋から下流のタンリン橋までの区間であり、標高10m以下の沖積低地が連なる。河道に沿い自然堤防が形成され、その後背に氾濫原が広がる。河道の最低標高が海水準以下であり、乾季には、海水の遡上が著しい。18世紀末より、水上交通網、灌漑水路網など人工水路が建設され、水路網により隣接するシタン川流域と連絡する。洪水時または高潮時にはシタン川西岸とバゴ流域の東岸部ともに湛水し、流域を超えた河水の流入(流出)が生ずる。



出典：JICA 調査団：米国地質調査所 (<http://dds.cr.usgs.gov/srtm/>) より入手した標高データ (SRTM) より作成。

図 4-1-2 バゴ川流域の縦断図

4-2 バゴ川水文観測所

バゴ流域において、継続的に河川水位の観測が行われている地点は7箇所である。このうち2箇所(バゴ橋観測所、ザンツ観測所)は、運輸省気象水文局(DMH)によって運営され、バゴ橋観測所において1972年より41年間、ザンツ観測所で1987年より26年間の観測が行われている。しかし、DMH2箇所の観測所では、建設後の堆砂や河道形状の変化は著しく、バゴ橋観測所では、フロート式水位計の導水管が土砂流入で閉塞され低水時の観測は量水標の読み取りのみとなっている(6時間毎 06:30-12:30-18:30)。また、ザンツ観測所においても河床の上昇に伴う河床断面の減少が懸念されている。残りの5箇所は、灌漑局単独または灌漑局と調査団が合同で設置したものであり、本川上流からダウエイ観測所、タマビン観測所、バゴ旧橋観測所およびセテ観測所の4箇所および支川でラグンビンダム観測所の1箇所である。同5カ所のうち、セテ観測所(量水標のみ)を除く4箇所については、水圧式自記水位計が設置され河川水位の観測

が行われている。

河川流量調査については、1987年にDMH観測所（バゴ旧橋地点）、2012年に灌漑局観測所（バゴ橋及び旧橋）で数回行われているが、固定観測所として基準測線が定まり、継続的な水位観測に加えて流量観測が行われている地点は、現在、調査団が実施しているバゴ旧橋観測所の1カ所のみとなる。表4-2-1に気象・水文観測所一覧、図4-2-1に気象・水文観測所位置図を示す。

表 4-2-1 気象・水文観測所一覧

番号	観測所名	種別	状態	観測開始年	緯度 (DD)	経度 (DD)	設置機関
1	Bago Bridge	Met/Hydro_M	Ext	1965/1972	17.33	96.50	DMH
2	Zaungtu	Met/Hydro_M	Ext	1987/1987	17.63	96.23	DMH
3	Kabaaye	Met	Ext	1901	16.87	96.18	DMH
4	Zaungtu Dam	RG_M	Ext	1993	17.76	96.20	DHPI
5	Lagunbyin Dam	RG_M/RG_A/WL_A	Ext/ Const	2001	17.25	96.31	ID/JICA
6	Alaingni Dam	RG_M	Ext	2003	17.26	96.35	ID
7	Mazin Dam	RG_M	Ext	2000	17.34	96.44	ID
8	Zalataw Dam	RG_M	Ext	1999	17.30	96.42	ID
9	Pyi Pon Gyi Dam	RG_M	Ext	1988	17.64	96.50	ID
10	Baw Ni Dam	RG_M	Ext	1999	17.73	96.49	ID
11	Wa Ga Dok Dam	RG_M	Ext	2008	17.58	96.45	ID
12	Kodugwe Dam	RG_M/RG_A	Ext/Plan	2012	17.72	96.29	ID
13	Salu Dam	RG_M	Ext	2012	17.54	96.37	ID
14	Shewlaung Dam	RG_M	Ext	2012	17.65	96.35	ID
15	Daik-U	RG_M	Ext	-	17.80	96.67	ID
16	Waw	RG_M	Ext	-	17.47	96.68	ID
17	Tha Na Pin	RG_M	Ext	-	17.29	96.58	ID
18	Tawa	RG_M	Ext	-	17.23	96.50	ID
19	Kawa	RG_M	Ext	-	17.85	96.46	ID
20	Nyauglaybin	RG_M	Ext	-	17.95	96.73	ID
21	Myit Kyo	RG_M	Ext	-	17.59	96.82	ID
22	Min Ywa	RG_M	Ext	-	17.35	96.64	ID
23	Shwe Hla	RG_M	Ext	-	17.00	96.41	ID
24	Bago Old Bridge	Hydro(_M/_A)	Const	2013	17.34	96.48	ID/JICA
25	Tama Bin	Hydro	Const	2013	17.58	96.29	ID/JICA
26	Dawei	Hydro	Const	2013	17.75	96.23	ID/JICA
27	Shan Kine Sluice Gate	RG_A	Plan	2013	17.41	96.86	ID
28	Pine Kyone Sluice Gate	RG_A	Plan	2013	17.12	96.49	ID
29	Lower Se-Tee	Hydro (_M)	Const	2012	17.28	96.50	ID

Met: Meteorological Station for the measurement of climatic items including Rain, Temperature, Wind, Humidity, and Pan-Evaporation.
Hydro: Hydrological Station for the measurement of both River Stage and Discharge Rate.
WL A: Water Level Station for the (automatic) measurement of River Stage or Reservoir WL.
RG M: Rain Gauge Station (Manual Measurement), RG A: Rain Gauge Station(Automatic Measurement)
Ext: Existing Station, Const: Constructed by May 2013, Plan: Plan to Construct by May 2014
DMH: Department of Meteorology and Hydrology, ID: Irrigation Department, JICA: Japan International Cooperation Agency, DHPI: Department of Hydropower Implementation, the Ministry of Electric PowerNo.(1)
DD: Decimal Degree

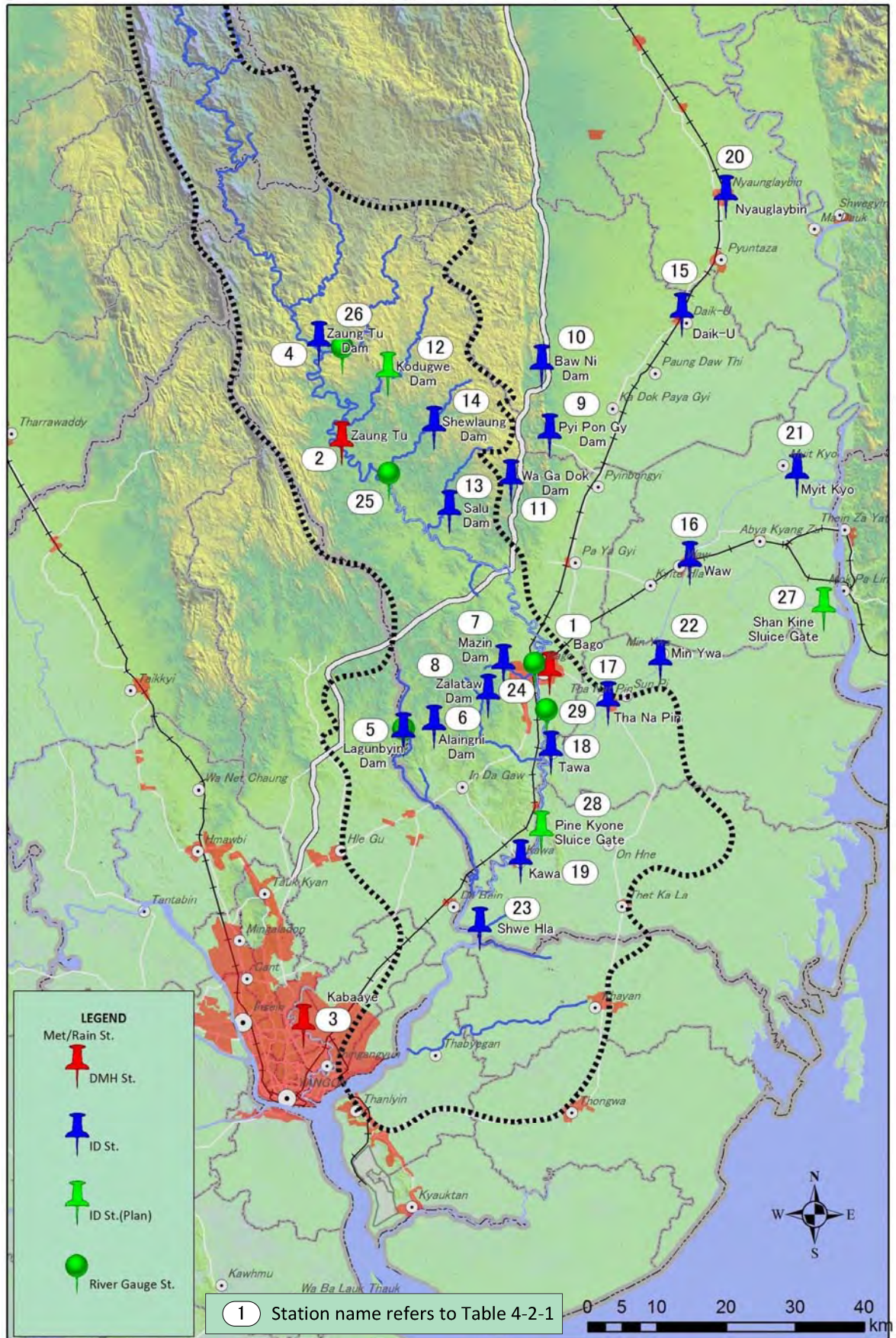


図 4-2-1 気象・水文観測所位置図

4-3 水文観測記録

前述のとおり、バゴー川流域の中～上流域には2箇所のDHM観測所があり、長期の観測を行っている。「バゴー橋観測所」はバゴー市の中心部に設置され1972年より観測記録が残される。また「ザンツ観測所 (Zaungtu Station)」は、バゴー流域の上流域の谷底平野に位置する観測所であり1989年より記録が蓄積されている。

4-3-1 河川水位

バゴー川の下流域は感潮することから年間を通じ河川流量が観測できる地点は、バゴー橋観測所(面積2,610 km²)が最も下流の観測所である。同観測所における河川水位の変動は大きく、最低2m、最高9mと年間で7mの開きがあり、水位は5月末より上昇を始め7月～8月で最大となり、雨季の終了が近づく9月中旬より水位は急速に減少に転じ、12月で最低水位の標高2～3mとなる。図4-3-1にバゴー橋観測所の2010年から2012年の河川水位ハイドログラフを示す。

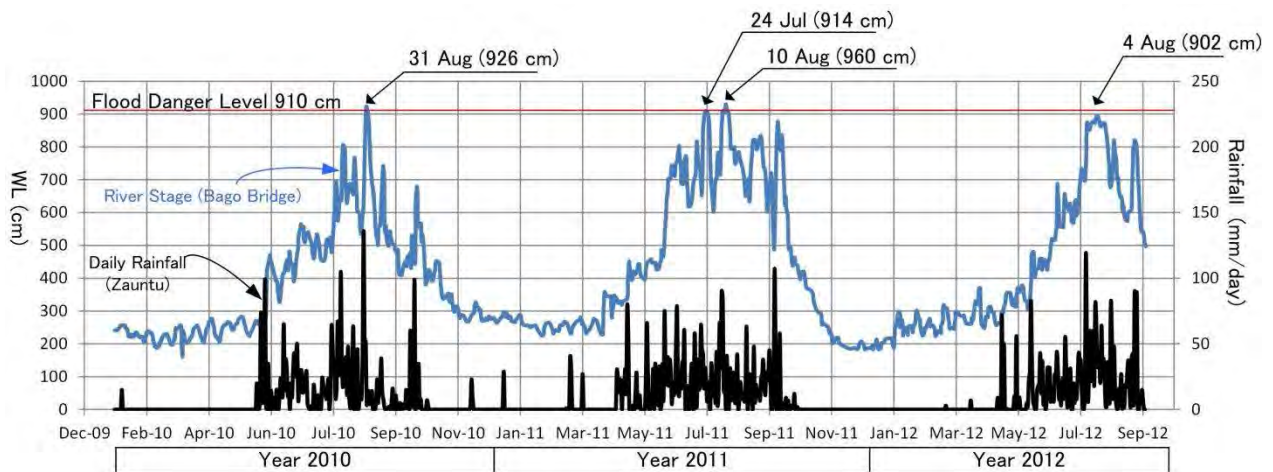


図 4-3-1 河川水位ハイドログラフ(バゴー橋観測所)

バゴー橋地点での洪水警戒水位は9.1mとされているが、2010年～2012年の3年間で3回警戒水位を超えている。2010年で一回(9.26m 8月31日)、2011年で2回(9.14m 7月24日、9.60m 8月10日)の洪水が発生している。一方で、2012年以降においては、バゴー流域上流域の3灌漑ダム(Kodugwe dam, Shwelaung dam, Salu dam)の運用が開始され、洪水の発生は抑えられている。

4-3-2 河川流量

河川水位と同様、バゴー橋観測所(流域面積2610 km²)が水位流量曲線法を適用できる最も下流の観測所である。しかしながら、同手法の基礎となる流量観測は1980年に行われたものであり、観測地点も現在の観測所位置とは異なる。図4-3-2にバゴー橋観測所およびザンツ観測所の月別流量を示す。

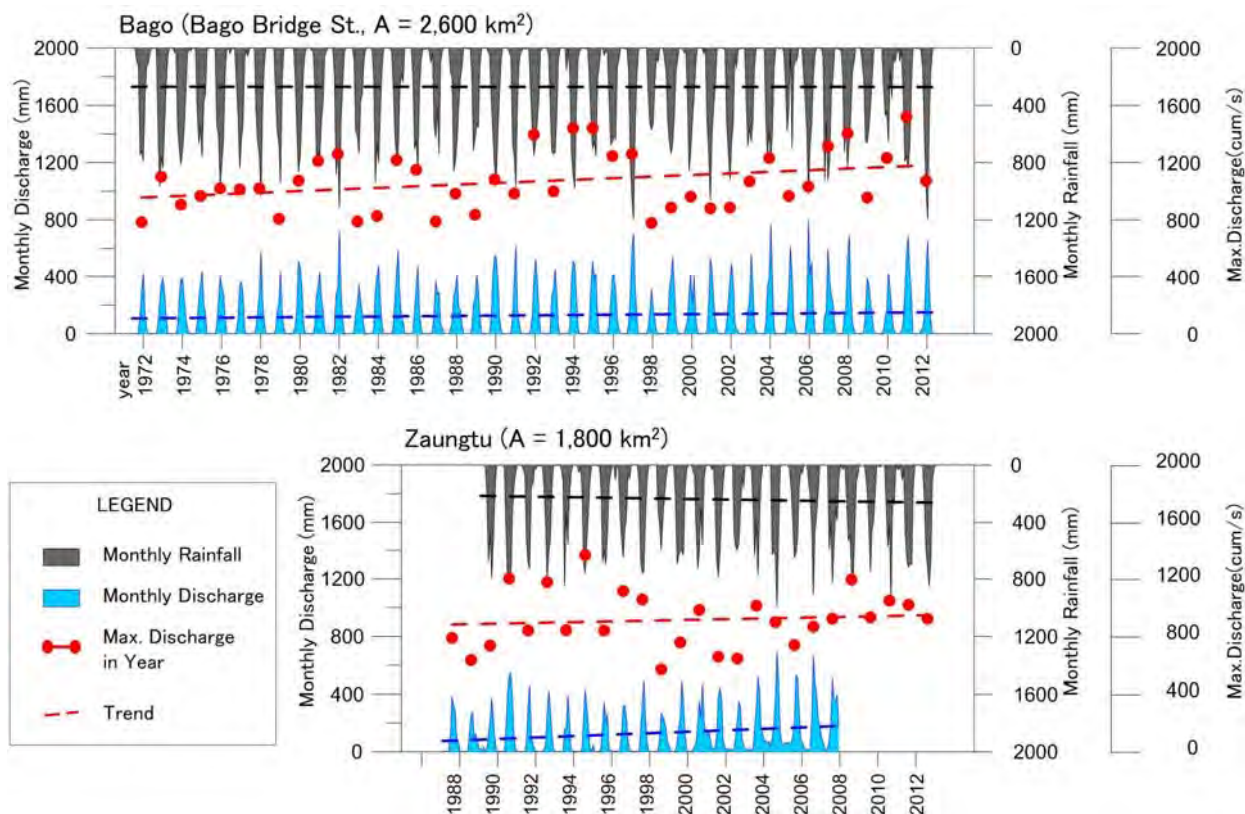


図 4-3-2 バゴ橋観測所およびザンツ観測所の月別流量

DMH 資料によると、2002 年から 2010 年までの平均流出量で年間 4,050 MCM²であり、これを流域面積 (2,610 km²) で除すると、流出高は 1,490 mm/年となる (表 4-3-1 参照)。これを流域内の観測雨量(Zaungtu 2,860 mm/年)と比較すると、雨水の半分程度 (52%) が流出する。しかしながら、これらの水位流量曲線は観測時点から 30 年以上が経過していることから、高水位の算定流量については灌漑局の観測値との開きは大きい。

同様に、ザンツ観測所の 1998 年～2001 年の平均年間流量は 3,680MCM/年と計算されているが、これを流域面積で除すると 2,080mm となり、これを流域雨量と比較すると流出率は 72% となる。この流出率は、隣接流域の流出率と比較し著しく高い値といえ、バゴ橋観測所と同様、値の信頼性に問題が残される。

表 4-3-1 バゴ橋地点の推定流量 (運輸省気象水文局)

単位 : MCM

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
2002	0	0	0	1	248	610	1,288	1,194	878	80	130	3	4,430
2003	0	0	4	0	187	586	775	1,194	866	185	2	0	3,798
2004	0	0	0	1	247	664	807	1,449	928	181	0	0	4,276

² 灌漑局が行った流量観測を使った修正値では 3,950MCM/年となる。

2005	0	0	0	2	116	497	584	1,242	1,187	168	88	40	3,923
2006	0	0	0	12	161	491	1,419	1,256	893	281	42	0	4,554
2007	0	0	2	5	447	439	1,290	1,423	544	285	15	0	4,450
2008	0	1	13	351	478	1,157	1,197	783	210	83	0	0	4,273
2009	0	0	0	8	115	561	920	1,028	684	286	0	0	3,600
2010	0	0	0	0	125	406	614	1,194	282	462	52	46	3,180
2011	-	-	-	-	-	761	1,251	1,465	1,130	647	-	-	(5,254)
2012	-	-	-	-	-	401	1,037	1,455	754	230	-	-	(3,877)
平均*1	0	0	2	42	236	601	988	1,196	719	224	37	10	<u>4,054</u>

*1:平均値は2002年～2010年の平均、2011年及び2012年は除く。

4-3-3 最大洪水量

DMH 観測データによると、バゴー橋地点の最大流量は、年々増加の傾向にある。1980 年前後までは最大洪水量は 1,200m³/sec 程度に留まるが、以降において徐々に増加し、この 10 年間では 1,400m³/sec を超える。特に、2011 年で既往最大の洪水があり 1,530 m³/sec(水位 960 cm) を記録した。

また、ザンツ地点の年間最大洪水は、バゴー橋地点と多少異なり、2000 年に運用を開始したザンツダムのピークカットによる最大洪水量の低減が確認されている。

4-3-4 2013 年の洪水記録（高水位）

バゴー川において新たにバゴー旧橋、タマビン及びダウェイ観測所が建設され、2013 年の雨季の開始前より観測が行われた。図 4-3-3 に日平均水位³と雨量を示す。

2013 年においてヤンゴン (kabaaye) 観測所とバゴー観測所の観測雨量は平年並み⁴であり、各々 2,774 mm/年と 3,242 mm/年であった。一方で、ザンツ観測所の雨量は 3,008 mm/年と多雨⁵であった。雨のピークは 8 月以降に連れ込むが、特に 2013 年においては、8 月中旬と 10 月末の 2 回のピークが特徴的であった。同様に、洪水のピークもこれら降雨と連動する。

これらの洪水時において、日流量はダウェイ観測所で 202m³/sec(日平均流量 10 月 28 日)、タマビン観測所で 707m³/sec(日平均流量 8 月 22 日)、およびバゴー旧橋観測所で 1,005m³/sec(日平均流量 8 月 23 日 7:00)が観測された。また 10 分間流量は、日流量より 30%高い値が得られている。図 4-4-6 にこれら 3 観測所の 2012 年の日流量ハイドログラフと日雨量を示す。

³ 河川水位は新たに設置した 3 観測所により 2013 年 1～5 月より観測を開始、また 3 観測所においての実施した流量観測(2013 年)に基づき水位流量曲線を作成。

⁴ Kabaaye 観測所の年平均雨量は 2,780 mm/年、また Bago 観測所の年平均雨量は 3,260 mm/年である。

⁵ Zaungtu 観測所の年平均雨量は 2,860 mm/年である。

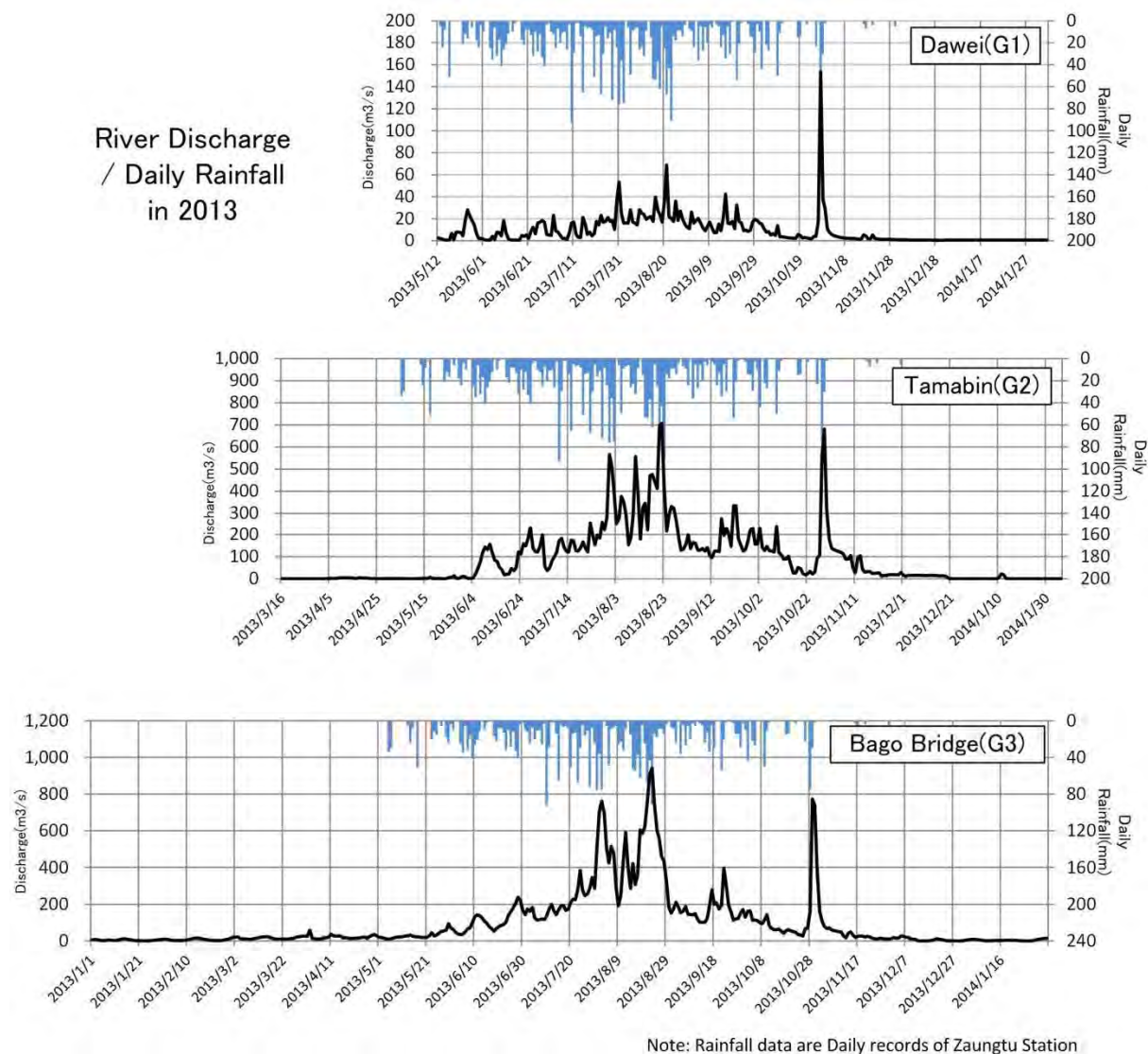


図 4-3-3 河川水位ハイドログラフ

4-4 水質

バゴー川流域およびティラワ SEZ 周辺域を含む調査地域において、15箇所の定点観測所を設け、電気伝導度(EC)、塩分濃度(C1)、濁度、pH、DO、BOD などの物理的項目の他、農薬(6項目)についての水質試験を行った。農薬試験については、2011年～2012年の輸入農薬リストの中から、調査域で使用した項目を選び実施した。図 4-4-1 に観測所位置図を示す。

4-4-1 バゴー川および支流の時系列水質モニタリング

次項に項目別の試験概要(2012年11月～2013年7月)を述べる。

- 1) 電気伝導度 (EC) および塩化物イオン (C1-) 濃度 (図 4-4-2 参照)

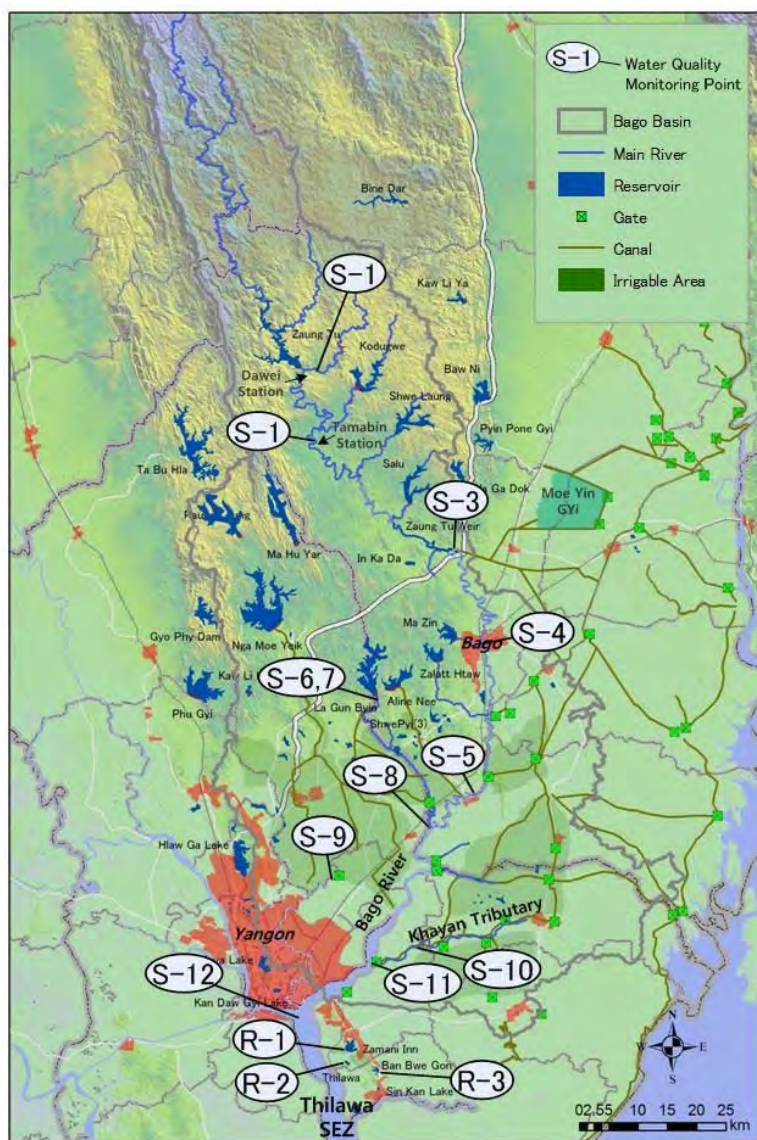


図 4-4-1 地表水の水質モニタリング位置図

水門上流地点(S-9)では、概ね 10 度以下となる。また、ラグンビン貯水池は常に 5 度前後と澄明であるが、6 月以降の雨季中において、いずれの地点も急激に濁度は上昇する。

3) 色度

色度は、濁度と同様の傾向にあり、地点ごとに差は認められるものの、概ね乾季で小さく雨季で大きい。ラグンビン貯水池の色度は、乾季において 10 度～25 度、雨季で 50 度前後まで上昇する。

4) 水温

水温は摂氏 24℃～30℃の範囲にあるが、気温変化より 1 か月程遅れが認められる。1 月で最低、5 月で最高温度を示す。

雨季から乾季の移行期に当たる 2012 年 11 月中旬の電気伝導度は、全地点で低く EC 最大値で 549 μ S/cm、塩化物イオン濃度で最大値 56mg/l の値を示す。乾季の 1 月中旬以降において、バゴー川本流のタワ地点 (S-5) より下流 (S-5、S-8、S-11、S-12) およびカヤン支川の観測点 (S-10) で EC (塩化物イオン濃度) の上昇が認められる。雨季に入る 2013 年 5 月から値は減少し、6 月下旬以降は全地点で EC 500 μ S/cm 以下となる。

2) 濁度

バゴー川本流のタワ地点より下流の観測点 (S-5、S-8、S-11、S-12) では、常にほぼ 250 度⁶を越える高濁度である。カヤン川では、雨季初頭の 12 月までは 50 度～150 度と高いが、1 月以降 5 月の乾季末において 10 度～20 度に減少する。バゴー川のバゴー市内 (S-4)は、乾季中は 20 度～35 度、

バゴー川上流部(S-1～S-3)、ラグンビン貯水池(S-6)およびガモエ

⁶ カオリン標準液による濁度単位 (日本の水道基準の単位)。

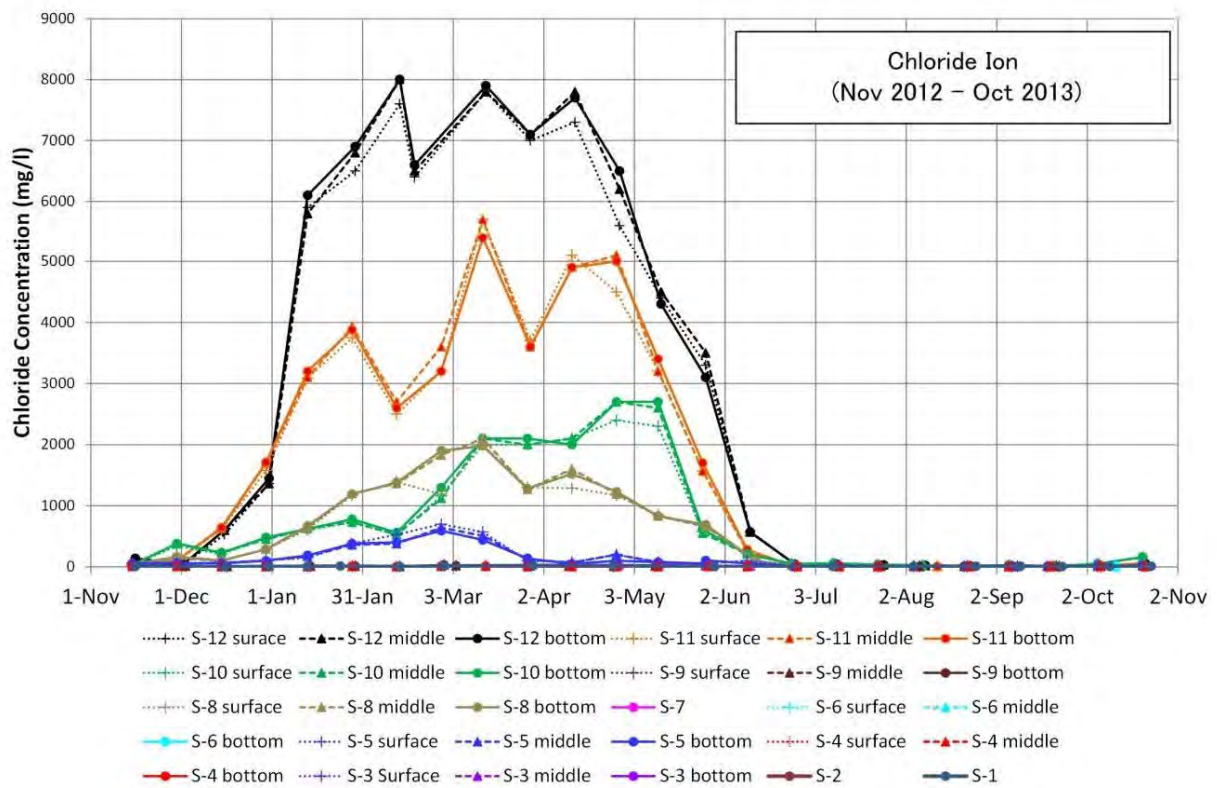
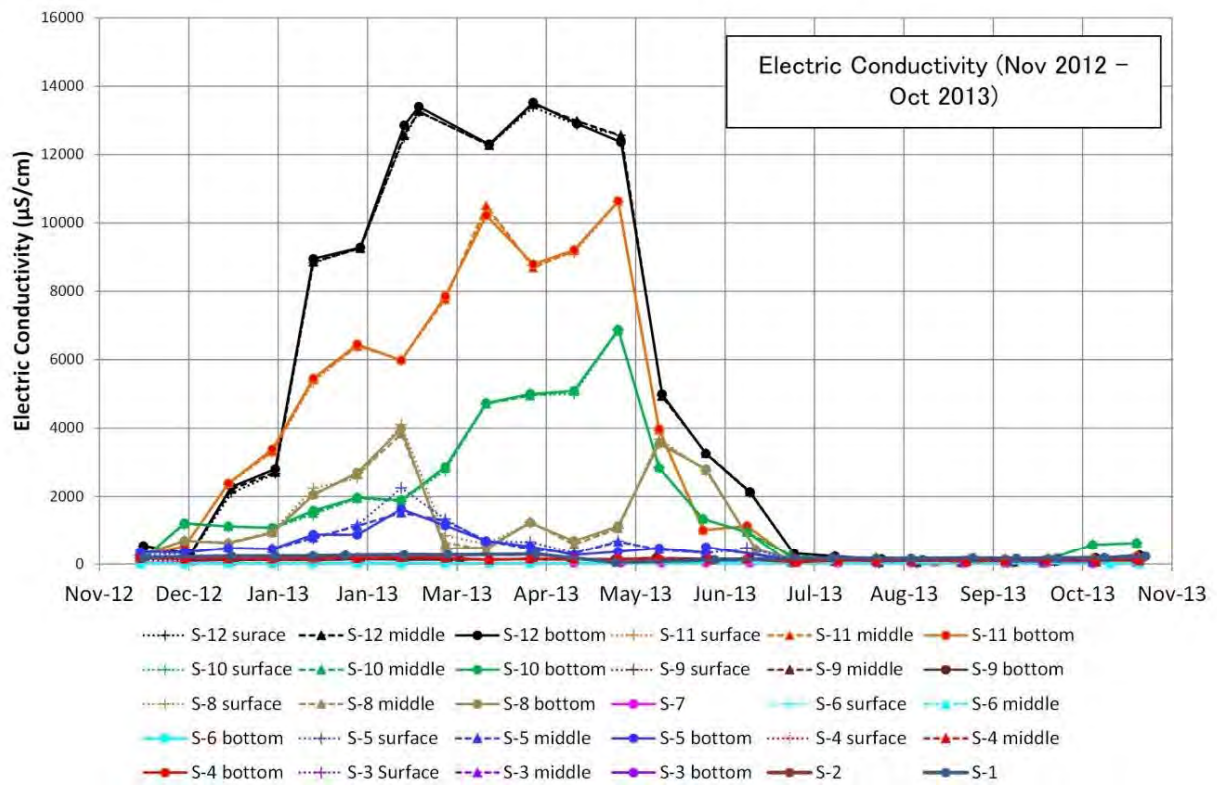


図 4-4-2 電気伝導度(EC)および塩化物イオン(Cl-)濃度

5) pH

バゴー川最上流(S-1)で値が高く、最高 pH9.0 を示すが、その他の地点では pH6.5～8.5 の範囲⁷に収まる。ラグンビン貯水池(S-6)、ガモエ水門上流(S-9)およびカヤン川(S-10)で値が小さい。

6) DO

溶存酸素量 (DO) は、概ね 6～8mg/l で良好な値を示す。ただし、バゴー川中下流のタワ地点およびラグンビン川の末端付近の中下層水は、1月以降で 1～3ppm に低下する。

7) BOD

多くは 1～2 mg/l の小さな値を示すが、バゴー川本流のタワ集落地点(S-5)、ガモエ水門上流(S-9)、カヤン川(S-10)で 4～7 とやや大きい。ラグンビン貯水池では、乾季で BOD は大きくなる。

8) 農薬

農薬は 6 項目 (2.4D、アトラジン (Atrazine)、カルボフラン (Carbofuran)、クロルピリホス (Chlorpyrifos)、ジメトエート(Dimethoate) 及びパండిメタリン (Pandimethalin)) を対象としたが、試験期間中 (2012 年 11 月～2013 年 7 月) において検出限界以下であった⁸。

4-4-2 SEZ 近傍三貯水池の季別水質モニタリング結果

水質試験は以下の 8 項目で 2013 年 7 月までに 3 回実施した。試験結果は以下のとおりである。

濁度	0 度 (乾季初め) 3～13 度 (乾季後半～雨季)
色度	11～43 度
電気伝導度	25～56μS/cm
pH	7.2～8.0
DO	7 mg/l
BOD	0.0～1.0 mg/l (乾季初め及びバンプエゴン貯水池) 3.0～5.0 mg/l (乾季後半～雨季のザマニ・イン貯水池および ティラワ貯水池)
塩化物イオン (Cl ⁻)	2～12 mg/l
農薬 (6 項目)	検出限界以下 (WHO ガイドラインの 1/10 未満)

色度がやや高いこと、乾季後半から雨季の濁度やザマニ・イン貯水池とティラワ貯水池の BOD がやや高い他は、良好な水質である。相対的にはバンプエゴン貯水池の水質が優る。

⁷ pH については、WHO の飲用水のガイドライン (第 4 版) にはないが、通常 pH6.5～8.5 の範囲内で飲用水に給される。

⁸ 農薬 6 項目の試験は本邦の分析機関で実施した。

4-5 水利施設

4-5-1 貯水池

ティラワ SEZ への水源地の対象地区となるバゴー流域およびシッターン流域東岸には、様々な規模の貯水池が存在するが、主要な既存貯水池は 13 箇所である（表 4-5-1 および図 4-5-1 参照）。バゴー本川に建設されている施設は発電目的のザンツダムおよびザンツ堰の 2 ヶ所であり、その他 11 施設は支川に建設されている。バゴー川の東岸支川に 3 箇所、西岸に 4 箇所、および隣接するシッターン川流域に 4 箇所が設けられている。

用途別では、ザンツダムが発電用施設であることを除き、その他はすべて乾季の灌漑利用を目的にして建設された。バゴー橋観測所より上流域の施設：ザンツダム、コドゥクエダム、シュウエランダム、サルーダム、ザンツ堰の 5 施設については、雨季の灌漑用貯水が、同時に洪水調整機能を発揮していると報告されている。これら 5 ダムの貯水量の総計は 836MCM（有効貯水量：708 MCM）であり、バゴー橋地点の年流出量 3,950MCM/Year の 18%（有効貯水量/年流出量）にあたる。

また、バゴー西岸の 4 施設：ラグンビンダム、アライニダム、マジンダム及びザラトウダムについては、何れも灌漑用施設として建設されたが、バゴー市近郊のマジンダムはバゴー市の水道水源として使用されている。また、ラグンビンダムは後述するようにティラワ SEZ の工業用水及びヤンゴン市の水道水源として供用される予定となっている。

なお、隣接するシッターン川流域東岸に位置するピンポンジダム、バウニダム、ワガドゥグダム、モエンジ貯水池は、前述のバゴー橋観測所上流域の 4 ダムとともに、バゴー川東岸をとおる 30 マイル緑化事業の水源として運用されている。

表 4-5-1 貯水池概要表

項目	単位	ラグンビ ンダム	アライニ ダム	マジンダ ム	ザラトウ ダム	ピンボン ジダム	パウニダ ム	ワガドゥ グダム	ザンツダ ム	ザンツ堰	コドゥ クエダ ム	シュウ エラン ダム	サルー ダム	モエン ジ
目的 ¹		灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	発電+ 灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	灌漑	灌漑
建設期間	-	2000. 9- 2001. 11	2002- 2003	1999- 2000	1998- 1999	1987- 1988	1998- 1999	2007- 2008	1994. 1-20 00. 3	1994. 1-20 00. 4	2012	2012	2012	1878, 20 03-2006
位置・郡区	-	Hlegu	Bago	Bago	Bago	Dike U	Dike U	Dike U	Bago	Bago	Bago	Bago	Bago	Waw
支川名	-	Lagunbyi n	Alaingni	Magin	Zalataw	Pyi Pon Gyi	Bawni	Wagadok	Bago River	Bago River	Kodukwe	Shwe Laung	Salu	Moe Yin Gyi
流域面積 ^{2/}	km ²	109	37	28	23	21	65	26	1,120	2,330	163	83	78	155
年雨量 ^{3/}	mm	2,870	2,860	2,870	2,850	2,980	2,870	2,990	(2,700)	(2,700)	2,680	2,820	2,820	-
年流入量 ^{4/}	MCM	155	53	-	-	-	-	-	-	-	228	139	124	-
灌漑面積	ha	8,903	4,047	263	809	1,592	243	-	14,569	14,670	-	-	-	16,187
必要貯水容量	MCM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	244	145	130	-
常時満水位標高	m	25	25	27	34	48	53	59	-	-	61	60	45	8
総貯水容量	MCM	184	48	32	23	137	43	40	400	18	183	123	112	173
湛水面積	km ²	27	8	6	6	2	6	6	-	-	27	16	19	104
余裕高	m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	1.7	1.6	-
ダム天端高	m	27	-	-	-	-	-	-	-	-	64	63	48	-
河床標高	m	9	-	-	-	-	-	-	-	-	37	35	21	-
堤体高	m	19	16	18	15	20	26	26	45	-	27	28	27	3
堤頂長	m	1,579	1,737	1,219	1,391	320	248	1,951	-	-	344	1,433	1,746	43,452
ダムタイプ	-	Earth	Earth	Earth	Earth	Earth	Earth	Earth	-	-	Earth	Earth	Earth	-
有効貯水容量	MCM	177	46	29	22	136	14	-	296	18	171	117	106	-
サドルダム数(m)	Nos. (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 (1,081)	9 (928)	11 (3,862)	-
発電容量	MW	-	-	-	-	-	-	-	40 (20x2)	-	-	-	-	-

注：標記施設はザンツ（電力省）ダム以外は灌漑局より管理されている。

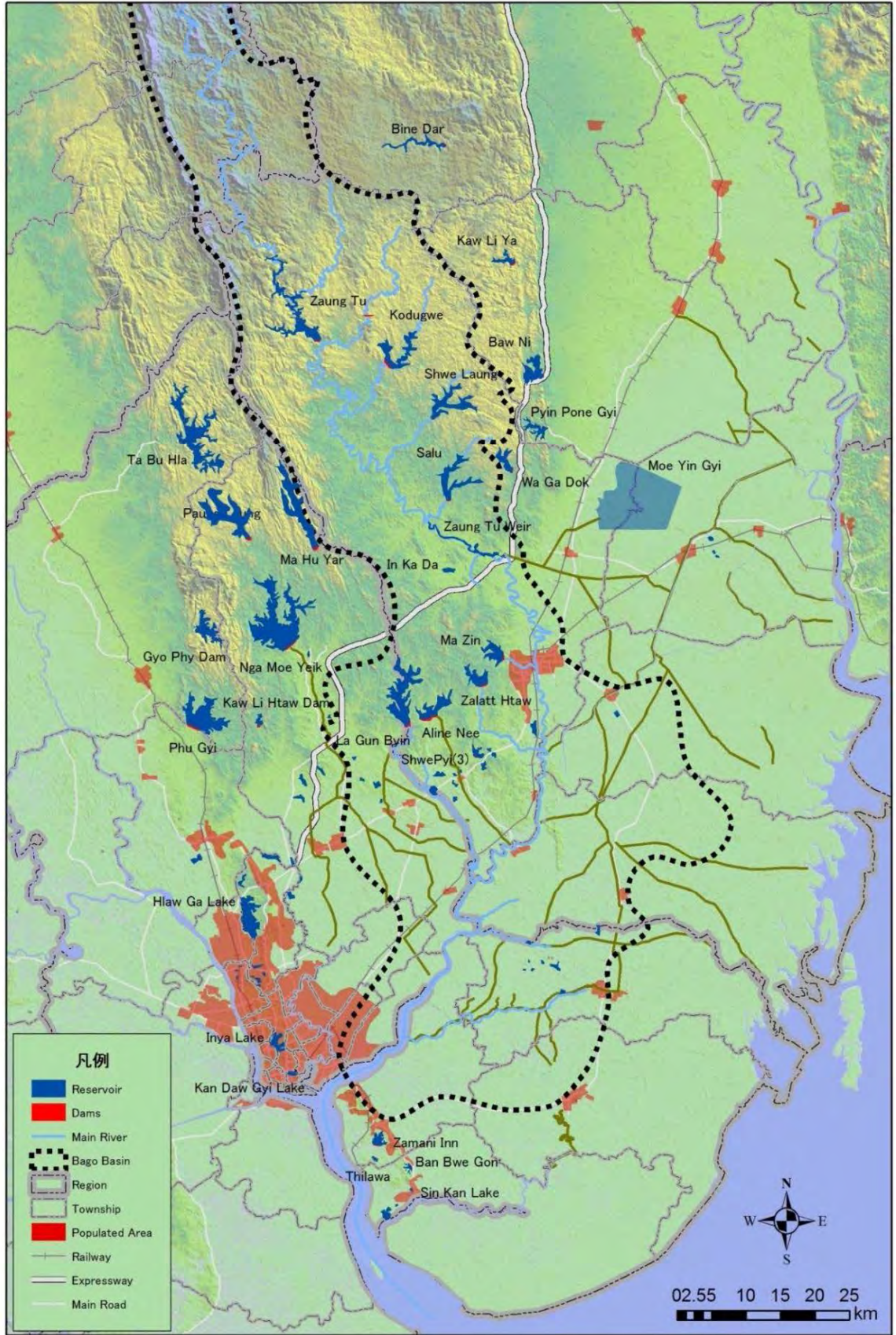


図 4-5-1 貯水池位置図

4-5-2 灌漑水路・排水路および水門

バゴー流域およびシッター川東岸域における水路はバゴー本川中流のザンツ堰（Zaungtu Weir）より始まり、下流 10 km 地点で分流し、ザンツ-モエンジ水路（Zaungtu-Meo Yin Gyi Canal）でモエンジ湖（Moe Yin Gyi lake）に導水される。さらに下流に向かい 2 つに分かれ、Sun Pi 地点および Tu-kyite 地点でバゴー-シッター運河⁹（Bago-Sittaung Drainage(Feeder) Canal）に入る。同様に、モエンジ湖に一時貯留された水源が Waw 地点よりシッター-バゴー運河に合流する。同運河においては、3 箇所の排水堰：Aphyar 堰、Min Ywar 堰、Bagan Nyaung Pin 堰：があり、これらは、雨季には、下流（南側または東側）に洪水を排水するが、乾季には余剰水を Bagan Nyaung Pin 堰より 30 マイル水路に分水する機能を有する。この用水は南方 45 km のトングア合流点よりカヤン支川に流入する。

シッター-バゴー運河および 30 マイル水路は舟運や用水路用途のみならず排水も兼ねた大規模水路であり、ここより雨季の排水を目的に主要なものでシッター川側に 4 系統、バゴー川に 7 系統の排水路が建設されている。

各排水路の末端には、塩水の遡上を防ぐ目的で水門が設けられるが、バゴー川で主な排水路 4 系統のうち、上流から Tawa、Pine Kyone、Khayan 地点の 3 箇所で水門が建設済みであり、残る 1 箇所 Shwe Hla 堰で計画中となっている。一方、シッター側では施設整備は遅れ、7 箇所：上流から Shan Kine、Winkadat、Kalatsu、Kokko、Mamaul、Tan Din、Kim Mon Chone 地点の計画に対し、Shan Kine と Kim Mon Chone 地点の 2 箇所で水門が完成しているが、残る 5 箇所では軟弱基礎、堆砂などの技術的問題で計画が遅れている。シッター川の河口部は世界的な海嘯の発生地として有名であり、水門建設の未着手地点では、塩水遡上による湛水、高潮被害、土壌塩害などの問題を抱えている。図 4-5-2 に灌漑排水路位置図、図 4-5-3 に水門位置図を示す。

⁹ シッター川河口部では海嘯（tidal bore）の発生が知られシッター川の舟運の障害となっていた、木材を上流トンゲーよりヤンゴン港まで運ぶため、シッター川とバゴー川を結ぶ運河が 1878 年に建設された。

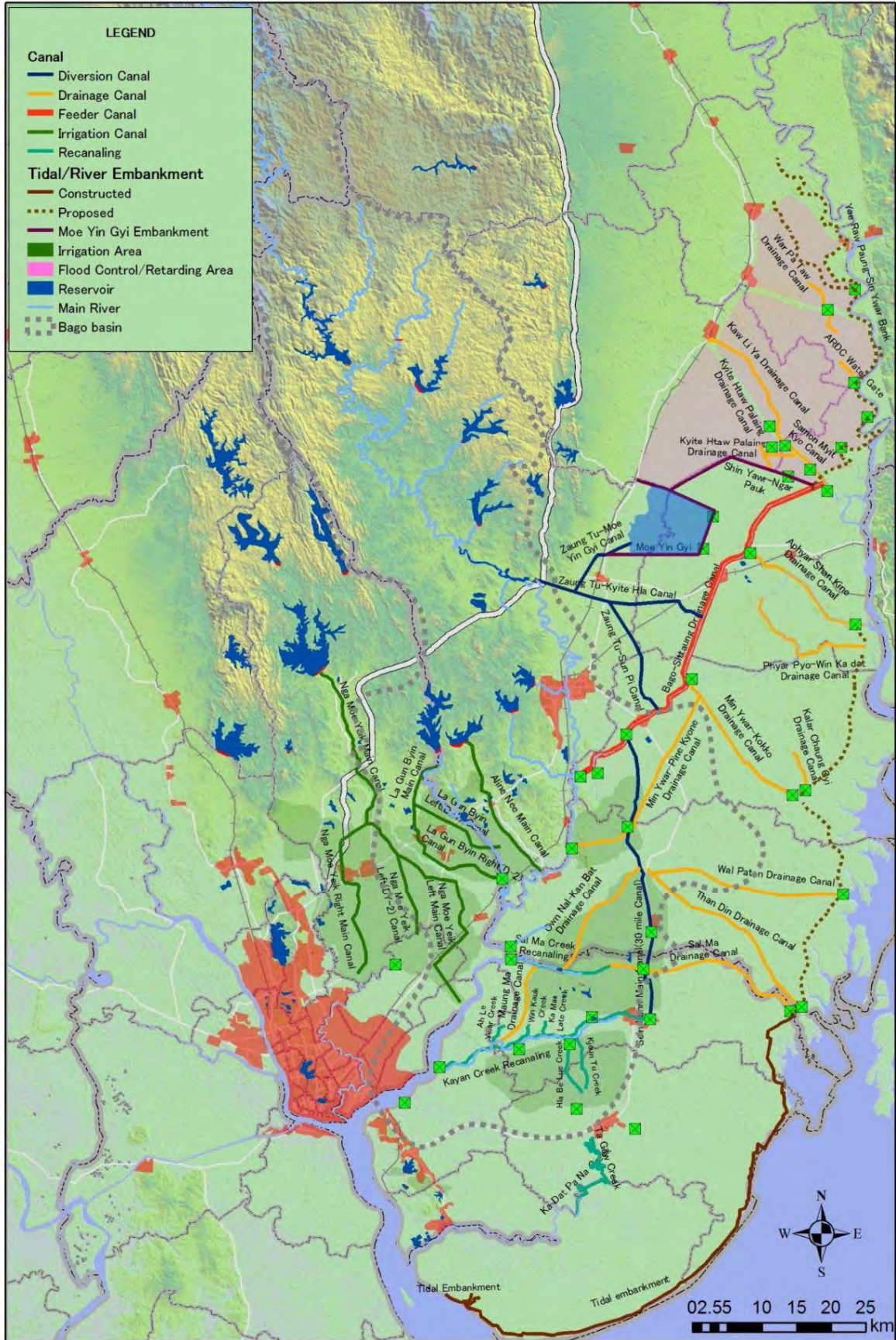


図 4-5-2 水路位置図

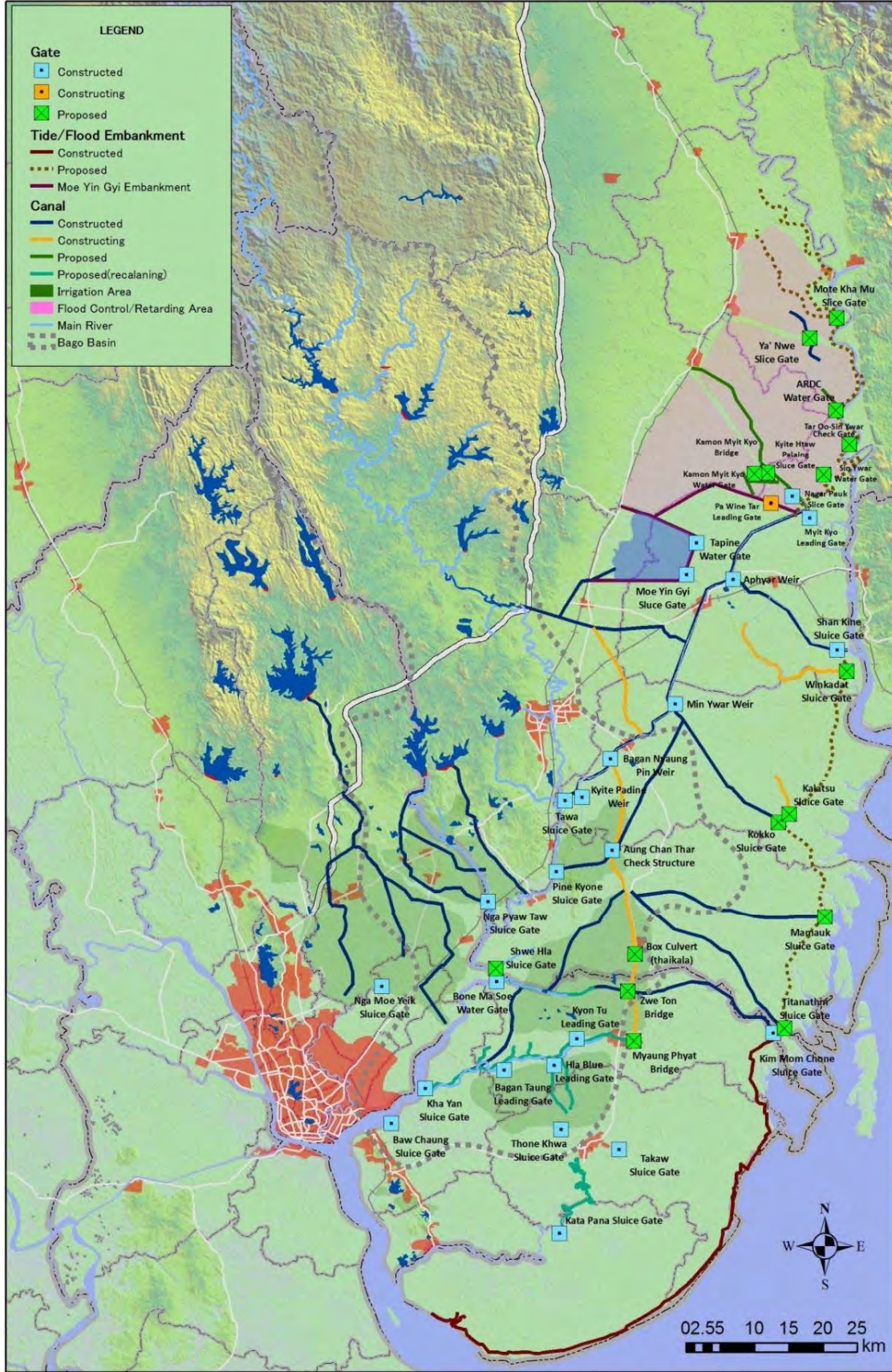


図 4-5-3 水門位置図

4-6 ティラワ経済特区への利用可能水源

4-6-1 SEZ 周辺貯水池および水源

経済特区周辺には貯水池が複数存在するが、主要な表流水水源として建設された貯水池は以下の3つが挙げられる。

- ザマニ・イン(Zarmani-Inn)貯水池 : 農業用貯水池であり主に灌漑を担う。加えて近隣の加工区へ、及び港湾へ飲用・生活用水を売水している。
- バンブエゴン(Ban Bwe Gon)貯水池 : 農業用貯水池であり灌漑用水を供給する他、近隣のチャウタタウンシップへ売水している。また僅かであるが、港へ飲用・生活用水を供給している。
- ティラワ(Thilawa)貯水池 : 隣接する工場及び灌漑用水を供給している。このほか、港に売水を行う。

ザマニ・イン貯水池は、経済特区の北東に隣接し、バンブエゴン貯水池は3 kmを隔てて東に位置している。またティラワ貯水池は経済特区の中に位置する（図4-6-1 参照）。

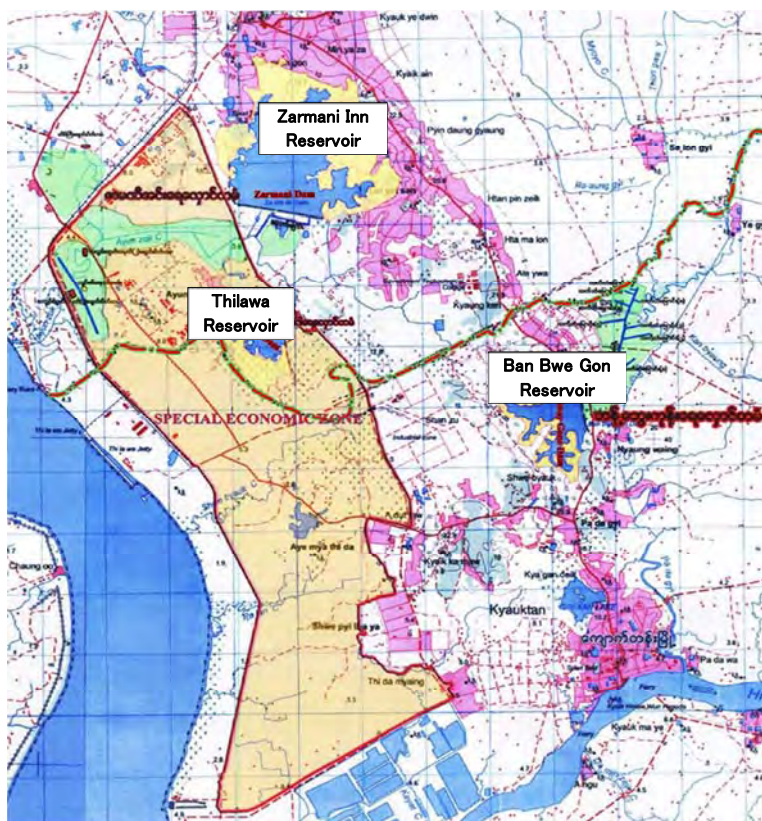


図 4-6-1 経済特区周辺の3貯水池

これらはいずれも農業灌漑省灌漑局が建設した水利施設である。3貯水池中、最も古いティラワ貯水池（完工1985年）は既に第1工業省に移管されているが、バンブエゴン貯水池（完工1994年）及びザマニ・イン貯水池（完工1995年）は、現時点において灌漑局が日常の管理を行っている。一方で、その水利権は、最近の法改正（灌漑面積5,000acre未満の中小灌漑施設を対象）によって、灌漑局からヤンゴン地域政府（Yangon Regional Government）に委譲された。

3貯水池の計画諸元を表4-6-1に示す。

表 4-6-1 貯水池諸元^{*1}

貯水池諸元		ザマニ・イン	バンブエゴン	ティラワ
総貯水容量	(1000m ³)	6,616	2,140	1,363
死水容量	(1000m ³)	402	185	14
有効貯水容量	(1000m ³)	6,217	1,955	1,349
常時満水位標高	(EL m)	7.01	7.92	9.75
死水位標高	(EL m)	3.96	4.72	4.88(7.62) ^{*2}
流域面積	(km ²)	7.25	2.25	0.93
取水施設容量	(m ³ /sec)	0.765	0.765	-
計画灌漑面積	(ha)	281	86	49
建設期間	(Year Month)	1994-1995(JUN)	1993-1994(JUN)	1984-1985
事業費	(10 ⁶ Kyats)	448	199	47

*1：灌漑局資料より抜粋、現地調査結果により追記。

*2：ティラワ貯水池では、計画死水位は 16ft であるが、25ft で濁水となるため、25ft を取水最低水位としている。

(1) 貯水池の水位及び貯水量

1) ザマニ・イン貯水池

ザマニ貯水池運用後の貯水量および水位の変化は以下のとおりであり、運用開始後 14 年間で最高水位は、サイクロン・ナルギスが本地区に上陸した 2008 年の雨季に記録されている。同年は、雨季の終了まで 4 か月間にわたり満水位を 1m 程度上回る状況にあり、かつダム本体のダメージも認められたことから、2009 年 5 月～2010 年 7 月においてダムの水位を下げ、ダムの補修（堤体保護工）を行っていたが、同年は旱魃年(2010 年)にあたり、貯水池は 2010 年に 3 月に空になった。

これらの人為的なダム操作期間を除き、14 年間の通常運用期でのダムの管理水位（FWL 満水位）は 23ft～26ft、また最低水位は 14.5ft であり、この時点の貯水量は 775acre-ft (955 千 m³) であった。

また、2014 年の 4 月には、改修工事が行われ洪水吐上にゲートが新設され、満水位が 26.5ft (8.08m) に引き上げられるとともに、堤体も 27ft (8.23m) から 29ft(8.82 m)への嵩上げが行われた。

2) バンブエゴン貯水池

バンブエゴン貯水池は 1996 年より運用されているが、建設当初の 1 年間および昨年（2011 年）のダム補修等の緊急操作を除き、通常運用において管理水位は 26ft～28ft に設定されている。この間 16 年間の最低水位は 17.7ft、貯水量で 371acre-ft (457 千 m³) である。

また、2014 年の 4 月には、洪水吐上にゲートが新設され、満水位が 26ft (7.92m) から 28ft

(8.53m) に引き上げられた。

3) ティラワ貯水池

ティラワ貯水池は 1985 年より運用されているが、現時点で収集される管理記録は過去 5 ケ年分である。5 ケ年の運用を見ると、管理水位（満水位）32ft に対し、2010 年の旱魃～現在まで貯水池は満水になったことはなく、さらに本年乾季末（2012 年 5 月、6 月）には、取水障害（用水に泥水が混入）が発生している。管理記録のある過去 5 ケ年半の最低水位は 25ft であり、貯水量で 411acre-ft（507 千 m³）に相当する。

(2) 利用可能水量の試算

ティラワ貯水池では、2010 年以降の 3 年間で雨季末においても満水位に達していないこと、及び昨年（2011 年）乾季末において取水障害（泥水混入）が発生していることなどから、余剰水の利用は難しいと判断された。

一方で、ザマニ・イン貯水池及びバンプエゴン貯水池においては、渇水年（確率 1/15 年程度）の乾季末においても、553 千 m³（貯水量 955 千 m³ - 死水量 402 千 m³）、272 千 m³（貯水量 457 千 m³ - 185 千 m³）の貯水量が残されていることから、これらの余剰を新たな利用に充てることは可能と思われた。これら 2 貯水池の余剰水源量を明確にし、またその限界を把握するため貯水池運用シミュレーションを行った。

1) 運用シミュレーション

貯水池の運用シミュレーションは、前項に示した流域収支の内、1998 年から 2011 年の 14 年間（2002～2003 年の異常値は除外）の月別収支データを利用して行った。同期間の貯水池への流入量を原資とし、既得水利権である灌漑用水＋飲用・生活用水と蒸発・漏水量をまず差し引き、これに上乘せし、新規の利用量を順次増加させ取水することで、貯水池の水位がどの程度低下するかを追跡した。ここで、新規利用量の追加によって貯水池の水位が死水位を超過する時点の値（上乘せ分）を「新規可能利用量」とした。つまり、「新規可能利用量」は、過去 14 年間のシミュレーションで、計算上連続して貯水池より取水できる量といえる。表 4-6-2 にザマニ貯水池及びバンプエゴン貯水池のシミュレーション結果を要約する。

表 4-6-2 3 貯水池の水源地量(単位:1,000m³/年、括弧内の数字は m³/日)

項目	ザマニ・イン貯水池	バンプエゴン貯水池	ティラワ貯水池	合計
① 既得水利権 (灌漑用水)	2,455 (6,730)	1,299 (3,560)	921 (2,520)	4,675 (12,810)
② 既得水利権 (上・工業用水、生活用水)	9 (20)	37 (100)	450 (1,230)	496 (1,360)
③ 既得水利権合計 (①+②)	2,464 (6,750)	1,336 (3,660)	1,371 (3,750)	5,171 (14,170)
④ 余剰水源量 (現状利用における余剰)	876 (2,400)	511 (1,400)	0 (0)	1,387 (3,800)
⑤ 新規開発水源量	960 (2,630)	548 (1,500)	0 (0)	1,508 (4,130)
⑥ 利用可能水源量 (既得水源からの転換を除く) (④+⑤)	1,834 (5,030)	2,395 (2,900)	1,371 (0)	8,066 (7,930)
<p>注：既得水利権については灌漑局調査データ（1996-2011 の運用実績記録）を参照。余剰水源量、新規開発水源量については、灌漑局調査データをもとに貯水池シミュレーション（調査団）により推定した。各項目（①～⑥）の詳細は以下のとおり。</p> <p>① 既得水利権（灌漑用水）：ザマニ・イン貯水池より SEZ 内および周辺に供給された灌漑用水量（1996 年-2010 年の実績平均値）。</p> <p>② 既得水利権（上・工業用水、生活用水）：ザマニ・イン貯水池より SEZ 内および周辺に供給された上・工業用水、生活用水の合計（1996 年-2010 年の実績平均値）。</p> <p>③ 既得水利権合計：①既得水利権（灌漑用水）と②既得水利権（上・工業用水、生活用水）の合計。</p> <p>④ 余剰水源量（現状利用における余剰）：1996 年-2010 年のザマニ・イン貯水池利用期間中における貯水池に残された水源量。</p> <p>⑤ 新規開発水源量：貯水池改修により新たに開発される水源量</p> <p>⑥ ④余剰水源量（現状利用における余剰）と⑤新規開発水源量の合計。</p>				

ダム貯水池に残される余剰水源とゲート新設等による開発水源の合計は 7,930 m³/日である。これは、其々、ザマニ・イン貯水池から 5,030m³/日、またバンプエゴン貯水池から 2,900 m³/日（の計 7,930 m³/日）であるが、バンプエゴン貯水池からの SEZ への配水は、現存する灌漑用水などの既得水利権との調整が難しい。

なお、灌漑局の情報によると、ザマニ・イン貯水池において灌漑面積減少に伴い今後灌漑用に必要な水量が 78,900m³/年程度（乾季 10 月から 4 月の畑地灌漑のみ）に減少する見込みであり、この減少分を SEZ への工業用水へ用途転換が可能であれば 15,700m³/日が利用可能水源量となる。

(3) SEZ 内貯水池新設貯水池

SEZ 周辺地区においては、上水道、地下水、溜池利用などの他、屋根集水方式による雨水利用も認められ周辺住民の補助水源の 1 つとなっている。当地における雨水の直接利用の可能性を検討するため、降雨データ、蒸発散能などの気候値より、どの程度の規模の施設（貯水池）が必要となるか検討を加えた。以下に、計算法、入力データ及び条件、計算結果を記述する。

1) 計算法

計算は、日単位で行い、降雨から損失高（蒸発＋漏水損失）を差し引いた値を流出高とし、これ前日の貯水池の水位に加え、また逆に日利用量を差し、引き日々の貯水位を計算した。この日単位の計算を繰り返し必要な集水面積、施設規模を検討した。

2) 計算の条件

雨水利用の計算の期間、入力データおよび条件は以下のとおりである。

計算期間：1980年～2012年の32年間

降雨データ：カバアエ(kabaaye)観測所の日降雨記録

蒸発散能：月別蒸発散能（ClimWAT FAOデータベースよりダウンロード¹⁰）

利用量¹¹：4,000 m³/日(通年)

漏水損失高：0.3mm（SEZ内の平野部を想定）

3) 計算結果

日雨量から損失を除いた有効雨量は 30 年の平均で 2,380 mm/年、旱魃年（1991 年）においては 1,750 mm/年に留まる。これらの雨水を貯留し継続的に日量 4,000 m³/日の取水を可能するためには、集水面積 70ha 以上、および水深 2.5m 以上の規模の貯水池が必要となる。同施設は、バンブエゴン貯水池（貯水池面積 86ha）に相当する規模であり、かつ完工から満水位まで時間を要し、建設初年は、年間を通じての継続的な取水はできないことが想定される。施設規模が大きくなること、及び本格運用までに時間を要することが同施設のリスクとして残される。

(4) カヤン支川

1) カヤン水門

カヤン支川は、その下流端（バゴ川との会合部）にカヤン水門が建設され、その河道部分は 30 マイル灌漑水路と連結する導水路、及び調整池（約 200 万トンの容量）として、周辺のタウンシップの水源となっている。カヤン水門の完工は 2005 年 5 月であり、ミャンマー政府は事業目的を、

¹⁰ http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_climwat.html

¹¹ SEZ 開業時の 2015 年（～2018 年）の水需要である 7,000m³/日より、既に利用が見込まれているザマニ・イン貯水池からの 3,000m³/日を差し引き 4,000m³/日を利用量とした。

- ・雨季の排水促進
- ・雨季末の補助水源の確保
- ・乾季の灌漑用水及び地域生活用水の確保（30マイル灌漑水路よりの導水を前提）
- ・塩水遡上の防止、塩水遡上に伴う堆砂の防止

に置いている。表 4-6-3 にカヤン水門の緒元を示す。

表 4-6-3 カヤン水門の諸元

Items	Description
Location	Near of Chaungwa old village, Thanlyin Tsp., Yangon Division
Map/Scale	(94D/5 – 715425), 1inch : 1mile(1:633,583)
Stream of Name	Khayan Chaung
Drainage Area	142 sqmiles (368km ²)
Type of Sluice Gate	Concrete Sluice gate
Size of Sluice Gate	40gates 6' x 6' (1.83 x 1.83 m)
Upstream Length	4,000 ft (1289 m)
Downstream Length	2,500 ft (762m)
Contribution Area	30,000 acres (12,141 km ²)
Project Cost	1247.28 million kyat (1.27 million dollar)
Project Period	April/2004 – June/2005

出典：灌漑局

カヤン水門の運用は、日常の施設点検、運用手順、保全・管理策などの他、雨季初頭（5月）に堰を開門し、雨季末（10月3週～11月1週）に閉門する規定となっている。昨年(2013年)の場合、5月25日に開門し11月5日に堰を閉門された。雨季の間（5月の開門後）には、満潮時にバゴー本川からの塩水遡上および土砂の流入を防ぎ、干潮時には排水を促進するようなゲート操作が行われた。他方、乾季（11月の閉門後）においては、バゴー本川からカヤン支川を切り離すことで河道貯留を促進し水位を一定（EL2m：現地管理水位ではRL9ft）に保ち、水源として利便性が図られた。図 4-6-2 に 2013 年のカヤン水門の上下流の水位変化を示す。

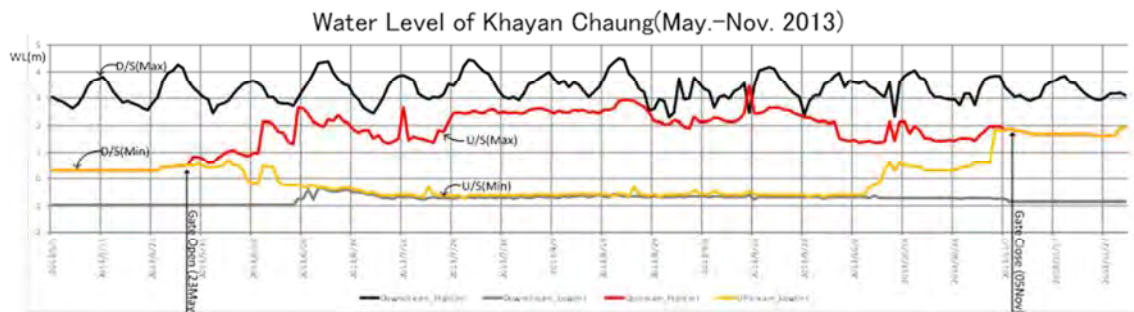


図 4-6-2 カヤン水門の年間水位記録(2013年)

2) カヤン支川の水質

カヤン支川においては、2012年11月から2013年10月に測水調査（7項目：濁度、色度、電気伝導度、pH、DO、BOD、塩化物イオン）及び残留農薬（4項目：2.4D、アトラジン、カルボフラン、クロルピリホス、ジメトエート、ペンディメタリン）について実施している。

試験結果は、農薬については2回（4項目）とも分析限界以下であったが、測水調査7項目では著しい季節別の変動が認められた。特に、電気伝導度（EC）及び塩化物イオン濃度は、雨季から乾季の流況の変化に敏感に反応し、EC値で雨季には数100 μ S/cmであったものが、乾季末（4月）には6,000 μ S/cmまで急激に上昇する結果となった。

乾季の塩化は、①カヤン支川では乾季には表流水の供給が完全に途絶えること、②バゴー本川との会合部に設けられたカヤン水門からの海水の漏入、及び③隣接の帯水層及び塩化土壌からの塩分の浸出などが複合的な要因と考えられ、灌漑局においては、支川の塩化防止を目的にカヤン水門の修繕、交換を行い、また塩化土壌分布域の特定を行っているところである。加えて、昨年2013年12月から30マイル緑化水路よりの試験導水が開始されたことから塩分の希釈が期待されている。

3) 水源量

水源量としては、河道貯留の200MCM/年程度に加え、30マイル緑化事業の試験通水による100 ft^3/sec (2.7 m^3/sec)が利用可能である。また、取水位置は、カヤン水門の位置するバゴー川との合流点から4km程の地点のカヤンポンプ場（水資源利用局（WRUD）により建設中）が有望であり、同地点における水質は乾季末（2014年3月～4月）で2,000 μ S/cm以上（最大6,610 μ S/cm、4月）の半鹹水となるが、雨季～乾季初頭（5月～2月）で1,500 μ S/cm以下の淡水が取水可能となる。

4-6-2 ラグンビン貯水池

ラグンビン貯水池は灌漑局が2000年に建設した貯水池であり、SEZの北方70kmに位置する堤高18.9m、堤長1578.8m、総貯水量183.5MCM（有効貯水量177.0MCM）の農業用ダムである。原計画では3,560ha（8,800acre）の灌漑用に供される予定であったが、現時点の灌漑面積は、1,780ha（4,000acre）である。貯水容量や流入量に比べ使用水量が小さいことから、灌漑局は、同貯水池に余剰水が残されていると考えている。

ラグンビン貯水池の諸元を表4-6-4に示す。同貯水池の東方には、アライニ（Ah Lai Ni）貯水池（総貯水量39,000ac-ft、流域面積14.2Square-mile）が隣接しており、両貯水池は、連結水路にて結ばれ、両者の水位差に応じ、相互に貯水は交流する。また、アライニ貯水池には洪水吐がなく、ラグンビン貯水池の洪水吐が両貯水池の洪水排水を担う。

表 4-6-4 ラグンビン貯水池の諸元

番号	項目	ラグンビンダム
1.	位置	ヤンゴン管区・バゴ管区 (Tha me ka lay 村)
2.	地形図リファレンス	94 C/7 L 718932
3.	支川名	ラグンビン支川
4.	流域面積	42 平方マイル (108.78 km ²)
5.	年雨量	100 inch (2,500 mm)
6.	年間流入量	126,000 Ac-ft (155.418 MCM)
7.	ダムタイプ	アースダム
8.	堤体標高	62 ft (18.89m)
9.	堤頂長	5,180 ft (1578.8m)
10.	常時満水位容量	148,800 Ac-ft (183.512 MCM)
11.	死水位容量	5,250 Ac-ft (6.476 MCM)
12.	湛水面積	6,700 Acre (27km ²)
13.	導水路タイプ	Reinforce Cement Concrete
14.	導水路長導水路サイズ	4 ft x 6 ft (2) hole (1,219 x 1,829 mm)
15.	導水路長	244 ft (74.37m)
16.	導水路設計流量	500 Cuft/sec
17.	洪水吐タイプ	Reinforce Cement Concrete(Broad Crest)
18.	洪水吐長	50 ft (15.24 m)
19.	洪水吐設計流量	900 Cuft/sec (25m ³ /sec)
20.	灌漑可能面積	8,800Acre (3,560 ha) – Plan in 2002 4,000 Acre (1,618 ha) – in 2012

出典：灌漑局資料

(1) 貯水池バランス

流入量、生活用水、灌漑用水、蒸発散ロス及び放流量から構成される貯水池の水収支は灌漑局によって作成されている。表 4-6-5 および図 4-6-3 に 2006 年以降の貯水池収支を示す。

ラグンビン貯水池への年間の流入量は 285MCM/年であり、これから 103MCM/年が蒸発散により失われ、71MCM/年が制御されず洪水として流去する。残る 111MCM/年が利用可能量であり、これから環境用水量を差し引いたものが実際に利用することができる水源となる。環境用水量の算定については、ラグンビン支川において、水質、堆積物、塩水侵入、水中生物、地下水涵養量、河畔居住者、及び支川に係る環境文化などの情報がなく、包括的手法の適用はできなかったことから水文統計による概定に頼らざるを得なかった。

ラングンビンは半ば季節河川であり、旱魃年には乾季末の 2、3 か月に断流し自然流量から環境用水量も大きくないと想定できることから、環境用水量として最大渇水月の平均値 (14MCM/

年) 程度が環境用水量として適当と判断した。また、雨季の4ヶ月間は貯水池洪水吐からの環境用水に代わる無効放流があることから、これを差し引き約8MCM/年を年間の環境用水量と判断した。つまり、利用可能量111MCM/年から環境用水量8MCM/年¹²を差し引いた103MCM/年が灌漑、工業、生活用水等のセクターへの配分可能量となる。

表 4-6-5 ラグンビンダム貯水池の年間収支(2006年-2012年)

年	①流入量	流出量(MCM/年)						経年 貯水量
		②生活用水	③灌漑用水	④蒸発散ロス	⑤越流量	⑥放流量	⑥計 (②+③+④+⑤)	
2006	320	112	0	75	136	0	323	-3
2007	330	151	0	123	69	0	343	-13
2008	230	127	0	90	8	0	225	4
2009	249	0	0	130	40	85	254	-5
2010	227	0	78	76	16	43	213	14
2011	357	0	93	135	150	0	377	-20
2012	284	0	52	95	77	44	268	16
Avg.	285	56	32	103	71	25	286	-8

出典：灌漑局資料

ラグンビンダムの当初計画(La Gun Byin Irrigation Project)では、貯水池より64MCM/年の用水を農地へ導水し、3,560haを灌漑することとなっていた。この時点で、貯水池には39MCM/年(103MCM/年 - 64MCM/年 = 39MCM/年)の余剰水があった。また、末端の灌漑水路網が建設中であつたことから、2012年時点での灌漑面積は2000haの必要水量は、36MCM/年に留まり、28MCM/年が未使用のまま下流に放水されていた。この2012年時点で使われていない既得灌漑水67MCM/年(40MGD)の利用について、上工水への用途変更が農業灌漑省および関係機関の間で調整が行われ、YCDCへ50MCM/年(30MGD)、SEZへ17MCM/年(10MGD)を配分することが確認されている。表4-6-6にラグンビンダムの水資源配分を示す。

¹² 年間8MCMの環境用水量は平均流量の11%(=0.23m³/100km²)にあたり、本邦の河川維持流量の目安0.1~0.3m³/100km²の範囲に収まる。

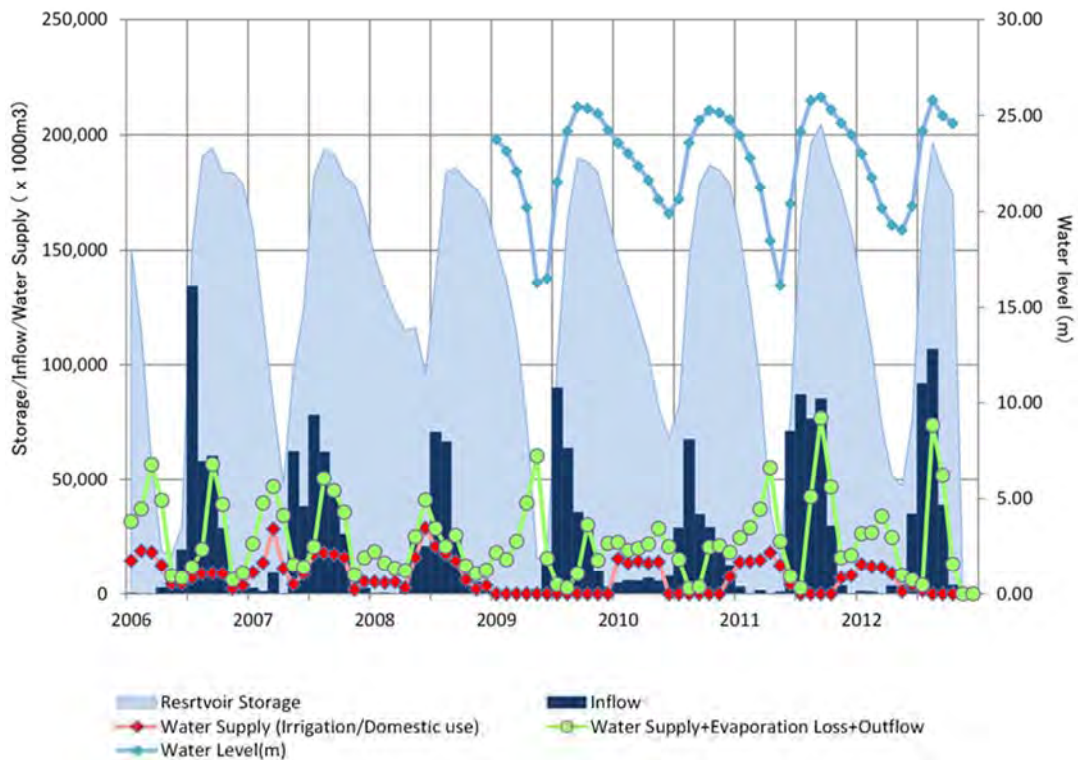


図 4-6-3 ラグンビン貯水池の水位と流入量 (2006 年-2012 年)

表 4-6-6 ラグンビン貯水池の水資源配分

水源量	水源量 / 利用可能量 / 供給可能量		
	MCM/a	MGD	備考
①水源量	285	172	流入量の総計(Total Surface Water Resource)
②損失量	103	62	蒸発量及び漏水量 3.8m/ km ² (湛水域)を適用
③利用可能量	111	67	③=①-②(Utilizable water)
④洪水量(制御不能分)	71	43	洪水吐よりの越流量(Allocable water)
⑤配分可能水源量	103	62	⑤=③-④
⑥環境流量	8	5	9mm/ km ² (流域面積)相当量を適用
⑦灌漑用水	36	22	灌漑面積 2,000ha, 用水量は原計画(3,560ha)の 56% に相当。
⑧工業用水	17	10	ティラワ SEZ に供給
⑨発電用水	0	0	無し供給
⑩生活用水	50	30	ヤンゴン市水道に供給

(2) 水質

2013/14 年の乾季初頭から乾季末にかけ、ラグンビンダム of 放水路出口にて水質のサンプリングを行い、重金属を含む 24 項目 (本邦の水道項目より選定) について水質試験を実施した。臭気、色度、濁度、マンガン (Mn)、鉄(Fe)については日本飲用基準を上回ったものの、重金属等の濃度は基準以下であり水道原水として水質は適合していた。

4-6-3 ダウエイダム計画

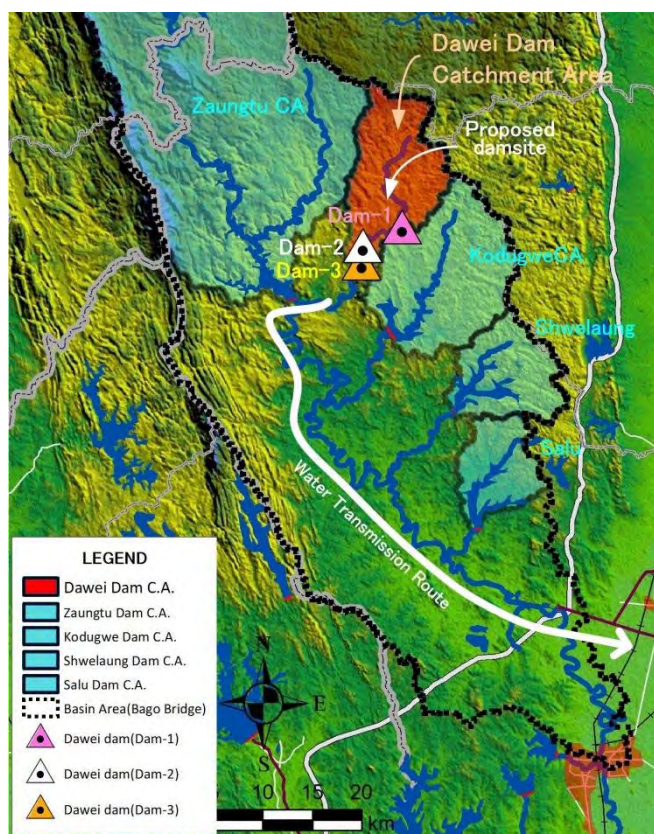


図 4-6-4 ダウエイ支川流域の位置図

ダウエイダムは、既存のザンツダムの下流で会合するダウエイ支川に計画される。現時点でダム候補地は支川の狭隘部である3カ所が候補地となっている。図4-6-4に、ダウエイダムの候補ダム軸位置を示す。

それぞれ本川との会合点より9km(ダム-1サイト)、13km(ダム-2サイト)及び16km(ダム-3サイト)の3カ所であるが、何れも、既存地形図(1inch:1mile地形図、6万分の1地形図)上でその座どりが検討されているが、現地での測量調査などは行われていない。

表4-6-7に主要計画諸元を示す。総貯水量は、1億3千万 m^3 ~1億7千万 m^3 の大きな貯水容量のダムであるが、堤高は23m~28mが想定されている。

表 4-6-7 ダウエイダムの各候補ダム軸についての主要計画諸元

計画ダムサイト	計画諸元			
	流域面積(km ²)	推定流入量(MCM)	総貯水容量(MCM)	ダム堤高(m)
ダム-1	90	128.2	133.2	22.6
ダム-2	113	161.1	167.2	25.3
ダム-3	123	167.6	173.9	27.4

出典:灌漑局

(1) SEZへ配分可能な水源量

ダウエイ支川の流量は、1984年から2013年の30年間の流域モデル(SWAT: Soil and Water Assessment Tool)による試算で、平均流量200MCM/年が得られている。年変動は大きく、30年間の最大で277MCM/年及び最小で155MCM/年であり、1/10確率年(再帰年10年)で、超過確率で257MCM、非超過確率で147MCMである。ダム流入量を入力値とした貯水地運用シミュレー

ションを行い、ダム開発により利用可能となる各セクターへの水源配分量を試算した¹³。試算の条件は、工業用水（78,000m³/日）と生活用水（10万人@100lit/人）を確保したうえで、最大限に利用できる灌漑水量（水田乾季作、1/10 渇水年相当を対象）を求めた。図 4-6-5 に貯水地運用シミュレーションの試算結果を示す。

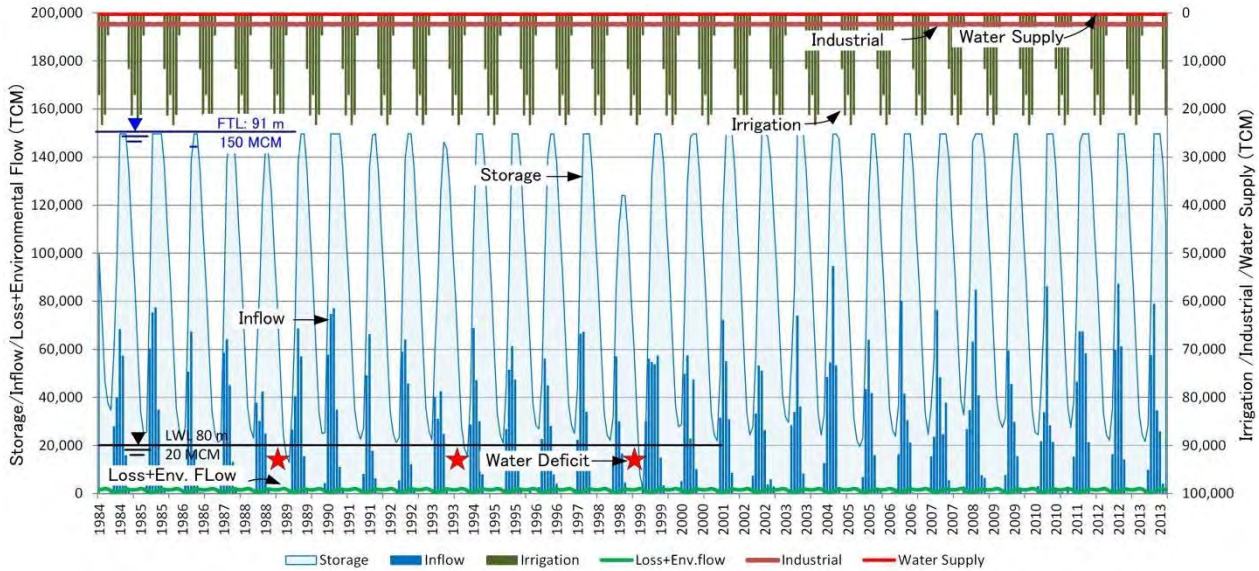


図 4-6-5 貯水地運用シミュレーションの試算結果概要(ダム-3案)

貯水池運用シミュレーションは30年間を対象とし月別で貯水池収支を追跡したを実施した。表 4-6-8 に SEZ の長期需要を満足する水源配分計画を示す。

表 4-6-8 ダウエイダム貯水池の水資源配分

Water Resources	Water recourses/utilizable/allocable water		
	MCM/a	MGD	Remarks
①水源量	200	121	流入量の総計(Total Surface Water Resource)
②損失量	17	10	蒸発量及び漏水量 2.4mm(0.7-3.5mm/日をコドウグェ貯水池に基づき適用)
③利用可能量	131	79	③=①-②(Utilizable water)
④洪水量(制御不能分)	69	42	洪水吐よりの越流量(Allocable water)
⑤配分可能水源量	130	79	⑤=③-④
⑥環境流量	1	0	乾季の基底流出流量当量を適用
⑦灌漑用水	99	60	灌漑面積 5,400ha(13,500acre)
⑧工業用水	29	17	ティラワ SEZ (Class A 以外)に供給(78,000m ³ /日 2025 年以降)
⑨発電用水	0	0	無し
⑩生活用水	4	2	人口 100,000 人 (給水量原単位 100lit/日/人)

¹³ ダウエイダムの有効貯水量は 130MCM（総貯水量 150MCM、死水量 20MCM）と計画されているが、これらが運用時においてどの程度利用できるかの目安を得るために貯水池運用シミュレーションを使い試算を行った。試算にあたり、工業用水は SEZ フル操業時、生活用水は灌漑地周辺の住民を対象とし条件を設定した。

4-7 流域水収支

流域の水収支バランスの評価において、SWAT¹⁴を使い、バゴー流域の再生可能水源量および関連の収支項についての推定を行った。以下に解析結果および流域収支項について要約する¹⁵。

4-7-1 モデル出力

SWAT で取り扱う流域内での水の移動は図 4-7-1 のとおり多岐にわたるが、流域雨量、蒸発散能、実蒸発散量、土壌浸透量、地表流出量、基底流出量および地表水源量について、取りまとめた。

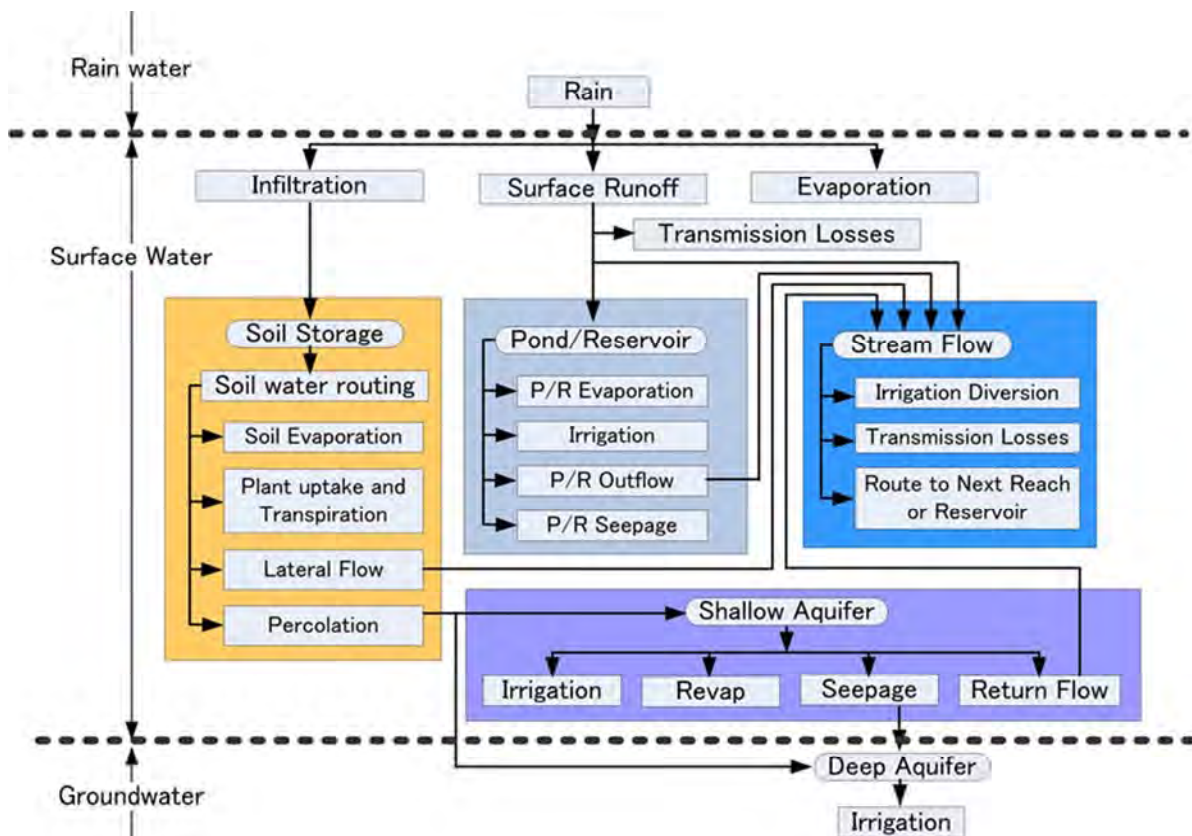


図 4-7-1 SWAT 解析フロー図

¹⁴ SWATは Soil and Water Assessment Tool の略称であり、流域規模の解析を目的に米国農務省農業研究局 (USDA Agricultural Research Service) によって開発されたものである。元来、土地管理対策の検討において、多様な土壌、土地利用、管理形態からなる流域の中で、水、土壌侵食、肥料、農薬が、長期にわたりいかに振る舞い、どのような環境上の負荷を与えるかを予測するために開発されたものである。これらの地表水、地下水など何れの予測においても、流域の水循環はその背後の不可欠な項目であることから同モデルの基本に据えられている。その計算過程は2つに分けられる。第1の過程は地表フェーズであり、個々の小流域において雨が支川に移動するまでをモデル化するものであり、第2フェーズは、河川水移動フェーズであり、河川水が河川網に従い如何に下流まで流下するかをモデルで取り扱っている。

¹⁵ SWAT のパラメータおよび検証については別冊 III を参照。なお、検証は6副流域 (総計54か月) で実施している。この検証期間において観測値と計算値の一致は概ね良好であり、再現月値は副流域別の利水計画に利用できる精度にあると判定された。

(1) 流域雨量

流域雨量は流域内 6 観測所の観測記録を基に計算した。計算年 30 年(1984-2013)の最高で 3,202 mm/年、最低 2,787 mm/年であり、平均雨量は 2,880 mm/年となった。図 4-7-2 の各々の副流域における分布を示す。

(2) 蒸発散能

蒸発散能は広域の植生域で制限なく土壌に水を供給した場合の蒸発散量であり、計算ではペンマン - モンテース法(Penman-Monteith method)を使い計算した。流域において最高は 2,668 mm/年であり、最低は 1,422 mm/年である。また平均は 1,541 mm/年であった。図 4-7-3 に各々の副流域における分布を示す。

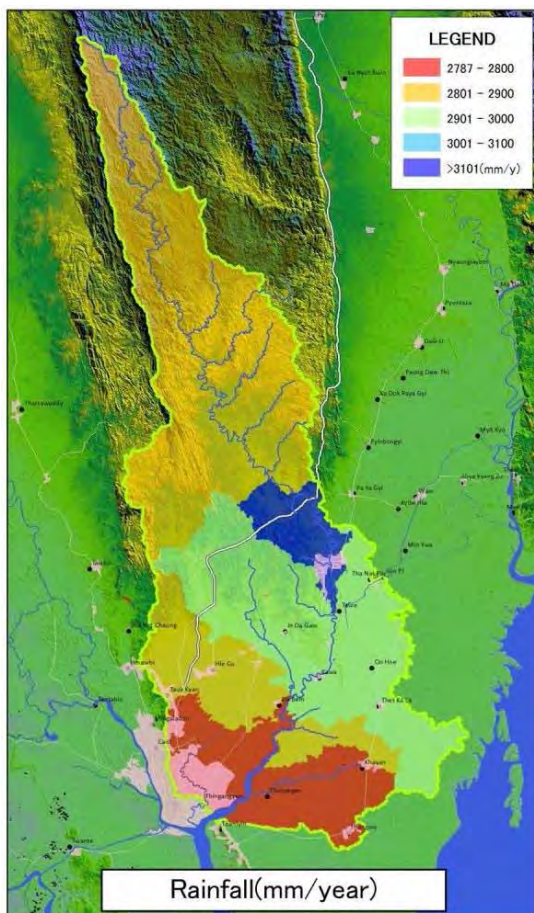


図 4-7-2 流域雨量

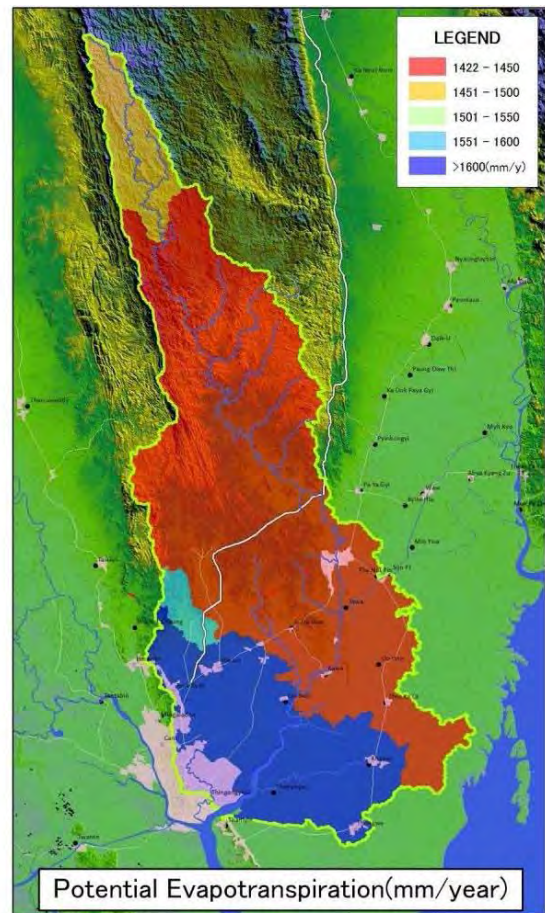


図 4-7-3 蒸発散能

(3) 実蒸発散量

実蒸発散量は河川、湖沼からの蒸発の他、露地および植生表面からの蒸発および蒸散を含むが、モデルにおいては、土壌からの蒸発と植物からの蒸散は其々別に取り扱っている。土壌からの蒸発については土壌深度と土壌含水比、また植物からの蒸散は蒸発散能と葉面積指数を使い計算した。図 4-7-4 に示すように、計算年 30 年において年平均 765 mm/年から 1,868 mm/年の実蒸発散

量が得られた。

(4) 土壌浸透量

土壌浸透量は土壌層別に計算した。雨水よりの浸透は、対象となる土壌層が飽和した時点で生じ、下層へ不飽和帯をとおり浅層帯水層に達するものとした。また、この際の時間的な遅れは、浅層帯水層水位までの距離、及び不飽和帯及び浅層帯水層の透水係数により計算した。浸透量は最低 467 mm/年から最高 1,653 mm/年の範囲にあり、また 1984 年から 30 年の平均値で 977 mm/年となった。図 4-7-5 に各副流域別の土壌浸透量を示す。

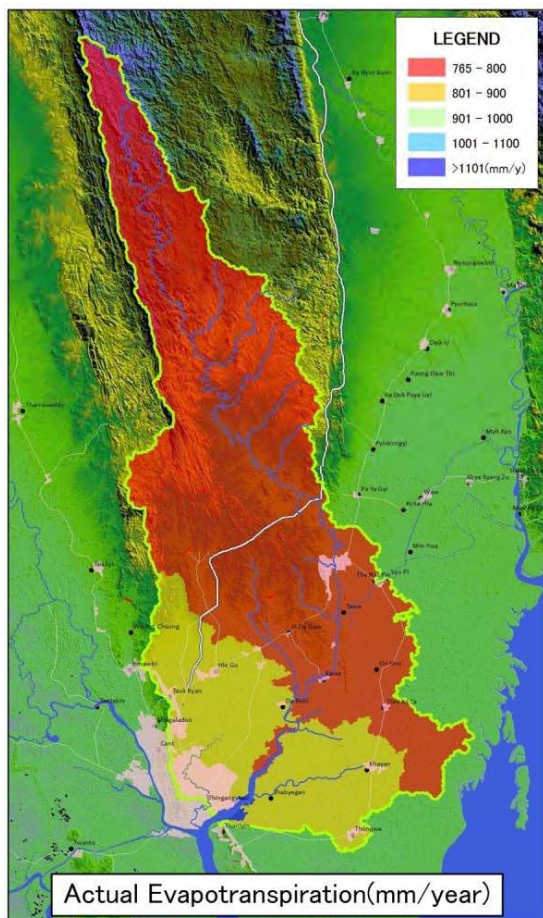


図 4-7-4 実蒸発散量

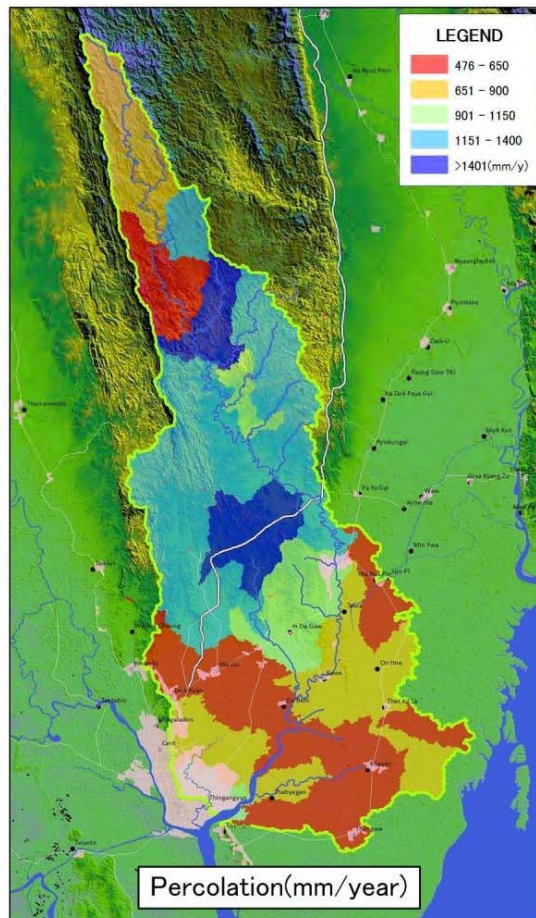


図 4-7-5 土壌浸透量

(5) 流出量

地表流出は地表において降雨強度が土壌浸透能を上回った時点で発生するものとした。降雨の初期において土壌浸透能は大きく流出は生じないが、降雨の持続とともに土壌が飽和し、降雨強度が土壌浸透を上回り、さらに地表部の窪みを埋めた時点で地表流出が始まる。実際の解析では、SCS Curven Number 法を適用し、これらの過程を取り込み 30 年間平均で 1,029 mm/年 (271 mm/年～1,730 mm/年) が得られた。図 4-7-6 に副流域別の地表流出分布を示す。

(6) 基底流出

地形に応じ、浸透した水は浅層帯水層から毛管帯にまで上昇し飽和帯を形成し、これが地下水面となる。解析においては、浅層帯水層の地下水面を追跡し、これが河床標高を超えた時点の水量を河川へ還元される基底流出とした。基底流出は、最低 195 mm/年、最高 1,091 mm/年、平均 597 mm/年¹⁶と算出された。図 4-7-7 副流域別の分布を示す。

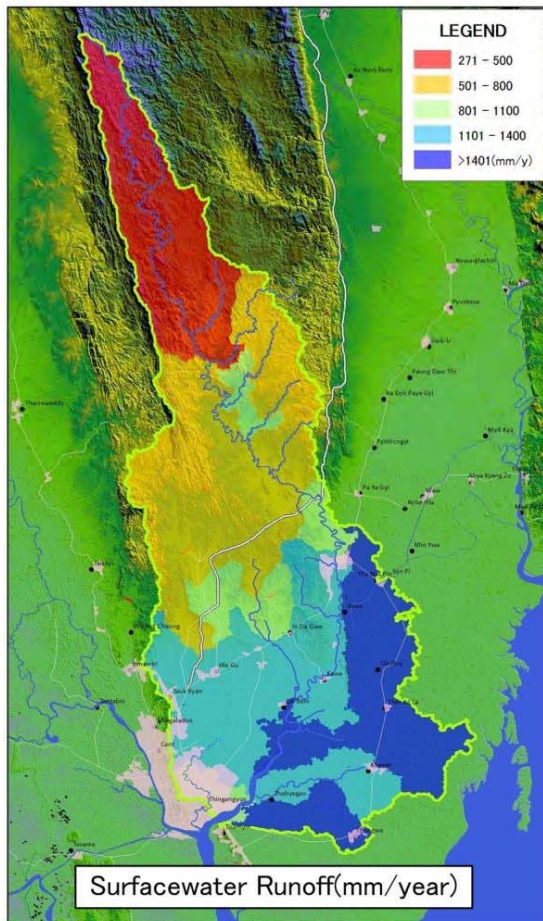


図 4-7-6 地表流出量

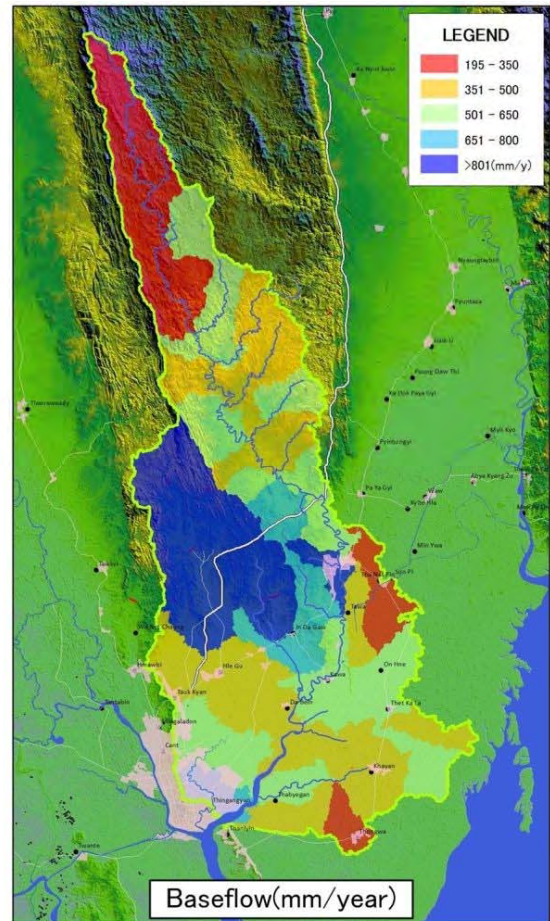


図 4-7-7 基底流出量

(7) 地表水の水源量

地表水は、河川に流入する以前の「地表部分」を流れるものと、これらが河川に流れ込み、河川網に流下する「河川部分」とに区分される。河川部分においては、貯留機能があり、これらが流出量（率）への影響することから、河川部分のモデル化において、河川追跡モデルを使い、副

¹⁶流出量・基底流出量の単位は、降雨、蒸発散との比較のため流域面積で除し、流出高(mm)・基底流出高(mm)とした。

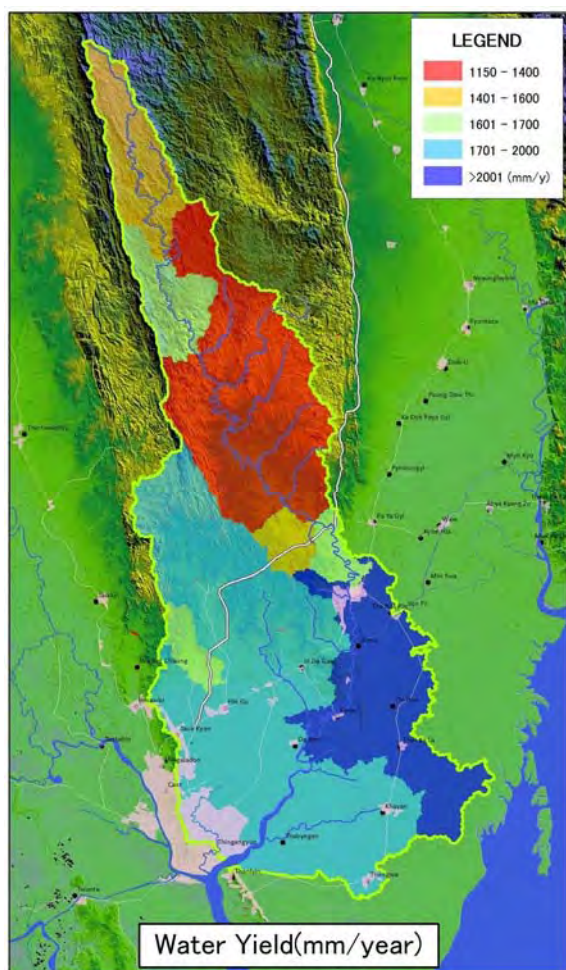


図 4-7-8 地表水の水源量

流域から排出される流量を計算している¹⁷、さらに、これから、導水損失、蒸発等を求め、これらを差し引き下流の副流域に受け渡している。

この損失と副流域からの合計した流出量を SWAT では「水源量 (Water Yeild)」とよび、当然、変動貯水追跡モデルで計算した値と等しくなる。

バゴー流域の水源量は、バゴー市の下流の洪水常襲地帯で最大となり 2,163 mm/年を示すに対して、中上流域のザンツ付近で最小となり 1,150 mm/年を示す。また流域全体の平均で 1,710 mm/年となる。図 4-7-8 に副流域別の水源量の分布を示す。

4-7-2 流域収支

過去 30 年(1984 年~2013 年)の流域収支を表 4-7-1、またこれらの平均値を図 4-7-9 に示す。過去 30 年の流域収支を見ると、平均雨量は 2,880mm/年であり、このうち 797mm/年が蒸発散で失われ、1,685mm/年が河川に流出する。残り 398 mm/年が深層帯水層に涵養されるか、または地下水より蒸散により大気中に還元される。また、早魃年において

は、2010 年が 30 年で 3 位の早魃年 (1/10 年早魃年相当) であり、この年の雨量 2,595mm/年のうち、824 mm/年が蒸発散、1,394 mm/年が河川への流出、377 mm/年が地下水涵養および蒸散によって失われた。

流域収支にみるバゴー流域全域の流出率は 58%であり、降雨の 2,880mm/年に対して 1,685mm/年 (表面流出 963 mm+中間流出 159 mm+基底流出 563 mm) が河川に流入する。これは観測値 (流域中流のバゴー橋観測所 52%、また上流のダウェイ観測所 60%) と同レベルにあり、また灌漑局が計画に使用している経験値 (低浸透性土壌・植生ありで 50%、低浸透性土壌・植生なしで 60%) とほぼ等しい。また、蒸発散量として 797 mm/年が流域より失われることなるが、この値は公表される衛星画像データ解析結果¹⁸(バゴー中流域で 750 mm程度)と大きく書か離れたものではない。また、地下水涵養量は 281 mmが得られるが、これも類似土壌・地質で行ったタンクモデルの解析結

¹⁷通常、河川は開水路であり自由水面を持つことから流出は河床形状にかかわる。SWAT では Manning 式を使い流出率および流速を求め、また、流域より河川に流れ込んだ水は河川網によって貯留を表現できる追跡モデルを使い副流域から排出される流量を計算している。

¹⁸ MODIS Global Evapotranspiration Project (MOD16) <http://www.ntsg.umd.edu/project/mod16>

果¹⁹と大きな相違は認められない。現時点で入手できる情報と照らし合わせ、流域収支の精度は、流域を概観するに満足できるレベルと判断される。

表 4-7-1 流域収支(1984-2013)

年	流域 雨量	地表 流出量	中間 流出量	基底 流出量	土壌 浸透量	実蒸 発散量	蒸発 散能	地表水 水源量	地下水 涵養量 他*1	地表水 水源量 の順位
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	-
1984	3,102	1,015	184	639	1,089	815	1,495	1,837	450	24
1985	2,718	959	140	487	849	778	1,531	1,586	354	8
1986	2,456	677	132	462	805	814	1,492	1,272	371	2
1987	2,183	585	114	375	693	803	1,469	1,074	307	1
1988	2,873	1,006	153	510	904	810	1,482	1,670	394	16
1989	2,812	910	165	569	967	775	1,467	1,643	393	13
1990	3,159	1,066	196	636	1,093	799	1,504	1,898	462	25
1991	2,528	762	134	513	858	771	1,483	1,409	348	4
1992	2,622	806	147	524	898	775	1,479	1,478	370	7
1993	2,649	940	123	525	858	737	1,481	1,587	325	9
1994	2,969	1,043	144	613	994	778	1,469	1,800	392	23
1995	2,874	969	157	566	950	792	1,470	1,691	391	18
1996	2,824	969	141	527	900	810	1,478	1,637	377	12
1997	2,806	963	161	545	935	759	1,504	1,669	379	15
1998	2,534	802	114	515	836	768	1,508	1,430	336	6
1999	3,653	1,379	206	772	1,270	793	1,437	2,358	502	30
2000	2,906	962	162	595	1,007	780	1,461	1,720	406	20
2001	2,905	879	167	601	1,022	835	1,532	1,647	423	14
2002	3,282	1,244	161	610	1,029	832	1,555	2,015	436	28
2003	2,755	912	149	537	915	798	1,530	1,598	359	10
2004	2,940	973	192	568	1,003	773	1,562	1,733	434	21
2005	2,613	818	148	449	797	808	1,544	1,414	391	5
2006	2,859	906	158	626	1,044	786	1,480	1,690	382	17
2007	3,038	1,061	177	551	977	813	1,566	1,790	435	22
2008	3,285	1,101	193	666	1,139	844	1,529	1,960	481	27
2009	2,883	1,021	138	543	904	819	1,551	1,702	362	19
2010	2,595	794	155	445	811	824	1,615	1,394	377	3
2011	3,618	1,379	206	745	1,241	810	1,539	2,329	479	29
2012	3,152	1,121	181	600	1,015	819	1,559	1,902	431	26
2013	2,801	873	163	580	974	784	1,471	1,615	402	11
平均	2,880	963	159	563	959	797	1,508	1,685	398	-

*1：植物根を通じた地下水からの蒸散量および地下水涵養量の合計。

¹⁹ 本調査で実施したタンクモデルによる解析結果では、地下水涵養高は広く 60 mm/年～600 mm/年の範囲にあるが、バゴー丘陵部の構成層と類似層（ペグー層）で行った結果では 320 mm/年が得られている。

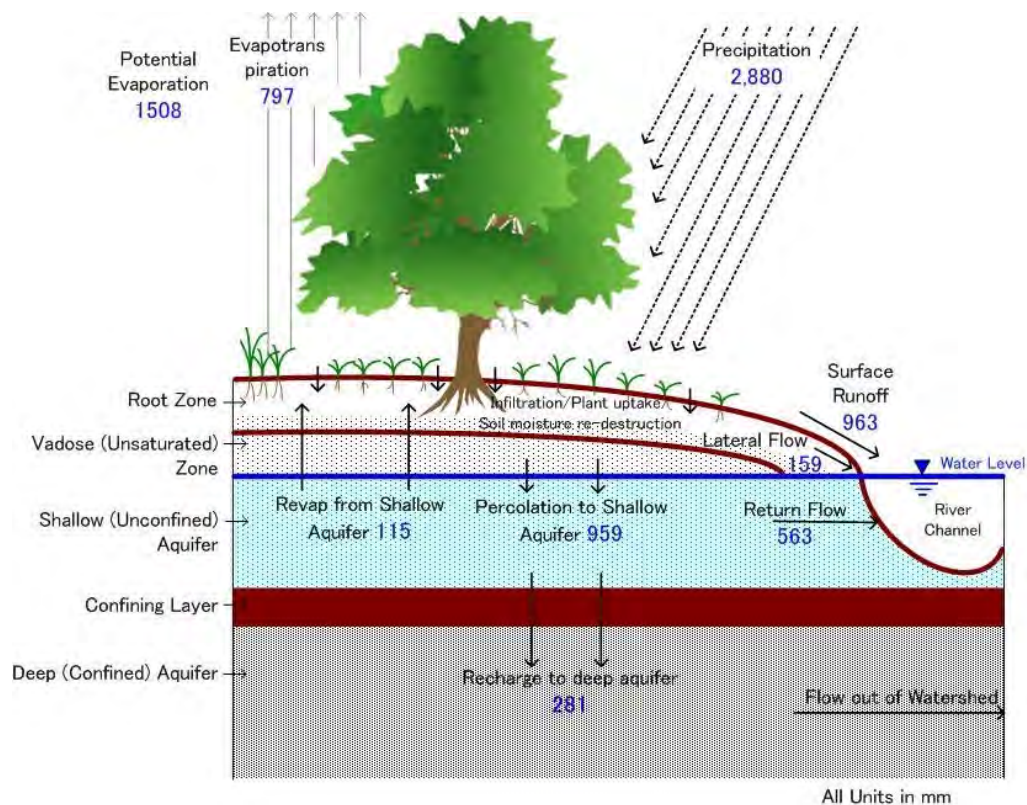


図 4-7-9 流域収支図(1984年-2013年の平均)

4-8 モニタリングシステム及びデータベース

4-8-1 モニタリング項目

水資源モニタリング及びデータベース構築の計画は、SEZ 周辺地区（タンリン、チャウタン、トンガア郡区）、バゴー流域、バゴー流域東岸に位置するシッタン川河口部西岸を対象とした。また、モニタリング項目は、バゴー川流域に係る将来の計画、管理のために必要となる雨量、水位、流量、水質、底質、ダム、堰、海象とし（図 4-8-1 参照）、SEZ 周辺地区及びバゴー地区での利水管理に資することを目的とした。この前提に立ち、各々のモニタリング項目における観測点密度、観測・運用体制を以下のとおり計画した。

(1) 雨量

バゴー川の流域規模 5,350 km²において、流出解析を行う観点から、その計算単位となる流域の平均降水量（面積雨量）を精度よく把握する必要から、観測点の設置密度は 50 km²/箇所が必

要であり²⁰、対象地区全体で 107 箇所程度の観測所の設置が理想であるが、対象地区内にはアクセスの困難な山地～丘陵が広がり、観測所新設、及びデータ送信、回収は難しい。現計画においては、観測所の設置可能な低平地～丘陵地を中心に 50 箇所程度の観測所設置を目指すこととする。低平地～丘陵地では、既にダム、堰などの 23 箇所で貯水型雨量計による観測所が行われていることから、これらの既存施設を転倒柵式自記雨量計に移行するとともに、既存地点を補完する形で観測所を新設する。また、山地部～丘陵地においては、テレメータシステムを検討する。

(2) 流量

モニタリングの主な対象となるバゴー川は河口部から 80 km 以上にわたり感潮するが、潮汐の影響如何により流量観測法は異なる。非感潮部はバゴー市の上流域が対象となり、同区間においては、通常どおり非固定式の観測を行い「水位流量曲線法」にて流量を求めることが可能となる。一方で感潮部では、定地点に無人・自動での連続観測が可能なセンサーを流量観測地点のしかるべき場所に固定設置することが好ましい²¹。非感潮部の設置個所については、既に適当な地点に観測所が設置されていることから、これら既存観測所を踏襲し、また観測頻度を上げ精度の向上を図ることとする。また、感潮部については、これまでコスト面などの負担から観測所は設置されてこなかったが、将来の利水状況の変化に合わせ、河口部の SEZ よりバゴー市までの間に観測点を新設する。また、支川の流量については、既にダム・堰等が多数建設されていることから、これらを利用した流量測定を検討する。

(3) 水位

河川において流量観測地点で水位観測も同時に行う。また、既存のダム・堰等の水理構造物が流量測定に利用できる箇所においても貯水位を計測する。また、計測は圧力式水位計による観測とする。

(4) 水質（表流水）

水質は将来の利水を考えて位置を検討する。現在実施中の 12 点の観測点（図 4-4-1 参照）、及びバゴー川とシタン川との境界部、水源から受益地(SEZ 周辺地区)までの導水路での観測点を含むものとする。

(5) 底質

底質モニタリング地点は河道区間別（丘陵・沖積・河口区間など）で観測点を設けることとし、バゴー本川の流量観測所地点にて底質モニタリングを行う。

²⁰河川砂防技術基準調査編 2 章水文・水理観測 2 節降水量観測(2.3.1 節参照)及び 標本計画法による面積雨量の精度及び信頼度の評価に関する研究（橋本健），土木研究所 報告，No149，1977. 2. 3. 参照。

²¹河川砂防技術基準調査編 2 章水文・水理観測 4 節流量観測(4.11.1 参照)。

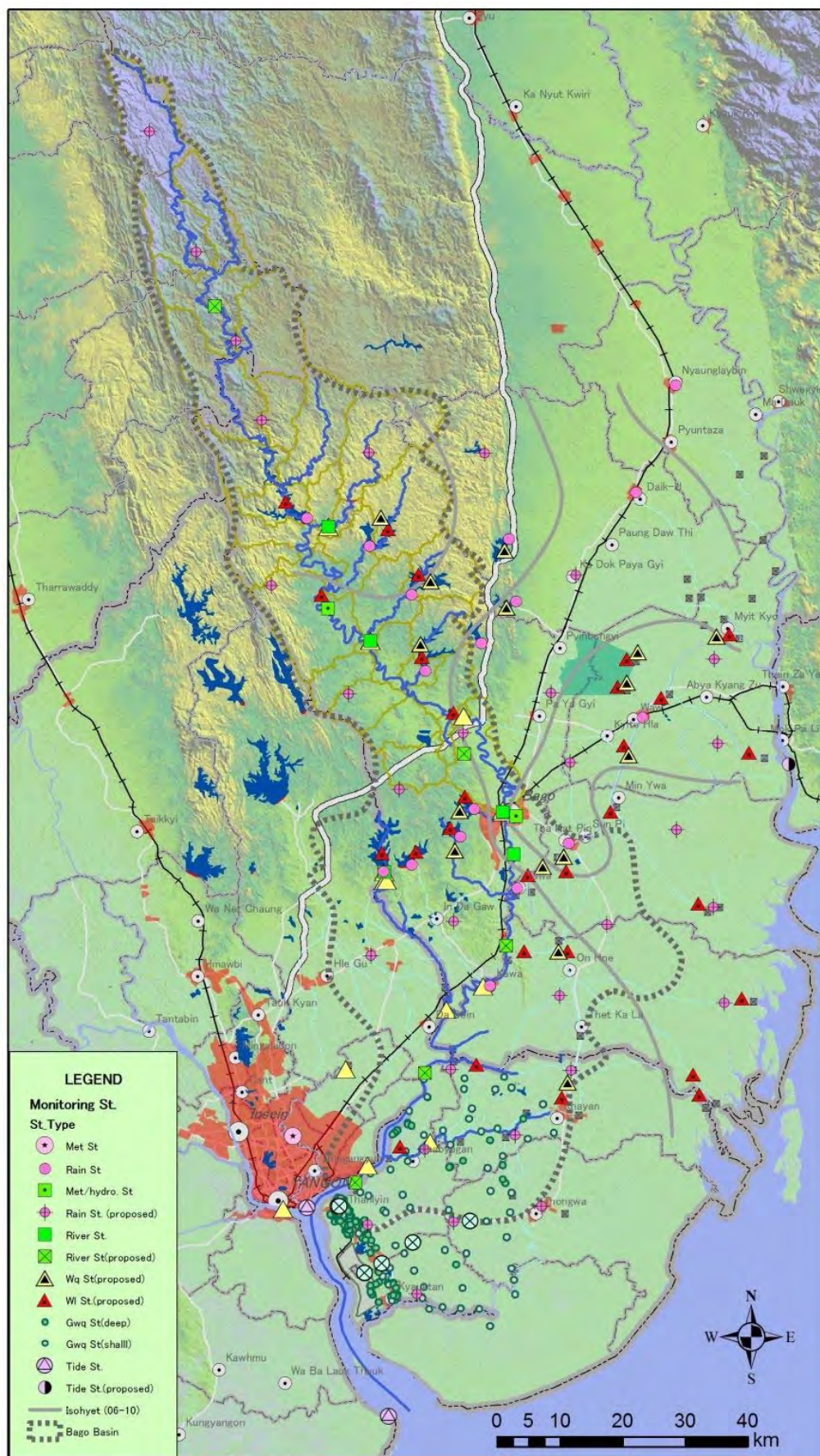


図 4-8-1 モニタリング地点案

(6) ダム・堰

流域内に認められる電力省、灌漑局の建設したダム及び堰の他、水路等のゲート操作などの管理諸量を対象とする。

(7) 海象

河川の流動に関係する潮汐、波浪等の変動を含む河口部の水位（海面変動）の観測を行う。特に海嘯が発生し潮位変動の大きなシッタ川河口部に観測所を設ける。

4-8-2 データベース

(1) データベース構造

本調査では、灌漑局または関連の組織に集積されている情報の全容は把握されず、データベース化の全容は包括できないが、収集のデータは、次の3つに大別される。

- ① 各機関・団体の担当部署より収集した既存データ
- ② 本業務で実施した調査データ（地下水解析・水文解析に使用）
- ③ ①・②を元にアレンジしたデータ群および一覧表・グラフなどの図表データ

このうち、①・③についてはデータの保存形態や様式が統一されておらず、様々なデータが混在している状態であった。

灌漑局においても、データ管理に支障をきたしている状況にあり、必要なデータを迅速に閲覧できるような情報収集・情報管理・情報共有システムの導入が望まれている。本調査においても今後の情報閲覧の迅速化を念頭に、収集データを①水文調査・水源情報、②水供給・利用情報、③水利施設情報の3エリア（カテゴリ）、22サブエリアに区分し、データを分類することとした(表4-8-1参照)。また、雨量・河川流量など主要なデータは様式を統一した。

灌漑局における将来のデータベースシステムの構築にあたっては、このデータベース構造に沿った種々のデータ及び情報を登録、保管し、将来の水資源管理に利用することを提案し、また、本調査にて整理したサブエリア別データを、将来のデータベース実装に備えるデータ群とし、灌漑省に提供した（別冊データ集参照）。

表 4-8-1 データベース構造

Categories of Data Modeling	Sub-areas Symbol	Sub-areas
Hydrological Observation And Water points	HO-00	Water Point (or Water measure Point)
	HO-01	Meteorological Observation (or Meteorology)
	HO-02	River Discharge(or River)
	HO-03	Spring Discharge(or Spring)

	HO-04	Observation Well
	HO-05	Ground Water Level survey (or Ground Water Level)
	HO-06	Geophysical Survey (or Geophysics)
	HO-07	Water Chemistry survey
	HO-08	Chemical analysis (or Chemistry)
	HO-09	Well construction
	HO-10	Pumping Test
Water Supply And Water Demand	WS-00	Water Supply Point
	WS-01	Water Service
	WS-02	Water Production
	WS-03	Well Inventory Survey
	WS-04	Irrigation Survey
	WS-05	Agricultural Survey (or Village Survey)
Water Facility	WF-00	Water Facility Project
	WF-01	Water Facility Point
	WF-02	Dam
	WF-03	Pump Station (or Pipe line)
	WF-04	Irrigation Network
	WF-05	Drainage Network
	WF-06	Sub Basin
3 Areas	22 sub-subject	

(2) 観測・運用体制

バゴー流域における水資源モニタリング及びデータベースの運用管理は、その運用を灌漑局の現在の枠組みで行うことが望まれる。現時点での灌漑局の水文データ観測・収集は、水文部、調査部、建設部、地域管理部、設計部、計画部が其々の調査項目に応じ分掌している。既存の雨量・水位観測は、観測点が灌漑局管理の水源施設内に設置されることから、施設建設中にあつては建設部が、また建設後の施設にあつては、バゴー管区、ヤンゴン管区の地域管理部が行っている。また、各施設に施設管理人が常駐し、日々の施設の保守・観測を行い、定期的に観測データを計画部及び各関係部門へフィードバックしている。一方で、一定の経験、技術を必要とする流量観測、自記機器（雨量計、水位計など）保守は水文部の専任事項であり、水質試験についても調査部、水文部、灌漑技術センターで実施することとなっている。また、底質調査を含む土壌調査については調査部が行うこととなっている。さらに、観測設置に付随する水準測量などは、設計部の測量部門が所管する。現時点で、これらの既存の観測・運用体制は問題なく機能していることから、バゴー川の水資源モニタリング施設の管理運用、観測についても、灌漑省の現枠組みの中で行うことが現実的かつ確実な方策と考える。

一方で、本格的なデータベース管理システムの導入については、灌漑局で強い希望があるものの、局内のネットワーク事情、外部通信環境、職員の経験などで障害も多くこれらの導入には長期的な視点が必要と思われる。これらの事情から、本調査で収集した情報については、一部をのぞきデータ構造化は行わず原データ形式でサブエリア別に整理するに留めた。

第 5 章

水需要予測

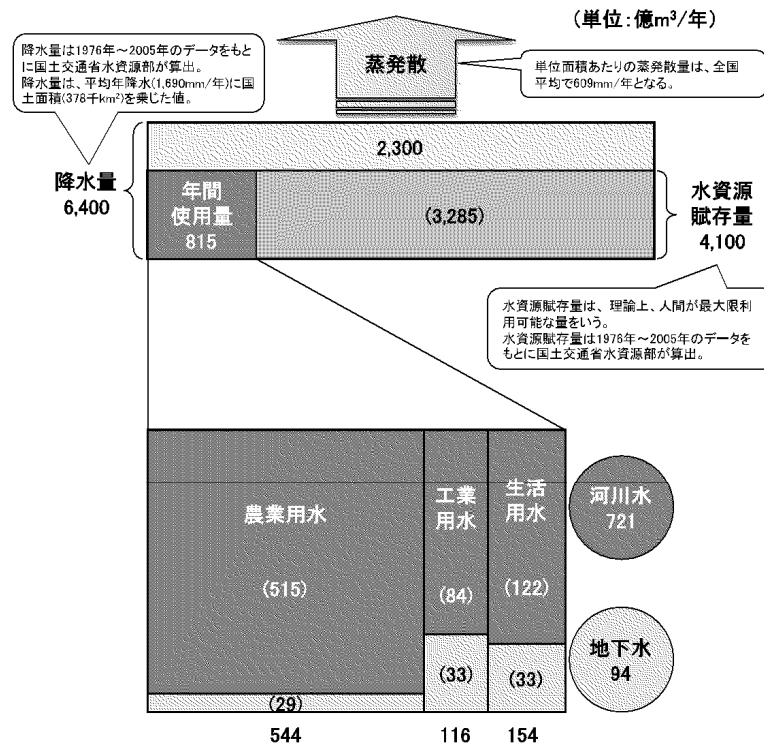
第5章 水需要予測

5-1 水需要予測の前提条件

調査対象地域における水需要予測を行うに際して、その需要量を構成する要素について定義を行う。我が国の国土交通省が編纂する水資源白書（平成24年版、第Ⅱ編P63）によると、我が国では、水資源賦存量と使用量（需要量）は下図に模式的に示される関係にある。

我が国における過去30年間の統計データに基づく分析結果を参考にすると、水需要量を予測するに際しては、①農業用水、②工業用水、③生活用水、の3需要要素を予測対象とすることが妥当と考えられる。今日では農業国とは定義できない我が国において、水資源の使用量、言い換えれば需要量の最大値（最大ユーザー）は農業用水であり、全体の67%を占めていることがわかる。

従って、以下の水需要予測においては、上記3要素について考察を加えることとする。



- (注) 1. 国土交通省水資源部作成
 2. 生活用水、工業用水で使用された水は2009年の値で、国土交通省水資源部調べ
 3. 農業川水における河川水は2009年の値で、国土交通省水資源部調べ。地下水は農林水産省「第5回農業用地下水利用実態調査」(2008年度調査)による。
 4. 四捨五入の関係で合計が合わないことがある。

図 5-1-1 日本の水資源賦存量と使用量

5-2 農業用水の需要予測

5-2-1 対象区域の農業の現況

農業は「ミ」国 GDP 構成比率(2011 年版)で 27.8%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。

「Five-Year Plan of Action from 2011-2012 to 2015-2016 of Department of Agriculture」では、その目標の項において下記の如く記している。

- (a) あらゆる作物で単位収量（単収）を向上させる。
- (b) 作付面積の拡大
- (c) 品質の高い種子、化学肥料、農薬の系統的な活用
- (d) 適正農業生産規範（Good Agriculture Practices, GAP）を適用するための教育
- (e) 農学研究・開発の実施
- (f) 人材開発のための教育訓練

これら目標である面積拡大、優良品種の活用、単位収量の向上を実現する過程においては、農業用水の需要増が必然であり、安定した持続性のある農業用水供給を実現するための、追加的な水資源の確保が大きな課題となる。

5-2-2 対象地域の農業の将来

(1) 現況灌漑システム整備率

「ミ」国の人口動態と、食糧安全保障に基づく食糧増産需要、外貨獲得のための米輸出政策の推進を考えると、農業の振興は極めて重要な政策課題であり、その結果として水資源需要の最大ユーザーは、将来においても農業部門と言える。水資源需要量は、安定した持続性のある農業を支えるために必須である灌漑システムの整備率と大きな関係がある。

Myanmar Agriculture in Brief 2012（農業灌漑省 August 2012、P37）によると、2009 年時点での「ミ」国に全土の灌漑面積率は 16.7%であると報告されている。調査対象 4 タウンシップが所在するヤンゴン管区における現時点の灌漑システム整備率に関する情報は下記のとおりである。

	ヤンゴン管区	調査対象 4 タウンシップ
行政面積(km ²)	5,030.9	2,665.3
耕地面積(ha)	357,337	190,513
灌漑面積(ha)	—	0
灌漑率 (%)	—	0

(2) 目標年(2040年)の灌漑システム整備率

農業・灌漑省灌漑局の5ヶ年計画書は、本局における聞き取り調査では、存在を確認できなかった。国家計画・経済開発省編纂による2011-2031の20年間を対象期間とする、「National Comprehensive Development Plan」における、「Agriculture Sector Development Objectives」の記載中に、5ヶ年計画期間の数値目標が下記の如く記されている。

表 5-2-1 5ヶ年計画(農業・灌漑省灌漑局)

年度	ダム/貯水池カ所	受益面積 (million ac)	灌漑面積 (million ac)
2011/12	415	33.93	5.65
2012/13	421	33.94	5.72
2013/14	424	33.52	5.76
2014/15	433	33.85	5.80
2015/16	443	36.67	5.82

この目標値から、2011/12年の灌漑整備率(5.65/33.93)16.65%から2015/16年には灌漑整備率を5.82/36.67=17.29%に向上させる計画と理解できる。

この整備率向上計画を計画目標年である2040年まで維持すると仮定すれば、2011年から2040年までの30年間における灌漑整備率の向上は、下記数値と想定できる。

$$(17.29\% - 16.65\%) \times (2040 - 2011) / 30 = 3.84\%$$

この結果、2040年における「ミ」国全土の平均灌漑整備率は、16.65 + 3.84 = 20.49 (%)と推定することができる。

(3) 耕地面積

調査対象地域の農業開発計画がないことから、2040年の耕地面積を公的資料から推定できないが、今後の地域開発をめぐる可能性から、タンリン、チャウタン・タウンシップは現在の耕地面積は30%減少するとし、トングア、カヤン・タウンシップは現状維持とする。

表 5-2-2 耕地面積の推移(2040年の推定耕地面積、ha)

	タンリン	チャウタン	トングア	カヤン
現耕地面積	24,762	62,883	58,805	44,063
減少率	30%	30%	0%	0%
将来耕地面積	17,333	44,018	58,805	44,063

5-2-3 農業用水の需要予測

上述の国の農業政策の基本、灌漑システム整備方針などを前提として、調査対象地域における農業用水需要量予測に際して、下記の予測を立てる。

- ① 対象地域の耕地面積は、主食であるコメ（稲）の域内自給を前提条件とするならば、域内の人口増加率に伴って、耕作面積が増える可能性があるが、対象地域の都市化をも考慮すると、(3)耕地面積の項で述べた予測を立てる。
- ② 国家の政策目標としては、農業生産性の向上を図ることを掲げていることから、灌漑システムの整備率を上記算定値の20.49%を実現すると仮定する。
- ③ ヤンゴン市の発展に伴い、都市化が進行すると予想されるタンリン、チャウタン地域と、地域経済が農業依存型で推移すると想定されるトングア、カヤン地域に2分化すると仮定する。
- ④ 2040年に想定される夏作稲の作付面積を算定基礎として、灌漑局が用いている基礎数値を適用して農業用水需要量を求める。

水需要予測の計画対象年は、計画目標年 2040 年である。

表 5-2-3 農業用水需要量予測

	タンリン	チャウタン	トングア	カヤン	合計
耕地面積 (ha)	17,333	44,018	58,805	44,063	164,219
夏作作付面積 (ha)	3,552	9,019	12,049	9,029	33,649
夏作必要水量(10 ⁶ m ³)	64.9	164.9	220.4	165.2	615.4

出典 耕地面積；表 7-2-2

夏作作付面積 = (耕地面積) × (灌漑システム整備率 20.49%)

夏作必要水量 = (作付面積) × (必要灌漑水深 6feet)

以上の結果より、計画目標年 2040 年における、農業用水の需要予測量は 6 億 1,500 万 m³ との予測になる。灌漑局がバゴー川流域で現在も積極的に灌漑用貯水池計画を立案する背景には、ここに推論する水需要量が含まれるかについて、設計部における照会では明確な返答はなかった。今後、灌漑局の灌漑システム整備計画立案を待って、より精度の高い推論を行う必要がある。

5-3 工業用水の需要予測

5-3-1 対象地域の工業用水利用の現況

(1) 既存ため池利用の現況

周辺地域で工業用水利用がなされているため池は、ティラワ貯水池である。正確な貯水池運用記録がないが、聞き取り調査によると年間 450,000m³ の水供給が近傍工場になされているとの聞き取りであった。

(2) 地下水利用の現況

既存井戸インベントリ調査結果から、日量 1m³ 前後の生活用水揚水に比較して、大口利用者すなわち工場稼働用利用と推定できる大口利用者数と、タンリン地区を例にとりて工場数 47 とほぼ合致する調査井戸数を比較した場合、12m³/日を揚水する井戸が工場用の井戸と推定した。

4 タウンシップ内 12,409 箇所の井戸中、日量 12m³ を越える揚水量の井戸は下表の数となる。

表 5-3-1 工業用水としての地下水利用の推定

	タンリン	チャウタン	トングア	カヤン	合計
井戸本数	10,563	1,703	64	79	12,409
揚水量 (m ³ /日)	13,639	2,451	215	586	16,891
12m ³ /day 以上の揚水井戸数	56	11	5	20	92
最大揚水量 (m ³ /日)	72.0	35.0	40.8	35.7	-
平均揚水量 (m ³ /日)	42.0	29.7	26.4	23.9	-
工場数	47	15	0	0	62
工場全体揚水量 (m ³ /日)	1,974	446	—	—	2,420

4 タウンシップ中、工場のある 2 タウンシップにおける工業用地下水利用の現況水需要量は 2,420 m³/日と推定される。

5-3-2 2040 年における 4 タウンシップの工業用水需要

(1) ため池利用

ティラワ貯水池の利用形態がどのようになるかについて、ヤンゴン地方政府から日常の維持管理を委嘱されている灌漑局に確認したところ、将来計画は未定であるとの聞き取り結果であった。従って、ここでは現在の年間 450,000m³ 利用を維持する。

(2) 地下水利用

地下水利用に依存している工場用水について、将来の域内の工業用需要を予測するに際して、タンリンおよびチャウタタウンシップの工場数が現在の2倍になり、現在は工場がない2タウンシップはチャウタタウンシップ並になると仮定する。

表 5-3-2 工業用地下水利用量の推定 (2040年)

	タンリン	チャウタン	トングア	カヤン	合計
推定工場数	94	30	15	15	154
推定需要量 (m ³ /日)	3,948	892	446	446	5,732
年間需要量 (m ³ /年)	1,441,020	325,580	162,790	162,790	2,092,180

5-3-3 ティラワ SEZ の水需要予測

ティラワ SEZ は全体面積 2,400 ha から成るが、日本企業が進出を予定するクラス A 整備地区が 420 ha を占め、残りの 1,980 ha に主として「ミ」国企業が進出を計画する。進出企業群が開発段階に応じて必要とする水資源量 (日量) は、下記の如くにまとめられている。

表 5-3-3 開発段階に応じて必要とする水資源量 (日量)

開発段階	クラス A	その他	合計
2015 年	6,000~10,000 m ³	-	6,000~10,000 m ³
2018 年	42,000 m ³	-	42,000 m ³
2025 年	42,000m ³	78,000 m ³	120,000 m ³

注) 2025 年に必要と想定される 78,000m³ は現在精査中である。

計画目標年 2040 年におけるティラワ SEZ の水需要量を予測することは、現段階では極めて難しい。「ミ」国の工業化が明確に見通せないことから、ここでは 2040 年における需要量を 2025 年に想定されている需要量と同じ値とする。その年間必要量は

$$120,000 \text{ (m}^3\text{/日)} \times 365 \text{ (日)} = 43,800,000 \text{ m}^3\text{/年} \text{ と推定される。}$$

5-3-4 工業用水需要量

以上の推定値を集計すると、

ため池利用	450,000 m ³	
対象 4 タウンシップの工業用地下水利用量	2,092,000m ³	
ティラワ SEZ の工業用水需要量	43,800,000 m ³	
合計	46,342,000 m ³	となる。

5-4 生活用水の需要予測

5-4-1 対象地域の生活用水の現況と目標

「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」（2013年5月）によると、計画目標年である2040年におけるタンリンおよびチャウタンタウンシップの公共水道普及率目標率を40%としている。トングアおよびカヤンタウンシップについては、記載がない。先行する2タウンシップより普及率は低く推移すると想定され、ここでは10%とする。

生活用水の需要予測に際しては、対象4タウンシップの人口動態予測値を算定し、上述の計画目標年における水道普及率の目標値を適用して、2040年に想定される必要生活用水量を推定することとする。

5-4-2 対象地域の人口動態

前出の「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」（2013年5月）によると、2040年の給水人口予測は下表の如くである。2011年におけるタンリン、チャウタン・タウンシップにおける人口が本調査チームの集計値と異なる（表2-4-2）。生活用水の需要量予測に際しては、都市化が進行して上下水道改善プログラムの恩恵を受ける対象人口を同調査予測人口とし、その恩恵を受けることができない、両タウンシップの予測人口は、残りの人口とする。

表 5-4-1 2040年の予測給水人口

	タンリン	チャウタン	トングア	カヤン	合計
2011年の人口（人）	181,959	48,473	162,884	159,204	552,520
2040年の40%普及地区給水人口	497,508	61,382	—	—	558,890
その時の人口（100%人口）	1,243,770	153,455	—	—	1,397,225
2040年の40%普及外人口（10%普及）	746,262	92,073	221,264	216,265	1,275,864

2011年の人口出典；「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」（2013年5月）及び
トングア、カヤンについては、表2-4-2から引用

5-4-3 生活用水需要量予測

生活用水に係る需要量の推定には、下記の算式を用いる。

$$\text{需要量} = (\text{人口}) \times (\text{公共水道普及率}) \times (\text{給水量原単位}) / (1 - \text{漏水率})$$

表 5-4-2 2040 年における生活用水の年間水需要量予測

	タンリン		チャウタン		小計
2040 年の推定人口	1,243,770		153,455		1,397,225
普及率 (%)	40	10	40	10	-
2040 年の給水人口	497,508	746,262	61,382	92,073	1,397,225
生活用水原単位 (ℓ)	150	150	150	150	-
漏水率 (10%)	10	10	10	10	-
日水需要量 (m ³ /日)	33,167	12,438	4,092	1,535	51,232
年間水需要量 (m ³ /年)	12,105,955	4,539,870	1,493,580	560,275	18,699,680

注) 公共水道施設普及率、生活用給水原単位は、「ヤンゴン市上下水道改善プログラム協力準備調査」報告書の値を適用する。

	トンガア	カヤン	小計
2040 年の推定人口	221,264	216,265	437,529
普及率 (%)	10	10	-
2040 年の給水人口	22,126	21,627	43,753
生活用水原単位 (ℓ)	150	150	-
漏水率 (10%)	10	10	-
日水需要量 (m ³ /day)	369	360	729
年間水需要量 (m ³ /year)	134,685	131,400	266,085

双方の年間水需要量を合計すると、18,965,765m³となる。

以上より対象地域の 2040 年における生活用水の年間水需要量は 19.0×10⁶ m³と推定する。

5-5 将来の水需要予測

以上の検討を踏まえて、2040 年を計画目標年とする調査対象地域 4 タウンシップにおける水需要値を集計すると下表のごとくなる。

表 5-5-1 水需要値の集計(2040 年)

	タンリン	チャウタン	トンガア	カヤン	合計
農業用水 (10 ⁶ m ³)	64.9	164.9	220.4	165.2	615.4
工業用水 (10 ⁶ m ³)	—	—	—	—	46.3
生活用水 (10 ⁶ m ³)	30.0	3.7	1.3	1.3	19.0
計 (10 ⁶ m ³)	—	—	—	—	680.7

単位:百万 m³

以上の結果、対象地域における計画目標年 2040 年における年間の水需要量を、6 億 8,000 万 m³と推定する。

計画目標年 2040 年における水需要予測に際しては、農業用水、工業用水、生活用水の項目ごとに、予測を行う上での種々の条件設定を行った。今後、地域の水資源開発計画立案に際しては、より精度を高めた水需要予測を行った上で、地域の発展に寄与できる水資源開発計画の策定を行う必要がある。

5-6 水資源ポテンシャルからの考察

5-6-1 地下水資源ポテンシャル

本調査業務における地下水開発可能量に係る検討結果によると、「3-4-2 調査地域における地下水開発可能量の基本像」に下記のようにまとめられている。

- ー 開発に有効な地下水涵養量は、平均約 47,000m³/日と推定される。
- ー 既存井戸インベントリ調査より、調査対象地域では、既に 17,000m³/日が利用されている。
- ー タンリン～チャウタン丘陵部の北部丘陵地域（バゴー川沿いタンリン市街地）では過剰揚水を呈している。

従って、調査対象地域における地下水資源開発の余地としては、工業用水のような、特定の区域で高い揚水強度を継続的に行わない利用方法であることを前提条件として、新規開発の余地として、下記の水量を開発することが可能と考える。

$$47,000 \text{ (m}^3\text{/日)} - 17,000 \text{ (m}^3\text{/日)} = 30,000 \text{ (m}^3\text{/日)}$$

なお、農業用水は、年間需要量 615.4 百万 m³ という膨大な量である。これは、日量にして 1,686,000m³ であり、日量 30,000m³ の地下水資源開発可能量の 562 倍に相当し、水源対象となり得ない。

このような考察結果から、地域の水資源の内、地下水開発によって将来の水需要量を賄うという構想には発展できないと言える。

5-6-2 表流水ポテンシャル

表流水に係る流域水収支解析は、SWAT シミュレーションモデル解析で行い、その解析内容は主報告書 (4-6 水資源及び流域水収支バランス) に詳述されている。この解析結果からは、下記のことと言える。

- ーバゴー市中心部に存するバゴー旧橋地点で、年間 36 億 3,100 万 m³ の流下量がある。
- ーヤンゴン市のタンリン橋地点で、年間 117 億 4,600 万 m³ の流下量がある。

ヤンゴン市に近接するタンリン橋地点では、ここから約 60km 上流に位置するバゴー旧橋地点と比較して実に 3.2 倍の利用可能水量があると推定される。水量としては豊富な水量であるが、水質の観点から考察を加えると、バゴー旧橋では塩水遡上が観測されていない事実がある。しかし、タンリン橋地点はヤンゴン川と接合する地点であり、完全に感潮河川である。従って、表流水と

しての利用価値から考えると、バゴー旧橋地点におけるバゴー川年間流下量 36 億 3,100 万 m^3 が、バゴー川西部の広大な平野部における、将来の水需要に対する表流水資源ポテンシャル量と位置づけることが妥当と考える。

5-6-3 水収支から見た水資源開発課題

地下水資源ポテンシャルと表流水資源ポテンシャルの解析結果より、ティラワ SEZ を含む当該調査対象地域の水資源収支の観点から見た水資源開発の可能性としては、年間 6 億 8,000 万 m^3 と推定される将来の水需要予測に対して、年間 36 億 3,100 万 m^3 の流下量を擁するバゴー旧橋地点の河川流下量を利用することに妥当性があると言える。

年間 6 億 8,000 万 m^3 の水需要量の約 90% を農業用水が占める事実から、国と地域政府が策定する将来の農業政策によっては、水需要量も大きく変動することが予見される。また、調査対象地域はヤンゴン市の巨大な経済圏の外郭を成し、その経済的発展の影響を受けやすいことから、農業用水のみならず、工業用水需要の動向が重要である。今後のヤンゴン都市圏の発展に注視して、水需要の動向を把握する努力を怠りなく継続することも重要と考える。

第 6 章

施設整備計画

第6章 施設整備計画

6-1 計画概要

ティラワ SEZ に必要な水量は、SEZ の開発計画段階に合わせて下記のように定義されている。

短期： 2015年開業時に必要な水量 6,000～10,000 m³/日

中期： 2018年頃までに必要な水量 42,000 m³/日

長期： ティラワSEZフル開業時に必要な水量 120,000 m³/日

前章までの検討結果を踏まえて、ティラワ SEZ に対して水源として利用可能性のある水源オプションをとりまとめると、表 6-1-1 のとおりとなる。

表 6-1-1 水源オプション一覧

番号	水源地名	水源種類	計画取水量 (m ³ /日)	確度	備考
①	SEZ 内井戸 (新設)	地下水	1,000		非常時限定
③a	ザマニ・イン貯水池	地表水	6,000	水利権獲得済	
③b	ザマニ・イン貯水池	地表水	10,000		
④	バンブエゴン貯水池	地表水	2,900	水利権次第	
⑥a	カヤン川	地表水	4,000	水利権次第	10,000-6,000=4,000
⑥b	カヤン川	地表水	120,000	水利権次第、 ダウエイダム 開発が前提	長期水源計画
⑦	ラグンビン貯水池	地表水	42,000	水利権獲得済	中期水源計画

短期計画とは、2015年のティラワ SEZ の開業に向けて必要とされる水量を確保するための水源および施設を検討するものであり、中期計画による施設が完成するまでの期間を対象としている。

中・長期的に必要な水量は、水源オプションを複数採用しても賄うことができない水量となっている。中期計画では、ヤンゴン市開発委員会 (YCDC) の下で、ラグンビン貯水池を水源とする 42,000m³/日の水量が 2018 年を目処にティラワ SEZ に供給される予定である。また、長期計画については、現在農業灌漑局により開発が進められている 30 マイル緑化事業において、ダウエイダムが建設されることによって豊富な余剰水量が生じることが見込まれている。ここでは、水利権交渉は別の問題として、この余剰水量が供給されることを前提と考える。

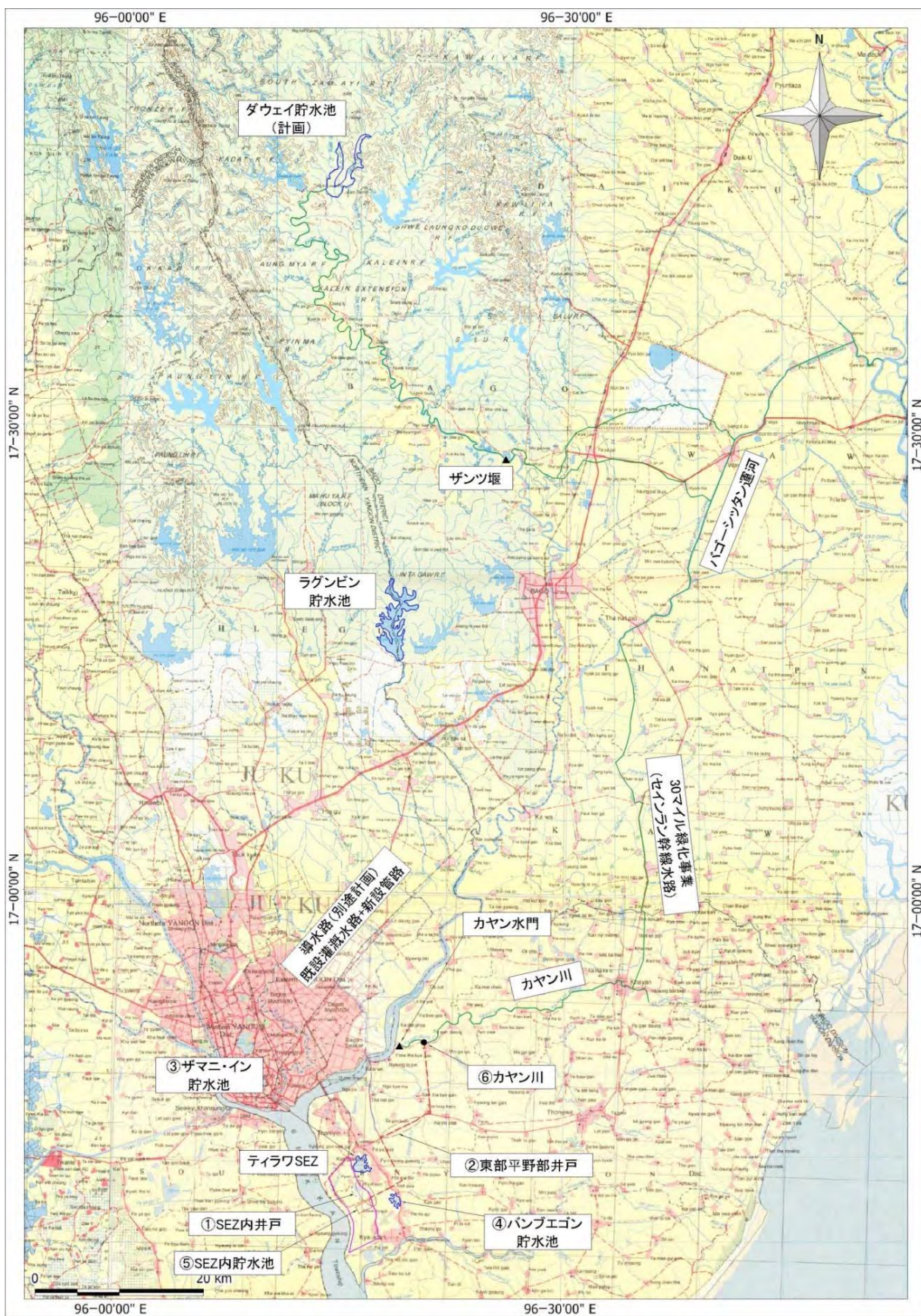


図 6-1-1 計画水源位置図

6-2 短期施設整備計画

ザマニ・イン貯水池においては、 $6,000\text{m}^3/\text{日}$ の水利権が認められている。ティラワ SEZ の開業以降に追加で必要な水量（ $\sim 4,000\text{m}^3/\text{日}$ ）は、既存の表流水源から取水することが最も現実的な方策であると考えられる。その上で、周辺環境に配慮して、地下水源を非常時の代替水源として施設整備を行う。

6-2-1 施設概要

(1) ①SEZ 内新設井戸

計画取水量	$1,000\text{m}^3/\text{日}$ ($333\text{m}^3/\text{日} \times 3$ 箇所)
水源	深井戸（地下水）
取水施設	井戸口径 150mm 、井戸用ポンプ $\phi 50\text{mm} \times 3.7\text{kw} \times 3$ 台 吐出量 $1,000\text{m}^3/\text{日} = 0.70\text{m}^3/\text{min}$ ($0.23\text{m}^3/\text{min} \times 3$) 全揚程 44.6m
導水施設（集水管）	硬質塩化ビニル管 $\phi 150\text{mm}$ ；合計 $L=4.2\text{km}$

(2) ③a ザマニ・イン貯水池

計画取水量は、水利権として認められている $6,000\text{m}^3/\text{日}$ として検討を行う。

計画取水量	$6,000\text{m}^3/\text{日}$
水源	ザマニ・イン貯水池（地表水）
取水施設	渦巻きポンプ $\phi 125\text{mm} \times 11\text{kw} \times 2$ 台 吐出量 $6,000\text{m}^3/\text{日} = 2.09\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 全揚程 18.4m
導水施設	ダクタイル鋳鉄管 $\phi 300\text{mm}$ ； $L=4.1\text{km}$

(3) ③b ザマニ・イン貯水池

前述③a に対して、計画取水量を $10,000\text{m}^3/\text{日}$ として検討を行う。

計画取水量	$10,000\text{m}^3/\text{日}$
水源	ザマニ・イン貯水池（地表水）
取水施設	渦巻きポンプ $\phi 150\text{mm} \times 11\text{kw} \times 2$ 台 吐出量 $10,000\text{m}^3/\text{日} = 3.47\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 全揚程 11.8m
導水施設	ダクタイル鋳鉄管 $\phi 400\text{mm}$ ； $L=4.1\text{km}$

(4) ④バンプエゴン貯水池

計画取水量	2,900m ³ /日
水源	バンプエゴン貯水池（地表水）
取水施設	渦巻きポンプ φ 150mm×22kw×1台 吐出量 2,900m ³ /日 = 2.01m ³ /min 全揚程 27.3m
導水施設	硬質塩化ビニル管 φ 200mm ; L=4.3km

(5) ⑥a カヤン川

計画取水量	4,000m ³ /日
水源	バゴー川上流ダム群（表流水）
取水施設	取水口 RC造 1ヶ所 渦巻きポンプ φ 150×37kw×1台 2ヶ所 吐出量 4,000m ³ /日 = 2.78m ³ /min 全揚程 51.4m（区間1）、50.1m（区間2）
貯水施設	RC造、有効容量 4,000m ³
導水施設	硬質塩化ビニル管 φ 250mm ; L=24.6km

6-2-2 コスト比較検討

表 6-2-1 にコストを総合的に評価した結果を示す。なお、コストは以下の条件にて算出している。（算出過程の詳細は、主報告書を参照）

- ①コストは初期投資コストと 50 年間の維持管理コストを合計したライフサイクルコスト（LCC）として算出する
- ②初期投資コストは日本における費用関数を使用している

最も費用対効果の大きいものは③b 案であり、水源が最もティラワ SEZ に近く、且つ多くの取水量が見込めるものである。水利権の一部は認められており、ザマニ・イン貯水池の今後の運用次第では、短期の要求水量全量を賄うことが期待されることになる。

次いで③a 案が効果的であり、水利権が認められていることも含め、最も現実的である。

以上のことから、短期施設整備計画においては、「③ザマニ・イン貯水池」の利用が最も合理的であると考えられる。

表 6-2-1 コスト評価

水源地名	LCC (百万円) (a)	取水可能量 (m ³ /日) (b)	コスト評価		
			(a)/(b)	比率	順位
①SEZ 内井戸	677	1,000	0.677	3.7	4
③a ザマニ・イン貯水池	1,094	6,000	0.182	1.0	2
③b ザマニ・イン貯水池	1,261	10,000	0.126	0.7	1
④バンブエゴン貯水池	850	2,900	0.293	1.6	3
⑥a カヤン川	2,787	4,000	0.697	3.8	5

6-3中期・長期施設整備計画

6-3-1 中期・長期計画の概要

(1) 中期計画

中期計画の必要給水量は日当たり 42,000 m³/日 の量として計画されており、その主要な水源はラグンビン貯水池と隣接するアライニ貯水池である。給水計画の主要施設は、二つの貯水池からティラワ SEZ まで、JICA の調査団によりパイプライン、ポンプ場及び浄水場で計画されている。総延長は、バゴー川を渡る 1km を含む約 80km となる。(図 6-3-1 位置図を参照)

(2) 長期計画

長期計画の必要給水量は日当たり 120,000 m³/日 (= 42,000 m³/日 + 78,000 m³/日) の量として計画されており、主要水源はダウェイダムである。ダウェイダムからティラワ SEZ までの主要幹線水路は、既存の河川や水路を利用する。(ダウェイ川、バゴー川、ザンツ堰、ザンツ水路、バゴー-シタン水路、30 マイル緑化事業水路、カヤン川及びカヤンゲート等) 総延長は約 200 km で灌漑局がダウェイダムを計画している。位置図は、図 6-3-1 のとおりである。

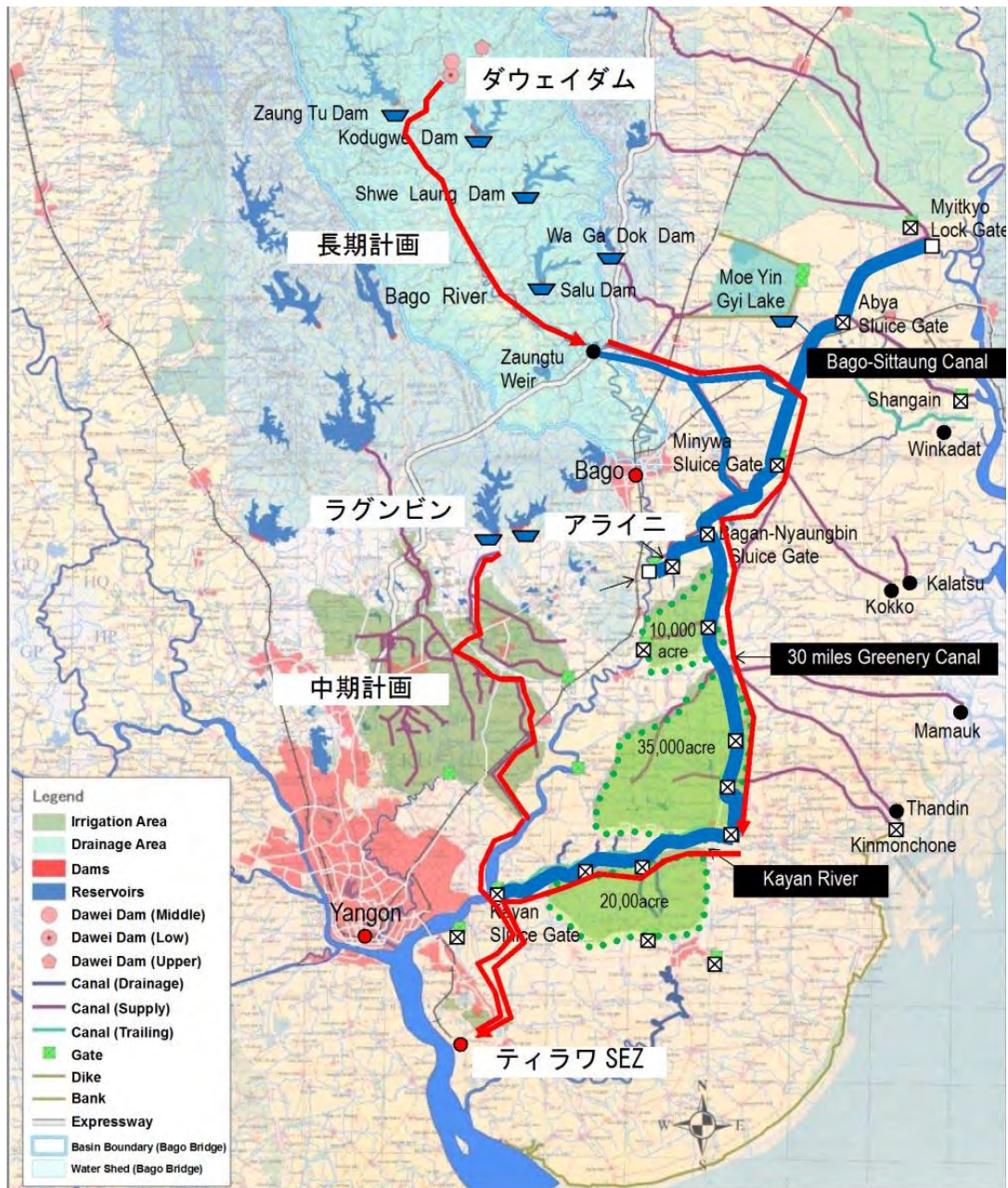


図 6-3-1 位置図

6-3-2 中期計画

(1) 主要水源

ティラワ SEZ の給水水源は 2 つの貯水池があり、ひとつはラグンビン貯水池でありティラワ SEZ の北 80km に位置し、2001 年に灌漑局により建設されている。他方、アライニ貯水池はラグンビン貯水池に隣接し、この貯水池も 2002 年に灌漑局により建設されている。

表 6-3-1 貯水池諸元

項目	ラグンビン	アライニ
流域面積	108.7km ²	36.8 km ²
年平均降水量	2540 mm	2540 mm
年平均流入量	155.5 MCM	52.6 MCM
ダムタイプ	アースダム	アースダム
ダム高さ	18.9 m	15.8 m
堤頂長	1578.9 m	1737.4 m
貯水容量（常時満水位）	183.6 MCM	48.1 MCM
最低貯水容量	6.5 MCM	2.2 MCM
満水面積（常時満水位）	27.1 km ²	8.3 km ²
洪水吐形式	15.2 m	- m
設計洪水量	25.5 m ³ /sec	- m ³ /sec

(2) 貯水池水源の課題

1) ラグンビン貯水池

ラグンビン貯水池は堰長 15.2 m (=50 ft)の洪水吐（クレスト型）を有し、洪水吐の設計洪水量は 25.5 m³/sec である。しかし既往最大洪水量は 50 m³/sec であり、200 年確率洪水量は 333 m³/sec である。

洪水位に対するダムクレストの余裕高はわずか 1 m (=3.3ft) である。

2) アライニ貯水池

アライニ貯水池は洪水吐がなく、連絡水路でラグンビン貯水池と繋がっている。この水路は幅 200m で長さは 1km となっている。

(3) ラグンビン貯水池の洪水位

ラグンビン貯水池の洪水吐はダムの左岸に位置し、堰長は 50 feet (= 15.25 m) である。既往最大洪水位は 2012 年 8 月 21 日の 86.7 feet (= 26.43 m) である。



図 6-3-2 貯水池位置図

(4) 既往最大洪水時の洪水量

既往最大洪水時の洪水量は次式の計算により求める。

$$Q = C \cdot L \cdot H^{(3/2)}$$

Q: 洪水量 (m³/sec)

C: 流量係数 = 1.8

L: 堰長

$$= 50 \text{ ft} = 15.25 \text{ m}$$

H: 越流水深

$$= \text{H.W.L. } 86.7\text{ft} - \text{F/W.L. } 82.0\text{ft}$$

$$= 4.7 \text{ ft} \doteq 1.5 \text{ m}$$

$$Q = 1.8 \times 15.25 \times 1.5^{(3/2)}$$

$$\doteq 50 \text{ m}^3/\text{sec} > 25.5 \text{ m}^3/\text{sec}$$

既往最大洪水時の洪水量(=50 m³/sec) は、設計洪水量 (=25.5 m³/sec) より大きく、200年確率洪水量 (333 m³/sec) より小さい。

(5) 洪水吐の安全性

ラグンビン貯水池の洪水吐堰長は200年確率洪水量を安全に流下させるには短く、200年確率洪水量を流下させるには100m幅の堰長が必要である。

$$Q = C \cdot L \cdot H^{(3/2)}$$

Q: 洪水量 (= 333 m³/sec: 200 years flood)

C: 流量係数= 1.8

L: 堰長

$$\text{H: 越流水深} = \text{H.W.L. } 86.7\text{ft} - \text{F/W.L. } 82.0\text{ft} = 4.7 \text{ ft} \doteq 1.5 \text{ m}$$

$$L = 333 / (1.8 \times 1.5^{(3/2)}) \doteq 100\text{m}$$

(6) ラグンビン貯水池の余裕高

現況ダム天端標高は、EL. 27.5 m (= 90 ft)で、洪水位は H.W.L. 26.5 m (= 86.7 ft)である。現況のダム天端余裕高は以下のとおりである。

$$\text{ダム天端標高} - \text{洪水位 H.W. L} = 27.5 \text{ m} - 26.5 \text{ m} = 1.0 \text{ m} \quad (\text{現況余裕高})$$

新たに計算されたダム天端標高は EL. 29.0 m (= 95.1 ft)であり、設計余裕高は以下のようになる。

$$\text{設計余裕高} = \text{計算ダム天端標高} - \text{洪水位 H.W. L.} = 29.0 - 26.5 = 2.5 \text{ m}$$

これより、設計余裕高と現況余裕高の差は、1.5 m となる。

$$\text{設計余裕高} - \text{現況余裕高} = 2.5 - 1.0 = 1.5 \text{ m}$$

現況の貯水池は、洪水の安全性に対して 1.5 m の嵩上げが必要である。

6-3-3 長期計画

(1) ダウエイダムサイト

長期計画の水源であるダウエイダムは灌漑局で設計されており、ザンツダムの上流に 3 ヶ所の候補地が提案されている。候補地の位置図を図 6-3-3 ダム候補地の位置図に示す。

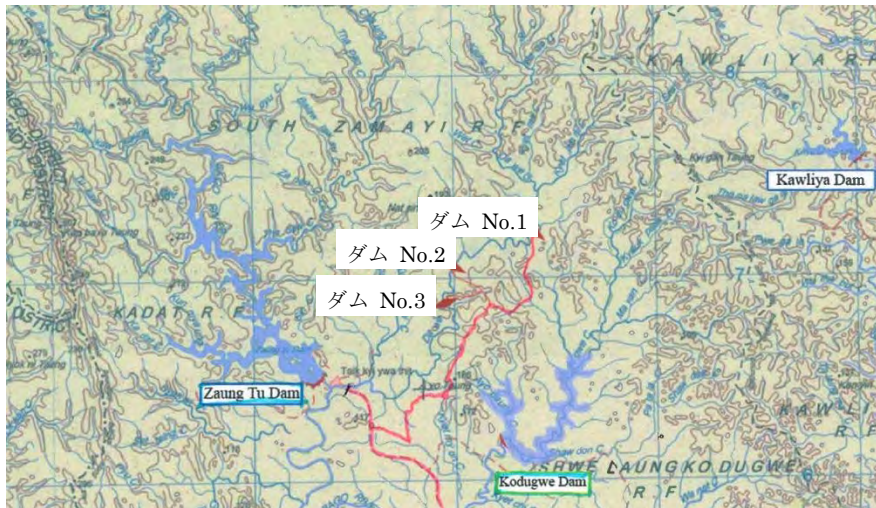


図 6-3-3 ダム候補地の位置図

ダウエイダムの総貯水量は 150 MCM (百万 m³)、ダムの堤高は 30 m となる。流域面積は上流側に比べ下流側ほど大きくなり、ダムサイトの下流側は上流側に比べてダムの貯水量は大きくなる。このため、候補地 No.3 はダム高さが 30 m となり、貯水量も 150 MCM (百万 m³)となる。

表 6-3-2 ダウエイダムの 3 候補地

No.	候補地	流域面積 (km ²)	年間流入量 (MCM)	堤高 (m)	位置
1	ダム No.1	98.1	128.2*	22.6*	上流
2	ダム No.2	120.6	161.1*	25.3*	中流
3	ダム No.3	125.1	200.0	30.0	下流

注：*印は灌漑局資料（表 4-6-7）より引用、その他の値は調査団検討。

(2) 貯水量

ダムの貯水量は H~Q 曲線
(ダム高さとダム容量との
関係曲線) より決定される。

常時満水位は EL.91.0 m と
し、その時の貯水量は 150
MCM(百万 m³)である。(図
6-3-4 H~Q 曲線参照)

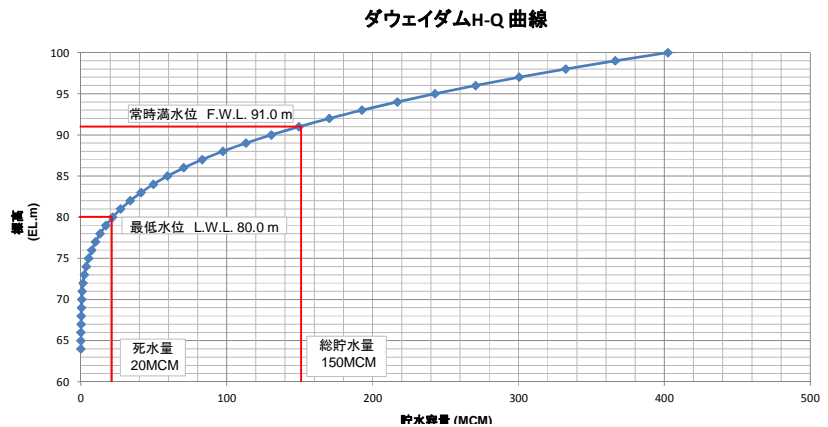


図 6-3-4 H~Q 曲線

(3) 貯水池の水位

計算されたダム天端標高は EL.95.0 m で余裕高は以下のとおりである。

$$\text{設計余裕高} = \text{ダム天端標高} - \text{洪水位 H.W. L.} = 95.0 - 92.5 = 2.5 \text{ m}$$

(4) 提案ダム横断面図

これまでの検討よりダウエイダムの標準断面図は以下のとおりである。

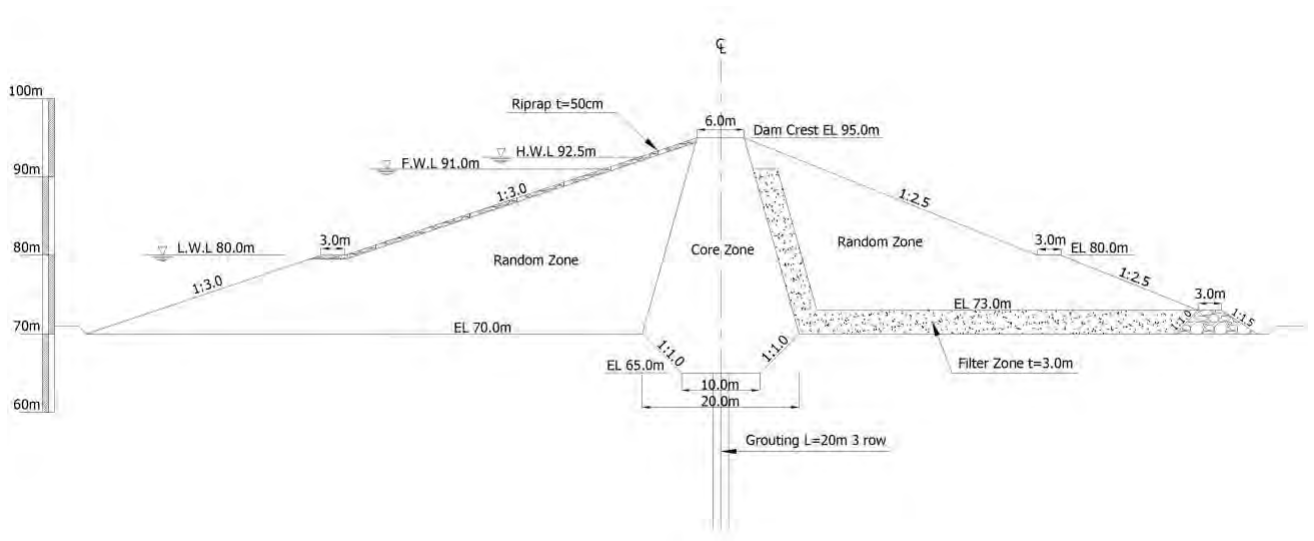


図 6-3-5 ダウエイダム標準断面図

堤体の盛土量は約 65 万 m^3 である。

表 6-3-3 ダウエイダム諸元表

一般	河川名	ダウエイ川	備考
	基礎地質	砂岩、泥岩、頁岩	
貯水池	流域面積	125.1 km^2	
	平均年間流入量	200 MCM	
	貯水池面積 (常時満水位)	19 km^2	
	総貯水量	150 MCM	
	洪水位	H.W.L. 92.50 m	F.W.L. 303.48 ft.
	常時満水位	F.W.L. 91.00 m	F.W.L. 298.56 ft.
	最低水位	W.L. 65 m	W.L. 213.25 ft.
	利用水深	26 m	85.30 ft.
ダム	ダムタイプ	均一型	
	堤高	30 m	98.43 ft.
	堤頂長	450 m	1476.38 ft.
	堤頂幅	6.0 m	
	ダム天端標高	EL 95 m	
	堤体積	656,000 m^3	
洪水吐	洪水吐形式	一般形式	
	減勢工	跳水型	
	洪水量	250 m^3/sec	200年確率洪水量×1.2
	越流水深	1.5 m	
	堰長	65 m	

第7章

環境社会配慮

第7章 環境社会配慮

本章ではティラワ SEZ の開業に向けた、短期の水資源開発計画案およびその整備計画案に対し、計画案が実施された場合における自然環境および社会環境に対する影響を検討する。ただし、本業務は情報収集・確認調査であることから、短期、中期、長期の提案水資源開発事業計画の中で、直近に迫る短期計画に関わるスコーピングおよび環境社会配慮調査の TOR 作成までを対象として記述する。ティラワ SEZ に対して 6 案の短期の水資源開発計画案（表 7-1-1）が提示されている。これらの案の内、特に実現可能性が高い 2 案を対象として検討を行った。（①SEZ 内井戸案、③ザマニ・イン貯水池案）

表 7-1-1 水資源開発案の概要

水源案	①SEZ 内井戸	②東部平野部井戸	③ザマニ・イン貯水池	③ バンプエゴン貯水池	⑤SEZ 内貯水池	⑥カヤン川
水源	地下水	地下水	表流水	表流水	表流水	表流水
新規/既存	新規	新規	既存	既存	新規	既存
建設目的	-	-	灌漑	灌漑	-	灌漑
関係省庁	-	-	灌漑局、ヤンゴン地方政府	灌漑局、ヤンゴン地方政府	-	灌漑局
関連タウンシップ	タンリン、チャウタン	タンリン	タンリン	チャウタン	タンリン、チャウタン	タンリン
建設完了年	-	-	1995 年	1994 年	-	-
総貯水量 (千 m ³)	-	-	6,616	2,140	1,800	-
SEZ までの距離	約 5km	約 15km	約 4km	約 4km	約 1km 以内	約 25km

出典：JICA 調査団

7-1 環境社会配慮制度

7-1-1 環境社会配慮法制度

「ミ」国では 2012 年に環境保護法が制定されるまで、環境保護についての包括的な法令は存在せず、各産業分野で施行されていた環境に関する法律が環境保護法の機能を果たしていた。環境政策を管轄している省庁は、国家環境審議会（NCEA）である。この機関は環境問題への関心の高まりを受け、1990 年に外務省の下に設立された。その後、NCEA は 2005 年に林業省の傘下に移管され、林業省は 2011 年 9 月に環境保全林業省へと改組された。2012 年 3 月には環境保護法が制定され、現在はこの法律が環境保護全般の法的根拠となっている。

7-1-2 環境影響評価の手順

2014 年 6 月現在、「ミ」国では環境影響評価の手順についてのガイドラインは策定されていない

いが、その草案は既に作成されている。この案によると、①事業者は事業計画書を「ミ」国政府に提出する。②「ミ」国政府は事業内容および事業規模に基づき、15日以内に必要となる環境影響評価の程度（EIA, IEE, 無し）を決定する事となっている。

(1) IEE の手順

事業の実施に際し IEE が必要とされた場合、以下の手順によって IEE が実施される予定である。①事業者は IEE を実施する専門家の内容を政府に提出する。②政府は 7 日以内にその専門家の確認および登録を行う。③事業者は、公的な協議のプロセス（プロジェクト内容の公開、住民との協議など）に基づき、IEE 調査を実施する。④IEE 調査レポートは政府の決めた内容（位置図、事業内容、IEE 専門家の身分、事業地周辺の概況等）に基づいて作成され、政府に提出される。⑤事業者は IEE レポートを政府に提出後 10 日以内に一般公開する。⑥政府も IEE レポートを受領後、内容の一般公開を行い、関係政府機関や市民団体からコメントを得る。⑦これらのコメントを踏まえ、事業者はファイナルレポートを政府に提出する。⑧政府は IEE レポート受領後 60 日以内に、レポートの内容を判断する。⑨EIA の手続きが必要な場合は、EIA の手続きに入る。それ以外の場合は、政府から ECC (Environmental Compliance Certificate) が交付される。

(2) EIA の手順

事業の実施にあたり EIA が必要とされた場合、以下の手順によって EIA が実施される予定である。①事業者は EIA を実施する専門家の内容を政府に提出する。②政府は 7 日以内にその専門家の確認および登録を行う。③事業者はスコーピングを実施し、その結果のレポートおよび EIA 調査に係る TOR を作成し、政府に提出する。④政府はそれらを受領後、15 日以内に承認もしくは修正の要求を事業者に行う。スコーピング結果および TOR の承認後、⑤事業者は TOR および政府の定める基準（住民協議結果も含む）に基づき EIA を実施し、レポートを作成、政府へ提出する。⑥事業者は EIA レポートを政府へ提出後 10 日以内に、一般公開する。⑦政府は EIA レポートを受領後、90 日以内に EIA レポート調査機関にレポートを提出すると共に、一般公開を行いコメントと助言を受ける。それらのコメントを受け、EIA 調査結果を判断する。⑧ EIA 結果により、必要に応じて事業者は事業計画の修正や、事業の打ち切りが決定される。また、事業が継続となった場合には ECC が交付される。

7-2 環境社会の現状

7-2-1 自然保護区および希少生物

既存の資料¹によると、本提案事業の対象地域周辺には自然保護区および国立公園等は存在していない。また、各郡区で作成されている統計書の中に郡区内の動植物相についての記述があるが、

¹ Myanmar Protected Areas: Context, Current Status and Challenges, ed. L. Beffasti and V. Galati, 2012.

その中で希少生物の存在は確認できなかった。

7-2-2 文化保護区

提案事業対象地域周辺では、4カ所の文化保護区が確認された（Appendix VI）。Kyaik Khauk Pagoda と Wongyi Padathayazar Tonb はタンリントウンシップ、Padagyi Pagoda と Kyaik Mhaw Won Yelae Pagoda はチャウタントウンシップに位置している。Kyaik Khauk Pagoda は文化省から2009年11月5日、Padagyi Pagoda は2007年6月15日にヤンゴン管区から文化保護区の指定を受けている。

7-2-3 調査対象地区にある既存水源

表 7-2-1 調査対象地域内の既存水源

2012年に実施した調査によると、調査対象郡区内に約15,000箇所の既存水源が確認できた（表7-2-1）。タンリントウンシップとチャウタントウンシップには地下水を水源とする井戸が多く、一方トンガ郡区とカヤン郡区ではため池が多くなっていた。

タウンシップ	掘り井戸	管井	ため池	合計
タンリン	3,313	7,250	223	10,786
チャウタン	1,074	629	1,322	3,025
トンガ	1	63	165	229
カヤン	0	79	572	651
合計	4,388	8,021	2,282	14,691

出典：JICA 調査団

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

7-3-1 代替案の検討

前述のように、代替案の検討は短期水源開発計画6案に加え、ゼロオプションを加えた7案について検討した（表7-3-1）。その結果、水利権協議が済んでおり、費用も安い、③ザマニ・イン貯水池からの取水案が最適案であると考えられた。また、①敷地内井戸はLCC/m³/dayが比較的安価であるため、環境との調和と配慮を行うならば、実現可能性があるかと判断された。

表 7-3-1 水源開発代替案の検討

代替案	オプション ゼロ	①敷地内井戸	②東部平野部 井戸	③ザマニ・イ ン貯水池	④バンブエ ゴン貯水池	⑤敷地内貯 水池	⑥カヤン川
水源	—	地下水	地下水	表流水	表流水	表流水	表流水
利用可能日水量	—	1,000m ³	1,000m ³	6,000m ³	2,900m ³	4,000 m ³	4,000m ³ 以上
水利権協議	—	無し	無し	済み	必要	無し	必要
用地取得	—	無し	有り	無し	無し	無し	有り
経路長	—	約5km	約16km	約4km	約4km	—	約25km
初期費用(百万円)	0	230	473	498	375	1,736	1,470
維持管理費(百万円)	0	1.2	1.7	2.3	2.3	0	12.4
LCC(百万円)	0	677	1,228	1,094	850	1,736	2,782
LCC/m ³ /day(百万 円)	—	0.677	1.228	0.182	0.293	0.434	0.697
総合評価	×	△	×	◎	○	○	△

出典：JICA 調査団

7-3-2 スコーピング

環境社会配慮調査を実施するにあたり、どのような項目が環境に与える影響が大きいかを検討し、重要と考えられる項目に対して、適切な調査を行う必要がある。代替案の検討結果に基づき③ザマニ・イン貯水池案、①SEZ 内井戸案についてスコーピングを実施した。また、水源の違いから貯水池（③）と地下水（①）とに分けてスコーピングを行った。

表 7-3-2 スコーピング結果：貯水池（表流水）

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1 大気汚染	B-	D	工事中: 建設重機の稼働等に伴い、一時的に大気の汚染が想定される。 供用時: 大気への影響は想定されない。
	2 水質汚濁	B-	D	工事中: 一時的に工事現場、建設重機、車両等からの排水等が予想される。 供用時: 水質への影響は想定されない。
	3 廃棄物	B-	D	工事中: 建設残土等の発生が予想される。 供用時: 周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	4 土壌汚染	D	D	土壌汚染を引き起こすような作業等は想定されない。
	5 騒音・振動	B-	D	工事中: 建設重機の稼働に伴い、一時的な騒音および振動が想定される。 供用時: 周辺地域に影響を及ぼすような騒音・振動は想定されない。
	6 地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業等は想定されない。
	7 悪臭	D	D	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8 底質	D	D	底質に影響を及ぼすような作業等は想定されない。
自然環境	9 保護区	D	D	事業対象地域及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
	10 生態系	D	C	工事中: 工事中には生態系に影響を及ぼすような作業等は想定されない。 供用時: 希少な動植物は存在しないが、既存貯水池の水位が大幅に減少した場合、周辺地域へ負の影響を及ぼす可能性がある。
	11 水象	D	C	工事中: 工事中には水象に影響を及ぼすような作業等は想定されない。 供用時: 取水により貯水池の水位が低下する。
	12 地形、地質	D	D	本事業では、大規模な土工は計画されていないことから、地形・地質への影響はほとんど無いと考えられる。
社会環境	13 住民移転	D	D	事業対象地域での住民移転は想定されない。
	14 貧困層	D	D	事業対象地域で貧困層に対する影響は想定されない。
	15 少数民族・先住民	D	D	事業対象地域では少数民族や先住民に対する影響は想定されない。
	16 雇用や生計手段等の地域経済	D	A+	工事中: 工事自体は小規模であるため、雇用や生計手段等の地域経済への影響はほとんど無いと考えられる。 供用時: 本事業によりティラワ SEZ へと水供給がなされるため、SEZ の経済効果により地域経済の向上が予想される。
	17 土地利用や地域資源利用	D	D	本事業は貯水池の新設、ポンプや水路の敷設等であるため、土地利用や地域資源利用に対する影響はほとんど無いと考えられる。
	18 水利用	C	B-	工事中: 既存の貯水池では農業および生活用水としての取水がされており、工事中に濁水による影響が考えられる。 供用時: ティラワ SEZ での取水量が過剰である場合、既存の水利用に対して負の影響が考えられる。

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
	19 既存の社会インフラや社会サービス	B-	C	工事中: 管水路を道路に埋設する場合、一時的に交通渋滞が想定される。 供用時: 既存の貯水池を水源とする場合、取水量によっては既存の社会インフラへの負の影響が想定される。
	20 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	本事業は貯水池の新設、ポンプや水路の敷設等であるため、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響は想定されない。
	21 被害と便益の偏在	D	D	本事業は貯水池の新設、ポンプや水路の敷設であるため、周辺地域に不公平な被害や便益をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	22 地域内の利害対立	D	D	本事業は貯水池の新設、ポンプや貯水槽、水路の敷設であるため、地域内の利害対立をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	23 文化遺産	D	D	事業対象地域及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
	24 景観	D	D	事業対象地域は貯水池の改修または新設および管水路の敷設であり、景観への負の影響はほとんど無いと考えられる。
	25 ジェンダー	D	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
	26 子どもの権利	D	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
	27 HIV/AIDS 等の感染症	D	D	事業規模は非常に限定的であるため、感染症の危険性はほとんど無いと考えられる。
その他	28 労働環境(労働安全を含む)	C	C	工事中: 建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 供用時: ポンプによる取水を計画しているため、ポンプ管理者やオペレーターの労働環境に配慮する必要がある。
	29 事故	B-	D	工事中: 工事中の事故に対する配慮が必要である。 供用時: 供用時段階では事故を引き起こす作業等は想定されない。
	30 気候変動	D	D	気候変動を引き起こす様な作業等は想定されない。

A+/-: Significant positive/negative impact expected, B+/-: Positive/negative impact expected to some extent, C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses), D: No impact is expected.

表 7-3-3 スコーピング結果：井戸（地下水）

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	1 大気汚染	B-	D	工事中: 建設重機の稼働等に伴い、一時的に大気の汚染が想定される。 供用時: 大気への影響は想定されない。
	2 水質汚濁	B-	D	工事中: 一時的に工事現場、建設重機、車両等からの排水等が予想される。 供用時: 水質への影響は想定されない。
	3 廃棄物	B-	D	工事中: 一時的に建設残土等の発生が予想される。 供用時: 周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	4 土壌汚染	D	D	土壌汚染を引き起こす様な作業等は想定されない。
	5 騒音・振動	B-	D	工事中: 建設重機の稼働に伴い、一時的な騒音および振動が想定される。 供用時: 周辺地域に影響を及ぼすような騒音・振動は想定されない。
	6 地盤沈下	D	B-	工事中: 工事中には地盤沈下を引き起こす様な作業等は想定されない。 供用時: 過剰な揚水により、地盤沈下を引き起こす可能性が考えられ

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
				る。
	7 悪臭	D	D	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
	8 底質	D	D	底質に影響を与えるような作業等は想定されない。
自然環境	9 保護区	D	D	事業対象地域及びその周辺に、国立公園や保護区等は存在しない。
	10 生態系	D	D	本事業は井戸の掘削および送水施設の設置であるため、生態系への影響は想定されない。
	11 水象	D	B-	工事中: 水象に影響を及ぼすような作業等は想定されない。 供用時: 過剰な揚水があった場合、地下水位の低下や、地下水の塩水化を招く可能性がある。
	12 地形、地質	D	D	本事業では、大規模な土工は計画されていない事から、地形・地質への影響はほとんどないと考えられる。
社会環境	13 住民移転	D	D	事業対象地域での住民移転は想定されない。
	14 貧困層	D	D	事業対象地域で貧困層に対する影響は想定されない。
	15 少数民族・先住民族	D	D	事業対象地域では少数民族や先住民族に対する影響は想定されない。
	16 雇用や生計手段等の地域経済	D	A+	工事中: 工事自体は小規模であるため、雇用や生計手段等の地域経済への影響はほとんど無いと考えられる。 供用時: 本事業によりティラワ SEZ へと水供給がなされるため、SEZ の経済効果により地域経済の向上が予想される。
	17 土地利用や地域資源利用	D	D	本事業は井戸の掘削および送水施設の設置であるため、土地利用や地域資源利用への影響は想定されない。
	18 水利用	D	C	工事中: 本事業は井戸の掘削、ポンプや水路の敷設であるため、水利用に対する影響は想定されない。 供用時: 地下水の過剰な揚水がされた場合、地下水位の低下および塩水化により、既存井戸での水利用が負の影響を受ける可能性がある。
	19 既存の社会インフラや社会サービス	B-	C	工事中: 管水路を道路に埋設する場合、一時的に交通渋滞が想定される。 供用時: 地下水の過剰な揚水がされた場合、地下水面の低下によって、事業周辺地域にある既存の井戸が枯渇する可能性がある。
	20 社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織	D	D	本事業による社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響は想定されない。
	21 被害と便益の偏在	D	D	本事業は井戸の掘削および送水施設の設置であるため、周辺地域に不公平な被害や便益をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	22 地域内の利害対立	D	D	本事業は井戸の掘削および送水施設の設置であるため、地域内の利害対立をもたらすことはほとんどないと考えられる。
	23 文化遺産	D	D	事業対象地域及びその周辺に、文化遺産等は存在しない。
	24 景観	D	D	事業対象地域は井戸の掘削および送水施設の設置であるため、景観への負の影響はほとんど無いと考えられる。
	25 ジェンダー	D	D	本事業によるジェンダーへの負の影響は想定されない。
	26 子どもの権利	D	D	本事業による子どもの権利への負の影響は想定されない。
	27 HIV/AIDS 等の感染症	D	D	事業規模は非常に限定的であるため、感染症の危険性はほとんど無いと考えられる。
	28 労働環境(労働安全を含む)	C	C	工事中: 建設作業員の労働環境に配慮する必要がある。 供用時: ポンプによる取水を計画しているため、ポンプ管理者やオペレーターの労働環境に配慮する必要がある。
その他	29 事故	B-	D	工事中: 工事中の事故に対する配慮が必要である。 供用時: 供用時段階では事故を引き起こす作業等は想定されない。
	30 気候変動	D	D	気候変動を引き起こすような作業等は想定されない。

A+/-: Significant positive/negative impact expected, B+/-: Positive/negative impact expected to some extent, C+/-: Extent of positive/negative impact is unknown. (A further examination is needed, and the impact could be clarified as the study progresses), D: No impact is expected.

7-3-3 環境社会配慮の TOR

上記スコーピング案に基づき、負の影響評価(A-または B-)および影響が不明(C)と分類された項目（大気、水質、廃棄物、騒音・振動、地盤沈下、生態系、水象、水利用、既存の社会インフラや社会サービス、労働環境、事故）に対し実施する、環境社会配慮調査の TOR を作成した。

表 7-3-4 環境社会配慮調査の TOR

環境項目	対象水源案	調査項目	調査手法
大気	貯水池、井戸	① 工事現場周辺の土地や建物 ② 工事の期間および時間 ③ 工事中的影響	① 既存資料調査 ② 現地踏査 ③ 類似既存事業の把握 ④ 工事中的の使用建設重機の把握
水質	貯水池、井戸	① 工事内容 ② 建設重機の使用計画	① 工事内容、行程の把握 ② 現地踏査
廃棄物	貯水池、井戸	① 工事内容	① 工事計画の把握 ② 工事期間中の廃棄物の把握
騒音・振動	貯水池、井戸	① 工事現場周辺の土地や建物 ② 工事の期間および時間 ③ 工事中的の影響	① 既存資料調査 ② 現地踏査 ③ 類似既存事業の把握
地盤沈下	井戸	① 地下水賦存量調査	① 調査井戸のモニタリング ② 地下水解析モデル
生態系	貯水池	① 供用時のモニタリング	① 既存資料調査 ② 現地踏査
水象	貯水池、井戸	① 供用時の取水時期、取水量の把握 ② 供用時の水質のモニタリング ③ 水賦存量の把握	① 既存資料調査 ② 取水計画の把握 ③ 調査井戸のモニタリング
水利用	貯水池、井戸	① 既存の水利用状況 ② 供用時の取水時期、取水量の把握	① 既存資料調査 ② 供用時の継続的モニタリング
既存の社会インフラや社会サービス	貯水池、井戸	① 既存の水利用状況 ② 既存井戸の位置および深度	① 既存資料調査 ② 現地踏査およびヒアリング ③ 供用時の継続的モニタリング
労働環境	貯水池、井戸	① 工事内容 ② 建設重機の使用計画 ③ 供用時の労働者、労働内容の把握	① 類似既存事業の把握 ② 工事内容、行程の把握
事故	貯水池、井戸	① 工事内容 ② 建設重機の使用計画	① 工事内容、行程の把握 ② 建設重機の使用状況の把握

出典：JICA 調査団

第8章

見解と提言

第8章 見解と提言

8-1 地下水資源に係る見解と提言

本調査では、ティラワ SEZ および周辺区域における既存井戸調査、物理探査、地質調査、試験井戸調査（掘削、水質、水位観測）、3次元地下水モデルの構築と予測解析等を踏まえ、当該地域の地下水資源賦存状態について分析を行った。分析結果を踏まえた見解と提言は以下のとおり。

(1) ティラワ SEZ の短期水源としての利用

調査対象 4 タウンシップ内には、地下水資源賦存量の観点から、生産井利用が実用的と判断できる帯水層が、深度 300m 前後までの間に 3~4 層確認できるが、当該地域の帯水層は複数の難透水層を介在するものであり、湧出量は多くない。他方、本調査業務の初期段階に行った（2012 年 10 月から 2013 年 1 月）既存井戸インベントリー調査結果のとおり、域内には 12,400 本もの生産井があり、日量約 17,000m³ の総揚水量が推定される中、一部の地域においては塩水化や水位低下が確認されていることから、今後のさらなる取水については慎重な判断が必要である。

ティラワ SEZ 用の水源として地下水を検討する場合には、ティラワ SEZ 敷地内東端（既設道路沿い）の第 2 帯水層に生産井 2~3 本を新規に設けることが最もフィージビリティが高いと考えられる。他方、ティラワ SEZ 敷地内のバゴー川沿いにおいてはすでに地下水の塩水化が生じており、また周辺には多数の住民井戸が存在しており、塩水化のさらなる進行や周辺井戸の水位低下を招くリスクがある。本調査にて、3 年間の取水を前提として予測解析した結果、周辺の環境影響に鑑み、取水可能な量は第 2 帯水層からの日量 1,000m³/日であった。今回の解析は、データの制約がある中（過去の地下水位や情報等のデータがない中）で実施しており、多くの推定が含まれシミュレーション結果である。実際の地下水の状況は必ずしもこの解析通りとは限らず、また、気象状況等によっても変化する。従って、第 2 帯水層からの日量 1,000m³/日を目安としつつ、実際に取水を行う場合には、水位・電気伝導度のモニタリングを行い、環境影響に過大な負荷をおよぼさないよう、取水量・期間を調整することが必要である。また、地下水資源利用は、主水源ではなく、あくまで表流水資源が不測の事態に遭遇した場合の予備水源・緊急水源として利用されることが望ましい。

(2) タンリントウンシップ中心部の地下水モニタリング

また、調査地域の北端に位置する試験井戸 D-5 は、4 タウンシップ中で最大規模のタンリントウンシップ中心部にあるが、この井戸の水位変化は、過剰揚水の顕著な兆候を示しており、今後当該地域の開発・発展に伴いさらなる過剰揚水が継続される場合には、塩水化の進行や枯れ井戸の発生、地盤沈下等の環境影響が生じるリスクがある。試験井戸 D-5 は、タンリントウンシッ

プ中心部の井戸利用状況を把握するに適した立地にあり、上記リスクを未然に防ぐためには、当該地域の地下水モニタリングと地下水揚水量の管理が重要である。(モニタリング体制の詳細は3-7 参照。)

8-2 表流水資源に係る見解と提言

本調査では、バゴー川の流域の水文調査や流域水収支解析、及び既存貯水池の水収支解析等を行った。分析結果を踏まえた見解と提言は以下のとおり。

(1) ティラワ SEZ および周辺区域の短期・中期・長期水資源開発計画

地下水からの取水量が十分に確保できない中、ティラワ SEZ および周辺区域の安定的発展に必要な水供給のためには、水質と水量の両面を兼ね備えた持続性のある貯水資源の確保と、水源からの導水路整備が適切と考えられる。バゴー川の年間流出量は、バゴー市中心部において渇水年(2010年)においても3,631MCM という膨大な量の表流水源を擁している。これを背景に、バゴー川流域には農業灌漑省灌漑局によって多数の灌漑用水源としてのダム群が建設されてきた。これら水源は、乾季の水稲栽培を支える貴重な水源となる一方で、雨季には近年バゴー市を襲う洪水に起因する長期間湛水被害を未然に回避する洪水調節効果も発揮している。短期的には既存貯水池等を有効活用しつつ、長期的には新たな表流水の開発も必要になるであろうと考えられる。これまでの解析結果を踏まえた短期・中期・長期の水資源候補を纏めると以下のとおり。

表 8-2-1 短期・中期・長期の表流水源候補

	水源	必要となる施設整備	日最大給水量(m ³ /日)	備考
短期 (2015年半ば)	ザマニ・イン貯水池	取水施設 φ125mm×11kw ×2 送配水設備 DCIP φ300mm L=4.1km	6,000~	2014年8月時点で、灌漑局より6,000m ³ /日の水利権がティラワ SEZ 用に承認されている。なお、灌漑局の情報によると、灌漑面積減少に伴い今後灌漑用に必要な水量が減少する見込みであり、当該分をティラワ SEZ に転換する場合には15,700m ³ /日が利用可能水源量となる。
	バンブエゴン貯水池	取水施設 φ150mm×22kw ×1 送配水設備 PVC φ200mm L=4.3km	2,900	新規利用可能量は2,900m ³ /日と想定されるが水利権にかかる協議は未実施。
中期 (2018年下旬)	ラグンビン貯水池	取水施設 送配水設備 「ヤンゴン都市圏上水整備計画」参照	42,000	中期的に必要な42,000m ³ /日に関しては、ティラワ SEZ の入り口までの送水が「ヤンゴン都市圏上水整備計画」(2014年8月 L/A 締結予定の円借款事業)にて実施される予定である。灌漑局より40MGD(約180,000m ³ /日)の水利権が上記事業用に承認されており、うち10MGD(約42,000m ³ /日)をティラワ SEZ に給水する。

<p>長期 (未定)</p>	<p>ダウェイ 貯水池</p>	<p>ダム新設 取水口 1ヶ所 (RC) 取水施設 φ350mm×300kw ×4 送配水設備 DCIP φ1100mm L=24.6km</p>	<p>78,000</p>	<p>バゴー川上流に総貯水容量 150MCM を擁する本貯水池を建設し、30 マイル緑化事業幹線水路を経てカヤン川に導かれ、カヤン防潮水門上流から取水して、SEZ まで導水路を新設するもの。①灌漑用水、②生活用水、③ティラワ SEZ への恒久給水に加えて洪水調節機能をも有する多目的機能ダムとして機能し、SEZ の総面積 2,400ha がフルに開発された際に必要な給水量 120,000m³/日 を供給することも可能となる。</p>
--------------------	---------------------	---	---------------	--

(2) ダムの安全性確保

今回の調査において、既存の貯水池の水収支解析を行ったが、この過程で、調査団より、貯水池が安全に機能するために必要な洪水吐き及び堤体天端標高の検証が行われ、改善の必要性が指摘された（技術的見解の詳細は 6-3-2 節のとおり）。これを踏まえ、ダムの安定性・安全性確保の観点から灌漑局による検証・改善が期待される。

