

ミャンマー連邦共和国  
建設省

ミャンマー国  
メコン国際幹線道路連結強化事業  
準備調査

ファイナルレポート

フェーズ2 調査報告書  
(プレ・フィージビリティスタディ)  
和文要約編

平成28年12月  
(2016年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル  
株式会社 国際開発センター  
株式会社 建設技研インターナショナル  
日本工営株式会社

東大
JR
16-078

ミャンマー連邦共和国  
建設省

ミャンマー国  
メコン国際幹線道路連結強化事業  
準備調査

ファイナルレポート

フェーズ2 調査報告書  
(プレ・フィージビリティスタディ)  
和文要約編

平成28年12月  
(2016年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

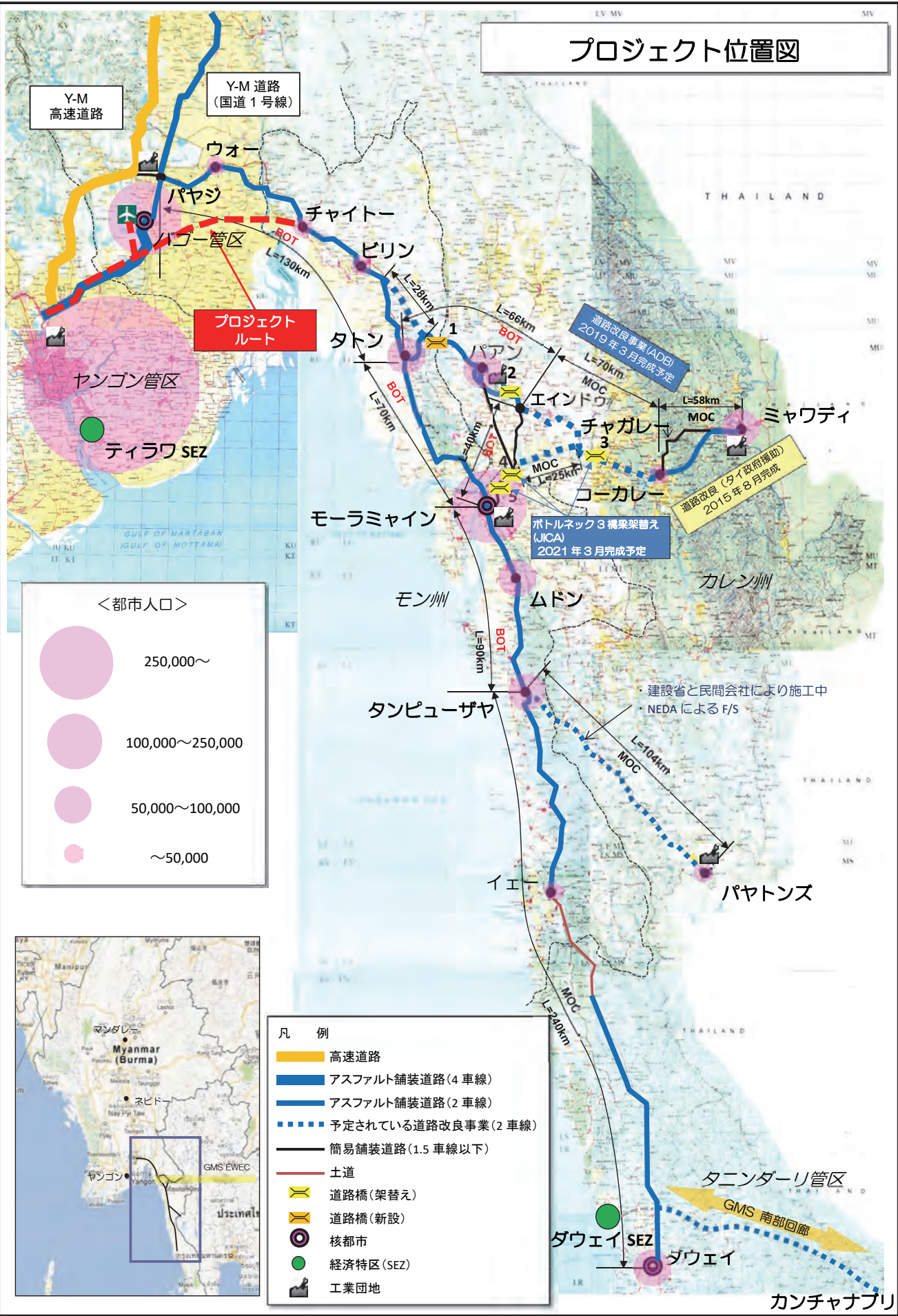
株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル  
株式会社 国際開発センター  
株式会社 建設技研インターナショナル  
日本工営株式会社

本報告書において以下の外国通貨交換レートを適応した

USD 1.00 = MMK 1183.0 = JPY 109.2 (2016年7月)

\*MMK: Myanmar Kyat

# プロジェクト位置図





完成予想図（新シッタン橋）



完成予想図（新シッタン橋）



完成予想図（国道1号線改良/高架区間）



完成予想図（国道1号線改良/土工区間）

## 目 次

位置図
完成予想図
目次
表リスト
図リスト
略語集

### 第1章 はじめに

1.1 はじめに .....	1-1
1.1.1 調査の背景.....	1-1
1.1.2 調査の目的.....	1-1
1.1.3 調査対象エリア.....	1-1
1.2 調査フローとスケジュール.....	1-3

### 第2章 事業の必要性・妥当性の検証

2.1 はじめに .....	2-1
2.2 プロジェクトを取り巻く現状の把握.....	2-1
2.2.1 ミャンマー国内外における東西回廊の位置づけ .....	2-1
2.2.2 東西回廊の現状.....	2-7
2.2.3 周辺の開発計画.....	2-12
2.2.4 将来交通需要.....	2-17
2.3 東西回廊にかかる今後の課題と当事業の必要性・妥当性.....	2-18
2.3.1 東西回廊にかかる今後の課題.....	2-18
2.3.2 事業の必要性・妥当性.....	2-19

### 第3章 交通需要予測

3.1 社会経済フレームワーク .....	3-1
3.1.1 将来人口.....	3-1
3.1.2 経済発展.....	3-2
3.2 交通需要予測 .....	3-3
3.2.1 需要予測手法.....	3-3
3.2.2 本調査で考慮する交通需要.....	3-3
3.2.3 将来需要予測.....	3-4

### 第4章 自然条件調査

4.1 地形測量 .....	4-1
4.1.1 測量内容.....	4-1
4.1.2 測量結果.....	4-2
4.2 地質調査 .....	4-3
4.2.1 調査内容.....	4-3
4.2.2 調査結果.....	4-4
4.3 水文調査 .....	4-12
4.3.1 概要.....	4-12
4.3.2 気象条件.....	4-13
4.3.3 水文 / 水理条件.....	4-17
4.3.4 確率洪水量および確率水位の推定.....	4-30

## 第5章 道路計画

5.1	道路計画の概要	5-1
5.2	設計基準	5-3
5.2.1	設計基準書	5-3
5.2.2	幾何構造設計基準	5-3
5.3	道路横断計画	5-4
5.3.1	必要車線数	5-4
5.3.2	標準横断構成	5-4
5.4	線形検討	5-5
5.4.1	線形方針	5-5
5.4.2	道路線形	5-9

## 第6章 橋梁計画

6.1	提案する設計条件	6-1
6.1.1	設計基準	6-1
6.2	新シッタン橋の架橋位置検討	6-2
6.2.1	架橋位置の選定	6-2
6.3	橋梁形式検討	6-4
6.3.1	序論	6-4
6.3.2	バゴー～チャイトー間新規道路	6-4
6.3.3	国道1号線改良	6-8
6.4	下部工・基礎形式の検討	6-10
6.4.1	バゴー～チャイトー間新規道路	6-10
6.4.2	国道1号線改良	6-12

## 第7章 概略施工計画

7.1	はじめに	7-1
7.2	概略施工計画	7-1
7.2.1	工区分けの考え方	7-1
7.2.2	施工における基本方針	7-3
7.3	実施スケジュール	7-9

## 第8章 概算事業費積算

8.1	基本条件	8-1
8.2	積算結果	8-1
8.2.1	建設費	8-1
8.2.2	概算事業費	8-2

## 第9章 経済分析と評価

9.1	はじめに	9-1
9.1.1	経済分析の前提条件	9-1
9.1.2	車両走行費用 (VOC)	9-2
9.2	サブ・プロジェクト1の経済分析	9-4
9.2.1	経済便益	9-4
9.2.2	経済費用	9-5
9.2.3	プロジェクトの経済評価	9-6
9.3	サブ・プロジェクト2の経済分析	9-8
9.3.1	経済便益	9-8
9.3.2	経済費用	9-9
9.3.3	プロジェクトの経済評価	9-10
9.4	運用効果指標	9-12



## 第10章 環境社会配慮

10.1 本調査の位置づけ .....	10-1
10.2 対象プロジェクトの概要.....	10-1
10.3 初期的環境影響 .....	10-2
10.3.1 スクリーニングに基づく環境カテゴリ分類.....	10-2
10.3.2 環境スコーピングにより想定される望ましくない影響の程度 .....	10-2
10.4 環境社会配慮上の提言.....	10-5

## 第11章 結論と提言

11.1 結論 .....	11-1
11.2 次期調査に向けての提言.....	11-2

## 付属資料

- 付属資料-1 図面集
- 付属資料-2 建設省からのリクエストレター
- 付属資料-3 建設省が提案する代替ルートに関する初期的検討
- 付属資料-4 ボーリング柱状図

## 表リスト

表 2.2.1	回廊別の貨物需要 (左)、旅客需要 (右) .....	2-7
表 2.2.2	将来交通需要と必要車線数 .....	2-17
表 2.3.1	期待されるアウトプットと効果 .....	2-20
表 2.3.2	期待されるアウトプットと効果 .....	2-20
表 2.3.3	バゴー～チャイトー区間の改良ルート検討.....	2-21
表 3.1.1	2012 年から 2040 年までの管区・州ごとの人口.....	3-1
表 3.1.2	2030 年までの管区・州ごとの GRDP の推移.....	3-2
表 3.2.1	品目別輸出入量の GDP 弾性値 .....	3-4
表 3.2.2	ミャンマー・タイ間の輸出入貨物の貨物品目別時間価値.....	3-5
表 3.2.3	海上輸送の分担率モデルの推計結果.....	3-6
表 3.2.4	輸出入データから得られた海上輸送の割合と分担率モデルの推計値の比較.....	3-6
表 3.2.5	タイ・ミャンマー間の輸出入貨物の海上輸送から陸上輸送への将来貨物転換 需要 .....	3-7
表 3.2.6	航空関連需要の日あたり交通手段別トリップ数と自動車換算台数.....	3-8
表 3.2.7	交通量配分結果 (日あたり PCU) .....	3-8
表 4.1.1	地形測量の調査内容一覧 .....	4-1
表 4.2.1	フェーズ 2 調査で実施した地質調査位置.....	4-4
表 4.2.2	調査位置情報 .....	4-5
表 4.2.3	土質試験項目および数量一覧 .....	4-8
表 4.2.4	各地層の土質状況 .....	4-10
表 4.3.1	気象観測所一覧 .....	4-13
表 4.3.2	水文および潮位観測所一覧 .....	4-13
表 4.3.3	Kaba-Aye 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果.....	4-16
表 4.3.4	Shwegyin 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果 .....	4-16
表 4.3.5	Thaton 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果.....	4-16
表 4.3.6	2005-2014 年の排水面積当り各種平均比流量 .....	4-21
表 4.3.7	計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食／堆積速度.....	4-27
表 4.3.8	Bago、Taungoo および Madauk 観測所での確率洪水量の計算.....	4-30
表 4.3.9	6 観測所での確率水位の計算 .....	4-31
表 4.3.10	計画カルバート及び橋梁位置での設計洪水量 (1).....	4-33
表 4.3.11	計画カルバート及び橋梁位置での設計洪水量 (2).....	4-34
表 4.3.12	計画橋梁位置での設計高水位 .....	4-35
表 5.2.1	設計幾何構造基準 .....	5-3
表 5.4.1	各区間の適用断面 .....	5-7
表 6.1.1	提案する主な設計基準と条件 .....	6-1
表 6.2.1	新シッタン橋架橋位置の比較表 .....	6-3
表 6.3.1	橋梁形式選定における評価基準 .....	6-4
表 6.3.2	新シッタン橋における橋梁形式比較 (その 1) .....	6-5
表 6.3.3	新シッタン橋における橋梁形式比較 (その 2) .....	6-6
表 6.3.4	新シッタン橋における橋梁形式比較 (その 3) .....	6-7
表 6.3.5	橋梁形式検討 (国道 1 号線改良事業 高架区間標準部) .....	6-9
表 6.4.1	新シッタン橋主橋梁部の基礎形式比較案の抽出.....	6-11
表 6.4.2	新シッタン橋主橋梁部の基礎形式比較案の抽出.....	6-11
表 6.4.3	各基礎形式における適用可能な基礎長.....	6-12
表 6.4.4	標準部の基礎形式比較検討 (国道 1 号線改良事業) .....	6-13
表 7.2.1	提案する工区分け .....	7-1
表 8.2.1	概算建設費 (バゴー～チャイトー間新規道路建設事業) .....	8-1
表 8.2.2	概算建設費 (国道 1 号線改良事業) .....	8-1

表 8.2.3	概算事業費 .....	8-2
表 9.1.1	経済分析における前提条件 .....	9-1
表 9.1.2	車種ごとの VOC.....	9-2
表 9.1.3	1 時間あたり所得の変化 .....	9-3
表 9.1.4	車種別の 1 台あたりの乗車人員 .....	9-3
表 9.2.1	1 日あたりの車種ごとの交通量の変化 (総走行台キロ) .....	9-4
表 9.2.2	1 日あたりの車種ごとの交通量の変化 (総走行台時) .....	9-4
表 9.2.3	プロジェクトの経済便益 .....	9-5
表 9.2.4	プロジェクトの整備費用 (経済価格) .....	9-5
表 9.2.5	プロジェクトの維持管理費用 .....	9-6
表 9.2.6	プロジェクトのキャッシュ・フロー.....	9-7
表 9.2.7	感度分析の結果 .....	9-7
表 9.3.1	1 日あたりの車種ごとの交通量の変化 (台キロ) .....	9-8
表 9.3.2	1 日あたりの車種ごとの交通量の変化 (台時) .....	9-8
表 9.3.3	プロジェクトの経済便益 .....	9-9
表 9.3.4	プロジェクトの整備費用 .....	9-9
表 9.3.5	プロジェクトの維持管理費用 .....	9-10
表 9.3.6	プロジェクトのキャッシュ・フロー.....	9-11
表 9.3.7	感度分析の結果 .....	9-11
表 9.4.1	サブ・プロジェクト 1 の運用・効果指標.....	9-12
表 9.4.2	サブ・プロジェクト 2 の運用・効果指標.....	9-12
表 10.2.1	対象プロジェクトの概要 .....	10-1
表 10.3.1	EIA 対象プロジェクト.....	10-2
表 10.3.2	推定移転建築物・移転者・用地取得面積・費用.....	10-4

## 図リスト

図 1.1.1	調査位置詳細図 .....	1-2
図 1.2.1	フェーズ2 調査のフローとスケジュール .....	1-3
図 2.2.1	アジアンハイウェイ路線図 .....	2-2
図 2.2.2	アジアンハイウェイ、アセアンハイウェイ路線図 (ミャンマー区間) .....	2-2
図 2.2.3	GMS 東西経済回廊の整備状況 .....	2-3
図 2.2.4	GMS 経済回廊 .....	2-4
図 2.2.5	ミャンマーの主要都市と核都市 (左)、国土開発拠点 (右) .....	2-5
図 2.2.6	ミャンマーの開発回廊 .....	2-6
図 2.2.7	ミャンマーの回廊別の人口・国内総生産 (左) と主要都市と核都市の将来 人口 (右) .....	2-6
図 2.2.8	バゴ (ヤンゴン・マンダレー高速道路入口) ~ タトン区間の現況 .....	2-8
図 2.2.9	タトン~ミャワディ区間の現況 .....	2-10
図 2.2.10	エインドウ~モーラミヤイン、パアン~モーラミヤイン区間の現況 .....	2-11
図 2.2.11	タトン~モーラミヤイン~ダウェイ区間の現況 .....	2-11
図 2.2.12	ティラワ SEZ 位置図 .....	2-12
図 2.2.13	ダウェイ SEZ 開発計画 (初期フェーズ) .....	2-13
図 2.2.14	民間企業によるバゴ工業団地開発 .....	2-14
図 2.2.15	ハンタワディ新国際空港建設予定地 .....	2-14
図 2.2.16	ヤンゴン都市高速道路 (内環状線) 位置図 .....	2-15
図 2.2.17	ヤンゴン都市高速道路 (内環状線) 標準横断面図 (高架部) .....	2-16
図 2.2.18	ヤンゴン都市高速道路 (内環状線) 車線計画 .....	2-16
図 2.3.1	東西回廊にかかる今後の課題 .....	2-19
図 3.2.1	2025 年交通量配分結果 (日あたり 100PCU) .....	3-9
図 3.2.2	2035 年交通量配分結果 (日あたり 100PCU) .....	3-9
図 4.1.1	モザイクデータと地形図 (バゴ~チャイトー間新規道路) .....	4-2
図 4.1.2	モザイクデータと地形図 (国道 1 号線、HIA アクセス道路含む) .....	4-2
図 4.2.1	調査位置図 .....	4-3
図 4.2.2	ボーリング調査位置図 .....	4-5
図 4.2.3	BH04 付近の成層状況 .....	4-6
図 4.2.4	シタン川沿い (BH03, BH01, BH02) の成層断面図 .....	4-7
図 4.2.5	土質試験結果の総括図 .....	4-9
図 4.3.1	気象、水文および潮位観測所の位置図 .....	4-12
図 4.3.2	南部ミャンマーの年間降雨量の空間分布 (等雨量線) .....	4-14
図 4.3.3	月間平均降水量(1968-2015) .....	4-14
図 4.3.4	年間降水量の変動 .....	4-14
図 4.3.5	3 降雨観測所での確率日雨量の相関 .....	4-15
図 4.3.6	確率日降雨量の空間分布 (50 年確率洪水のケース) .....	4-15
図 4.3.7	計画道路周辺の排水および灌漑水路ネットワーク .....	4-18
図 4.3.8	流域図 .....	4-19
図 4.3.9	バゴ川の Bago 観測所での流況曲線 (2005-2014) .....	4-20
図 4.3.10	シタン川の Taungoo 観測所での流況曲線 (2005-2014) .....	4-20
図 4.3.11	シタン川の Madauk 観測所での流況曲線 (2005-2014) .....	4-20
図 4.3.12	2005-2014 年のバゴおよびシタン川 (Bago, Taungoo, Madauk 観測所) での日流量パターン .....	4-21
図 4.3.13	2005-2014 年のバゴおよびシタン川 (Bago, Taungoo, Madauk 観測所) での月別流出量のパターン .....	4-21
図 4.3.14	バゴおよびシタン川 (Bago, Taungoo, Madauk 観測所) の年間最大流出 量変動 .....	4-22

図 4.3.15	エレファントポイントの潮位（潮位図）	4-22
図 4.3.16	モーラミヤイン（モールメイン）観測所の年間天文潮の変動（2005）	4-23
図 4.3.17	バゴーおよびシッタン川（Bago、Taungoo、Madauk 観測所）の月間平均水位	4-23
図 4.3.18	バゴーおよびシッタン川（Bago、Taungoo、Madauk 観測所）の年間最大水位 変動	4-23
図 4.3.19	灌漑局の水位観測所での日最大水位変動（Madauk、Myit Kyoe、Shan Gaing および Outsetee 観測所）	4-24
図 4.3.20	過去 17 年間の計画シッタン橋梁付近の河岸線の変遷	4-25
図 4.3.21	計画シッタン橋梁付近の河岸線変遷の拡大図	4-25
図 4.3.22	計画シッタン橋梁付近の過去の侵食および堆積状況	4-26
図 4.3.23	計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食／堆積	4-27
図 4.3.24	計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食／堆積速度	4-28
図 4.3.25	19 世紀のシッタン川の潮津波のグラビア	4-28
図 4.3.26	2015 年 1 月 30 日から 8 月 9 日時点での衛星画像による浸水危険地域	4-29
図 4.3.27	シッタン川流域のハザードマップ	4-29
図 4.3.28	水文インタビュー調査の位置	4-32
図 5.1.1	道路計画の概要	5-1
図 5.1.2	ハンタワディ新国際空港アクセス高速道路	5-2
図 5.3.1	バゴー～チャイトー道路標準横断図	5-4
図 5.3.2	国道 1 号線改良標準横断図（土工部）	5-4
図 5.3.3	国道 1 号線改良標準横断図（高架部）	5-5
図 5.4.1	提案する道路線形とコントロールポイント	5-5
図 5.4.2	現況 ROW	5-6
図 5.4.3	線形改良区間	5-6
図 5.4.4	国道 1 号線沿いの商店	5-7
図 5.4.5	国道 1 号線沿いの家屋	5-7
図 5.4.6	国道 1 号線の区間分け	5-7
図 5.4.7	既存構造物位置図	5-8
図 5.4.8	提案するバゴー～チャイトー道路の線形	5-10
図 5.4.9	提案する国道 1 号線の道路線形	5-12
図 5.4.10	提案するハンタワディ新国際空港アクセス高速道路の道線線形	5-12
図 6.1.1	既存シッタン橋における桁下余裕高と支間長	6-1
図 6.2.1	架橋候補地点（新シッタン橋）	6-2
図 6.3.1	標準横断図（高架部）	6-8
図 6.4.1	特殊部における門型鋼製橋脚	6-14
図 7.2.1	提案する工区分け（サブプロジェクト 1）	7-2
図 7.2.2	提案する工区分け（サブプロジェクト 2）	7-2
図 7.2.3	新シッタン橋における基本施工ステップ	7-4
図 7.2.4	国道 1 号線改良における基本施工ステップ（土工部）	7-5
図 7.2.5	国道 1 号線改良における基本施工ステップ（高架部）	7-6
図 7.2.6	回転杭打設の概念図	7-7
図 7.2.7	回転杭打設時の資機材配置例	7-7
図 7.2.8	PC-U 桁橋の架設ステップ概念図	7-8
図 7.2.9	送出し工法（左）及び多軸台車（右）による架設の事例	7-8
図 7.3.1	想定実施スケジュール（上：ケース 1、下：ケース 2）	7-10
図 10.2.1	事業実施区域	10-1
図 10.3.1	事業実施区域周辺の保護区域	10-3
図 10.3.2	バゴーチャイトー間バイパスにおける影響建物数（衛星写真ベース）	10-4
図 10.3.3	NH-1 改善事業における影響建物数（衛星写真ベース）	10-4

## 略語集

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全集道路交通運輸担当官協会
AC	Asphalt Concrete	アスファルトコンクリート
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
AH	Asian Highway/ ASEAN Highway	アジアハイウェイ/アセアンハイウェイ
AK	AyeKo family	
ASEAN	Association of South East Asian Nations	東南アジア諸国連合
ASTM	America Society for Testing and Materials	アメリカ材料試験協会
AT	Atran	アトラン
ATM	Automatic Teller Machine	ATM
B/C	Cost-Benefit Ratio	費用・便益比率
BOT	Build-Operate-and-Transfer	
CBTA	Cross Border Transportation Agreement	越境交通協定
DCA	Department of Civil Aviation	民間航空局
DCF	Discount Cash Flow	割引キャッシュフロー
DEM	Digital Elevation Map	数値標高図
DMH	Department of Meteorology and Hydrology	気象水文局
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済内部収益率
EWC	East-West Corridor	東西回廊
EWEC	East-West Economic Corridor	東西経済回廊
FAO	Food and Agriculture Organization	国際連合食糧農業機関
F/S	Feasibility Study	実行可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GMS	Greater Mekong Sub-region	大メコン圏
GPS	Global Positioning System	全球測位システム
GRDP	Gross Regional Domestic Product	域内総生産
GZ	Gyaing Zathapyin	ジャイン・ザタピェン
HFL	Highest Flood Level	洪水位
HIA	Hanthawaddy International Airport	ハンタワディ新国際空港
HWL	High Water Level	高水位
ID	Irrigation Department, MOAI	灌漑局
IDF	Intensity-Duration-Frequency	降雨強度
IEE	Initial Environmental Examination	初期環境調査
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
ITD	Italian-Thai Development	イタリアン・タイ社
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
L/A	Loan Agreement	借款契約
LCC	Life Cycle Cost	ライフサイクルコスト
MIMU	Myanmar Information Management Unit	ミャンマー情報管理ユニット
MOC	Ministry of Construction	建設省
M/P	Master Plan	マスタープラン
MPA	Myanmar Port Authority	ミャンマー港湾公社
MP 調査	The National Transport Development Plan	ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査
MSL	Mean Sea Level	平均海面
MWL	Mean Water Level	平均水面
NCDP	National Comprehensive Development Plan	国家総合開発計画
NEDA	Neighboring countries Economic Development cooperation Agency	周辺諸国経済開発協力機構
OD	Origin-Destination	起終点
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OP	Operational Policies	オペレーションポリシー
PC	Pre stressed Concrete	プレストレストコンクリート
PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算係数
PHC 杭	Pretensioned spun High strength Concrete piles	プレテンション方式遠心力高強度プレストレスコンクリート杭
PMU	Project Management Unit	プロジェクトマネジメントユニット
PPP	Public-Private Partnership	官民協働
RAP	Resettlement Action/Land Acquisition Plan	住民移転計画

RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
ROW	Right of Way	道路用地
SC 杭	Steel Composite piles	外殻鋼管付きコンクリート杭
SEZ	Special Economic Zone	経済特区
SLSC	Standard Least Squares Criterion	標準最小二乗規準
SPC	Special Purpose Company	特別目的事業体
TFR	Total Fertility Rate	合計特殊出生率
TIN	Triangulated Irregular Network	不規則三角形網
TM	Thematic Mapper	ランドサットセマティックマップ
UNESCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia and Pacific	国連アジア太平洋経済社会委員会
UNOSAT	United Nations Operational Satellite Applications Programme	国連観測衛星応用計画
UNTAR	United Nations institute for Training and Research	国連訓練調査研究所
VOC	Vehicle Operation Cost	車両走行費用
WB	World Bank	世界銀行
YUEX	Yangon Urban Expressway	
YUTRA	Project for Comprehensive Urban Transport Plan of the Greater Yangon	ヤンゴン都市圏開発プログラム

## 第1章 はじめに

---

### 1.1 はじめに

#### 1.1.1 調査の背景

ミャンマー連邦共和国（以下、ミャンマー）は、2011年3月の民主化や2015年のASEAN統合に向けた国際標準のインフラ整備を通じて高い経済成長を維持・加速させている。

建設省（MOC）は、独自予算で道路・橋梁インフラを整備してきたものの、予算上の制約から、地方部においては整備が十分に行き届いていない。特に南東部地方は、同国と経済的關係が強いタイと接しており、同地域の道路整備は喫緊の課題となっている。すなわち、ミャンマーにとって大メコン圏（GMS）東西経済回廊（EWEC）<sup>1</sup>を含む東西回廊（EWC）の改良は最も優先度の高い整備区間の1つとして認識されている。この点からフェーズ1調査において、JICA調査団はミャンマーの継続的な経済発展を支えるとともに東西回廊の交通安全性及び走行性を確保するため、ボトルネック3橋梁の架け替えとタトンバイパス、チャガレーバイパスの整備を提案した。

一方、現行計画されているGMS東西経済回廊上の道路改良事業が完成した後<sup>2</sup>、東部と南部からの交通が合流するタトンからパヤジ区間の交通量は4万PCU以上になると推計され、この交通需要により深刻な交通渋滞や交通安全性の低下が懸念されるため、更なる道路改良が必要と考えられる。

上記背景の下、ミャンマー建設省、JICA本部との協議を踏まえJICA調査団は「バゴー～チャイトー新規道路」と「国道1号線改良」を次期優先プロジェクトとして提案し、準備調査に向け提案プロジェクトの基礎情報を得るための調査を2016年1月より開始した。

#### 1.1.2 調査の目的

フェーズ2調査は、後続するF/S等の調査実施に向け、「バゴー～チャイトー新規道路建設事業」及び「国道1号線改良事業」に関するプレF/Sを実施するものである。

#### 1.1.3 調査対象エリア

調査エリアはミャンマー南東部とバゴー管区である。調査対象地域を図1.1.1に示す。

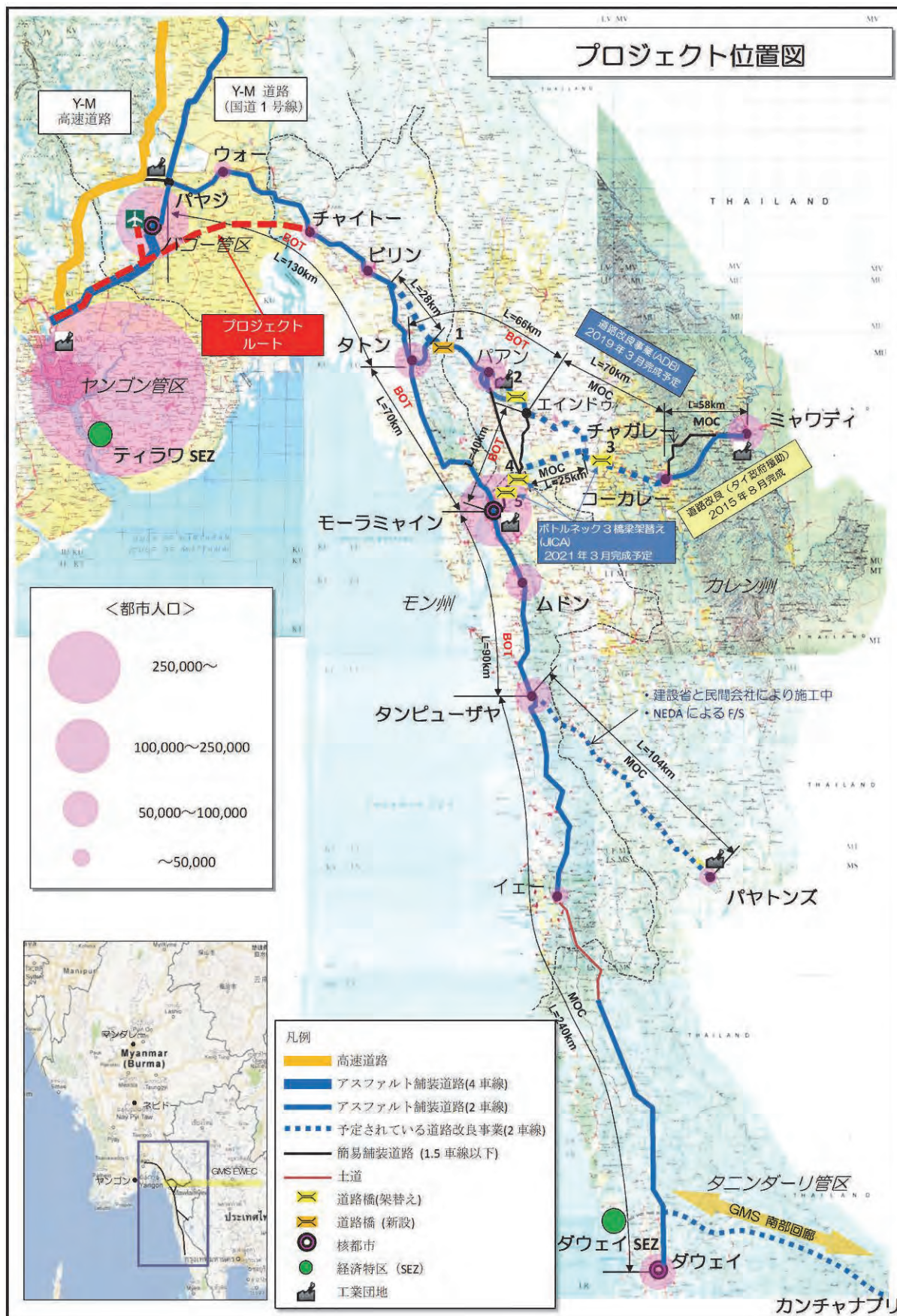
---

<sup>1</sup> GMS東西経済回廊と区別するため本報告書においては、ヤンゴン～モーラミヤイン～ミヤワディ区間、モーラミヤイン～ダウェイ間を東西回廊（EWC）と呼ぶことにする。

<sup>2</sup> 「The GMS East-West Economic Corridor, Eindu to Kawkaik Road Improvement Project (ADB)」と「the East-West Economic Corridor Improvement Project (JICA)」

---



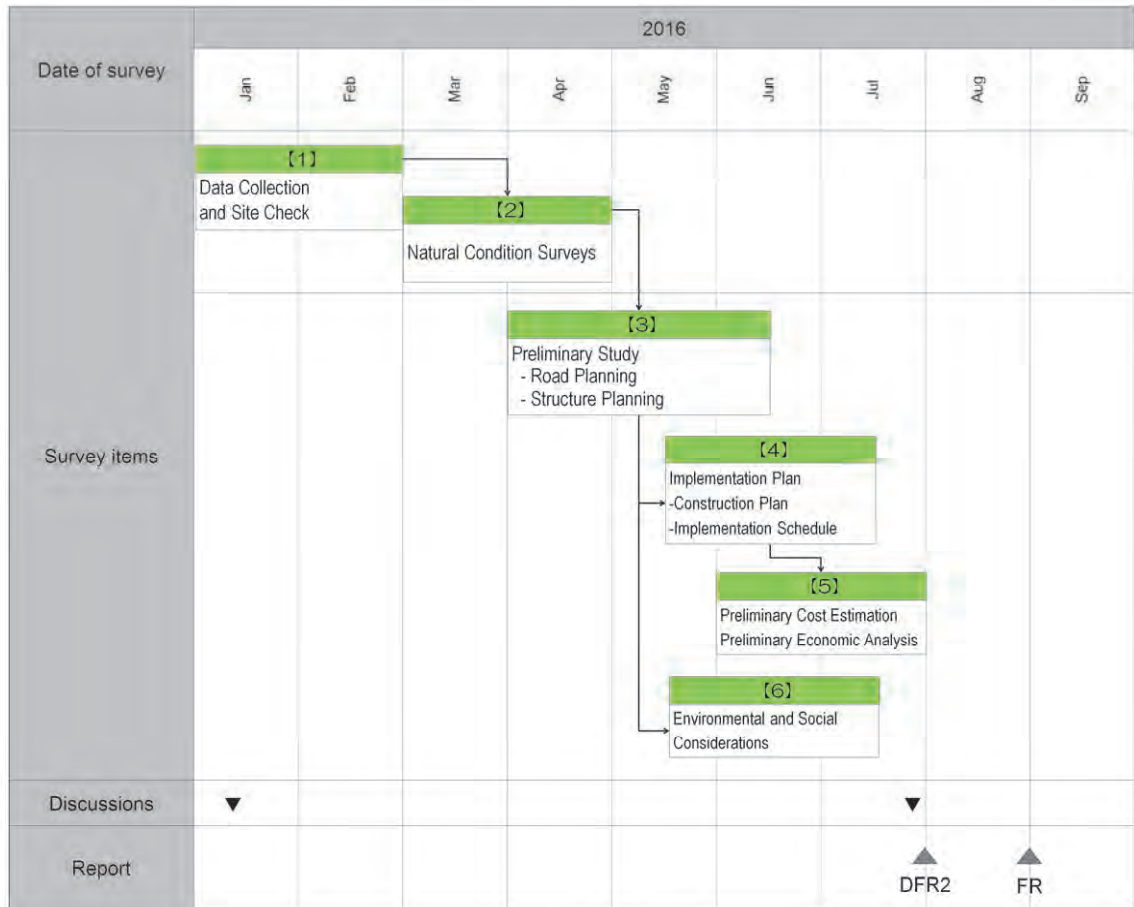


出典：JICA 調査団

図 1.1.1 調査位置詳細図

## 1.2 調査フローとスケジュール

フェーズ2 調査のスケジュールとフローを図 1.2.1 に示す。



出典：JICA 調査団

図 1.2.1 フェーズ2 調査のフローとスケジュール

## 第2章 事業の必要性・妥当性の検証

### 2.1 はじめに

本章では、プロジェクトを取り巻く現状を整理し、事業の必要性・妥当性を検証する。

### 2.2 プロジェクトを取り巻く現状の把握

本節では、プロジェクト道路周辺のバゴー地域及び南東部地域における道路の現況と今後の開発計画、関連する開発プロジェクトについて概説し、事業の必要性・妥当性を検証する上で必要な基礎情報を整理する。

#### 2.2.1 ミャンマー国内外における東西回廊の位置づけ

プロジェクト道路は、大都市ヤンゴン中心街とタイ国境に面するミャワディ、中核都市モーラミヤイン及び南部の中心都市ダウェイを結ぶ東西回廊<sup>3</sup>に位置する。ここでは国際的な幹線道路整備構想、国内の上位計画から国内外における東西回廊の位置づけを整理する。

##### (1) 国際社会における東西回廊の位置づけ

###### アジアハイウェイ

アジアハイウェイは、アジア地域の国際道路網の開発を目的に、1959年に国連(UNESCAP)の支援のもと制定された、32ヶ国を接続する全長約14万kmの国際幹線道路ネットワークである。アジアハイウェイのうちの4ルート、AH1、AH2、AH3、AH14(合計3,018km)が、ミャンマーの国土を通過し、隣国であるタイ、中国、インドと接続している。AH1のうち、タイ国境に接するミャワディ、中核都市モーラミヤイン及び大都市ヤンゴンを結ぶ約400kmは東西回廊と区間を同一としている。

###### アセアンハイウェイ

アセアンハイウェイは23路線、総延長38,400kmから構成される道路ネットワークであり、ASEAN諸国において効率的で調和がとれた安全かつ環境に配慮した一貫した陸上交通の構築を目的として整備が進められている。ミャンマーには7路線のアセアンハイウェイが通過し、そのうちアセアンハイウェイの4つのルートAH1、AH2、AH3、AH14は、アジアハイウェイルートと重複しており、準幹線道路として3つの路線、総延長1,525kmが追加されている。したがって、ミャンマー区間を通過するアセアンハイウェイの総延長は4,543kmである。こ

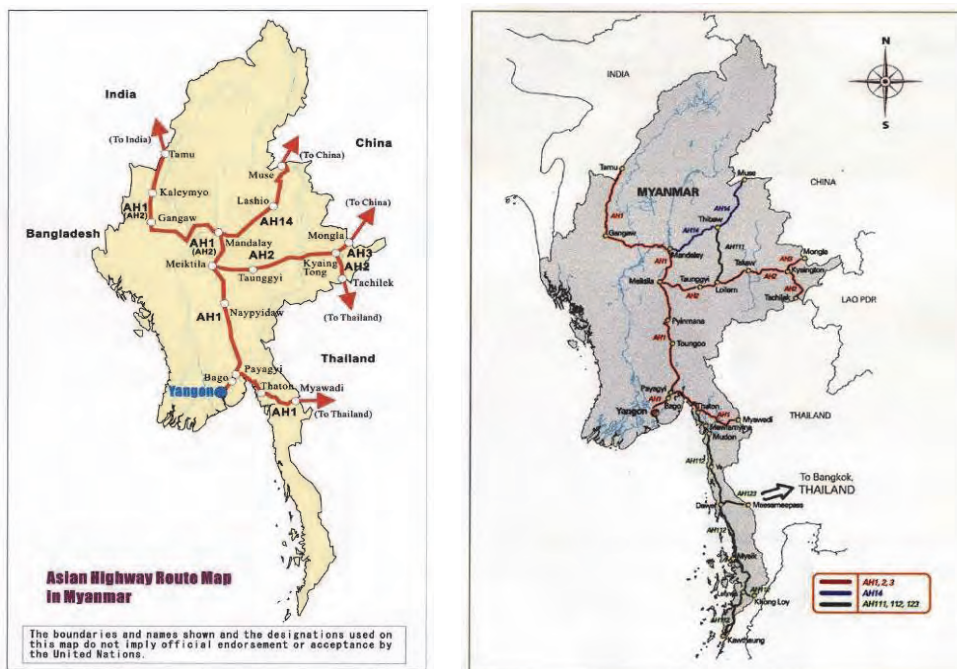
<sup>3</sup> GMS経済回廊構想において東西経済回廊として認識されているのは、これまでのところミャワディからモーラミヤインまでの区間である。これと区別するため、ここでは「全国運輸マスタープラン」における回廊構想を踏襲し、ヤンゴン～モーラミヤイン～ミャワディ、モーラミヤイン～ダウェイの区間を「東西回廊」と呼ぶことにする。

のうち、アジアンハイウェイと重複する区間を除くと、AH112のうちダウェイとタトンをつぶ約400kmが東西回廊と区間を同一とする。



出典：UNESCAP

図 2.2.1 アジアンハイウェイ路線図



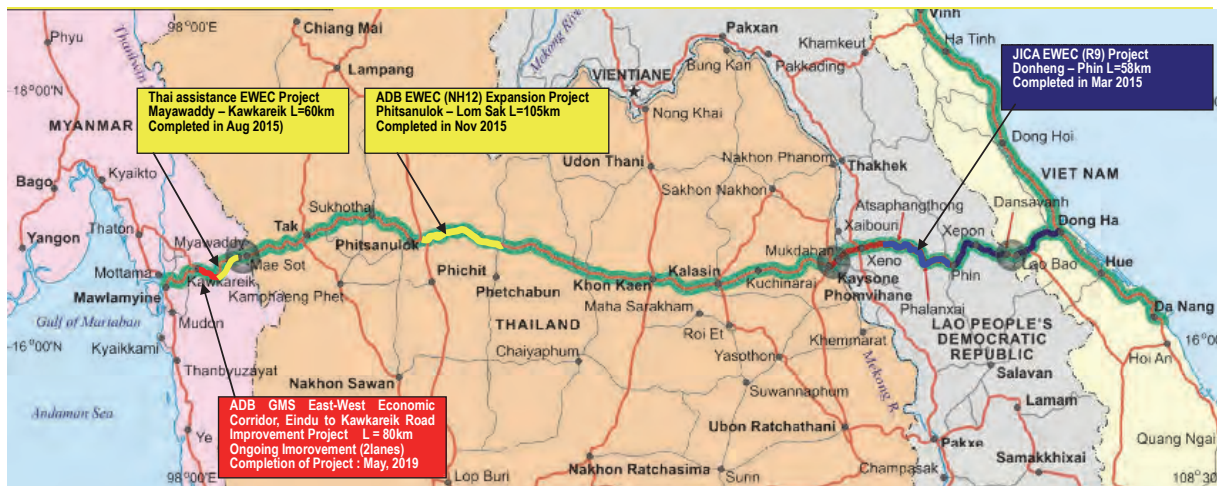
出典：建設省

図 2.2.2 アジアンハイウェイ、アセアンハイウェイ路線図（ミャンマー区間）

## GMS 東西経済回廊

GMS 経済回廊は図 2.2.4 に示すように 7 つの回廊から構成され、そのうち 5 つの回廊（南北経済回廊、東西経済回廊、南部経済回廊、北部経済回廊、西部経済回廊）がミャンマーを通過している。東西経済回廊はベトナムのダナンからミャンマーのモーラミヤインまでの 1,320km のルートで、そのうちミャワディからモーラミヤインを結ぶ約 170km の区間がミャンマー区間である。

GMS 東西経済回廊はほとんどの区間で整備が行われ、整備中の区間を除き、路面は良好な状態である。現行、ADB の資金協力によりタイ国内で実施されている GMS 回廊拡幅プロジェクトでは、タイの東西経済回廊上、延長 178km の区間を整備中である。タイ国道 12 号ピサヌルクからロムサックの 105km 区間は 4 車線拡幅工事が行われ、2015 年 11 月までに完成している。ラオスでは、日本の ODA による無償資金協力を実施し、東西経済回廊のサバナケット県内の約 58km 区間が 2015 年 3 月に完成予定している。一方、これまでミャンマー区間は他の区間よりも整備の進捗が遅れていたが、2015 年 8 月にミャワディ～コーカレーの約 28km 区間がタイ政府の援助により全面開通し、交互通行が可能な 2 車線の道路が完成している。また、ADB によるエインドゥ～コーカレー区間の道路改良プロジェクト（2019 年 3 月完成予定）、JICA によるボトルネック 3 橋梁架け替え（2023 年 3 月完成予定）が予定されており、を目途に 2 車線のアスファルト舗装道路に改良される予定である。



出典：ADB 資料を基に JICA 調査団にて作成

図 2.2.3 GMS 東西経済回廊の整備状況

以上のように、東西回廊は、アジアハイウェイ 1 号線（タムー～マンダレー～ネピドー～ヤンゴン～パヤジ～タトン～ミャワディ）、GMS 東西経済回廊（モーラミヤイン～ミャワディ）、GMS 西部回廊（モーラミヤイン～バゴー～ネピドー～タムー）、アセアンハイウェイ 112 号線（タトン～ダウエイ～コートン）と区間を同一または一部重複する主要国際幹線道路である。特にタイ国境に面するミャワディからヤンゴンのミャンマー区間は東南アジア諸国と南アジア諸国を結ぶルート上にあることから、東南アジアや大メコン圏のみではなく、アジアにとって最も重要な国際貿易道路の一つということが出来る。



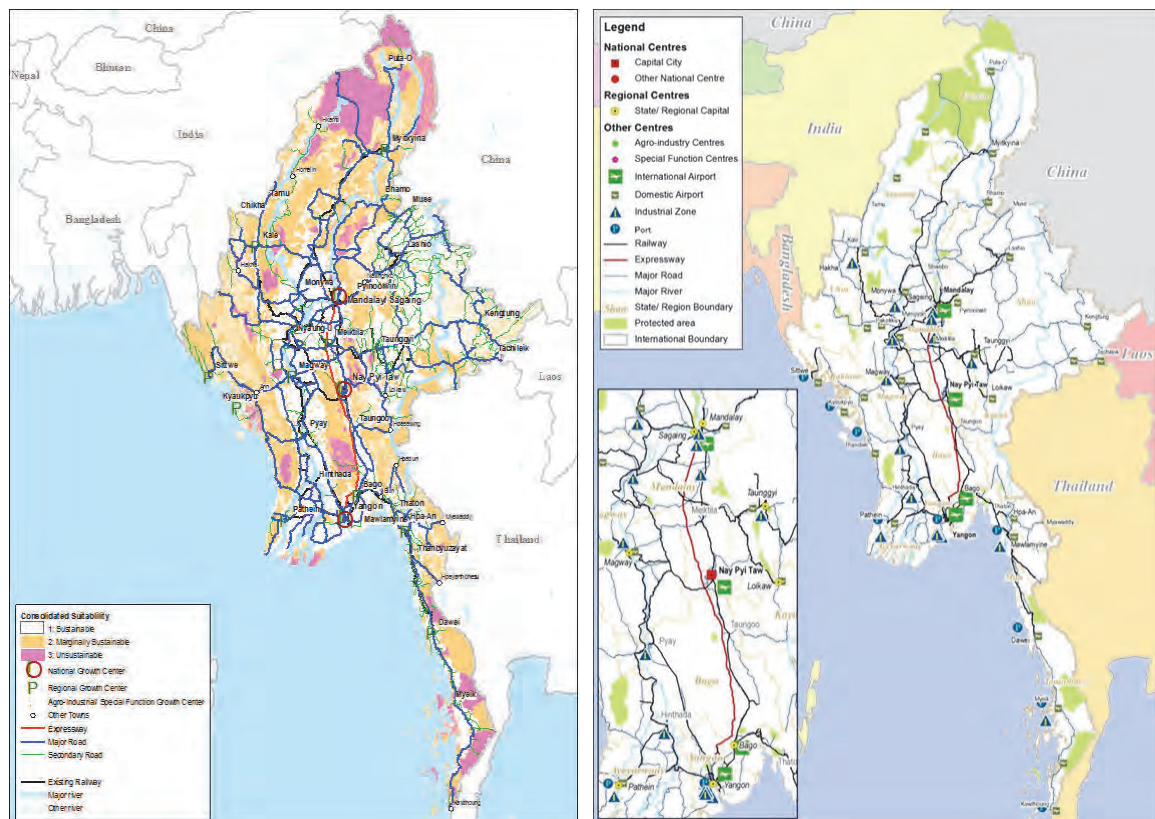
出典：ADB

図 2.2.4 GMS 経済回廊

(2) ミャンマー国内における東西回廊の位置づけ

ミャンマーにおける東西回廊の位置づけは「全国運輸マスタープラン (2014年9月)」(以下、全国運輸 M/P) から整理することが出来る。全国運輸 M/P では、ミャンマーの経済成長を継続的に支えるためには、航空、道路、鉄道、港湾、内陸水運のすべての分野の基幹交通インフラへの投資が必要であり、2014~2020 年を基幹交通インフラの重点整備時期としている。また、現状ミャンマーでは運輸省、鉄道運輸省、建設省等、省庁を跨いだ国家レベルでの分野横断的な運輸政策は存在しておらず、各省庁が策定する長期開発計画や案件リストはプロジェクトによる便益の定量的分析や優先順位の検討が行われているケースが少ないことを課題に挙げ、国土開発軸となる拠点都市<sup>4</sup>をつなぐ 10 の開発回廊を特定している (図 2.2.5)。

これらのうち、東西回廊は地域の核都市のバゴー、モーラミヤイン及びこれらの核都市と主要都市であるヤンゴンとを、また、ハンタワディ新国際空港 (バゴー)、経済特区・港湾開発計画 (ダウエイ)、工業団地開発計画 (モーラミヤイン) 等、国土空間開発の拠点を連結し、回廊沿道の人口や経済活動、将来交通需要等から、ヤンゴン~マンダレー間の南北回廊 (図 2.2.5 A) に次いで、2 番目に整備優先度の高い回廊として指定されている (図 2.2.5 B)。



出典：ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査

図 2.2.5 ミャンマーの主要都市と核都市 (左)、国土開発拠点 (右)

<sup>4</sup> 国家総合開発計画 (NCDP) では、人口、産業、商業、および国レベルの行政機能が集中しているヤンゴン、マンダレー、ネピドーの3都市が国レベルの主要都市、商業・産業機能、州政府機関、教育・衛生、社会施設が集積するミッチーナ (カチン州)、シットウエイ (ラカイン州)、チャオピュー (ラカイン州)、パティン (エーヤワディ管区)、バゴー (バゴー管区)、モーラミヤイ (モン州)、ダウエイ (タニンダーリ管区) の7都市が地域の核都市と定義されている。

## 人口・国内総生産

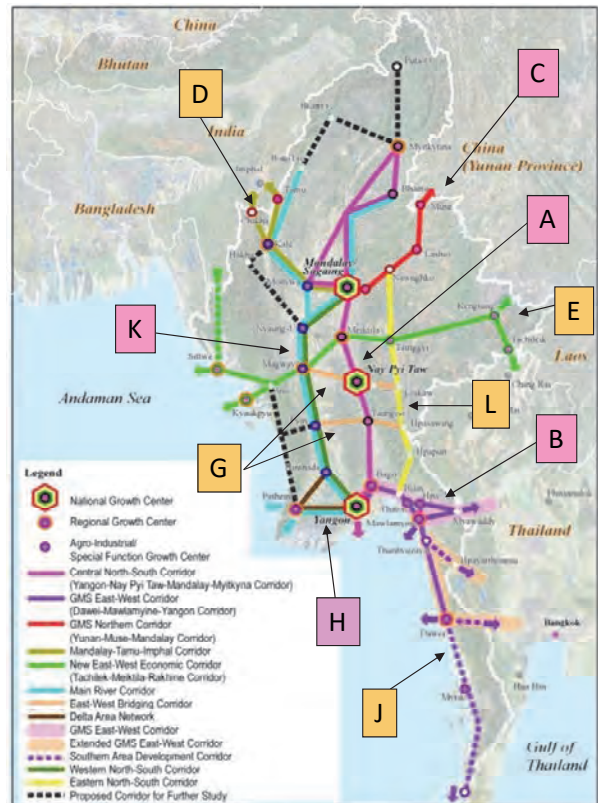
東西回廊沿線の受益者の数（人口）と経済活動の集積度（国内総生産：GDP）をみると、同回廊沿いにはミャンマー全国の人口の28%が集積し、かつ域内総生産はミャンマー全国の35%に達し、ヤンゴン～マンダレー間の南北回廊に次いで、人口・産業の集積度が高い。

## 貨物輸送と旅客輸送

東西回廊の貨物輸送量はミャンマー全国の12%に相当し、最も貨物需要が大きいヤンゴン～マンダレー間（45%）、マンダレー～ミュセ間（13%）に次いで3番目の貨物輸送量を担っている（図 2.2.7 左）。東西経済の旅客輸送量は、ミャンマー全国の12%に相当し、最も旅客需要が大きいヤンゴン～マンダレー間の南北回廊（50%）に次いで2番目の旅客輸送量を担っている。

## 交通需要と交通容量

東西回廊は急増する旅客・貨物需要に対して、現状の道路ネットワークの重層性・代替性が確保されていないため、ミャンマー全国で最も混雑度が高く（旅客で1.8、貨物で2.0の混雑度）、整備優先度が高い回廊である。



出典：ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査

図 2.2.1 ミャンマーの開発回廊

Development Corridor	Section	Code	2012 Population (,000)	% of National Population	2012 GRDP (Kyat billion)	% of National GDP
A. Central North-South Corridor	Yangon-Nay Pyi Taw	A1	11,714	41%	13,170	50%
	Nay Pyi Taw-Mandalay	A2	6,323		4,457	
	Mandalay - Myitkyna	A3	7,035		5,648	
B. East - West Corridor	Yangon - Hpa-An - Myawaddy	B1	14,052	26%	14,543	35%
	Mawlamyine - Dawei	B2	2,753		2,039	
C. Northern Corridor	Mandalay - Muse	C1	6,042	10%	4,503	10%
D. Mandalay - Tamu Corridor	Mandalay - Tamu	D1	8,722	14%	6,992	15%
E. Second East - West Corridor	Tachilek - Meiktila - Kyaukpkyu	E1	10,636	17%	6,938	15%
	Hpasawing - Pyay	G1	2,664		1,727	
G. East - West Bridging Corridor	Loikaw - Magway	G2	4,767	12%	3,214	11%
	Yangon - Patheingyi	H1	8,992		10,076	
H. Delta Area Network	Patheingyi - Hinthada	H2	3,766	21%	2,651	27%
	Thantbyuzayat - Hpaarthonesu	J1	2,537		1,482	
J. Southern Area Development Corridor	Dawei - Thai Border	J2	811	8%	781	8%
	Dawei - Kawthaung	J3	1,756		1,679	
	Yangon - Pyaw - Magway	K1	12,810		33%	
L. Eastern North - South Corridor	Bilin - Loikaw	L1	3,896	12%	2,550	9%
	Loikaw - Nawngniko	L2	3,247		1,900	

出典：ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査

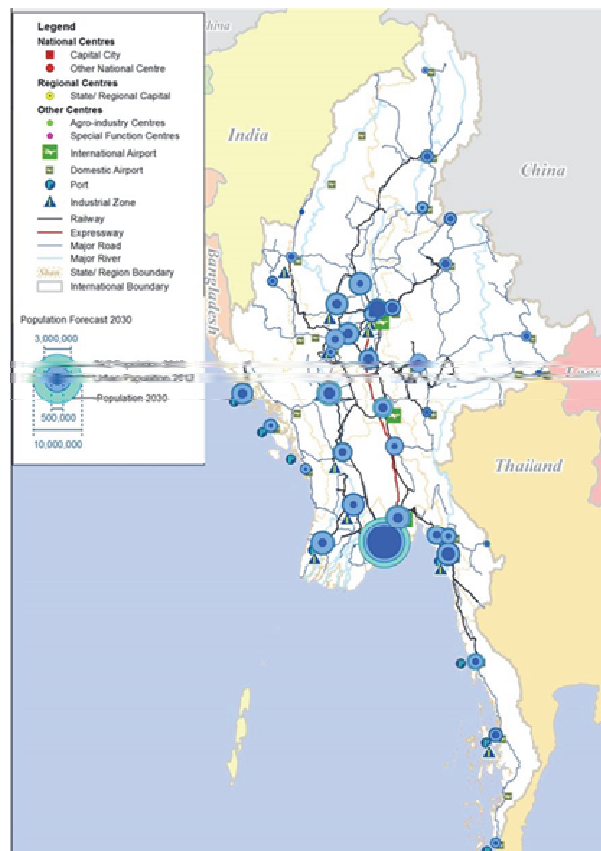




図 2.2.7 ミャンマーの回廊別の人口・国内総生産 (左) と主要都市と核都市の将来人口 (右)

表 2.2.1 回廊別の貨物需要 (左)、旅客需要 (右)

Development Corridor	Section	Code	2013 Freight demand (million ton-km)	% of traffic demand along corridor	Modal Share (ton-km) in 2013			2013 Traffic demand (million person-km)	% of traffic demand along corridor	Modal Share				
					Road	Rail	River			Air	Car	IWT	Rail	Bus
A. Central North-South Corridor	Yangon-Nay Pyi Taw	A1	23.3	27%	93%	7%	0%	21.6	30%	1%	13%	0%	6%	80%
	Nay Pyi Taw-Mandalay	A2	15.4	18%	92%	8%	0%							
	Mandalay - Myitkyna	A3	2.6	3%	67%	13%	20%							
B. East - West Corridor	Yangon - Hpa-An - Myawaddy	B1	10.0	12%	95%	5%	0%	7.8	12%	0%	23%	0%	14%	64%
	Mawlamvine - Dawei	B2	0.4	0%	92%	6%	0%							
C. Northern Corridor	Mandalay - Muse	C1	11.1	13%	98%	2%	0%	4.0	5%	0%	41%	0%	21%	38%
D. Mandalay - Tamu Corridor	Mandalay - Tamu	D1	1.4	2%	75%	7%	18%	1.9	4%	2%	22%	0%	11%	65%
E. Second East - West Corridor	Tachilek - Meiktila - Kyaukpadaung	E1	2.4	3%	97%	3%	0%	4.1	6%	5%	26%	0%	10%	58%
G. East - West Bridging Corridor	Hpasawing - Pyay	G1	0.1	0%	100%	0%	0%	0.0	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Loikaw - Magway	G2	1.0	1%	100%	0%	0%							
H. Delta Area Network	Yangon - Patheingyi	H1	1.4	2%	52%	0%	48%	3.9	5%	1%	24%	14%	0%	61%
	Patheingyi - Hinthada	H2	0.2	0%	97%	3%	0%							
J. Southern Area Development Corridor	Thanbyuzayat - Hpa-anthonesu	J1	0.0	0%	-	-	-	0.0	0%	0%	100%	0%	0%	0%
	Dawei - Thai Border	J2	0.0	0%	100%	0%	0%							
	Dawei - Kawthaung	J3	0.1	0%	100%	0%	0%							
K. Western North-South Corridor	Yangon - Pyay - Magway	K1	8.8	10%	61%	6%	33%	6.2	5%	0%	22%	0%	23%	55%
	Magway - Mandalay	K2	2.1	2%	12%	8%	80%							
L. Eastern North - South Corridor	Bilin - Loikaw	L1	0.2	0%	100%	0%	0%	0.0	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Loikaw - Nawngthiko	L2	0.1	0%	97%	3%	0%							

出典：ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査

以上のように、東西回廊は、南北回廊に次ぎ自国の経済発展を支える主要な物流道路として認識されており、同回廊の開発戦略とこれに基づく整備方針は次のように定められている。

### 開発戦略

- ミャンマー - タイ間の結節性の向上 (陸上貨物輸送)
- ヤンゴン - モーラミヤイン間の沿岸地域開発の産業開発への寄与
- 新たな交通結節拠点 (ハンタワディ国際空港等) と回廊の接続
- 既存交通施設の効率的な利用
- 貨物を中心とした安全で信頼性の高い交通ネットワーク / サービスの提供

### 整備方針

- 回廊上の道路ネットワークの道路改良及び拡幅
- 主要な都市を迂回するバイパス整備
- 規定積載量の増加に伴う道路及び橋梁の改良
- 道の駅の整備
- タイ・ミャンマーにおけるワンストップボーダーサービスの提供

## 2.2.2 東西回廊の現状

本節では、バゴー地域を含む南東部の道路整備状況及び既存の道路開発計画について整理する。

### (1) バゴー (ヤンゴン・マンダレー高速道路入口) ~ タトン区間

本区間は、民間企業である Shwe Than Lwin Highway Co., Ltd が BOT により道路運営・維持管理を実施している。現状、2車線のアスファルト舗装道路で路面は比較的良好に保たれている。最近では、徐々に路肩の舗装化が進められており (写真3)、道路安全性向上に向けた努力が見てとれる。しかし、都市部では生活交通と大型車交通 (貨物) が混在しており (写真1)、今後増加する交通量による慢性的な渋滞や安全性の低下が懸念される。また、沿道には既

に家屋や商業施設が沿道に存在するため、用地が限られており、道路拡幅のためには、大規模の住民移転が伴うものと想定される（写真1、4～6）。特にタトンは南東部地域で第2となる約35万人の人口を抱え、さらにAH1とAH112の合流地点であり、交通需要の伸びとともに渋滞や事故の増加等の交通社会問題が顕在化するものと考えられる。そのため、タトン市街地を迂回する”タトンバイパス”がフェーズ1調査にて優先プロジェクトに選定されており、早期事業化が望まれている。



写真1 バゴーの様子



写真2 バゴー～パヤジの路面状況



写真3 パヤジ～タトンの路面状況（パヤジ付近）



写真4 ウォー（Waw）の様子



写真5 チャイトーの様子



写真6 タトンの様子

出典：JICA 調査団

図 2.2.8 バゴー（ヤンゴン・マンダレー高速道路入口）～タトン区間の現況

## (2) タトン～ミャワディ区間

本区間のうち、タトン～エインドゥ区間はBOT（Shwe Than Lwin Highway Co., Ltd）、その他の区間は建設省が道路運営・維持管理を実施している。現状、2車線の簡易舗装道路（路肩

舗装なし)で路面は比較的良好に保たれている。エインドゥ、コーカレーの市街地では住宅や商店の用地内への立ち入りがみられるが、沿道家屋は少なく、道路用地 (ROW) については基本的に確保されている。2015年8月には、タイ政府の支援によりGMS東西経済回廊の最大の難所とされていたドーナ山脈地帯に2車線のアスファルト舗装道路が完成し、これまで隔日の片側交通を強いられていた約40kmの山岳区間において相互交通が可能となり、劇的に交通事情が改善している。ただし、この新バイパスは設計速度50km/h、総幅員10mの2車線アスファルト舗装道路であるが、山岳地帯を通過することから、縦断勾配は最大12%、平面線形はSカーブが連続する等、アセアンハイウェイ道路設計基準を満足していない。各所に注意を促す道路標識を設置しているが(写真12)、JICA調査団が現地調査した際にも道端に事故車両が放置されており、今後増加する交通需要に対し、交通安全性を確保するためには引き続き線形改良等が必要になると考えられる。

また、コーカレーの西側に位置するジャイン・コーカレー橋(写真9)は、その構造的欠陥から依然として24t(2016年1月時点)の重量規制があり、24tを超える大型車両は上流側に隣接されているポンツーン橋(写真10)に迂回している。このボトルネック橋梁は、日本の支援により架け替えられる予定である(2021年3月完工予定)。一方、エインドゥ〜コーカレー区間については、ADBの支援による道路改良プロジェクトが予定されており(2019年3月完工予定)、これらの事業によりエインドゥ〜コーカレー間は2車線のアスファルト舗装道路が完成することになる。



写真7 タトン〜エインドゥの路面状況



写真8 エインドゥ〜コーカレーの路面状況



写真9 ジャイン・コーカレー橋



写真10 ポンツーン橋



写真11 コーカレー～ティンガニノバイパス



写真12 コーカレー～ティンガニノバイパス

出典：JICA 調査団

写真13 放置された事故トラック

### 図 2.2.9 タトン～ミャワディ区間の現況

#### (3) エインドゥ～モーラミヤイン、パアン～モーラミヤイン区間

本区間は、BOT（AyeKo Family（AK）社）により運営・維持管理が行われている（橋梁部を除く）。道路は1.5車線から2車線の簡易舗装道路であり、ザタピェン～エインドゥ区間は簡易舗装道路工事（2車線、路肩舗装なし）が実施されている（写真18、16年1月時点）。ジャイン・ザタピェン橋、アトラン橋は、構造的欠陥（仮設橋）から依然として20tの重量制限があり、20tを超える重車両はパアン～タトンを経由して本区間を大きく迂回する必要がある。これらボトルネック橋梁の架け替えが日本の支援により予定されている（2021年3月完成予定）。また、フェーズ1調査で、GMS東西経済回廊の終着点であるモーラミヤインへの最短経路としてチャガレー～ザタピェンを結ぶチャガレーバイパスが提案されており、早期事業化が望まれている。



写真14 アトラン（AT）橋



写真15 AT橋～GZ橋の路面状況



写真16 ジャイン・ザタピエン (GZ) 橋



写真17 パアン、エインドゥへの分岐点



写真18 ザタピエン～エインドゥの路面状況

出典：JICA 調査団



写真19 ザタピエン～パアンの路面状況

図 2.2.10 エインドゥ～モーラミヤイン、パアン～モーラミヤイン区間の現況

#### (4) タトン～モーラミヤイン～ダウェイ区間

本区間のうち、タトン～タンピューザヤ区間は BOT (Shwe Than Lwin Highway Co., Ltd) 、その他の区間は建設省が道路運営・維持管理を実施している。現状、タトンからタンピューザヤまでの区間は 2 車線の簡易舗装道路 (一部路肩舗装あり) またはアスファルト舗装で路面は比較的良好に保たれている。タンピューザヤ以南も舗装化が進められており、イェー以南の山間部約 10km 区間以外は 1.5 車線から 2 車線の簡易舗装道路での整備が完了している。後述するようにダウェイ経済特区の開発が本格化した場合、本区間の交通量は増加すると想定されるが現状の交通量を勘案すると、2 車線の簡易舗装道路で当面は十分であると考えられる。



写真20 タトン～モーラミヤインの路面状況



写真21 モーラミヤイン～タンピューザヤの路面状況



写真22 タンピューザヤ～イエー



写真23 イエー～ダウエイ

出典：JICA 調査団

図 2.2.11 タトン～モーラミヤイン～ダウエイ区間の現況

### 2.2.3 周辺の開発計画

本節では、当事業に関連する周辺開発プロジェクトの概要と進捗について整理し、当事業の妥当性・必要性を検証する上での基礎資料とする。

#### (1) ティラワ経済特区 (SEZ) 開発計画

飛躍的な経済発展を遂げているミャンマーにおいて、国内外の物流を支える貿易・商業拠点として期待されているのがティラワ経済特区(SEZ)である。同 SEZ は、ヤンゴン中心市街地から約 23km に位置し、全 24,00ha の内、400ha (A ゾーン) の開発が国内外の投資により開発されている。2015 年 9 月には A ゾーンが開業し、現在円借款を利用したインフラ整備工事が進められている。

「ミャンマー国ティラワ地区港及び物流基地に係る運営効率化事業準備調査」によると、2025 年には同 SEZ を往来する貨物量は年間約 286 万トンと推計されており、ヤンゴン圏を經由してミャンマー全国に物資が流通することになる。



出典：ミャンマー国ティラワ経済特区関連インフラ整備事業準備調査

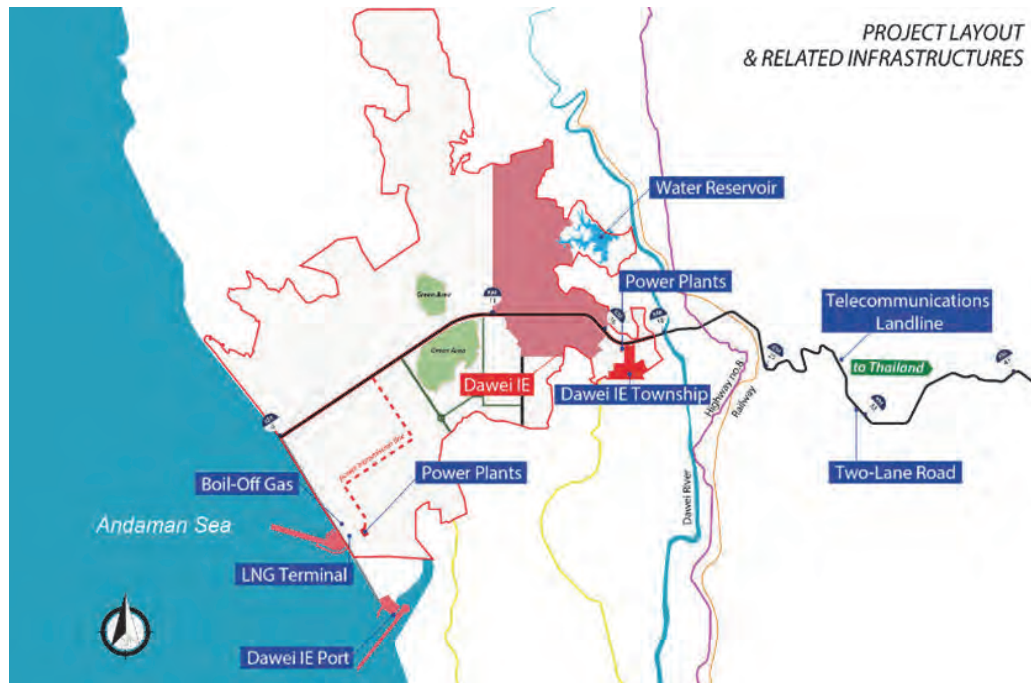
図 2.2.12 ティラワ SEZ 位置図

#### (2) ダウエイ経済特区 (SEZ) 開発計画

ティラワ経済特区とともに、これからのミャンマーの経済成長を支える貿易・経済拠点として期待されているのがダウエイ SEZ である。ダウエイ深海港を含む同 SEZ 開発は、2010 年よりタイの大手ゼネコン会社であるイタリアン・タイ社 (Italian-Thai Development、以下 ITD 社) が主体で実施していたが、資金難を理由に事業が停滞していた。その後、2013 年にミャンマー・タイの両政府が出資する特別目的事業体 (SPC) に事業権が移管され、2014 年 8 月にはダウエイ SEZ 管理委員会により初期フェーズの工事入札が公示され、ITD 社コンソシアムが工事を受注している。

一方、2015 年 10 月にはタイの周辺諸国経済開発協力機構(NEDA)の支援により、Roland Berger 社がダウエイ SEZ 開発に関するマスタープランを作成している。これによると、初期

フェーズ (2015-2020) では図 2.2.13 に示すように、9つのプロジェクトから構成されている。第2フェーズ (2020-2025) には、タイと SEZ を結ぶ 4 車線の舗装道路整備と深海港建設が予定され、事業が確実に実施されればミャンマー南東部の地域経済はより一層活性化することになる。しかし、初期フェーズの工事進捗が悪く、事業の完成目途は立っていないため当事業への影響は不透明である。



出典： <http://www.daweiindustrialestate.com/>

図 2.2.13 ダウエイ SEZ 開発計画 (初期フェーズ)

### (3) バゴー工業団地計画

ミャンマーには、ヤンゴン地域の 4 か所に加えて全国に計 22 地域に工業地帯がある、もしくは計画されている。このうち、バゴー市郊外にある 400 エーカーの土地を開発して工業団地を開発するプロジェクト (i-Land プロジェクト) が民間事業により推進されている。バゴー工業団地では、安定した電力供給システムや上水の供給能力、中央下水処理施設や通信ネットワークといった基本インフラに加え、レストラン、フードコート、スーパーマーケット、宿泊施設や居住施設、24 時間 365 日の医療体制、無休の保安パトロール、警察署、消防署、ガソリンスタンド、銀行および ATM、コミュニティーセンター、会議施設、求人紹介所、職業訓練所、貨物配送サービス、輸出入・通関サービス起業支援、事業認可や就業 VISA、就労許可の申請支援といった様々なサービスが整備、提供される予定である。外国資本投資法に従って製造業に対して投資を行う場合には、5 年間の課税免除、原料や製造装置などに係る輸入関税の免除、輸出利益の 50%までは非課税、短期間での減価償却といった様々な優遇処置が約束されており、欧州ビール製造大手などが徐々に進出をしている。2016 年 2 月にはソフトオープニングし、これから本格稼働を迎える予定である。

バゴー管区は、ミャンマー全土の 9.45% (第 6 位) に当たる約 490 万人の人口を抱え、大都市ヤンゴン近く (100km 圏内)、周辺諸国に比べて安価な労働力に恵まれる。そのため、海外企業の関心度は高いと考えられ、今後も更なる発展が期待される地域である。



出典：http://www.i-landmyanmar.com

図 2.2.14 民間企業によるバゴー工業団地開発

#### (4) ハンタワディ新国際空港開発計画

ハンタワディ新国際空港は、ヤンゴン国際空港から約 70km 北西に位置するバゴー管区に計画され、ヤンゴン国際空港に代わる新国際空港としての役割が期待されている。2014 年 10 月に民間航空局（DCA）から事業権を獲得した 3 社コンソシアム<sup>5</sup>が、事業会社（SPC）をミャンマーに設立し、2022 年開港を目標に PPP スキームによる新空港開発を実施している。JICA で実施した準備調査<sup>6</sup>によると、空港開設直後の 2025 年には年間旅客数は約 1,100 万人、2050 年には約 5,300 万人に上ると推計されている。これらの多くがヤンゴン圏を往来する需要と見込まれており、ヤンゴン圏と空港間的高速アクセスを可能とする道路及び鉄道網の整備が求められている。



出典：ミャンマー連邦共和国ハンタワディ新国際空港開発運営事業準備調査（PPP インフラ事業）

図 2.2.15 ハンタワディ新国際空港建設予定地

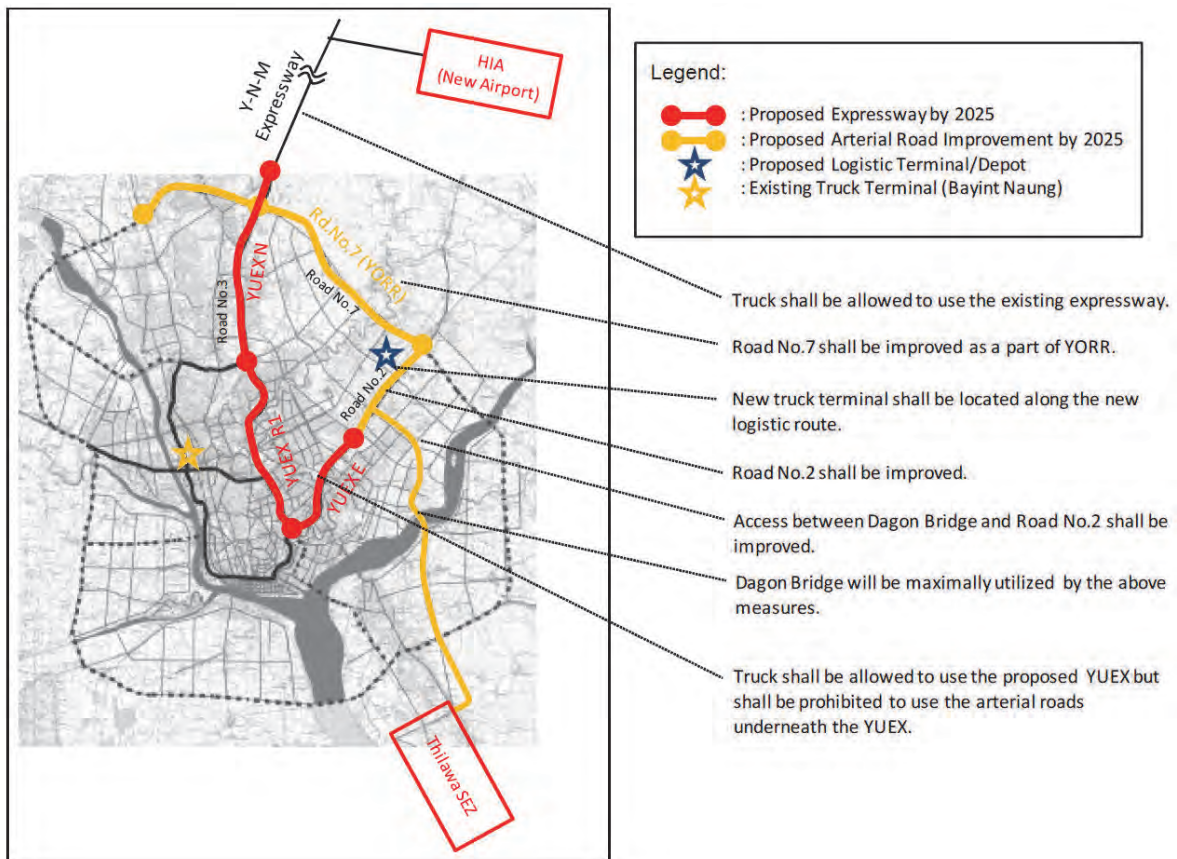
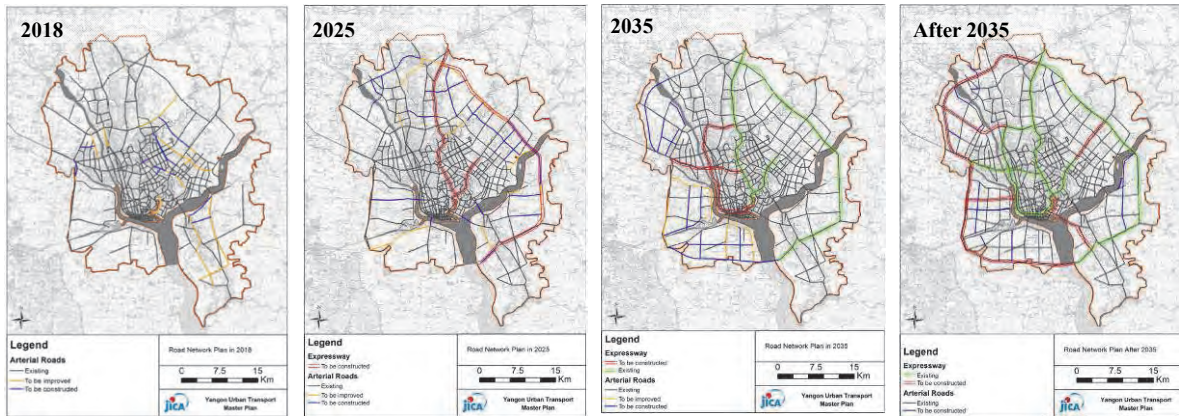
<sup>5</sup> 日揮：日本、ヨンナム社：シンガポール、チャンギ空港：韓国

<sup>6</sup> ミャンマー連邦共和国ハンタワディ新国際空港開発運営事業準備調査（PPP インフラ事業）



(5) ヤンゴン都市高速道路計画 (内環状線)

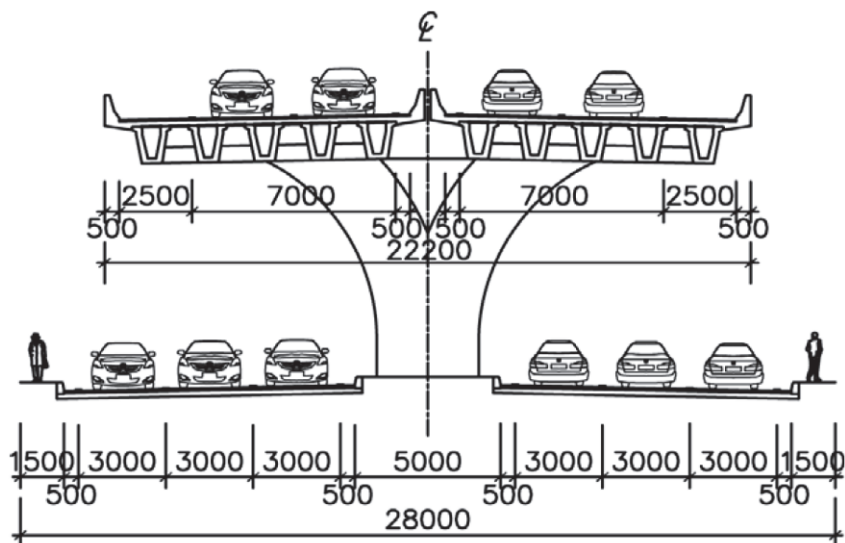
JICA の支援により策定された「ヤンゴン都市圏開発プログラム(都市交通)」(以下、YUTRA) では、ヤンゴン圏において急速に増大する交通需要に対し、信頼性の高い道路ネットワークを構築するため、都市環状高速道路(内環状、外環状)とそれを結ぶ放射状道路の段階的整備の必要性を提唱している。このうち、中期目標である 2025 年までに整備すべき内環状線(東側)は、ヤンゴン圏の新たな貿易・経済拠点であるティラワ SEZ、ミャンマーの国土軸であるネピドー、マンダレーとヤンゴン中心部を結ぶ大動脈ともいうべき路線であり、その重要性から YUTRA 準備調査から派生した情報収集調査にてプレ F/S が実施されている。



出典：ヤンゴン都市圏開発プログラム形成準備調査

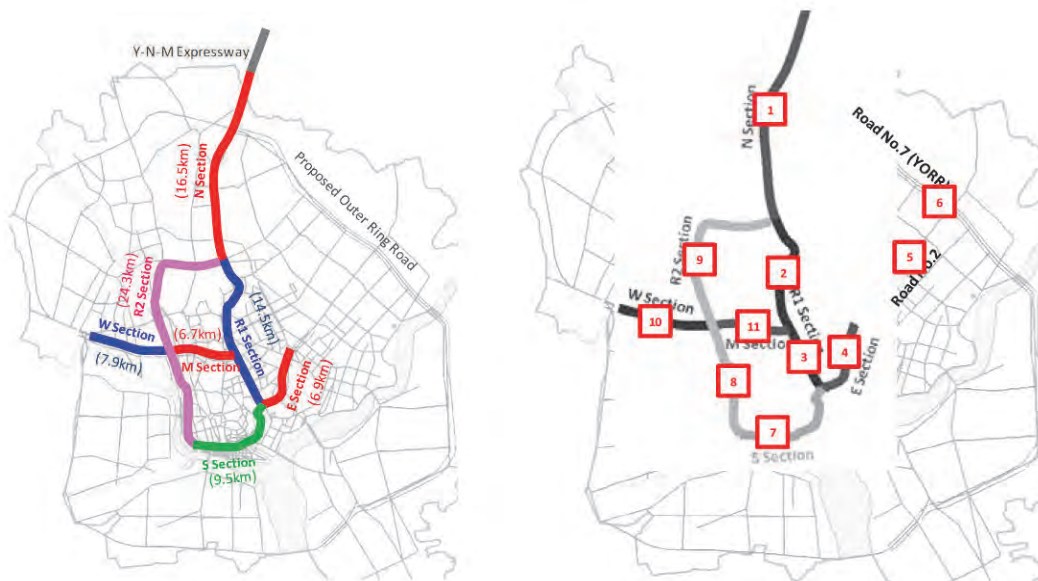
図 2.2.16 ヤンゴン都市高速道路 (内環状線) 位置図

内環状線は、ヤンゴン都市内を通過するため、その多くに高架橋が採用されている。図 2.2.17 に示すように高架部を高速道路、地上部を一般道として計画され、車線計画は図 2.2.18 に示すとおりである。調査によると事業費は約 48 億ドルと推計されている。



出典：ヤンゴン都市高速道路建設プロジェクト情報収集調査（2014年11月）

図 2.2.17 ヤンゴン都市高速道路（内環状線）標準横断面図（高架部）



Type of Roads	Required Number of Lanes (both dir.) at YUEX sections										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Expressway	4	4	2	2	0	0	2	3	2	2	3
Arterial	2	4	3	4	2	2	2	2	4	4	3

出典：ヤンゴン都市高速道路建設プロジェクト情報収集調査（2014年11月）

図 2.2.18 ヤンゴン都市高速道路（内環状線）車線計画

## 2.2.4 将来交通需要

東西回廊において推計される将来交通需要を表 2.2.2 にまとめる（需要推計方法や条件は 3 章で詳述）。東西回廊は、東西経済回廊で予定されている道路改良及び周辺開発計画により今後飛躍的に交通需要が増えることが予想され<sup>7</sup>、それに伴い交通渋滞の深刻化や安全性の著しい低下が懸念される。特に、タイ国境からヤンゴン方向の交通とミャンマー南部からの交通が合流するタトンからヤンゴン方向の区間はその傾向が顕著化し、20 年後の 2035 年には現状の約 13 倍の交通需要が発生し、交通容量が大きく不足することが予想される。

**表 2.2.2 将来交通需要と必要車線数**

交通需要	2014(PCU)	2025(PCU)	2035(PCU)	必要車線 ( ) 現車線数
Y-M 高速道路入口ーバゴ	7,700-8,700	44,400-52,700	127,200-147,200	10 (4-6)
バゴーパヤジ	7,100	13,800-25,500	54,400-77,500	6 (2-4)
パヤジータトン	5,800	14,400-32,900	52,900-79,900	6 (2)
タトンーモーラミヤイン	4,000	11,900	36,000-52,900	4 (2)
タトンーミャワディ	3,400	4,500-7,900	10,000 - 28,400	2 (2)
モーラミヤインーダウェイ	1,000	2,800-5,500	6,900-11,500	2 (1.5-2)

出典：JICA 調査団

<sup>7</sup> SEZ、工業団地等の開発計画については「全国運輸 M/P」段階で交通解析ゾーンの将来事人口及び GRDP に反映し、将来の発生集中交通量として交通需要予測にて考慮している。ただし、ダウェイ SEZ については、1) 元々南部回廊方面の交通（物流に関してはタイ・ベトナム（・インド他南アジア）との水平分業、ヨーロッパ方面への物流基地等）を期待しており、ヤンゴン方面へのインパクトは小さいこと、2) 計画の進捗の遅れにより、目標年次での需要推計が困難であることから本調査の推計においては考慮していない。他方、計画の熟度が高く、調査対象道路へのインパクトの大きいハンタワディ新国際空港については別途将来交通需要を加味している。2025 年で 12,100PCU、2035 年で 25,800PCU の将来交通需要を推計、うち 70%がヤンゴン方面、12%がバゴー含む南東部の需要と推計している。なお、フェーズ 1 調査と同様にタイ・ミャンマー間の物流の海運から陸送への転換も考慮している。詳細は 3 章を参照されたい。

## 2.3 東西回廊にかかる今後の課題と当事業の必要性・妥当性

### 2.3.1 東西回廊にかかる今後の課題

前節まで述べた東西回廊にかかる現況及び周辺の開発計画、将来交通需要を踏まえると、東西回廊は、ヤンゴン圏、周辺で計画されている貿易・商業拠点と隣国のタイを結節し、より一層ミャンマー国内及びアジアにおける主要幹線（物流）道路としての重要性が増すものと考えられる。そのような状況下、次のような課題を有すると考えられる。

#### 課題1 リダンダンシー（代替性）の確保

全国運輸 M/P で東西回廊にかかる開発戦略として提唱される「貨物を中心とした安全で信頼性の高い交通ネットワーク / サービスの提供」を実現するためには、道路ネットワークのリダンダンシー（代替性）の確保が必須となる。リダンダンシーは交通渋滞の緩和のみならず、災害や重大事故等の緊急時において代替機能が確保されていることによる社会的混乱・経済的損失を軽減するという重要な機能を有する。ヤンゴンーマンダレー高速道路、ヤンゴンーマンダレー道路という代替機能が既に確保されている<sup>8</sup>南北回廊に対して、東西回廊はその機能が確保されている区間が少ない<sup>9</sup>。特に交通量の集中するバゴー～タトン区間は東西回廊においてリダンダンシーが最も必要な区間の1つである。

#### 課題2 ミャンマー - タイ間の結節性の向上

全国運輸 M/P における東西回廊の開発戦略の1つである”ミャンマー - タイ間の結節性の向上”は、主要貿易国であるタイとの貿易を安定的でかつ発展させるために必須の条件である。そのためには、既存ルートの容量拡大による渋滞の緩和、旅行速度低下に加え、最短ルートの整備による旅行時間の短縮が必要と考えられる。

#### 課題3 将来交通需要に対する交通容量の確保

2.2.4 で述べたように東西回廊は、モラマインからヤンゴン都市圏間において将来交通需要に対して現状交通容量が確保されていない。タトンーミャワディ区間に関しては、GMS 東西経済回廊の一部であることから国際機関の支援により将来交通需要に対応した道路改良が予定されているが、その他の区間は BOT 区間が多くを占めることから具体的な計画がない。特に南東部の交通が合流するタトンからバゴー、及びヤンゴン中心部に至る区間は予測される将来交通量に対し、十分な容量が確保されておらず東西回廊におけるボトルネック区間となる可能性があるため、特に対策が必要な区間である。

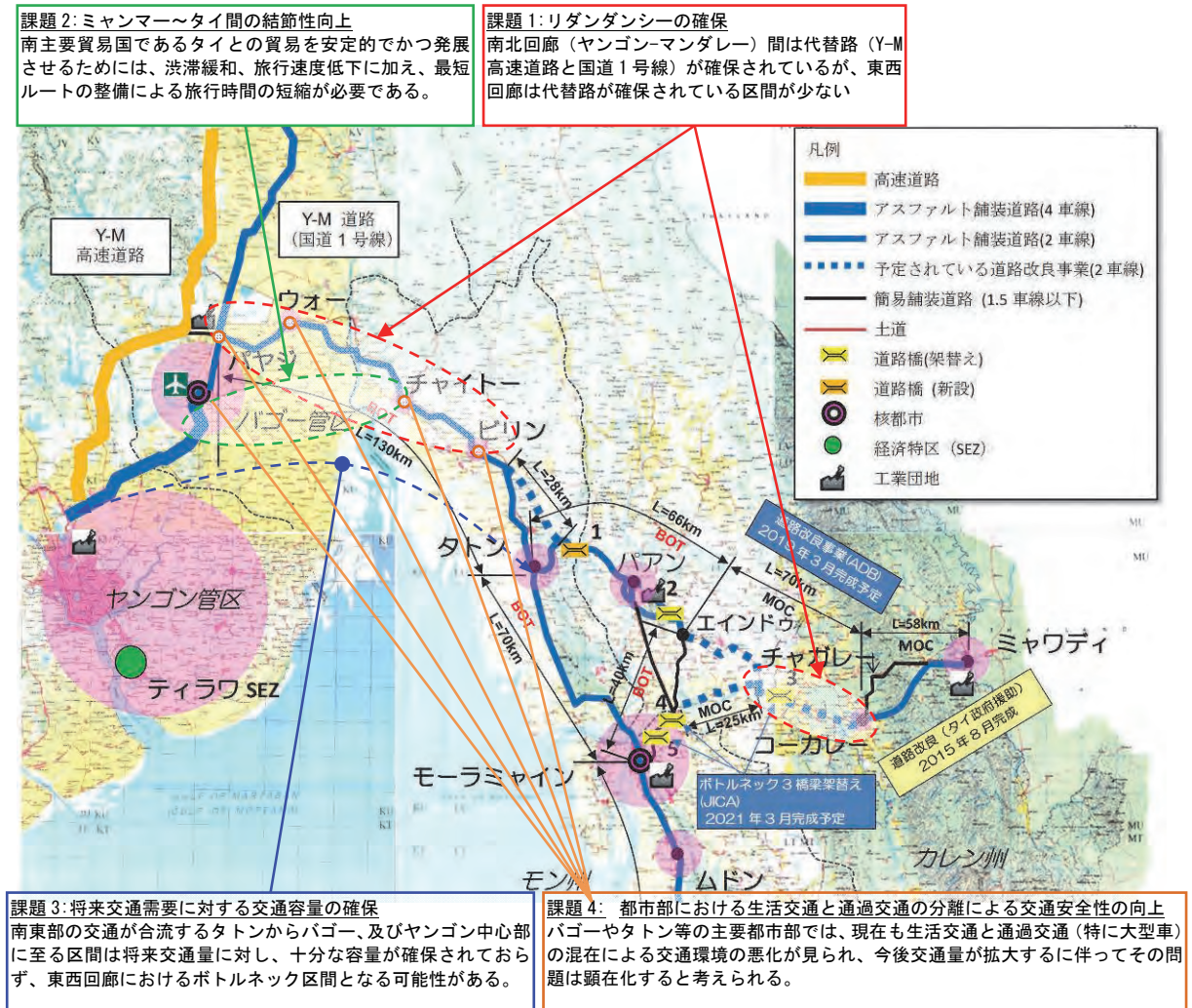
#### 課題4 都市部における生活交通と通過交通の分離による交通安全性の向上

バゴーやタトン等の主要都市部では、現在も生活交通と通過交通（特に大型車）の混在による交通環境の悪化が見られ、今後交通量が拡大するに伴ってその問題は顕在化すると考えられる。都市部における交通環境を改善する抜本的な解決方法は都市部を迂回するバイパスや新規路線を建設することによって、生活交通と通過交通を分離することである。特に将来交通量の伸びが顕著であるタトン～バゴー区間はそのような対応策が最も必要な区間であるといえる。

---

<sup>8</sup> ヤンゴンーマンダレー高速道路は大型車の交通は制限されているが、緊急時には交通解放することで社会的な混乱・経済的損失を一時的に軽減することが可能である。

<sup>9</sup> タトンバイパス、チャガレーバイパス、スリーパゴダパスが完成すればタイ国境（ミャワディ、パヤトンズ）からタトンまでは代替路が確保されることになる。



出典：JICA 調査団

図 2.3.1 東西回廊にかかる今後の課題

### 2.3.2 事業の必要性・妥当性

前述したように、東西回廊の現状と今後の開発計画、周辺開発計画、将来交通需要を勘案すると 1) リダダンシー（代替性）の確保、2) ミャンマー - タイ間の結節性の向上、3) 将来交通需要に対する交通容量の確保、4) 都市部における生活交通と通過交通の分離による交通安全性の向上が今後の課題として挙げられる。図 2.3.1 に示すようにミャンマー南東部とヤンゴン圏を結ぶタトンからバゴー間は特に交通量が集中し、これらの課題が多く存在するため、早急に対策を練る必要がある。そこでこれらの課題解決に大きく寄与すると考えられるのが「国道1号線改良事業」と「バゴー～チャイトー間新規道路建設事業」である。表 2.3.1 および表 2.3.2 に当事業により期待されるアウトプットと効果を、表 2.3.3 にバゴーチャイトー区間における改良ルートの検討結果を示す。東西回廊は、国際幹線道路でありミャンマーにとって経済発展を支える重要な物流道路である。その意味で、当事業は将来の深刻なボトルネック箇所を解消するとともに、ミャンマー経済の中心地であるヤンゴンと新たな交通結節点（ハンタワディ新国際空港）や主要貿易国であるタイを最短かつ高速で結び、また代替性を持つことで安全で信頼性のあるネットワークを構築するものである。また、このような安全で信頼性のある道路ネットワークが構築されることで沿道開発が促進され、地域における雇用の創出と経済の活性化という副次的な効果も期待される。これらは、全国運輸 M/P の東西回廊にかかる開発戦略である「ミャンマー - タイ間の結節性の向上（陸上貨物輸送）」、「ヤンゴン - モーラマイ間の沿岸地域開発の産業開発への寄与」、「新たな交通結節拠点

(ハンタワディ国際空港等)と回廊の接続」、「貨物を中心とした安全で信頼性の高い交通ネットワーク / サービスの提供」に合致するものであり、当事業の必要性・妥当性を示している。

表 2.3.1 期待されるアウトプットと効果

課題	期待される効果						
1)リダンダンシーの確保	確保される(緊急時の社会的・経済的損失の軽減)						
2) 結節性の向上 (ミャンマータイ間)	2014	2027(プロジェクト完成2年後)			2035		
	プロジェクトなし	プロジェクトなし	プロジェクトあり		プロジェクトなし	プロジェクトあり	
	既存道	既存道	既存道	新規道路	既存道	既存道	新規道路
	平均旅行時間(hr)*1	2.0	4.5	2.7(-1.8)	1.1(-3.4)	8.2*3	4.0(-4.2)
平均旅行速度 (km/h)*2	52.4	23.6	39.5	63.5	12.9	26.0	44.3
混雑度 (km/h)*4	0.28	1.54	0.58	0.46	3.93	1.35	0.99
3) 交通容量の確保	2車線	2車線	2車線	4車線	2車線	2車線	4車線
			6車線(合計)			6車線(合計)	
4) 交通安全性の向上 (生活交通と通過交通の分離)	交通事故の危険性:高い	新規道路建設により生活交通と通過交通が分離され、交通安全性が改善される					

- \*1 平均旅行時間は区間延長と平均旅行速度により算出  
 \*2 平均旅行速度(km/h)は、交通需要予測モデルにおける平均旅行速度を使用  
 \*3 ピーク時 (2035年) : 17.5時間  
 \*4 交通量 (V) / 交通容量 (C)

出典 : JICA 調査団

表 2.3.2 期待されるアウトプットと効果

課題	期待される効果						
1)リダンダンシー	Y-M高速道路が代替路として確保されている						
2) 結節性の向上 (ミャンマータイ間)	2014	2027(プロジェクト完成1年後)			2035		
	プロジェクトなし	プロジェクトなし	プロジェクトあり		プロジェクトなし	プロジェクトあり	
	NH1 (幹線道路)	NH1 (幹線道路)	NH1		NH1 (幹線道路)	NH1	
			(幹線道路)	(高速道路)		(幹線道路)	(高速道路)
平均旅行時間(hr)*1	0.6	1.0	0.7 (-0.3)	0.6 (-0.4)	1.8	0.9 (-0.9)	0.9 (-0.9)
平均旅行速度 (km/h)*2	56.6	37.0	53.3	60.4	19.9	40.7	39.5
混雑度 (km/h)*3	0.12	0.94	0.28	0.60	1.94	0.71	1.14
3) 交通容量の確保	4車線	4車線	4車線	4車線	4車線	4車線	4車線
			8車線(合計)			8車線(合計)	
4) 交通安全性の向上 (生活交通と通過交通の分離)	交通事故の危険性:高い	高速道路と一般道により生活交通と通過交通が分離され、交通安全性が改善される					

- \*1 平均旅行時間は区間延長と平均旅行速度により算出  
 \*2 平均旅行速度(km/h)は、交通需要予測モデルにおける平均旅行速度を使用  
 \*3 交通量 (V) / 交通容量 (C)

出典 : JICA 調査団

表 2.3.3 バゴー～チャイトー区間の改良ルート検討

比較案	Alternative route -0	Alternative route -1, route -1'	Alternative route-2
	現国道の拡幅4車線化 (バゴー - バヤジ間6車線) 現国道拡幅延長 L=86.3km	現国道の拡幅4車線化 (バゴー - バヤジ間6車線) + 都市部・集落部のバイパス Route -1: 現国道拡幅延長 L=54.4 km, BP 延長 L= 27.6km Route -1': 現国道拡幅延長 L=37.6 km, BP 延長 L= 54.4km	チャイトー、バゴーを最短ルートで結ぶ新規道路 (4車線) 道路延長 L=71 km
概要図	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>バヤジ～バゴー 計画交通量 (2035) : 95,000 PCU 95,000x0.1x0.55/1,800=2.9lane/direction -&gt;2.9lane/direction x 2 = 6 lane</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p>チャイトー～バヤジ 計画交通量 (2035) : 約 80,000 PCU 80,000x0.1x0.55/1,800=2.4lane/direction -&gt;2.4 lane/direction x 2 = 6 lane (現国道2+新規道路4)</p> </div> </div>		
交通安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 幾何構造を満足しない平面曲線が残るため、交通事故の危険性が高い</li> <li>- 都市内における大型車の通過交通の増加と生活交通との混在により交通安全性の著しい低下を招く可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 幾何構造は満足するものの、一部丘陵地の設計速度 60 km/h を適用するため、低速の運用となる</li> <li>+ バイパス建設により通過交通 (主に大型車) と生活交通を都市部では分離できるため、交通量増加による安全性低下は軽減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 全線平地の設計速度 80km/h を満足する幾何構造となり、安全性は高い</li> <li>++ バイパス建設により、通過交通 (主に大型車) と生活交通を分離できるため、交通量増加による安全性低下は軽減できる。</li> </ul>
重層性・代替性	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 現国道が事故や災害等により使用不能となった場合、代替路の容量が少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 現国道が事故や災害等により使用不能となった場合、代替路の容量が少ない。代替路はバイパスに限られる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>++ 現国道が事故や災害等により使用不能となった場合に、現国道の代替路として活用でき、緊急時の社会的・経済的損失を軽減できる</li> </ul>
旅行時間の改善 (バゴー～チャイトー間)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 短縮なし : 3.4 時間 (旅行速度 28~33km/h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ルート 1 : 3.3 時間で 0.1 時間の短縮 (旅行速度 28~33km/h)</li> <li>+ ルート 1' : 2.8 時間で 0.7 時間短縮 (旅行速度 28~33km/h)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>++ チャイトー～バゴー間 1.7 時間で 1.8 時間の短縮 (旅行速度 42km/h)</li> </ul>
沿道開発・地域社会への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 現況と大きく変わらない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 現況と大きく変わらない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 農地部の集落から都市部へのアクセス性が向上し、農村住民の現金収入の機会増大が期待できる。</li> <li>+ 沿道開発 (新規工業団地等) が促進され、それによる地域雇用の創出と経済波及効果が期待できる</li> </ul>
環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 都市部、集落部での住民移転影響が大きい</li> <li>- 工事中の騒音・振動、通行制限による周辺への影響が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 現国道沿いの家屋には影響があるものの、影響の大きい都市部、集落部を回避するので比較的住民移転の影響が少ない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>++ 都市部、集落部を回避するので住民移転の影響が最も少ない</li> <li>- 一方、農地、プランテーションの大規模な用地買収は必要である</li> </ul>
経済性	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路 86.3 km x 3 億/km = 約 260 億円</li> <li>橋梁 約 60 億円</li> <li>合計 約 320 億円 (1.00)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路 54.4 km x 3 億/km = 約 160 億円、27.6 km x 5 億/km = 約 140 億円</li> <li>橋梁 約 60 億円</li> <li>合計 ルート 1 : 約 360 億円(1.13)、ルート 1' : 約 440 億円(1.38)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路 : 71 km x 5 億円/km = 約 350 億円</li> <li>橋梁 : 約 210 億円</li> <li>計 : 約 560 億円 (1.75)</li> </ul>
評価	<p>推奨しない: 最も経済性に優れるが、工事に伴う社会的影響が大きく、主要物流道路として必要な重層性・代替性が確保できない。</p>	<p>推奨しない: 経済性では中位であるが、主要物流道路として必要な重層性・代替性の確保及び旅行時間の短縮効果が限定的である。</p>	<p>推奨する: 主要物流道路として必要な重層性・代替性が確保でき、約 2 時間の短縮による経済効果及び新規道路建設による沿道開発促進効果が期待できる。また、工事による環境社会への影響が最も小さい。</p>

## 第3章 交通需要予測

### 3.1 社会経済フレームワーク

#### 3.1.1 将来人口

「ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査（以下、全国運輸 MP 調査）」では、2040 年までの全国人口の推計を行っている。この人口推計では合計特殊出生率（TFR）の違いにより 3 つのシナリオを準備している。この 3 つのシナリオの中から TFR が 2015 年の 2.31 から 2040 年に 1.71 まで減少する中位シナリオを最適シナリオとして選び出している。このシナリオでは、2040 年の人口は 7,380 万人になると推計している。

表 3.1.1 は 2012 年から 2040 年までの管区・州ごとの人口である。全国運輸 MP 調査では将来の経済発展に伴う人口移動を想定しつつ、人口の管区・州への配分も行った。

**表 3.1.1 2012 年から 2040 年までの管区・州ごとの人口**

(単位：1,000 人)

管区・州	2012	2015	2020	2030	2040
カチン州	1,616	1,721	1,820	1,935	1,973
カヤー州	365	391	424	450	460
カレン州	1,855	1,986	2,151	2,401	2,496
チン州	571	597	630	656	666
ザガイン管区	6,654	6,864	7,029	7,179	7,236
タニンダーリ管区	1,755	1,886	2,051	2,301	2,396
バゴ管区	6,125	6,361	6,691	7,261	7,507
マグウェイ管区	5,730	5,914	6,013	6,113	6,151
マンダレー管区	7,423	7,685	7,949	8,370	8,617
モン州	3,193	3,324	3,489	3,846	3,998
ラカイン州	3,370	3,501	3,666	4,016	4,130
ヤンゴン管区	7,170	7,617	8,739	10,445	11,015
シャン州	5,779	5,963	6,128	6,378	6,473
エーヤワディ管区	8,205	8,520	8,685	8,864	8,902
ネピドー	1,164	1,269	1,434	1,684	1,779
合計	60,976	63,600	66,900	71,900	73,800

出典：入国管理人口省人口局（2012）、ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査



### 3.1.2 経済発展

全国運輸 MP 調査では、2035 年までの GDP の推計も行っている。ミャンマー政府の経済成長目標や他のアジアの過去の経済成長を見つ、一方でミャンマーの限定的な人口成長も考慮して、2015 年から 2035 年までの GDP 成長率を 7.2%と設定した。その結果、ミャンマーの GDP は 2012 年から 2030 年の間に 3.4 倍増加すると予測した（表 3.1.2 の最下行）。

表 3.1.2 は 2030 年までの管区・州ごとの GRDP である。調査対象地域の 3 つの管区・州は全国平均よりもより高い経済成長を記録し、全国の GDP におけるシェアを上げると考えられている。

表 3.1.2 2030 年までの管区・州ごとの GRDP の推移

(単位：10 億チャット)

管区・州	2012	2015	2020	2030
カチン州	1,097	1,317	1,858	3,467
カヤー州	172	227	345	667
カレン州	829	1,033	1,503	3,583
チン州	154	182	253	542
ザガイン管区	5,508	6,320	7,731	12,320
タニンダーリ管区	1,679	1,941	2,646	5,863
バゴ管区	4,027	4,700	6,581	14,124
マグウェイ管区	4,631	5,171	6,582	9,660
マンダレー管区	5,186	6,388	9,915	22,782
モン州	2,063	2,502	3,560	7,580
ラカイン州	1,856	2,244	3,420	7,676
ヤンゴン管区	10,294	13,710	21,705	47,162
シャン州	3,373	3,753	4,929	9,185
エーヤワディ管区	5,465	6,267	7,772	12,597
ネピドー	581	810	1,280	3,290
合計	46,915	56,565	80,080	160,498

出典：ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査

## 3.2 交通需要予測

### 3.2.1 需要予測手法

#### (1) 全国運輸 MP 調査の交通需要予測モデルの概要

全国運輸 MP 調査では、交通調査（交通量カウント調査、路側インタビュー調査、ターミナルインタビュー調査、交通事業者ヒアリング調査）や二次データを基に、4 段階推計法<sup>10</sup>により需要予測モデル（発生・集中、分布、分担、配分モデル）を構築した。

ミャンマー全国を 71 の交通解析ゾーンに分割し、人口、GRDP を説明変数とする発生集中モデルと発生集中量及びゾーン間インピーダンス（時間・コスト）を説明変数にした重力モデルによる分布モデルを構築し、JICA STRADA を用いて将来配分交通量を予測した。

予測年次は現況 2013 年、中間年次 2020 年、目標年次 2030 年であり、自動車 OD 表は 7 車種（乗用車、バス、トラック 5 車種）を構築した。また、車線数、地形条件、舗装の有無により道路容量や自由流速度を設定しながら、道路ネットワークを構築した。

#### (2) 本調査の需要予測手法

全国運輸 MP 調査で構築した需要予測モデルを本調査の交通需要予測に適用する。但し、予測年次は MP 調査の計画年次である 2030 年に代えて、本プロジェクトの目標年次<sup>11</sup>である 2035 年、その中間年次の 2025 年の 2 時点とする。需要予測に際しては、フェーズ 1 調査で実施したミャンマー南東部地域（Mon 州、Kayin 州、Tanintharyi 州）における交通調査から自動車 OD 表を補正している。

### 3.2.2 本調査で考慮する交通需要

本調査の需要予測では以下の開発需要を考慮する。

（タイ・ミャンマー間の国際貨物）タイ・ミャンマー間の国際貨物については、タイの通関データから現状の貨物のルート別（海運及び陸路）輸送量を把握するとともに、将来におけるルート選択（海運と陸送のシェア、東西経済回廊とスリーパゴダパスのシェア）を推計し、需要予測に反映させる。後述する通り、2035 年で大型車 2,880 台分の貨物需要がタイ・ミャンマー間を陸送で東西経済回廊またはスリーパゴダパスを経由して輸送されると推計されている。

（ハンタワディ国際空港関連需要）計画の熟度が高く、調査対象道路への将来交通需要への影響が大きいハンタワディ国際空港関連需要について別途将来交通需要を推計する。後述する通り、2025 年で 12,100PCU、2035 年で 25,800PCU の空港関連需要があると推計され、うち 70%がヤンゴン方面、12%がバゴー含む南東部方面の交通需要と推計されている。

（ダウエイ大水深港及び周辺開発計画）ダウエイ港及び周辺の開発計画については 1) 元々南部回廊の交通（物流に関してはタイ・ベトナム（・インド他南アジア）との水平分業、ヨーロッパ方面への物流基地等）を期待しており、ヤンゴン方面への将来交通需要は小さく、2) 計画の進捗の遅れにより、目標年次での需要推計が困難であることから本調査の交通需要予測には考慮しない。

<sup>10</sup> 4 段階推計法とは一般的に、発生・集中交通量（交通がどこのゾーンで発生し、どこのゾーンへ集中するか）、分布交通量（どこのゾーンからどこのゾーンへの交通がどれくらいか）、分担交通量の予測（どの交通手段をどれくらい利用するか）、配分交通量（どの交通手段（例えば自動車）がどの経路（リンク）をどれくらい利用するか）の予測を行う。

<sup>11</sup> 一般的に経済インフラの計画年次（需要予測、設計、経済分析等にかかる予測年次）は 20 年間であるため、2035 年を目標年次とした。

（その他各種開発計画からの開発需要）SEZ、EPZ、工業団地等含む開発計画については全国運輸 MP 調査で推計した交通解析ゾーンの将来人口、GRDP に反映されており、本調査の将来の発生集中交通量として予測済みである。従って、個別の開発計画からの開発需要は改めて予測しない。（例えば、第 2 章に記載されているバゴー工業団地（製造業を想定）で日あたりトラック 800 台（トリップ）程度の将来需要があると推計される。）

### 3.2.3 将来需要予測

#### (1) ミャンマー・タイ間の国際貿易の将来予測

人口規模、産業構造、資源開発ポテンシャル等を鑑み、当面近年のベトナムの経済発展と同様にミャンマー経済が発展すると考えられる。2000～2011 年のベトナムの経済指標及び輸出入統計から品目別輸出入量と GDP の弾性値<sup>12</sup>を計算し、ミャンマーとタイの将来の品目別貨物輸出入量を推計する。同期間のベトナムの品目別輸出入量と GDP の弾性値を下表に整理する。GDP 弾性値は全品目平均で輸入は 1.29、輸出は 2.37 と算定された。

表 3.2.1 品目別輸出入量の GDP 弾性値

Commodity	EXIM ton - GDP elasticity (Constant Price 2005)	
	Import	Export
1_Live Animal & Animal Products	2.92	-0.56
2_Fish and Aquatic Products	1.36	-0.94
3_Vegetable and Fruits	2.62	0.08
4_Grain and Grain Products	1.48	1.80
5_Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	2.52	1.57
6_Foodstuff, Beverage and Animal Food	2.52	1.30
7_Petroleum, Oil and Gas	0.17	3.77
8_Coal, Ore, Stone and Sand	2.18	3.40
9_Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	1.87	2.15
10_Fertilizer (incl. Urea)	0.10	2.51
11_Garment, Textiles and fabric	1.25	1.22
12_Wood and Wood Products	4.12	1.83
13_Paper and Printed Matter	1.46	1.92
14_Metal and Metal Products (excl. construction material)	1.80	3.04
15_Industrial Material, Chemicals	1.49	1.77
16_Household articles, miscellaneous	1.34	0.44
17_Machinery and Parts, Transportation	0.67	1.50
Total	1.29	2.37

出典：JICA 調査団

上記の品目別輸出入量に対する GDP 弾性値を採用し、ミャンマー・タイ間の輸出入量の増加率を設定した。その結果、タイからミャンマーへの輸入は年平均増加率 9%増（ミャンマーの 2035 年までの GDP 増加率 7.0%×1.29）で 2035 年に 28 百万トン、ミャンマーからタイへの輸出は同 17%増（同 7.0%×2.37）で 17 百万トンに達すると推計された。

<sup>12</sup> 現行ミャンマーで輸入量の大きい建設資材については、ミャンマー国内の輸入代替産業の発展に一定の時間がかかると考えられることから、同期間のタイにおける建設資材の輸入量の GDP 弾性値 1.865 を適用。また、ミャンマーの天然ガスは輸送経路（パイプライン）が限定されることから、分析から除外した。

(2) ミャンマー・タイ間の国際貿易の海上輸送・陸送のルート選択

貨物の大半がアユタヤ県<sup>13</sup>近郊の工業団地から出荷されると想定し、ミャンマー・タイ間の国際貿易の海上輸送・陸送のルート選択モデルを構築する。

貨物品目別の海上輸送と陸送のコスト差の算定は、本邦輸送会社から提供されたミャンマー・タイ間の海上輸送・陸送の輸送時間に貨物の時間価値を乗じて価格に変換し、ミャンマー・タイ間の海上輸送・陸送の輸送コスト<sup>14</sup>を加算して総コスト（一般化費用）を算定した。

貨物のトン当たり時間価値の推計にあたっては、機会費用法を採用した。タイ・ミャンマーの輸出入データから貨物の品目別トン当たりの価格を算出し、それに金利（ミャンマーの市中銀行の貸付金利を参考に10%と設定）を乗じて、品目別の貨物の時間価値を算定した。（実際の計算は（トン当たり価格）×金利÷365日÷24時間）

表 3.2.2 ミャンマー・タイ間の輸出入貨物の貨物品目別時間価値

Commodity	Value (USD/Ton)	Time Value (USD/Hour/Ton)
1_Live Animal & Animal Products	2,569	0.03
2_Fish and Aquatic Products	1,939	0.02
3_Vegetable and Fruits	727	0.01
4_Grain and Grain Products	1,315	0.02
5_Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	6,495	0.07
6_Foodstuff, Beverage and Animal Food	1,627	0.02
7_Petroleum, Oil and Gas	1,051	0.01
8_Coal, Ore, Stone and Sand	250	0.00
9_Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	77	0.00
10_Fertilizer (incl. Urea)	467	0.01
11_Garment, Textiles and fabric	6,189	0.07
12_Wood and Wood Products	608	0.01
13_Paper and Printed Matter	1,253	0.01
14_Metal and Metal Products (excl. construction material)	1,361	0.02
15_Industrial Material, Chemicals	1,710	0.02
16_Household articles, miscellaneous	6,293	0.07
17_Machinery and Parts, Transportation	11,117	0.13

出典：Thai Custom Department を基に、JICA 調査団が編集

海上輸送の割合は陸送及び海上輸送の輸送コスト及び輸送時間差の乗数項で推計し、以下の指数関数で海上輸送の分担率モデルを構築した。

$$\text{Log}(P_{sea}) = a \times \text{Log}(\alpha \times (T_{land} - T_{sea}) + (C_{land} - C_{sea})) + b$$

ここで  $P_{sea}$ ：海上輸送の割合、 $\alpha$ ：貨物のトン当たり時間価値、 $T_{land}$ 、 $T_{sea}$ ：陸上及び海上輸送の時間、 $C_{land}$ 、 $C_{sea}$ ：陸上及び海上輸送のトン当たり費用、 $a$  及び  $b$ ：パラメータ

上述したミャンマー・タイ間の海上輸送・陸送の輸送コスト・輸送時間、及び貨物品目別の時間価値から貨物品目別の総輸送コストを算出し、上記の分担率モデルのパラメータを推計した結果は以下の通り。重相関係数が 0.83 と高く、パラメータの符号や  $t$  値<sup>15</sup>も有意な水準にあり、現況再現性の高い陸上・海上輸送の分担率モデルが構築された。

<sup>13</sup> タイの大規模工業団地はアユタヤ県、パトムターニ県、バンコク、サムットプラカーン県、チョンブリ県、ラヨン県に集中。特にミャンマーとタイの交易で陸送と海運が競合するのはより内陸でかつ輸出関連企業数の多いアユタヤ県の工業団地と想定した（日系輸送業者からのヒアリングによる）。また、現在から将来に亘ってタイからミャンマーへの輸入量がミャンマーからタイへの輸出量を大幅に上回ることから、便宜的にタイ（アユタヤ）からミャンマー（ヤンゴン）への時間・料金にかかるネットワーク条件を使い、タイ～ミャンマー間のモード別の輸出入量を推計する。

<sup>14</sup> ミャンマー・タイ間の海上輸送・陸送の輸送コストを海上、陸送ともに 40 フィートコンテナの平均最大輸送重量（27 トン）で割って、貨物のトン当たり輸送コストを算定。

<sup>15</sup>  $t$  値が 1.96 以上の場合、95%の確率で推計値が統計上有意な（帰無仮説を棄却する）水準にある。

表 3.2.3 海上輸送の分担率モデルの推計結果

重相関	0.83
a	4.09 (t=5.78)
b	-18.5 (t=-6.21)

出典：JICA 調査団

また、以下に輸出入データから得られた実際の海上輸送の割合と海上輸送の分担率モデルから得られた推計値を比較した。

表 3.2.4 輸出入データから得られた海上輸送の割合と分担率モデルの推計値の比較

Commodity	Actual Modal Share of Sea Transport	Estimated Modal Share of Sea Transport
1_Live Animal & Animal Products	34%	31%
2_Fish and Aquatic Products	5%	37%
3_Vegetable and Fruits	50%	52%
4_Grain and Grain Products	49%	44%
5_Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	0%	8%
6_Foodstuff, Beverage and Animal Food	36%	41%
7_Petroleum, Oil and Gas	59%	47%
8_Coal, Ore, Stone and Sand	75%	59%
9_Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	87%	61%
10_Fertilizer (incl. Urea)	96%	55%
11_Garment, Textiles and fabric	15%	9%
12_Wood and Wood Products	56%	53%
13_Paper and Printed Matter	69%	45%
14_Metal and Metal Products (excl. construction material)	43%	44%
15_Industrial Material, Chemicals	63%	40%
16_Household articles, miscellaneous	17%	9%
17_Machinery and Parts, Transportation	0%	1%

出典：JICA 調査団

道路ネットワークは東西経済回廊の改良、コーカレー～ミャワディ間の相互交通の待ち時間の削減、CBTA (越境交通協定) による自動車相互乗入れによる積替え時間等の削減により、輸送コストは片道 150 ドル、輸送時間は 35 時間程度短縮されると想定される (詳細はドラフトファイナルレポート 1 参照のこと)。

海上輸送の輸送時間及びコストは将来に亘っても同条件であると仮定し、道路ネットワークの改良及び CBTA による陸上輸送の輸送時間及びコストが削減されたときの海上輸送から陸上輸送への転換率を推計した結果、品目ごとに転換率が異なるものの、最大 15%の貨物が陸上輸送に転換すると予測された。

海上輸送から陸上輸送への転換率にミャンマー・タイ間の将来品目別輸出入量を乗じ、2025 年で 2.2 百万トン (大型自動車換算台数で日あたり 960 台<sup>16</sup>)、2035 年で 6.6 百万トン (同 2,880 台) が陸上輸送に転換し、スリーパゴダの整備なしのケースでミャワディ経由の大型車交通量が 40%以上増えると予測された<sup>17</sup>。

<sup>16</sup> 本調査の路側 OD インタビュー調査による貨物車の 1 台当たりの平均積載量は 8.8 トン (空荷率約 30%)、トラックの日稼働日年間 260 日間でトラック台数を計算。6.6 百万トン÷8.8 トン/トラック台÷260 日=2,880 トラック台/日

<sup>17</sup> スリーパゴダの整備なしのケースでミャワディ発着のトラック台数は 2035 年で 6870 台と予測。2035 年で 42% (2,880 台/6,870 台) 大型車交通量が増加すると試算。

表 3.2.5 タイ・ミャンマー間の輸出入貨物の海上輸送から陸上輸送への将来貨物転換需要

	2030 EXIM Volume with Thai (’000ton)	2030 Trade Volume shifted from Sea to Land Trasnport (’000ton)	2035 EXIM Volume with Thai (’000ton)	2035 Trade Volume shifted from Sea to Land Trasnport (’000ton)
1_Live Animal & Animal Products	252	26	497	52
2_Fish and Aquatic Products	30	3	19	2
3_Vegetable and Fruits	167	24	276	39
4_Grain and Grain Products	18	2	23	3
5_Other Agricultural Products (ex. Plantation Product)	83	3	121	5
6_Foodstuff, Beverage and Animal Food	4,298	530	7,567	933
7_Petroleum, Oil and Gas	240	32	199	27
8_Coal, Ore, Stone and Sand	6,601	999	15,281	2,313
9_Cement, Construction Material (incl. steel - frame)	10,814	1,675	15,626	2,420
10_Fertilizer (incl. Urea)	34	5	42	6
11_Garment, Textiles and fabric	87	4	104	5
12_Wood and Wood Products	2,127	306	3,664	528
13_Paper and Printed Matter	84	11	114	15
14_Metal and Metal Products (excl. construction material)	688	88	1,070	138
15_Industrial Material, Chemicals	677	82	872	106
16_Household articles, miscellaneous	84	4	103	5
17_Machinery and Parts, Transportation	63	0	62	0
Total	26,349	3,797	45,641	6,596

出典：JICA 調査団

### (3) ハンタワディ国際空港関連需要

#### 1) 前提条件

JICA は既往調査<sup>18</sup>でハンタワディ国際空港関連需要の予測を行っている。同調査によると、ハンタワディ国際空港は2025年に年間10.2百万人の国際線航空旅客が利用すると予測している。また、2040年には年間5.2百万人の国内線航空旅客と年間29.1百万人の国際線航空旅客が同空港を利用すると予測している。これらの空港関連需要を本調査の需要予測で考慮する。

ハンタワディ国際空港はヤンゴンから北東に約70キロに位置し、ヤンゴン市内と同空港を約20分で結ぶ高速鉄道建設構想がある。同高速鉄道のサービスレベル他の諸元や需要が現時点で不明なことから、本調査の需要予測ではハンタワディ国際空港関連需要の高速鉄道利用者の需要予測は行わない。

#### 2) 航空関連需要

##### 総旅客需要

航空関連需要には航空旅客以外に、空港関連企業の従業員や空港への送迎者の需要がある。先の調査によると航空旅客にこれらの関連需要を足して、2035年には日あたり約125,000トリップの航空関連需要があると推計された。

これらの航空関連需要のOD表を構築した。その際に国内線及び従業員、送迎者の需要はヤンゴン及びバゴ周辺交通ゾーンにゾーン人口を基に割り振った。一方で、国際線の需要は全国からの需要が期待できることから、全国交通ゾーンに人口を基に割り振った。

##### 交通手段・機関分担

ハンタワディ国際アクセス高速鉄道にかかる調査では、高速鉄道がない場合、90%の航空関連需要が自動車及びバス交通を利用すると予測している。同調査の機関分担モデルを活用し、航空関連需要の交通手段別トリップ数及び自動車台数を以下の通り設定した。

<sup>18</sup> ミャンマー連邦共和国ハンタワディ新国際空港開発運営事業準備調査 (PPP インフラ事業)

表 3.2.6 航空関連需要の日あたり交通手段別トリップ数と自動車換算台数

年	日あたり交通手段別トリップ数 (nos)		自動車換算台数 (pcu) <sup>19</sup>
	バス	自動車	
2025	20,600	34,200	12,200
2035	43,100	72,700	25,800

出典：JICA 調査団

#### (4) 交通量配分結果

以上の通り、本調査で構築した OD 表にタイ・ミャンマー間の海上輸送から陸上輸送への転換需要 (2035 年で 2,880 トラック台)、ハンタワディ国際空港の航空関連需要 (2035 年で 25,800 PCU) を付加して OD 表を再構築し、ネットワーク配分を行った。

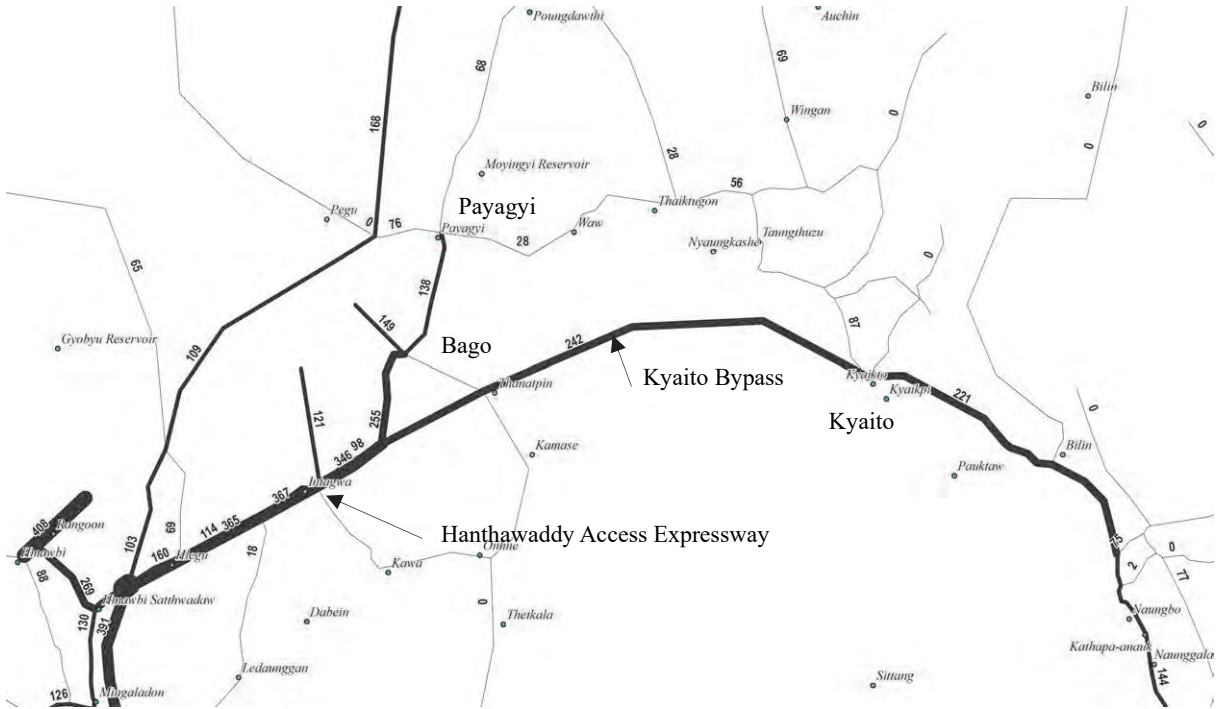
以下に、対象プロジェクトと周辺道路の交通量配分の結果を示す。交通量配分の結果、チャイトーバイパス、ハンタワディ国際空港アクセスを含む国道 1 号線の交通量が他の路線に比較して大きく、将来に亘って東西経済回廊が国際・地域の幹線道路として機能することが分かる。

表 3.2.7 交通量配分結果 (日あたり PCU)

区間	2025 年	2035 年
チャイトー - パヤジ (現道)	2,800-8,700	10,500-16,400
パヤジ - バゴ (現道)	13,800-25,500	54,400-77,500
バゴ～チャイトー道路 (新規)	24,200	63,500
国道 1 号線	9,800-16,000	44,700-47,900
ハンタワディ国際空港アクセス (国道 1 号線高架)	34,600-36,700	82,500-99,300

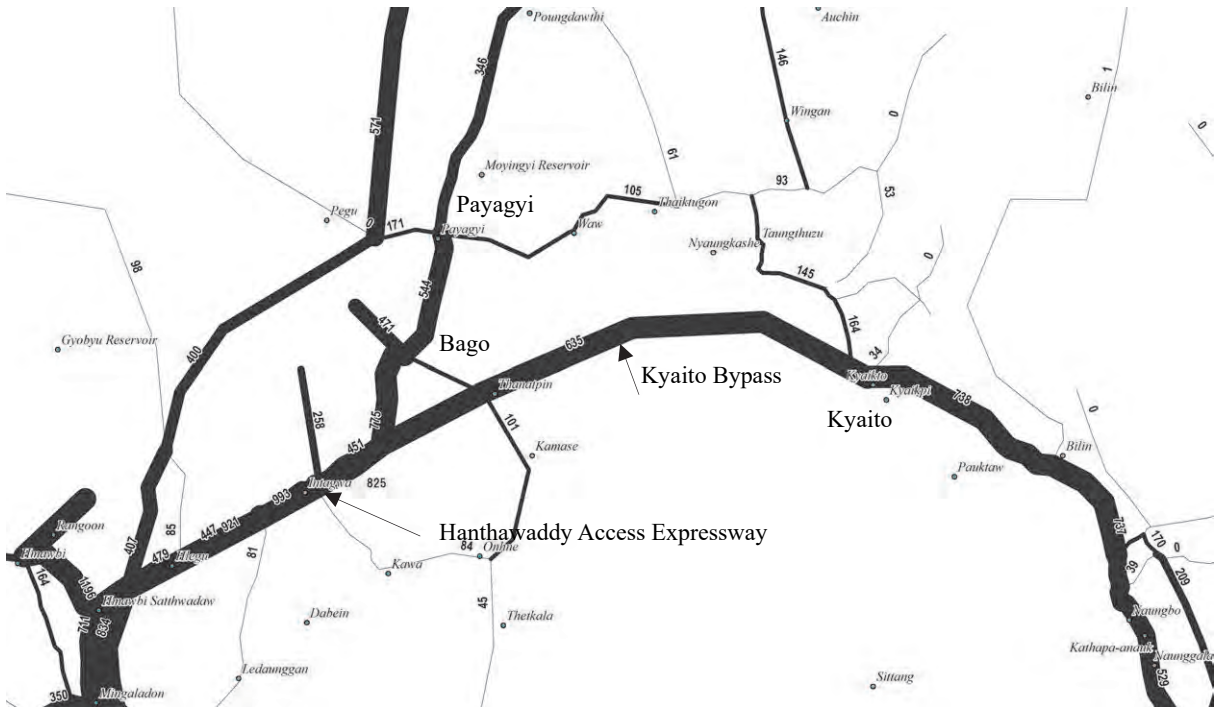
出典：JICA 調査団

<sup>19</sup> 全国運輸 MP 調査の交通調査結果から、普通自動車及びバスの平均乗車人員をそれぞれ 3.14 人/台、34 人/台と設定した。



出典：JICA 調査団

図 3.2.1 2025 年交通量配分結果 (日あたり 100PCU)



出典：JICA 調査団

図 3.2.2 2035 年交通量配分結果 (日あたり 100PCU)



## 第4章 自然条件調査

### 4.1 地形測量

本調査では既存の衛星画像から地形図を作成した。地形測量の概要を以下にまとめる。

#### 4.1.1 測量内容

地形測量における調査内容を表 4.1.1 に示す。

表 4.1.1 地形測量の調査内容一覧

対象地域	面積 (km <sup>2</sup> )	調査内容
バゴー～チャイトー間 新規道路	15.6	<ul style="list-style-type: none"><li>・航空写真 (2014撮影)</li><li>・衛星画像の入手 (2014撮影)</li><li>・GPS調査</li><li>・水準測量</li><li>・航空写真の補正</li><li>・空中三角測量</li><li>・モザイクデータの作成</li><li>・地形図作成 1 : 5,000</li></ul> ※地形図作成に際し、雲が多い航空写真については既存衛星画像から補正している
国道1号線	16.4	<ul style="list-style-type: none"><li>・航空写真 (2014撮影)</li><li>・モザイクデータの作成</li><li>・地形図作成 1 : 10,000</li></ul>
新ハンタワディ国際空 港アクセス道路	25	<ul style="list-style-type: none"><li>・衛星画像の入手 (2014 Archive)</li><li>・モザイクデータの作成</li><li>・地形図作成 1 : 10,000</li></ul> ※地形図作成に際し、雲が多い航空写真については既存衛星画像から補正している

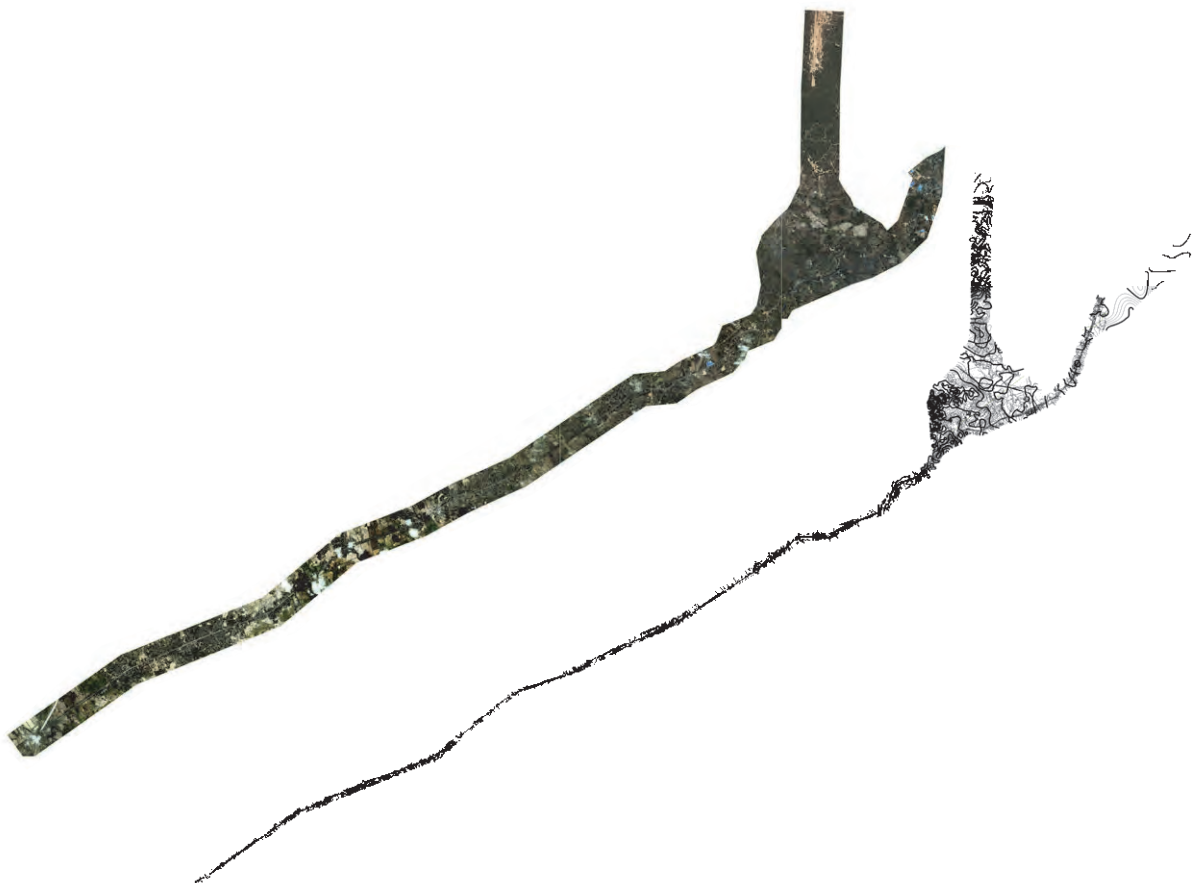
出典：JICA調査団

## 4.1.2 測量結果



出典：JICA調査団

図 4.1.1 モザイクデータと地形図 (バゴー～チャイトー間新規道路)



出典：JICA調査団

図 4.1.2 モザイクデータと地形図 (国道1号線、HIA アクセス道路含む)

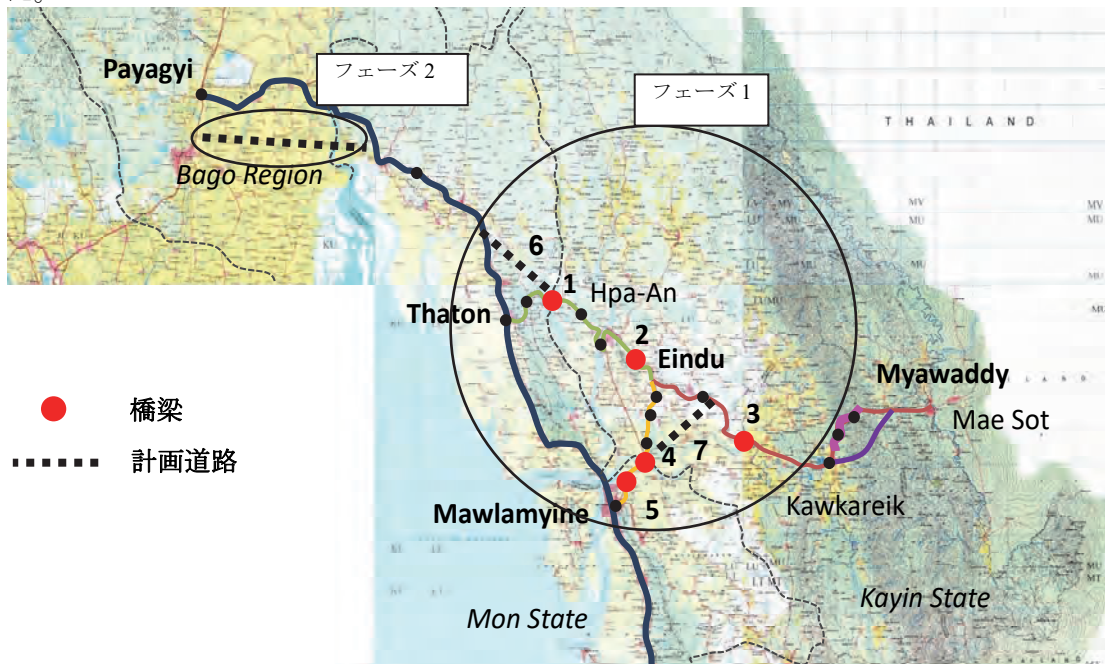
## 4.2 地質調査

### 4.2.1 調査内容

本調査は、プロジェクトで計画されている道路、橋梁などの設計に必要な基礎資料として、調査対象区域の地盤構成や地盤特性を把握するために実施したものである。地質調査は、JICA 調達ガイドラインに従って選定したローカル会社に再委託し実施した。本章ではフェーズ 2 調査における地質調査結果の概要について以下に述べる。

#### (1) 調査範囲

フェーズ 2 調査の地質調査区域は図 4.2.1 及び表 4.2.1 に示すように、4 地点において実施した。



出典：JICA 調査団

図 4.2.1 調査位置図

表 4.2.1 フェーズ2 調査で実施した地質調査位置

ボーリング No	目的	掘進長	備考
1	橋梁	46m	シタン川右岸
2	橋梁	60m	シタン川左岸
3	橋梁	31m	シタン川右岸
4	軟弱地盤	30m	田畑地

出典：JICA 調査団

## (2) 調査内容

以下に示す項目を地質調査として実施した。調査及び試験方法は原則 ASTM に準じている。

- ボーリング調査のための陸上足場の設置
- ボーリング作業（水位測定と採水含む）
- 原位置試験を伴う掘削（標準貫入試験、試料採取等）
- 試料採取（不攪乱試料、攪乱試料）
- 土質試験
  - 不攪乱採取試料の湿潤体積重量
  - 自然含水比
  - アッターベルグ試験（粘性土の液性限界、塑性限界試験）
  - 粒度試験（フルイ+沈降）
  - 土粒子の密度試験
  - 一軸圧縮試験
  - 水質試験



## 4.2.2 調査結果

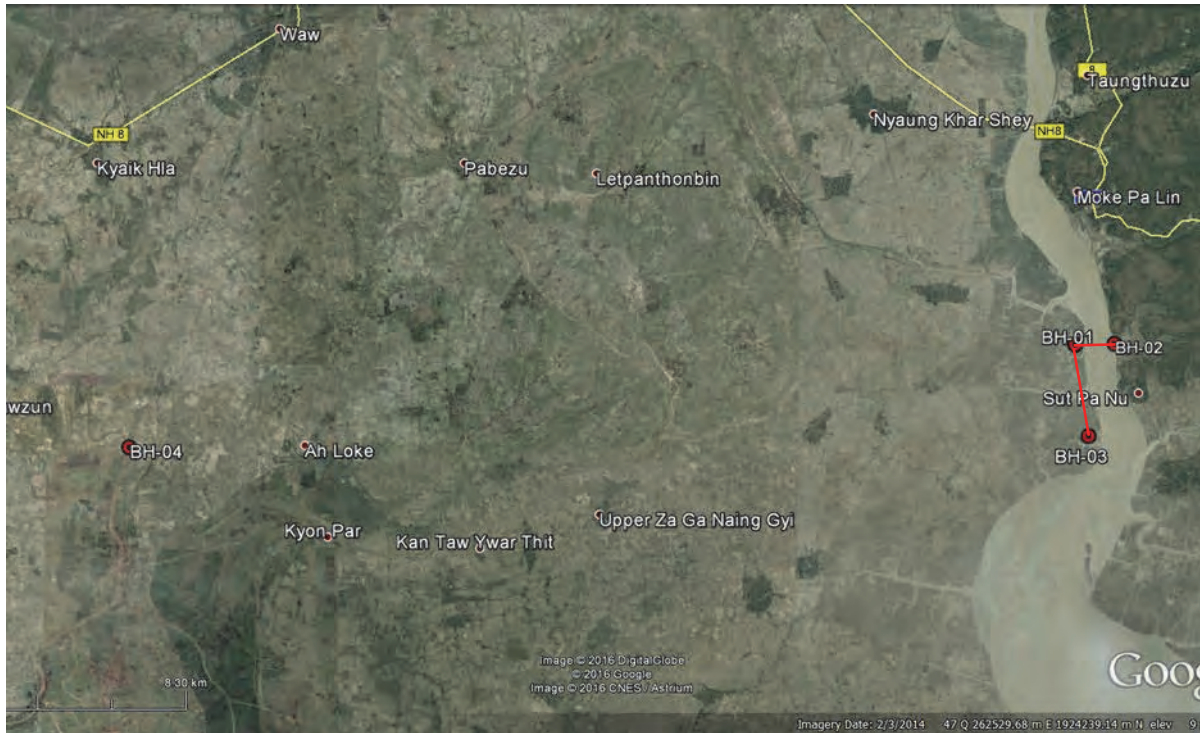
### (1) 成層状況

調査目的は、調査区域の成層状況並びに土質特性を把握することである。4 地点でボーリング調査を計画し実施した。ボーリング調査は、標準貫入試験、攪乱試料採取、不攪乱試料採取、孔内水位計測、採水を実施した。調査位置は設計技術者により選定し、調査位置、標高はハンディ GPS により測定した。各地点の調査位置、標高を表 4.2.2 に、調査位置図を図 4.2.2 示す。

**表 4.2.2 調査位置情報**

No.	BH No.	Easting (E)	Northing (N)	Elevation (m) Hand GPS
1	BH-01	275530.000	1924805.000	8.00
2	BH-02	276632.000	1924814.000	9.00
3	BH-03	275873.000	1922917.000	9.00
4	BH-04	249007.000	1922257.000	8.00

出典：JICA 調査団



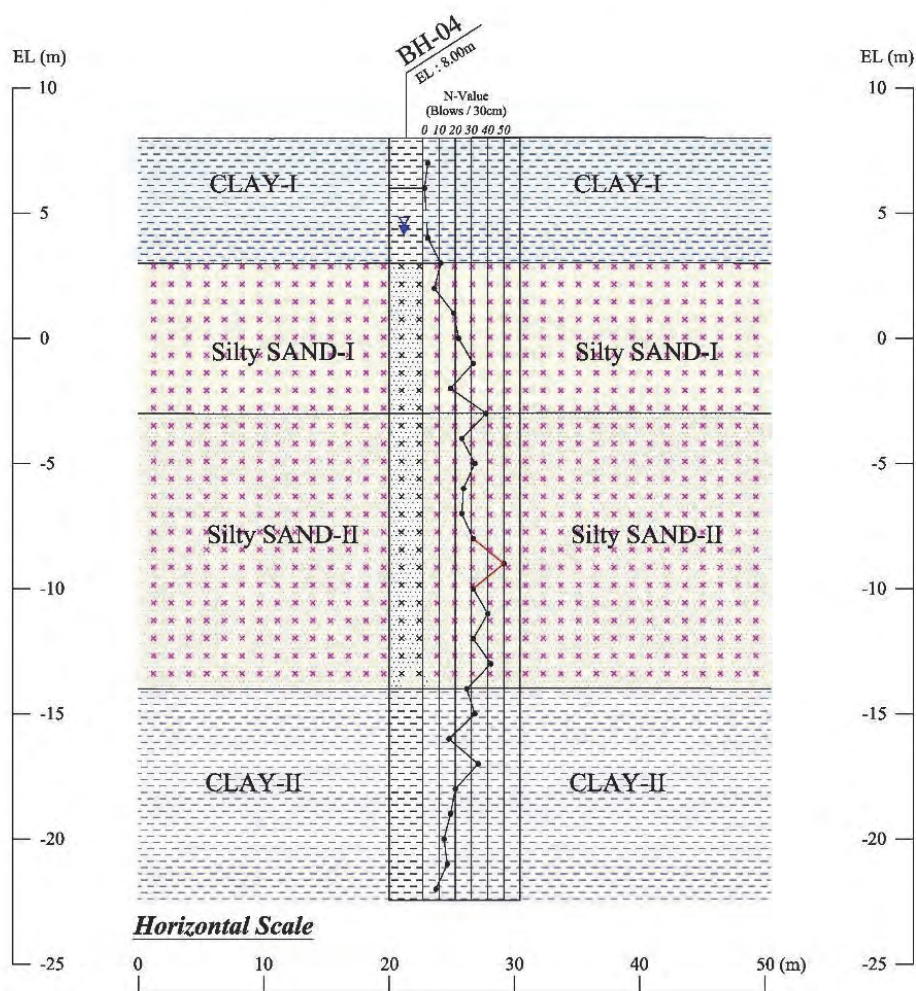
出典：Google、JICA 調査団

**図 4.2.2 ボーリング調査位置図**

調査から得られた成層図を図 4.2.3 図 4.2.4 に示す。ボーリング調査は、掘削深さ 30m から 60m で、標準貫入試験を 4 地点で実施した。プロジェクト周辺の地層は 9 つの地層から構成され、土質特性や相対密度によって分類した。プロジェクト地域で観察された代表的な地層は上層より次に示すとおりである。

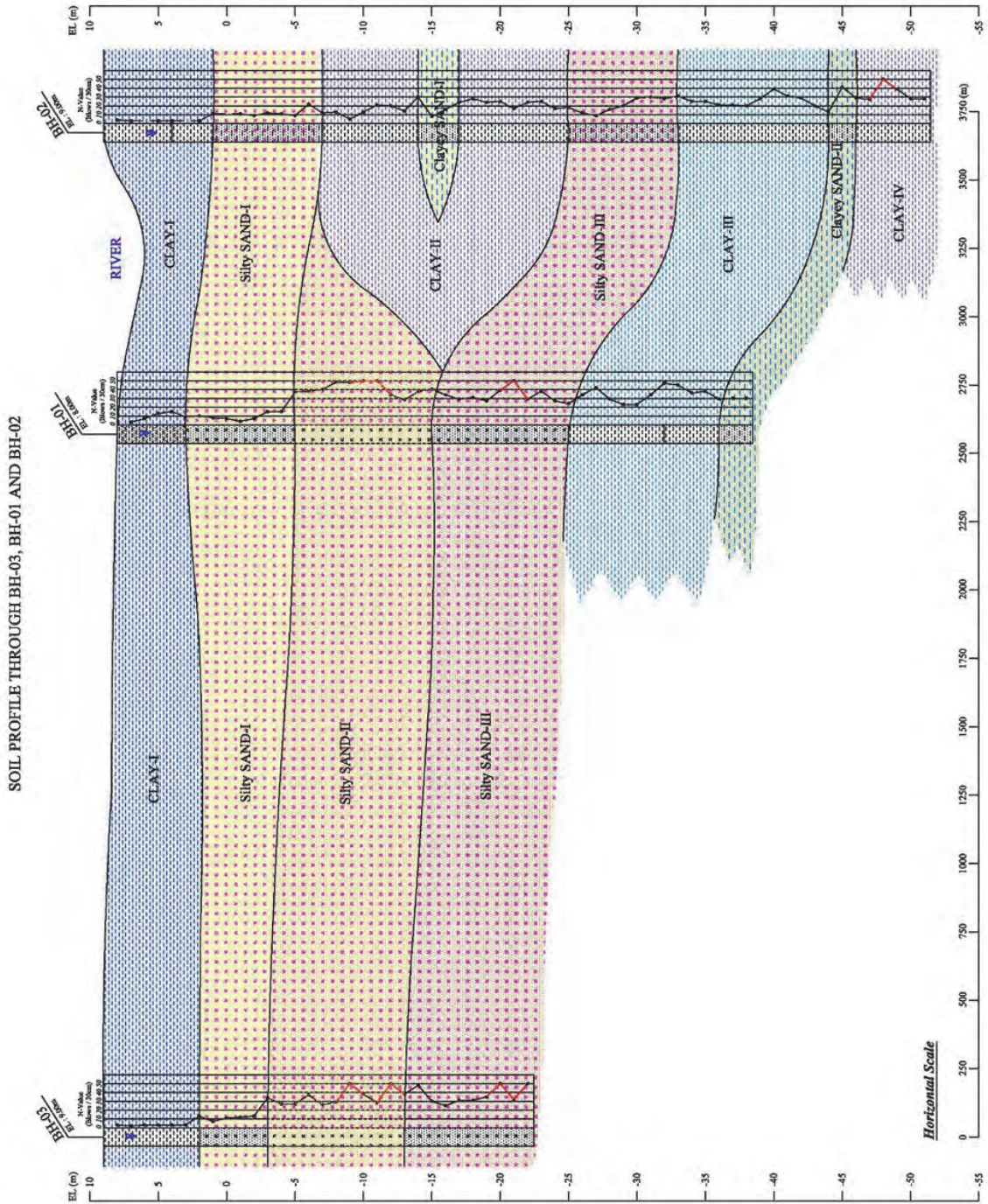
- ① CLAY-I (粘土層-I)
- ② Silty SAND-I (シルト質砂層-I)
- ③ Silty SAND-II (シルト質砂層-II)
- ④ CLAY-II (粘土層-II)
- ⑤ Clayey SAND-I (粘土質砂層-I)
- ⑥ Silty SAND-III (シルト質砂層-III)
- ⑦ CLAY-III (粘土層-III)
- ⑧ Clayey SAND-II (粘土質砂層-II)
- ⑨ CLAY-IV (粘土層-IV)

SOIL PROFILE OF BH-04



注) 各ボーリング柱状図は付属資料-4 に示す  
 出典: JICA 調査団

図 4.2.3 BH04 付近の成層状況



注) 各ボーリング柱状図は付属資料-4 に示す  
 出典：JICA 調査団

図 4.2.4 シッター川沿い (BH03, BH01, BH02) の成層断面図

## (2) 土質特性

土質試験結果の総括図を図 4.2.5 に示す。総括図は、自然含水比、土粒子の密度、細粒分含有量、一軸圧縮強度を深度分布図として地層毎にまとめたものである。

実施した土質試験は表 4.2.3 のとおりである。

表 4.2.3 土質試験項目および数量一覧

BH-No.	Physical Properties Test						Engineering Properties Test		Chemical Properties Test	
	Natural Moisture Content Test	Specific Gravity Test	Particle Size Analysis Test		Atterberg's Limit Test		Unit Weight	Unconfined Compression Test	One Dimensional Consolidation Test	Water Quality Test
			Sieve Analysis Test	Hydrometer Analysis Test	Liquid Limit Test	Plastic Limit Test				
BH-01	15	15	15	15	4	4	-	-	-	1
BH-02	15	15	15	15	13	13	3	1	3	1
BH-03	9	9	9	9	-	-	-	-	-	1
BH-04	11	11	11	11	4	4	1	-	1	1
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

出典： JICA 調査団

各試験の特性は下記のとおりである。

### ① 自然含水比 (W<sub>n</sub>%)

自然含水比は、粘土層-I、II、III では 23%から 34%の範囲にあり、シルト質砂層-I、II、III では 11%から 30%の範囲、砂層-I、II では 15%から 20%の範囲、粘土層-IV では 27%程度となっている。

### ② 土粒子の密度 (ps)

土粒子の密度は、土質の種類、砂質土、粘性土、礫質土に関わらず、ps は 2.6 から 2.7 程度を示している。

### ③ 液性、塑性試験

粘性土のみを対象にした試験であるが、試験値を基にした土質分類では、CL から CH に区分される。

### ④ 粒度特性

細粒分含有量 (<0.075mm) に着目すると、粘性土では粘土層-I、II、III、IV ではほとんどが 70%以上となっており、シルト質砂層-I、II、III では細粒分含有量は 10%から 50%以上となっている。また、粘土質砂層-I、II においても同様に細粒分含有量は 10%から 50%以上となっている。

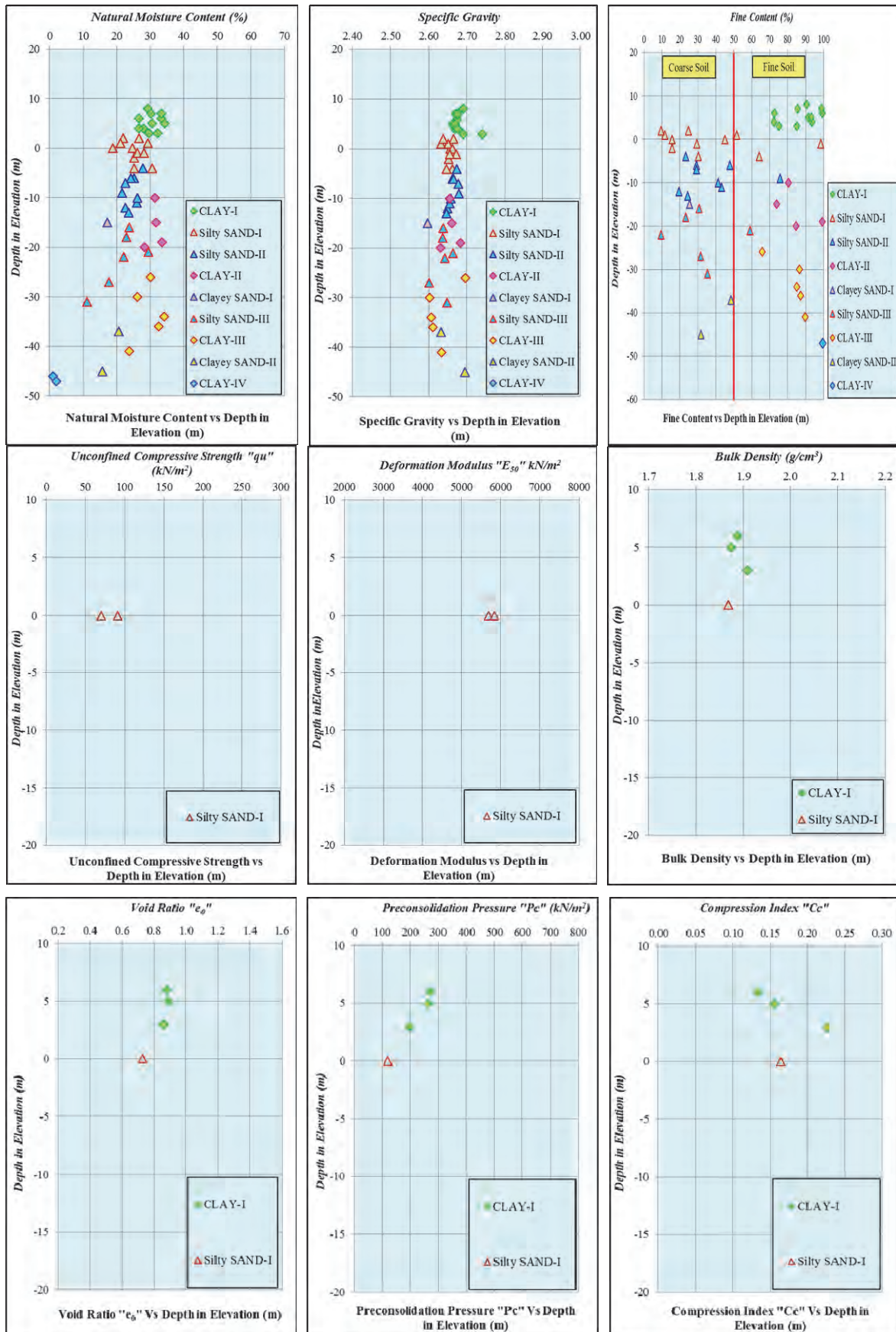
### ⑤ 一軸圧縮強度 (qu kN/m<sup>2</sup>)

粘土には多量の砂分が混入しているので一軸圧縮試験は 1 試料しか実施できなかった。シルト質砂層-I において実施した試験結果は、一軸圧縮強度 (qu) は平均 85kN/m<sup>2</sup> であり、湿潤密度は 1.87 (g/cm<sup>3</sup>) となっている。

### ⑥ 圧密特性

圧密降伏応力 Pc は、粘土層-I では 196kN/m<sup>2</sup>から 270kN/m<sup>2</sup>、シルト質砂層では 120kN/m<sup>2</sup> となっており、全体に過圧密の様相を呈している。圧縮指数 Cc は、粘土層-I では 0.13 から 0.22、シルト質砂層では 0.16 と小さめである。





出典：JICA 調査団

図 4.2.5 土質試験結果の総括図

(3) 考察

1) 基礎地盤の土質状況

調査結果によって確認された各地層の土質状況は表 4.2.4 のようにまとめられる。

表 4.2.4 各地層の土質状況

地層名	土質状況
CLAY-I (粘土層-I)	当地層は調査地域全体において確認されている。層厚は 5m から 7m である。色調は褐色から灰色を呈しており、含水比は 26% から 34% とそれほど高くはない。標準貫入試験の N 値は 1/30 から 15/30 の範囲で、非常に軟らかい～硬いに該当するコンシステンシーである。当粘土層は砂を不均一に多量に混入している。
Silty SAND-I (シルト質砂層-I)	粘土層-I の下位に成層するシルト質砂層-I も全調査区域で確認されている。この地層は層厚 5m～8m で、色調は褐灰を呈している。粒径は細粒から中位である。また、粘土片や雲母片がこの地層には混入している。N 値は 4/30 から 31/30 の範囲でばらついており、相対密度は非常に緩いから締まっているに区分される。
Silty SAND-II (シルト質砂層-II)	当地層は BH-02 以外で確認されており、層厚は約 10m である。色調は褐灰を呈している。粒径は細砂である。また、雲母片が混入している。N 値は 25/30 から 50 以上で、相対密度は中位からよく締まっているに区分される。
CLAY- II (粘土層-II)	当地層は BH-02 と BH-04 でよく確認されている。層厚は 7m から 8m である。しかし、BH-04 は当地層で堀止としているので層厚は不明である。色調はまだらな灰色か赤色か灰色を呈している。N 値は 8/30 から 34/30 で、硬いから固結したコンシステンシーである。
Clayey SAND-I (粘土質砂層-I)	当地層は BH-02 のみで確認されている。層厚は概ね 3m で色調は褐黄を呈している。粒径は細粒から中位である。また、当地層は細礫を混入している。N 値は 8/30 から 30/30 で相対密度は緩いから中位に区分される。
Silty SAND-III (シルト質砂層-III)	当地層は BH-04 以外で確認されている。層厚は 8m～10m で、色調は褐灰を呈している。粒径は細粒から中位である。N 値は 9/30 から 50 以上で、緩いからよく締まったに区分される。
CLAY-III (粘土層-III)	当地層は BH-01 と BH-02 で確認されている。層厚は大体 11m で、色調はまだらな灰色と赤色を呈している。また、当地層は細砂と細礫を混入している。N 値は 13/30 から 41/30 で硬いから固結したコンシステンシーである。
Clayey SAND-II (粘土質砂層-II)	当地層は BH-01 と BH-02 のみで確認されている。層厚は BH-02 では 2.0m であるが、BH-01 では当地層で堀止となっているので層厚は不明である。色調は褐灰を呈している。粒径は細砂から粗砂である。また、細礫を混入している。N 値は 13/30 から 41/30 で相対密度は中位から密な区分される。
CLAY-IV (粘土層-IV)	当地層は BH-02 のみで確認されている。層厚は 5m 以上であるが、当地層で堀止となっているので層厚は不明である。色調はまだらな灰色か赤色を呈している。また、細礫と細砂が混入している。N 値は 27/30 から 29/30 で非常に硬いのコンシステンシーである。当地層の地表面下 GL- (57.00～59.00) m においては、締まった黄褐灰の砂層が挟在している。

出典：JICA 調査団

## 2) 構造物の基礎

土質調査結果によると、上述してきたように当プロジェクトエリアには緩い砂や軟弱な粘土層の分布が広く確認され、層厚は10m~30mである。一般的に構造物の基礎地盤としては、砂、礫層の場合にはN値は少なくとも30~50以上、粘性土層の場合には少なくとも15~20以上が求められる。

本調査区域の地層状況を見ると、上位に成層する粘土層-I、シルト質砂層-Iにおいては、何らかの地盤改良無しでは支持層としては期待できない。それらの下位に成層する地層、シルト質砂層-IIやシルト質砂層-IIIは支持層として期待できる。しかしながら、これらの地層のN値は場所によっては広くばらついているので、支持層の決定には注意が必要である。

支持層の深さは大体20m超であるので基礎の種類としては杭基礎が推奨される。しかし、最適な基礎の種類の選定においては、設計条件、経済面、施工性、現地の特性、地盤状況等の条件を総合的に評価して選定しなければならない。

雨季になると、地下水位が地表面近くまで上昇するので、基礎工事の実施においては雨季を避けることが望ましい。

## 3) 軟弱地盤問題

盛土や構造物荷重が直接基礎地盤に作用する場合には、軟弱地盤問題としては一般的に、沈下や安定問題について考慮しなければならない。

調査区域においては、粘土層-Iが、BH-01以外ではN値が4以下と小さく軟弱層といえる。当地層は調査区域全体において確認されており、層厚は5m~7mである。色調は褐色から灰色を呈しており、含水比は26%~34%とそれほど高くはない。当地層は砂分を多量に混入している。

粘土層-Iの土質試験結果を基にした沈下検討結果によると、当地層に6mの盛土荷重が作用した場合には予測される沈下量はわずか24cm程度である。当粘土層の含水比は比較的小さく、湿潤密度は大きく、砂分を多量に混入していることから、当地層において道路盛土による深刻な沈下問題は発生しないと考えられ、杭基礎におけるネガティブフリクションも問題はないといえる。しかし、当域において軟弱層を把握するにはボーリング本数が十分ではないので、軟弱地盤の成層状況を把握するためには更に詳細な調査が必要である。

粘土層-Iはほとんど軟弱で、シルト質砂層-Iは非常に緩い~緩いに分類される相対密度であるため、当地盤への盛土においては斜面崩壊の安全性について注意深く検討する必要がある。また、この緩いシルト質砂層-Iにおいては、今後の設計時に液状化の発生の可能性について検討する必要がある。

## 4.3 水文調査

### 4.3.1 概要

本調査の対象区域の気候は、ケッペンの気候区分によれば、典型的な熱帯モンスーン型（Am）に類し、南東アジアの殆どの区域よりも低い湿度を有する。（本調査区域の上流域は熱帯夏雨/冬季乾燥もしくはサバンナ気候；Awに類する。）

雨季は6月から9月までの夏で、典型的な南西の熱帯モンスーンにより、曇りと雨が多く、高温多湿な季節である。一方の乾季は12月から4月までの冬の北東モンスーンで、曇りは少なく、僅かな雨に、低温低湿となる。図 4.3.2 に示すが、対象地域は、ミャンマーでも降雨量の多い地域であり、洪水も対象区域では高い頻度で発生している。また、シッター川の河口からシッターバゴ運河との接続部までの下流域では、潮津波が月 2 回発生するため、堤防侵食や堆積および河道変化が深刻である。

既設の 17 か所の気象、水文および潮位観測所の位置を図 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 に示すように、対象地域の周辺には、運輸省管轄の気象水文局（DMH）が運営する 5 つの気象データ観測所がある。また、表 4.3.2 に示すように、対象流域の周辺には、DMH と農業灌漑省管轄の灌漑局（ID）により管理されている 11 の（水位/流量データの）既設の観測所がある。これらの観測所の中の ID の 6 つの観測所では流量観測は行われていない。また、これらの水文観測所の中で、海洋から 100km 以内に位置する観測所は、乾期の期間は潮汐作用の影響を受けるが、これらの観測所の雨季の間の流量観測記録は、洪水確率計算のために利用可能である。

潮汐データについては、運輸省管轄のミャンマー港湾公社（MPA）にて観測されているが、検潮所の位置は、調査地域から遠方にあり、最寄りの検潮所はモン州のモールメイン（モラミヤイン）港に位置する。検潮所からシッター河口までの距離は 104km ある。



出典：JICA 調査団、Google Earth Map データ

図 4.3.1 気象、水文および潮位観測所の位置図

**表 4.3.1 気象観測所一覧**

Meteorological Station	Code (WMO)	Coordinates		Height (m)	Period of Records						Remarks
		Latitude	Longitude		Temperature	Relative Humidity	Rainfall	Sunshine	Evaporation	Wind	
1. Kaba Aye (Yangon)	48097	16-54	96-10	20.00	1968-	1968-	1968-	1977-	1975-	1968-	
2. Bago	48093	17-20	96-30	9.00	1965-	1965-	1965-	-	-	1965-	
3. Tharrawady	48088	17-38	95-48	15.00	1965-	1965-	1965-	-	-	1965-	
4. Shwegyin (Madauk)	48089	15-55	96-52	12.00	-	-	-	-	-	-	
5. Bilin	-	17-11	97-17	16.15	-2013	-2013	-2013	-	-	-2013	

出典：JICA 調査団

**表 4.3.2 水文および潮位観測所一覧**

River / Gauging Station	Code	Coordinates		Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Height (m)	Type of Gauge	Period of Record	Water (Tide) level	Discharge	Observed by	Remarks
		Latitude	Longitude								
1. Sittaung River / Taungoo	7040	18-55	96-28	14660	44.28	Pile Gauge	1965-	○	○	DMH	
2. Sittaung River / Madauk	7060	17-55	96-51	26758	10.80	Pile Gauge	1965-	○	○	DMH	
3. Bago River / Zaungutu	6220	17-38	96-14	1,927	9.80	Pile Gauge	1987-	○	○	DMH	
4. Bago River / Bago (Pegu)	48093	17-20	96-30	2,580	9.00	Pile Gauge	1970-	○	○	DMH	
5. Bilin River / Belin	7210	17-49	95-41	2518	9.97	Mixed Gauge	1965-	○	○	DMH	
6. Sittaung River / Thuyethamein	-	17.7667	96.8833	-	-	Manual	-	○	-	ID	
7. Sittaung Tributary / Myit Kyoe	-	17.5992	96.8140	-	-	Manual	-	○	-	ID	
8. Sittaung River / Mokpalin	-	17.4396	96.8779	-	-	Manual	-	○	-	ID	
9. Sittaung-Bago Canal / Shan Gaing Gate	-	17.4190	96.8432	-	-	Manual	-	○	-	ID	
10. Sittaung-Bago Canal / Waw	-	17.4767	96.6780	-	-	Manual	-	○	-	ID	
11. Sittaung-Bago Canal / Lower Se-Tee	-	17.2768	96.4935	-	-	Manual	-	○	-	ID	
12. Mawlamyine Port / Moulmein	747(PSMSL) 141(GLOSS)	16-29	97-37	-	-	Steel Plate	1954-	○	-	Navy / MPA	

出典：JICA 調査団、DMH、ID、MPA、

## 4.3.2 気象条件

### (1) 一般気象条件

一般気象については、過去の気温、相対湿度、風速（風向）、蒸発散量、および、日照時間について調査した。

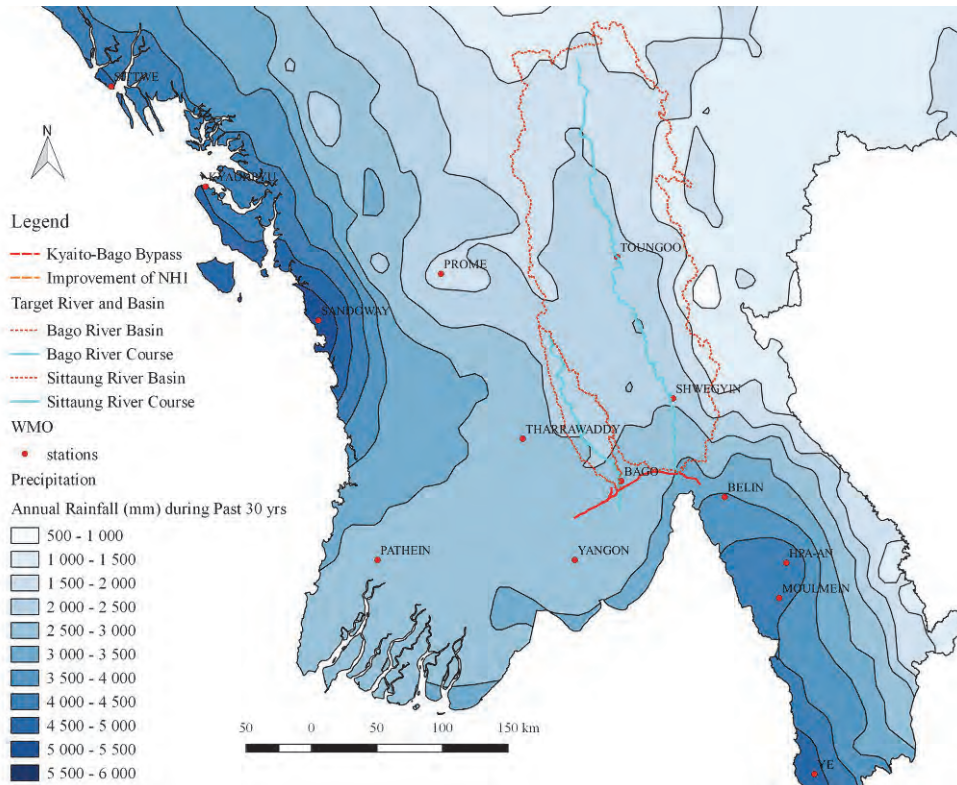
### (2) 降雨量

#### 1) 年間降雨量および季節／長期変動

対象地域はミャンマーで最も高い豊かな降水量をもつ地域の一つである。（マルタバン湾沿岸域周辺の気象観測所の過去 30 年間の年間降水量に基づき観測された年間平均降水量の空間分布図を図 4.3.2 に示す。）年間平均降水量は、カバーエーの 2,745 mm からビリンの 5,480 mm の範囲にある。年間降水量は各観測所の間でも大きく変動する。（例えば、ヤンゴン市のカバーエー観測所では 2,127 から 3,592 mm の間）

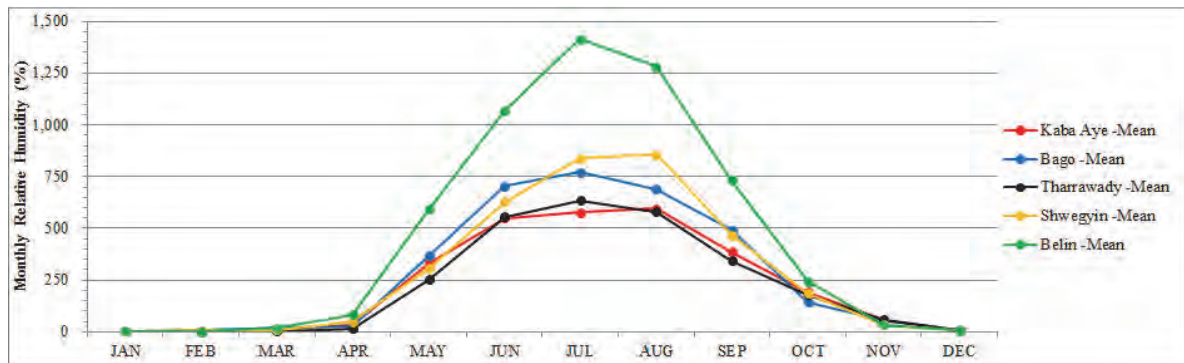
月別合計の季節変動は、各観測所で類似している。降水量の季節変動については、年間降水量の 95%以上が 5 月から 10 月の雨季に集中して、7 月か 8 月にそのピークを示す。

5 観測所での月間平均降水量を図 4.3.3 に示す。また、図 4.3.4 に、3 観測所での年間降水量の長期変動を示す。



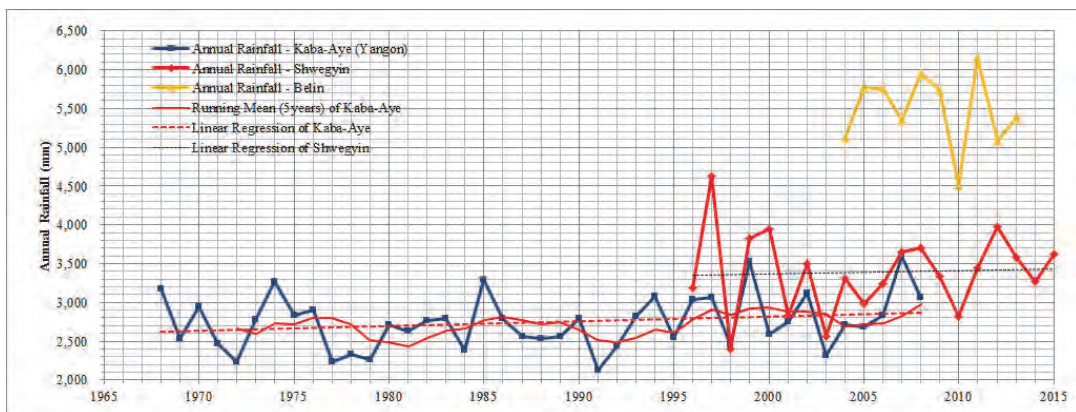
出典：JICA 調査団、Digital Agricultural Atlas (FAO, [http://dwms.fao.org/atlas/myanmar/index\\_en.htm](http://dwms.fao.org/atlas/myanmar/index_en.htm))

図 4.3.2 南部ミャンマーの年間降雨量の空間分布 (等雨量線)



出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.3 月間平均降水量 (1968-2015)



出典：JICA 調査団、DMH

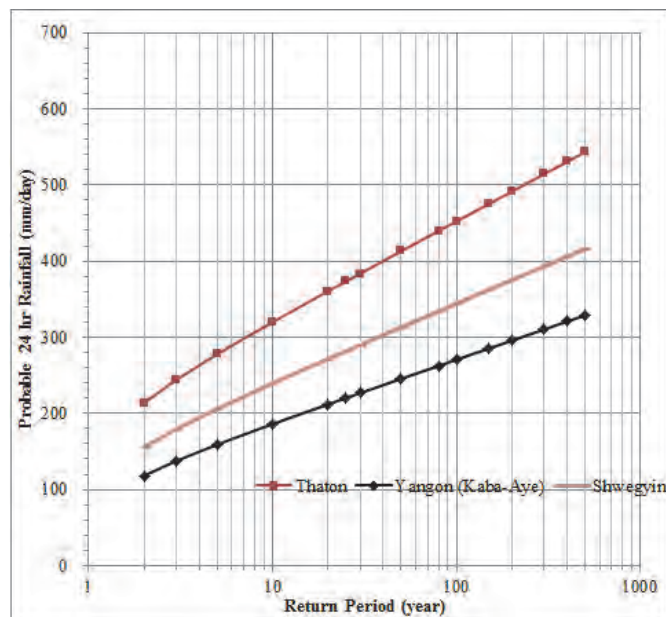
図 4.3.4 年間降水量の変動

## 2) 降雨の超過確率と降雨強度曲線

4 観測所での年間最大日降水量（極値）を利用して 2 年から 500 年確率の 24 時間雨量を計算し、その結果を図 4.3.5 に示す。確率計算は、最も一般的に利用されるグンベル分布を用いた。

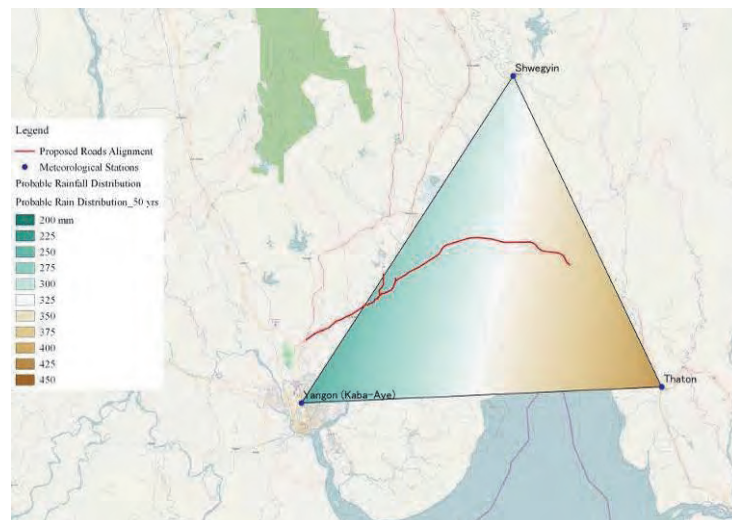
これらの 4 つの観測所の中でビリン観測所の結果は、降水量資料の分布が比較的均一で相関が低いために除外する。残りの 3 つの観測所の結果は、サンプル数の差はあれ、比較的良い相関を示している。3 観測所の確率値の差異は大きく、地域偏差も大きい。よって、各道路の線形上の最大となる確率値を、その分布図を用いて設定する。参考までに、50 年確率降水量の空間分布図を図 4.3.6 に示す。（各道路の確率雨量は GIS ソフトウェアの TIN（不規則三角形網）の中の道路線形上の最大確率値を読み取ることで推定する。）

次のステップとして、短時間雨量強度と 24 時間雨量の相関を、物部式を参照することにより推定する。IDF（強度－継続時間－頻度）、いわゆる降雨強度（曲線）を表 4.3.3、表 4.3.4 および表 4.3.5 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.5 3 降雨観測所での確率日雨量の相関



出典：JICA 調査団

図 4.3.6 確率日降雨量の空間分布（50 年確率洪水のケース）

表 4.3.3 Kaba-Aye 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果

Return Period (Probability) (Year, %)	Dairy Rainfall: R <sub>24</sub> (mm/day)	Rainfall intensity each rainfall duration (mm/hr): $I_t = R_{24}/24*(24/t)^m, m=2/3$										Remarks		
		24	12	8	6	3	2	1.5	1	0.75	0.5			
Yangon (Kaba-Aye)	24 hour 1,440 min.	1,440	720	480	360	180	120	90	60	45	30	$I_t = A/t^{2/3}$		
2	50.0%	118.2	4.9	7.8	10.2	12.4	19.7	25.8	31.3	41.0	49.6	65.0	A= 40.978	
3	33.3%	137.5	5.7	9.1	11.9	14.4	22.9	30.0	36.4	47.7	57.7	75.7	A= 47.669	
5	20.0%	159.0	6.6	10.5	13.8	16.7	26.5	34.7	42.1	55.1	66.8	87.5	A= 55.122	
10	10.0%	186.0	7.8	12.3	16.1	19.5	31.0	40.6	49.2	64.5	78.1	102.4	A= 64.483	Road Drain
20	5.0%	211.9	8.8	14.0	18.4	22.2	35.3	46.3	56.1	73.5	89.0	116.6	A= 73.462	
25	4.0%	220.2	9.2	14.6	19.1	23.1	36.7	48.1	58.3	76.3	92.5	121.2	A= 76.339	Culvert
30	3.33%	226.8	9.5	15.0	19.7	23.8	37.8	49.5	60.0	78.6	95.3	124.8	A= 78.627	
50	2.0%	245.5	10.2	16.2	21.3	25.8	40.9	53.6	65.0	85.1	103.1	135.1	A= 85.110	Bridge
80	1.25%	262.5	10.9	17.4	22.8	27.6	43.8	57.3	69.4	91.0	110.2	144.5	A= 91.004	
100	1.0%	270.6	11.3	17.9	23.5	28.4	45.1	59.1	71.6	93.8	113.6	148.9	A= 93.812	Main Bridge
150	0.667%	285.3	11.9	18.9	24.7	30.0	47.6	62.3	75.5	98.9	119.8	157.0	A= 98.908	
200	0.5%	295.7	12.3	19.6	25.6	31.0	49.3	64.6	78.2	102.5	124.2	162.7	A= 102.513	
300	0.33%	310.3	12.9	20.5	26.9	32.6	51.7	67.8	82.1	107.6	130.3	170.8	A= 107.575	
400	0.25%	320.7	13.4	21.2	27.8	33.7	53.5	70.0	84.8	111.2	134.7	176.5	A= 111.180	
500	0.2%	328.7	13.7	21.7	28.5	34.5	54.8	71.8	87.0	114.0	138.0	180.9	A= 113.954	

出典：JICA 調査団

表 4.3.4 Shwegyin 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果

Return Period (Probability) (Year, %)	Dairy Rainfall: R <sub>24</sub> (mm/day)	Rainfall intensity each rainfall duration (mm/hr): $I_t = R_{24}/24*(24/t)^m, m=2/3$										Remarks		
		24	12	8	6	3	2	1.5	1	0.75	0.5			
Shwegyin	24 hour 1,440 min.	1,440	720	480	360	180	120	90	60	45	30	$I_t = A/t^{2/3}$		
2	50.0%	155.3	6.5	10.3	13.5	16.3	25.9	33.9	41.1	53.8	65.2	85.5	A= 53.840	
3	33.3%	179.2	7.5	11.9	15.5	18.8	29.9	39.1	47.4	62.1	75.3	98.6	A= 62.125	
5	20.0%	205.9	8.6	13.6	17.8	21.6	34.3	45.0	54.5	71.4	86.5	113.3	A= 71.382	
10	10.0%	239.4	10.0	15.8	20.7	25.1	39.9	52.3	63.3	83.0	100.5	131.7	A= 82.995	Road Drain
20	5.0%	271.5	11.3	18.0	23.5	28.5	45.3	59.3	71.8	94.1	114.0	149.4	A= 94.124	
25	4.0%	281.7	11.7	18.6	24.4	29.6	47.0	61.5	74.5	97.7	118.3	155.0	A= 97.660	Culvert
30	3.33%	289.9	12.1	19.2	25.1	30.4	48.3	63.3	76.7	100.5	121.8	159.5	A= 100.503	
50	2.0%	313.0	13.0	20.7	27.1	32.9	52.2	68.4	82.8	108.5	131.5	172.3	A= 108.511	Bridge
80	1.25%	334.2	13.9	22.1	29.0	35.1	55.7	73.0	88.4	115.9	140.4	183.9	A= 115.861	
100	1.0%	344.2	14.3	22.8	29.8	36.1	57.4	75.2	91.1	119.3	144.6	189.4	A= 119.327	Main Bridge
150	0.667%	362.4	15.1	24.0	31.4	38.0	60.4	79.1	95.9	125.6	152.2	199.4	A= 125.637	
200	0.5%	375.2	15.6	24.8	32.5	39.4	62.5	81.9	99.3	130.1	157.6	206.5	A= 130.075	
300	0.33%	393.4	16.4	26.0	34.1	41.3	65.6	85.9	104.1	136.4	165.2	216.5	A= 136.384	
400	0.25%	406.2	16.9	26.9	35.2	42.6	67.7	88.7	107.5	140.8	170.6	223.5	A= 140.822	
500	0.2%	416.2	17.3	27.5	36.1	43.7	69.4	90.9	110.1	144.3	174.8	229.0	A= 144.288	

出典：JICA 調査団

表 4.3.5 Thaton 観測所での IDF (強度 I - 時間 D - 頻度 F) 計算結果

Return Period (Probability) (Year, %)	Dairy Rainfall: R <sub>24</sub> (mm/day)	Rainfall intensity each rainfall duration (mm/hr): $I_t = R_{24}/24*(24/t)^m, m=2/3$										Remarks		
		24	12	8	6	3	2	1.5	1	0.75	0.5			
Thaton	24 hour 1,440 min.	1,440	720	480	360	180	120	90	60	45	30	$I_t = A/t^{2/3}$		
2	50.0%	213.7	8.9	14.1	18.5	22.4	35.6	46.7	56.5	74.1	89.7	117.6	A= 74.086	
3	33.3%	243.9	10.2	16.1	21.1	25.6	40.7	53.3	64.5	84.6	102.4	134.2	A= 84.555	
5	20.0%	277.6	11.6	18.4	24.1	29.1	46.3	60.6	73.4	96.2	116.6	152.8	A= 96.239	
10	10.0%	319.8	13.3	21.2	27.7	33.6	53.3	69.8	84.6	110.9	134.3	176.0	A= 110.868	Road Drain
20	5.0%	360.4	15.0	23.8	31.2	37.8	60.1	78.7	95.3	124.9	151.4	198.3	A= 124.944	
25	4.0%	373.3	15.6	24.7	32.4	39.2	62.2	81.5	98.8	129.4	156.8	205.4	A= 129.416	Culvert
30	3.33%	383.7	16.0	25.4	33.3	40.3	64.0	83.8	101.5	133.0	161.1	211.2	A= 133.021	
50	2.0%	412.9	17.2	27.3	35.8	43.4	68.8	90.2	109.2	143.1	173.4	227.2	A= 143.144	Bridge
80	1.25%	439.6	18.3	29.1	38.1	46.2	73.3	96.0	116.3	152.4	184.6	241.9	A= 152.401	
100	1.0%	452.2	18.8	29.9	39.2	47.5	75.4	98.8	119.6	156.8	189.9	248.9	A= 156.769	Main Bridge
150	0.667%	475.1	19.8	31.4	41.2	49.9	79.2	103.8	125.7	164.7	199.5	261.5	A= 164.708	
200	0.5%	491.4	20.5	32.5	42.6	51.6	81.9	107.3	130.0	170.4	206.4	270.4	A= 170.359	
300	0.33%	514.3	21.4	34.0	44.6	54.0	85.7	112.3	136.1	178.3	216.0	283.0	A= 178.298	
400	0.25%	530.5	22.1	35.1	46.0	55.7	88.4	115.9	140.4	183.9	222.8	291.9	A= 183.914	

出典：JICA 調査団



### 4.3.3 水文 / 水理条件

出水期における流量／水位を予測するために、対象地域周辺の関連河川の水文／水理に関して収集価値のあるデータ／条件を収集し、その関連性を比較検証する。

#### (1) 河川と河川流量特性

##### 1) 河川系システム

対象地域の周辺には、2つの大河川流域（バゴー川とシッター川流域）があり、それらの河川を結ぶシッターバゴー運河、そして、多くの排水／灌漑クリークの系統からなる。対象地域に関連する排水／灌漑ネットワークを図 4.3.7 に示す。

##### ➤ シッター川

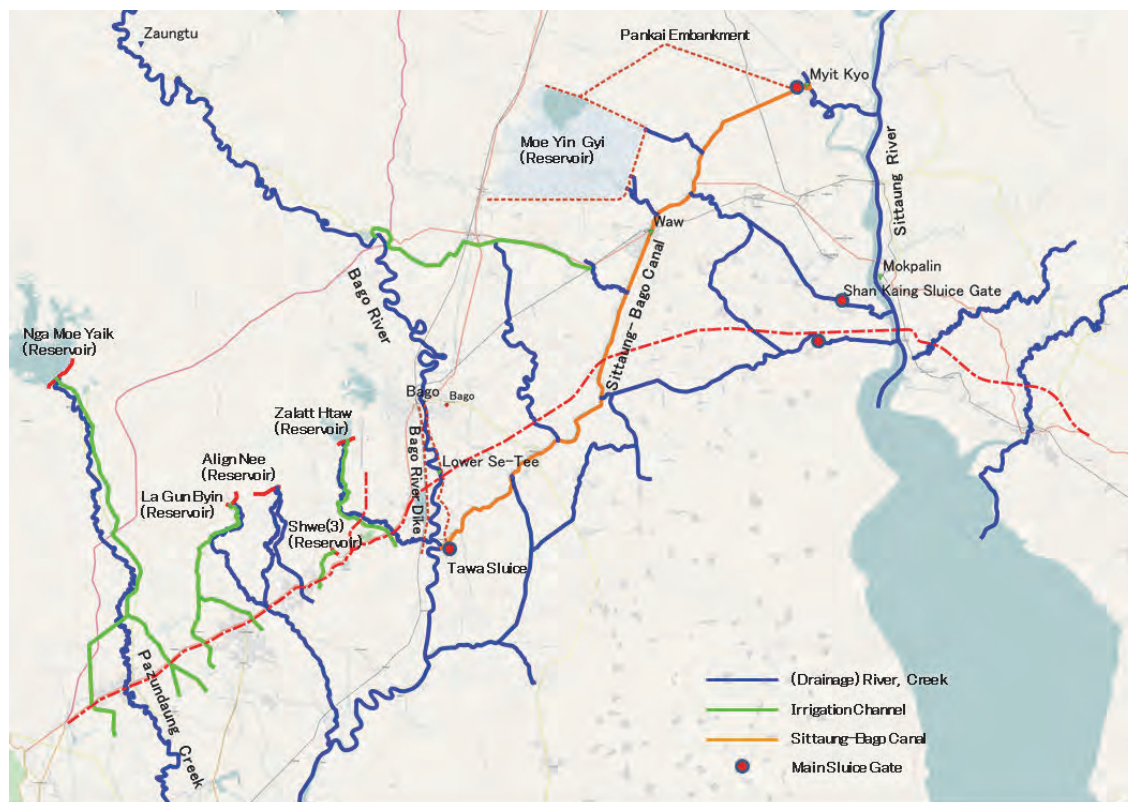
シッター川は、バゴー管区にあるミャンマー中南部の河川である。シッター川は、約 420 km の全流路長をもつミャンマーで 4 番目の大河川である。シッターは、ヤメティン近郊にその源を發し、アンダマン海のマルタバン湾へ排出される。シッター川の源流は、おおよそ海拔 460 m にある。広大なシッター川低地は、西にバゴー山地、東の急峻なシャン高原の間に位置する。シッター川は、年間を通じて 40 km、雨期の 3 か月間は 90 km の区間が航行可能である。ダムと貯水池の数は増加し続けており、現在、シッター川には、灌漑、治水(洪水調節)および水力発電などの多目的利用として、17 のダムと 13 の貯水池がある。

##### ➤ バゴー川

バゴー川はバゴー山地（Yoma）のティッチー付近を水源としている。バゴーヨーマの東側斜面を南から北側方面にシッター川とほぼ平行に流下している。バゴー付近では、南西方向に流下方向を変えて、ヤンゴン川として海に流入する。（ヤンゴンに位置する）ライン川との合流点から、ヤンゴン川と呼ばれる。水源からそのヤンゴン川合流点までの距離は約 260 km で、バゴー水位観測所のバゴー川は、明らかに低水時に潮位の影響を受けている。バゴー川流域には、13 の貯水池と 1 つのダムが多目的利用のためにある。

##### ➤ シッターバゴー運河

シッターバゴー運河は、当初、船舶交通（木材輸送）のために 1878 年に建設され、シッター川下流域の潮津波を避けるためのバゴー川と接続することを目的としていた。運河は、バゴー川のタワを出て、シッター川の Myit-Kyo に入り、ヤンゴンからタウンゲーまでの唯一の航路を提供する。シッターバゴー運河は、2014 年に改修され、現在、洪水発生から住民を守り、地元の灌漑事業への重要な水の供給先ともなっている。運河には、1 つの連系貯水池と 6 つの水門があり、殆ど明確に文書化されておらず、住民によって多数建設された水門もある。水門では、定期的に支川への流入流出を調節している。潮汐の影響は運河からその両方の端部までに見られる。デルフト工科大学の Myo Lin 氏の文献によれば、「豪雨の際、貯水池と水門の操作は内陸からの流れと高潮の影響で非常に複雑な状況にある」と記載されている。これは、潮汐および降雨を構成するシステムに不確実性をもたせ、その意思決定を絶え間なく複雑にする原因を作っている。

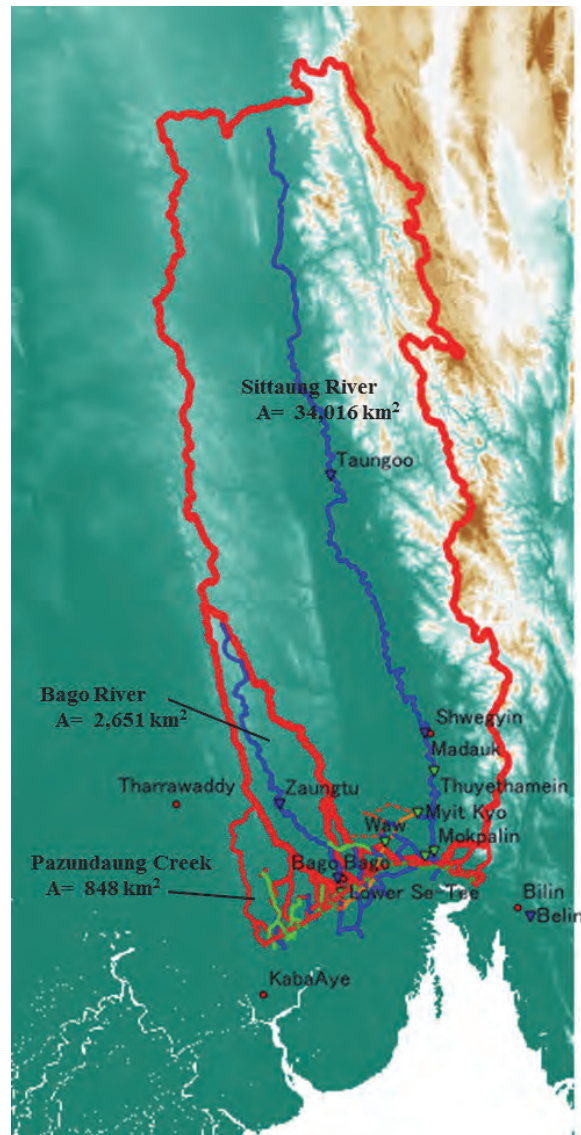


出典：JICA 調査団

図 4.3.7 計画道路周辺の排水および灌漑水路ネットワーク

## 2) 計画道路を通過する関連河川の流域

図 4.3.8 に示すとおり、計画道路に関連する河川やクリークは地形図や聴き取り調査によって特定し、それらの流域面積を計測した。計画道路は、湿地、水路、水田地帯、低地や丘陵地など、様々な地形を渡って交差する。しかし、対象地域の殆どは低平地や水田地帯であり、排水路や灌漑水路が相互に錯綜したネットワークとなっている。道路の（橋梁やカルバートなどの）横断排水構造物は、その流域から計算された設計流出量により規定される。今回は、詳細な地形測量は実施しておらず、その地形情報は詳細ではない。よって、水路やその流域情報などを明確にするために、今後の検討で更なる詳細な調査が実施されるべきである。



出典：地形図（灌漑局）および ASTER-GDEM データより、JICA 調査団

図 4.3.8 流域図

### 3) 主要河川の流況

日本で良く用いられる流況曲線（流量－期間）は、年間を通じた河川の潜在的な地表水特性を把握する際に検証される。流況は各水文観測所での日流量を用いて年間流動条件を示し、日流量とその超過日数で示される。年間の流況は、以下のとおりとして表される。

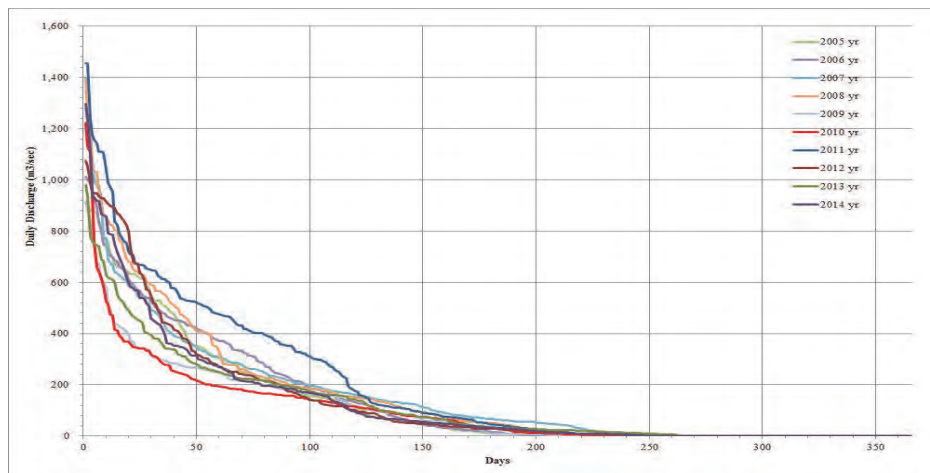
- ✓ 豊水流量（年間最大値から 95 番目の日流量）、平水流量（同 185 番目の日流量）、低水流量（同 275 番目の日流量）、および、渇水流量（同 355 番目の日流量）

流況係数は、河川の或る点での最小流量と最大流量の比で、河川流量の安定性を定量的に示すものである。流況係数の大きさは流量変動の大きさを示し、それが大きい場合は、年間を通じた取水が困難なことを示し、洪水被害が発生しやすいことを示す。

10 年間（2005-2014 年）のバゴー（バゴー川）とタウンゲー／マダウ（シッタン川）の 3 観測所データで計算された流況を図 4.3.9、図 4.3.10 および図 4.3.11 に示す。また、3 観測所での各種比流量を表 4.3.6 に示す。

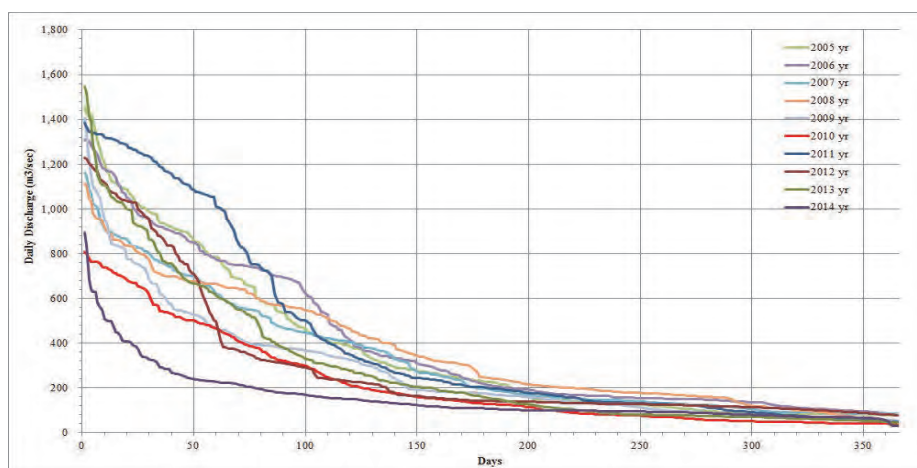
雨季にある程度の流量変動が見られるが、両河川の流況係数は、デルタ特有の河川形態を持つために比較的小さく、類似している。乾期の期間の流量は、両河川ともに比較的安定している。（バゴー観測所については、乾期には水位観測所まで潮汐の影響を受ける。）

(シッタン川の河口からバゴーシッタン運河との接続部までの下流域では、潮津波が月2回発生する。よって、潮津波の規模、被害状況および発生機構を理解するために、更なる水文調査/研究や河相のスタディが必要とされる。)



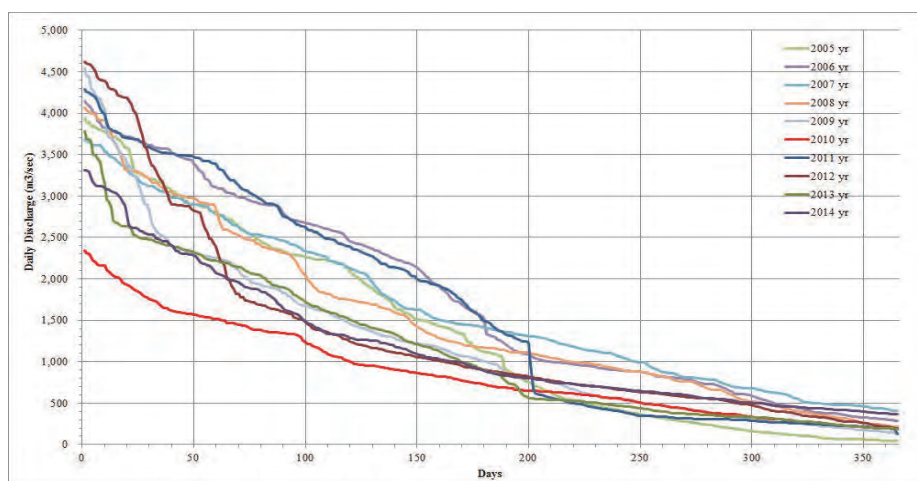
出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.9 バゴー川の Bago 観測所での流況曲線 (2005-2014)



出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.10 シッタン川の Toungoo 観測所での流況曲線 (2005-2014)



出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.11 シッタン川の Madauk 観測所での流況曲線 (2005-2014)

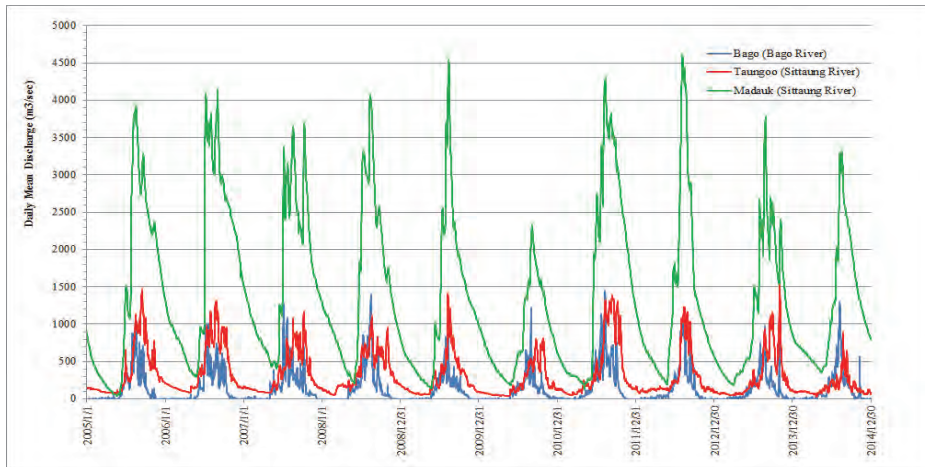
**表 4.3.6 2005-2014 年の排水面積当り各種平均比流量**

Station	Annual Maximum Discharge	Plentiful Discharge	Ordinary Discharge	Low Discharge	Drought Discharge	Annual Minimum Discharge	Coefficient of River Rregime	Remarks
	1-day	95-day	185-day	275-day	355-day	365-day		
Bago Station	0.44744	0.07593	0.01136	0.00000	0.00000	0.00000	-	CA= 2580km <sup>2</sup>
Toungoo Station	0.08396	0.02890	0.01196	0.00747	0.00454	0.00396	26.5	CA= 14660km <sup>2</sup>
Madauk Station	0.14464	0.07610	0.03960	0.01938	0.00914	0.00801	22.9	CA= 26758km <sup>2</sup>

出典：JICA 調査団、DMH

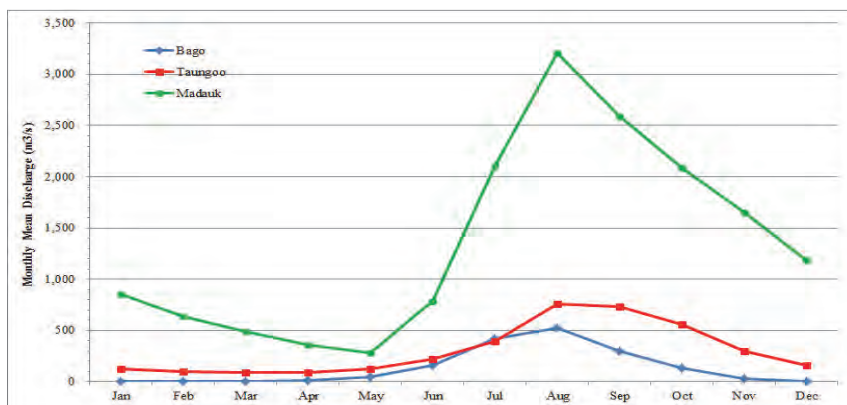
4) 年間、月間および日流量パターン

バゴー及びシタン川の計 3 観測所での最近の 10 年間のデータから、平均日流量パターンを図 4.3.12 に示す。また、そのデータより作成した月間平均流量パターンを図 4.3.13 に示す。ピーク流出量は、おおよそ 8 月に発生する。図 4.3.14 は、過去 45 (30)年間の 3 観測所での年間最大流量の変動を示す。過去最大の流出量は、バゴーで 2011 年、タウンゲーで 2013 年およびマダウで 1997 年に発生している。



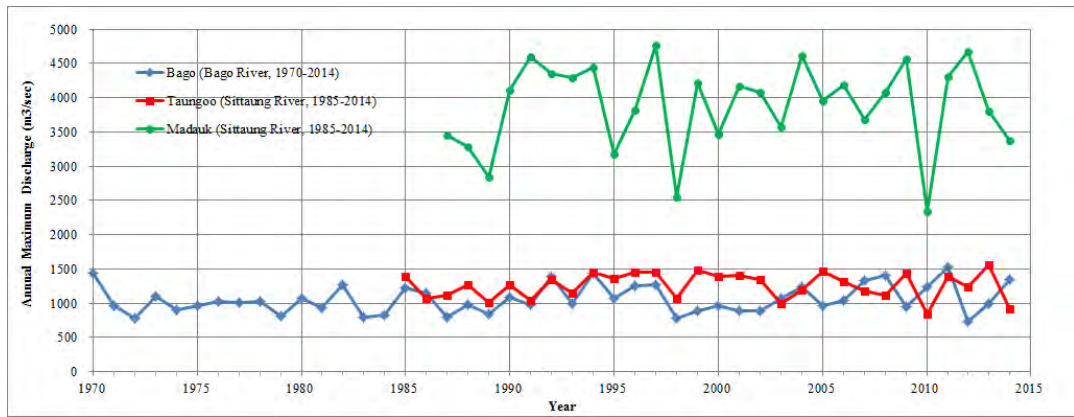
出典：JICA 調査団、DMH

**図 4.3.12 2005-2014 年のバゴーおよびシタン川 (Bago、Taungoo、Madauk 観測所) での日流量パターン**



出典：JICA 調査団、DMH

**図 4.3.13 2005-2014 年のバゴーおよびシタン川 (Bago、Taungoo、Madauk 観測所) での月別流出量のパターン**



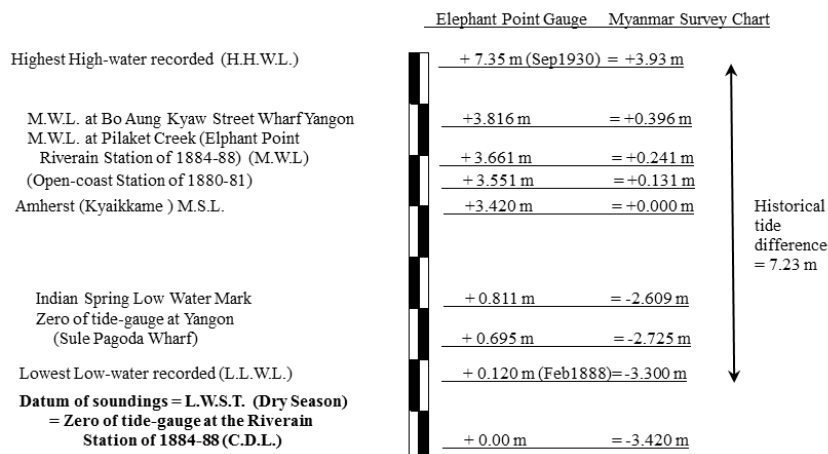
出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.14 バゴーおよびシタン川 (Bago, Taungoo, Madauk 観測所) の年間最大流出量変動

(2) 河川水位と潮位

1) 潮位

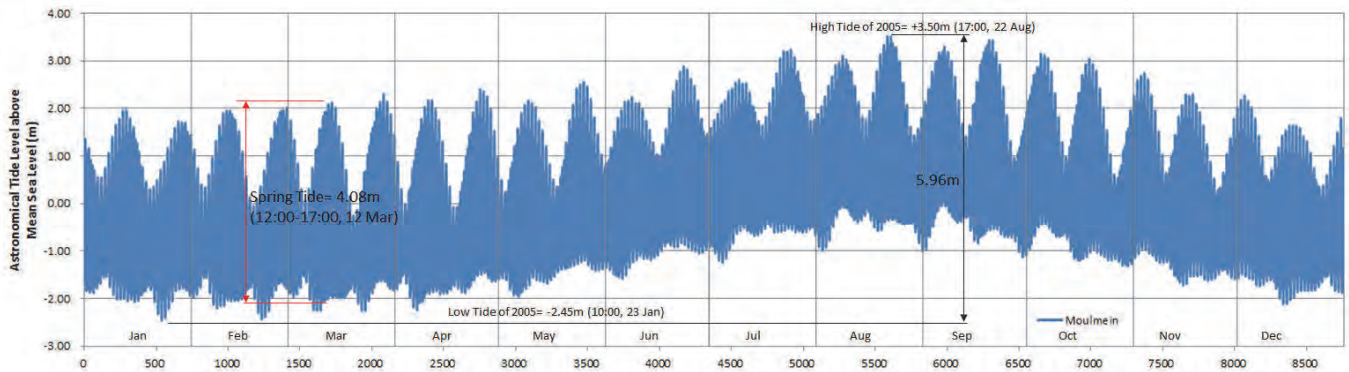
検討区域に最も近い検潮所は、モーラミヤイン (モールメイン) 港である。しかし、その潮位図は入手しがたく、ここでは、アンダマン海の検潮所であるエレファントポイントの潮位図を図 4.3.15 に示す。それより、過去最高および最低の潮位差は 7.23 m と観測されている。ミャンマー測量基準面のゼロ、すなわち、測量調査のゼロメートルは、アマースト (チャイクカミ) 検潮所の MWL (平均水面) に基づいて測定される。これより、エレファントポイントの過去最大の高潮は、この図より、ミャンマー測量基準面の +3.93 m になる。



出典：MPA

図 4.3.15 エレファントポイントの潮位 (潮位図)

一方、モーラミヤイン港での計算天文潮位の毎時データは、東京大学のウェブサイトから入手できる。2005 年のモーラミヤインの天文潮位を図 4.3.16 に示す。この図に見られるように、最高潮の季節は、雨期の 8 月か 9 月にある。実際には、河川からの流出量とサイクロンの気圧変動による水位上昇が、この天文潮に加算され、雨期の内陸河川の現実の水位は更に高くなる。また、シタン川の河口では、水位の急激な上昇が、さらに潮津波の影響を受けて出現する。上記のように、雨期のシタン川の水位は、通常の潮汐変動と潮津波に密接に関連する。



出典：東京大学地震研究所

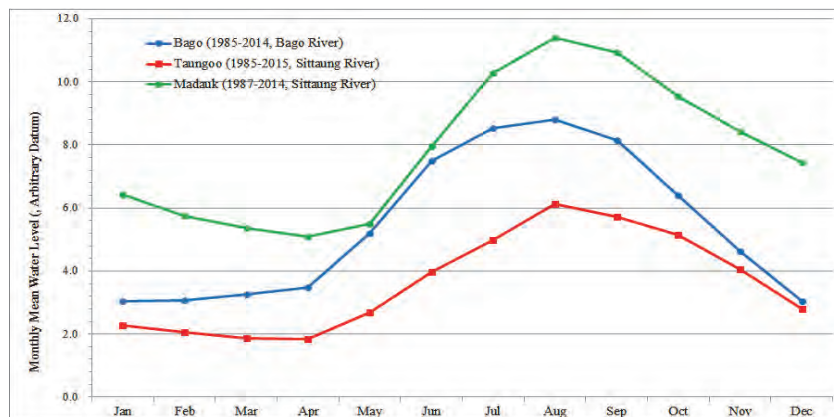
図 4.3.16 モーラマイン（モールメイン）観測所の年間天文潮の変動（2005）

## 2) 関連河川の水位

DMH の 3 水位観測所の、過去 28 から 30 年間の月間平均水位を図 4.3.17 に示す。図 4.3.18 に 3 観測所の年間最大水位変動を示す。

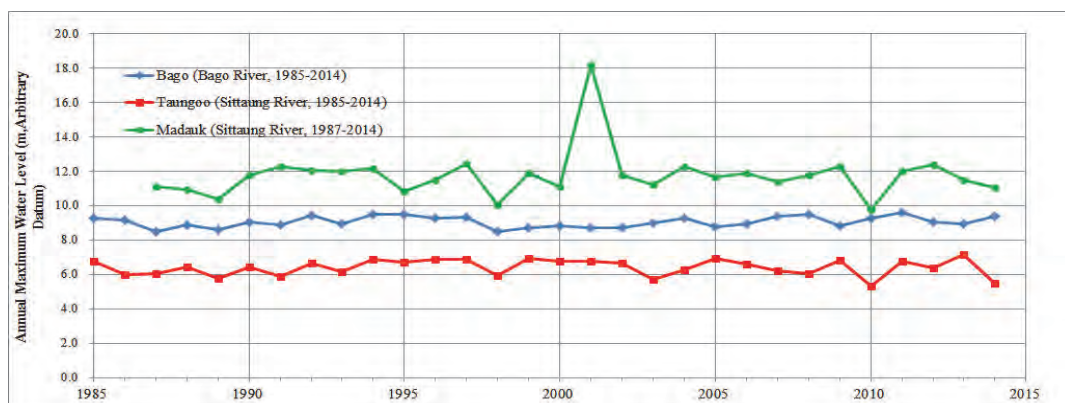
また、ID（灌漑局）の 4 観測所の 2 から 5 年間の日（最大）水位変動を図 4.3.19 に示す。

これらの水位は、任意基準面でのデータで、測量調査のための国家基準面での値ではないが、毎日および月間の変動パターンは、流量のパターンとほぼ同様の傾向を示している。特筆すべきこととしては、シッタン河口近くのシジャンイン観測所で、水位上昇が月 2 回発生していることであり、潮津波の影響を受けているものと推定される。



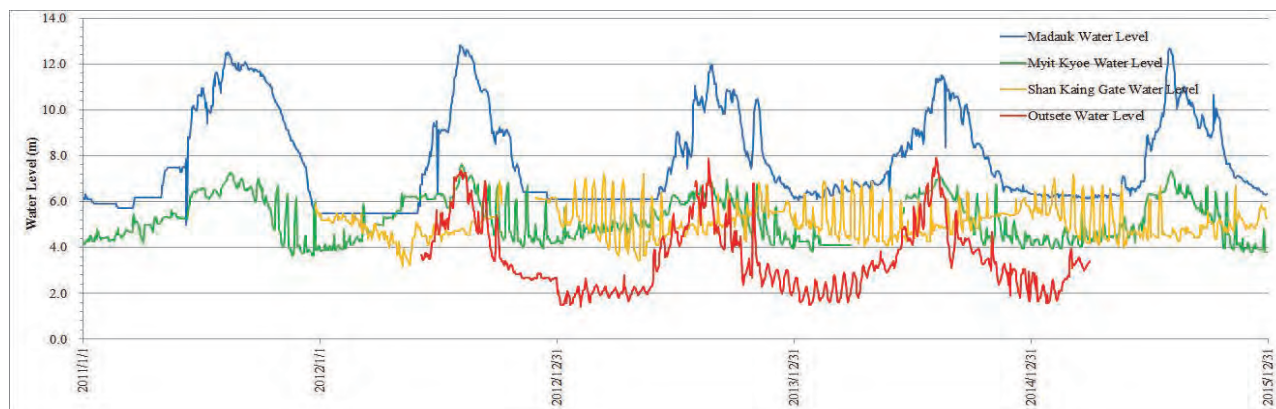
出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.17 バゴーおよびシッタン川（Bago、Taungoo、Madauk 観測所）の月間平均水位



出典：JICA 調査団、DMH

図 4.3.18 バゴーおよびシッタン川（Bago、Taungoo、Madauk 観測所）の年間最大水位変動



出典：JICA 調査団、灌漑局

図 4.3.19 灌漑局の水位観測所での日最大水位変動（Madauk、Myit Kyoe、Shan Gaing および Outsetee 観測所）

### (3) シッタン川の歴史的な河道変遷

過去の衛星画像は、河道変遷の特性を評価して、河岸侵食を推定するために利用されている。異なる期間の衛星画像は、検討区間で利用可能であり、検討河川区間の衛星画像を使った安定性解析を、本節で提示する。

計画橋梁の（河川）平面形分析は、ランドサットセマティックマップ（TM）画像とグーグルアース画像を用いて行った。分析には、1973、1980、1989、1996、2000、2004、2006、2010 および 2014 年の 9 個の衛星画像を用いる。42 年間にわたる平面形の変化を図 4.3.20 に、橋梁計画サイト上の拡大図を図 4.3.21 に示す<sup>1</sup>。

河川区間では、この 42 年間で著しい侵食や堆積が起きていることが、図 4.3.22 と図 4.3.23 に見られる。当初、新しいシッタン橋梁の線形計画として、3 つの比較案を考慮していた。拡大図の図 4.3.23 から（河岸の）著しい変化が、比較案-1 の線形の右岸側、比較案-2 の両岸および比較案-3 の左岸側に見られる。（河岸のシフト量は、図 4.3.24 と表 4.3.7 に示している。）しかしながら、比較案-1 の右岸の変化は、1973 から 1989 年まで進行しているものの、その後は、比較案-2 と-3 に比べて、比較的安定している。加えて、シッタン川の右岸側では、最近まで多くの水門が建設され、右岸側の侵食はそれほど大きく進行しないであろうと推定される。それでも、侵食と堆積の長期予測は、現実的には難しい。（侵食／堆積の大きな要因は、日々のアクティブな潮汐流と月 2 回の潮津波と推定できるが、潮津波の数値解析やモデリングは困難である。）

本プレ FS の 3 つの比較案の中で適した選択肢として、比較案-1 の線形計画が水理・水文学的な現地から推奨される。但し、様々なスタディが、追加としては検討されるべきである。

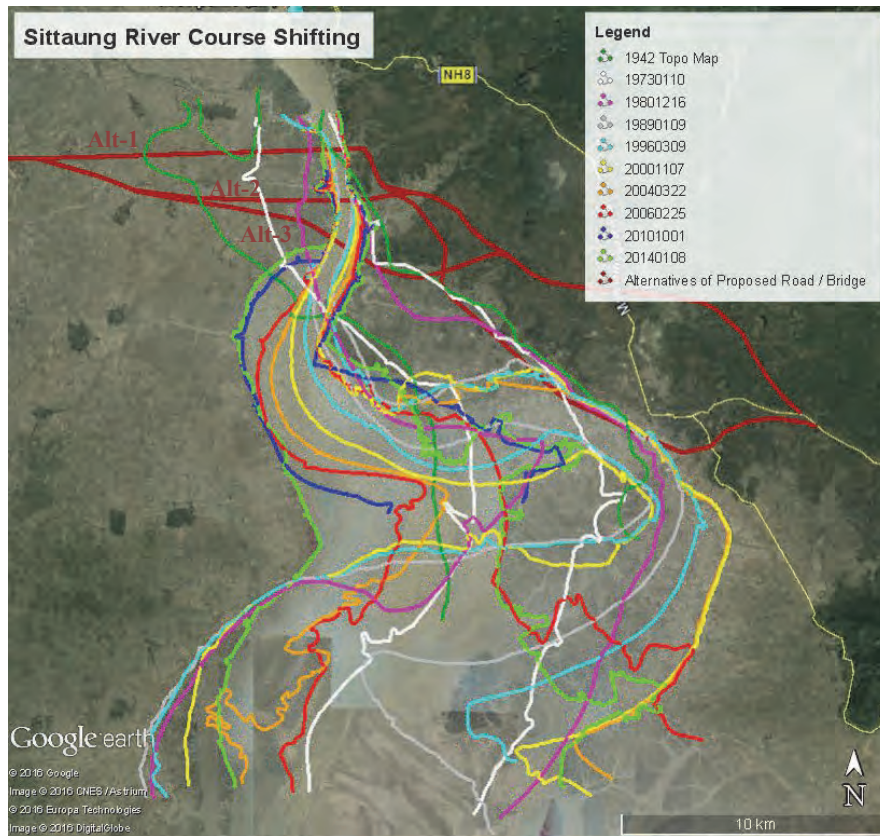
#### ➤ シッタン河口の潮津波（海嘯）について

潮津波は、上げ潮の先端が、河川や湾の潮流の方向に対して、河川や狭小な湾域を遡上して水の波を形成していく潮汐現象である。

潮津波は、一般的に（大体は、高水と低水位とが 6 m 以上の）大きな干満差をもつ海域で発生し、上げ潮が広い湾を通過して浅く、狭くなる河川に（じょうごのような形状で）通過する場所で起こる。漏斗（じょうご）のような形状は干満差を増大させるだけでなく、満潮が水位の急上昇として出現するポイントまで、満潮に至る時間をも減少させる。潮津波は、上げ潮の期間に起こり、決して（干潮までの）引き潮の期間には起きない。住民への聞き取り調査によれば、潮津波（海嘯）は月 2 回発生し、潮津波の最大波高は、（計画橋梁上流 6.8 km の）既設シッタン橋梁にて、2.5 m の高さとして目撃されている。

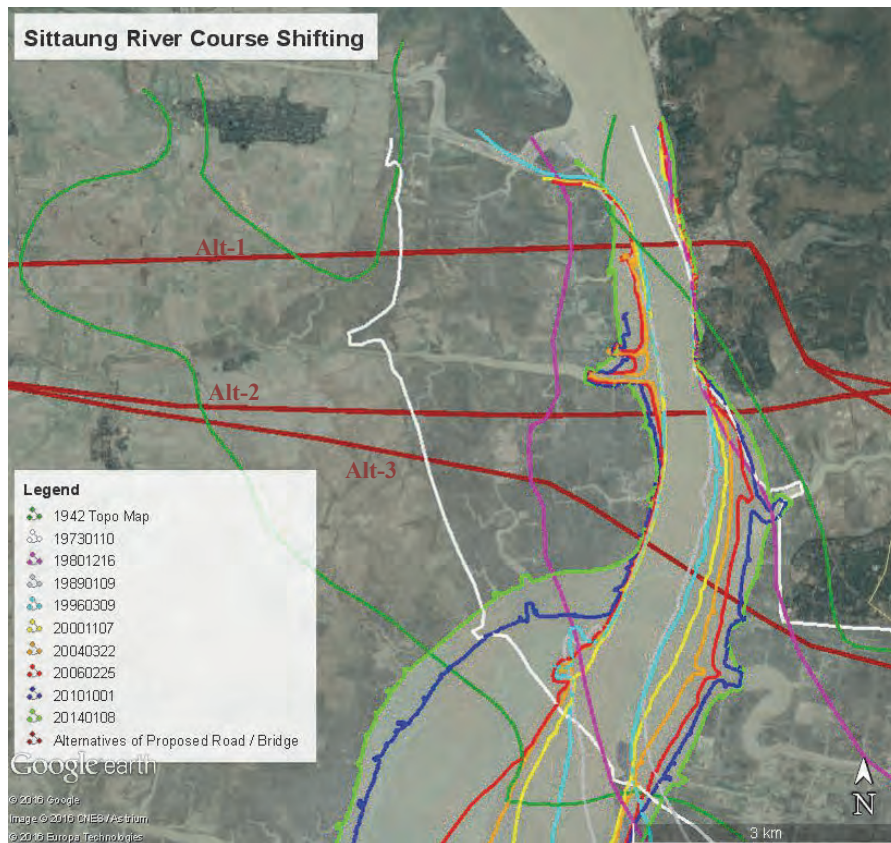
<sup>1</sup> 図 4.2.20～4.2.23 の図中に示す Alt-1～Alt-3 は架橋位置候補を示す。架橋位置の検討結果は 6.2 を参照されたい。





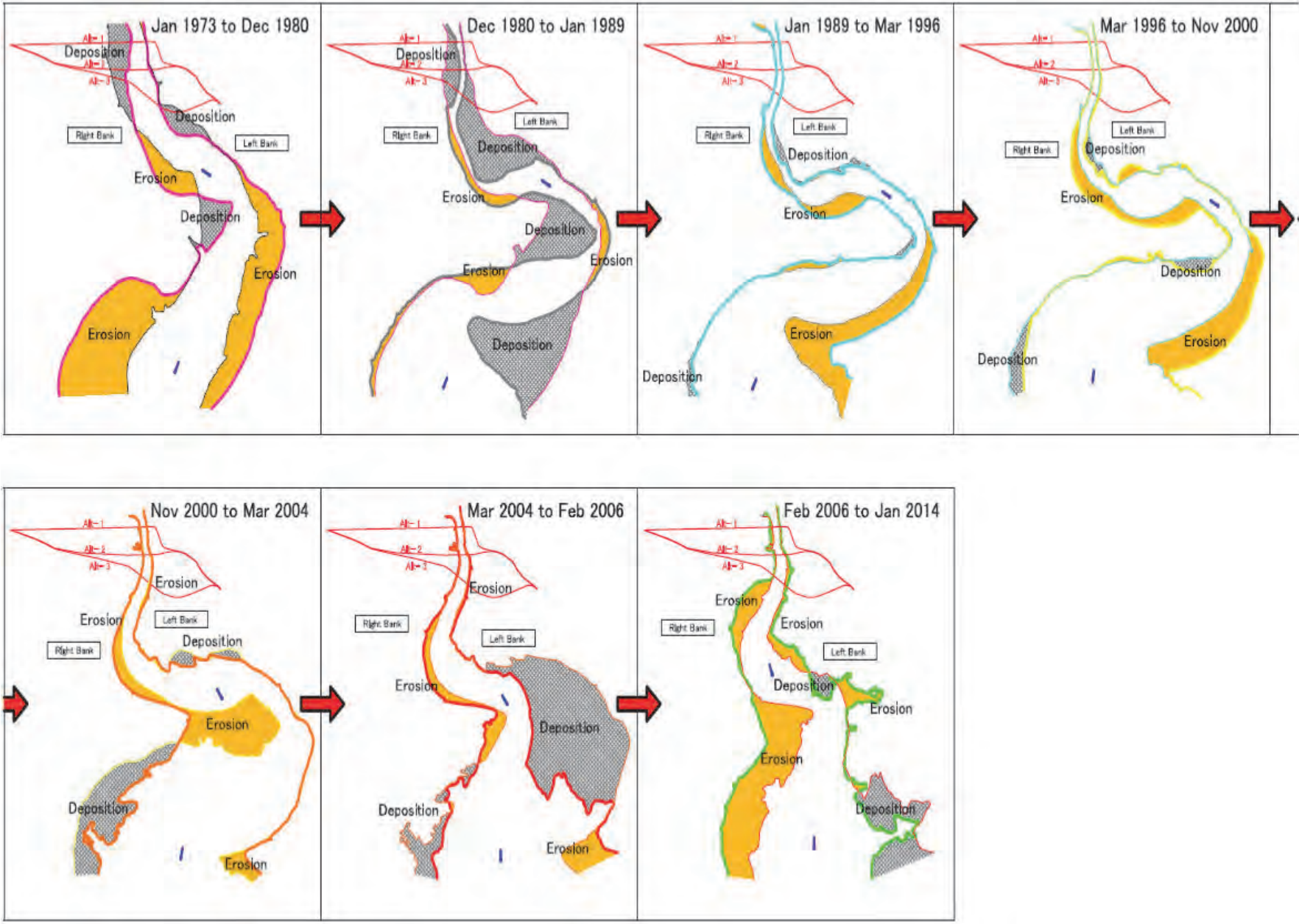
出典：JICA 調査団、Google Earth

図 4.3.20 過去 17 年間の計画シッタン橋梁付近の河岸線の変遷



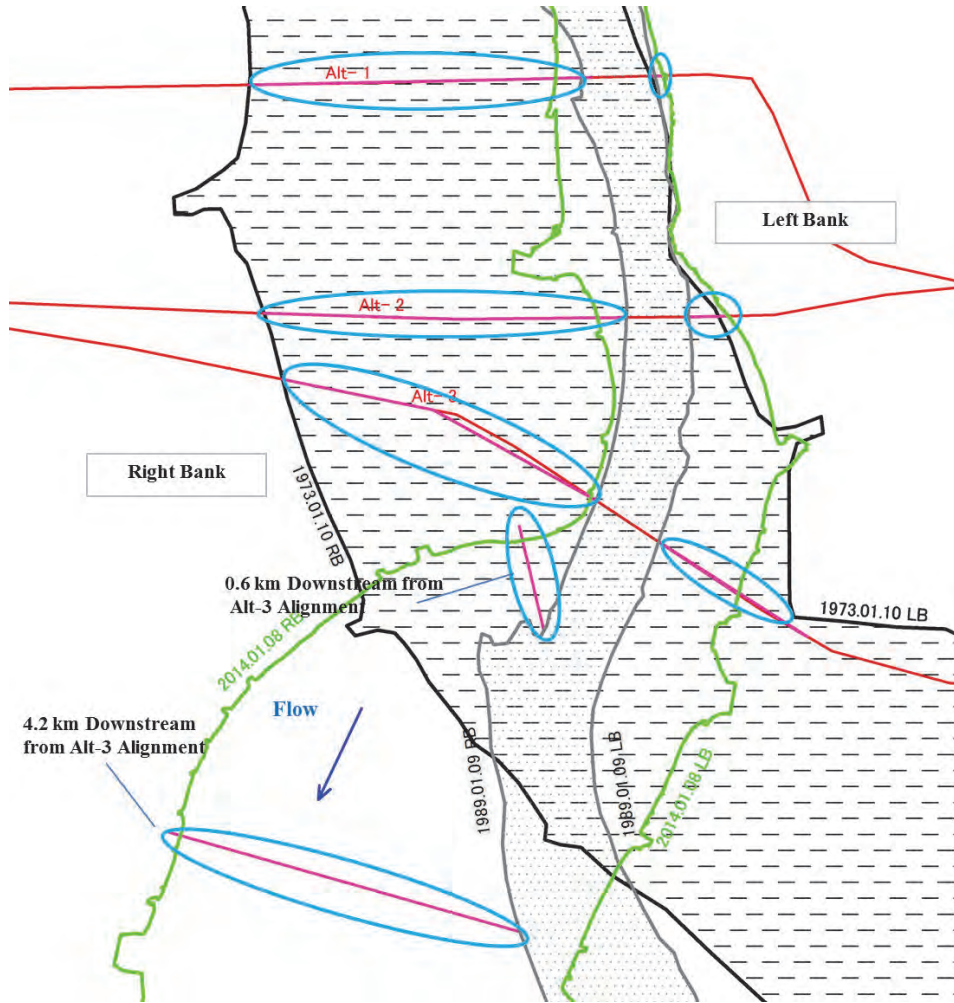
出典：JICA 調査団

図 4.3.21 計画シッタン橋梁付近の河岸線変遷の拡大図



出典：JICA 調査団

図 4.3.22 計画シツタ橋梁付近の過去の侵食および堆積状況



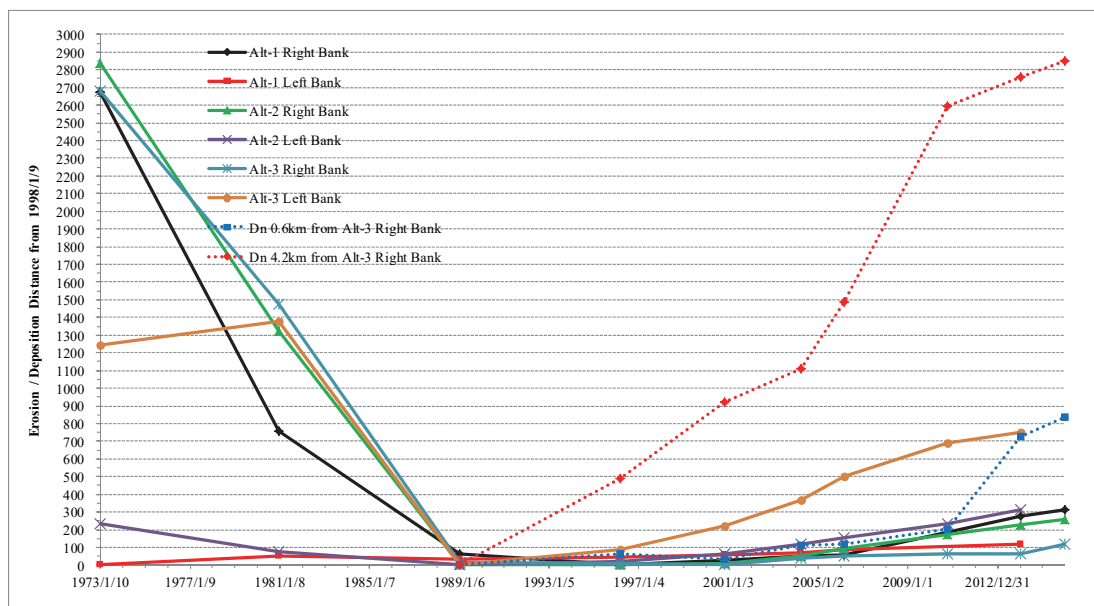
出典：JICA 調査団

図 4.3.23 計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食/堆積

表 4.3.7 計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食/堆積速度

Date	Increment Days	Alt-1 Right Bank		Alt-1 Left Bank		Alt-2 Right Bank		Alt-2 Left Bank		Alt-3 Right Bank		Alt-3 Left Bank		Dn 0.6km from Alt-3 Right Bank		Dn 4.2km from Alt-3 Right Bank		Remarks
		Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	Increment Distance (m)	Erosion Rate* (m/year)	
1973/1/10	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-					
1980/12/16	2897	-1913.48	-241.08	50.28	6.34	-1515.78	-190.98	-162.37	-20.46	-1204.63	-151.77	133.01	16.76					
1989/1/9	2946	-692.01	-85.74	-15.69	-1.94	-1322.08	-163.80	-73.82	-9.15	-1457.64	-180.60	-1378.55	-170.80	0.00	-	0.00	-	
1996/3/9	2616	-65.77	-9.18	9.19	1.28	4.28	0.60	21.38	2.98	-6.18	-0.86	85.13	11.88	60.77	8.48	488.22	68.12	
2000/11/7	1704	28.06	6.01	10.95	2.35	3.26	0.70	41.52	8.89	-10.59	-2.27	137.34	29.42	-25.11	-5.38	431.10	92.34	
2004/3/22	1231	26.20	7.77	16.57	4.91	46.25	13.71	56.33	16.70	42.08	12.48	144.30	42.79	79.60	23.60	189.77	56.27	
2006/2/25	705	5.72	2.96	15.38	7.96	40.75	21.10	37.57	19.45	11.30	5.85	135.75	70.28	0.41	0.21	377.73	195.56	
2010/10/1	1679					80.07	17.41	76.62	16.66	12.04	2.62	185.14	40.25	90.43	19.66	1110.31	241.37	
2014/1/8	1195	215.17	27.33	34.34	4.36	50.93	15.56	78.11	23.86	1.16	0.36	60.53	18.49	519.49	158.67	164.64	50.29	
2015/12/19	710	39.74	20.43			30.19	15.52			53.26	27.38			113.14	58.16	89.93	46.23	

出典：JICA 調査団



Note. The up-hill grade of lines on the graph shows the magnitude of erosion rate, and the declined lines shows the magnitude of deposition rate. The zero meter on the graph indicates as the distance of when the riverbank line is closest to river-center.

出典：JICA 調査団

図 4.3.24 計画シッタン橋梁付近の過去の時期別の侵食／堆積速度



出典：“潮津波、アエギル、海嘯、マスカール、ポロロッカ：理論と観察結果”  
 (著者: Hubert Chanson)

図 4.3.25 19 世紀のシッタン川の潮津波のグラビア

#### (4) 洪水状況

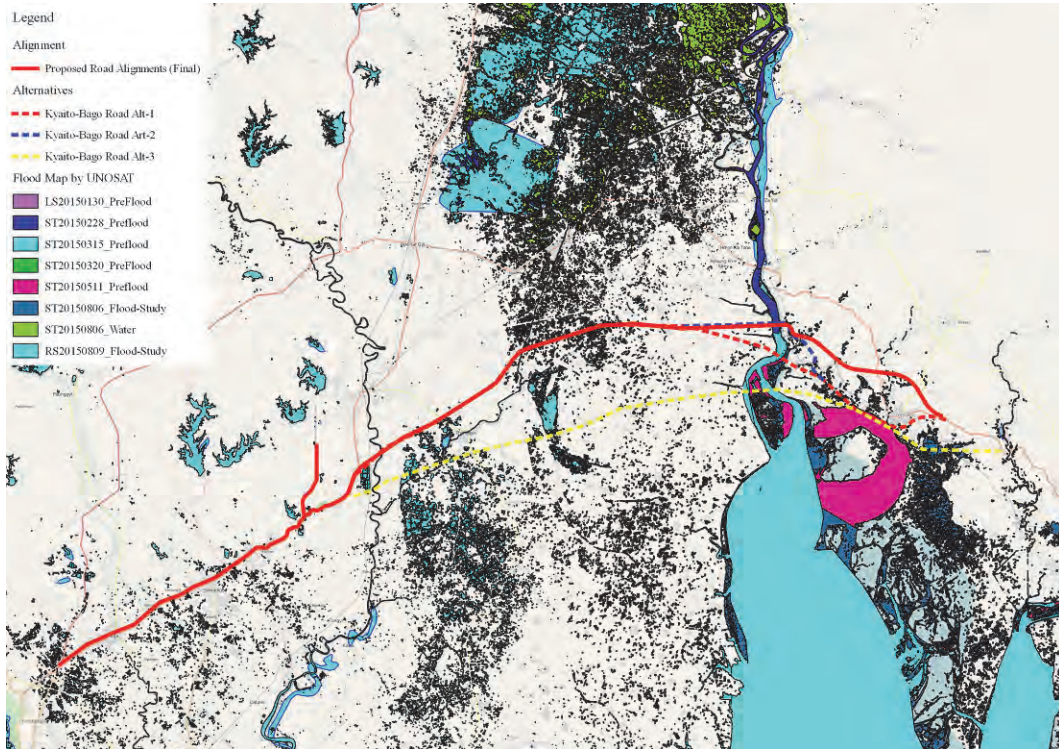
「ミャンマーのハザード・プロファイル 2009」によれば、洪水は、常にミャンマーの主要な災害の一つであり、全ての災害の中の 11% を占め、火災に次ぐ第二の災害となっている。対象地域周辺の洪水は、3 つのタイプに分けられる。

- ✓ 河川デルタや低地部での河川に関連する洪水；
- ✓ 土砂降り、飽和土壌、乏しい浸透率および（詰まった排水路などの）不適切もしくは不健全な建造物などの要因の組合せによる局所的な洪水；
- ✓ 沿岸地域での高潮による洪水。

シッタン川水系では、洪水は、東から西へ移動する低気圧風（台風や南シナ海の熱帯低気圧の残風）に関連する降雨により引き起こされる。河川に関連する洪水は、全ての洪水の中

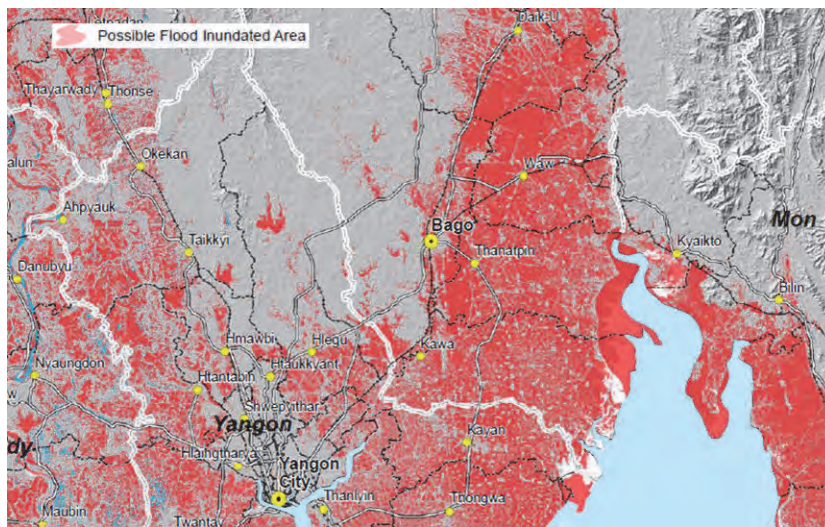
で最も一般的な事象であり、それらは、モンスーンの気圧の谷や低気圧風や高潮が、河川流域の低地にわたり激しい雨をもたらす一般的なモンスーンと重なり合う時に発生する。

DMH の文献によれば、シッター川沿岸の 1996 から 2009 年の洪水の発生頻度は、シッター川のマダウで 44 年間に 88 回発生している。最近あった洪水として、2015 年 1 月 30 日から 8 月 9 日時点での衛星画像による浸水危険地域図を図 4.3.26 に示す。また、図 4.3.27 に MIMU による洪水ハザードマップを示すが、対象地域の殆どは洪水が起きやすい地域であることを示している。



出典：UNOSAT の GIS データ (国連訓練調査研究所 UNTAR の測衛星応用計画)

図 4.3.26 2015 年 1 月 30 日から 8 月 9 日時点での衛星画像による浸水危険地域



出典：MIMU (ミャンマー情報管理ユニット)

図 4.3.27 シッター川流域のハザードマップ

#### 4.3.4 確率洪水量および確率水位の推定

##### (1) 観測所位置における確率洪水量および確率水位

###### 1) 観測所での確率洪水量

設計流出量のため、3 観測所（バゴー、タウングー、マダウ）での既往年間最大流出量を収集した。（2つの観測所は潮汐の影響を受けるが、雨期の流量の精度は、雨期の流れは上流から下流への一方向の流れであり、問題はないと考えられる。）

確率流出量は、下記より計算される。3 流量観測所での確率洪水量を表 4.3.8 に示す。

- ✓ 6つの手法の中から適切な確率分布モデルを選択する：指数分布、グンベル分布、平方根指数型最大値分布、一般化極値分布、対数ピアソンⅢ型分布（実数空間法）、および、対数ピアソンⅢ型分布（対数空間法）、
- ✓ 本検討では、SLSC（標準最小二乗規準）値や確率計算値の妥当性を参考に決定（SLSCは0.04以下が望ましい。）
- ✓ 計算確率年は、2, 3, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 80, 100, 150, 200, 300, 400 および 500 年確率。

表 4.3.8 Bago、Taungoo および Madauk 観測所での確率洪水量の計算

Station Name	Bago		Taungoo	Madauk	Remarks
River Name	Bago - Yangon		Sittaung	Sittaung	
Station ID	48093		7040	7060	
Long. (X)	96.5000		96.4667	96.8500	
Lat. (Y)	17.3333		18.9167	17.9167	
Catchment Area (km <sup>2</sup> )	2,580		14,660	26,758	
Data No. of Extreme Value	45		30	30	
Probable Discharge (m <sup>3</sup> /s)	(Year)	(%)			
	2	50%	1027	1281	3991
	3	33.3%	1117	1363	4227
	5	20%	1214	1430	4399
	10	10%	1333	1489	4529
	20	5%	1445	1528	4601
	25	4%	1479	1537	4617
	30	3.33%	1507	1544	4628
	50	2%	1585	1560	4652
	80	1.25%	1656	1571	4667
	100	1%	1689	1576	4672
	150	0.667%	1750	1583	4680
	200	0.5%	1793	1587	4685
	300	0.333%	1853	1591	4689
	400	0.25%	1895	1594	4692
	500	0.2%	1929	1596	4694
Probable Discharge per Drainage Area (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	(Year)	(%)			
	2	50%	0.39806	0.08738	0.14915
	3	33.3%	0.43295	0.09297	0.15797
	5	20%	0.47054	0.09754	0.16440
	10	10%	0.51667	0.10157	0.16926
	20	5%	0.56008	0.10423	0.17195
	25	4%	0.57326	0.10484	0.17255
	30	3.33%	0.58411	0.10532	0.17296
	50	2%	0.61434	0.10641	0.17385
	80	1.25%	0.64186	0.10716	0.17442
	100	1%	0.65465	0.10750	0.17460
	150	0.667%	0.67829	0.10798	0.17490
	200	0.5%	0.69496	0.10825	0.17509
	300	0.333%	0.71822	0.10853	0.17524
	400	0.25%	0.73450	0.10873	0.17535
	500	0.2%	0.74767	0.10887	0.17542
X-COR(99%)	0.986		0.990	0.995	
P-COR(99%)	0.994		0.991	0.485	
SLSC(99%)	0.030		0.036	0.024	
Probabilistic Distributed model	3-parameter log-normal distribution (Quantile method)		Generalized extreme value distribution	Log Pearson type III distribution (Real space method)	

出典：DMH のデータより、JICA 調査団

2) 観測所での確率水位

同様の方法で、DMH の 3 観測所(バゴー、タウンゲー、マダウ)と ID の 3 観測所(Myit-Kyoe、  
 シャンジャン、Waw)での既往年間最大水位(極値)が、設計水位の参考として用いられる。  
 (ID の他の観測所の観測水位については、観測年数が少なく、確率計算用には用いられない。)なお、  
 収集された全ての観測所での観測水位の基準面は任意の基準面標高であるため、(国家基準面の)  
 高さにはオフセットが必要となる。

6 観測所での確率水位の結果を表 4.3.9 に示す。

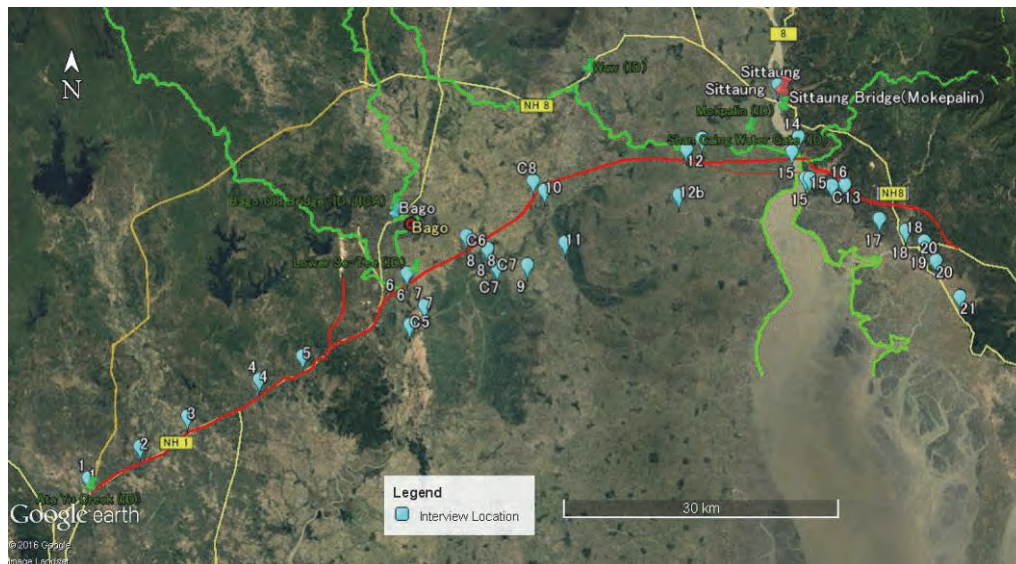
**表 4.3.9 6 観測所での確率水位の計算**

Observation Organization		DMH			Irrigation Department			Remarks
Station Name		Bago	Taungoo	Madauk	Myit Kyoe	Shan Gaing Gate	Waw	
River Name		Bago - Yangon	Sittaung	Sittaung	Sittaung	Sittaung	Sittaung-Bago	
Station ID		48093	7040	7060	-	-	-	
Long. (X)		96.5000	96.4667	96.8500	96.8140	96.8432	96.6780	
Lat. (Y)		17.3333	18.9167	17.9167	17.5992	17.4190	17.4767	
Catchment Area (km2)		2,580	14,660	26,758	-	-	-	
Data No. of Extreme Value		28	30	29	5	5	11	
Probable Water Level (m)	(Year)							
	2 50%	9.03	6.46	11.61	7.20	6.77	6.92	
	3 33.3%	9.17	6.65	11.87	7.33	6.99	7.15	
	5 20%	9.30	6.81	12.09	7.47	7.23	7.40	
	10 10%	9.44	6.96	12.27	7.65	7.54	7.72	
	20 5%	9.56	7.06	12.39	7.82	7.84	8.02	
	25 4%	9.59	7.08	12.43	7.88	7.94	8.12	
	30 3.33%	9.62	7.10	12.45	7.92	8.01	8.20	
	50 2%	9.69	7.15	12.50	8.04	8.23	8.42	
	80 1.25%	9.75	7.18	12.55	8.16	8.42	8.62	
	100 1%	9.78	7.20	12.56	8.21	8.52	8.71	
	150 0.667%	9.82	7.22	12.59	8.31	8.68	8.89	
	200 0.5%	9.86	7.24	12.61	8.38	8.80	9.01	
	300 0.333%	9.90	7.26	12.63	8.47	8.97	9.18	
	400 0.25%	9.93	7.27	12.64	8.54	9.09	9.30	
500 0.2%	9.95	7.28	12.65	8.59	9.18	9.40		
X-COR(99%)		0.985	0.990	0.996	0.989	0.923	0.923	
P-COR(99%)		0.988	0.989	0.998	0.983	0.961	0.964	
SLSC(99%)		0.037	0.030	0.022	0.035	0.126	0.118	
Probabilistic Distributed model		Log Pearson type III distribution (Real space method)	Log Pearson type III distribution (Real space method)	Log Pearson type III distribution (Logarithmic space method)	Gumbel distribution	Gumbel distribution	Gumbel distribution	

出典：DMH と灌漑局のデータより、JICA 調査団

## (2) インタビュー調査結果

水位観測所での水位は、測定の基準面標高ではなく、任意の基準面標高である。よって、現場での洪水水位および水位観測所での確率値との相関を類推するために、実際の洪水水位の聞き取り調査を住民へ行った。地元住民へのインタビュー位置を図 4.3.28 に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.28 水文インタビュー調査の位置

## (3) 計画橋梁および道路での確率洪水量および確率水位

### 1) 計画カルバートおよび橋梁位置での設計洪水量

一般に洪水予測のために多くの手法と手順がある。本検討では、2つの推定手法を検討し、各手法の流域面積のサイズによって、以下のように規定する。

- ✓ 流域面積  $< 200\text{km}^2$   $\Rightarrow$  合理式
- ✓ 流域面積  $\geq 200\text{km}^2$   $\Rightarrow$  比流量（「クレーガー曲線」により修正した単位排水面積当たり確率洪水量）

計画橋梁位置での設計流出量（確率洪水量）は、上記の2つの手法の中から適用し、比流量は上流の各観測所の確率洪水量に各流域の流域面積割合を乗じることで算出する。（「クレーガー曲線」により修正された比流量）による手法）カルバートの流域面積は小さく、その設計流出量は、最も一般的に用いられる合理式のみによって算出する。

設計洪水量の大きさは、計画道路のメインの2橋梁は100年確率、小橋梁は50年確率洪水を採用する。カルバートの設計洪水量は、流域面積の大きさにより、20年確率（ $> 1\text{km}^2$ ）と10年確率洪水（ $< 1\text{km}^2$ ）を採用する。

設計流出量を、表 4.3.10 と表 4.3.11 に示す。



**表 4.3.10 計画カルバート及び橋梁位置での設計洪水量 (1)**

ID	Chainage	Drainage Area (Irrigation Area)	Design Scale	Specific Discharge (A>20km <sup>2</sup> )		Rational Formula (A<200km <sup>2</sup> )						Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Culvert Type (Bridge Length)	Remarks
				Discharge per drainage-area (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Concentration Time (hr)	Flow Length (m)	Mononobe's A	Rainfall Intensity (mm/hr)	Runoff Coefficient	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)			
<NH1 Improvement >														
Brd-1	-Km00+386	44.5	50yrs	3.92157	174.5	3.83	12,904	96.196	39.266	0.60	291.2	291.2	( - )	Freeboard= 0.8
C-1	Km02+730	(4162)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	6.37	6.4	II	
Brd-2	Km06+313	848.0	50yrs	1.14127	967.8	-	A>200 km <sup>2</sup>	-	-	-	-	967.8	( 150.0 )	Freeboard= 1.0
Brd-3	Km10+078	11.7	50yrs	-	-	2.05	6,475	96.196	59.639	0.60	116.4	116.4	( 90.0 )	Freeboard= 0.6
C-2	Km10+997	(8938)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	12.72	12.7	II	
Brd-4	Km12+667	117.8	50yrs	2.77173	326.5	10.17	35,712	96.196	20.493	0.60	402.3	402.3	( 120.0 )	Freeboard= 0.8
C-3	Km14+785	(1689)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	3.91	3.9	Ib	
C-4	Km14+798	2.3	25yrs	-	-	1.09	3,012	86.449	81.793	0.60	31.5	31.5	II	
C-5	Km15+914	4.7	25yrs	-	-	1.08	2,974	86.449	82.318	0.60	64.1	64.1	III	
C-6	Km19+713	(505)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	1.64	1.6	Ic	
Brd-5	Km21+459	310.5	50yrs	1.84600	573.3	-	A>200 km <sup>2</sup>	-	-	-	-	573.3	( 150.0 )	Freeboard= 1.0
C-7	Km25+232	(1800)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	4.25	4.3	II	
C-8	Km27+015	(243)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	1.10	1.1	Ib	
C-9	Km34+018	0.9	10yrs	-	-	0.58	1,178	73.274	105.678	0.60	16.0	16.0	Ic	
C-10	Km35+377	(724)	Irrigation	-	-	-	-	-	-	-	1.10	1.1	II	
Brd-6	Km35+757	62.7	50yrs	3.49563	219.2	7.84	27,309	96.196	24.384	0.60	254.8	254.8	( 90.0 )	Freeboard= 0.8
C-11	Km36+416	27.5	25yrs	4.23895	116.8	3.73	12,515	86.449	35.967	0.60	165.1	165.1	III	
Brd-7	Km36+597	27.5	50yrs	4.54275	125.1	3.73	12,515	96.196	40.023	0.60	183.8	183.8	( 90.0 )	Freeboard= 0.6
C-12	Km39+165	3.4	25yrs	-	-	0.85	2,154	86.449	96.463	0.60	54.0	54.0	III	
<Kyaikto-Bago Bypass>														
C-12	Km00+727	3.4	25yrs	-	-	0.85	2,154	86.449	96.463	0.60	54.0	54.0	III	
C-13	Km02+185	3.6	25yrs	-	-	1.20	3,436	86.449	76.364	0.60	45.8	45.8	II	
Brd-8	Km04+330	2651.2	100yrs	0.65826	1745.1	-	A>200 km <sup>2</sup>	-	-	-	-	1745.1	( 200.0 )	Freeboard= 1.0
C-14	Km07+019	4.9	25yrs	-	-	1.28	3,699	111.916	95.059	0.60	78.0	78.0	III	
C-15	Km08+879	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
Brd-9	Km09+320	23.6	50yrs	4.74508	112.1	2.45	7,930	124.045	68.205	0.60	268.6	268.6	( 90.0 )	Freeboard= 0.8
C-16	Km10+463	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-17	Km10+750	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-18	Km11+185	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-19	Km11+646	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-20	Km11+720	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-21	Km11+764	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-22	Km11+782	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-23	Km12+111	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	III	
C-24	Km12+918	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-25	Km14+019	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
Brd-10	Km14+389	244.1	50yrs	2.05330	501.1	-	A>200 km <sup>2</sup>	-	-	-	-	501.1	( 120.0 )	Freeboard= 1.0
C-26	Km15+284	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-27	Km16+439	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-28	Km17+490	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	Ic	
C-29	Km17+673	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	Ib	
C-30	Km18+566	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	
C-31	Km19+279	-	-	Restoration to original form			-	-	-	-	-	-	II	

出典：JICA 調査団

表 4.3.11 計画カルバート及び橋梁位置での設計洪水量 (2)

ID	Chainage	Drainage Area (Irrigation Area)	Design Scale	Specific Discharge (A>200km <sup>2</sup> )		Rational Formula (A<200km <sup>2</sup> )						Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Culvert Type (Bridge Length)	Remarks
				Discharge per drainage-area (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Concentration Time (hr)	Flow Length (m)	Mononobe's A	Rainfall Intensity (mm/hr)	Runoff Coefficient	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)			
C-32	Km19+544	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-33	Km20+115	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-34	Km21+184	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
Brd-11	Km21+343	11.2	50yrs	-	-	1.98	6,212	124.045	78.789	0.60	146.6	146.6	(90.0)	Freeboard= 0.6
Brd-12	Km22+747	9.9	50yrs	-	-	2.19	6,995	124.045	73.489	0.60	121.8	121.8	(90.0)	Freeboard= 0.6
Brd-13	Km23+162	-	50yrs	-	-	from Typical Cross Section						-	(90.0)	Freeboard= 1.0
C-35	Km24+496	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-36	Km25+446	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ic	
C-37	Km25+545	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-38	Km26+230	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-39	Km27+075	-	-	-	-	Restoration to original form						-	II	
C-40	Km27+562	-	-	-	-	Restoration to original form						-	II	
C-41	Km27+641	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ic	
C-42	Km27+693	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-43	Km29+119	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-44	Km29+134	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-45	Km30+479	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-46	Km30+922	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-47	Km32+560	-	-	-	-	Restoration to original form						-	II	
C-48	Km33+671	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-49	Km35+343	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-50	Km35+964	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-51	Km36+874	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-52	Km37+340	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-53	Km37+838	-	-	-	-	Restoration to original form						-	II	
C-54	Km38+390	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-55	Km38+583	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-56	Km40+182	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ic	
C-57	Km41+457	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-58	Km41+683	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-59	Km41+746	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ic	
C-60	Km41+912	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-61	Km42+681	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-62	Km43+122	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-63	Km43+655	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ic	
C-64	Km43+834	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-65	Km44+519	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-66	Km46+131	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ib	
C-67	Km47+398	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-68	Km48+488	-	-	-	-	Restoration to original form						-	Ia	
C-69	Km48+655	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
C-70	Km49+287	-	-	-	-	Restoration to original form						-	III	
Brd-14	Km50+877	34015.6	100yrs	0.1746020	5939.2	-	A>200 km <sup>2</sup>	-	-	-	-	5939.2	(2330.0)	Navigation Clearance= 6.1
C-71	Km52+769	0.4	10yrs	-	-	0.41	592	95.526	171.835	0.60	10.2	10.2	Ic	
Brd-15	Km54+636	78.2	50yrs	3.23169	252.9	8.67	30,294	124.045	29.403	0.60	383.4	383.4	(120.0)	Freeboard= 0.8
C-72	Km55+954	0.8	10yrs	-	-	0.50	886	95.526	152.444	0.60	20.9	20.9	Ic	
C-73	Km57+059	1.0	10yrs	-	-	0.62	1,319	95.526	131.875	0.60	21.6	21.6	Ic	
Brd-16	Km58+849	16.9	50yrs	-	-	1.75	5,390	124.045	85.512	0.60	241.4	241.4	(90.0)	Freeboard= 0.8
C-74	Km59+349	0.2	10yrs	-	-	0.38	453	95.526	183.394	0.60	4.6	4.6	Ib	
C-75	Km60+067	0.3	10yrs	-	-	0.36	408	95.526	187.640	0.60	8.5	8.5	Ic	
C-76	Km61+146	0.8	10yrs	-	-	0.51	925	95.526	150.226	0.60	20.3	20.3	Ic	
C-77	Km61+842	0.2	10yrs	-	-	0.37	445	95.526	184.184	0.60	7.2	7.2	Ib	
C-78	Km63+776	0.6	10yrs	-	-	0.68	1,564	95.526	122.991	0.60	12.0	12.0	Ic	
C-79	Km64+128	2.6	25yrs	-	-	1.22	3,488	111.916	98.074	0.60	42.3	42.3	II	
Brd-17	Km64+542	117.5	50yrs	2.77445	326.0	8.06	28,120	124.045	30.855	0.60	604.2	604.2	(120.0)	Freeboard= 1.0
C-80	Km65+388	0.8	10yrs	-	-	0.59	1,207	95.526	136.534	0.60	18.0	18.0	Ic	
C-81	Km65+752	1.1	25yrs	-	-	0.71	1,651	111.916	140.791	0.60	26.6	26.6	II	
Brd-18	Km66+410	17.4	50yrs	5.15361	89.4	2.96	9,767	124.045	60.129	0.60	173.9	173.9	(90.0)	Freeboard= 0.6
C-82	Km67+392	0.2	10yrs	-	-	0.43	646	95.526	167.833	0.60	6.8	6.8	Ib	
C-83	Km67+733	0.2	10yrs	-	-	0.41	564	95.526	174.070	0.60	5.4	5.4	Ib	
C-84	Km68+074	0.9	10yrs	-	-	0.69	1,593	95.526	122.046	0.60	19.1	19.1	Ic	
C-85	Km70+502	3.3	25yrs	-	-	0.88	2,269	111.916	121.836	0.60	66.6	66.6	III	
C-86	Km71+794	0.9	10yrs	-	-	0.48	817	95.526	156.482	0.60	22.4	22.4	Ic	

Note: Time of concentration is calculated by assumed velocity of flow channel.

Assumed V= 1.0 m/s.

Necessary Bridge Opening Width is calculated by Lacey's equation, in order to prevent contraction scour.

The specific discharge is performed the corrections to the weighting of the catchment area by "Creager curve".

Culvert Type

Type	B (φ) (m)	H (φ) (m)	Cell No.	Slope (%)	Area (m <sup>2</sup> )	Wetted perimeter (m)	Velocity (m/s)	Discharge capacity (m <sup>3</sup> /s)	Remarks	BoQ
C90-1	0.90	0.90	1	0.60%	0.55	1.99	2.18	1.19	80% depth	0
C150-1	1.50	1.50	1	0.30%	1.52	3.32	2.16	3.28	80% depth	0
Ia	1.50	1.50	1	0.30%	1.80	3.90	2.18	3.93	80% depth	7
Ib	2.00	2.00	1	0.30%	3.20	5.20	2.64	8.45	80% depth	19
Ic	3.00	3.00	1	0.30%	7.20	7.80	3.46	24.92	80% depth	17
II	3.00	3.00	2	0.30%	7.20	7.80	3.46	49.85	80% depth	20
III	6.00	4.50	1	0.20%	21.60	13.20	4.14	89.43	80% depth	24

出典: JICA 調査団

2) 計画橋梁および道路位置での設計高水位

現場の洪水水位および水位観測所の(計算)確率値との相関は、下記の仮定に基づき推定する。

- DMH と ID の観測水位からの計算確率水位は、任意の基準面標高であり、平均海面上の高度、つまり、国家測量基準面上の標高ではない。それらからは、相対的な水位関係／差異が把握できるのみである。
- シッター川流域の計画橋梁／道路の各現場での洪水水位は、モーラミヤイン港近くの河口からの距離に関連する。モーラミヤイン港の年間最大大潮の潮位は、（基準面つまり MSL 上）3.50 m である。既存シッター橋梁では、潮津波の最大波高は、地域住民によって、満潮上 2.5 m の波高として目撃されている。
- インタビュー位置の座標は、ハンディ GPS で計測した。しかし、インタビュー水位は個々の住民の記憶に基づいており、不正確性を含有する。本検討では詳細測量は実施していないため、インタビュー水位は、グーグルアースや衛星 DEM（数値標高図）など、一般的に利用可能な標高上の値として推算する。

本検討における洪水水位は、インタビュー既往最高水位と河口からインタビュー位置までの距離の関係、および、計算された確率洪水水位、既存橋梁図面の洪水水位、過去の文献情報より推定した。多少の誤差は含むものの、計画道路上の各橋梁位置での設計高水位を示す。（設計規模は、通常の橋梁は 50 年確率洪水で計画バギーおよびシッター橋梁は 100 年確率洪水とする。）

表 4.3.12 計画橋梁位置での設計高水位

Bridge ID	Road Chainage	River Name	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Design Discharge		Design High Water Level (m)		Freeboard / Navigation Clearance (m)	Remarks
				Return Period	Discharge (m <sup>3</sup> /s)	100 yrs	50 yrs		
< NH1 Improvement >									
Brd-1	-Km00+386	Ata Yu Creek	44.5	50yrs	291.2	-	7.39	0.8	
Brd-2	Km06+313	Pazundaung Creek (River)	848.0	50yrs	967.8	-	8.96	1.0	
Brd-3	Km10+078	(unknown)	11.7	50yrs	116.4	-	8.84	0.6	
Brd-4	Km12+667	(unknown)	117.8	50yrs	402.3	-	9.52	0.8	
Brd-5	Km21+459	Le Gun Byin Creek	310.5	50yrs	573.3	-	7.68	1.0	
Brd-6	Km35+757	Zeletaw Creek	62.7	50yrs	254.8	-	10.57	0.8	
Brd-7	Km36+597	Split flow by Culvert Width 8.3746	27.5	50yrs	123.2	-	10.47	0.6	
<Kyaikto-Bago Bypass>									
Brd-8	Km04+330	Bago River	<b>2,651</b>	100yrs	<b>1,745</b>	10.85	(10.72)	1.0	
Brd-9	Km09+320	Mokkala Creek (W=31.4m)	23.6	50yrs	268.6	-	9.67	0.8	
Brd-10	Km14+389	Kamapa Yan Creek (W=46.4m)	244.1	50yrs	501.1	-	9.54	1.0	
Brd-11	Km21+343	Maung Makawyo (W=37.4m)	11.2	50yrs	146.6	-	9.40	0.6	
Brd-12	Km22+747	(unknown)	9.9	50yrs	121.8	-	9.40	0.6	
Brd-13	Km23+162	Sittaung-Bago Canal (W=75m)	-	50yrs	-	-	9.41	2.0	
Brd-14	Km50+877	Sittaung River	<b>34,016</b>	100yrs	<b>5,939</b>	8.76	(8.66)	<b>6.1</b>	Navigation Clearance
Brd-15	Km54+636	Ka Lun Chaung	78.2	50yrs	383.4	-	9.02	0.8	
Brd-16	Km58+849	(unknown)	16.9	50yrs	241.4	-	9.12	0.8	
Brd-17	Km64+542	Kadat Chaung	117.5	50yrs	604.2	-	8.75	1.0	
Brd-18	Km66+410	Tagal Chaung	17.4	50yrs	173.9	-	8.90	0.6	

出典：JICA 調査団

#### (4) 計画橋梁および道路の水文水理上の評価

##### 1) 橋梁の水理設計のクライテリア

橋梁下の水路の開口部を設計するために、以下の水理設計クライテリアは要求される。

- ✓ 背水によって、橋梁の上流部の資産に洪水被害を大幅に増加させない。
- ✓ 橋梁を通過する流速が、道路施設に損傷を与えない、または、下流の資産へダメージを与えない。
- ✓ 既設の流量配分は実際的な範囲に保持されている。
- ✓ 橋脚や橋台の設計上、流れの阻害を最小化している。(収縮洗掘は極力発生させない。)
- ✓ 可能性のある局所洗掘は許容範囲内とする。
- ✓ 構造物のクリアランスは、予想される如何なる流送物をも、安全に通過させるのに十分に設計されている。(もしくは、橋梁桁下標高は”最高水位+航路高”よりも高くなっている。)

設計確率年、高水位と橋梁桁との余裕は、関係機関により認められた基準に準拠すべきである。(航路がある場合は、橋梁桁下と水面との余裕は少なくとも既存橋梁のクリアランス以上を確保する。他の場合でも、水理上の余裕高は日本の河川砂防技術基準に拠っている。)

本検討では、バイパス道路に対し、主要橋梁は 100 年の確率年、小橋梁には 50 年を採用する。

##### 2) カルバート、道路盛土の水理設計クライテリア

排水溝、カルバートおよび道路盛土の設計規模(確率年)は、下記を適用する。

- ✓ (道路排水用) 排水溝、小カルバート ( $A < 1\text{km}^2$ ) ----- 10 年確率
- ✓ カルバート ( $A \geq 1\text{km}^2$ ) ----- 25 年
- ✓ 道路盛土 ----- 50 year

横断方向の道路排水構造物は、主にカルバートや橋を通過する。洪水のための開口の大きさは、集水域のパラメータと既存の近隣のシステムを考慮することによって決定する。

水理設計は下記の点を考慮する必要がある。

- ✓ カルバート入り口での収縮による損失水頭
- ✓ 粗度によるインレット、カルバート全体、およびアウトレットでの損失水頭
- ✓ 下流水位と下流の状況

道路盛土は、土砂材料で築堤されるが、洪水の越波と衝突(バンピング)に非常に弱い。よって、計画する場合はクリアランスなどの安全対策を検討する必要がある。道路の余裕高は、河川堤防と同じ基準が適用される。道路の防護は、適切な防護工を用いて安全にする。また、全ての洪水レベルは、洪水位が道路盛土に影響するか否かを確認するために、設計図面に示すべきである。

#### (5) 水文水理条件に対する提言

上記の水理検討から、幾つかの課題や結論が抽出される。計画した水理構造物の水理的課題として、以下の点が今後の課題として残される。

- ✓ 本検討では、詳細な地形、深淺測量および水文調査は実施されていない。河相/河川特性、潮汐運動(満潮/干潮)および特異な水理現象(潮津波)を明らかにするために、これらの詳細調査を実施すべきである。河口周辺の流量は、潮流と河川自体の流

量の合計であり、一般には、（上流の降雨による）河川自体の流れは、（潮汐運動による干満潮の）潮流の流れよりも小さい。特にシッタン川河口から潮汐の影響距離は長く、大規模な調査が必要となる。

- ✓ 本検討では、橋梁洗掘を含む水理解析を詳細に実施していないし、橋脚／橋台周辺の河川工事も検討していない。よって、次の設計段階では、適切な護床や護岸工事の検討がなされるべきである。特に、シッタン河口区間の水理現象は非常に稀有であり、詳細な水理検討がさらに求められる。
- ✓ 標高の値と確率値の制度を確保するため、「水位観測所の基準面標高」と「地形測量上の基準面標高」の差の確認を、次の調査段階で実施すべきである。
- ✓ 現段階の降雨強度式は24時間雨量から予測されたもので、短時間雨量データを使用していない。（収集困難であった。）多くの短時間雨量データがあれば、降雨強度式を精査すべきである。
- ✓ 今回の検討区域は低平地で洪水区域であり、灌漑／排水の水路ネットワークは非常に複雑である。よって、今後の検討では、排水構造物の流域の範囲内で、より詳細な調査が実施されるべきである。