

ミャンマー国運輸省
ミャンマー港湾公社
内陸水運公社

ミャンマー国
ヤンゴン港・内陸水運施設
改修調査

最終報告書

要 約

平成 27 年 1 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

日 本 工 営 株 式 会 社
一般財団法人 国際臨海開発研究センター

基盤
JR
15-024

ミャンマー国運輸省
ミャンマー港湾公社
内陸水運公社

ミャンマー国
ヤンゴン港・内陸水運施設
改修調査

最終報告書

要 約

平成 27 年 1 月
(2015 年)

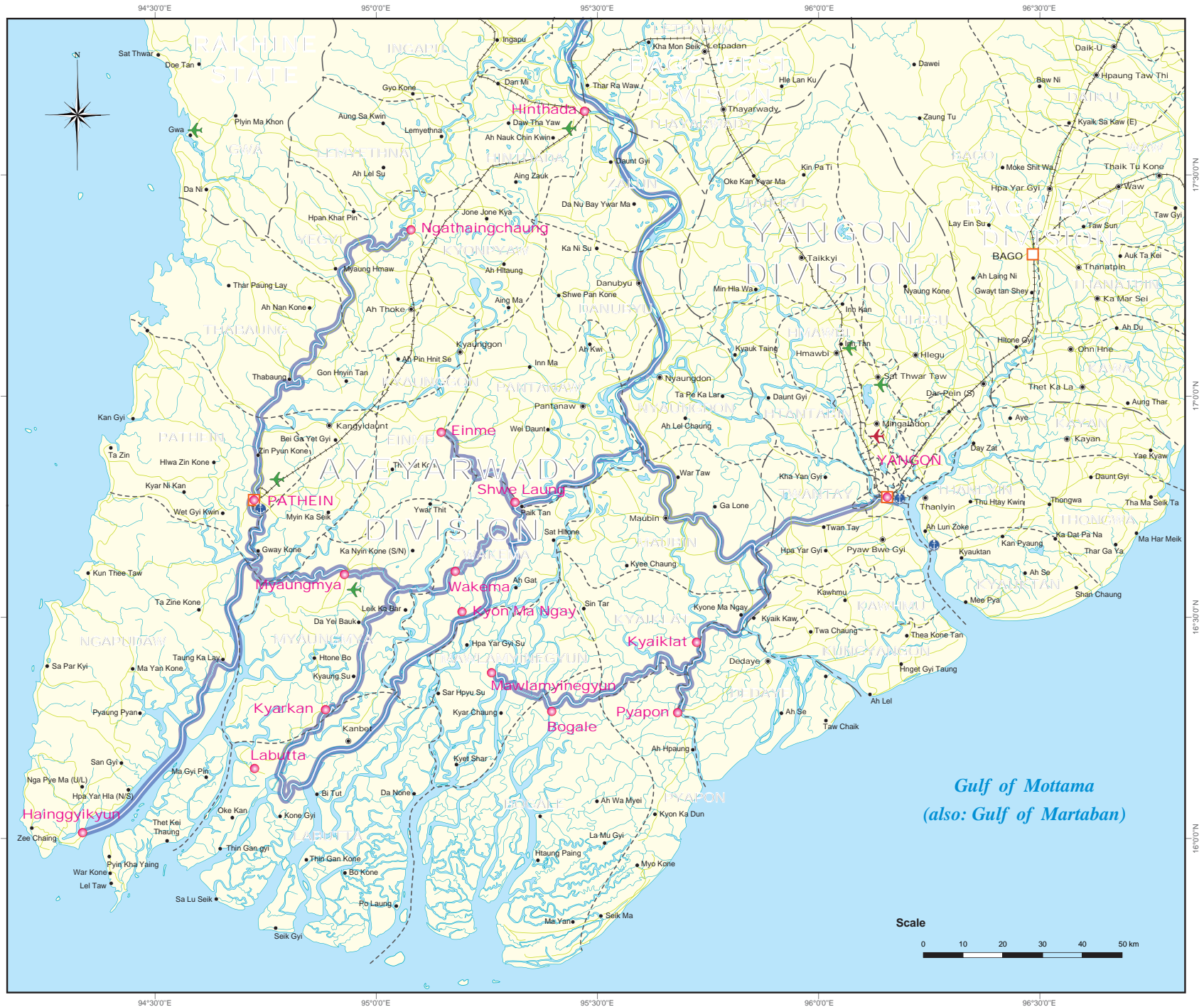
独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

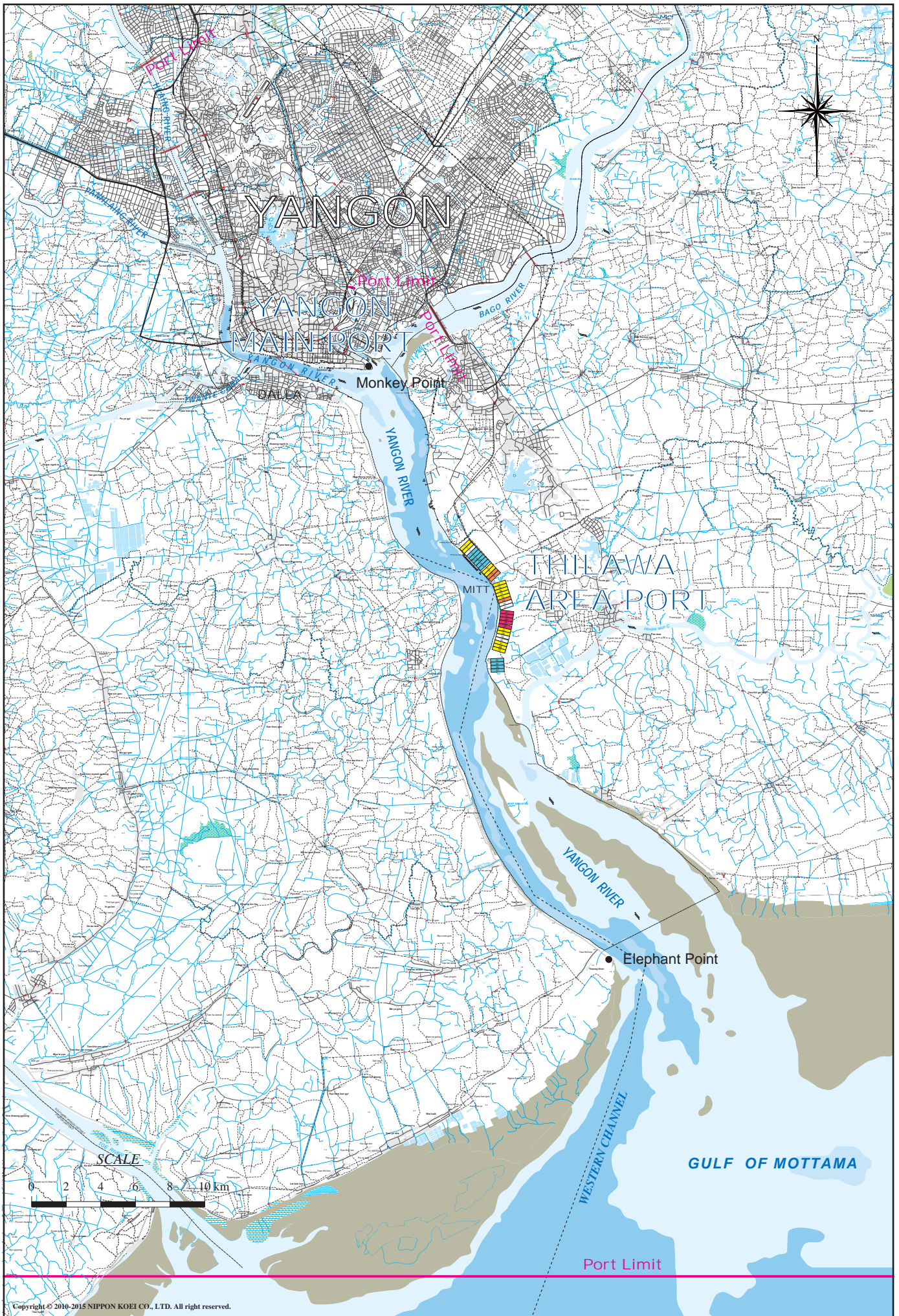
日 本 工 営 株 式 会 社
一般財団法人 国際臨海開発研究センター



- Legend**
- Major Landing Stations of IWT
 - State/Division Capital
 - Main Town
 - Other Town
 - ✈ International Airport
 - ✈ Domestic Airport
 - ✈ International Port
 - State/Region Boundary
 - Township Boundary
 - Railway
 - Road
 - Main Inland Waterway Route

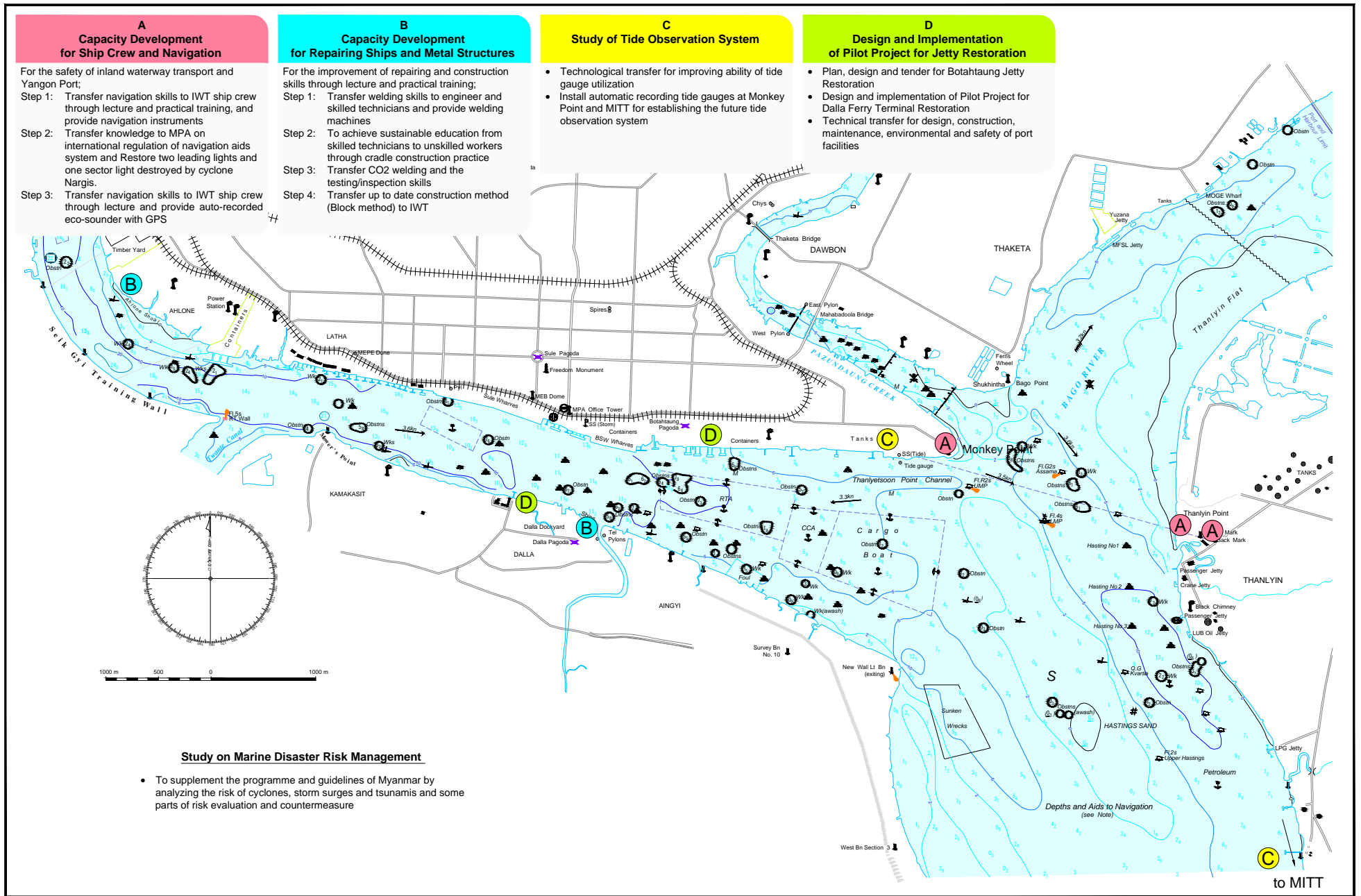
調査対象地域の
内陸水運主要港
および
航路位置図



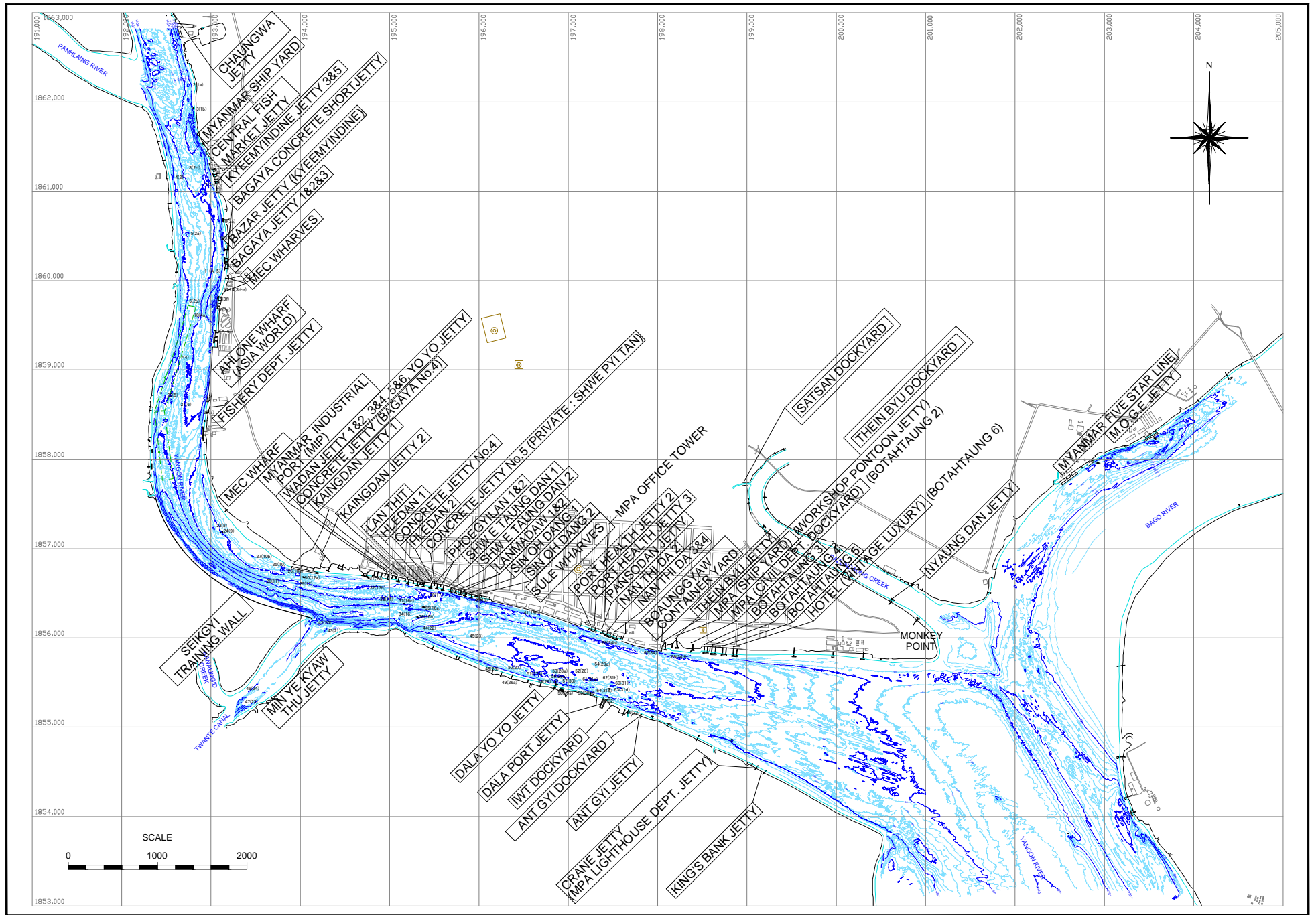


Copyright © 2010-2015 NIPPON KOEI CO., LTD. All right reserved.

ヤンゴン港位置図



研修、検討および実証事業の概要



ヤンゴン本港における港湾施設位置図

ミャンマー国
ヤンゴン港・内陸水運施設改修調査

最終報告書

要 約

調査対象地域の内陸水運主要港および航路位置図
ヤンゴン港位置図
研修、検討および実証事業の概要
ヤンゴン本港における港湾施設位置図

目 次

第1章	はじめに.....	1
	1.1 調査の背景.....	1
	1.2 調査の対象.....	1
	1.3 調査対象地域、スコープおよび調査スケジュール.....	1
	1.4 先方実施機関.....	3
	1.5 報告書の構成.....	4
	1.6 調査団員.....	4
第2章	ミャンマーの水運の状況.....	6
	2.1 水 運.....	6
	2.2 組 織.....	6
	2.3 施 設.....	7
	2.4 輸送実績.....	10
第3章	サイクロン-ナルギス.....	11
	3.1 ナルギスの特徴.....	11
	3.2 被 害.....	12
第4章	ヤンゴン港の航行安全のための対策.....	13
	4.1 航 路.....	13
	4.2 沈船引上げ.....	14
	4.3 航行条件.....	14
	4.4 航路浚渫.....	14
	4.5 航路ブイ.....	14
	4.6 導 灯.....	15
	4.7 航路標識などの評価.....	15
	4.8 復旧計画.....	17
第5章	ヤンゴン港の復旧.....	19
	5.1 MPA の岸壁と造船所.....	19
	5.2 MPA 栈橋の構造.....	19
	5.3 MPA 施設の状況.....	19
	5.4 IWT の貨物輸送.....	20
	5.5 MPA 施設の評価.....	20

5.6	栈橋破損の原因	20
5.7	復旧の考え方	21
5.8	解決すべき問題	21
5.9	復旧計画	22
第 6 章	内陸水運復旧計画	24
6.1	貨物および旅客輸送	24
6.2	水運網	25
6.3	施設	25
6.4	IWT 船隊と損傷	26
6.5	造船所	27
6.6	航行用計器	27
6.7	復旧の考え方	28
6.8	復旧計画	28
第 7 章	能力開発計画および構成内容	30
7.1	実証事業および能力開発トレーニング	30
7.2	能力開発トレーニング	31
7.3	調査	32
7.4	実証事業	33
第 8 章	環境社会配慮	36
第 9 章	航行安全確保に関する研修事業	37
9.1	IWT の船員に対する能力開発 (ステップ 1)	37
9.2	船舶の運航に係る能力開発 (ステップ 2)	40
9.3	IWT の船員に対する能力開発 (ステップ 3)	43
第 10 章	船舶および鋼構造物修理能力向上に関する研修事業	46
10.1	船舶および鋼構造物修理能力向上 (ステップ 1)	46
10.2	船舶および鋼構造物修理能力向上 (ステップ 2)	48
10.3	船舶および鋼構造物修理能力向上 (ステップ 3)	50
10.4	船舶および鋼構造物修理能力向上 (ステップ 4)	53
第 11 章	防災能力向上策の検討	55
11.1	経緯と検討目的	55
11.2	災害リスク・危機管理	56
11.3	ミャンマーの海洋防災計画	56
11.4	ヤンゴン港における高潮シミュレーションとサイクロンの分析	57
11.5	ヤンゴン港における高潮・サイクロン被害の分析	59
11.6	ヤンゴン港におけるサイクロン・高潮災害への対策の検討	60
11.7	ヤンゴン港における津波シミュレーションと被害推定	61
11.8	デルタにおける高潮・津波シミュレーション	63
11.9	海洋防災計画への助言	67
第 12 章	潮位観測システムの検討	68
12.1	ミャンマーの潮位観測システム	68
12.2	潮位観測データの解析	68
12.3	潮位推算	69
12.4	現行 TIDE TABLE と潮位推算結果の適用性	70

12.5	ミャンマー国の潮位観測体制の提案	72
第13章	栈橋の改修に関する実証事業の設計と実施	73
13.1	概要	73
13.2	自然条件	74
13.3	ポタトゥン栈橋の実証事業計画（計画・設計・入札のみ）	76
13.4	ダラフェリーターミナル実証事業	79
13.5	セミナーおよびワークショップ	85
第14章	まとめ（実施内容とその成果および評価）	87
14.1	報告書概要	87
14.2	各章概要（Part 1）	87
14.3	各章概要（Part 2）	89

表リスト

表 1.1	全体工程	2
表 1.2	調査団員	5
表 2.1	港湾施設の名称	7
表 2.2	ヤンゴン港の貨物取扱量	10
表 2.3	ヤンゴン港における内陸水運輸送貨物量	10
表 2.4	ヤンゴン港における内陸水運旅客数	10
表 3.1	ナルギスによる人的被害の推定（2008年6月現在）	12
表 4.1	ヤンゴン港における沈船と座礁船	14
表 4.2	航路標識等の評価（2009年7月現在）	16
表 4.3	段階計画の定義	17
表 4.4	航行安全のための復旧計画工程	18
表 5.1	ヤンゴン港のための復旧計画工程	23
表 6.1	ヤンゴン港における IWT Jetty の状況	25
表 6.2	ナルギス前後の IWT 船隊の状況	26
表 6.3	航行用計器の設置状況	27
表 6.4	内陸水運のための復旧計画工程	29
表 7.1	能力開発計画実施工程	35
表 9.1	研修の場所とスケジュール	38
表 9.2	研修の場所とスケジュール	41
表 10.1	訓練場所とスケジュール	47
表 10.2	訓練場所とスケジュール	49
表 10.3	直流アーク溶接訓練の評価結果	50
表 10.4	クレードル製作の評価結果	50
表 10.5	訓練場所とスケジュール	52
表 10.6	指導内容	53
表 11.1	代表的なサイクロンの気圧・風速・上陸時間	57
表 11.2	気象モデル実験結果から抽出したサイクロン	57
表 11.3	ベンガル湾で発生するサイクロンとミャンマーに上陸するサイクロンの数	58
表 11.4	ヤンゴン港高潮シミュレーションの検討ケース	58
表 11.5	ヤンゴン港の船舶漂流シミュレーション結果	59
表 11.6	ヤンゴン港の高潮建物被害検討ケース	59
表 11.7	ヤンゴン港の高潮建物被害の推定結果	60
表 11.8	ヤンゴン港の津波建物被害の推定結果	62
表 11.9	海洋防災セミナー概要	67
表 12.1	潮位諸元の比較	69
表 12.2	観測データとの潮位差比較	70
表 12.3	観測潮位と潮位推算値の比較	71
表 12.4	ミャンマー国の潮位観測体制の提案	72
表 13.1	ミャンマー国における過去の地震の記録	75
表 13.2	実証事業の設計対象船舶の大きさ	77
表 13.3	栈橋の設計条件	77
表 13.4	渡橋およびポーターウェイの設計条件	78
表 13.5	ドルフィンの設計条件	78
表 13.6	プロジェクトの概要	80
表 13.7	設計土質条件	81
表 13.8	実証事業の対象船舶	81
表 13.9	ポーターウェイの設計条件	82
表 13.10	鋼製橋梁の設計条件	82

表 13.11	ポンツーン的设计条件	83
表 13.12	環境モニタリング	85
表 13.13	港湾施設建設セミナー	86
表 13.14	鉄筋コンクリートの維持管理に関するワークショップ	86

図リスト

図 1.1	研修・追加調査および実証事業の実施工程	3
図 2.1	MPA 港湾施設の位置図 (2009 年当時)	9
図 2.2	造船所の位置図 (2009 年当時)	9
図 3.1	ナルギスの通過コースとデルタ地域での浸水深さ	11
図 4.1	進入航路	13
図 4.2	Monkey Point Channel におけるブイと導灯の位置	15
図 5.1	MPA Jetty の構造	19
図 6.1	IWT の月別貨物輸送量	24
図 6.2	IWT の月別旅客輸送量	24
図 6.3	内陸水運網	25
図 7.1	全体計画図 (ボタトゥン棧橋)	34
図 9.1	Monkey Point Channel の航路標識システム	40
図 10.1	5 つのカテゴリーによる理解度の分析	47
図 10.2	熟練技術者およびグループリーダーの実技溶接訓練結果	48
図 10.3	CO ₂ 溶接の実地訓練結果	52
図 11.1	防災計画に係る JICA 調査団の担当範囲	55
図 11.2	ハード・ソフト対策による災害防止軽減	56
図 11.3	ヤンゴン港の高潮シミュレーション結果	58
図 11.4	ヤンゴン港の高潮人的被害の推定	60
図 11.5	ヤンゴン港避泊地の安全度・重要度評価結果	61
図 11.6	ヤンゴン港津波シミュレーションの結果	62
図 11.7	ヤンゴン港の津波ハザードマップ	63
図 11.8	デルタ地区の高潮シミュレーション結果	64
図 11.9	デルタ地区津波シミュレーションの断層モデル	65
図 11.10	デルタ地区の津波シミュレーション結果 (Snapshot)	66
図 11.11	デルタ地区の津波シミュレーション結果 (時系列)	66
図 12.1	MITT と Monkey Point での潮位観測状況	68
図 12.2	推算潮位 (補正後) と観測潮位の比較	69
図 13.1	ボタトゥン棧橋およびダラフェリーターミナル棧橋の位置	73
図 13.2	ボタトゥン棧橋 CG イメージ図	74
図 13.3	ダラフェリーターミナル CG イメージ図	74
図 13.4	ボタトゥンにおける計画レイアウト	76
図 13.5	施工工程	79
図 13.6	ダラフェリーターミナル実証事業計画のレイアウト	79
図 13.7	土層構成図	80
図 13.8	組織全体図	83
図 13.9	事業実施の進捗	84

写真リスト

写真 6.1	ボタトゥン棧橋の被災状況	26
写真 6.2	Phonegyilan 棧橋の被災状況	26
写真 6.3	IWT の旅客船	26
写真 6.4	IWT の貨物船	26
写真 9.1	航海安全に関する研修	39
写真 9.2	安全航行に係る研修	42
写真 9.3	安全航行に係る研修	45
写真 10.1	訓練状況（左：講義および議論、右：実地訓練）	51
写真 10.2	ポンツーンの建造状況	54

要 約

第1章 はじめに

1.1 調査の背景

2008年5月2日にサイクロン・ナルギスが、ミャンマー国最大の都市ヤンゴン市をはじめ、ヤンゴン管区およびエーヤワディ管区を中心とする地域を直撃し、死者・行方不明者13万人以上、被災者200万人以上が生じた。主要交通インフラである港湾施設・船舶も大きな被害を受け、被災地域への支援物資・生活物資の運搬に支障が出て、そのことが同地域での生活再建が進まない主要な要因の1つとされた。

被災後8ヵ月間のうちにミャンマー国の自助努力および日本を含めた海外からの緊急援助によって、復旧作業がなされたが、内陸水運の物資を送り出す拠点であるヤンゴン港の内陸水運航路・施設の復旧は遅れ、調査対象地域（1.3参照）の内陸水運網のボトルネックとなっていた。

その様な状況下、ミャンマー国側より、ヤンゴン港の内陸水運用施設を中心とした港湾施設の早急な復旧のために必要な、短中期的な復旧計画策定に加え、ミャンマー国側が独自に実施する被災地域における内陸水運機能回復のための事業実施に必要な技術支援が、併せて要望された。

1.2 調査の対象

本調査の目的は以下のとおりである。

- ヤンゴン港における港湾施設復旧計画の策定（Phase 1）
- 調査対象地域における主要内陸水運の復旧計画の策定（Phase 1）
- カウンターパート機関であるミャンマー港湾公社（MPA）および内陸水運公社（IWT）の能力開発を伴う実証事業・訓練・追加調査の実施（Phase 1 & 2）
- 実証事業で建設した施設の1年間の瑕疵対応の補助（Phase 3）

1.3 調査対象地域、スコープおよび調査スケジュール

1.3.1 調査対象地域

調査対象地域は、ヤンゴン港、エーヤワディデルタ地区の主要4航路および拠点港の港湾施設を対象とする。航路と拠点港の位置は巻頭の口絵に示した。

1.3.2 調査スコープ

Phase 1 のスコープは以下のとおりである。

- インセプション・レポートの提出および協議
- データ収集
- ヤンゴン港における航路・停泊地の安全確保策の提案
- ヤンゴン港・港湾施設の復旧策の提案
- 対象地域の主要内陸水運の復旧策の提案
- プロGRESS・レポートの提出および協議
- 航行安全確保に関する研修事業（ステップ1）

- 船舶修理および鋼構造物修理に関する研修事業（ステップ 1）
- 潮位計利活用能力向上策に関する技術移転(Phase 1)
- 防災能力向上策の検討(Phase 1)
- 実証事業の準備(Phase 1)
- 環境調査の実施
- インテリム・レポートの提出および協議

Phase 2 のスコープは以下のとおりである。

- 航行安全確保に関する研修事業（ステップ 2 および 3）
- 船舶修理および鋼構造物修理に関する研修事業（ステップ 2～4）
- 潮位計利活用能力向上策に関する技術移転（追加調査）
- 防災能力向上策の検討（追加調査）
- 栈橋改修実証事業の準備(Phase 2)および進捗管理
- 環境調査の実施
- 最終報告書（案）および最終報告書の提出および協議

Phase 3 は、1 年間の瑕疵担保期間において、問題が生じた場合、必要に応じ現地調査を行い、施設の状態、原因把握を行う。問題が生じなかった場合については、完工検査を行うこととする。

1.3.3 調査スケジュール

表 1.1 に本案件全体のスケジュールを示す。

表 1.1 全体工程

Year	2009								2010	2011	2012	2013	2014				2015					
Month	3	4	5	6	7	--	11	12					1	--	11	12	1	2	3	--	11	
Phase 1	■																					
Phase 2									■													
Phase 3																	■					
Report	ΔIC/R				ΔPR/R		ΔIT/R										ΔDF/R		ΔF/R			

IC/R; Inception Report, PR/R; Progress Report, IT/R; Interim Report, DF/R; Draft Final Report, F/R; Final Report

出典: JICA 調査団

研修・調査および実証事業のフローチャートを図 1.1 に示す。

	Phase 1		Phase 2				Phase 3
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Capacity Development for Ship Crew and Navigation	Step-1 Ship Crew	Step-2 Navigation System				Step-3 Ship Crew	
Capacity Development for Repairing Ships and Metal Structures	Step-1 Arc Welding (Basic)	Step-2 Sustainable Arc Welding & Cradle		Step-3 CO2 Welding & Test		Step-4 Pontoon Construction	
Study on Disaster Risk Management	Simulation of Nargis	Analysis of Future Cyclone & Tsunami (Yangon)		Analysis of Future Cyclone & Tsunami (Delta Area)			
Study of Tide Observation System	Installation of 2 ATG at MP & MITT	Analysis for 1 year's data		Analysis for confirmation for Yangon and Tide Analysis for Delta			
Design and Implementation of Pilot Project for Jetty Restoration	Design (1) PQ (1)	Tender (1) Tender (2)		PQ (2)	Relocation (Botahtaung to Dalla)	Design (2) PQ & Tender (3)	Construction Defect liability period

出典: JICA 調査団

図 1.1 研修・追加調査および実証事業の実施工程

1.4 先方実施機関

本調査では、ミャンマー国側に 2 つのカウンターパート機関があり、それぞれの主な所轄業務は以下のとおりである。

- MPA：主要港湾の整備・管理・運営
- IWT：内陸水運の貨物・旅客の輸送および船舶の修理・建造

本調査では、運輸省副大臣を議長とするステアリングコミティが組織され、調査期間中に 3 回の会議が開催された。メンバーは以下のとおりである。

- ミャンマー国運輸省(MOT)
- ミャンマー国運輸省ミャンマー港湾公社(MPA)
- ミャンマー国運輸省内陸水運公社(IWT)
- 在ミャンマー日本大使館
- JICA ミャンマー事務所
- JICA 調査団団員

1.5 報告書の構成

本案件の Scope は、前述のとおり、以下の 2 つに大別される。

Part 1(2009 年当時): サイクロン・ナルギスの復旧・復興計画の策定

Part 2(2010 年以降、一部 2009 年も含む):

復旧・復興を通じたカウンターパートの Capacity Development

サイクロン・ナルギスの復旧・復興計画の策定として、まず、第 2 章にミャンマーの水運に係る組織とその業務、第 3 章にサイクロン・ナルギスの特性を示す。次に、MPA および IWT 関連施設の詳細、被災状況と 2009 年に策定した復旧・復興計画を、第 4 章から第 6 章に示す。それぞれの章の中に、現状分析および課題の特定、復旧・復興計画のリストアップおよび、復旧事業の優先順位（緊急、短期、中長期）策定結果を示す。

- 1) ヤンゴン港における航路等における安全確保（第 4 章）
- 2) ヤンゴン港・港湾施設の復旧（第 5 章）
- 3) 対象地域の主要内陸水運の復旧（第 6 章）

復旧・復興を通じたカウンターパートの Capacity Development として策定した復旧・復興計画のうち、緊急性および、Capacity Development に必要性の高いパッケージを抽出した経緯および概要を第 7 章に示す。第 2 回ステアリングコミティにおいて、以下の 5 つのパッケージ（2 つの訓練、2 つの調査、1 つの実証事業）を行うことが決定された。抽出された 5 パッケージは、以下のとおりである。環境社会配慮調査結果は 8 章に記載した。

- 4) 航行安全確保に関する研修事業（第 9 章）
- 5) 船舶修理および鋼構造物修理に関する研修事業（第 10 章）
- 6) 防災能力向上策の検討（第 11 章）
- 7) 潮位計利活用能力向上策に関する技術移転（第 12 章）
- 8) 栈橋改修実証事業（第 13 章）

最後に、まとめとして業務概要とその成果と評価を第 14 章に示す。

1.6 調査団員

以下の団員で本案件を行った。

表 1.2 調査団員

No.	担 当	氏 名	No.	担 当	氏 名
1	総括/内陸水運計画	西村 良一	22	浮体施設改良指導	野上 進
2	総括/港湾防災計画/ 潮位観測運営管理/物流施設	石見 和久	23	造船溶接技術/運営管理	松坂 和久
3	副総括/港湾計画/行政	柳生 忠彦	24	浮体施設設計指導	光守 幹章
4	入札・契約・調達管理/ 自然条件調査/土木施設/積算	木村健太郎	25	塗装指導	山谷 悠
5	施工計画/進捗管理/調達事情	加戸 俊広	26	造船施設設計	江本 弘次郎
6	施工計画/進捗管理/調達事情(2)	川井 哲夫	27	サルベージ技術	坂井 信介
7	港湾土木	安藤 裕司	28	航路計画/航路安全対策	榮 雄生
8	港湾土木	越智 信博	29	航行援助施設	玉谷 次平
9	港湾土木/調達管理 (2)	ティハ	30	船舶航行	大久保 尚
10	施工指導	大谷 寛	31	航海計器・通信	川口 耕右
11	建築計画	米澤 正巳	32	高潮・漂流物・津波シミュレーション	櫻庭 雅明
12	渡橋設計指導	丸山 明男	33	高潮津波安全度評価	後岡 寿成
13	渡橋据付指導	吉田 直美	34	地震解析/自然災害想定	佐藤 誠一
14	健全度評価	松山 公年	35	気象・海象予測	杉山 実
15	健全度調査	井川 倫宏	36	河川遡上解析	三上 勉
16	港湾施設設計	横川 正大	37	河川海象条件調査解析	外山 大輔
17	環境社会配慮	金谷 茂	38	潮位解析	青木 克巳
18	造船溶接技術/運営管理	今岡 雄	39	自然条件調査/潮位観測	上原 政明
19	溶接実技指導	難波 康男	40	物流計画	古賀 省二郎
20	台車組立実技指導	大山 弘	41	交通計画	山崎 剛
21	台車組立実技/検査指導	南葉 俊孝			

出典: JICA 調査団

第2章 ミャンマーの水運の状況

2.1 水 運

ミャンマーにおける水運はミャンマー港湾公社（MPA）と内陸水運公社（IWT）が中心となって担っている。MPA はターミナル施設ならびにパイロット、給水、給油、港湾荷役などのサービスを提供している。IWT はエーヤワディ河やチンドウイン河、ラカイン州、モン州およびにカレン州において、旅客、貨物、自動車等の輸送を担っている。

2.2 組 織

(1) MPA

MPA の組織は 8 部、8 課から構成されている。本調査と特に関係のある 3 部の概要は以下の通りである。

Civil Engineering Department はヤンゴン港並びに地方港の土木施設の計画、建設、管理、補修に責任を持っている。この Department の浚渫・調査部は航路や泊地並びに港内の必要な場所の浚渫と調査業務を実施している。

Mechanical Department は所有船舶や小型船の建造、維持、修理やブイ並びに電気設備の設置など、機械並びに電気に係わる業務を実施している。

Marine Department はパイロット業務、灯台、通船、綱取り用船舶の提供、沈没船などの引き上げなどの業務を実施している。

(2) IWT

IWT の組織は 9 部、12 課と 8 造船所から構成されている。本調査と特に関係のある 4 部の概要は以下の通りである。

Transport Department は河川水運による旅客と貨物輸送を扱っている。また、旅客と自動車フェリーサービスも行っている。

Engineering Department は船舶の設計・建造、修理、造船所での船舶の年次検査を実施している。

Cargo Transport Department はバラ荷、バラ・液体貨物の輸送に関する責任を持つと共に Market Ship の運行や貨物輸送実績の調査に責任を持っている。

Marine Department は船員教育、所有船の安全確保並びに航行安全の確保を担務している。

2.3 施 設

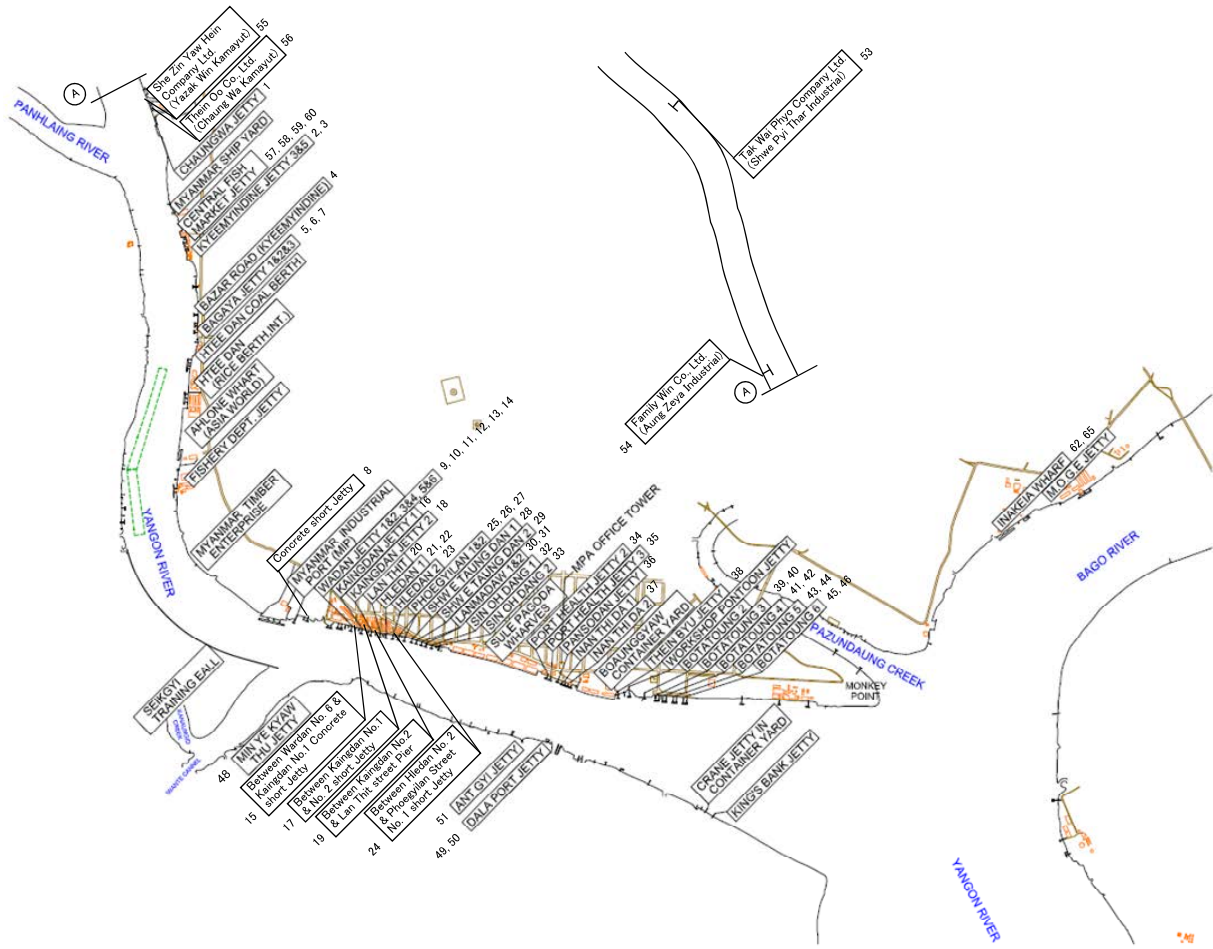
2009年現在、港湾施設の名称と位置は表 2.1 と図 2.1 に示すとおりである。また、造船所の位置は図 2.2 に示すとおりである。

表 2.1 港湾施設の名称

No.	Name of Jetty	Remark
1	Chaungwa Jetty	Coastal
2	Kyeemyindine No. 3 Jetty	Delta
3	Kyeemyindine No. 5 Jetty	Delta
4	Kyeemyindine Bazar Jetty	Delta
5	Bagaya No. 1 Jetty	Coastal
6	Bagaya No. 2 Jetty	Coastal
7	Bagaya No.3 Jetty	Coastal
8	Concrete short Jetty	Public/Delta
9	Wardan No. 1 Jetty	Delta
10	Wardan No. 2 Jetty	Delta
11	Wardan No. 3 Jetty	Coastal/Delta
12	Wardan No. 4 Jetty	Coastal/Delta
13	Wardan Ro/Ro Jetty	Public
14	Wardan No. 6 Jetty	Coastal
15	Between Wardan No. 6 & Kaingdan No. 1 Concrete short Jetty	Public
16	Kaingdan No. 1 Jetty	Coastal/Passenger
17	Between Kaingdan No. 1 & No. 2 short Jetty	Public
18	Kaingdan No. 2 Jetty	Delta
19	Between Kaingdan No. 2 & Lan Thit Street Pier	Public
20	Lan Thit Street Jetty	IWT/Delta/Passenger
21	Hledan No. 1 Jetty	IWT/Delta/Passenger
22	Between Hledan No. 1 & No. 2 short Jetty	Public
23	Hledan No. 2 Jetty	Public/Delta
24	Between Hledan No. 2 & Phoegyilan Street No. 1 short Jetty	Public
25	Phoegyilan Street No. 1 Jetty	Delta
26	Between Phoegyilan Street No. 1 & No. 2 short Jetty	Public
27	Phoneyi Street No. 2 Jetty	IWT/Delta
28	Shwee Taung Dan No. 1 Jetty	IWT/Delta
29	Shwee Taung Dan No. 2 Jetty	IWT/Delta/Passenger
30	Lanmadaw No. 1 Jetty	Delta
31	Lanmadaw No. 2 Jetty	Delta
32	Sin Oh Dan No. 1 Jetty	Delta
33	Sin Oh Dan No. 2 Jetty	Delta
34	Port Health No. 2 Jetty	Coastal

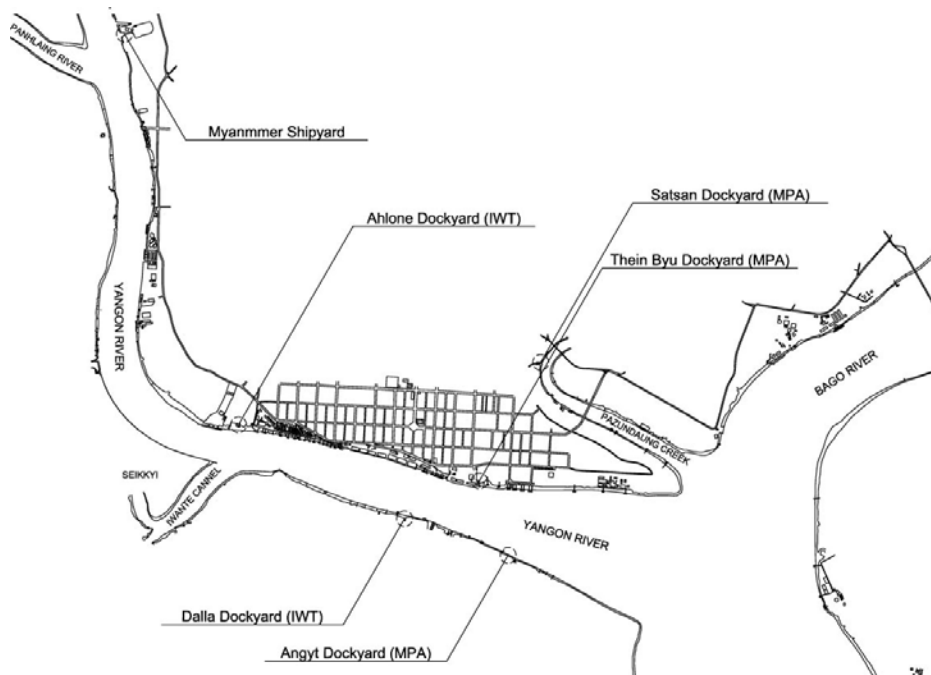
No.	Name of Jetty	Remark
35	Port Health No. 3 Jetty	Coastal
36	Pansodan Jetty	IWT/Passenger
37	Nam Thi Da Jetty	MPA/Official
38	Ship yard Jetty	MPA
39	Botahtaung No. 3 Jetty (upper)	MPA/Public
40	Botahtaung No. 3 Jetty (lower)	
41	Botahtaung No. 4 Jetty (upper)	Public
42	Botahtaung No. 4 Jetty (lower)	
43	Botahtaung No. 5 Jetty (upper)	IWT/Public
44	Botahtaung No. 5 Jetty (lower)	
45	Botahtaung No. 6 Jetty (upper)	IWT/Public
46	Botahtaung No. 6 Jetty (lower)	
47	Nyaungdan Jetty Bridge	
48	Min Ye Kyaw Thu Jetty	IWT/Passenger
49	Dalla Ro/Ro Jetty	IWT
50	Dalla Passenger Jetty	IWT/Passenger
51	Ant Gyi Jetty	Public
52	Thamada Beach Jetty	Private
53	Tak Wai Phyo Company Ltd. (Shwe Pyi Thar Industrial)	Private
54	Family Win Co. Ltd. (Aung Zeya Industrial)	Private
55	Shwe Zin Yaw Hein Company Ltd. (Yazak Win Kamayut)	Private
56	Thein Oo Co. Ltd. (Chaung Wa Kamayut)	Private
57	Myanmar Millennium Group Co. Ltd. (No. 1 Jetty of Kyeemyindine fish market)	Private
58	Myanmar Millennium Group Co. Ltd. (No. 1 Jetty of Kyeemyindine fish market)	Private
59	Sanpya Shwe Nga Co. Jetty Bridge (Kyeemyindine fish market)	Private
60	Man Myanmar General Trading Jetty (Kyeemyindine fish market)	Private
61	Htay Myanmar Trading Co. Jetty Bridge	Private
62	Yazana Industrial Fishiying Products Co,Ltd Jetty (Nyaung Dan)	Private
63	Vicking Marine Products Co, Ltd Jetty (Thida port)	Private
64	Vicking Marine Products Co, Ltd Jetty (Pyidawthit)	Private
65	Yazana Edible Oil Alongside Jetty (Takeda)	Private

出典: MPA



出典: JICA 調査団

図 2.1 MPA 港湾施設の位置図 (2009 年当時)



出典: JICA 調査団

図 2.2 造船所の位置図 (2009 年当時)

2.4 輸送実績

ヤンゴン港における取扱貨物量、内陸水運の輸送貨物量および旅客は、表 2.2、表 2.3、表 2.4 に示すとおりである。

表 2.2 ヤンゴン港の貨物取扱量

(単位：トン)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Outshipment						
Total	4,773,347	4,724,960	5,332,093	5,619,362	6,165,473	6,655,371
Petrol Oil and Lubricants	66,135	69,491	69,070	61,090	61,730	43,624
Rice and Rice Products	221,943	221,335	38,177	389,678	742,310	920,289
Minerals	53,102	42,426	21,938	29,261	36,049	32,703
Timber	1,599,518	1,730,382	1,776,002	1,693,284	1,301,746	1,514,721
General Cargo	2,832,649	2,661,326	3,426,906	3,446,049	4,023,638	4,144,034
Inshipment						
Total	5,207,580	5,513,755	5,622,693	6,240,124	6,150,475	9,492,079
Petrol Oil and Lubricants	1,508,994	1,618,868	1,286,630	1,293,394	1,184,468	1,259,189
General Cargo	3,698,586	3,894,887	4,336,063	4,946,730	4,966,007	8,232,890

出典：Statistical Yearbook 2010

表 2.3 ヤンゴン港における内陸水運輸送貨物量

(単位：トン)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Unload	832,530	722,282	613,116	576,657	492,561	453,130	370,890	379,050	403,692
Load	652,055	442,860	443,416	378,135	365,621	178,911	226,905	214,957	171,043
Total	1,484,585	1,165,142	1,056,532	954,792	858,182	632,041	597,795	594,007	574,735

出典：MPA

表 2.4 ヤンゴン港における内陸水運旅客数

(単位：人)

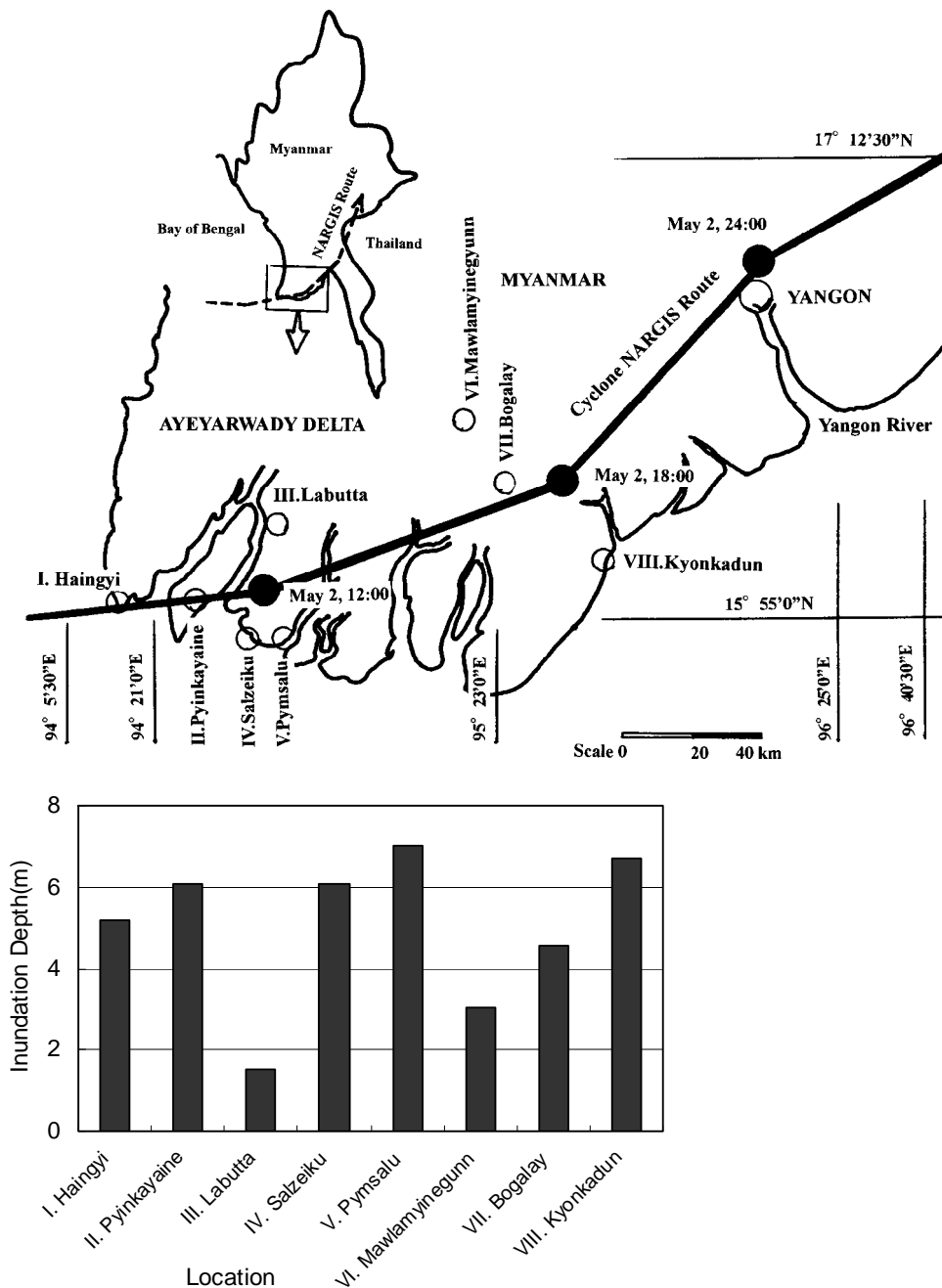
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Passenger	25,345,000	26,328,000	26,886,000	27,418,000	27,109,000	27,571,000

出典：IWT

第3章 サイクロン-ナルギス

3.1 ナルギスの特徴

2008年5月2日の正午頃、ミャンマーに上陸したナルギスの最大風速は59.2 m/秒、中心気圧は937 hPa、速度は17 km/時間であった。ナルギスの通過コースとデルタ地域での浸水深さを図3.1に示す。最大水深は7 mに達し、広い範囲が浸水した。



出典: Seminar on Storm Surge Mechanism and Its Mitigation by PARI at MPA

図 3.1 ナルギスの通過コースとデルタ地域での浸水深さ

3.2 被 害

ナルギスはエーヤワディとヤンゴンに非常に大きな損害を与えた。中でも最も大きな被害があったのは穀倉地帯として有名なエーヤワディデルタの 23.5 万 km² の地域であった。ナルギスによって、表 3.1 に示すように多数の死傷者が発生した。

表 3.1 ナルギスによる人的被害の推定（2008 年 6 月現在）

被 害	人 数
死 者	84,537
行方不明者	53,836
負傷者	33,754

出典: PONJA

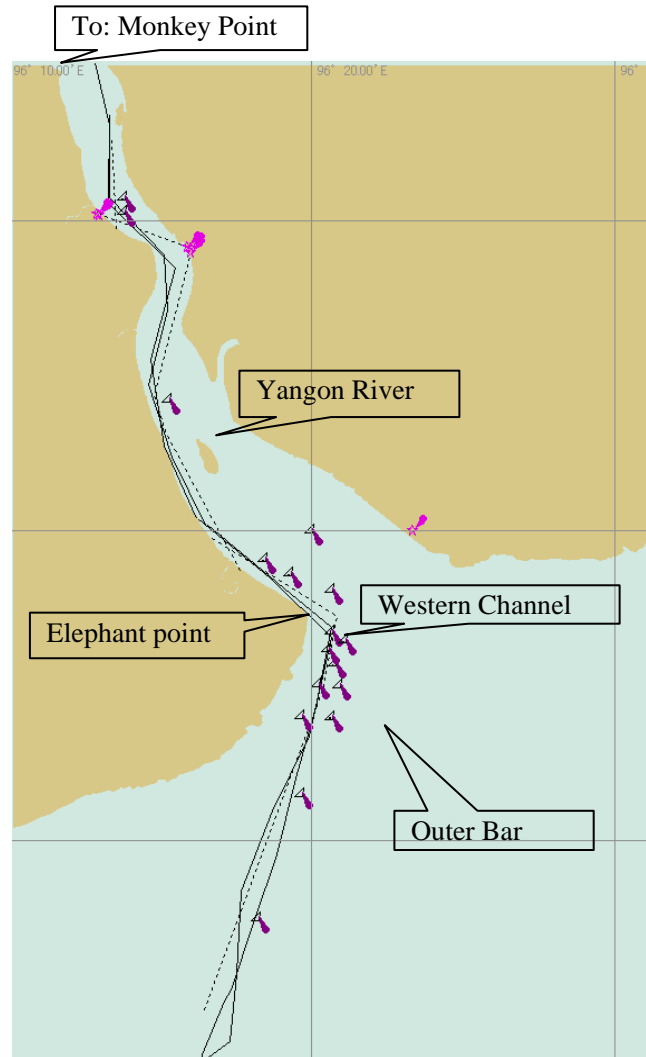
ナルギスによる 2008/2009 年の会計年度における推定付加価値損失の合計額は、8,570 億チャットと推定された。これは 2008 年の GDP 予測値の約 2.7% に相当する。

2009 年 2 月には被災復旧 3 年計画の実行を図るため Post-Nargis Response and Preparedness Plan (PONREPP) が設立され、Post-Nargis Joint Assessment (PONJA) による評価が実施された。PONREPP は 2009 年 1 月から 2011 年 12 月にかけて緊急復旧から中期的復旧への移行のための基盤を 9 の分野を対象に構築された。3 年間の復旧には 6.91 億ドルの予算を必要と算定された。

第4章 ヤンゴン港の航行安全のための対策

4.1 航路

ヤンゴン港の進入航路は図 4.1 に示すように沖合のパイロットステーションからヤンゴン港に至る延長約 35 マイル (63 km) に及ぶ。航路上には河口部に Outer Bar、ヤンゴン本港近くの Monkey Point に Inner Bar と呼ばれる浅瀬がある。



出典: JICA 調査団

図 4.1 進入航路

入港する 200 総トン (GRT) 以上の船にはパイロットの乗船が義務づけられている。一般に、航路での航行は Outer Bar や Inner Bar でも十分な水深が確保できるよう満潮時に行われている。最も航行の難しい航路は、航路幅が狭く流れも速い Monkey Point と Elephant Point 近くの Western Channel である。MPA は航路における航行の安全を確保するため浚渫や航行援助ブイなどの設置を行っている。

4.2 沈船引上げ

JICA がナルギス直後に別途派遣した調査団は、沈船の状況を把握するためにヤンゴン港内で深淺測量を実施した。現地調査は2008年7月から8月にかけて実施され、最終報告書は11月にまとめられた。この調査により、99隻の沈船あるいは海底障害物が発見された。沈船や障害物を引き上げるため、MPAは関係機関や民間船主を含む協力委員会を設置した。この委員会では引き上げの進捗も追跡した。表4.1に示すように沈船が137隻、座礁船が71隻で合計208隻が確認された。

表 4.1 ヤンゴン港における沈船と座礁船

座 礁 船						沈 船						合計
MPA	IWT	NAVY	Fishing Boat	Others	計	MPA	IWT	NAVY	Fishing Boat	Others	計	
10	30	9	1	21	71	18	37	6	10	66	137	208

出典: MPA

4.3 航行条件

航行に関する一般的条件は次のとおりである。

- 大潮の平均潮位差は Monkey Point で 5.13m、Elephant Point で 5.76m である。
- 大潮の下げ潮時のヤンゴン川における流速は約 4～6 ノットである。
- 上潮は満潮時後約 1 時間継続し、下げ潮は干潮後約 30 分継続する。
- ヤンゴン川における平常時の波は船舶航行の障害にはならない。航行部における最大波は 2 m 以下である。
- ヤンゴン本港は 15,000 DWT（船長 167 m）の船舶が喫水 9 m まで入港可能である。
- ティラワ地区港では 20,000 DWT（船長 200 m、喫水 9 m）の船舶が入港可能である。
- ヤンゴン港には外航船用のブイが 4 基、IWT 用のブイが 10 基設置されている。

4.4 航路浚渫

Monkey Point Channel はヤンゴン川とバゴー川の合流点に位置する。2つの川の流れが合流するためこの地点の流れは非常に複雑であり、また、航路埋没が大きな問題となっている。Monkey Point で 4.5 m 水深を確保するため、MPA の浚渫船は延長約 1 マイル（1,850 m）、幅 100 m の航路の浚渫を行っている。

4.5 航路ブイ

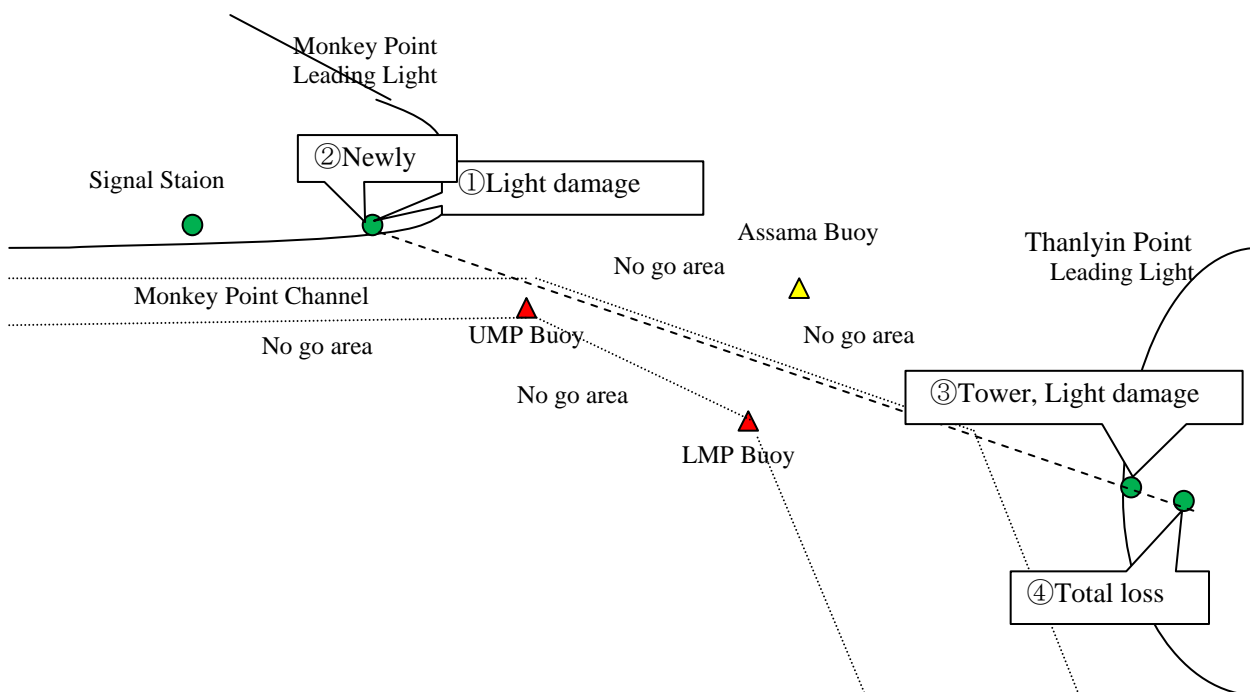
Monkey Point Channel に航路に北側境界を表示する UMP ブイと南側境界を表示する LMP ブイが設置されている。これらのブイは航路の境界を示す重要なもので、船舶の座礁などを起こさないために重要な役割を果たしている。ブイの状況は良さそうであるが、いずれも茶色に着色されている。航路に進入する船舶の航路のポートサイド位置（左舷）の表示をするためには赤色に着色するのが好ましい。また、夜間の航行安全のため赤色灯を設置する必要がある。

Cross Sand Shoal、Chokey Shoal、D'silva Shoal、Hmawun Lumps、Middle Bank Shoal 並びに Western Channel（図 4.2 参照）には航路ブイが設置されている。これらのブイは Outer Bar と Monkey Point

の間の航路に設置されている。これらのブイには認識しやすいようにするため、IALA（国際航路標識協会）のルールに従って頭部に標識を設置すると共に赤または緑に着色するのが望ましい。

4.6 導 灯

Outer Bar から入港する船舶は Western Channel、Middle Bank Channel や Monkey Point Channel 等の狭い航路を通過しなければならない。航路における航行の安全のため河口部から港に至る 35 マイルの航路には 6 基の導灯（Monkey Point における導灯を図 4.2 に示す）を設置していたが、全てナルギスによって破壊された。



出典：JICA 調査団

図 4.2 Monkey Point Channel におけるブイと導灯の位置

4.7 航路標識などの評価

JICA 調査団は航路標識などの現況について評価した。その結果は表 4.2 に示す。

表 4.2 航路標識等の評価 (2009年7月現在)

No.	Location	Navigation Facilities/Aids Software	Nos./Particular	Rating	Remark
1	Inner Harbor	Mooring buoy for MPA	4 Buoys	3	
2		Mooring buoy for IWT	7 Buoys	2	IWT needs 10 Buoys
3		Maneuvering Area for MPA		3	
4		Maneuvering Area for IWT		3	
5		Anchorage		3	
6		RTA Anchorage	1	3	
7		CCA Anchorage	1	3	
8		Dredger	4	3	
9		Tug Boat	6	2	200HP - 1100HP
10		Pilot Boat		2	
11		Communication (VHF) (Port Tower)	1	2	
12		Pilotage Criteria (Cyclone/Emergency)	Nil	1	
13		Guidelines for Maneuvering	Nil	1	
14		Pilot Training		2	
15		Tug master Training	Nil	1	
16	Monkey Point Channel	Channel Depth	13.5 ft	3	
17		Channel Width	95 m	2	
18		Dredging	every day	3	
19		Signal Station	1	3	
20		Leading Light	4	1	damaged
21		Navigation Buoy	UMP	2	
22	Cross Sands Shoal and Channel	Navigation Buoy	Kyartia	2	
23			LH	2	
24			ULS	2	
25			LS	2	
26	Chokey Shoal	Navigation Buoy	UC	2	
27			MC	2	
28			LC	2	
29			Leading Light WT Front, Pivot, St Front	3	1
30	D'Silva Shoal	Navigation buoy	D'Silva	1	
31		Leading Light D'Silva Front/back	2	2	damaged
32	Hmawun lumps	Nabigation Buoy	Khing Kyaw San	2	
33			Hmawun Lump	2	
34	Leading Light HmawunFront/Back	2	1	damaged	
35	Middle Bank Channel	Navigation Buoy	UMB	2	
36			CMB	2	
37			LMB	2	
38			Leading Post Back South Post	1	1
39	Western Channel	Elephant Point Tower	1	1	damaged
40		Navigation Buoy	UW	2	
41			CW	2	
42			UP	2	
43			LW	2	
44			CS	2	
45			LS	2	
46			ALW	2	
47			Intermediate	2	
48	Outer Bar		Navigation Buoy	Upper Float	2
49		Lower Float		2	
50		Pilot Vessel	1	2	
51		Dagon Light Ship	1	3	

出典 : JICA 調査団

評価した航路標識などの中で優先的に復旧の必要のある施設を選定し、その復旧計画を以下のように提案した。

4.8 復旧計画

被災した施設の復旧の緊急性を考慮して復旧計画は表 4.3 に示すように段階分けをした。

表 4.3 段階計画の定義

段階計画	目標
緊急復旧計画 (Urgent Recovery Plan)	市民生活を支えるために緊急的に必要とし、かつ少ない予算で比較的容易に実行できる。 (実施期間：2011 年以前)
短期復旧計画 (Short-term Recovery Plan)	短期間に本来の機能を復旧する。 (実施期間：2014 年まで)
中長期復旧計画 (Medium to Long-term Recovery Plan)	必要な予算を確保して、中長期的に復旧を完成する。 (実施期間：2014 年以降)

出典: JICA 調査団

4.8.1 緊急復旧計画

(1) 導 灯

ヤンゴン港の Monkey Point における航行は重要であり、導灯の復旧優先度は非常に高い。したがってこれを緊急復旧計画に含める。実証事業として、標識の復旧と標識に関する国際的勧告に関する教育も実施するようにする。Monkey Point 以外に設置されていた標識の復旧の完了には時間を必要とするので、標識に関する復旧は短期復旧計画においても実施する。

4.8.2 短期復旧計画

(1) 航路ブイ

ヤンゴン港への進入航路には狭い航路の境界を表示するため、48 のブイが設置されている。これらのブイは船舶の座礁を防止するため重要である。これらのブイの状態は良いが、入港船のポートサイト（左舷）のブイは赤く着色することが望ましい。また、国際的なルールに従って、夜間航行の安全のためブイの頭部に灯火を設置する必要がある。

MPA 職員に対して IALA の規則を教育することが必要であり、MPA の航路ブイが IALA に準拠するようにしなければならない。

4.8.3 中長期復旧計画

(1) 消防艇

消防艇はタグボートとしても使用していたが、ナルギスの被災で沈没した。MPA の所有するタグボートは古く、入港船舶の大型化に対応するには馬力も十分ではない。したがって、新しいタグボートを購入する必要がある。港内の消防機能を回復するためには新たに購入するタグボートに消防機能を備えることが求められる。

(2) 灯台船の更新

Dagon 灯台船の船体やシステムは非常に古い。新しい灯台船に更新する必要がある。

航行安全についての復旧計画のスケジュールを表 4.4 に示す。

表 4.4 航行安全のための復旧計画工程

復旧事項	緊急復興計画 (2011 年以前)	短期復旧計画 (2014 年まで)	中長期復旧計画 (2014 年以降)
1) 導 灯	Monkey point と Thanlyin に導灯を設置すると共に航行安全施設の計画・設計についての研修を行う。	残る導灯の復旧を行う。	
2) 航路ブイ		灯火の付いた航路ブイを設置すると共に航行援助施設の計画・設計についての研修を行う。	
3) タグ兼用消防艇			消防機能を備えたタグボートを購入する。
4) 灯台船の更新			灯台船を更新する。

出典: JICA 調査団

第5章 ヤンゴン港の復旧

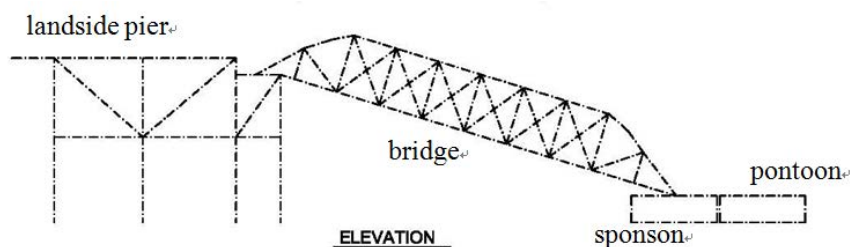
5.1 MPA の岸壁と造船所

ヤンゴン港の岸壁は主にヤンゴン川の左岸に立地している。外航コンテナ船や貨物船の接岸する岸壁は構内の5ヶ所に分散している。沿岸航海船とデルタを航行する船舶用の接岸施設は、延長約13kmに分散して立地している。MPAはMechanical Engineering Departmentの下にThein Byu, Satsan, Angytの造船所を所有している。これらは主としてMPAの所有する船舶の修理に用いられている。

5.2 MPA 栈橋の構造

標準的なMPA栈橋は図5.1に示すように、陸側のコンクリート製取付栈橋(landside pier)と鋼製トラス橋(bridge)、鋼製スポンソン(sponson)、鋼製ポンツーン(pontoon)あるいはタンクポンツーン(tank pontoon)から構成されている。

陸側のコンクリート製取付栈橋は鉄筋コンクリート杭の上部に現場内で築造された鉄筋コンクリート構造である。スポンソンは連絡橋を支持するもので、その構造物は長さ10m、幅6m、高さ2.5mである。このスポンソンは4本のチェーンとアンカーで係留されている。橋梁は鋼製で陸側取付栈橋とスポンソンに支持されている。また、ポンツーンは鋼製で長さは36m、幅6m、高さは2.5mで、4本のチェーンとアンカーで係留されている。



出典: MPA

図 5.1 MPA Jetty の構造

5.3 MPA 施設の状況

ナルギスによる被災の後、JICAが別途派遣した調査団は被災直後の2008年5月と11月の2回に分けて港湾施設の被災状況を調査した。当調査団はMPAが被災後に実施した暫定的修理の状況や港湾施設の状況についての調査を実施した。

これらの調査の結果、全48基のMPA栈橋の54%に当たる26基の栈橋が損傷していたことが明らかとなった。被災の6ヵ月後の2008年11月には26基の損傷栈橋のうち、5基の栈橋が暫定的に使用できるよう補修されていた。緊急に修理を必要とする栈橋のうち、12基の栈橋を除く補修はMPAによって実施されていた。

ヤンゴン港はヤンゴン川の土砂によって長い間に亘り埋没に悩まされてきた。ヤンゴン川はエーヤワディ河とヤンゴン川を継ぐTwante Canalとの合流部付近で左に急激に屈曲しているため、18世紀末にはKanaungto Creek付近の右岸が大幅に侵食された。この侵食がヤンゴン港の埋没の原因と考えられた。1904年、当時のRangoon Port Trust(現MPA)は屈曲部での侵食を防ぐため、屈曲部に沿って

導流堤を建設することとした。それにより、ヤンゴン川の流速が早くなり、結果としてヤンゴン港の埋没を減少させることができた。この導流堤は **Seikkyi River Training Wall** と称されるものである。

5.4 IWT の貨物輸送

IWT は Market Ship（長さ 65 m、喫水 2.5 m のバージ 2 隻と押船で構成されている）と呼ばれる船で貨物の輸送を行っている。IWT が貨物輸送用に使用していたボタトゥン棧橋が破損したため Lanmadan 地区で荷役が行われた。IWT はその貨物輸送用の管理事務所がボタトゥン地区にあるため、引き続きボタトゥンで荷役したいと希望していた。

IWT の旅客関連輸送量は 1 日当たり 8 回の入出によって 4,400 人と 550 トンの貨物であった。IWT はその旅客輸送関連事務所が近くに立地しているという事で、Kaingdan No.1、Kaingdan No.2、Lan Thit、Hledan No.1、Phoegyilan No.1、Phoegyilan No.2 を引き続き旅客輸送用棧橋として使用を希望していた。

5.5 MPA 施設の評価

鋼製構造物（ポンツーン、スポンソン）は、腐食により上面あるいは側面に穴が開いていた。いくつかの部分では緊急の補修が必要であった。1914年に建設された全長約 3,000 m の **Seikkyi River Training Wall** のうち、約 1,000 m の部分はナルギスによって漂流した船が座礁したことによって破損している。

5.6 棧橋破損の原因

ナルギスがヤンゴンに接近した時、その水位は大潮の満潮時であった。ナルギスによってヤンゴン港の水位は通常的气象潮より約 1.0 ~ 1.5 m 高いと推定された。

通常の潮位変動幅を超える鉛直方向偏移に対して、ポンツーンの上下移動に対する安全性上の余裕は少ない。そのため、ナルギスの影響で上昇した水位によって係留チェーンが伸びきってしまう状態となった。結果的にポンツーンを係留していたチェーンに破断ストレス以上に過重なストレスが発生したことによりチェーンが破断し、ポンツーンが漂流したと考えられる。

ナルギス来襲時にいくつかの船はヤンゴン川の中で錨を下していた。ナルギスによる強風、波浪・流れによって船体に錨の係留力を超える力が作用した。この強烈な力によって船体は漂流することとなった。いくつかの船は座礁したり、棧橋に衝突したりした。船体の棧橋への衝突が棧橋破損の原因の 1 つでもある。

損傷したポンツーンの多くはボタトゥン地区等のヤンゴン港の棧橋群の東の端に位置していて、ヤンゴン川の長い吹送距離に直面していた。そのように地理的な関係からボタトゥン地区は内港部の他の棧橋に比べ高い波、速い流れに曝されていた。

5.7 復旧の考え方

Interim Report で挙げられた解決すべき問題を以下に示す。

厳しい自然条件に曝されたボタトゥン棧橋地区は非常に大きな災害を蒙った。ボタトゥン棧橋地区にある棧橋は将来も同じような、あるいはより厳しい被災に曝されることが予想される。将来、サイクロンによる棧橋への被災を繰り返させないようにするためには復旧工法として、従来用いられてきたようなポンツーンより強い構造を用いることが必要である。その工法として、コンクリート製の棧橋や杭で係留したポンツーンが望ましい構造と考えられる。経済的で早期に復旧可能な工法を実施するためには、日本で用いられている工法なども含め最新の技術を適用することが求められる。実証事業として採用する最新の工法は MPA の技術者にも移転されることになり、MPA は移転された技術を用いて復旧工事を経済的、効率的、短い時間で実施することができる。

なお、実証事業の実施中におけるボタトゥン地区の土地利用の変更により、復旧の対象は7章に記述したように位置を変更することを余儀なくされた。ただし、施設の復旧をするに当たってはダラ地区においてもボタトゥン地区と同様の復旧の考え方が適応できる。

5.8 解決すべき問題

(1) ナルギスで被災した施設に関して

Interim Report で挙げられた解決すべき問題を以下に示す。

- 1) ボタトゥン棧橋 No. 5 & 6 の復旧工事
- 2) Workshop Pontoon Jetty No. 2、Nan Thi Da jetty No. 1、Thein Byu jetty、Ant Gyi jetty、ボタトゥン棧橋 No. 2 の 5 基の施設の復旧工事
- 3) ボタトゥン地区、Port Health Jetty、Sin Oh Dan Jetty において暫定復旧した施設の完全復旧
- 4) 固定コンクリート構造による棧橋の復旧
- 5) Seikkyi River Training Wall の補修

2015 年 1 月までに MPA は上記項目の 2)、3)を完了し、5)は実施中である。

(2) ナルギスで被災しなかった施設に関して

ナルギス被災前においても長年に亘り港湾オペレーションに悪影響を与えた問題を以下に示す。

- 1) 2 隻のアンカーチェーン、アンカー引き上げ船の能力回復
- 2) 潮位予測方法の能力開発
- 3) 棧橋再建のための鋼製構造物の補修に用いる MPA 造船所の施設や設備の適切な維持
- 4) アンカーチェーン、アンカー引き上げ船の更新
- 5) ヤンゴン港マスタープランの策定

2015 年 1 月までに MPA は上記項目の 1)、2)を完了し、3)は実施中である。

5.9 復旧計画

被災した施設の復旧の緊急性を考慮して復旧計画はフェーズごとに行う必要がある。

5.9.1 緊急復旧計画（2011年まで）

(1) ボタトゥン棧橋 No. 5 & 6 の復旧工事

Interim Report では次のように提案していた。

- この場所ではコンクリート製の構造が適切である。ただし、どのような潮位にも対応できるポンツーンタイプに比べ、天端の高いコンクリート製の棧橋では小さな船や荷役機械を備えていない船の場合には干潮時にこの岸壁に着岸し荷役するのは難しい。この欠点を解消するためこのコンクリート製棧橋に隣接して堅固なアンカーを持ったポンツーン構造を併設することによってあらゆる潮位条件に対応することができる。

実証事業に係わる状況が変化したことに伴い、上記の提案を再検討し、次のように修正した。

- 本調査にかかわる Steering Committee の議論によって実証事業の実施場所がボタトゥンよりダラフェリーターミナルが適地であるとされた。この場所では、乾舷の小さいフェリーボートを設計の対象とするので、ポンツーンタイプが最適な構造である。乾舷の大きな沿岸海運船はボタトゥン地区で荷役をすることを前提とする。

2015年1月現在、ボタトゥン棧橋 No. 6 は民間会社により復旧がなされ、ホテル船が接岸され、宿泊施設として利用されている。

(2) 6基の棧橋の復旧工事

MPA は損傷した 26 基の棧橋の中で 2009 年 11 月までに 19 基の棧橋の復旧を終了した。MPA は Workshop Pontoon Jetty No. 2、Nan Thi Da Jetty No. 1、Thein Byu Jetty、Ant Gyi Jetty、ボタトゥン棧橋 No. 2 の復旧工事をしていて、2010 年第一四半期に完成する予定であった。2015 年 1 月現在、この復旧は完了している。

(3) 暫定修理施設の完全復旧

2009 年末当時、ボタトゥン地区においては Jetty No. 3、4、6 で小さなポンツーンを用いた暫定復旧が完成していた。また、Sin Oh Dan Jetty No. 2 でも復旧は完成していた。Port health Jetty No. 3 は Jetty No. 2 と繋いで暫定的に運用をしていたが、今後、最終復旧をする必要がある。MPA は当初の大きさのポンツーンが用意でき次第、暫定的に復旧した小さなポンツーンと取替える計画であった。2015 年 1 月現在、これらの計画は完了している。

(4) Seikkyi River Training Wall の改修

100 年前に築造された Seikkyi River Training Wall はナルギスによって漂流、座礁した船によって 1,000 m の延長に亘り破損した。この施設はヤンゴン港の埋没軽減に大きな役割を果たしているものである。ヤンゴン港の機能を維持するためには、できるだけ早くこの施設の復旧を図ることが重要である。2015 年 1 月現在、この復旧は継続中である。

5.9.2 短期復旧計画(2014 年まで)

(1) Jetty のコンクリート構造栈橋での復旧

2009 年末当時、MPA は Wardan Jetties No. 3 ～No. 6、Sin Oh Dan Jetty No. 2、ボタトゥン栈橋 No. 3 & 4 を対象にポンツーンからコンクリート構造栈橋への変更する計画になっていた。しかし、その後 MPA は、ボタトゥン地区等を対象として、民間投資による港湾及びウォーターフロント開発に方針を変更し入札を行ったが 2015 年 1 月現在、その多くで工事開始には至っていない。

(2) アンカーチェーン、アンカー引き上げ船(heave-up boat)の更新

MPA はポンツーンあるいはスポンソンのチェーンを安全に効率よく取り替えるため、heave-up boat のウインチの更新を必要としている。ヤンゴン港では河川の真水と海水が混ざり合っていて、水温も濁度も高く、流れも速いため鋼材の腐食速度が速い。頻繁なチェーンの取り換えのためには heave-up boat の機能/能力が非常に重要である。heave-up boat ウインチや機材が古く能力も低いので、ウインチを更新する必要があった。2015 年 1 月現在、機材の更新は終了している。

5.9.3 中長期復旧計画(2014 年以降)

(1) ヤンゴン港マスタープランの策定

ヤンゴン本港の施設は市街の商業地に近接した狭い陸域に位置している。港湾区域においては沿岸海運船用の施設を対象にしたいくつかのマスタープランがあるが、ヤンゴン港全体のマスタープランは無い。その一方、Thilawa 地区では 15,000 DWT の大型の船を対象とした港の計画が策定されている。この様な状況のもと、ヤンゴン港とティラワ港の調和を持った全体的なマスタープランを策定することが重要である。

ヤンゴン港復旧計画の工程を表 5.1 に示す。

表 5.1 ヤンゴン港のための復旧計画工程

復旧事項	緊急復旧計画 (2011 年以前)	短期復旧計画 (2014 年まで)	中長期復旧計画 (2014 年以降)
1) ボタトゥン栈橋 No. 5 & 6 の復旧工事	JICA による損傷施設の堅固な構造による復旧 (ダラフェリーターミナルに位置変更)		
2) 6 基の栈橋の復旧工事	MPA によるポンツーン復旧の実施		
3) 暫定修理施設の完全復旧	MPA による実施		
4) Seikkyi River Training Wall の改修	MPA による実施		
5) 栈橋のコンクリート構造での復旧		栈橋の堅固な構造による復旧	
6) アンカーチェーン、アンカー引き上げ船の更新		ウインチの取替え	
7) ヤンゴン港マスタープランの策定			将来の重複投資を避けるためのマスタープランの策定 (海外の資金援助などによる)

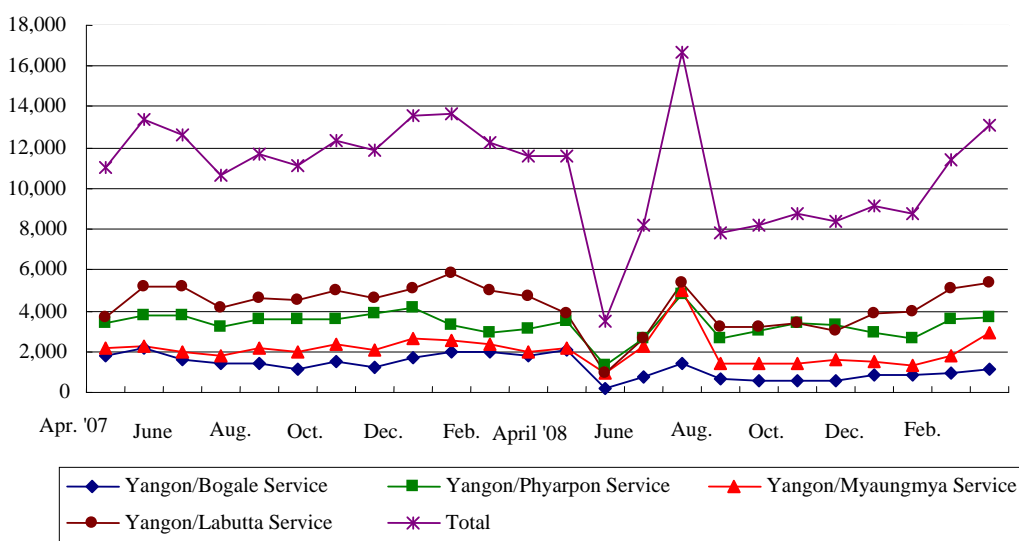
出典 : JICA 調査団

第6章 内陸水運復旧計画

6.1 貨物および旅客輸送

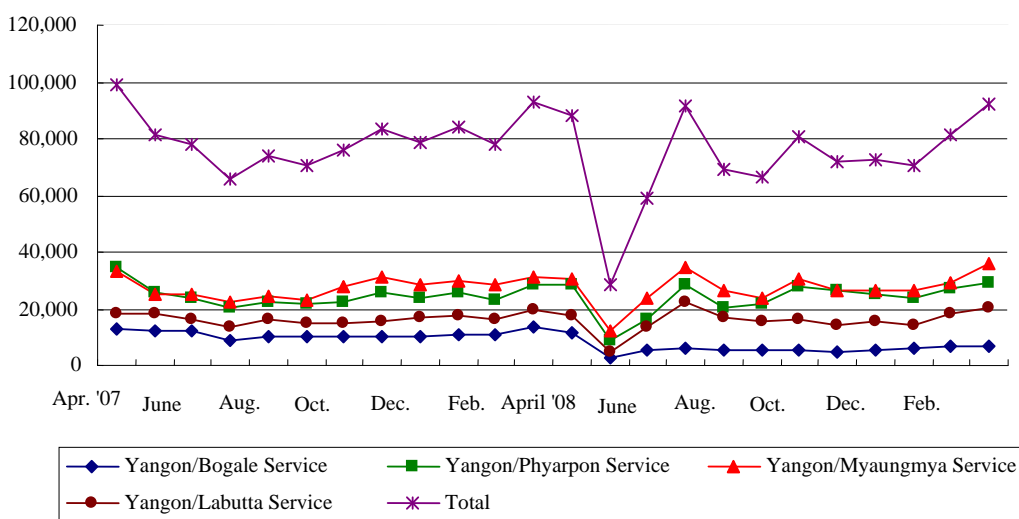
2009年当時、IWT Delta Division は自ら所有する旅客/貨物船を用いて16ルートの長距離内陸航路とRoRo および客船による5ルートの短距離航路を運航していた。

図 6.1 に4航路の月間の貨物輸送量を示す。2008年5月には貨物輸送は4,000トンにまで落ちたが、2008年8月から2009年1月までの間で8,000トンから9,000トン（ナルギス被災前の65%から75%に相当）に回復して、2009年3月には12,000トンを超えた。内陸水運の貨物量に関する限り、ナルギス前の水準にまで回復し、内陸水運輸送に大きな問題は無いようであった。同様に、図 6.2 は内陸水運によるDelta Divisionにおける月間の旅客数を示す。ナルギス来襲の2ヵ月後にはナルギス以前のレベルに回復し、2009年2月にはそれを超えた。



出典：IWT

図 6.1 IWT の月別貨物輸送量



出典：IWT

図 6.2 IWT の月別旅客輸送量

6.2 水運網

IWT は貨物と旅客の公共輸送の運行をヤンゴンとデルタ地帯との間で行っている。図 6.3 に内陸水運網を示す。



出典：IWT

図 6.3 内陸水運網

6.3 施設

ナルギス来襲以前には IWT はヤンゴン港において貨物船用に 2 基の Jetty、旅客兼貨物船用に 5 基の Jetty を使用していた。ナルギスによって 3 基の Jetty が損傷した（写真 6.1 と写真 6.2 参照）2009 年 6 月時点では表 6.1 に示すように 1 基のみ緊急に復旧されたが 3 基は損傷したままであった。

表 6.1 ヤンゴン港における IWT Jetty の状況

番号	貨物/旅客	Jetty の名称	ナルギス以前	ナルギス被災	2009 年 6 月の使用状況
1	Cargo	Botahtaung No.5	○	○	
2	Cargo	Botahtaung No.6	○	○	
3	Cargo	Botahtaung No.3			○
4	Passenger/Cargo	Shwetaungdan 1&2	○		○
5	Passenger/Cargo	Phoneygilan 1	○	○	
6	Passenger/Cargo	Hledan 1	○		○
7	Passenger/Cargo	Hledan 2	○		○
8	Passenger/Cargo	Kaidan 1	○		○
Total			7	3	5

出典：JICA 調査団



出典: JICA 調査団

写真 6.1 ポタトゥン棧橋の被災状況



写真 6.2 Phoneygilan 棧橋の被災状況

6.4 IWT 船隊と損傷

IWT は写真 6.3 と写真 6.4 に示すような旅客船および貨物船を運航している。



出典: JICA 調査団

写真 6.3 IWT の旅客船



写真 6.4 IWT の貨物船

IWT 船隊はナルギスによって大きな損傷を蒙った。表 6.2 はナルギス前後の船舶の数を示す。Delta division では動力船の約 23%が被災した。また、IWT 動力船のうち 75%が船齢 41 年以上、62%が船齢 21 年以上であり、老朽化が進んでいる。

表 6.2 ナルギス前後の IWT 船隊の状況

IWT Division	動力船		
	ナルギス以前	ナルギス以後	比率 (%)
Cargo Div.	96	90	93.8
Delta Div.	93	71	76.8
Ayeyar Div.	46	46	100.0
Chindwin Div.	27	27	100.0
Thanlwin Div.	20	20	100.0
Rakhaine Div.	26	22	84.6
G. Total	308	276	89.6

出典: IWT

ナルギス以前：2008 年 3 月 31 日調査、ナルギス以後：2009 年 5 月 31 日調査

6.5 造船所

ヤンゴン港には図 2.2 に示すように IWT の所有する 2 ヶ所の造船所、ダラ造船所およびアーロン造船所がある。造船所の大きな問題点は次のとおりである。

- 損傷を受けた船の修理や造船をする IWT 技術者の能力が不足している。
- 通常の年次検査を行う人材と施設が不足している。
- 効率的修理や維持を行うため、古い施設の改修ならびに造船技術者の技術の向上が必要である。
- 船舶修理、維持、年次検査能力を高めるための造船所の能力の向上が必要である。

6.5.1 早急に解決すべき問題

- 安全航行を図るための船員の能力向上
- 造船所労務者の緊急的な技術向上
- 遅れている IWT 船の年次点検の促進
- ダラ造船所における新しい船架（鋼製）とウインチの導入
- 船舶設計と造船技術の向上

調査期間中にアーロン造船所の機能は 2013 年、Dagon Seikkan Township のバゴー川右岸に新設されたダゴン造船所に移転したため、アーロン造船所に関係する復旧計画の必要性はなくなった。

6.6 航行用計器

表 6.3 に示すように、IWT 船の航行用計器の設置率は非常に低く、危険な航行を強いられている。航行の安全を確保するためには、IWT 船に必要な航行用計器の設置をすることが必要である。同時に航行用計器の取扱い技術を習得するため、研修による能力開発が必要である。

表 6.3 航行用計器の設置状況

IWT Division	No. of Ship	Gyro	Mag.	Radar	GPS	Echo	Anemo	Barom	Bino	Radio
Cargo Division	90	0	2	6	0	0	0	0	11	5
Delta Division	71	0	11	5	0	5	0	0	21	12
Ayeyar Division	46	0	9	0	0	0	0	3	14	6
Chindwin Division	27	0	6	0	0	0	0	0	6	6
Thanlwin Division	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rakhaine Division	22	0	9	0	0	0	0	0	9	9
Total	276	0	37	11	0	5	0	3	61	38
Installation Ratio (%)		0	13.4	4.0	0	1.8	0	1.1	22.1	13.8

Gyro: Gyro Compass Barom: Barometer
 Mag: Magnet Compass Bino: Binocular
 Radar: Marine Radar Radio: VHF and/or HF
 GPS: Geographic Positioning System Anemo: Anemometer
 Echo: Echo Sounder

出典 : DWIR

6.7 復旧の考え方

造船所における経験のある技術者の高齢化により、造船技術などを習得した技術者が不足して来ている。そのため、新しいスタッフに造船に関する技術の移転が必要である。

内陸水運の運航に重要な内陸航路の適切な水路図がない。DWIR は水路や航行援助施設の整備や維持に責任を持っているので、航行の安全を向上させるため IWT は DWIR と連携して水路図を整備することが必要である。

6.8 復旧計画

6.8.1 緊急復旧計画(2011 年以前)

(1) IWT の船長、乗組員の能力開発

航行の安全を確保するためには、困難な航行条件のもとにおいても船長が高い操船技術を保っていることが必要である。

(2) 船舶・鋼構造物修理能力開発

ダラとアーロンの造船所は数多くの損傷した船の修理をするために用いられている。そのため、年次検査を必要とする多くの船は造船所が使えるようになるまで待っている。その結果、多くの船は運航免許 (Operating License) を取得するのに長く待たなければならない。しかし、船舶が不足しているため、場合によっては年次検査を受けずに航行している。船舶の航行の安全を確保するためにはこの様な状況から脱却しなければならない。

船舶修理の生産性を上げるためには、技術者の能力を向上させることが重要である。人材開発として、体系立てられた効率的な研修によりノウハウと技術の移転を早急に図ることが必要である。

(3) ダラ造船所での鋼鉄船架の導入

No. 7 と No. 12 の斜路の木製の船架はナルギスによって漂流した船が衝突して破損した。緊急的な修理は完了したが造船所の能力を回復・改善するためには木製の船架をしっかりと鋼製のものに替える必要がある。上記(2)によって研修を受けた IWT 技術者によって鋼製の船架を作ることができる。

6.8.2 短期復旧計画(2014 年まで)

(1) IWT 船体検査の促進

被災によって IWT の船は定期点検をされない状態のまま運航されている場合が多くあるので、安全な航行にも悪い影響を与える結果となっている。Marine Department の報告書によると 2009 年 4 月現在において 109 隻の船が許可切れの状態に運航している。

大型船の年次的な検査を促進するためには、JICA 研修を受けた IWT の技術者による溶接技術の改善や船舶設計の技術移転を行う事を目的と人材開発研修を行う事が必要である。

(2) ダラ造船所のマスタープラン策定

造船所施設の再建を行うためには、将来の重複投資を避けるため将来の施設利用計画を考慮することが重要である。この観点から、ダラ造船所のマスタープランを海外の資金などを活用して策定することが必要である。

(3) 内陸水運における航行援助施設の改良

DWIR は航行援助施設の整備と維持をする責任がある。内陸水路に対して十分な航行援助施設を整備するために IWT は DWIR に必要な支援をして整備の促進を図ることが必要である。これを実現するためには長い時間と多額の投資を必要とするので海外の資金援助も仰ぐべきである。

6.8.3 中長期復興計画(2014 年以降)

(1) アーロン造船所の施設の改良

アーロン造船所は IWT の小型船の検査と修理をするために用いられている。いくつかの斜路は損傷し使用できない。海外の資金援助などによって斜路の増設も含めて施設の改良をすることが必要である。(2014 年現在、アーロン造船所はダゴン造船所に移設されたのでこの計画を実施する必要なくなった)

内陸水運の復旧計画を表 6.4 に示す。

表 6.4 内陸水運のための復旧計画工程

復旧事項	緊急復旧計画 (2011 年以前)	短期復旧計画 (2014 年まで)	中長期復旧計画 (2014 年以降)
1) IWT の船長、乗組員の能力開発	JICA による航行困難条件下の高度操船技術の研修		
2) 船舶・鋼構造物修理能力開発	JICA による修理ノウハウ・技術移転研修		
3) ダラ造船所での鋼鉄船架の導入	IWT 技術者による木製船架から鋼製船架への取り換え		
4) IWT 船体検査の促進		IWT による船舶検査能力向上に資する破損船の修理能力の向上	
5) ダラ造船所のマスタープラン策定		将来投資の重複を避けるためのマスタープランの策定(海外の資金援助などによる)	
6) 内陸水運における航行援助施設の改良		DWIR による航行援助施設の整備(海外の資金援助などによる)	
7) アーロン造船所の施設の改良(調査期間中にアーロン造船所はダゴン造船所に移設されたのでこの計画を実施する必要なくなった)			小型船の修理能力向上のための斜路の整備(海外の資金援助などによる)

出典: JICA 調査団

第7章 能力開発計画および構成内容

7.1 実証事業および能力開発トレーニング

日本政府による技術的・人道的支援の枠組み内での MPA および IWT に対する支援として、以下の 3 つの支援が妥当として提案された。

- ▶ 能力開発トレーニング
- ▶ MPA および IWT がナルギスによる被害の復旧計画を実行する上で効果的な支援となる追加調査
- ▶ 全復旧計画よりモデル的な復旧工事を行う実証事業の実施

上記の技術支援計画に対し、本事業において実施されるべきその構成項目を選定するに際しては、「緊急復旧案」として挙げられている項目を優先性が高いとするとともに、以下の選定条件を考慮した。

- ▶ ナルギスにより被害を受けた内陸水運施設の復旧への障害を解消するような復旧案でその緊急性があるもの
- ▶ MPA および IWT への能力開発のための技術移転内容としての重要性およびその効用性
- ▶ MPA および IWT の自助努力に帰依することに焦点をおき、技術移転された技能の持続性があること

上記および本事業に割り当てられた予算の効率的使用に配慮した上で、それぞれの計画に対する構成項目として以下の提案を行い、2009 年 7 月の第 1 回ステアリングコミティで同意された。なお、当案により「緊急復旧計画」として指定されている復旧案は全て網羅されている。

(1) 能力開発トレーニング

- 1) 船舶の操船・航行の安全に関する能力開発
- 2) 船舶および鋼構造物修理に関する能力開発

(2) 調査

- 1) 防災能力向上策の追加検討
- 2) 潮位計利活用能力向上策に関する追加調査

(3) 実証工事：ポタトゥン第 5・第 6 棧橋復旧工事

ポタトゥン第 5・第 6 棧橋復旧工事が、その重要性および緊急性が高いとして実証事業に採択された。施設構造は、従来の浮体式より過酷な条件下でも安定性がより高い剛な構造タイプが提案された。しかしながら、その後当実証工事の場所はポタトゥン棧橋から ダラフェリーターミナルへと変更された。

7.2 能力開発トレーニング

7.2.1 船舶の操船・航行の安全に関する能力開発(9章に詳述)

(1) IWT 船員の能力開発(ステップ 1)

ナルギスがヤンゴン港を襲った時、IWT では適切な緊急対応・行動をとることができなかった。これはサイクロンの影響を認識・評価するための適切な支援設備の不備によると考えられる。更に、基本的計測機器、風速計、気圧計、レーダー、通信設備等、航海用計測機器の整備不良・不足等がその被害を大きくした。そこで調査団は、航行安全機器を供与し、座学およびモデルシップを用いた教育訓練を実施した。インストラクターを選抜し、教育訓練を実施し、その教育を受けたインストラクターによる一般船員への教育が行われた。

(2) ヤンゴン港の航行支援施設の復旧(ステップ 2)

ヤンゴン港への航路の航行安全を確保するために、MPA では全長 35 マイルに渡る航路区域の 6 ヶ所に航路指示灯を設置していたが、ナルギスにより全て破損していた。更に、ヤンゴン港地区で使用されている航行補助灯は、古いガス点灯式であり、今日では汎用的な環境に優しいタイプではなかった。従い、JICA 調査団では、航行補助システムおよび機材に関し、最新の技術の移転をセミナーおよびワークショップを通じて行うこととした。また、JICA 調査団が 3 機の航行補助灯をモデル地区として選定されたモンキーポイントおよびタンリンポイントに設置することとなった。一方、MPA は航路標識灯が設置される位置において 3 基の標識灯設置タワーを建設した。

(3) IWT 船員の能力開発(ステップ 3)

ミャンマーの内陸水運航路は航行可能な水路が随時変化する。しかし、水路の地形は、数年に一度、一部の航路で水深を計測されているのみであり、ほとんど把握されていない。また、時期によっては、航路の水深が十分に確保されていないため、IWT の運航船は竹竿で水深を測りながら航行しているが、座礁が頻発し航行安全性が悪く、また航行遅延などが生じて、大きな問題となっている。基本的に船長の勘に頼った運行が行われている。ステップ 1、ステップ 2 により航行安全度は高まったが、十分とはいえない。そこで、IWT の定期運航船に自動計測式 GPS 測深器を供与して、日々の水深を計測しながら安全な運行を行うよう整備した。得られたデータを蓄積し、河川の変化状況を知ることが将来の航路保全を検討する上で重要となる。

7.2.2 船舶および鋼構造物修理に関する能力開発(10章に詳述)

造船所の望ましい生産性向上のため、JICA 調査団では IWT/MPA による造船技術・生産力向上のための能力開発実務への支援をトレーニング方式による技術移転とすることを提案した。

トレーニングは主にダラおよびアーロンの両造船所にて行うものとし、以下の 4 段階に分けて実施することとした。

(1) ステップ 1

JICA 調査団により、アーク溶接法を用いた溶接の基本的技術を IWT および MPA の選定された指導員に対して実施指導する。

(2) ステップ 2

ステップ 1 で溶接技術を取得した指導員の指導下、造船所の作業員へのトレーニングを実施すると共に、IWT/MPA において通常トレーニング用プログラムを実際に策定・設立する担当者に対しても技術移転を行った。当ステップにおける具体的内容は以下を含むものである。

- IWT および MPA の指導員が造船所作業員に対して実施する船舶・鋼構造修理の技術向上トレーニングへの支援
- IWT が将来的に実施する「年次トレーニングプログラム」の教科目および教科書作成
- 造船所で使用する鋼製台車（クレードル）の設計、および実証作業としてのその製作実施。JICA 調査団と IWT 造船所との共同作業としての実施
- IWT の技術者および職員に対して、造船所拡張・改善の計画ノウハウの移転

(3) ステップ 3

修繕、造船効率の向上には通常のアーク溶接(手溶接)に対して半自動溶接と呼ばれ、作業効率が 2～3 倍であることから現在世界の主流となっている「CO₂ 溶接」の訓練が、重要である。また溶接後の検査機器/施設が無いため、「検査技術」が無く、溶接結果の検証ができないという問題が明らかになったため、これらの技術移転を行った。

(4) ステップ 4

実証事業の一部として IWT のダラ造船所でポンツーンの製作を行った。IWT の Engineer に対し、ブロック工法による施工要領、ブロック組立方法、溶接方法、品質管理等について指導し、またポンツーンの設計に関する講義を行った。またこのポンツーン製作はステップ 3 までの訓練者による実践とした。

7.3 調査

7.3.1 防災能力向上に関する検討(11 章に詳述)

フェーズ 1 において、サイクロン被害に対する再発防止策の検討として、ヤンゴン港における高潮時の浸水被害予測を行った。またミャンマー側で策定された防災計画/ガイドラインを確認した結果、特に災害の予測に関する部分が不足していることを確認した。そこで、フェーズ 2 ではサイクロンおよび高潮のシミュレーションにより、船舶・避泊地の安全度評価を行った。また港内の船舶漂流シミュレーションも行った。ヤンゴン港を対象にした津波および高潮シミュレーション結果から、デルタ地域は特に危険であると判断されたため、同地域においてもシミュレーションを行った。

7.3.2 潮位計利活用能力向上策に関する調査(12 章に詳述)

Monkey Point では昼間に目視観測しかされていなかったため、フェーズ 1 でヤンゴン港上流部(Monkey Point)・中流部(MITT)に自動観測式潮位計を設置した。フェーズ 2 では、潮位観測・維持管理体制の整備・拡充を測るための技術指導および機材の調達を行うと共に、フェーズ 1 で観測を開始した観測データから調和分解を行い、調和定数を算定した。その調和乗数を用いて潮位予測を行い、既発行潮位表・観測値・予測値の比較分析・評価を行った。

7.4 実証事業

実証事業場所は、当初は2009年7月の第1回ステアリングコミティにおいて承認されたボタトゥン No. 5 & No. 6 栈橋において実行される予定で進められていたが、2011年12月にMPAより事業場所の変更要請があり、協議の結果2012年3月の第3回ステアリングコミティにおいて、ダラフェリーターミナルに変更することが正式に決定された。

設計詳細は第13章にて言及するものとする。

(1) 実証事業の概要(ボタトゥン栈橋、計画・設計・入札のみ)

対象船舶および当実証事業の目的より、以下の係留用栈橋の建設が要求された。

- 全延長 127 m
- 浮体式構造
- 剛なコンクリート構造を組み合わせた形式の栈橋

また、同栈橋は3タイプの荷揚げ用デッキを保有しており、以下の施設より構成されている。

- 2基の浮体構造(36 m x 6 m)で築造された浮体式栈橋部、延長 78 m でMPA 保有の市場船が接岸可能。使用される浮体構造はMPAにより供与。なお、同浮体構造を係留するために3基のドルフィンが設置
- 延長 30 m の基礎杭式コンクリート栈橋部、内 15 m は天端高+5.0 m CDL の低層荷揚げデッキ部。また当栈橋部は将来的計画延長 172 m の内の必要最少の延長
- 延長 49 m、天端高+7.5 CDL のコンクリート製栈橋部
- 作業員および作業車両用アクセス橋、総延長 95 m、幅員 8.4 m
- 連絡道、延長 35.1 m、幅員 4.5 m
- 可動式鋼製渡橋(延長 24 m、幅 3.25 m)、渡橋受台(9 m x 6 m)付、MPAによる供与

全体計画図を図 7.1 に示す。

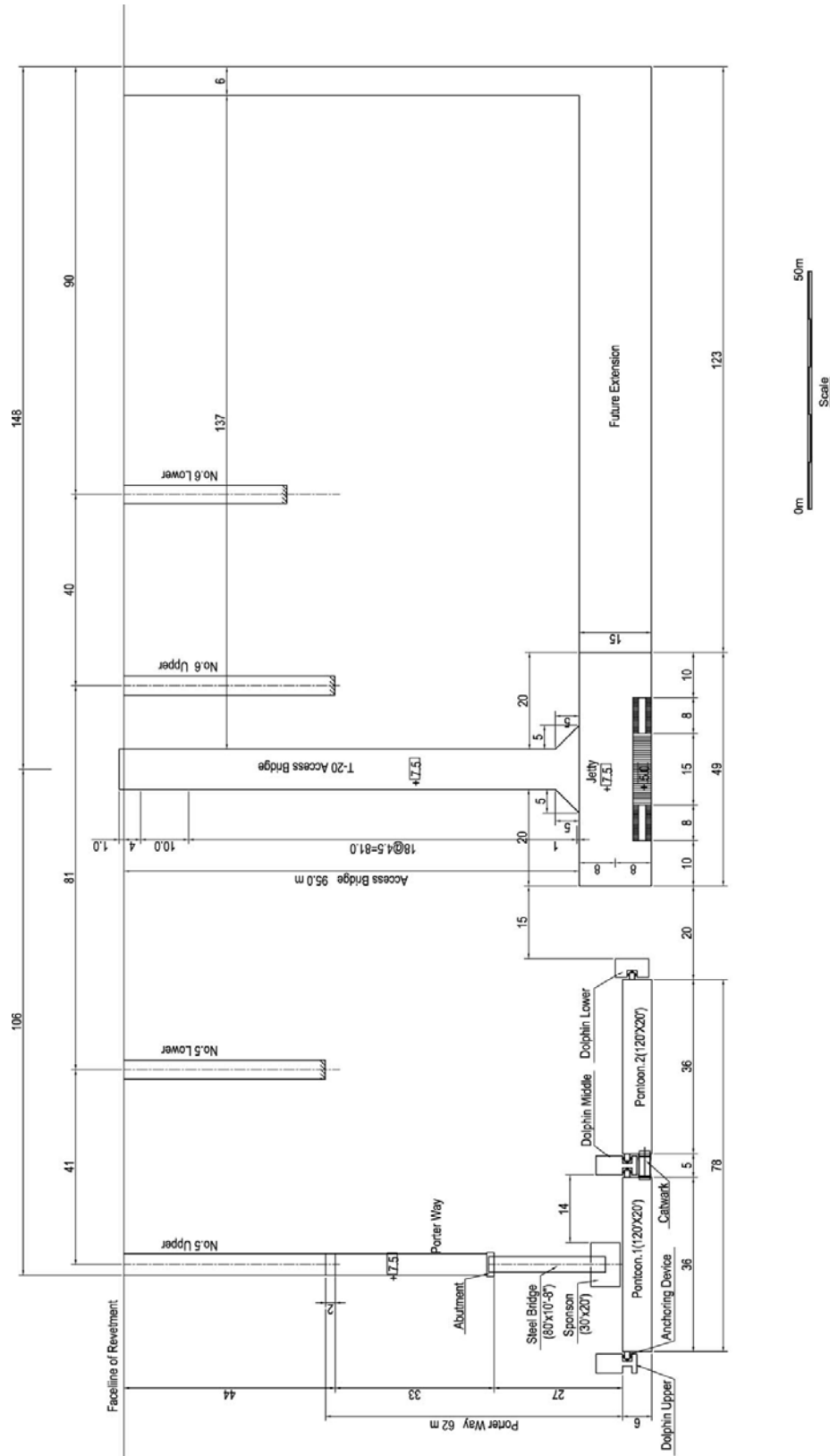
(2) 実証事業の概要(ダラフェリーターミナルターミナル栈橋)

対象船舶および当実証事業の目的より、以下の係留用栈橋の建設が要求された。

- 全延長 72 m
- 災害に強く、維持管理が容易な浮体式構造
- 混雑緩和・スムーズな乗降のため、2ウェイ方式の栈橋およびフェリーターミナルビルの拡張

同栈橋は以下の施設より構成されている。

- コンクリート被覆ポンツーン 2 基 (36 m x 6 m)
- 可動式鋼製トラス橋 2 基 (全長: 22.78 m、幅: 3.25 m)
- ポーターウェイ 2 基 (全長: 約 25 m、幅: 4.5 m)
- インターロッキング舗装の歩道 (面積 448 m²)
- スリップウェイ 1 基 (全長: 約 38 m、幅: 2.5 m)
- ターミナルビル (18.5 m x 21.6 m)
- トイレ (4.2 m x 10.2 m)
- 防壁およびフェンス (それぞれ約 50 m、70 m)



出典: JICA 調査団

図 7.1 全体計画図 (ポタトゥン栈橋)

表 7.1 能力開発計画実施工程

Packages	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Steering Committee Meeting	▲ ▲				▲	
Implementation of Capacity Development Scheme for Ship Crew and Navigation						
Ship Crew of IWT (Step 1)	—					
Navigation System of Yangon Port (Step 2)		—				
Ship Crew of IWT (Step 3)						—
Implementation of Capacity Development Scheme for Repairing Ships and Metal Structure						
Step 1: Arc Welding (Basic)	—					
Step 2: Sustainable Arc Welding & Cradle		—				
Step 3: CO2 welding and Test				—		
Step 4: Pontoon Construction					— —	
Study of Tide Observation System						
Installation of ATG	—					
Observation by ATG	— — — — —					
Analysis		—				—
Seminar	▲		▲			▲
Study on Maritime Disaster Risk Management						
Study of disaster prevention program, Field survey of damage truck and simulation of Nargis	—					
Storm surge and Tsunami Risk in Yangon		— — —				
Storm surge and Tsunami Risk in Delta				— — — — —		
Seminar	▲		▲			▲
Preparation and Implementation of Pilot Project						
Design (Botahtaung)	— — —					
Tender (Botahtaung)	— — — — —					
Relocation				— — — — —		
Design (Dalla)					—	
Tender (Dalla)					— — — —	
Construction (Dalla)						— — —
Seminar/Workshop/Lecture		▲	▲		▲	▲

出典: JICA 調査団

第8章 環境社会配慮

提案の事業は開発事業に対する環境社会配慮の要求である JICA の環境社会配慮のセーフガード政策の条件を確実に満たすことが求められる。ミャンマー国の環境保護法は 2012 年に公布されているが、環境保護の促進や環境管理の強化に関してはまだ初期段階である。新たに制定された環境保護法においては MOECAF が国内の環境管理の責任官庁として認定された。この法律は 14 章からなり IEE および EIA システムの導入、環境管理計画、住民協議、モニタリング等が含まれている。EIA/IEE システムの手続きおよびこの詳細は栈橋の建設工事が開始されてから MOECAF により作成され公布された。

ミャンマー国の内陸水運およびヤンゴン港の緊急整備案件の実証事業の事前環境影響評価の実施内容は以下のとおりである。

- 事業の実施により直接、間接的に影響を受ける地域の調査
- 事業の場所、建設工事および施設の運営により生じると予測される顕著な環境社会問題の明確化
- 実施される事業の負の環境影響の緩和策ないしは有益な影響の提案
- 事業の代替案の検討を含むスコーピングのマトリックスの作成

既存の環境法の 1 つの問題点は大気や水質汚染、騒音・振動等の汚染に対する法規制値がないこと、ないしは更新されることなく現在まで及んでいることである。現場で建設工事が開始された際、環境影響を評価・検討する為の詳細な規制値が存在しない。

顕著な環境影響、中位の環境影響があると確認された項目の緩和・改善対策に従ったモニタリング計画の作成、核となるモニタリング項目を含む。この緩和策は建設準備段階、建設段階、事業運営段階を含むものとする。

主要なモニタリング項目は以下のとおりである。

- 建設資材を港湾に搬入するための進入路の交通状態
- 港湾の運営段階における港湾への進入道路の交通状態
(港湾の運営は近隣の交通量増加の可能性はある)
- 建設段階における騒音源 (杭打ち機、コンクリートのバッチャープラント等)

第9章 航行安全確保に関する研修事業

9.1 IWT の船員に対する能力開発(ステップ 1)

9.1.1 研修のスキーム

(1) 研修の概要

IWT 運航フェリーの航行安全確保を目的として、IWT 船員に対する教育訓練を実施した。まずは、IWT 船員教育インストラクターの育成と能力開発のため、JICA 調査団は、IWT により選抜されたインストラクター候補の船員に対し、安全運航に係る基本的な研修および教育を実施した。

次いで、当研修受講後のインストラクター候補が教官役となり、IWT 船員に対する研修を行った。JICA 調査団は研修内容を確認、評価し、その指導要領などを助言・支援した。また、これらの研修に先立ち、IWT が所有する 2 隻のモデル船に航海計器類を設置した。

(2) 研修の主な内容

研修の内容は以下のとおりである。

- 1) 安全運航に係る学習
- 2) 2 隻のモデル船の選択と航海計器類の設置および使用方法の説明
- 3) IWT インストラクターの選抜、インストラクターへの教育、IWT 船員への研修、研修全体の評価

上記のうち航行安全確保に関する研修の主な項目は以下のとおりである。

- ISM コードおよび BRM/BTM
- 航海と船舶運航に係る規則および制度
- 航海
- 船舶の運航
- 気象および河川の自然条件
- 航海計器類
- 平常時の運航と緊急時の運航
- IWT と船舶、船舶同士、船舶と基地間における連絡

9.1.2 研修用資機材の調達

研修および 2 隻のモデル船に装備される航海計器類は以下のとおりである。

- レーダ 2 セット
- GPS 2 セット
- 測深機 2 セット
- 通信機 (HF) 1 セット
- 通信機 (VHF) 1 セット
- トランシーバー 3 セット
- 風速計 2 セット
- 気圧計 2 セット

9.1.3 研修のスケジュール

(1) 研修プログラム

能力開発に係る研修は、大きく三段階に分けて実施した。

1) 第一段階：研修の準備（2009年9月）

研修で使用する機材やテキストの準備、航海計器類の調達を行った。

2) 第二段階：インストラクターへの研修（2009年10月）

将来的に IWT の船長や船員を育成指導するインストラクターとなる可能性がある AMS（Assistant Marine Superintendent）や船長および操舵手に対する教育訓練を実施した。

第二段階の研修における参加者は、IWT の海洋部門に従事している職員および船員のグループリーダーから選出した。彼らは、第三段階に実施する船員に対する研修のインストラクターとなり得る。

3) 第三段階：船乗員への研修、研修の評価、是正（2009年11月）

第二段階で研修を受けた IWT のインストラクターによる、船乗員への教育および研修を実施した。また、日本側インストラクターはミャンマー側インストラクターが実施した教育および研修の検証および評価を行った。必要に応じ、懸案事項が提示された。

(2) 研修の場所および時間

研修は IWT 本部とモデル船上の 2 ヶ所で実施した。スケジュールは表 9.1 のとおりである。

表 9.1 研修の場所とスケジュール

段 階	研修の実施場所	
	IWT 本部	モデル船上
第二段階: インストラクターの研修	2009年10月20～27日	2009年10月28～30日
第三段階: 船員への研修、研修の評価、是正	2009年11月2～10日	2009年11月4～13日

出典: JICA 調査団



IWT 本社での講義



モデルシップでの訓練



閉会式

出典: JICA 調査団



モデルシップでのレーダ操作訓練

写真 9.1 航海安全に関する研修

9.1.4 研修の参加者

(1) 第二段階の研修参加者

第二段階の IWT による研修には、今後、船員に対する研修のインストラクターとなり得る 15 名を選出した。

(2) 第三段階の IWT のインストラクターおよび参加者

第二段階の研修受講者より、第三段階のインストラクターとして 4 名（AMS 1 名、航海士 2 名、船長 1 名）を選出した。また、第三段階の参加者として、IWT より 15 名（船長 10 名、操舵手 5 名）を選出した。

9.1.5 能力開発に係る研修の事後評価

IWT により選出された 30 名の船員を 2 つのグループに分け、それぞれに対し連続 2 週間（10 日間）の研修および教育を実施した。4 週間にわたる研修を総評すると、参加者は初期段階から本研修を最大限に活用できるよう、真剣に研修に取り組んでおり、研修終了時の自己評価では、全ての参加者において研修前と比較し、非常に高い理解度を示していることが確認された。JICA 調査団は、船員への教育および研修は有効であったと評価した。

9.2 船舶の運航に係る能力開発(ステップ2)

9.2.1 研修のスキーム

(1) 研修の目的

研修に先立ち、Monkey Point Channel にある3ヶ所に航路標識用ライトとして導灯と指向灯（いずれもLEDライト）を設置した。MPAの水先人や運航関係者が、これらの航路標識に習熟することを本研修の目的とした。

(2) Monkey Point Channel の航路標識システム

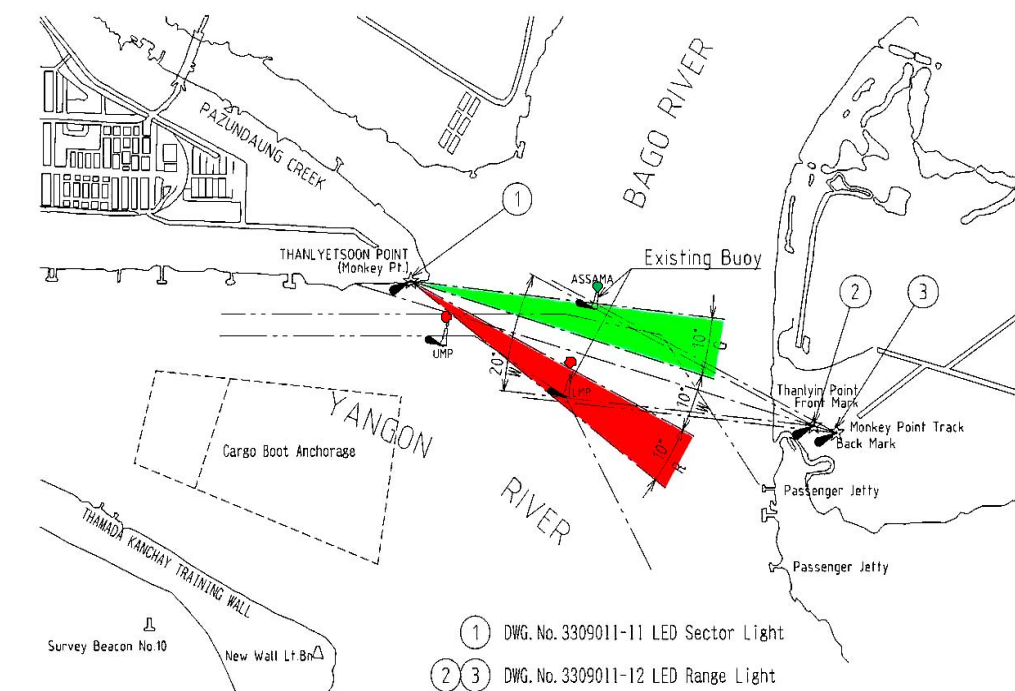
JICA 調査団と MPA の Marine Department の協議に基づき、航路標識を次のように設置した。

1) Monkey Point 灯台

- 指向灯 (LED セクターライト)
- 色： 緑/白/赤
- 角度： 水平方向にそれぞれ10度、合計30度
- 光達距離： 5海里

2) Thanlyin Point 灯台

- 導灯 (LED レンジライト)
- 色： 白
- 角度： 20度、垂直
- 光達距離： 6海里
- 特性： Isophase Light, 4秒 (2秒点灯+2秒消灯)
前方と後方の灯台の同期化



出典: JICA 調査団

図 9.1 Monkey Point Channel の航路標識システム

(3) 研修の主な内容

- 1) 安全運航に関する概論
- 2) IALA に基づいた狭い水路での航路標識に関する学習
- 3) 3ヶ所の灯台への航路標識用ライトの設置
- 4) 上記機材の使用方法の研修

安全運航に関する研修の項目は以下のとおりである。

- 航海に係る規則および制度
- 航路標識に関する一般教育
- 指向灯（セクターライト）と導灯（レンジライト）の使用方法
- 3ヶ所の灯台に航路標識用ライトを設置
- ライトの操作と保守整備

(4) 研修プログラム

研修は大きく三段階に分けて実施した。各段階の主な目的とスケジュールは、以下のとおりである。

- 第一段階： 研修の準備：2010年5月～9月
 第二段階： MPA 関係職員への研修：2010年9月～10月
 第三段階： チェックと評価：2010年10月～12月

9.2.2 研修用機材の調達

- 指向灯（LED セクターライト）および太陽光バッテリー 1式
 導灯（LED レンジライト）および太陽光バッテリー 2式

9.2.3 研修のスケジュール

(1) 研修の場所

第2段階の研修の日付と場所は以下のとおりである。研修は MPA の事務所、航路標識、MPA の船上の3ヶ所で実施した。

表 9.2 研修の場所とスケジュール

日付	研修内容	研修の実施場所
2010/10/1	安全運航の概論	MPA 本部
2010/10/5	航路標識の概論	MPA 本部
2010/10/6	セクターライト運用維持管理方法	タワーおよび船上
2010/10/7	レンジライトの運用維持管理方法	タワーおよび船上
2010/10/8	質疑応答、閉会式	MPA 本部

出典: JICA 調査団

(2) 研修の参加者

MPA から 14 名が参加した。



MPA 本社での講義



セクターライトの研修



Monkey Point 用セクターライトと
Thanlyin Point 用レンジライト



Monkey Point での夜間照明状況

出典: JICA 調査団

写真 9.2 安全航行に係る研修

9.2.4 能力開発の事後評価

研修の有効性を評価するため、アンケート調査、自己評価調査を実施した。

(1) 概要

研修の参加者は、本研修に直接関係している 11 名の水先人と船長、そして航路標識の設置やメンテナンスを行う 2 名の技術者の計 13 名が MPA により選出された。研修は 2010 年 10 月 1～8 日のうち、6 日間実施された。

研修の項目は以下のとおりである。

- 航行安全上の重要事項
- 導灯に関する IALA（国際航路標識協会）の規則
- Monkey Point における効果的な航路標識の使用

本研修は航行安全に関し、日本が実施する最初の研修であったため、全ての参加者は非常に熱心に講義と実技に取り組んでいた。参加者のほとんどが国際条約や安全運航に係る国際規則の現状に関する知識が得られたことに満足しており、トレーニングが有益であったことを証明した。

さらに、参加者は AIS（船舶自動識別装置）について、強い関心を示していた。SOLAS 条約に準拠するためには、船舶に AIS 機器を設置すると共に、陸上に基地局を建設し、AIS を構築することや、その研修も必要となる。

参加者から将来的にも継続して類似した研修を JICA に実施してほしいとの要望があった。

研修は短期間であったにも関わらず、6 項目において参加者の知識や技術は向上したことが自己評価の結果を分析により明らかとなった。この結果より、研修が非常に有益であったことが示唆された。

(2) 航路標識用ライトの引渡式

航路標識用ライトの引渡式、および船舶修理および鋼構造物に関する研修（ステップ 2）の閉会式は 2010 年の 11 月 25 日にダラ造船所で開催された。式典の概要は以下のとおりである。

1) 主な参加者

- IWT : 総裁および副総裁
- MPA : 副総裁および港長
- 日本大使館 : 2 等書記官
- JICA : 事務所所長、調査団副総括

2) 式典のプログラム

- スピーチ（IWT 総裁、JICA ミャンマー事務所所長）
- JICA から MPA および IWT へ航路標識用ライト、溶接機材、関連書類の引き渡し
- 研修参加者へ証明書の授与
- ライト、溶接機材と台車の披露

9.3 IWT の船員に対する能力開発(ステップ 3)

9.3.1 研修のスキーム

研修期間において IWT のモデル船への航海計器（自動観測式 GPS 付き測深機）の引渡を行った。IWT の船員に対する安全運航の研修と教育は JICA 調査団によって実施された。研修の主なシラバスは 2009 年に実施したステップ 1 と同じである。

航海計器を IWT の船舶に設置した目的は、船舶の航行ルートの水深データ（日時、位置、水深の年間データ）を取得するためである。DWIR は航行危険箇所における深浅測量調査を実施しているが、内陸水運航路の全体的なルートをカバーしておらず、また、水深を明記した航路図もない。今後の観測データにより、雨季および乾季における年間の深さのばらつきが確認され、将来の航路図作成に活用されることが期待される。

9.3.2 研修用の資機材の調達

研修と 2 隻のモデル船に設置する航海計器は以下のとおりである。

- 自動観測式 GPS 付き測深機 2 セット

9.3.3 研修のプログラムとスケジュール

(1) 研修のプログラム

研修は大きく三段階に分けて実施した。各段階の主な内容は以下のとおりである。

1) 第一段階：研修の準備

研修で使用する安全運航及び航海計器のテキストの準備と2隻のモデル船に設置する航海計器の調達を行った。

2) 第二段階：GPS 付き測深機の調達とインストラクターの養成

JICA 調査団は、将来的にインストラクターとなり得る IWT の管理者や船長・船員に対し、テキストに沿った研修を行った。IWT の2隻の船舶に自動観測式 GPS 付き測深機を調達し、調達先のインストラクターが、その機能や取扱い方法を説明した。

3) 第二段階研修の評価/是正

研修終了後、ミャンマー側インストラクターより実施した研修の評価とコメントを貰った。この評価とコメントは、必要に応じ、今後の検討事項として取り纏めた。

研修の参加者は IWT の管理職者および船員のグループリーダーから選出した。

(2) 研修の場所およびスケジュール

研修は2014年12月15日にIWTの会議室において、翌16日はIWTのモデル船上で実施した。

9.3.4 研修の概要

(1) 参加者

本研修における参加者は、将来 IWT 船員に対する研修のインストラクターとなり得る10名を選出した。

(2) 研修の内容

- 研修のテーマ：安全運航及び航海計器
- 研修内容（IWT 教室に於ける講義）
 - ISM コードの背景、目的、概要の説明
 - 航行安全計画、IMO（国際海事機構）、海上衝突予防法、船員の義務、航行計画の策定
 - BRM（Bridge Resource Management）、BTM（Bridge Team Management）
 - 航海計器の内、GPS（Global Positioning System）と測深器について理論説明と実機のデモンストレーション
- GPS、測深器の取扱説明（モデル船上に於ける研修）



安全運航と航海計器の研修 (IWT 本部)



GPS と測深器の研修 (モデル船上)

写真 9.3 安全航行に係る研修

9.3.5 能力開発に係る研修の事後評価

IWT 本部の教室に於ける安全運航と航海計器の座学研修に対する評価と、翌日のモデル船に於ける実地研修の 2 つに分類して評価を実施した。10 名の研修員は、いずれの自己評価も 5 段階評価で 5 を申告した。これは全員が高い理解度を示したということであり、JICA 調査団は本研修が有効であったと評価した。

第10章 船舶および鋼構造物修理能力向上に関する研修事業

10.1 船舶および鋼構造物修理能力向上(ステップ1)

(1) 実施目的

ナルギスによって IWT 所有の船舶や MPA 所有の棧橋等が大きなダメージを受け、IWT や MPA の造船所における船舶の検査および修理が急激に増え、これらの能力向上が急務になった。IWT の船舶検査・修理能力には二つの課題があった。一つ目は作業員確保、二つ目は技術ノウハウとスキルである。したがって、この訓練では技術ノウハウとスキル向上を目的とし、直流アーク溶接技術を IWT および MPA の造船所の職工に指導する立場になるインストラクターの養成訓練を実施した。

(2) 実施内容

本訓練 (Step 1) のスキームとして、訓練生全員を対象に以下のプログラム・モジュール 1 および 2A が用意された。また、本プロジェクトの次のステップである Step 2 訓練時に指導する立場のインストラクターになり得る熟練技術者やグループリーダーを対象にモジュール 2B が用意された。

1) プログラム・モジュール 1 (1 週間)

IWT のアーロン造船所にて、造船所運営に必要な基礎知識、国際的な規定や基準、管理スキルの講義を行った。このプログラムの対象者は各組織の政策を担当する管理職者や技術者、次の Step 2 訓練時に指導する立場のインストラクターになり得る熟練技術者やグループリーダーを対象にしている。

2) プログラム・モジュール 2A (1 週間)

全訓練生を対象に溶接の基本訓練を午前はダラ造船所、午後はアーロン造船所の 2ヶ所で行った。

3) プログラム・モジュール 2B (2 週間)

グループリーダーを対象に実践訓練を行った。このプログラムは参加者全員ではなく、次の Step 2 訓練時に指導する立場のインストラクターになり得る熟練技術者やグループリーダーを対象に実施された。

(3) 実施工程

Step 1 訓練は表 10.1 に示す工程で行われた。

(4) 実施成果

本訓練の成果を検証するため、2種類のアンケートおよび実技試験を行った。これらの評価ポイントは以下示すとおりである。

- 基礎知識
- 関連知識
- 溶接実技試験

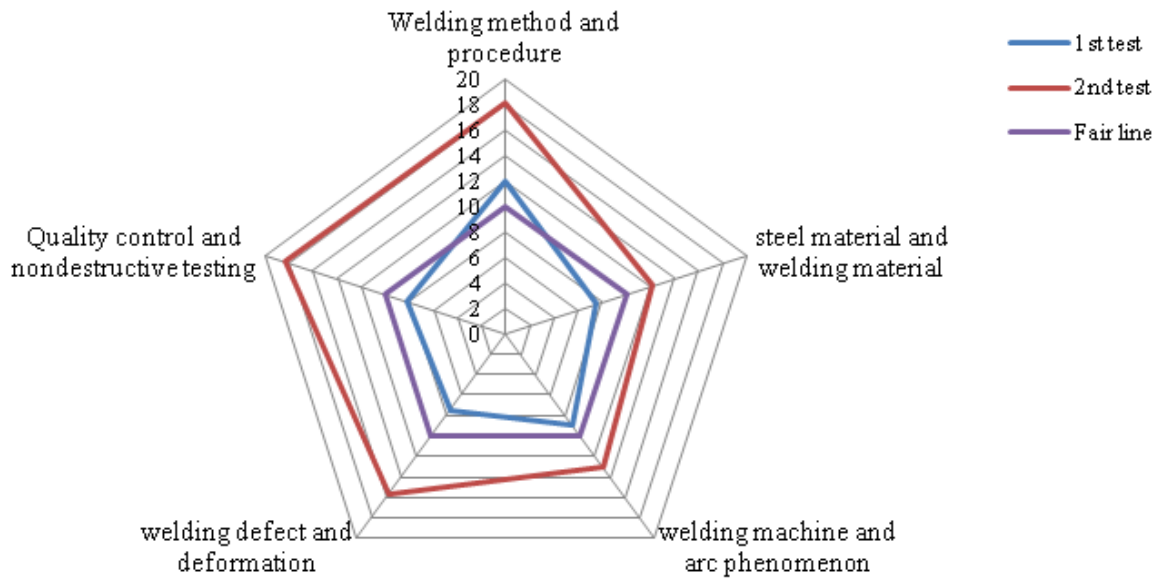
関連知識の評価結果としては図 10.1 に示すように、溶接欠陥および変形、品質管理および非破壊試験、溶接方法および手順については点数が高く、鉄材および溶接材、溶接機械およびアーク現象につ

いては比較的点数が低かった。また、溶接実技結果としては、当初鉛直溶接が良くなかったものの、最終的には訓練生たちは各テストに合格した（図 10.2）。

表 10.1 訓練場所とスケジュール

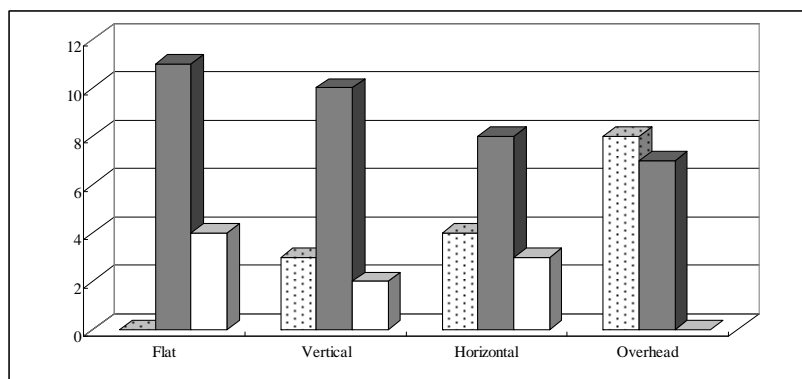
ステージ	実施場所	
	ダラ造船所	アーロン造船所
プログラム・モジュール 1 ガイダンスおよび一般講義	9:00AM – 4:00PM (IWT アーロン造船所) 2009年10月20日-10月26日 管理職者や技術者、次の Step 2 訓練時に指導する立場のインストラクターになり得る熟練技術者やグループリーダーを対象	
プログラム・モジュール 2A 基礎実施訓練	8:00AM – 11:00AM 2009年10月28日～11月3日 IWT ダラ造船所の担当者 8名および技術者 8名を対象	13:00PM – 16:00PM 2009年10月28日～11月3日 IWT アーロン造船所および MPA の担当者 7名、技術者 7名を対象
プログラム・モジュール 2B アドバンス実地訓練	8:00AM – 11:00AM 2009年11月4日～17日 IWT ダラ造船所の担当者 8名および技術者 8名を対象	13:00PM – 16:00PM 2009年11月4日～17日 IWT アーロン造船所および MPA の担当者 7名、技術者 7名を対象

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 10.1 5つのカテゴリーによる理解度の分析



No. of Participants	Flat	Vertical	Horizontal	Overhead
Fair (5 - 5)	0	3	4	8
Good (7 - 8)	11	10	8	7
Excellent	4	2	3	0

出典: JICA 調査団

図 10.2 熟練技術者およびグループリーダーの実技溶接訓練結果

10.2 船舶および鋼構造物修理能力向上(ステップ 2)

(1) 実施目的

Step 1 の訓練スキームを通して、IWT および MPA の 15 名の管理職者/技術者および 15 名の熟練技術者/グループリーダーに対し、将来それぞれの組織内で持続的な教育システムを実現するための溶接インストラクターを育成した。この Step 2 訓練スキームでは、上記 Step 1 で養成したインストラクターにより各造船所グループ内の技能工に対して、直流アーク溶接の計画および実地訓練を行った。そして、実践訓練教育を目的とし、訓練生によるクレードル製作による実践訓練を行った。

(2) 実施内容

1) プログラム・モジュール 3A (2 週間)

IWT 会議室において訓練スケジュール、インストラクターの任命、訓練生の選定等の訓練計画を立て、訓練教材の英語からミャンマー語への翻訳はインストラクターが、2 ヶ月を掛け実施した。

2) プログラム・モジュール 3B

(グループ 1 : 2 週間の半日コース、グループ 2 : 1 週間の全日コース)

実地訓練は Step 1 で訓練したインストラクターによって行われた。訓練は 5 つのグループに編成され、各グループの訓練生数は 15 名である。訓練場所はダラ造船所およびアーロン造船所の 2 ヶ所である。グループ 1 の訓練期間は 2 週間であり、JICA 調査団が訓練場所 2 ヶ所に回れるように、各半日のコースとした。一方、グループ 2 に対しては 1 週間の全日のコースにした。JICA 調査団はこの 2 ヶ所の訓練場所を交代で移動し、インストラクターに対して指導を行った。

3) プログラム・モジュール 4A (2 週間)

Step 2 訓練のスキームには訓練生の実践教育として鋼製クレードル製作が含まれた。JICA 調査団は IWT、MPA にて管理職者および技術者に対して本製作の計画、スケジュール作成、作成方法、溶接

方法、塗装方法および安全対策等について説明を行った。JICA 調査団はダラ造船所にて管理職者および技術者に対して詳細設計および製作計画について説明をし、スケジュール、設備の準備、造船台のレールの改善や必要な材料等について協議を行った。

4) プログラム・モジュール 4B (6 カ月)

Step 1 および Step 2 の訓練生およびインストラクターによって鋼製クレードル製作が行われた。本製作は JICA 調査団の指導のもとグループリーダーの指揮によって行われた。

(3) 実施工程

訓練は表 10.2 に示す工程で行われた。

(4) 実施成果

本訓練により、経験者および未経験者ともに一定のスキルが得られた (表 10.3)。複数の訓練生は「Excellent」のグレードを得た。一部幹部の積極的な参加および技術取得の姿勢が確認できた。クレードル製作ではダラ造船所のスタッフおよび技能工は建造手順および行程上の困難さを十分理解し、その中で許容範囲内に収まるようにベストを尽くした。

表 10.2 訓練場所とスケジュール

ステージ	訓練場所とスケジュール	
プログラム・モジュール 3A 溶接訓練計画および準備	時 期:	2010 年 3 月 15 日～29 日 テキストの作成および翻訳 (2010 年 5 月末まで)
	場 所:	IWT 会議室
	メンバー:	IWT/MPA のオフィサー/エンジニア 15 人およびグループリーダー 15 人
プログラム・モジュール 3B 訓練センターにて実地訓練	時 期:	2010 年 7 月 29 日～8 月 8 日
	実地訓練:	1st Batch : 2010 年 8 月 9 日～20 日 2nd Batch : 2010 年 8 月 23 日～27 日 3rd Batch : 2010 年 8 月 30 日～9 月 3 日 4th Batch : 2010 年 9 月 6 日～9 月 10 日 5th Batch : 2010 年 9 月 13 日～9 月 17 日
	場 所:	ダラ造船所トレーニングセンターおよび アーロン造船所トレーニングセンター
	メンバー:	IWT/MPA のオフィサー/エンジニア 15 人およびグループリーダー 15 人
	訓練生:	合計 72 名 ダラ造船所 (39 人) アーロン造船所 (20 人) Theinohyu Dockyard (5 人) Satsan Dockyard (5 人) Angyi Dockyard (5 人) JICA 調査団はインストラクターをサポートするためグループ 1 に完全参加、グループ 2、3、4 には交代で参加した。
プログラム・モジュール 4A 講義によるクレードル製作計画	時 期:	2010 年 3 月 15 日～29 日
	場 所:	IWT ダラ造船所会議室
	メンバー:	IWT/MPA のオフィサー/エンジニア 15 人およびグループリーダー 15 人 JICA 調査団はクレードル製作方法、設計、製作スケジュールおよび安全対策について説明した。
プログラム・モジュール 4B 造船所におけるクレードル製作の実施	時 期:	2010 年 6 月～11 月
	場 所:	ダラ造船所現場および会議室
	メンバー:	ダラ造船所のオフィサー/エンジニアおよびグループリーダー JICA 調査団はクレードル製作中、製作方法、部品管理、塗装方法、クレードル製作スケジュール、安全対策等について指導した。

出典: JICA 調査団

表 10.3 直流アーク溶接訓練の評価結果

評価項目	Evaluation				
	Excellent or Very Good	Good	Enough	Not Sufficient	Not Good
知 識	6p (6%)	30p (24%)	33p (70%)	0	0
参加意欲	13p (15%)	41p (53%)	16p (32%)	0	0
結 果	15p (6%)	29p (46%)	27p (48%)	0	0

出典: JICA 調査団

表 10.4 クレードル製作の評価結果

	溶接	ペイント	
		Surface preparation	Paint application
No. 1 クレードル	Good	Good	Good
No. 2 クレードル	Good	Good	Good
No. 3 クレードル	Good	Good	Good
No. 4 クレードル	Good	Good	Good

出典: JICA 調査団

10.3 船舶および鋼構造物修理能力向上(ステップ3)

(1) 実施目的

Step 3 訓練の主な目的は2つあり、1つ目は船舶の修繕や建造のスピード向上のためにCO₂アーク溶接技術を取得すること、2つ目は建造の質向上のための試験および検査技術を取得することである。「CO₂溶接」は、CO₂溶接機を用いた溶接であり、通常のアーク溶接(手溶接)に対して半自動溶接と呼ばれ、作業効率が2~3倍であることから世界の主流となっている。IWTでは作業効率の向上のため、CO₂溶接機の導入を実施したいと考えていたが、技術力不足のため、未実施の状態であった。

このStep 3 訓練スキームでは、IWTの12名の管理職者/技術者および20名の熟練技術者/グループリーダーがCO₂アーク溶接の理論および試験や検査方法について勉強した。また、CO₂アーク溶接の実地訓練および浸透探傷試験の訓練を受けた。

(2) 実施内容

Step 3 訓練のスキームはモジュール5およびモジュール6に分けられた。

1) プログラム・モジュール5A

(合計32名を3つのグループに分け、2日間ずつ)

CO₂アーク溶接の理論や船舶建造への適用方法について2日間の講義が行われた。訓練生を11名、12名、9名の3つのグループに分けた。

2) プログラム・モジュール 5B

(合計 32 名を 8 つのグループに分け、各グループ 5 日間の半日コース)

4 名構成の 8 グループに対して CO₂ アーク溶接の実地訓練を行った。本訓練は午前または午後の半日コースの 5 日間である。

3) プログラム・モジュール 6A

(合計 16 名を 2 つのグループに分け、5 日間ずつ)

管理職者・技術者・グループリーダーを対象に、8 名ずつの二グループに分け、試験および検査方法の理論を詳細に講義し、浸透探傷試験の実地訓練を行った。

4) プログラム・モジュール 6B

(合計 16 名を 2 つのグループに分け、2 日間ずつ)

熟練技術者を対象に、8 名ずつの二グループに分け、試験および検査方法の理論を詳細に講義し、浸透探傷試験の実地訓練を行った。

(3) 実施工程

訓練は表 10.5 に示す工程で行われた。



写真 10.1 訓練状況 (左：講義および議論、右：実地訓練)

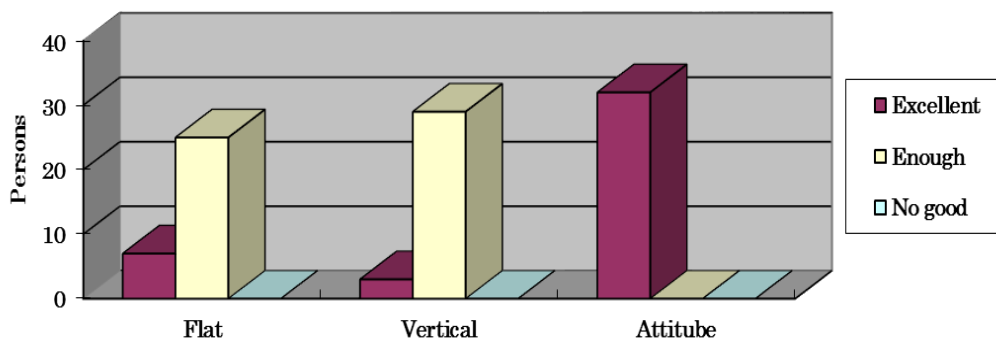
表 10.5 訓練場所とスケジュール

ステージ	訓練場所とスケジュール
モジュール 5A CO ₂ アーク溶接 理論および船舶建造への適用 についての講義	期 間: 2012年9月28日～10月5日 1st Batch (11人): 2012年9月28日～10月1日 2nd Batch (12人): 2012年10月2日～10月3日 3rd Batch (9人): 2012年10月4日～10月5日 場 所: アーロン造船所会議室 訓練生: IWTのダラ造船所およびアーロン造船所のオフィサー/エンジニア(12人) およびグループリーダー/熟練工(20人)
モジュール 5B CO ₂ アーク溶接 実地訓練	期 間: 2012年10月9日～11月6日 1st Batch: 2012年10月9日～10月15日 午前 2nd Batch: 同上 午後 3rd Batch: 2012年10月16日～10月22日 午前 4th Batch: 同上 午後 5th Batch: 2012年10月23日～10月29日 午前 6th Batch: 同上 午後 7th Batch: 2012年10月31日～11月5日 午前 8th Batch: 同上 午後 (各4人) 場 所: アーロン造船所トレーニングセンター アーロン造船所トレーニングセンター 訓練生: IWTのダラ造船所/アーロン造船所のオフィサー/エンジニア(12人) およ びグループリーダー/熟練技術者(20人)
モジュール 6A 試験および検査方法 管理職者、技術者、グループ リーダーへの講義および実地訓 練	期 間: 2012年11月7日～11月20日 1st Batch (8人): 2012年11月7日～11月13日 2nd Batch (8人): 2012年11月14日～11月20日 場 所: アーロン造船所 訓練生: IWTのダラ造船所/アーロン造船所のオフィサー/エンジニア(12人) およ びグループリーダー(4人)
モジュール 6B 試験および検査方法 グループリーダー、熟練技術者 への講義および実地訓練	期 間: 2012年11月21日～11月29日 1st Batch (6人): 2012年11月21日～11月22日 2nd Batch (6人): 2012年11月23日～11月26日 3rd Batch (6人): 2012年11月27日～11月29日 場 所: アーロン造船所 訓練生: IWTのダラ造船所/アーロン造船所のグループリーダー(18人)

出典: JICA 調査団

(4) 実施成果

本訓練では技術力向上を評価するため、下向きおよび上向きの CO₂アーク溶接のテストが行われた。このテストでは、下向き溶接で4名、上向き溶接で3名が「Excellent」として評価された。



出典: JICA 調査団

図 10.3 CO₂溶接の実地訓練結果

10.4 船舶および鋼構造物修理能力向上(ステップ4)

(1) 実施目的

実証事業のうち、ポンツーンの製作に関しては、技術移転の一環として、IWT のダラ造船所で建造することになった。IWT へのブロック工法等の新しい建造法の導入、建造技術やノウハウの取得および日本の製造技術を用いたポンツーン製作によるメンテナンス費用の低下を目的としている。

(2) 実施内容

IWT にとって経験が欠けている重要な課題が3つある。

1つ目の課題は、設計と現場とのインターフェースになる「原因場」の知識である。技術基準を細かく取り決め、原因に折り込みマーキン、切断、組立、溶接、総組の各ステージに情報を伝えるものである。

2つ目の課題は施工計画の作成である。始めに作業場、設備能力から製造の基本方針を決め、それに基づいて施工要領書を作成する。施工要領書は完成までの手順が記載され、ブロック分割、ブロック組立て順序、それぞれの継手形状を記載するものである。

3つ目の課題はスケジュールの作成である。主要日程が決まると作業内容を網羅したマスタースケジュールが作成される。

これらの課題に基づいて指導テーマを表 10.6 のように設定した。

表 10.6 指導内容

No.	指導のテーマ		詳細
	大項目	内容	
1	施工方針	ブロック工法の採用	作業場所と定盤、設備の検討
		スケジュール	人員と能力
2	施工要領書の作成	ブロック分割	クレーン能力、入手材料のサイズ
		組立手順	パネル製作からブロック組立、施工要領書に記載
		搭載順序	ブロックの搭載順序
		精度基準	縮み量の取り方
3	予定表の作成	マスタースケジュール	全体スケジュールと搭載スケジュール
		ステージ別スケジュール	切断、小組、大組、艀装スケジュール
4	作業工程 (船殻)	加工	NC マーキン・切断、手動切断
		ブロック組立	ビルトアップによるトランス材の製作、パネル製作、ブロックの一体化
		搭載	搭載手順、エアータスト、品質チェック、アノード取付け
5	作業工程 (艀装、塗装)	艀装品の取付け	防舷材、フェンス等、コンクリート鋼製型枠製作
		塗装	鋼材のショットブラストとプライマー塗付、ブロック塗装、仕上げ塗装

出典: JICA 調査団

(3) 実施工程

2013年10月から基本設計が開始され、引き続き詳細設計を行い2014年1月から、順次鋼材の発注を行い、2014年2月1日より、納品が行われ、ポンツーンの製作が開始された。まず、2014年2月から本体の材料の加工から始まり、小組・中組・大組がブロック毎に順次行われた。2014年4月から艀装品の加工が始まり、2014年7月から艀装品の取り付けが開始された。

(4) 実施状況

施工要領に従ってポンツーンの製作が行われた。

建造前に、訓練の一環で模型を製作し、それを用いてブロック工法の原理を説明した。2台のクレーンによるブロックの反転方法について説明した。

加工ステージでは、NCデータを元にNC機でマーキン・切断について説明した。

組立ステージでは、Bottom Shell (BS) を製作し、次に Upper Deck (UD) を底面にした状態で Trans Bulkhead (TB)、Side Shell (SS) を組み立て、この組み立てたものを反転して BS 上に載せた。これで1ブロックが完成するが、ポンツーンは6個のブロックとスポンソンで構成される。本体完成後、艀装品が取付けられた。

組立後、気密試験を実施し、空気漏れを確認した。



出典: JICA 調査団

写真 10.2 ポンツーンの建造状況

(5) 実施成果

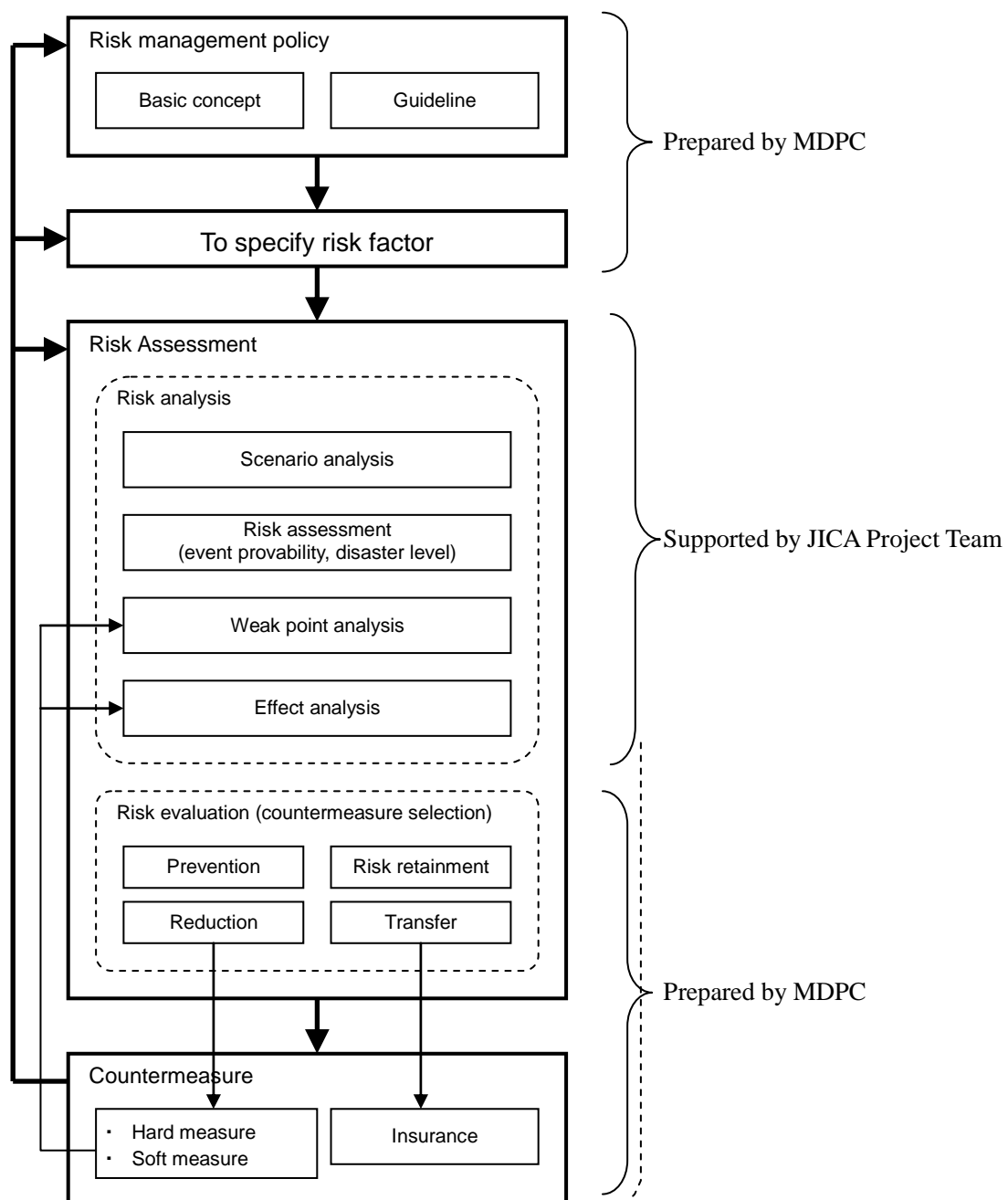
Step 1 の講義でブロック工法を既に説明をしていたが、今回、IWT が実際にブロック工法を実施することで、その利点を認識することができた。施工要領によりブロックの製作手順、ポンツーンの建造方法を習得することができた。詳細な施工計画の元に実施することで、これまでシニアエンジニアの勘と経験に基づき明確化されてこなかった事象が、今回、施工能力（効率）の明確化、納入必要時期の確認、作業場所の効率的な利用、遅延作業の明確化、クリティカルパスの確認等が明確となり、関係するエンジニア全体で業務進捗に関する認識を共通化することができた。

また、品質管理については当初品質基準の理解が不十分で不具合に対する処理方法についての理解も不十分ではあったが、誤差処理方法で対応し、各種誤差処理技術力が向上した。これまで気密試験を行ってこなかったため、漏れの有無に関する検査ができておらず、品質の確認がおろそかであった。今回、導入したことで、IWT の品質（漏れ検査の重要性和溶接部の確認）に関する認識が向上した。

第11章 防災能力向上策の検討

11.1 経緯と検討目的

調査開始当初、JICA 調査団は、海洋防災計画策定を予定していたが、調査団の入緬以前に先行して、ミャンマー政府側で防災計画を策定していた。調査団が海洋防災計画を照査した結果、組織・避泊地・警報の発出方法等が記載されていることを確認したが、災害リスク評価に関する検討は不十分であることが判明した。そこで、サイクロン・高潮・津波に関する調査分析を行い、海洋防災計画を補完することとした。リスク評価および対策については、海洋防災計画にも記載されていたが、補足の必要性が認められた内容については、JICA 調査団が追加検討を行った。



出典: JICA 調査団

図 11.1 防災計画に係る JICA 調査団の担当範囲

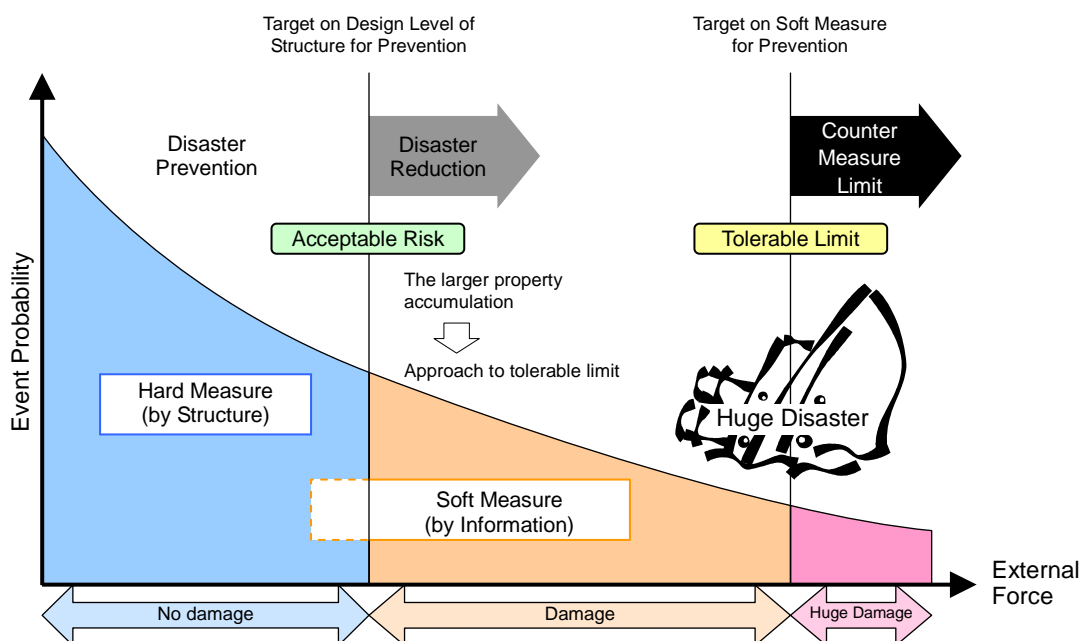
11.2 災害リスク・危機管理

11.2.1 災害リスク・危機管理計画の作成過程

災害の記録と予測に関する資料を収集し、港湾施設への被害を見積もり、被害規模と対策の関係を整理する。

11.2.2 災害リスク・危機管理計画

構造物による防災では、構造物の設計基準以下の外力に対して安全を担保する。経済合理性を考慮すれば全ての災害に対して構造物による対策を行うことは現実的ではないので、設計基準を超える外力に対してはソフト対策を行うことが望ましい。



出典: JICA 調査団

図 11.2 ハード・ソフト対策による災害防止軽減

11.3 ミャンマーの海洋防災計画

11.3.1 海洋防災プログラム

ナルギスによる被害を受け、MOT は、MPA 総裁を議長とする海洋防災協議会(MDPC: Maritime Disaster Prevention Committee)を組織し、海洋防災計画を策定した。

海洋防災計画において、ヤンゴン本港周辺に船舶規模別の避泊地が設定された。また、Yellow Stage, Orange Stage, Red Stage, Brown Stage, Green Stage の 5 段階からなる防災警報を設定された。

11.3.2 内陸水運防災実施計画

海洋防災計画の下位計画として、IWT は内陸水運防災実施計画を策定した。目的は、エーヤワディ管区、ヤンゴン管区、モン州、ラカイン州において乗客の安全を確保し、IWT 所有船舶・構造物の被災を防止し、職員の安全意識向上を図ることである。

11.4 ヤンゴン港における高潮シミュレーションとサイクロンの分析

11.4.1 サイクロンの分析

米軍合同台風警報センター (JTWC) による 1945 年から 2009 年までの記録によれば、最大級のサイクロンは 2008 年のナルギスと 2006 年のサイクロン・マラである。ナルギスは、中心気圧 937 hPa、最大風速 57.5 m/s、上陸時間 36 時間を記録し、上陸時間の長さが際立った。マラは中心気圧 922 hPa、最大風速 60.0 m/s、上陸時間 18 時間を記録したがナルギスに比べ被害は軽微である。

表 11.1 代表的なサイクロンの気圧・風速・上陸時間

Year	Minimum Pressure (hPa)	Maximum Wind (m/s)	Landing Duration (hour)	Remarks
1992	994	17.5	6	
1994	940	57.5	5	
1995	978	32.5	3	
1996	1000	15.0	3	
2002	997	17.5	12	
2003	991	22.5	6	
2004	976	32.5	12	
2006	922	60.0	18	Cyclone Mala
2008	937	57.5	36	Cyclone Nargis

出典: 米軍合同台風警報センター (JTWC)

日本国気象庁及び気象研究所 (MRI/JMA) による現在気候及び将来気候の気象モデル実験の結果から表 11.2 にサイクロンを抽出した。Case 1 ではサイクロンと推定される気象現象を抽出し、Case 2 ではさらに規模の大きなサイクロンを抽出した。Case 2 の現在気候、将来気候での結果を比較すると、将来、大規模なサイクロンの数が増え、また、中心気圧も低下することが推察された。

表 11.2 気象モデル実験結果から抽出したサイクロン

		Number of Cyclones in Bengal Bay	Minimum Center Pressure (hPa)	Mean Center Pressure (hPa)
Present Cyclones (1979-2003)	Case 1	57	983.1	1,002.6
	Case 2	8	980.8	991.0
Near Future Cyclones (2015-2039)	Case 1	46	962.7	1,001.2
	Case 2	13	945.8	980.9

出典: JICA 調査団

JTWC によるサイクロンの記録と MRI/JMA による気象モデル実験の結果から、表 11.3 にサイクロンの数を整理した。JTWC によれば、ベンガル湾では 65 年間で 290 個のサイクロンが発生し、そのうち 29 個がミャンマーに上陸した。年平均で 4.5 個のサイクロンがミャンマーに上陸し、ベンガル湾で発生するサイクロンのうち 10% がミャンマーに上陸したことになる。また、MRI/JMA においても将来ベンガル湾で発生するサイクロンのうち約 10% がミャンマーに上陸することが予測された。

表 11.3 ベンガル湾で発生するサイクロンとミャンマーに上陸するサイクロンの数

	Total Number of Cyclones in Bay of Bengal (A)	Total Number of Cyclones Landed around Myanmar (B)	Average Number of Cyclones in Bay of Bengal per Year	Proportion (B/A)
JTWC 1945-2009 (65 years)	290	29	4.5	10.0%
MRI/JMA 2015-2039 (25 years)	46	4	1.8	8.7%

出典: JICA 調査団

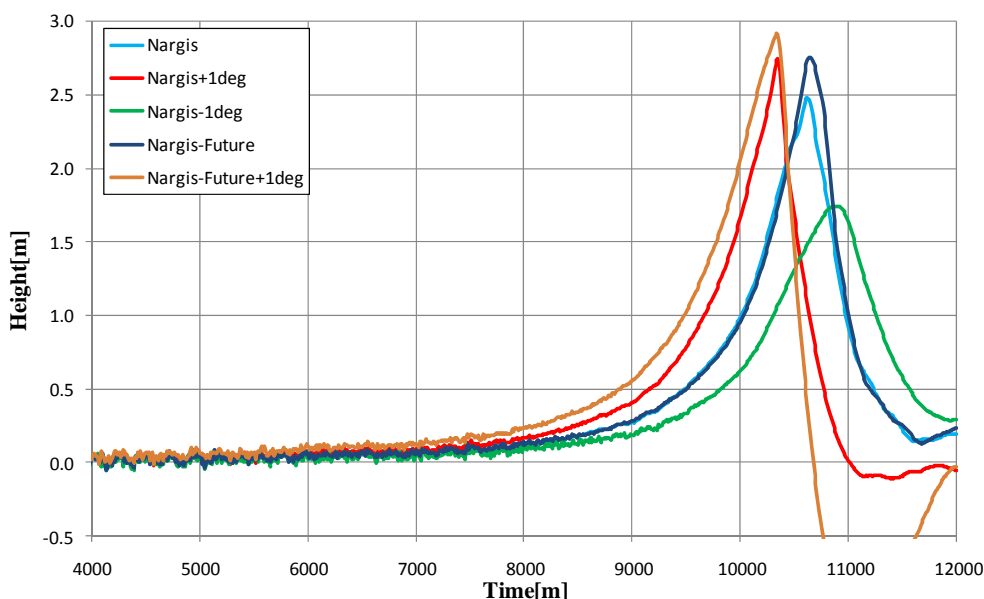
11.4.2 高潮シミュレーション

表 11.4、図 11.3 に示すとおり、高潮シミュレーションを実施した。シミュレーションでは、ナルギスによる天文潮位からの水位偏差はヤンゴン港付近で 2.5 m 程度と算定された。Case 1 から Case 3 で、ナルギスの通過ルートに関して感度分析を実施した結果、東に 1 度ずらしたルートでヤンゴン港での水位偏差が最も大きくなった。また、Case 4 と Case 5 では、AGCM により予測された将来のサイクロンの気圧を用いてシミュレーションを実施した結果、水位偏差が 20 - 30 cm 程度上昇した。

表 11.4 ヤンゴン港高潮シミュレーションの検討ケース

Case	Cyclone	Pressure	Course
1	Cyclone Nargis tracks	Cyclone Nargis	Cyclone Nargis
2	Cyclone Nargis tracks + 1 degree	Cyclone Nargis	Cyclone Nargis + 1 degree
3	Cyclone Nargis tracks - 1 degree	Cyclone Nargis	Cyclone Nargis - 1 degree
4	Future	AGCM Output	Cyclone Nargis
5	Future	AGCM Output	Cyclone Nargis + 1 degree

出典: JICA 調査団



出典 : JICA 調査団

図 11.3 ヤンゴン港の高潮シミュレーション結果

11.5 ヤンゴン港における高潮・サイクロン被害の分析

11.5.1 船舶漂流シミュレーション

高潮時の船舶漂流シミュレーションを実施し、船舶被害を推定した。衛星写真より取得した船舶の位置を初期条件として計算したところ、表 11.5 に示すとおり約 40%の船舶が座礁し、約 20%の船舶が沈没する結果となった。

表 11.5 ヤンゴン港の船舶漂流シミュレーション結果

Phenomena	Damaged Ships /Total (Percentage)	Descriptions
Collision (between ships)	642/949 (68%)	In almost all area, there were many collisions, especially in the Yangon Main Port.
Collision (between ship and embankment)	105/949 (11%)	There were a lot of collisions in the Yangon Main Port.
Sinking	211/949 (22%)	There was a lot of sinking in Yangon Main Port area and upstream of Hlaing River. There was few sinking in Pazundaung Creek.
Stranding	351/949 (37%)	In almost all area excluding Pazundaung Creek, there was many stranding.

出典: JICA 調査団

11.5.2 風の影響

船舶漂流シミュレーションでは、局地的な風の状況を計算することが困難なため、風による係留索の破断については検討しなかった。そこで、船のタイプ別に風荷重を検討したところ、風速 40 m/s 程度で直径 50 mm の係留索が破断し、風速 60 m/s 程度で直径 100 mm の係留索が破断する結果となった。

11.5.3 建物・人的被害

(1) 建物被害

Case 1 (ナルギス) と Case 2 (将来サイクロン) の 2 ケースの建物被害を推定した。検討に用いた水位上昇量を表 11.6 に示す。

表 11.6 ヤンゴン港の高潮建物被害検討ケース

Case	Name	Storm Surge	High Tide
1	Nargis + high tide	+ 2.3 – 2.7m	+ 3.0 m (+MSL)
2	Assumed strongest cyclone + high tide	+ 2.7 – 3.1 m	+ 3.0 m (+MSL)

出典: JICA 調査団

表 11.7 に示すとおり、多くの建物が高潮により被害を受けることが推定された。検討に用いた被害率は日本の値を採用したが、ミャンマーの建物の耐力が日本に比べ低いことを勘案すると更なる被害が発生すると考えられる。

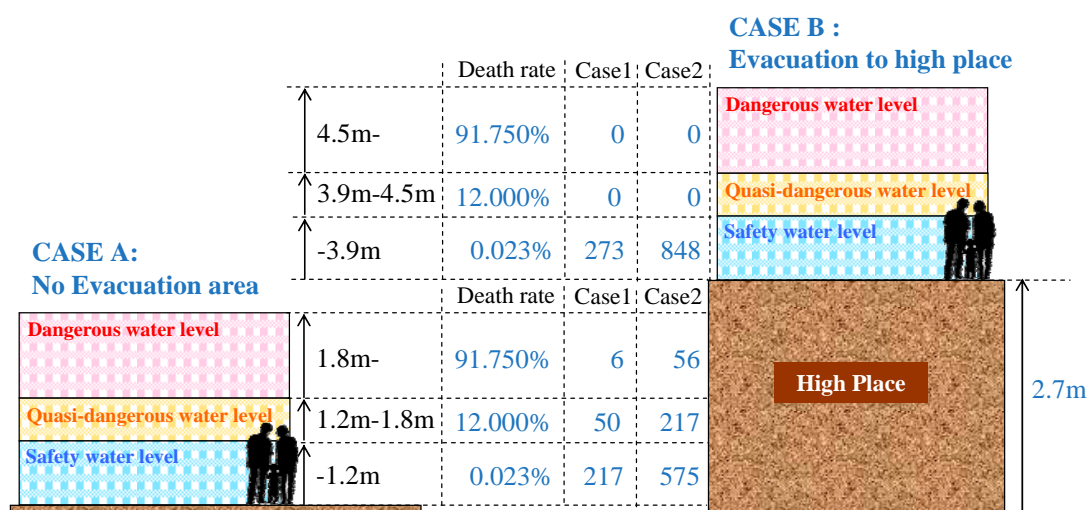
表 11.7 ヤンゴン港の高潮建物被害の推定結果

	Inundation Depth				
	Less than 50cm	50 – 99cm	100 – 199cm	200 – 299cm	300cm over
Damage Rate		11.9%	26.6%	58.0%	83.4%
Case 1	Not applied in this study	217 buildings (217)	50 buildings (267)	4 buildings (271)	2 buildings (273)
Case 2		575 buildings (575)	217 buildings (792)	50 buildings (842)	6 buildings (848)

出典: JICA 調査団

(2) 人的被害

高潮による人的被害を中央防災会議（日本）の手法により推定した。建物被害の各ケース設定（Case-1, 2）に対して、Case A（対策なし）と Case B（高台へ避難した場合）を検討した。図 11.4 に示すとおり、90%以上の死亡率と判定された建物数は、Case 1/Case A では6軒、Case 2/Case A では56軒であった。Case Bとして、2.7 m以上の高台へ避難した場合、死亡率はほぼゼロとなる。



出典 : JICA 調査団

図 11.4 ヤンゴン港の高潮人的被害の推定

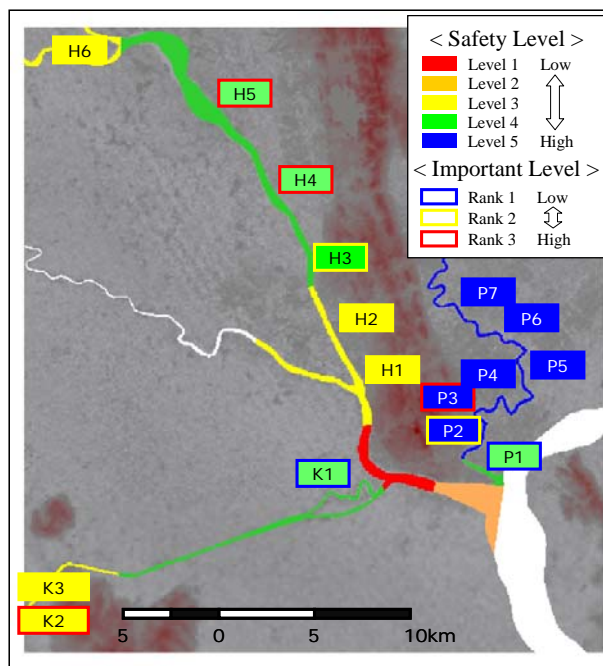
(3) 港湾施設被害

高潮時には、水位上昇や高速流によるポンツーンの被害、コンテナの流出、カーゴやフォークリフトなどの機材への被害が想定される。

11.6 ヤンゴン港におけるサイクロン・高潮災害への対策の検討

11.6.1 避泊地安全度評価

高潮シミュレーションの結果に基づき、海洋防災計画で指定された避泊地の安全度・重要度評価を実施した。図 11.5 に示すとおり、P2 から P7 は安全度が最も高く、次に P1、H3 から H5、K1 で、最後に H1, H2, H6, K2, K3 である。ヤンゴン本港は危険度が高く、避泊地として指定されている支川上流部は比較的安全であることから、避泊地の指定は適当であるといえる。ただし、H1, H2, H6, K2, K3 は比較的安全度が低く、特に K2 は重要度も高いため注意が必要である。



出典：JICA 調査団

図 11.5 ヤンゴン港避泊地の安全度・重要度評価結果

11.6.2 サイクロン・高潮時の船舶避難

ナルギス来襲の際、ヤンゴン港に入港していた大型船はMPAの指示に基づき港外に避難したことから、衝突や座礁などの大きな事故には至らなかったが、港内は大混乱状態に陥り、フェリー、小型貨物船、バージなどは強風と高潮により衝突、座礁、沈没など大きな被害を受けた。

ソフトウェアに関連する被災原因として、サイクロン来襲に対応する避難ガイドラインがなく避泊地が不明瞭であったこと、避難の決定時期や避難勧告の内容、船舶への情報伝達方法なども不明瞭であったことが挙げられる。一方、ハードウェアに関連する被災原因として、ヤンゴン港内にはIWT船舶に見られるように船齢が50年という老朽化した船舶が多いことに加え、強風と高潮に弱いポンツーン栈橋が多いこと、係留ブイが不足していたこと、タグボートなどの緊急時の支援船や緊急連絡用の通信設備なども不足していたことが挙げられる。

ナルギス時の状況を日本の船舶避難対策と比較すると、ミャンマーでは以下の項目について検討する必要がある。

- 船舶避難に関するルール、規則の策定または改善
- 気象・海象情報の収集・分析方法の改善
- 海洋防災プログラムに準拠した定期的な官民合同防災訓練の実施

11.7 ヤンゴン港における津波シミュレーションと被害推定

11.7.1 ミャンマーの地震

ミャンマーはインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界に位置し、断層が南北に縦断している。1970年に発生したラングーン地震ではヤンゴンで大きな被害が生じた。

11.7.2 ミャンマーの津波

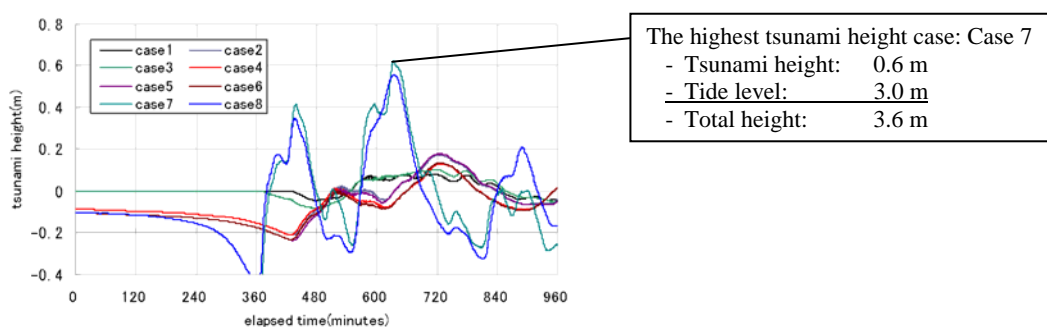
2004年のインド洋大津波ではミャンマーも被害を受け、死者60名、被害者3,600名、被害総額265百万USドルの被害が出た。

11.7.3 断層モデル

2004年のインド洋大津波の断層モデルとして、東北大学によるモデルを採用した。また、2004年のインド洋大津波の断層モデルに北部空白域が連動するモデルも検討することとした。

11.7.4 津波シミュレーション

津波シミュレーションを数ケース実施した結果、図11.6に示すとおり、津波高が最高となるのは北部空白域の連動を想定したCase7であり、津波高は0.6mと推定された。



出典：JICA 調査団

図 11.6 ヤンゴン港津波シミュレーションの結果

11.7.5 津波被害の推定

(1) 建物被害

津波高0.6mに高潮位3.0mを加算し建物被害を推定したところ、表11.8に示すとおり4軒の建物被害が推定された。

表 11.8 ヤンゴン港の津波建物被害の推定結果

Inundation Depth	Wooden House		Non Wooden House		Inundated Building
	Damage Classification	Damage Rate	Damage Classification	Damage Rate	
0.5- 1m*	Slight Damage	20.5%	Slight Damage	20.5%	4
1 - 2m	Major Damage	38.2%	Slight Damage	20.5%	0
2m over	Destroyed	100.0%	Slight Damage	20.5%	0
Total					0

*: The topographic data applied in the analysis is in the format of 1 m interval of elevation. The elevation data of less than 0.5 m was counted as 0.5-1 m.

出典: JICA 調査団

(2) 人的被害

津波による人的被害は0%と推定された。

11.7.6 ヤンゴン港の津波ハザードマップ

シミュレーション結果から、図 11.7 に示すとおりヤンゴン港津波ハザードマップを作製した。



出典：JICA 調査団

図 11.7 ヤンゴン港の津波ハザードマップ

11.8 デルタにおける高潮・津波シミュレーション

11.8.1 現地調査

(1) 地形測量

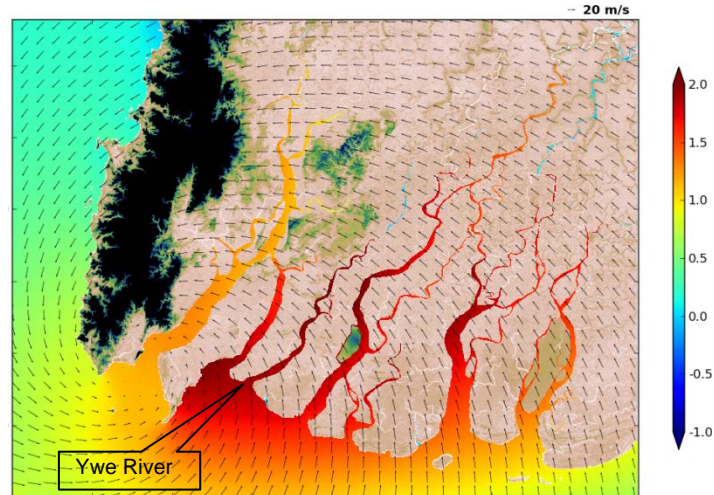
デルタ地区の Ywe River、Pathein River、Pya Ma Law River で深浅測量を実施し、デルタ地区の主要都市である Labutta において地形測量を実施した。

(2) 潮位観測

デルタ地区の Ywe River、Pathein River、Pya Ma Law River で潮位観測を行い、観測データを用いてインド洋大津波及びナルギス時の天文潮位を推算した。

11.8.2 デルタ地区の高潮シミュレーション

ナルギスの再現計算、及び通過経路に関する感度分析を実施した結果、エーヤワディ河の派川の 1 つある Ywe 川の河口での水位偏差はナルギスの経路の場合が最大となった。水位偏差は Ywe 川河口で約 2.0 m と計算された。現地での聞き取り調査によれば Ywe 川河口付近での浸水深は約 8 feet (約 2.4 m) であり、シミュレーション値を上回っているが、波浪等による影響で差異が発生していると考えられる。



出典：JICA 調査団

図 11.8 デルタ地区の高潮シミュレーション結果

11.8.3 検討対象とする地震・津波レベル

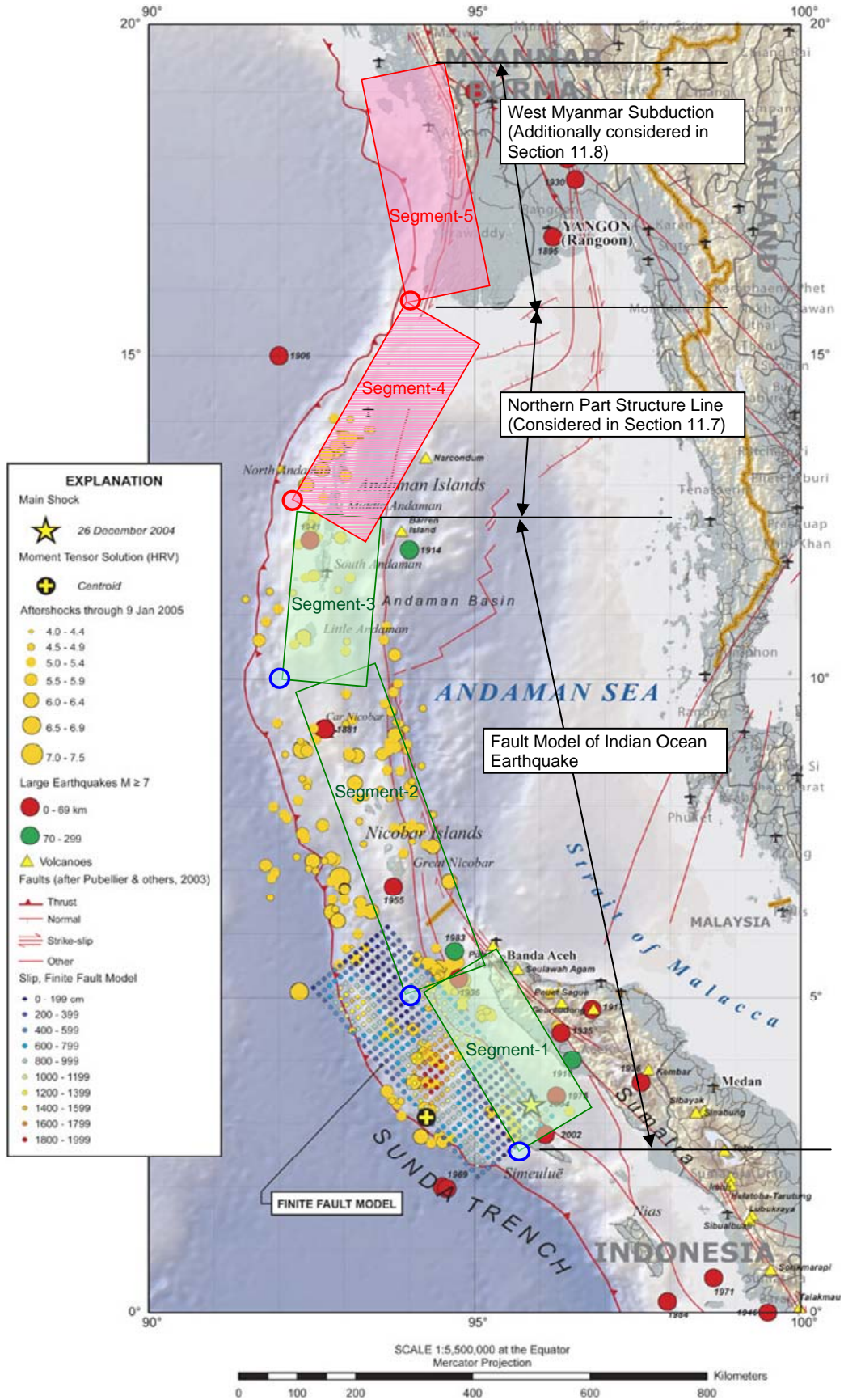
日本では 2011 年に東北地方太平洋沖地震が発生し、構造物の設計外力を上回る津波により甚大な被害が発生したことから、港湾構造物の設計に対して新たな考え方が打ち出された。

「港湾における地震・津波対策のあり方（答申）」では、発生頻度の高い津波（L1）に対しては、可能な限り構造物で人命・財産を守り切る「防災」を目指すこと、発生頻度は極めて低い沿岸域への影響が甚大な最大クラスの津波（L2）に対しては、最低限人命を守り、被害をできる限り小さくする「減災」を目指すことが示された。

広大なデルタエリアでは、構造物の建設による対策は費用面から現実的でないので、影響が甚大な最大クラスの津波（L2）を想定し、ソフト対策を中心に実施する必要がある。

11.8.4 断層モデル

Case 1 として 2004 年インド洋大津波の断層モデル、Case 2 としてインド洋大津波の断層モデルに北部空白域とミャンマー国西部サブダクション構造が連動するモデルを作成した。なお、Case 2 では L2 津波を想定するためヤンゴン港の検討時よりも更に広い範囲の断層モデルとした。Case 2 の地震はモーメントマグニチュード 9.4、再起確率は 90 年から 1000 年である。

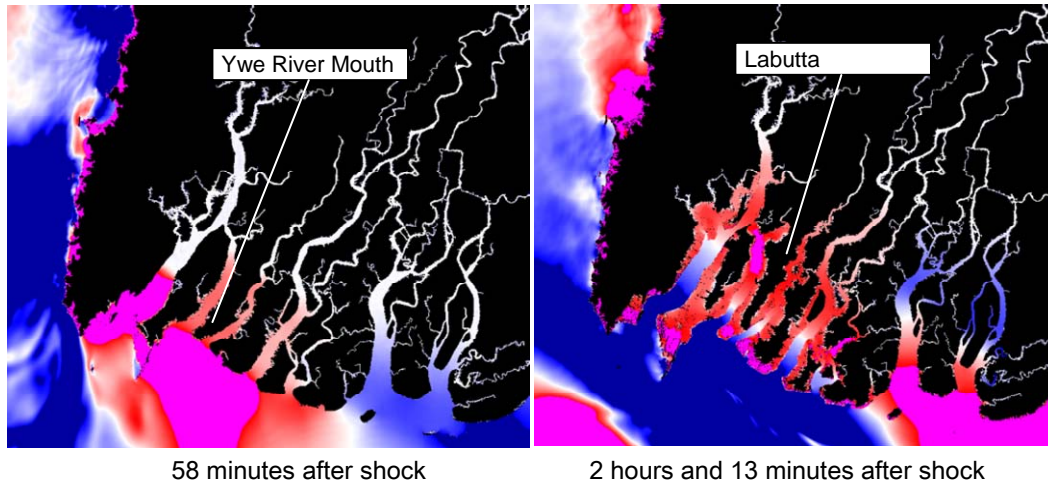


出典：USGS (<http://walrus.wr.usgs.gov/tsunami/sumatraEQ/seismo.html>) をもとに JICA 調査団が作成
 図 11.9 デルタ地区津波シミュレーションの断層モデル

11.8.5 津波シミュレーションの結果

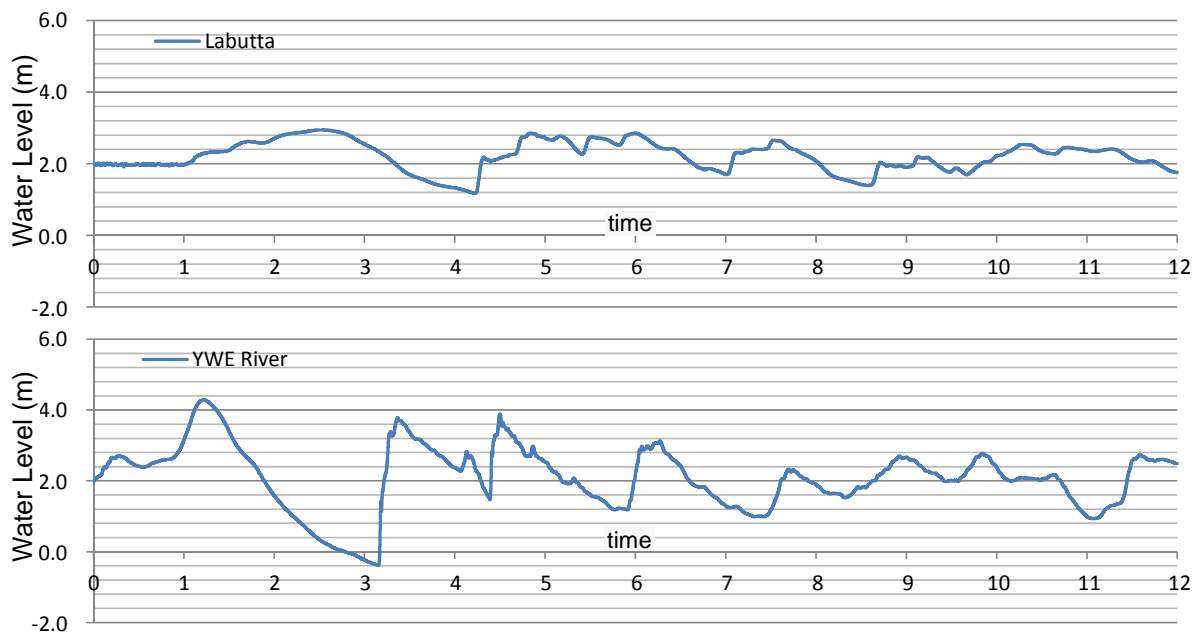
Case 1（2004年インド洋大津波）での検討の結果、計算結果と痕跡水位は概ね一致した。

Case 2での検討の結果、図 11.10 及び図 11.11 に示すとおり L2 地震による津波は Ywe 川河口で 4.3 m、Labutta で 3.0 m の津波高に達し、それぞれ津波発生後、約 1 時間、約 2 時間で津波が到達する。



出典：JICA 調査団

図 11.10 デルタ地区の津波シミュレーション結果（Snapshot）



出典：JICA 調査団

図 11.11 デルタ地区の津波シミュレーション結果（時系列）

11.9 海洋防災計画への助言

11.9.1 助 言

海洋防災計画に関して以下の助言がなされた。

- 適切な災害の解析と予測に基づく減災対策の立案を目的として、自然現象の適切で信頼できる観測網を確立すること
- 海洋防災計画に本調査で作成したシミュレーション結果とハザードマップを組み込むこと
- 非構造物対策の導入を通じて災害リスク管理の概念を発展させること

11.9.2 セミナー

合計3回の災害リスク管理セミナーを開催し、カウンターパートのみならず、防災に関し常時・非常時に協力が必要な関係機関に広く周知した。

表 11.9 海洋防災セミナー概要

	日付	参加人数	セミナー内容
第1回	2009年11月25日	80人	災害リスク管理に関する基本概念と日本の管理方法を説明した。ヤンゴン港におけるナルギスによって生じた高潮被害の再現シミュレーション結果を示した。
第2回	2011年1月25日 ～26日	114人	日本の災害リスク管理の実例を紹介した。ヤンゴン港におけるサイクロン被害に対する船舶避泊地の安全度評価結果および、港湾施設に対する津波リスクを説明した。 また潮位に関する基本概念およびヤンゴン港における潮位観測結果と潮位特性を説明した。
第3回	2014年9月15日	138人	日本の東北地方太平洋沖地震で生じた地震・津波による港湾被害および復旧対策、およびこの大震災から得た教訓を紹介した。 特に災害に脆弱なデルタ地帯を対象として実施した津波・高潮シミュレーション結果を説明し、ハード・ソフトの防災・減災を説明した。

第12章 潮位観測システムの検討

12.1 ミャンマーの潮位観測システム

ヤンゴン港では Monkey Point と呼ばれるヤンゴン川とバゴー川の合流地点付近で昼間のみ潮位観測が行われていた。沿岸部にも主要港湾が点在するが、潮位観測は行われていない。内陸水運港湾においては、水位観測所を設けているところもあるが、稼働していない状況であった。

MPA で使用している潮汐表はインドに委託して作成したものであるが、ヤンゴン港の実際の潮位と潮汐表の値とは数十 cm の違いが現れることや、潮時が 30 分以上異なる場合もあることが分かった。このため、長期観測を行い、より正確な潮位予測ができる環境を整えることが望ましいと考えられた。

このような状況を鑑み、今後の恒久的な潮位計設置計画策定のために、早期設置可能な簡易自動観測潮位計を 2009 年に JICA 調査団が導入して、ヤンゴン川の上流域(Monkey Point)および中流域(Thilawa の MITT)に仮設した。今回導入した潮位計は、時間的、予算的制約も有り、永続的な機材ではなく、1~2 年間の使用に耐える簡易な機器を選定した。今回設置した潮位計による観測データを解析し、ヤンゴン川における潮位の特徴を確認し、また今後のミャンマー国における潮位観測システムの提案を行った。

12.2 潮位観測データの解析

設置した潮位観測装置での 2009 年から 2011 年にかけての観測状況を図 12.1 に示す。MITT では 2009 年 7 月に観測が開始され、翌年の 9 月までは良好にデータが取得されたが、機器の不具合及び修理のため 2011 年 1 月までは欠測となっている。また、2011 年の 5 月に機器の破損により観測は中断された。Monkey Point では 2009 年 9 月に観測が開始された。2011 年 8 月頃より測得されたデータの波形が不安定となり 10 月以降は欠測となっている。なお、2010 年 6 月での 1 ヶ月間の欠測はケーブル障害によるものである。

	Month Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Remark
MITT	2009							←						Start July 2th
	2010	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	Missing between September 23th to January 20th 2011
	2011	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	←	Missing from May 2th
Monkey Point	2009										←			Start September 25th
	2010	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	Missing between May.28th to July 1th
	2011	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	Unstable Recording from August Missing from September 28th

出典 : JICA 調査団

図 12.1 MITT と Monkey Point での潮位観測状況

現行の MPA Tide Table に記載されている Monkey Point の潮位諸元と本調査での観測結果に基づく潮位諸元を表 12.1 に並べて示す。ここで、直接比較できるのは平均水面と N.L.L.W (Indian Spring low water Mark) であるが、観測値の方が 0.24 m 高い。Mean Water Level については MPA Tide Table に 4 種類の諸元が示されているが、観測データによる M.S.L はそのいずれよりも高い。

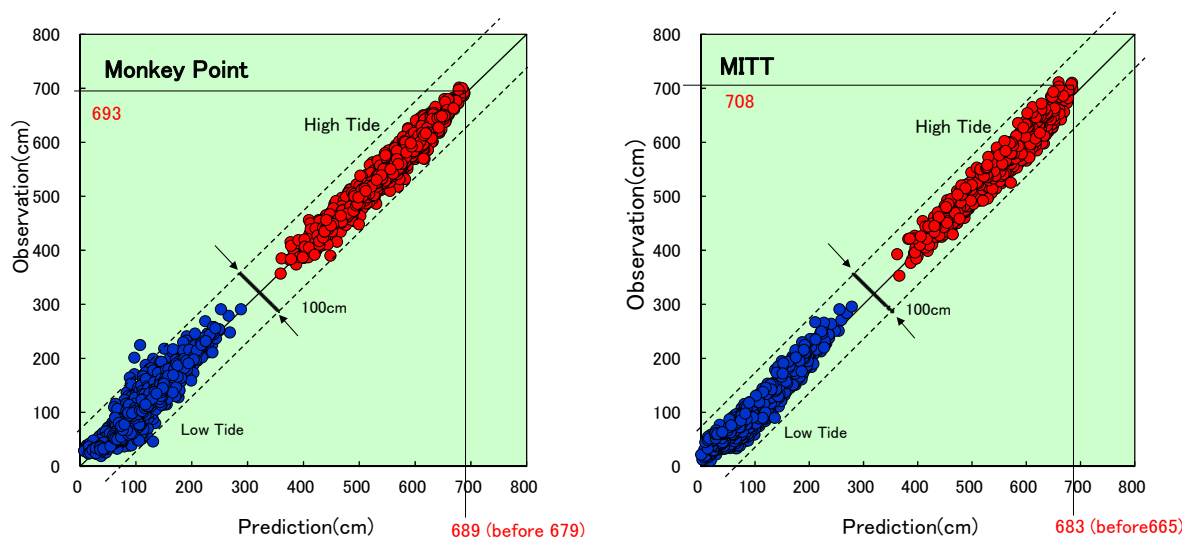
表 12.1 潮位諸元の比較

Datum	MPA Tide Table	Monkey Point Observation
Highest H-W at Sule Pagoda Wharf (1899)	+6.74	
Highest H-W at Bo Aung Kyaw Street Wharf (1939)	+6.664	
H.W.L.		+6.441
N.H.H.W.		+6.188
M.S.L.(Mean Water Level)		+3.384
Mean Water Level at No.7 Sule Pagoda Wharf (1954)	+3.234	
Mean Water Level at Bo Aung Kyaw Street Wharf (1936)	+3.121	
Mean Water Level at Pilakat Creek	+2.966	
Amherst M.S.L	+2.73	
L.W.L.		+0.640
N.L.L.W. (Indian Spring low water Mark)	+0.338	+0.58
Datum of soundings=L.W.S.T (Dry season)	+0.000	
Lowest L.W at Bo Aung Kyaw Street Wharf (1902)	-0.24	

出典: JICA 調査団

12.3 潮位推算

観測により得られた潮位データを用いて調和解析を行い、推算潮位を算定した。推算潮位と実測データを比較したところ潮位と潮時に誤差が見られたため、回帰式による補正を行った。補正後の推算潮位と観測潮位の散布図を図 12.2 に示す。



出典 : JICA 調査団

図 12.2 推算潮位（補正後）と観測潮位の比較

表 12.2 は現行潮汐表および今回の推算結果の実測に対する誤差を整理したものである。ただし、平均値は正負の誤差を相殺してゼロに近くなっているものもあるので、ここでは標準偏差が重要な指標といえる。Monkey Point での三者を比較すると、MPA Tide Table と今回の推算結果はほぼ同じレベルの誤差となっている。しかしながら、今回の推算結果は補正したことで JICA 調査団の予測精度は高まっている。これに比べて Navy Tide Table は実測との差が大きいといえる。

表 12.2 観測データとの潮位差比較

(Unit: cm)

Site	Comparison Object	Average	Standard Deviation
MITT	Tide table based on the observation in the Project (with correction)	2.2 (-1.1)	19 (15.5)
Monkey Point	MPA Tide Table	11.5	19
	Navy Tide Table	-3.3	36
	Tide table based on the observation in the Project (with correction)	-6 (0.0)	20 (17.4)

Ave.: Prediction－Observation Data

出典：JICA 調査団

12.4 現行 TIDE TABLE と潮位推算結果の適用性

12.4.1 現行 TIDE TABLE の特性と適用性

(1) 潮高と潮時

MPA Tide Table については、大潮においての満潮位が低く算定されている。また、小潮における精度が良好とはいえない。誤差の度合いおよび特性は季節により異なる。満潮の潮時の誤差は 30 分程度の範囲ではあるが、干潮時は 50 分程度のズレが生じる場合がある。

Navy Tide Table は、傾向は MPA Tide Table と類似するところもあるが、年間を通じて誤差が大きい。2009 年から 2010 年の比較によると、著しく実測と異なる期間も認められる。満潮は平均的には実際のヤンゴン港の潮時を表しているが、干潮では 1 時間程度の誤差を伴うことがある。これは荷役計画などで大きな問題となりやすい。

以上から、ヤンゴン港では Navy Tide Table よりも MPA Tide Table の方が適用性は高いと考えられる。ただし、大潮での満潮位が低目に設定されていることや、潮時は 30 分以上の遅れが伴うことを認識しておく必要がある。潮高の誤差は季節によって変化することも留意点といえる。また、実測値との比較は、より長い期間の観測データを取得した時点で、改めて行うことが望ましい。

(2) 平均水面と潮位諸元

平均水面の高さは外洋でも季節によって異なるが、たとえば日本国周辺の海域ではその差は 0.2～0.4 m であり、ヤンゴン港のように 0.7 m には及ばない。これは明らかに季節による降水量の違いによるものである。このため、ヤンゴン港をはじめ、ヤンゴン川での平均水面は少なくとも 1 年以上の観測データから求める必要がある。

現行の Tide Table に示される潮位諸元は古くなっているため、近年の統計的な手法を用いて見直す頃であると考えられる。そのためには、長期の潮位観測が必須である。例えば、平均水面の高さは少なくとも 1 年、理論的には 19 年間の観測値から求める必要があるとされている。

12.4.2 潮位推算値の適用性

2009 年から開始された潮位観測のデータから求められた調和定数による潮位推算結果は、MPA Tide Table と同等以上の精度であることが確認できた。精度は季節による差異が少なく、小潮の潮位変化も現行の潮汐表よりは精度が良いと判断できる。ただし、干潮における潮時のズレが比較的多い点は課題を残すものとなっている。潮時差は 60 分に及ぶこともあったが、回帰による補正を行い、概ね 30 分以内の誤差に修正した。今後の継続した観測と実用に向けた推算潮位の精度向上が望まれる。

なお、大潮での満潮位が過小となる理由としては、水域の状況が季節により変化することが大きな要因と思われる。潮位推算の精度を上げるにはこのような特性をより長い期間のデータを用いて調べる必要がある。

また、今回の潮位推算で干潮での潮時がずれる理由にもあげられた、大潮における水位の下降速度の減少については、河口で生じやすい現象である。ヤンゴン港の場合はこの影響が大きいので、今後の長期観測結果をもとに補正手法によらない方法を考えていくことも重要と考えられる。

12.4.3 ヤンゴン港における潮位観測の重要性

現行の潮汐表と今回の観測データの定性的な比較を表 12.3 に示す。潮高に関しては、標準偏差による推算精度の誤差に加え、観測結果との比較散布図の状況なども含めて判断しているものである。

現行の潮汐表については、Navy Tide Table に比べて MPA Tide Table の方が望ましいと思われるが、注意すべき点も多い。一方、観測に基づいた調和定数による推算は、MPA Tide Table とほぼ同等レベルではあるが、更に補正をおこなうことでより精度を高めることが期待できる。ただし、今回求められた補正係数は普遍的なものとはいえない。このためにも、今後も潮位観測を継続していくことが望まれる。

表 12.3 観測潮位と潮位推算値の比較

Site	Comparison Object	Tidal Division	Comparison with the Observation		
			Tidal Level	Tidal Hour	
MITT	This Analysis Result	High Tide	Lower	Accurate	±5 minutes (Dominant) (-5) ~ (+25) minutes (90 %)
		Low Tide	Accurate	Earlier	(-35) ~ (-25) minutes (Dominant) (-45) ~ (-5) minutes (90%)
Monkey Point	MPA Tide Table	High Tide	Higher	Later	(+15) ~ (+25) minutes (Dominant) (-5) ~ (+25) minutes (70 %)
		Low Tide	Accurate	Accurate	±5 minutes (Dominant) (-5) ~ (+25) minutes (90 %)
	Naval Tide Table	High Tide	Vary	Later	±5 minutes (Dominant) (-15) ~ (+25) minutes (70 %)
		Low Tide	Vary	Later	(-35) ~ (-25) minutes (Dominant) (-45) ~ (-5) minutes (80 %)
	This Analysis Result	High Tide	Lower	Accurate	±5 minutes (Dominant) (-15) ~ (+25) minutes (90 %)
		Low Tide	Accurate	Earlier	(-45) ~ (-35) minutes (Dominant) (-55) ~ (-15) minutes (85 %)

出典: JICA 調査団

12.5 ミャンマー国の潮位観測体制の提案

(1) 中長期計画

潮位観測は基本水準面の設定のみならず、防災情報として重要である。また、主要港では継続的な観測が必要である。そこで、ミャンマー国の潮位観測体制の中長期計画を以下のとおり提案する。

- 沿岸港および内陸水運港の主要港に永年的かつ防災機能を兼ね備えた験潮施設を整備する。防災機能とは津波、高潮、洪水等に対処するための海象・水文データを自動的に処理できる装置を有することである。
- 潮位変動は内湾や河川では地形形状や共振現象などによって、隣接した場所でも大きく異なることがある。よって、沿岸部及びエーヤワディデルタ内に密に補助点を設け、各地点1年以上の連続観測を実施する。

潮位解析を行うためには、理論的には19年間の観測が必要とされているが、日本国では5年間の観測結果をもって平均水面とする場合がある(気象庁など)。そこでミャンマー国の各主要港において、設置後5年間の観測結果を元に解析を行い、現在発行されている主要港の潮位表を更新することが望ましい。

(2) 短期計画

1) ヤンゴン港

ヤンゴン港は、ミャンマーの国際9港のうち、貨物量の9割を取扱う最重要港湾であり、最優先で潮位観測体制を整える必要がある。本調査において、2009年にヤンゴン川上流域のMonkey Pointと中流域のMITTに簡易施設を設け、自動潮位観測器を供与し、水位観測を行った。この観測結果を用いて、既存潮位表との比較を行い、またヤンゴンにおける潮位特性が判明した。調査結果から、Monkey PointとElephant Pointの2地点に潮位観測恒久施設の建設が重要であることが再認識された。

2) 地方港

本調査では、調査範囲および移動の制限のため、地方港に関する十分な調査ができなかった。しかし、恒久潮位観測施設網を整備することは上記中長期計画で述べたとおり重要である。そこで、まず、沿岸主要港の基本水準面および潮位諸元を確認するため、本案件で導入した自動計測器(1セット)を、各港に順次1ヵ月間仮設し、観測する。その後、主要港の重要度・建設費・既存潮位表の有効度等を比較分析し、潮位観測整備優先順位を検討する。

表 12.4 ミャンマー国の潮位観測体制の提案

ヤンゴン港	短期	恒久施設の建造 (M.P. & E.P.)
	中期	観測開始5年後に潮位表の改定
	長期	観測開始19年後に潮位表の改定
地方港	短期	現状調査、1ヵ月間の潮位観測
	短期	恒久施設建設場所・優先順位の検討
	中期	恒久施設の順次建設
	長期	観測開始5年後に潮位表の改定
	長期	観測開始19年後に潮位表の改定

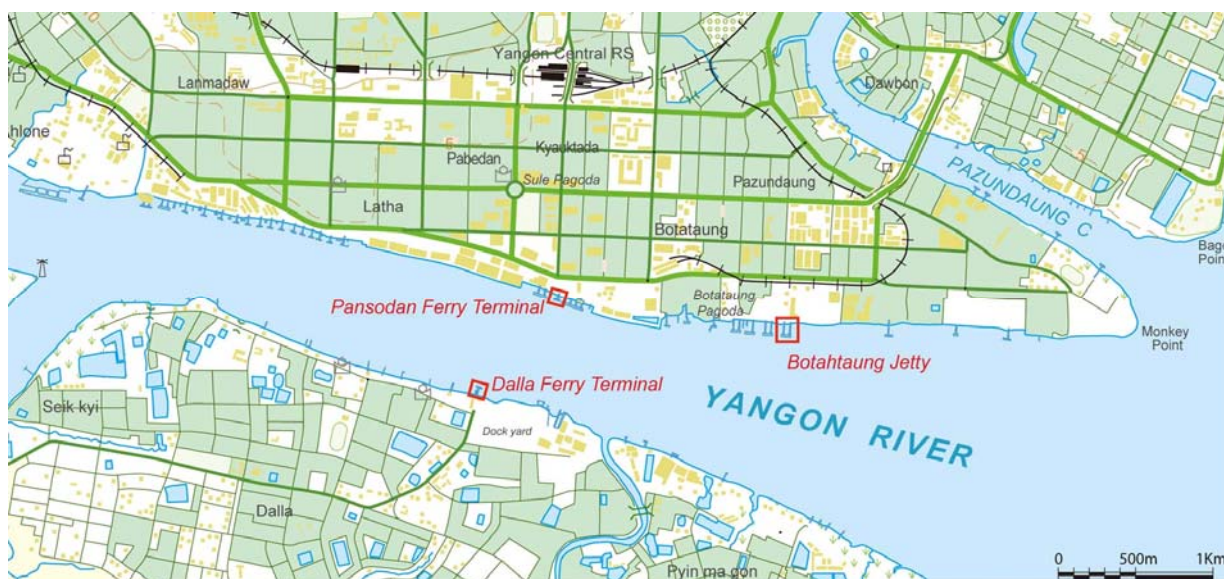
出典: JICA 調査団

第13章 棧橋の改修に関する実証事業の設計と実施

13.1 概要

2009年7月22日に開催されたステアリングコミッティにおいて、フェーズ2にて実施する実証事業としてボタトゥン棧橋の修復事業が選定された。実証事業の目的は、ミャンマー国ではまだ用いられていないが、先進的で、将来ミャンマー港湾公社（MPA）が実施する維持管理作業を効率的に行える技術を導入することである。技術移転の重点は港湾計画、設計および建設に関するものである。

実証事業の実施場所は、2013年3月31日に行われた第3回ステアリングコミッティ会議において、ボタトゥン棧橋からダラフェリーターミナルへと変更された。

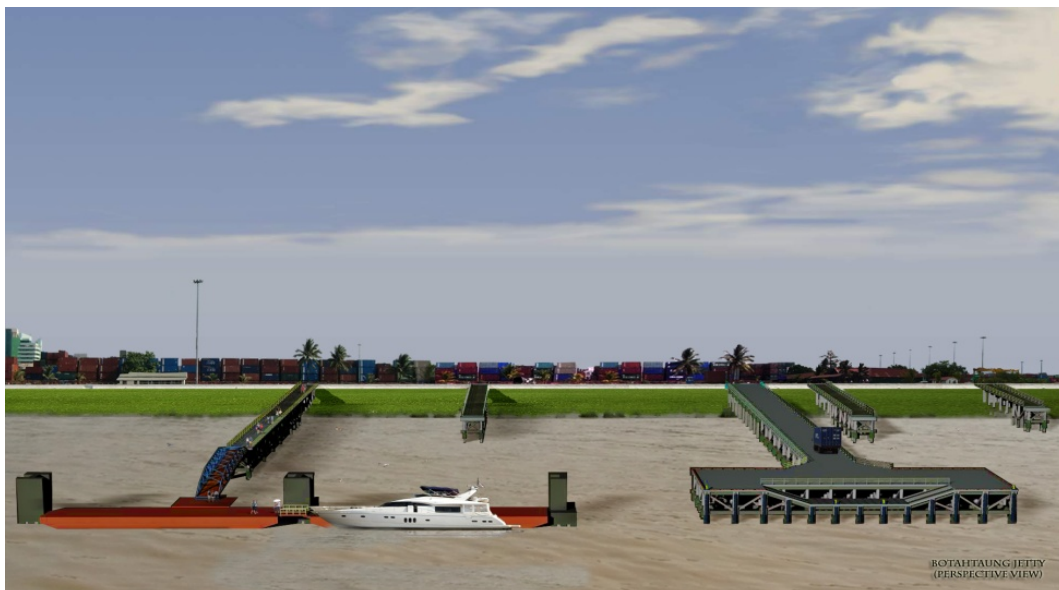


出典：JICA 調査団

図 13.1 ボタトゥン棧橋およびダラフェリーターミナル棧橋の位置

当該実証事業の名称は「ダラ棧橋の改修事業（ダラ側）（以下、「実証事業）」とした。同施設は約30,000人/日の乗客が利用するダラ地域とヤンゴン市を結ぶ重要な施設である。

第13章では、当初計画されたボタトゥンと最終的な計画のダラフェリーターミナルの港湾施設の設計および実施について記述する。



出典：JICA 調査団

図 13.2 ボタトゥン棧橋 CG イメージ図



出典：JICA 調査団

図 13.3 ダラフェリーターミナル CG イメージ図

13.2 自然条件

(1) 降雨量、気温、湿度および風

2006年から2008年にかけての月間降水量、月平均気温および月平均湿度の統計データは、運輸省気象水文局（Department of Meteorology and Hydrology, Ministry of Transport）の本部に設置された Kaba Aye Station で記録されたものである。詳細なデータシートは本編第13章に記載した。

(2) 風

2006年から2008年までの平均および最大の風速・風向の統計データは、運輸省気象水文局の本部に設置された Kaba Aya station で記録された。

ナルギス上陸前のデルタ地帯の最大風速は 59 m/秒 (132 mph)、最大瞬間風速は 72m/秒 (161 mph) であった。最大風速は上陸後に遅くなり、2008年5月3日のヤンゴン空港では 31m/秒 (111 km/時間)、最大瞬間風速は 62 m/秒 (222 km/時間) を記録した。

(3) 潮 位

スーレーパゴダ岸壁 (No. 1 埠頭) におけるヤンゴン港の潮位は、MPA が発刊した 2007年から2009年の潮位表から得た。

最近3年の潮位データから、ヤンゴン港の朔望満潮位および朔望干潮位はそれぞれ 6.2 m、0.7 m と推定された。

(4) 潮 流

MPA から得た情報によって、ヤンゴン港の最大流速は約 3.1 m/秒 (6 ノット) と推定された。

(5) 土壌条件

JICA 調査団は、実証事業の設計に必要な対象地の地質状況を確認するため、ボタトゥン栈橋で3地点、ダラフェリーターミナル栈橋で2地点において地質調査を実施した。

(6) 地 震

ヤンゴン近郊において地震は頻繁には起こっていないが 1900年から2009年までにヤンゴン (600 km 圏内) でマグニチュード 5.0 以上の地震は計 6 回発生している。これらの地震の中で 1930年に起こったバゴ地震は、バゴ市に大きな損害をもたらし、近郊のヤンゴン市でも揺れが確認された。

表 13.1 ミャンマー国における過去の地震の記録

日付	緯度	経度	マグニチュード (リヒタースケール)	ヤンゴン市からの 距離	備考
1912.05.23	21° 00' 00"N	97° 00' 00"E	8.0	475 km	マンダレー、モゴック
1930.05.05	17° 00' 00"N	96° 30' 00"E	7.3	68 km	バゴ 犠牲者 500 人
1930.12.03	18° 12' 00"N	96° 24' 00"E	7.3	159 km	Pyu
1943.10.23	21° 30' 00"N	93° 30' 00"E	7.2	592 km	Swa
1975.07.08	21° 29' 00"N	94° 42' 00"E	6.5	542 km	バガン
2003.09.21	19° 55' 01"N	95° 40' 19"E	6.6	351 km	

期間：1900年～2009年、マグニチュード：5.0以上、ヤンゴンからの距離：600km以内

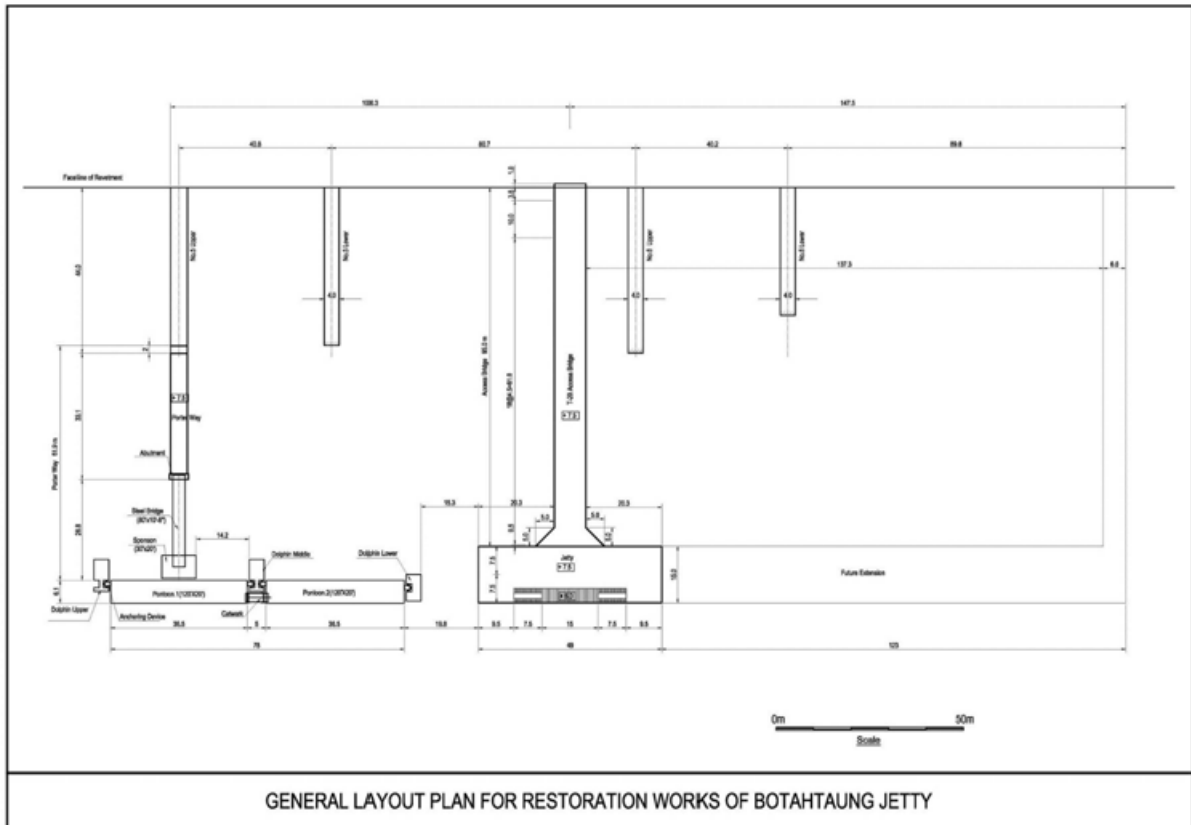
出典：運輸省気象水文局

ミャンマー国内は地震係数を基準に5つのカテゴリで分類されており、ヤンゴンはレベル II に分類される。この分類で、ヤンゴン地域の水平震度は 0.10～0.15 と推定される。

13.3 ボタトゥン棧橋の実証事業計画(計画・設計・入札のみ)

前述の通り、実証事業実施場所変更に伴い、ボタトゥン棧橋実証事業は計画・設計・入札までで、施工は実施されなかった。

ボタトゥンにおける計画のレイアウトを図 13.4 に示す。



出典：JICA 調査団

図 13.4 ボタトゥンにおける計画レイアウト

ボタトゥン棧橋改修計画の主な内容は以下のとおりである。

- 全長 78m のポンツーン棧橋
(ポンツーン 36m x 6m、2 基とこれらを係留するドルフィン 3 基)
- 水面からの高さ 5 m の位置で長さ 15 m の鉄筋コンクリート製のプラットフォーム
- 水面からの高さ 7.5 m の位置で長さ 15 m の鉄筋コンクリート製のプラットフォーム
- 長さ 95 m の渡橋 (労務者、旅客、自動車用)
- 全長 35.1 m、幅 4.5 m のポーターウェイ (ポンツーン棧橋用)
- スポンソン (10m x 6m) を伴う可動式鋼製渡橋 (22.78m x 3.25m)
(どちらも MPA が提供および取付けを実施)
- 関連する棧橋附属物 (係留用係船柱、防舷材、その他雑品目)

13.3.1 運用条件

(1) 設計対象船舶

表 13.2 実証事業の設計対象船舶の大きさ

項目	対象船舶 1	対象船舶 2
構造	栈橋接岸	ポンツーン接岸
船の種類	沿岸貨物船	2隻のバージを含むデルタ用船舶 (マーケットシップ)
載貨重量トン数	1,200 DWT	400+ 300 x 2=1,000 DWT
全長	200 feet (60m)	200 ft (60 m)
幅	32 feet (9.6m)	32 ft (9.6 m)
満載吃水	16 feet (4.8m)	1.7 m
深さ	N/A	2.9 m

出典：JICA 調査団

(2) 接岸速度

マーケット船および沿岸貨物船はどちらもヤンゴン港でタグボートを使用していない。設計接岸速度は、日本の基準および MPA へのヒアリング結果に基づいて 15 cm/秒を想定した。

(3) 活荷重

渡橋と栈橋の設計荷重は、20 tトラック 1 台分の荷重を想定している。

(4) 上載荷重

設計上載荷重は、通常時は 1.0 t/m²、地震時は 0.0 t/m²を想定している。

13.3.2 栈橋、渡橋およびポーターウェイの設計

(1) 栈橋、渡橋およびポーターウェイに関わる設計条件

表 13.3 栈橋の設計条件

潮位	最高高潮面 (HHWL) = +7.1m、朔望平均満潮面 (HWL) = +6.20m、平均水面 (MSL) = +3.23m、朔望平均干潮面 (LWL) = +0.34m
最大潮流	6 knots (3m/秒)
有義波高	1.90 m
波の周期	3.5 秒
船型	一般的な貨物船 (1 隻) (1200DWT)
接岸速度	0.15m/秒
防舷材の高さ	H=300mm
係船柱の大きさ	25 ton
活荷重	T20 Truck
上載荷重	通常時は 1.0ton/m ² 、地震時は 0ton/m ²
天端高	+7.5m および +5.0m
現在の河床高	-5.0m ~ -2.4m CDL
地盤条件	柔らかい粘土質シルト, N 平均 = 2 (川底から ~ -7.6 m CDL) シルト質砂, N 平均 = 15 (-7.6m ~ -16m CDL) 砂利混じり砂 N 平均 = 30 (-16 m CDL 以深)
水平震度	Kh=0.15

出典：JICA 調査団

表 13.4 渡橋およびポーターウェイの設計条件

潮位	最高高潮面 (HHWL) = +7.1m、朔望平均満潮面 (HWL) = +6.20m、平均水面 (MSL) = +3.23m、朔望平均干潮面 (LWL) = +0.34m
活荷重	T20 Truck (渡橋のみ)
上載荷重	通常時は 0.5 t/m ² 、地震時は 0.0 t/m ²
天端高	+7.5 m
現在の河床高	-3.0 m ~ +5.0 CDL
地盤条件	軟弱粘土シルト N 平均 = 2 (河床から 6 m まで) 沈泥質砂 N 平均 = 15 (6 m から 12 m) 沈泥質砂或いは砂利が混合した砂 N 平均 = 30 (12 m から 18 m) 砂地盤或いは砂利が混合した砂 N 平均 > 50 (below 18 m より深い)
水平震度	Kh=0.15

出典：JICA 調査団

(2) 構造設計

栈橋構造は三次元構造分析方法で設計された。

(3) ドルフィンの設計

設計条件の概要は表 13.5 のとおりである。

表 13.5 ドルフィンの設計条件

潮位	高極潮面 (HHWL) = +7.1m、朔望平均満潮面 (HWL) = +6.20m、平均水面 (MSL) = +3.23m、朔望平均干潮面 (LWL) = +0.34m
活荷重	T20 Truck (渡橋のみ)
上載荷重	通常時は 0.5 t/m ² 、地震時は 0.0 t/m ²
天端高	+7.5 m
現在の河床高	-3.0m ~ +5.0 CDL
土層	軟弱粘土シルト N 平均 = 2 (河床から 6 m まで) 沈泥質砂 N 平均 = 15 (6 m から 12 m) 沈泥質砂或いは砂利が混合した砂 N 平均 = 30 (12 m から 18 m) 砂地盤或いは砂利が混合した砂 N 平均 > 50 (below 18 m より深い)
水平震度	Kh=0.15

出典：JICA 調査団

ドルフィン構造は、3次元ラド解析ソフト (Radosavljevic analysis method) による構造計算により設計した。

(4) 施工工程

施工工程は、図 13.5 に示すように計画された。施工期間は、着工公示から全体で 16 カ月と見積もられた。施工法は現場の状況およびミャンマーで一般的に適用されている手法を考慮して設定された。必要となった設備は主に、杭打ち船、クレーン船、ダイバー機器、トラックおよびアジテーターである。

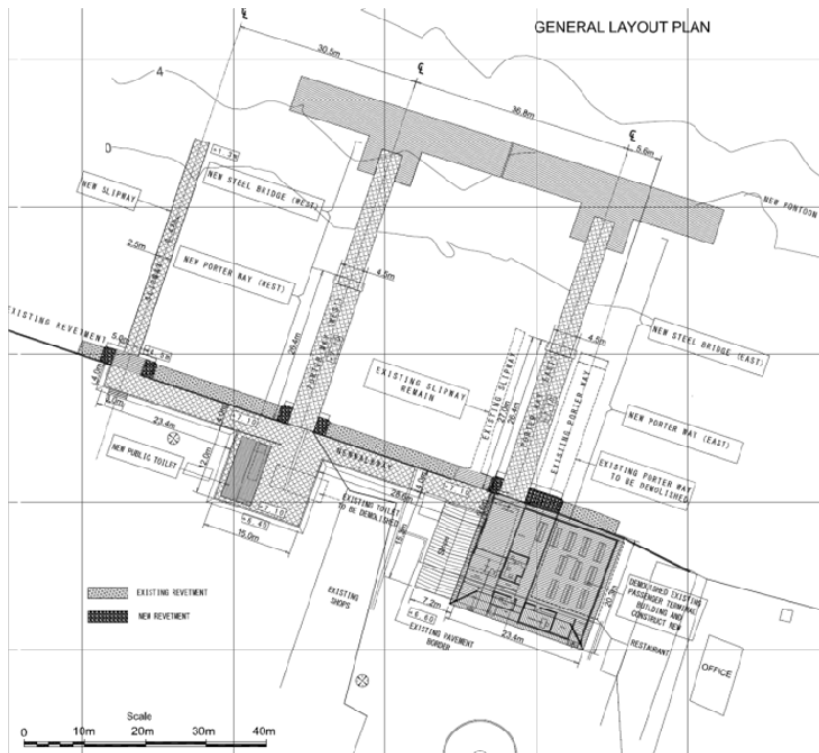
Structure	Work	Qty	unit	2010												2011						
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6			
Contract	Notice of Commencement																					
Mobilization	Construction method																					
	site clearance																					
	Temp. yard, office																					
	Trial Mix																					
Jetty	Pile fabrication	218.4	m ³																			
	Pile driving	65.0	nos.																			
	Pile head casting	63.9	m ³																			
	Lower beam casting	104.3	m ³																			
	Pillar casting	50.7	m ³																			
	diagonal casting	39.1	m ³																			
	Upper beam casting	104.3	m ³																			
	Slab casting	220.5	m ³																			
	Fender	26.0	nos.																			
	Grating	100.0	m ²																			
	Access Bridge	Pile fabrication	189.2	m ³																		
Pile driving		65.0	nos.																			
Pile head casting		49.9	m ³																			
Lower beam casting		79.8	m ³																			
Pillar casting		41.6	m ³																			
diagonal casting		24.7	m ³																			
Upper beam casting		79.8	m ³																			
Slab casting	241.3	m ³																				
Porter Way	Pile fabrication	57.3	m ³																			
	Pile driving	20.0	nos.																			
	Pile head casting	15.4	m ³																			
	Lower beam casting	24.8	m ³																			
	Pillar casting	11.5	m ³																			
	diagonal casting	9.7	m ³																			
	Upper beam casting	24.8	m ³																			
Slab casting	50.8	m ³																				
Pontoon Device	Pile fabrication	128.9	m ³																			
	Pile driving	46.0	nos.																			
	Pile head casting	119.0	m ³																			
	Coping casting	326.5	m ³																			
	Devices & Catwalk fabricatio	5.0	nos.																			
Pontoon Installation	2.0	nos.																				

出典：JICA 調査団

図 13.5 施工工程

13.4 ダラフェリーターミナル実証事業

ダラフェリーターミナル実証事業計画のレイアウトを図 13.6 に示す。



出典：JICA 調査団

図 13.6 ダラフェリーターミナル実証事業計画のレイアウト

プロジェクトの概要を表 13.6 に示す。

表 13.6 プロジェクトの概要

No.	項目	諸元
1	可動式鋼製渡橋 (2 橋)	鋼製トラス橋 (全長: 22.78 m、幅: 3.25 m)
2	ポンツーン (2 基) のコンクリート被覆	鋼製ポンツーンの側面および上面 2 組
3	ポーターウェイ (西側)	コンクリート杭 14 本 (0.5 x 0.5 x 19.4 m) コンクリート底版 (24.85 x 4.5 x 0.3 m thk)
4	ポーターウェイ (東側)	コンクリート杭 14 本 (0.5 x 0.5 x 19.4 m) コンクリート底版 (25.45 x 4.5 x 0.3 m thk)
5	インターロッキング舗装の歩道	全長 67m の舗装道路 (面積 448 m ²)
6	杭打ちのスリップウェイ	コンクリート杭 18 本 (0.4 x 0.4 x 11.5 m) コンクリート底版 (2.5 x 38 x 0.4m thk)
7	乗客ターミナルビル、トイレ施設	1 階建てビル (18.5 m x 21.6 m) 1 階建てビル (4.2 m x 10.2 m)
8	防壁およびフェンス	全長: それぞれ約 50 m、70 m
9	解体作業	ポーターウェイ、ターミナルビル、トイレ
10	ポンツーンへの材料提供	鋼板、溶接棒、塗料、陽極材等

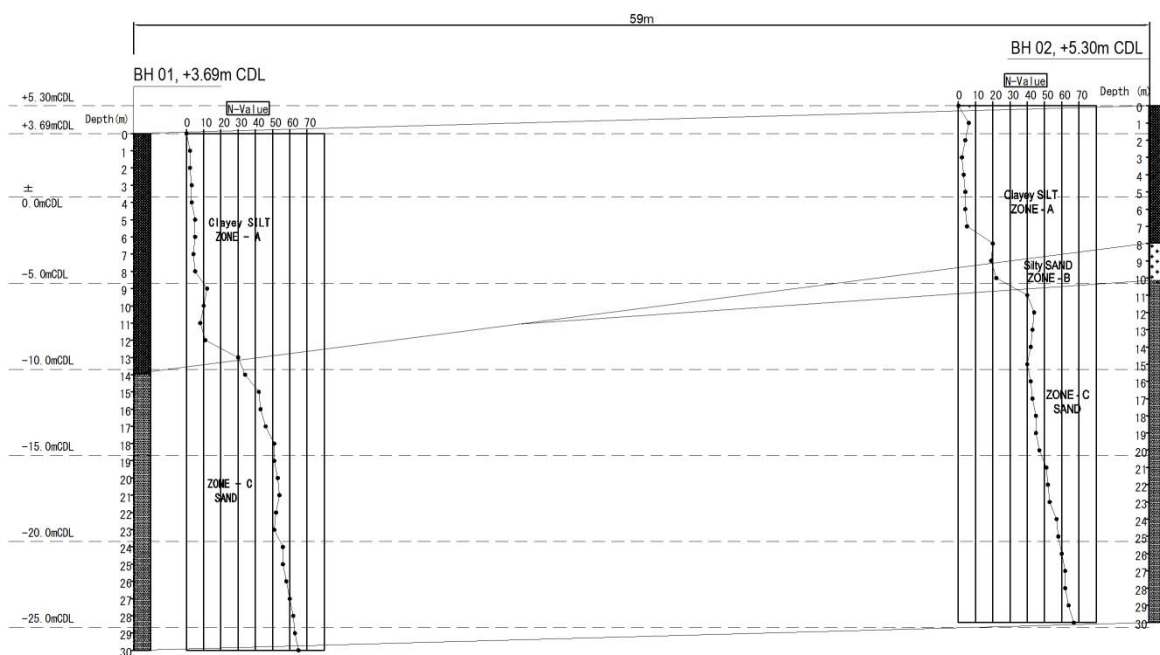
注: 鋼製のポンツーン (2 基) の製造は IWT ダラ造船所が行った。

出典: JICA 調査団

(1) 設計基準

1) 自然条件

風、潮位、潮流、地震についてはボタトゥンでの設計条件と同じである。土質条件については図 13.7 と表 13.7 に示す。



出典: JICA 調査団

図 13.7 土層構成図

表 13.7 設計土質条件

土層	平均 N 値	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 φ(°)	単位重量 γ (kN/m ³)
粘土質シルト	5	47.6		18
シルト質砂	20	-	29	20
砂	40	-	35	20

出典：JICA 調査団

2) 運用条件

(a) 設計対象船舶

対象船舶は、主に IWT の客船および貨物船である。これらの船舶の大きさについて表 13.8 にまとめる。

表 13.8 実証事業の対象船舶

構造	ポンツーン停泊	スリップウェイ
船の種類	客船／貨物船	小型客船
総トン数	257.14	N/A
全長	41.3 m	9.1 m
幅	9.0 m	1.8 m
満載吃水	1.0 m	N/A
深さ	1.8 m	0.9 m

出典：JICA 調査団

(b) 接岸速度

フェリーボートは、ヤンゴン港でタグボートを使用していない。設計接岸速度は、日本の基準および MPA へのヒアリング結果に基づいて 15 cm/秒を想定した。

(c) 活荷重

鋼製橋梁およびポンツーンについては、5.0 kN/m²を想定している。一方、ポーターウェイの活荷重は 0.0 kN/m²とした。

(d) 材料に関する条件

- 構造用鋼材の種類：SS400、SM400、SMA400
- コンクリート強度：標準コンクリート：24 N/mm²、杭用コンクリート：40 N/mm²
- 海水に触れる可能性のある、或いは飛沫帯にあるコンクリート被覆厚さ：70 mm
- その他の部分のコンクリート被覆厚さ：50 mm

(2) 設備設計

1) ポーターウェイ

ポーターウェイの設計条件を表 13.9 に示す。

表 13.9 ポーターウェイの設計条件

潮位	高極潮面 (HHWL) = +7.1m 朔望平均満潮面 (HWL) = +6.20m 平均水面 (MSL) = +3.23m 朔望平均干潮面 (LWL) = +0.34m
活荷重	0.0 (考慮しない)
上載荷重	通常時は 5 kN/m ² 地震時は 0.0 kN/m ²
天端高	+7.1 m
現在の河床高	+2 m ~ +4.1 m CDL
地盤条件	粘土質シルト, N 平均= 5 (河床から 8 m~10 m) シルト質砂, N 平均= 20 (8 m ~ 10 m) 砂, N 平均= 40 (10 m 以深)
水平震度	Kh=0.15

出典：JICA 調査団

2) 鋼製橋梁

鋼製橋梁の設計条件を表 13.10 に示す。

表 13.10 鋼製橋梁の設計条件

荷重の種類	適用	値
死荷重	鋼材重量	77.0 kN/m ³
	木製床 (t = 50 mm)	0.25 kN/m ²
活荷重	床設計用	5.0 kN/m ²
	部材設計用	3.5 kN/m ²
地震荷重		0.15 x G
風荷重	風速	60 m/sec

出典：JICA 調査団

3) ポンツーン

ポンツーン的设计条件を表 13.11 に示す。

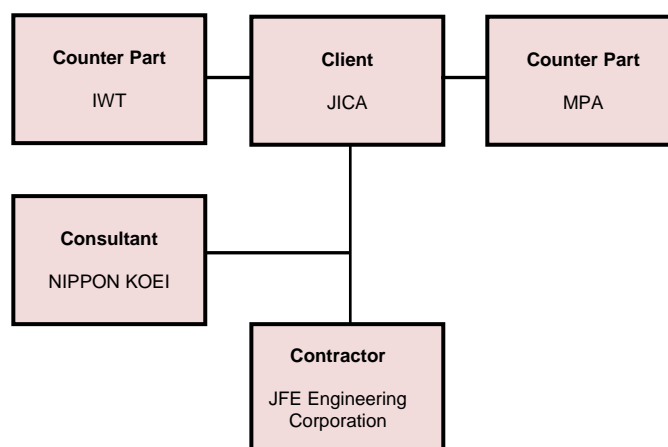
表 13.11 ポンツーン的设计条件

潮位	高極潮面 (HHWL) = +7.1 m 朔望平均満潮面 (HWL) = +6.20 m 平均水面 (MSL) = +3.23 m 朔望平均干潮面 (LWL) = +0.34 m
最大潮流	4 knots (2.06 m/秒)
有義波高	1.00 m
極大波	1.86 m
風速	30 m/s
船の大きさ	400 G.T.
ポンツーンのサイズ	W6.00 m x H2.50 m x L36.80 m, Air draft =1.4 m
上載荷重	構造計算では 5.0 kN/m ² 安全性解析では 3.0 kN/m ²
河床の土質	粘土

出典：JICA 調査団

(3) プロジェクトの組織

プロジェクトの実施組織の全体像を図 13.8 に示す。IMT および MPA はプロジェクトのカウンターパートとして参加している。IMT および MPA はプロジェクト施設の受益者であるため（陸地の施設は IWT、川辺の施設は MPA）、プロジェクトの様々な活動に積極的に参加している¹。施工業者は入札の結果、JFE エンジニアリング株式会社となった。



出典：JICA 調査団

図 13.8 組織全体図

¹ 本実証事業は JICA ミャンマー事務所と施工業者の直接契約となっている。コンサルタントは施工業者に対する進捗管理を請け負っていて、通常の施工監理にみられる、コンサルタントが施工業者を直接監理する施工監理業務形態とは異なる。コンサルタントは出来形を監理し、施工業者に対して適宜技術指導を行うが、直接的に施工業者に対して、品質監理をすることはできない監理形態である。

(4) 建設工程

事業実施の進捗を図 13.9 に示す。

ID	Task Name	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov
1	Temporary Facilities Preparation and Mobilization Work	■	■	■	■						
2	Concrete Trial Mix	■									
3	Pile Manufacturing work		■	■	■	■	■				
4	Construction of New Slipway					■	■	■	■		
5	Construction of New Porter Way (West)			■	■	■	■	■			
6	Existing bridge & pontoon transfer to new porter way (west)						■				
7	Demolishing Existing Porterway						■	■	■		
8	Construction of New Porter Way (East)						■	■	■		
9	Demolishing existing passenger terminal building						■				
10	New Passenger Terminal Building						■	■	■		
11	Construction of new walk way					■	■	■	■		
12	Construction of New Public Toilet, Water Trestle			■	■	■	■	■			
13	Passenger Ferry Service Temporary Diversion New Poeter Way (West)					■	■	■	■	■	
14	Fabrication of Steel Bridge & Roof Structure for Steel Bridge East&West							■	■	■	
15	Concrete Coating for 2xPontoon at IWT Dockyard Dalla and Launching Work							■	■	■	
16	Installation of New Pontoon and Steel Bridge at Porter Way (east)								■	■	
17	Return Old Pontoon & Old Steel Bridge to MPA Dockyard								■	■	
18	Installation of New Pontoon and Steel Bridge at Porter Way (west)								■	■	
19	Commissioning, Handing Over & Project Completion									■	■
20	Demobilization of all site facilities and Cleaning work									■	■

出典: JICA 調査団

図 13.9 事業実施の進捗

事業は 2014 年 2 月 1 日に着工し、規定した事業期間内 2014 年 10 月 28 日に完了した。

(5) 環境モニタリング

環境管理・モニタリング計画 (EMMP) は、プロジェクトの実施に際して立案され、コンサルタントがそれを承認した。環境管理およびモニタリングに関わる全ての活動は、承認された当該 EMMP を基に施工業者が実施した。

建設期間での緩和およびモニタリングは、表 13.12 に示すとおりである。環境管理計画における主要な行動は提案した緩和措置であり、その内容は詳細設計に組み込まれた。建設期間中、安全や健康に対して特に深刻な環境影響を及ぼすようなことは無かった。施工業者は、問題回避のために適切な対策を十分に実施した。緩和措置および対策を施したことで、環境影響への対応および制御を行った。取得したデータおよび情報は、毎週行われた会議で報告され、各環境関連組織に提出された。

表 13.12 環境モニタリング

問 題	緩和される影響	モニタリング活動
交通および公的施設	建設車両の交通による港湾アクセス道路の近隣住民に対する妨害或いは交通事故の危険性	- 建設車両のスピードの制御 - 建設車両の時間調整/スケジューリング - 交通規制および、現場の注意標識、交通手信号 - 目視検査
大気汚染	建設機械や車両、建設活動（例えば開墾、粉じん発生物質の輸送および保管）による粉じんや大気汚染物質の発生	- 全ての重機/車両の適切な運用作動、材料の運送および保管、定期的な散水に関するモニタリング - 現場での定期的環境大気質モニタリング - 目視検査
騒音および振動	近隣住民への建設機械や大型車両、建設活動に伴う公害	- 大型車両や建設設備、高騒音/振動をもたらす活動の実施時期の確認 - 目視検査
水質モニタリング	水環境への汚染。サンプリング手順、サンプルの貯蔵や運送、分析については、MOECAF が承認した水質検査の標準方法に準じた。水質モニタリングは Laboratory Technical Consultant および国立衛生研究所（保健省保健局）によって実施された	- 水温℃ - 水質濁度 NTU - 全浮遊物質（TSS）mg/l - 常温での pH 値 - 生物化学的酸素要求量（BOD5）mg/l - 溶存酸素量（DO）mg/l - 化学的酸素要求量（COD）mg/l - 硝酸塩（N）mg/l

出典：JICA 調査団

13.5 セミナーおよびワークショップ

実証事業では、2回のセミナーおよび2回のワークショップを開催した。

(1) 港湾施設設計セミナー

2010年3月25日午前9時から午後2時半まで開催されたセミナーでは、MPA職員が40人参加し、設計能力向上を目的として、日本の港湾基準の導入を見据えた港湾施設設計に関するセミナーを実施した。一般的な設計の工程や項目を理解するために事例として実証事業の施設設計の工程について説明もされた。

セミナーで取り上げられた話題は以下のとおりである。

- 1) 設計作業の流れ
- 2) 設計条件の設定
- 3) 外力の設定
- 4) 構造検査
- 5) 材料検査
- 6) 設計図

(2) 港湾施設建設セミナー

2010年7月15日午後1時から4時半まで開催されたセミナーでは「コンクリート」と「杭打ち」の2部のセッションが開かれた。

表 13.13 港湾施設建設セミナー

	第1部 コンクリート	第2部 杭打ち
内容	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリートの特質（材料、水とセメントの比率、コンクリートの強度、コンクリートのスランプおよびワーカビリティ） ● 配合設計の作成の手順 ● 試験練りの手順、配合設計との関係に関する説明 ● 日常のコンクリート品質管理（例えば材料検査、現場検査、強度検査） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 杭打設位置、垂直度、評価に関する調査 ● 杭の貫入および支持力に基づいた杭打ち（最終設置）方法 ● 杭打ちの各要素の特性（ラムの重量および高さ、貫入、反発およびその関係性） ● 杭打ちモニタリング検査のメカニズム、手順および重要なポイント

出典：JICA 調査団

(3) 鉄筋コンクリートの維持管理に関するワークショップ

ヤンゴン港では多くの栈橋が鉄筋コンクリートで造られ、長いものでは70年を超えて長期間利用されている。しかし劣化が進み、維持管理が必要な栈橋である。調査団はこれらを検査して、栈橋の健全度調査を行った。ワークショップではトレーニングを通して、MPAおよびIWTの担当者に対して鉄筋コンクリートの栈橋に関する検査、評価、改修、維持管理に関わる技術を向上させるための知識を提供した。

表 13.14 鉄筋コンクリートの維持管理に関するワークショップ

コンクリート検査項目に関する講義	その他のワークショップでの講義
<ul style="list-style-type: none"> ● 外観検査（ひび割れ、鉄筋の腐食） ● 打音検査（コンクリートの剥離） ● 炭酸化（二酸化炭素被害） ● 塩化物（塩害） ● コンクリート被覆（コンクリート被覆の厚さ、鉄筋の深さ） ● 劣化したコンクリートの評価 	<ul style="list-style-type: none"> ● 鉄筋コンクリートの特徴および維持管理方法 ● 鉄筋コンクリートの検査および評価 ● 栈橋の検査および評価の結果（Wadan Jetty 6およびダラ港栈橋） ● 鉄筋コンクリートの改修および維持管理（Kaindan 栈橋およびダラ港栈橋の事例の提示）

出典：JICA 調査団

(4) 環境に関するワークショップ

講義にはMPAとIWTから4名が出席して2014年11月3日、午前10時15分から11時15分まで開催された。このワークショップでは次の講義が行われた。

- 1) JICAの環境政策
- 2) ミャンマーにおける環境に関する法律と規則
- 3) 実証事業の環境配慮

第14章 まとめ（実施内容とその成果および評価）

14.1 報告書概要

本案件は「サイクロン・ナルギスの復旧・復興計画の策定」と「復旧・復興を通じてカウンターパートの Capacity Development」に大別される。本報告書では前者を Part 1、後者を Part 2 としてまとめた。各 Part は以下の構成になっている。

14.1.1 PART 1

ナルギスの復旧・復興計画の策定の前提条件として、第2章にミャンマーの水運にかかわる組織とその業務、第3章にナルギスの特性を示した。次に、MPA 及び IWT 関連施設の詳細と被災状況、2009年に策定した復旧・復興計画を第4章から第6章に示した。各章では、現状分析及び課題の特定、復旧・復興計画のリストアップおよび復旧事業の優先順位（緊急、短期、中長期）を示した。

第4章： ヤンゴン港における航路等の安全確保

第5章： ヤンゴン港・港湾施設の復旧

第6章： 対象地域の主要内陸水運の復旧

14.1.2 PART 2

復旧・復興計画のうち、緊急性やカウンターパートの Capacity Development に必要性の高さを考慮して、各パッケージを選択・決定した経緯および概要を第7章に示した。第2回ステアリングコミティにおいて、以下の5つのパッケージ（2つの Training、2つの Study、1つの実証事業）の実施が決定された。選出された5パッケージは以下のとおりである。なお、調査を通じて、ミャンマー国の環境法制度を確認し、実施した環境配慮調査結果は8章に示した。

第9章： 航行安全確保に関する研修事業

第10章： 船舶修理および鋼構造物修理に関する研修事業

第11章： 防災能力向上策の検討

第12章： 潮位計利活用能力向上策に関する検討

第13章： 栈橋の改修に関する実証事業の設計と実施

14.2 各章概要(PART 1)

Part 1（第2～6章）の概要を以下に示す。

14.2.1 ミャンマーの水運にかかわる組織とその業務（第2章）

ミャンマーの水運の中で港湾管理を担っている Myanmar Port Authority (MPA)ならびに内陸水運を担っている Inland Water Transport (IWT)の業務と組織の状況を示した。Jetty（民間所有も含めて65施設）は主としてヤンゴン川の左岸に位置しており、造船所（6か所）などの水運関連施設は両岸に分散している。その位置と諸元を示した。沿岸海運と内陸水運による貨物輸送量はナルギス来襲前におおよそ月間18万トンであったのがナルギス被災直後には約8万トンに減少したが、3か月後には14万トンを超えるまでに回復した。

14.2.2 サイクロン・ナルギスの特性（第3章）

ミャンマーにおける自然災害とナルギスの特性を示した。1965年から2008年の48年間に10個の大きなサイクロンがミャンマーを襲った。ベンガル湾で発生したナルギスは17km/hの速度で移動し、

2008年5月2日にミャンマーに上陸した。その最大風速は59.2m/s、中心気圧は937hPaであった。ヤンゴン港の満潮位は5.8mであるが、ナルギス来襲時の潮位は7.06mであった。ナルギスの最大潮位偏差は1.8mと推定された。ナルギスによる死傷者数は13.5万人を超えると推定されている。経済的にはGDPの2.7%の被害を蒙った。災害発生後、ミャンマー政府、ASEAN、United Nationsから構成されるTripartite Core Group (TCG)とPost-Nargis Response and Preparedness Plan (PONREPP)が設立され、緊急復旧が実施された。

14.2.3 ヤンゴン港における航路等の安全確保（第4章）

ヤンゴン港に至る航路はヤンゴン川の沖合のパイロットステーションからアウターバー、インナーバーを経由してモンキーポイントに至る全長35mileである。航路には24基の航路ブイと6か所にLeading Lightが設置されていた。航路の水深が浅いため、大型船は基本的に満潮時に航行している。2008年の入出港船舶数は約1,500隻で、そのうち約60%は5,000GRT以下の船であった。モンキーポイントにおいては4.5mの水深（幅100m）を確保するため、4隻のドラグサクシオン浚渫船を用いて毎日維持浚渫が行われている。2008年には約200万m³の浚渫を行った。現地調査の結果にもと基づいて航行援助施設の状況について3段階の評価を行った。Leading Lightはナルギスによって全て破壊された。14基の係留ブイのうち8基のブイが損傷を受けた。灯火船は損傷を受け、タグボート兼用の消防艇は沈没した。208隻の船が沈没（71隻）あるいは座礁（137隻）した。これらの船はミャンマー政府がMPAを中心に順次引き上げた。

航行安全にかかわる復旧計画（緊急、短期、中長期）として、次の計画を策定した。

- | | |
|-----------------|---|
| 緊急計画（2011年以前）： | • Restoration of Leading Lights |
| 短期計画（2014年まで）： | • Restoration of Navigation Buoys |
| 中長期計画（2014年以降）： | • Restoration of Tugboat/Fire-fighting ship |
| | • Renewal or replacement of Light Ships |

14.2.4 ヤンゴン港・港湾施設の復旧（第5章）

MPAは3か所に船舶修理のための造船所を所有している。ほとんどの接岸施設はポンツーン式であり、陸側に設置した鉄筋コンクリート製の栈橋とポンツーンは鋼製トラス橋で結ばれている。ポンツーンは4本のチェーンで河底に係留されている。トラス橋はチェーン4本で係留されたスポンソン（浮体）で支持されている。現地調査によって48の接岸施設の健全性を調査した。その結果、多くの施設が被災し、一部は仮復旧していた。ヤンゴン港の埋没を防止するため1914年にヤンゴン川右岸に建設された延長3,000mのSeikkyi導流堤のうち約1,000mが被災した。MPA施設の被災原因を検討した結果、ナルギスにより発生した1.8mの潮位偏差やポンツーンに係留されていた船舶に強い風と波により大きな力が作用したため、ポンツーンに係留していたチェーンに大きな張力が作用して破断し、ポンツーンが流失した。また、ヤンゴン川に係留されていた船舶が漂流し接岸施設に衝突したことも被災原因の一つであった。48の接岸施設のうち、12の接岸施設の復旧が調査団の調査開始時（2009年当時）に残されていた。

当初実証事業として選択された特に被災の大きかったボタトゥン栈橋の復旧計画の策定にあたっては、対象船舶の大きさは長さ72m、喫水4.2mとした（最終的には先方政府からのリクエストにより、実施場所がダラフェリーターミナルに変更となった）。この場所は他に比べ、暴浪時に大きな波を受けやすく、旧来のタイプの復旧では再び被災を受ける恐れがある。そのため、鉄筋コンクリート製の栈橋並びにポンツーンの係留方法を堅固にすることを計画のコンセプトとした。

ヤンゴン港にかかわる復旧計画（緊急、短期、中長期）として、次の計画を策定した。

- | | |
|-----------------|---|
| 緊急計画（2011年以前）： | <ul style="list-style-type: none"> • Restoration work of Botahtaung Jetties No. 5 & 6 • Restoration work of 6 Jetties • Permanent restoration of temporarily restored port facilities • Repair of the Seikkyi River Training Wall |
| 短期計画（2014年まで）： | <ul style="list-style-type: none"> • Restoration of Jetties with Fixed Concrete Deck Type • Renewal of Heave-up Boats |
| 中長期計画（2014年以降）： | <ul style="list-style-type: none"> • Formulation of Port Master Plan of Yangon Port |

14.2.5 対象地域の主要内陸水運の復旧（第6章）

内陸水運航路ネットワークとして16の長距離ルートと5の短距離ルートが運航されていた。ナルギス前後で、特に被害の大きかったデルタ地域の主要4ルートの貨物量はナルギス直後には以前の1/3にまで減少したものの、4か月後には2/3にまで回復し、11か月後には以前のレベルまで回復した。IWTが使用していた、8か所のJettyの内3か所や10基のブイのうち7基が被災し、緊急復旧がなされた。主要4ルートにあった16か所のLanding Stationのうち4基が被災したが、重要度を勘案し、IWTは短期間のうちに復旧した。IWTの所有する船舶のうち121隻が被災した。その内訳は沈没40隻、座礁は32隻、衝突は49隻であった。

造船所の健全性の調査を実施したところ、斜路やウインチの老朽化の他、高齢化により経験のある技術者が少ないことが明らかとなった。ナルギスで被災した船舶の修理が優先されたため、定期検査が遅れる事態となっていた。

IWTの施設では、内陸水運航路の航行援助施設、DWIRと連携する必要がある水路図の整備、船舶への安全航行用機器の設置、造船技術者の育成が問題であることが分かった。

内陸水運にかかわる復旧計画（緊急、短期、中長期）として、次の様な計画を策定した。

- | | |
|-----------------|--|
| 緊急計画（2011年以前）： | <ul style="list-style-type: none"> • Capacity Development of Captain and Ship Crew of IWT Ships • Capacity Development of Repairing Ships and Metal Structure • Introduction of Steel Cradle for Dalla Dockyard |
| 短期計画（2014年まで）： | <ul style="list-style-type: none"> • Acceleration of Delayed Annual Inspection of IWT Fleet • Master Plan Study on Dalla Dockyard • Improvement of Navigation Aids along Inland Waterways |
| 中長期計画（2014年以降）： | <ul style="list-style-type: none"> • Improvement of Facilities for Ahlone Dockyard |

14.3 各章概要(PART 2)

Part 2（第7～13章）は、復旧・復興を通じたカウンターパートのCapacity Developmentを目的とした5つのパッケージについて記載しており、以下にその実施概要とその成果および評価を示す。

14.3.1 能力開発および構成内容（第7章）

第4章から第6章で提案した復旧・復興計画のうち、緊急性および、カウンターパートのCapacity Developmentに必要性の高い以下の5つのパッケージが、JICA、カウンターパートおよびJICA調査団による協議を経て選定され、第2回ステアリングコミティで合意された。各パッケージの選定経緯と概要、追加および変更の経緯と理由を記載した。詳細は14.3.3以降に記す。

- 航行安全確保に関する研修事業
- 船舶および鋼構造物修理に関する研修事業

- 防災能力向上策の検討
- 潮位計活用能力向上策に関する検討
- 栈橋の改修に関する実証事業の設計と実施

14.3.2 環境社会配慮（第8章）

(1) 実施内容

第7章で選定されたプロジェクトについて、ミャンマーの環境法への適合性を確認した。トレーニングおよび調査では工事を伴わないため、環境への影響は非常に小さく、環境調査は行わなかった。栈橋改修実証事業に関しては、詳細な調査を行った。具体的な業務内容は以下のとおりである。なお、13章で記載したとおり、実証事業はミャンマー側からのリクエストにより、実施位置が変更され、時期も大幅に変更されたため、環境調査もアップデートした。

1) 環境の現状把握

既存の報告書等をレビューし、それで得られていない環境情報（自然環境、社会環境、公害等）に関し、関係機関へのヒアリング調査を通じて収集、整理・分析した。整理・分析した環境情報及び当該機構の環境社会配慮ガイドラインをもとにスコーピング（案）を作成した。

2) IEE（初期環境調査）レベルでの環境社会配慮調査の実施

IEE（初期環境調査）レベルでの環境社会配慮調査を実施した。IEE レポートを Appendix に示す。

(2) 成果と評価

調査団が現地入りした2009年当時、ミャンマーには環境法もなく、環境社会配慮についての認識がカウンターパートにほとんどなかった。そこで調査実施やインテリム・レポート提出時には、環境社会配慮とはどのようなものであるか、カウンターパートに説明し、理解を深めた。また、実証事業を実施した2014年には、ミャンマーにも環境法が制定されており、MPA および IWT に対して、ワークショップを開催した。ワークショップでは JICA の環境政策、ミャンマーにおける環境に関する法律と規則および実証事業の環境配慮について講義した。これらを通して、環境社会配慮への認識が高まり、実証事業実施中においても、Weekly Meeting での理解力の上昇など、カウンターパートの環境社会配慮への認識が高まっている状況が見受けられた。

14.3.3 航行安全確保に関する研修事業（第9章）

(1) 実施内容

航行安全確保に関する研修事業として以下3回の訓練を行った。

1) 第1回研修：IWT 航行安全教育研修（ステップ1）

ナルギスにより IWT が保有する 476 隻の船舶のうち 121 隻が被災した。当時、バージなどを除いた自航型の運航船舶数は 305 隻（内 21 隻が修繕中、6 隻が修繕待ち）であり、IWT は船隊規模の回復に苦慮していた。本調査で明らかになった要点は以下である。

ナルギス来襲時には IWT に緊急時対応ができていなかったことと、運航船に風向（力）計や気圧計、レーダ、通信装置などの航海計器がないことが被害の増大に繋がった。IWT の運航関係者への緊急時対応に関する教育訓練と計器類の装備の検討が必要であった。IWT の運航ルートは全て河川

であり、湾曲部や浅瀬が多く、また、河川の流速は最大6ノットにも達する極めて操船の難しいルートであった。一方、全ての運航船は老朽化が激しく、更に Rader、GPS、測深器、通信装置などの重要な航海計器が殆んど装備されておらず、船長（操船者）の経験と勘で昼夜の運航が行われており危険な運航状態が続いていた。計器類のうち、夜間航行の安全性を高めるためには Radar、GPS、Echo-Sounder、Radio（HF）が特に重要であるが、夜間航行船は航路確認用のサーチライトを使用しているのみであった。

そこで、本研修では内陸水運船の航行安全向上のため、GPS、Eco-sounder、通信機器等を供与し、安全運航・機材（計器等）に関して、教育訓練を実施した。インストラクターを選抜し、教育訓練を実施し、その教育を受けたインストラクターによる一般船員への教育訓練が行われた。これにより、継続的な技術移転が可能となった。

2) 第2回研修：MPA 航行安全研修（ステップ2）

Leading Light は浅瀬や障害物で可航水域が狭く、航海が危険な水域を安全に通行するための重要な航行援助施設である。ヤンゴン港に入る船舶は Outer Bar から Western Channel、Middle Bank Channel そして Monkey Point Channel の3ヶ所の狭水道を抜けなければならない。MPAは航行安全のために、この35マイルの間に6ヶ所 Leading Light を設置していたが Nargis により全ての Leading Light は損傷し、以来使用できない状態が続いていたため、船舶の入港に支障をきたしていた。

6ヶ所の中でも Monkey Point Channel の航行が最大の難所であり、浅瀬に囲まれ、航路幅が95m という狭い水域であり、万一航行船が座礁した場合、ヤンゴン港は封鎖状態となる。ミャンマー国で最大の物流インフラ拠点である当港の港湾機能は停止することでミャンマー国民の生活に多大な影響を及ぼすこととなる。また、Nargis により Leading Light が停止しているために MPA は夜間入港を制限し、港湾効率低下の状態が続いていた。重要な航行援助設備である Leading Light の復旧は港湾利用者及び内陸への物資輸送面で喫緊の課題であり、MPA では安全航行上、その復旧が最優先課題となっていた。

本研修では復旧のモデルケースとして灯火型航路標識の供与を行なった。灯火型航路標識は開発面で先進国の中でも日本の技術が優れた分野である。今回の研修では太陽光と LED を組み合わせ悪天候下でも光達距離の優れた機材およびメンテナンスパーツも供与し、併せて、航行に関する技術移転を図った。

3) 第3回研修：IWT 航行安全研修（ステップ3）

ミャンマーでは水運網が発達しており、河川沿いに人口の約6割が住んでおり、水運を利用する旅客には特に貧困層の旅客も多い。デルタ地域を網の目のように貫くエーヤワディ河はミャンマーを南北に貫く大河川であり、雨季乾季の水位差が場所によっては10m以上にも達し、多量の土砂を運んでいるため、航行可能な水路が随時変化する。しかし、水路の地形は数年に一度、一部の航路で水深を計測されているのみであり、ほとんど把握されていない。また、航行は基本的に船長の経験と勘に頼った運行が行われている。航路の水深が十分に確保されていないため、運航船は竹竿で水深を測りながら航行しているが、座礁が頻発し航行安全性が悪く、また航行遅延などが生じて、大きな問題となっている。

航路安全に関して、2009年度にヤンゴン港内で運行されている IWT 船への航行援助機材供与および教育訓練を実施し、2010年度にナルギスで倒壊したヤンゴン港内の灯火型航路標識の改修を実施した。それらにより同国の航行安全度は高まってきたが、まだ十分とはいえない。

そこで、IWT の定期運航船に自動計測式 GPS 測深器を供与して、日々の水深を計測しながら安全な運行を行うように整備した。得られたデータを蓄積し、河川の変化状況を知ることは将来の航路保全等を検討する上で非常に重要となる。

(2) 成果と評価

以上の研修を通して、内陸水運の安全性が高まっただけでなく、水深データ取得を含む、統計資料の重要性に関する認識も十分に高まったと考える。

また、本研修では、当初、中国製の安価な Leading Light を導入すべきとのリクエストもカウンターパートからあったが、協議の結果、日本製の Leading Light を供与した。その後 4 年間の使用を経て、故障もなく稼働を続けており、結果として、ランニングコストが大幅に削減され、ライフサイクルコストは削減されることとなり、MPA の財務状況の改善にも寄与することができたと考える。

高速道路や鉄道網の発達した日本においても、国内貨物輸送の 4 割（トンキロベース）は水運輸送であり、6,500km を超える水運網と約 300 の内陸水運港を持つ水運網の発達したミャンマーにおいて、長距離大量輸送に優れる水運は今後も物流の根幹を担うと考えられる。しかし、前述のとおり、現状は航路が整備されておらず、基本的に船長の経験と勘に頼った運行が行われており、航路の水深が十分に確保されていないため、運航船は竹竿で水深を測りながら航行している状況である。旅客、物流輸送において、重要とされる、定時制・速達性・安全性・確実性が確保されていない。今後は航路図や、航行安全システムを含む、航路維持管理等の航路整備が必要である。

14.3.4 船舶および鋼構造物修理に関する研修事業（第 10 章）

(1) 実施内容

船舶修理および鋼構造物修理に関する研修事業として、以下 4 回の訓練を行った。

IWT は 2008 年当時、合計 476 隻の船舶を持ち、ミャンマー国の内陸水運網における旅客と貨物の輸送を行っていた。しかし、ナルギスのため 121 隻が被災し、IWT 所管の Dalla および Ahlone 造船所で損傷した船の修理が続いた。2009 年には 84 隻の被害にあった船の修理が完了し、残りの 25 隻の修理が行なわれていたが、それは被害の大きかった船が残されており、修理完了までには更に長期間を要する状態であった。

被害船の緊急修理で造船所は調査団が現地入りした 2009 年当時手一杯な状態であった。その間、被害を受けていない船舶の定期検査の実施が滞ったため、2009 年 4 月末時点で 109 隻の船が法で定めた検査を受けていない状態となっていた。整備不良による運行不可能な船が今後も増加する恐れがあり、これら無検査状態で運行される船舶に対する定期点検・検査の実施は喫緊の課題であった。また、修理中および修理不能のために廃船される 12 隻の船の代替として、老朽化した船舶が配船されていたため、運行サービスレベルの低下と安全性の確保が課題となっていた。

修理実績や過去の年次計画によると大型貨客船の定期修理には 3~4 ヶ月を要していた。必要な資機材の調達に時間が掛かることも一因だが、修理技術の不足による作業効率の悪さが主な原因となっていた。特に、船体構造の修理に重要な切断と溶接作業にかかる技術者と熟練作業者の不足が作業の進捗と精度に影響を及ぼしていた。IWT では、系統的な技術研修や訓練スキームが確立しておらず、造船所内で OJT を実施するにとどまり、その成果は限られていた。

そこで、船舶修理、溶接技術の指導が 2009 年 10 月より Capacity Development of Repairing Ships and Metal Structure としてスタートした。ミャンマーにおける造船溶接技術力、鉄構造物製造能力、および品質レベルの向上を目的に指導を行った。本実証事業のポンツーン製作において今までの教育訓練

を実践で深める場として、また新造船にも応用できるようにブロック工法を採用し、施工要領書、工程計画書を作成し建造方法を指導した。

1) 第1回訓練（2009年）・第2回訓練（2010年）

現地調査により、様々な問題が見つかったが、その中でも溶接技術能力の向上が必須であり、その緊急性が認められた。研修のターゲットは IWT 技能工の船舶修理能力の向上と MPA のポンツーン並びに鋼製トラス橋などの技能工の鋼構造物修理能力向上であり、移転された技術の持続性を維持するため第1回訓練と第2回訓練の2段階に分けて研修を行う必要があるとの判断から、第1回訓練では修理技術を熟練技術者やグループリーダーの中から、将来、造船所の職工に指導する立場となるインストラクター・指導員を抽出し、養成を行った。第2回訓練では、第1回訓練で養成したインストラクターから各職場のグループ内の技能工に対しての研修を実施した。また、IWT および MPA が職場内の人材能力向上と技術の伝承を持続的に行う事が可能になるように組織内の技術研修制度の確立が可能か上層部と協議して、IWT および MPA の公社内規定の策定に対する支援を行った。

研修事業の内容は、主に 1) 研修用カリキュラム・テキストの作成、2) 研修を通じての技術移転、3) 研修成果の評価・是正勧告、4) 公社内研修規定の策定、で構成された。

第1回訓練では、IWT、MPA の Engineer および Forman 30 人を対象とし、溶接資格、品質基準、造船への溶接方法の適用例を紹介し、アーク溶接の講義と実技指導を行った。

第2回訓練では、指導者の育成と実践教育を目的とし、IWT 指導者 19 名の育成、IWT 指導者による作業員 72 名への教育を実施した。また訓練生による船架（クレードル）製作による実地訓練を行った。クレードルは当時木製を使用していたが、この製作により、より強固で安定した揚船が可能となった。製作にあたっては、当時使用不能となっていた自動切断機の修理やその活用方法の指導、図面の読み方やその実施方法も指導した。実地訓練においては、安全対策の重要性を指導して、その実践を徹底させた。

2) 第3回訓練（2012年）

2010年度までに実施した訓練を通して、溶接技術やマネジメント能力が向上し、効率化が図られたが、まだ十分な機材や技術レベルに達しているとは言い難かった。様々な技術移転が必要なことは分かっていたが、その中でも、更なる溶接の効率化を図るには、特に「CO₂溶接」の訓練が重要であった。また溶接後の検査機器や施設が無いため、「検査技術」が無く、溶接結果の検証ができないという問題が明らかになった。そのため、第3回訓練では船舶修理に関して、次のボトルネックとなっており、更に高度な技術である「CO₂溶接」および「検査技術」の指導を行うことで、造船建造および修繕技術の向上を図り、効率的な運用を行うことで、より多くの船舶を修繕・建造し、特に貧困層が多く利用する内陸水運の船舶の安全度を向上させることを目的とした。

「CO₂溶接」は CO₂溶接機を用いた溶接であり、通常のアーク溶接(手溶接)に対して半自動溶接と呼ばれ、作業効率が 2~3 倍であることから現在世界の主流となっている。IWT では作業効率の向上のため、CO₂溶接機の導入を実施したいと考えていたが、技術力不足のため、未実施の状態であった。また、IWT では検査機器そのものが殆ど無い上に、数少ない検査機器も実際に稼動しておらず、検査自体を実施していなかった。そのため検査されていない船舶を運航しており、修繕不備箇所からの漏水や破壊の危険性を常に持っていた。

このような状況下、JICA ミャンマー事務所では、2011年度の集団研修のフォローアップ調査の一環として、CO₂溶接機・検査機器（板厚および膜厚）を IWT に導入した。本案件でこれら機器の使い方だけでなく、使用目的や運用方法を教育することで、JICA フォローアップ事業との相乗効果

を図り、IWT の Engineer, Foreman, Technician 32 名を対象に CO₂ 溶接指導と各種試験検査方法や維持管理技術の講義と膜厚試験や浸透探傷試験 (PT) の実技指導を行った。

3) 第 4 回訓練 (2013 年)

第 13 章で示した実証事業の一部として IWT のダラ造船所でポンツーンの製作を行った。IWT の Engineer に対し、ブロック工法による施工要領、ブロック組立方法、溶接方法、品質管理等について指導し、またポンツーン的设计に関する講義を行った。またこのポンツーン製作は第 3 回訓練までの訓練者による実践となった。当ポンツーンは上面と外周をコンクリートで被覆されたポンツーンであり、底面はマリンペイントで塗装した上に電気防食を施している。鋼材の腐食速度は、温度、濁度、流速、塩分濃度の影響が主要因であり、ヤンゴン川は全てが当てはまっており、厳しい環境である。そのため、従来型のポンツーンは腐食速度が速く修繕費用が高くなっており、その対策として本構造を採用した。

(2) 成果と評価

本研修では技術ノウハウとスキル向上を目的として、スタートした。現場で起こっている問題点を精査して、改善策を見つけ、一つ一つそれを取り除く作業 (研修) を進めた。

具体的には、前述のとおり、溶接の基本であるアーク溶接の講義や実技研修から始まり、技術の伝承ができていなかった問題を解決するため、継続的な教育システムを確立して、更なる技術と効率化の向上に向け、CO₂ 溶接の研修を実施した。また、その研修で得られた技術の定着を図るため、鋼製クレードルの建造や日本の技術が詰まった新型ポンツーンの製作など実践訓練を行った。

溶接技術の移転は高い評価を受けたが、それだけでなく、マネジメント能力の向上にも努めた。この重要性が現場では理解できておらず、行きあたりばったりの非効率な運営が行われていた。そのため、実施を通して様々な技術移転を行った。一つは、設計と現場とのインターフェースになる「原図場」の知識向上である。「原図場」とは、技術基準を細かく取り決め、原図にマーキング、切断、組立、溶接、総組、艀装、塗装の各ステージの情報を伝えるものである。他にも施工計画の作成を重要視した。作業場、設備能力から製造の基本方針を決定して、それに基づいて施工要領書を作成する。その際作成される施工要領書は、ブロック分割、ブロック組立順序、それぞれの継手形状が記載された完成までの手順書である。ブロック工法の有益性についてはステップ 1 で講義を行っており、有益性は理解されていたが、今回の実施を通して、その重要性の理解は大きく深まった。また、スケジュールの作成もマネジメントにおいて重要であり、主要日程を決定して、作業内容を網羅したマスタースケジュールの作成が行われ、ステージ別スケジュールが作成されることを実際の製作工程を通して、技術移転を行った。施工計画の重要性の理解と施工管理能力が向上したと考える。

このように詳細な施工計画の下に実施することで、これまでシニアエンジニアの勘と経験に基づき明確化されてこなかった事象である、施工能力 (効率) の明確化、納入必要時期の確認、作業場所の効率的な利用、遅延作業の明確化、クリティカルパス確認等が明確となり、関係するエンジニア全体で業務進捗に関する認識を共有化することができた。また、建造手順および工程上の困難さを十分に理解して、その中で許容範囲内に収めることを学んだ。どのようにすることで、無駄が省け、効率化が大きく進むか、理解できたことは大きな進歩と考える。

また、品質管理については、品質基準の理解が不十分であった。例えば、これまで気密試験を行ってこなかったため、漏水の有無に関する検査ができておらず、品質確認がおろそかであった。今回導入したことで、漏れ検査や溶接部確認の重要性に関する認識が向上し、高い品質の製作が可能となった。また、縮み量の取り方など、精度基準の確認をすることで、当初は不具合に対する処理方法についての理解も不十分であったが、誤差処理方法に対応して、各種誤差処理技術力が向上した。その他、検査技術の基礎知識全般についての研修やカラー検査等の非破壊検査の実施を通して、自主検査の重要

性を理解した。維持管理の重要性とその方法については、塗装をしっかりと行うことや実証事業を通じた、コンクリート被膜による腐食対策やその実施方法、コンクリート用鋼製型枠の製作方法および取り付け方法を学んだ。これらにより品質が高まり、結果的にランニングコストの減少に繋がり、ライフサイクルコストの減少に繋がることの重要性を理解できた。最近では打合せ等を通して、IWT全体でライフサイクルコストに関する認識の高まりが見受けられる。

本研修は特に現地での評判が高く、研修への参加率は99%以上であり、積極的な技術習得の姿勢が見られた。現地のニーズにマッチした、地に足の着いたトレーニングであったと考える。技術の向上を図ることで作業効率と品質を高めることができたが、それはIWTの収益改善にも繋がった。これはミャンマーにとって、特に貧困層にとって重要な内陸水運の安全性を高めることに繋がっている。

研修により、スピードアップが図られ、効率は改善されたが、今後、より効率的な作業を行うためには、建造効率の良いブロック工法を進めるためのクレーン等のインフラ設備の配置計画やその整備が必要である。それにより更に5割以上の効率改善が予想され、収益改善や安全性の確保に繋がると考える。

14.3.5 防災能力向上策の検討（第11章）

(1) 実施内容

ナルギス来襲の際、大型船はMPAの指示に基づき沖合の港外に避難したことから、衝突や座礁などの大きな事故には至らなかったが、港内は大混乱状態に陥り、フェリー、小型貨物船、バージなどは強風と高潮により衝突、座礁、沈没などの大きな被害を受けた。それらの状況を踏まえ、調査開始当初、JICA調査団は海洋防災計画策定を予定していたが、調査団の入緬以前に先行して、ミャンマーでは、MOTがMPA総裁を議長とする海洋防災協議会（MDPC）を組織し、海洋防災計画を策定していた。調査団が海洋防災計画を精査した結果、組織・避泊地・警報の発出方法等が記載されていることが確認されたが、災害リスク評価に関する検討は不十分であることが判明した。そこで、調査団はサイクロン・高潮・津波に関する検討を行い、海洋防災計画を補完するために、以下の検討を行った。

サイクロンの検証として、1945年から2009年までのミャンマーに來襲したサイクロンを整理した。最大級のサイクロンは2008年のナルギスと2006年のマラであった。マラはナルギスに比べ、中心気圧も低く、最大風速も大きかったが、被害は軽微であった。これはサイクロンの被害を検討する際に、必ずしも中心気圧や最大風速により被害の大小が決まるわけではなく、上陸時間や移動速度なども大きく影響することを示している。将来サイクロンの予測として、日本国気象庁および気象研究所による全球モデルを用いた将来気候の気象モデルシミュレーションの結果からベンガル湾で発生するサイクロンと推定される、気象現象を抽出した。この結果、過去にベンガル湾で発生したサイクロンのうち約10%がミャンマーに來襲しており、この現象は将来もあまり変わらないことやナルギス以上の規模のサイクロンが発生することも予想された。

高潮については、まず、ナルギスの再現計算を行なった結果、実測値とほぼ同等の結果が得られ、モデルの再現性が確認できた。また、将来の來襲が予想される最大サイクロンを用いて、ヤンゴン港の高潮シミュレーションを実施した結果、ナルギスの高潮発生よりも20-30cm程度水位偏差が上昇した。将来、ナルギス以上の高潮発生リスクがあることが分かった。ヤンゴン港における将来サイクロン発生時の船舶漂流シミュレーションを実施した結果、約40%の船舶が座礁して、約20%の船舶が沈没する結果となった。また高潮シミュレーション結果等の分析により、海洋防災計画で指定された避泊地の安全度・重要度評価を実施した結果、一部の避泊地には、重要度は高いが、安全度の低いエリアがあり、注意が必要であることが判明した。

津波の検討に際し、地震の検討を行った。ミャンマーはインド・オーストラリアプレートとユーラシアプレートの境界に位置しており、南北に地震断層が走っている。1970年に発生したラングーン地

震ではヤンゴンで大きな被害が生じた。今後も地震発生リスクは高い。津波検討においては、様々なケースを検討した結果、災害規模が大きかった、インド洋大津波の断層モデルに北部空白域（近年の地震未発生域）が連動するモデルを採用した。そのモデルを用いて津波シミュレーションを実施した結果、ヤンゴン港では津波高が0.6mと推定された。ヤンゴンではほとんど浸水が発生せず、建物被害や人的被害に関して、比較的安全であることが分かった。

一方、上記検討を通して、デルタ地域は津波・高潮共に災害リスクが高いことが判明した。高潮の検討では、ナルギスの再現計算および通過経路に関する感度分析を実施した結果、エーヤワディ河の派川の一つである Ywe 川の河口での水位偏差はナルギスの経路の場合が最大となった。現地でのナルギスの浸水深の聞き取り調査の結果の方が約40cm高いが、波浪等による影響で差異が発生していると考えられる。

デルタ地域の津波の検討に際しては、発生頻度の高い津波（L1）に対しては、可能な限り構造物で人命・財産を守り切る「防災」を目指すこと、発生頻度は極めて低い沿岸域への影響が甚大な最大クラスの津波（L2）に対しては、最低限人命を守り、被害をできる限り小さくする「減災」を目指すことを考慮して検討を進めた。これは、日本で2011年に東北地方太平洋沖地震が発生し、構造物の設計外力を上回る津波により甚大な被害が発生したことから、日本の港湾構造物設計に対して新たな考え方が打ち出されたことを受けている。L2の検討に際して、断層モデルはインド洋大津波の断層モデルに北部空白域とミャンマー国西部のプレート境界が連動するモデルを用いた。検討の結果、インド洋大津波（L1）でのシミュレーション結果は、痕跡水位調査結果と概ね一致した。シミュレーションモデルは妥当であると考えられる。L2地震による津波検討結果は Ywe 川河口で4.3m、デルタ地域南部の最大都市である Labutta で3.0mの津波高に達し、それぞれ津波発生後、約1時間、約2時間で津波が到達することが分かった。広大なデルタ地域では構造物による対策は費用面から現実的ではなく、影響が甚大な最大クラスの津波を想定し、ソフト対策を中心に実施する必要がある。

以上の検討結果を広く周知するため、以下の3回のセミナーを開催した。

1) 第1回セミナー（2009年）

最初に災害と防災の基礎知識や日本の防災計画について発表した。また、未曾有の災害をもたらしたナルギスの現象を明確にし、今後の災害復旧・復興計画策定および防災計画策定に役立てるため、ヤンゴン港を対象としてナルギスの再現シミュレーションを行った結果を発表した。

2) 第2回セミナー（2011年）

初めに日本の防災計画のケーススタディについて発表した。また、将来サイクロンの予測や、そのサイクロンを用いたヤンゴン港の高潮シミュレーション結果、被害予測と避泊地の安全度評価を発表した。その他、ヤンゴン港までの津波シミュレーション結果および安全度評価について発表した。発表に際しては、理解度を高めるためシミュレーション結果のアニメーションを作成し、説明した。

3) 第3回セミナー（2014年）

2011年に日本で発生した東北地方太平洋沖地震の被害状況とその後の対応について、発表した。また、津波・高潮に関して、特に危険であると判断されたデルタ地帯に関して実施したシミュレーション結果および潮位観測の分析結果について発表をした。発表に際しては、第2回と同様に理解度を高めるためシミュレーション結果のアニメーションを作成し、発表した。

(2) 成果と評価

本検討結果はセミナーの参加者が、第1回が80名、第2回が114名、第3回が138名と増加しており、当セミナーの評価の高まりが分かる。参加者はカウンターパートのMPAやIWTだけでなく、運輸省傘下の気象水文局や海事大学、ヤンゴン工科大学、MEC等の学識経験者、その他、民間の港湾オペレーターや船会社等も参加し、検討結果は広く公開された。セミナーでは活発な議論が展開され、その関心の高さが分かった。特に海事大学からは、大学でのセミナー開催を強くリクエストされ、半日のセミナーを追加で2015年12月8日に開催し、100名以上の参加者があった。

本調査に関しては、日本工営の中央研究所を中心として、サイクロン・高潮に関して広島大学と、津波に関して東北大学と、防災全般に関して京都大学と、また、現地では海事大学や気象水文局と連携して検討を進めた。多くの大学や機関と連携することで高い技術レベルの検討を可能とした。デルタ地域において、将来予測を行い、被害想定ができるまで詳細に高潮・津波浸水高の検討をした機関は現在までに無く、その重要度は高い。今後、学会などでその成果を発表することで今後の防災・減災計画の策定に寄与することを期待する。

本調査ではデルタ地域の検討に際し、河川形状（川底の形状）は全く不明であったため、Ywe川の深浅測量を実施して、類型化を行い、他の河川にその類型を当てはめることでデルタ全域の河川形状を設定し、津波・高潮の遡上シミュレーションを実施した。この河川測量とその周辺河川への適用技術は今回の検討範囲だけでなく、他国の広大なデルタ河川の検討にも適用が可能と考えられ、今後、今まで検討できなかった各地でも検討が進むことが期待される。また、対象地域の潮位状況も不明であり、広範囲に亘るため、長期の潮位観測は困難であり、短期的な潮位観測結果を広範囲に亘り実施して、それらを総合的に判断することで、デルタ地域の潮位状況を把握することができた。潮位特性の把握は防災計画策定に重要であり、この技術も広く生かされることが今後期待される。

セミナー等を通して、東北地方太平洋沖地震の被害状況とその後の対応について説明する中で、防災・減災計画を立てて、防災教育や避難訓練等を実施していた日本でさえ、甚大な被害が生じていることがミャンマーでも認識され、もし、しっかりとした防災・減災計画が立案されていなかった場合、その被害規模は想像もできないほど巨大化することが周知できたと考える。サイクロン・津波被害を再認識し、防災・減災計画の策定だけでなく、教育や訓練の重要性についての理解が深まったと考える。今後、本調査結果と無償資金協力により供与された気象レーダ等の援助との連携が進み、気象・海象情報の収集・分析方法が改善され、防災・減災が進むことが期待される。また、海洋港防災計画が改善され、将来的にはBCP策定に生かされることを期待する。

14.3.6 潮位計利活用能力向上策に関する検討（第12章）

(1) 実施内容

潮位計利活用能力向上策に関する技術移転として、今後の恒久的な潮位計設置計画策定のために早期に設置可能な簡易自動観測潮位計を導入して、解析および検討を行った。潮位計の設置は2か所であり、ヤンゴン本港の入り口であるモンキーポイント及びティラワ地区港に設置した。モンキーポイントは、ヤンゴン川・バゴ川・バスンダンクリークの3つが合流する地点であり、航路が狭くなっている航行上重要な地点である。2009年当時、この地点にMPAは水位尺を立てて、目視で昼間のみ潮位を観測していた。

船舶の運行や防災計画上極めて重要である潮位表は、現在、MPAがインドに委託して作成しているが、将来的にミャンマー国内において、自主作成することが望ましい。本調査ではその検討手法について、技術移転することで将来の潮位表作成に繋げることを目的とした。

そこで、前述の2か所に2009年度に自動潮位観測計を設置し、1年間の観測データを用いた解析を2010年度に実施した。その後、2011年7月までのデータを追加して調和解析を行い、推算潮位を算定した。算定結果と実測値を比較し、回帰式による補正を行うことで、精度の高い潮位推算結果が得られた。一方、ヤンゴン港にはMPAとNavy発行の潮位表があるが、MPAの潮位表は実測値とのズレが満潮時は30分程度あり、干潮時には50分程度のズレが生じる場合があることが分かった。Navyの潮位表は、MPAのそれに比べ、誤差が大きかった。それらのズレは荷役計画や航行計画策定で大きな問題となりやすい。潮位表と干潮時における潮時のズレが大きい理由として、河口部で生じやすい現象であり、その補正が必要であることが分かった。また、平均水位差は雨季と乾季で約70cmあり、日本でも季節により平均水面の高さは異なるが、それは大きくても40cm程度であり、ヤンゴン港では降雨量による影響が大きいと考えられる。

なお、潮位に関して、カウンターパートの能力向上および関係機関へ公開するため、防災セミナーに合わせて講義した。また、11章でも述べたが、防災計画策定支援業務において、エーヤワディデルタ地域において、広域で観測を行い、今まで不明であった、同地域の潮位変動状況を把握した。

(2) 成果と評価

前述のとおり、ヤンゴン川は日本の河川と違い、雨季・乾季の違いが大きく、河川港特有の潮位特性があり、その予測と補正は簡単ではない。また、デルタ地域での観測結果から広大なミャンマーにおいては、各地での特性があり、今後活用が見込まれる地方部での調査の必要性も分かって来た。

今回の調査では、予算、時間および輸入の制限により、簡易式である水圧式自動観測計を設置したが、ヤンゴン川は、濁度が高く、流れも強く、温度も塩分濃度も高いため、感応部の劣化が激しい。恒久的な観測ではそれら自然条件を考慮して、潮位計を選択する必要がある。

現行のTide Tableに示されている潮位諸元は古くなっているため、近年の統計的な手法を用いて見直す時期であると考えられる。継続的な観測を行い、その観測データを用いて、現在発行されている主要港の潮位表の更新を提案する。なお、潮位表の作成には、理論的には19年の観測値から求める必要があるとされているが、日本では5年間の観測結果をもって、平均水面とする場合もある。

潮位観測は基本水準面の設定のみならず、防災上計画の策定においても重要な要素であり、主要港の潮位表作成をインドに委託して作成している現状は国家安全上も望ましいと言えない。特に主要港では継続的な観測が必要であり、潮位観測システムの構築に向け、中長期的にはヤンゴン港だけでなく、地方港も含めた観測計画の策定が必要である。また、本調査ではデータの収集だけでなく、そのデータをアップデートすると共にしっかりとデータ管理ができて、初めて精度の高い観測となることをカウンターパートへ説明したが、その理解を高め、実施に繋げることは容易ではなかった。現在は、その重要性は理解できているが、継続的に実施する体制が十分に確立できているとは言えず、今後、短期的整備だけでなく、中長期的な潮位観測システムの構築の中でしっかりと体制づくりが必要である。

14.3.7 棧橋の改修に関する実証事業の設計と実施（第13章）

(1) 実施内容

2009年7月22日に開催されたステアリングコミッティにおいて、実証事業としてボタトゥン棧橋修復事業が選定された。詳細設計を実施し、入札図書を準備して、入札を行ったが、急激な為替変動などにより、工事業者との契約には至らなかった。その後、MPAから実証事業位置変更のリクエストがあり、いくつかの候補地の中から、ヤンゴンーダラ間フェリーのダラターミナルが選定され、2013年3月31日に開催されたステアリングコミッティにおいて、実証事業位置の変更が承認された。そ

の後、詳細設計が行われ、入札が成立して、2014年2月1日から工事が開始され、予定工期内の10月28日に完成した。

実証事業の目的はミャンマーではまだ用いられていない先進的で、かつ将来MPAが実施する維持管理作業を効率的に実施できる技術を導入することである。

当初計実証事業を計画していたボタトゥン地区はヤンゴン本港の入口付近の外海に繋がるヤンゴン川本流の流れや暴浪時の波浪の影響を強く受ける位置にある。そのため、ヤンゴン港の港湾施設の中ではナルギスによる被災を最も激しく受け、ポンツーンや渡橋は壊滅的に破壊された。ナルギス来襲以前にヤンゴン港では需要が増大していたため、既に係留施設数が不足していた上、ナルギスによるヤンゴン港のポンツーンや橋梁の多くが破損したのを受け、調査団が現地入りした2009年当時、絶対的な栈橋の不足状況にあった。復旧にあたって、MPAは修復を進めるにあたり、拠点を絞った地区毎に重点配置してきた。ボタトゥン地区所有のポンツーンや橋梁を重点地区に回したため依然として使用できない状態にあった。MPAでは多くの接岸施設が休業状態にあり、ボタトゥン地区では自然災害に強い構造の接岸施設建設の計画の希望を持っていたが、改修実施には至っていなかった。この地区の厳しい自然条件を考慮すると、建設にあたって、今後同様の被災を受けないような安全性を確保するため、より堅固な構造にする必要があった。ナルギスによる被災状況から、チェーン・アンカーの係留系が構造上の弱点となっているので、従来型のポンツーンではなく、コンクリート栈橋やドルフィンタイプの構造を基本とした栈橋への変更を計画・設計した。

具体的には、同港の特徴である大きな潮位差や流れ等の自然条件を考慮し、荷役特性（機械/人力）を考慮の上、災害に強い構造を検討した。その結果、階段式鉄筋コンクリート製栈橋やドルフィン型ポンツーン栈橋の構造の採用が決定された。詳細設計にあたっては、三次元構造分析手法を用いた。また、災害復旧の視点から、構造選定から詳細設計の検討まで、早急に実施する必要があり、様々な検討を同時並行で進めるなど、通常より大幅な期間短縮を行い作業が進められた。

その後、前述のとおり、MPAからの実証事業位置の変更リクエストにより、復旧対象がダラフェリーターミナルへと変更された。同施設は約30,000人/日の乗客が利用するダラ地域とヤンゴン市を結ぶ重要な施設である。しかし、同栈橋は老朽化が激しく安全性が懸念されており、また運営面の効率性に欠けていた。接岸施設構造の検討にあたっては、従来、ミャンマーで用いられてこなかった技術を導入し、災害に強く、維持管理が容易な耐久性に優れた港湾施設を提案した。対象施設は、鋼製渡橋2基、コンクリート継杭を用いたポーターウェイ2本、コンクリート被覆した鋼製ポンツーン2基（建造は調査団指導の下、IWTによって建造）、インターロッキングブロックを用いた舗装、杭基礎を用いた斜路、旅客ターミナル、トイレ、その他護岸・フェンス等の付帯施設である。

(2) 成果と評価

本実証事業ではカウンターパートが今後も継続的にその技術を活用するために、現地で入手可能な資材や使用可能な機材を用いることを設計の前提条件とした。例えば、鋼管杭を用いた栈橋を建設すれば、強固な栈橋を建設することが可能であるが、維持管理の難しさや鋼管杭輸入による建設費の増大等の今後現地で活用するにはハードルの高い技術は用いないようにしている。そのような制約の中、日本の技術を導入することで、災害に強く、維持管理が容易であり、メンテナンスコストが安く、結果的にライフサイクルコストの低減できる構造とした。

様々な技術の導入を行ったが、その中でも代表的な検討例をいくつか示す。例えば、今までミャンマーではほとんど実績の無かったコンクリート継杭を用いることで、強度増加を図り、また、杭断面を八角形にすることで杭強度を落とさずにコンクリート量を減らすことで建設コストを削減した。また、ヤンゴンは地震発生地域であるが、今までの構造では耐震検討は行われていなかった。本実証事業ではポーターウェイを耐震構造にして、鋼製渡橋は地震時にも落ちない構造とするなど、災害に強い構造とした。その他、軟弱な地盤上に建設されていた斜路の移転においては、基礎杭を打つことで

沈下が抑制され、今まで掛かっていた維持管理コストが大幅に削減される構造とした。ターミナル、天井構造変更により、室内が暑くならない構造とし、収容人数の増加や床をタイル張りにするなどで、維持管理を容易にして、美観維持を容易にしやすいなど、快適性が高まった設計となっている。また、運用面の改善として、乗客の乗り降りを別ルートとする 2way 方式の採用することで、スムーズな乗り替えが可能になり旅客の安全性が向上した。加えて、現在 20 分毎に出航しているフェリーが 15 分毎の出航も可能となり、将来の旅客増加への対応ができるようになり、効率性も改善された。

以上のように現地で施工可能であり、かつ今まで用いられたことのない技術を導入して来たことに対して、カウンターパートから技術移転に関して、強いリクエストがあった。カウンターパートの活動への積極的な参加もあり、随時、技術移転を図って来たが、公式に開催されたセミナーおよびワークショップは次のとおりである。

1) 港湾施設設計セミナー

設計能力の向上を目的として、日本の港湾設計基準の導入を見据えた、港湾施設設計に関するセミナーを実施した。講義内容は、設計作業の流れ、設計条件の設定方法、外力の設定方法、構造検査、材料検査、設計図の作成と読み方、である。栈橋設計計算書も MPA に提供して、今後のアレンジも可能としている。

2) 港湾施設建設セミナー

施工監理技術の向上を目的として、港湾施設建設に関するセミナーを実施した。重要な監理項目である、コンクリートに関して特質と配合設計手順、試験練りと配合設計の関係、品質管理方法を講義した。また、技術力の必要な杭打ちに関して、打設方法、貫入確認方法、高さ、反発等の各要素の特性、モニタリングのメカニズムとその手順についての講義も行った。

3) 鉄筋コンクリートの維持管理に関するワークショップ

ヤンゴン港では多くの栈橋が鉄筋コンクリートで造られ、長いものでは 70 年を超えて長期間利用されている。多くは劣化が進み、維持管理が必要な栈橋である。調査団はこれらを検査して、栈橋健全度調査を行った。ワークショップでは MPA の担当者に対して、実地トレーニングを実施した。トレーニング内容は、検査（外観、打音、炭酸化、塩化物、コンクリート被覆厚）、劣化したコンクリートの評価方法、鉄筋コンクリートの特徴および改修、維持管理方法である。

4) 環境セミナー

実証事業を通して実施した環境に関するセミナーは 14.3.2 (2)環境社会配慮 成果と評価で述べたとおりである。

以上のセミナーやワークショップを通して技術移転を図った他、前述のとおり、随時、進捗管理方法等の技術移転を図って来た結果、カウンターパートにおいて、技術に関して理解力の向上が様々なところで見られた。

また、毎週開催された Weekly Meeting や Monthly Meeting の中で開催された、安全会議や安全パトロール等を通して、工事安全管理技術の向上が図れた。当初は安全に関する認識が低く、安全器具等の装着率が低かったが、最後には高い装着率となり、現場の危険予知等の能力が向上され、危険度の低い現場へと変わった。

本調査を通して、ヤンゴン港は災害に対して脆弱であることが分かっている。ヤンゴン港はミャンマーの輸出入貨物の 9 割を担う、非常に重要度の高い港湾であり、その強化は早急に行う必要がある。

港湾施設の健全度調査を実施して、重要施設の選択と集中を行うことで限られた資金を有効に使うことが望まれる。重要施設を決定することで今後策定が必要となる MPA の事業継続計画（**Business Continuity Plan : BCP**）策定に生かすことが重要である。事業継続計画の策定にあたっては日本からの支援が強く望まれる。