

ミャンマー連邦共和国  
環境保全・林業省

ミャンマー連邦共和国

沿岸部防災機能強化のための  
マングローブ植林計画  
準備調査（その2）報告書

平成24年1月  
(2012年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

国際航業株式会社

環境
JR(先)
12-015



ミャンマー連邦共和国  
環境保全・林業省

ミャンマー連邦共和国

沿岸部防災機能強化のための  
マングローブ植林計画  
準備調査（その2）報告書

平成24年1月  
(2012年)

独立行政法人  
国際協力機構（JICA）

国際航業株式会社



## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、ミャンマー連邦共和国の沿岸部防災機能強化のためのマングローブ植林計画にかかる協力準備調査（その2）を実施することを決定し、同調査を国際航業株式会社に委託しました。

調査団は、平成22年12月から平成24年1月まで、ミャンマーの政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに報告書完成の運びとなりました。

この報告書が、本計画の推進に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成24年1月

独立行政法人国際協力機構  
地球環境部  
部長 江島 真也



---

## 要 約

### 1. 国の概要

#### (1) 国土・自然

ミャンマー連邦共和国（以下、「ミ」国とする。）は北緯 10 度から 28 度間に位置し、南北に伸びる長い国土が特徴である。陸では中国・タイ・ラオス・インド・バングラデシュと国境を接し、境界線の総延長距離は約 4,600km に達する。海側はマルタバン湾・ベンガル湾・インド洋と面しており、海岸線の全長は約 2,000km である。また、「ミ」国の国土面積は、約 67 万 8500km<sup>2</sup> と日本の約 1.8 倍であり、人口は 5,322 万人（ミャンマー政府 Statistical Year Book 2004）である。

プロジェクトサイトは、「ミ」国の沿岸部、エーヤーワディ・デルタに位置する。エーヤーワディ・デルタの面積は 33,670km<sup>2</sup> であり、下流域はほぼ平坦で最高標高は 3m、プロジェクトサイトは大小の河川によって網目のように区切られている。雨季は 5 月～10 月頃となる。平均最高気温（月）は年間を通して 30 度程度であるが、乾季における平均最低気温（月）は 15 度を下回る。

#### (2) 社会経済状況

2008 年 5 月にサイクロン・ナルギスが「ミ」国を直撃し、14 万人が死亡又は行方不明、240 万人が被災するという未曾有の災害をもたらした。また同月、政府は民主化ロードマップに従って新憲法採択のための国民投票を実施し、投票率 98.12%、賛成票率 92.48% をもって新憲法が採択され、2010 年 11 月には新憲法に基づき 20 年ぶりに総選挙が実施されている。

「ミ」国のマクロ経済は米国及び EU による経済制裁による影響もあいまって、基本インフラの著しい未整備、多重為替レート、財政・金融インフラの未整備、その結果としての外国貿易・投資の低迷等の構造的問題を有する。そのような中、天然ガス開発、輸出は順調な進展を見せており、中国、タイ、韓国、インド及びロシアといった国々からの投資が進んでいる。そして、主にタイ向け天然ガス輸出の好調を反映して外貨準備高は約 50 億ドル（2009 年度末）まで増加している。また、「ミ」国における主要産業は、農業であり、国民 1 人当りの GDP は 462 ドル（2009 年 IMF 推定）、経済成長率は 7.9%（2009 年 IMF 推定）、物価上昇率は同じく 7.9%（2009 年 IMF 推定）とされている。主要貿易相手国は、輸出額の順に、タイ、インド、中国、香港、シンガポール、日本と続き、輸入では中国、シンガポール、タイ、日本、インド、マレーシアの順である（2007）。

## 2. プロジェクトの背景、経緯及び概要

### (1) 上位計画

「ミ」国において、「災害リスク削減のためのミャンマーアクションプラン」が2009年7月に策定され、植林やサイクロン避難施設の建設を含む、主要な7つの施策が示されている。本アクションプランの目標は、「人命や生計、開発利益を守るため、自然災害に対して、より安全でより弾力性のある国家の設立」とされている。また、本プロジェクトの対象地であるエーヤーワディ・デルタでの「マングローブ林復旧5ヶ年計画」においては、当該地域での約88,000haの植林が計画されている。

### (2) 現状と課題

「ミ」国は、ASEAN諸国の中でも森林減少率の高い国であり、エーヤーワディ・デルタは、その中でも荒廃が深刻なマングローブ林地帯である。この地域は20世紀初頭に保全林区として管理されてきたが、薪炭材の収穫、水田・塩田開発、養殖等の無秩序な開発により森林破壊が進み続けている。近年では、2001年から2007年にかけて、約47,000haのマングローブ林が消滅した。

一方、2008年5月にサイクロン・ナルギスが発生し、当該地域において、多数の死者・行方不明者（約14万人）と地域住民へ生活・生産活動への甚大な被害をもたらした。これにより、沿岸部のマングローブ林約38,000haにも壊滅的な影響が発生したが、他方で、サイクロンの影響による高潮の海水侵入の緩和、土地の侵食防止、漂流物の移動防止等のマングローブ林の機能が実証され、特に防災機能としての有効性も再確認された。しかし、「ミ」国の復旧・復興事業はインフラ整備を優先し、マングローブ植林事業への予算は必ずしも十分に充てられておらず、また、被害規模が甚大であることから、単独での復旧は困難な状況にある。

### (3) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、エーヤーワディ・デルタにおいて、マングローブ林の造成を実施するとともに、森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設の建設、管理用車両等を調達するものである。これらより、上位目標である「サイクロン被災地における防災体制が整備される」ことを目標とする。

### (4) 関連調査

2006年から、技術協力プロジェクト「エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画プロジェクト」が実施されている。同技術協力プロジェクトでは、本プロジェクト対象地を含む地域において、「ミ」国の環境保全・林業省森林局職員（以下、「森林局職員」）並びに村落住民への森林管理能力向上に関するトレーニング等を実施している。同技術協力プロジェクトで向上している森林管理能力及び経験等は、本無償資金協力プロジェクトに有効的に活用される。



### 3. 調査結果概要とプロジェクトの内容

#### (1) 調査結果概要

前述の背景から独立行政法人国際協力機構（JICA）は、2010年5月31日～6月12日までの間、協力準備調査（その1）を実施し、調査団を「ミ」国に派遣した。同調査により、本件実施の一定の妥当性が認められた。その後、協力準備調査（その2）において、2011年1月10日～2011年3月10日、2011年6月11日～2011年7月10日、2011年10月23日～2011年10月29日までの間、調査団を「ミ」国に派遣した。同調査では、調査団は対象地域であるエーヤーワディ・デルタにおいて、自然条件調査（現地踏査、測量調査、土地利用状況調査、冠水頻度、既存マングローブ林植生、土壌環境）及び社会条件調査（プロジェクト対象地域に存在する村落へのヒアリング及び実施機関の能力調査）等を実施した。

現地調査及び国内解析の結果概要は以下のとおりである。

#### 1) マングローブ林の造林

「ミ」国側からの当初要請は、カドンカニ森林区、チャカンクインパク森林区、ピナラン森林区の3森林区の合計約3,400haでのマングローブ林の造成であった。当初要請に基づき、現地調査によって現在使用中の農地、既に50%以上の植生がある地域、川沿い等の地盤の低い地域、砂地等のまったく植生のない地域を植林対象地から削除して植林可能地面積を算定した。その結果に基づき、植林による防災効果（防風並びに防潮）、無償資金協力事業としての実施及び管理の観点、植林事業の費用対効果を踏まえ、カドンカニ森林区をプロジェクトサイトとして選定し、1,154haの植林面積を算定した。

マングローブ林の植林樹種は、植林サイトの冠水頻度や土壌条件、優占度、種子調達難易度、活着率、成長率、防災効果、植林樹種としての最適性との観点から、植林サイトの標高に基づき、2種を選定した。

#### 2) 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設

##### ① 場所の選定

チャカンクインパク並びにピナラン森林区での建設は、植林対象地から除外されたことに伴い、建設選定地の対象から除外した。カドンカニ森林区での本施設の建設予定地は、既存サイクロン避難施設の位置等を踏まえ最適な場所を選定し、施設建設数は1棟とした。

##### ② 設計基準

避難時の1人当たりの面積は「ミ」国において明確な基準がないため、既存避難施設の1人当たり面積や大人1人が座れる面積に配慮し、 $0.45\text{m}^2/\text{人}$ と設定し、また、構造計算における風荷重や

設計水平震度は「ミ」国基準を採用した。なお、本施設の主目的は避難施設であり簡易な維持管理の観点も踏まえ、電気設備は設けず、雨水利用による簡易な給水設備、トイレ施設を計画した。

### 3) 機材供与

プロジェクトサイトの主な交通手段は、ボートである。よって、運搬用車両や建設用重機は必要とせず、これらは調達の必要性はないと判断した。管理用車両と管理用ボートは、運営維持管理に必要であると判断された。

## (2) 内容規模

### 1) マングローブ林の造林

本プロジェクトにおけるマングローブ林の造林の内容規模は次表のとおりである。

表 1 マングローブ林の造林の内容規模

地盤高	標高0.75m 未満	標高0.75 m以上
植林樹種	<i>Sonneratia caseolaris</i>	<i>Avicennia officinalis</i>
土地利用区分ごとの植林本数および面積		
高密度雑木林	231,000 本 / 132 ha	418,250 本 / 239 ha
低密度雑木林	499,375 本 / 235 ha	499,375 本 / 235 ha
草地	367,500 本 / 147 ha	415,000 本 / 166 ha
小計	1,097,875 本 / 514 ha	1,332,625 本 / 640 ha
(合計)	(2,430,500 本 / 1,154 ha)	
平均植林密度	2,135.9 本 / ha	2,082.2 本 / ha

### 2) 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設

本プロジェクトにおけるサイクロン避難施設の建設の内容規模は次表のとおりである。

表 2 サイクロン避難施設の内容規模

	仕様等
建設場所及び箇所数	カドンカニ森林区林班 55 区に 1 棟
主な用途	サイクロン襲来時や高潮時の避難施設、監視塔からのマングローブ林の監視
収容人数 (避難時)	150 人
延床面積	293.17m <sup>2</sup>
有効面積 (2F 部)	67.5m <sup>2</sup>
トイレ	4 施設 (個室)
避難時用飲料水等	雨水貯留による確保
電気設備	設置しない
構造	鉄筋コンクリート構造 1F フロア吹き抜け

### 3) 調達機材

本プロジェクトで調達される資機材は次表のとおりである。

表 3 調達機材

分類	機材名	用途	数量
管理用機材	車両	植林工事中並びに植林後の運営維持管理用として用いられる。	2台
同上	ボート	同上	1艇

### 4) ソフトコンポーネント

「住民参加を通してマングローブ林管理計画が策定され、マングローブ林の持続的な保全に対する活動が開始されるとともに、住民のマングローブ林の機能について理解が深まる」を目標とした、植林されたマングローブ林に対する森林局職員と地域住民とのマングローブ林管理計画の策定、建設したサイクロン避難施設を含む、防災訓練の実施、マングローブ林の植林効果を推量するための、水生生物インベントリー調査等を実施する。



---

## (2) 概略事業費

「ミ」国側 4.7 百万円

## 5. プロジェクトの評価

### (1) 妥当性

本調査結果に基づいて、本プロジェクトの無償資金協力による実施は、以下の内容から妥当であると判断される。

- ① 本プロジェクトは、エーヤーワディ・デルタ地域における貧困層を含む相当数が裨益対象となる（次表を参照。）
- ② 「ミ」国において、「災害リスク削減のためのミャンマーアクションプラン」が 2009 年 7 月に策定され、植林やサイクロン避難施設の建設を含む、主要な 7 つの施策が示されている。本アクションプランの目標は、「人命や生計、開発利益を守るため、自然災害に対して、より安全でより弾力性のある国家の設立」とされており、本プロジェクトの実施は、この目標の達成に資するものである。
- ③ 本プロジェクトの実施機関である「ミ」国の森林局職員は、マングローブ林の植林並びに管理において経験、技術を有しており、本プロジェクト実施後のマングローブ林の運営維持管理等を実施できる能力を十分に有している。また、本プロジェクトでのマングローブ林の植林工事やサイクロン避難施設の建築工事は本プロジェクトサイトで一般的な工事であり、工事実施や維持管理に特別な技術力を必要とするものではない。
- ④ 本プロジェクトは、我が国の援助方針である民衆に直接裨益する基礎生活分野（ベーシック・ヒューマン・ニーズ）に関連する案件である。
- ⑤ 本プロジェクトは、収益性のあるプロジェクトではない。
- ⑥ 環境社会配慮調査において、本プロジェクトの実施における負の環境影響は生じないと判断されている。
- ⑦ 我が国の無償資金協力の制度によって本プロジェクトを実施することは、特段の困難がない。

(2) 有効性

1) 定量的効果

表 5 定量的効果

指標名	基準値 (2011 年)	目標値 (2019 年)
マングローブ林による防風効果の裨益を受ける住民	0 人	4,400 人
現状より、より効果の高い防潮効果の裨益を受ける住民	0 人	約 210,000 人
温室効果ガス排出削減効果 (概算推計値)	0 トン/年	約 35,450 トン/年
協力対象事業実施サイト付近のサイクロン避難施設によるサイクロン襲来時の収容人口	2,309 人	2,459 人

2) 定性的効果

協力対象事業の実施により期待される定性的効果は、以下のとおりである。

- ① 森林局職員の植林維持管理及び保全能力に関する技術力の向上。
- ② 協力対象事業実施サイト付近の住民のマングローブ林への保全意識や防災意識の向上。
- ③ 適切なマングローブ林の維持管理により、沿岸生態系や生物多様性の保護・保全、マングローブ林の造林による付近の水質浄化への貢献。
- ④ 地域の住民への、マングローブ林の造林に伴う、水生生物の多様性や、枝打ちによる薪炭材への活用といった環境的かつ経済的な利益の創出。

以上の内容により、本案件の妥当性は高く、また有効性が見込まれると判断される。

## 目 次

序文

要約

目次

位置図／完成予想図／写真

図表リスト／略語集

<b>第 1 章</b>	<b>プロジェクトの背景・経緯</b> .....	<b>1-1</b>
1-1	当該セクターの現状と課題 .....	1-1
1-1-1	現状と課題 .....	1-1
1-1-2	開発計画 .....	1-2
1-1-3	社会経済状況 .....	1-3
1-2	無償資金協力の背景・経緯および概要 .....	1-4
1-2-1	無償資金協力の背景・経緯および概要 .....	1-4
1-2-2	協力準備調査（その 1）を踏まえた無償資金協力の要請内容 .....	1-4
1-3	我が国の援助動向 .....	1-5
1-3-1	「ミ」国に対する ODA の基本方針 .....	1-5
1-3-2	関連案件 .....	1-5
1-4	他ドナーの援助動向 .....	1-6
<b>第 2 章</b>	<b>プロジェクトを取り巻く状況</b> .....	<b>2-1</b>
2-1	プロジェクトの実施体制 .....	2-1
2-1-1	組織・人員 .....	2-1
2-1-2	財政・予算 .....	2-2
2-1-3	技術水準 .....	2-3
2-1-4	既存施設・機材 .....	2-4
2-2	プロジェクトサイトおよび周辺の状況 .....	2-7
2-2-1	関連インフラの整備状況 .....	2-7
2-2-2	自然条件 .....	2-7
2-2-3	社会条件 .....	2-26
2-2-4	環境社会配慮 .....	2-27
2-3	その他（グローバルイシュー等） .....	2-31
2-3-1	人間の安全保障 .....	2-31

---

2-3-2	マングローブ植林による温室効果ガス排出削減効果（炭素吸収量）	2-32
<b>第3章</b>	<b>プロジェクトの内容</b>	<b>3-1</b>
3-1	プロジェクトの概要	3-1
3-1-1	上位目標	3-1
3-1-2	プロジェクト目標	3-1
3-1-3	プロジェクトの概要	3-1
3-1-4	協力対象事業	3-1
3-1-5	相手国側の投入計画	3-1
3-2	協力対象事業の概略設計	3-2
3-2-1	設計方針	3-2
3-2-2	基本計画（植林／施設／機材計画）	3-10
3-2-3	概略設計図	3-36
3-2-4	施工計画／調達計画	3-41
3-3	相手国側分担事業の概要	3-54
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-55
3-4-1	運営・維持管理体制	3-55
3-4-2	運営・維持管理計画	3-55
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-56
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-56
3-5-2	運営・維持管理費	3-57
<b>第4章</b>	<b>プロジェクトの評価</b>	<b>4-1</b>
4-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4-2-1	技術協力プロジェクト参加経験の活用	4-1
4-3	外部条件	4-1
4-3-1	植林地域へのサイクロン・ナルギス級のサイクロン襲来が発生しない	4-1
4-3-2	マングローブ林の持続的な森林管理及び保全	4-1
4-4	プロジェクトの評価	4-1
4-4-1	妥当性	4-1
4-4-2	有効性	4-2

---

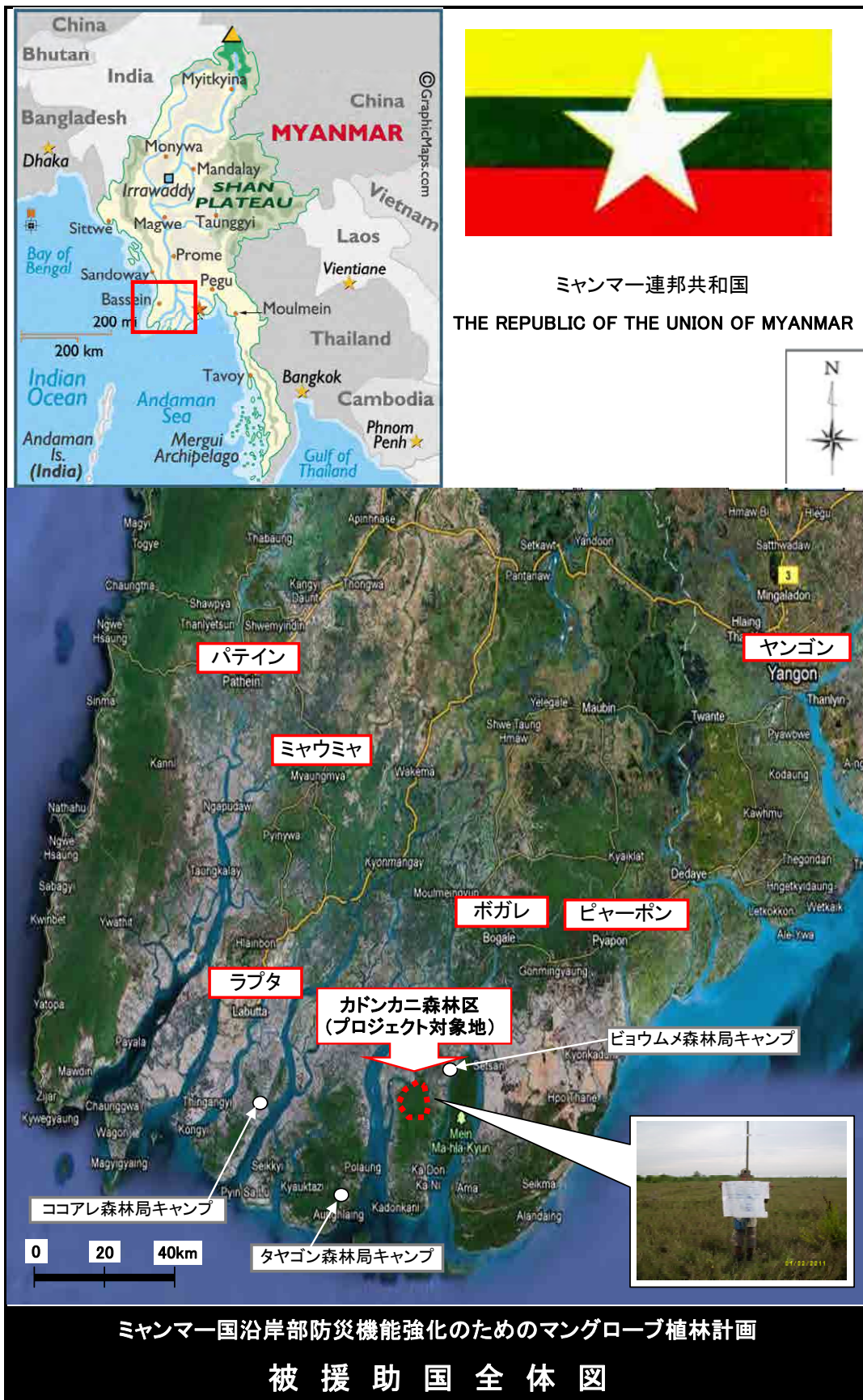


【資料】

1. 調査団員・氏名
2. 調査工程
3. 関係者（面会者）リスト
4. 討議議事録（M/D）
5. ソフトコンポーネント計画書
6. 参考資料
7. その他の資料・情報



# 位置図



## 完成予想図（マングローブ林）



マングローブ植林前（本準備調査で撮影）



マングローブ植林後  
（FREDA より写真提供）



## 完成予想図（サイクロン避難施設）



# 写 真



**写真-1 土地状況調査（植林候補地）**  
プロジェクトサイトにおける、植林候補地における既存の植生状況調査を行う。



**写真-2 土地状況調査（植林候補地）**  
写真-1と同じく、植林候補地における既存の植生状況調査の様子。



**写真-3 測量調査**  
植林対象候補地における、標高の測量調査を実施している様子。



**写真-4 既存のマングローブ林**  
プロジェクトサイトにおける、環境保全・林業省森林局により植林された、マングローブ林。



**写真-5 既存の苗畑**  
マングローブ植林のための苗畑。ローカル NGO により整備され、植林が実施されている。



**写真-6 移動用エンジン付ボート**  
本プロジェクトサイトでは、道路等の交通網が存在せず、原則ボートによる移動となる。





**写真-7 ボートによるサイト移動**  
ボートにより、クモの巣のように存在するサイトのクリーク（小川）を移動する。



**写真-8 社会状況調査の様子**  
植林サイト付近に存在する村落への、社会状況に関する聞き取り調査の実施状況。



**写真-9 既存村落の船着場**  
プロジェクトサイトに存在する村落の玄関口となる船着場の様子。



**写真-10 ナルギス後の家屋整備**  
サイクロン・ナルギス後に、多くのドナーやNGOにより、被災した村落に家屋が建設されている。



**写真-11 サイクロン避難施設**  
プロジェクトサイトには、様々な形状のサイクロン避難施設が確認された。



**写真-12 サイクロン避難施設**  
プロジェクトサイトで確認された、写真-11とは異なる形状のサイクロン避難施設。トイレ、給水設備はない。





## 図表リスト

図 1.1	減少するマングローブ林（エーヤーワディ・デルタ）	1-1
図 1.2	サイクロン・ナルギスの被害を受けたマングローブ林	1-2
図 1.3	本プロジェクトと他ドナーの植林サイト位置図	1-6
図 2.1	環境保全・林業省組織図	2-1
図 2.2	森林局組織体制	2-1
図 2.3	カドンカニ森林区既存サイクロン避難施設位置図	2-5
図 2.4	ピナラン森林区既存サイクロン避難施設位置図	2-5
図 2.5	チャカンクインパク森林区既存サイクロン避難施設位置図	2-6
図 2.6	ラプタタウンシップの降水量推移	2-8
図 2.7	ボガレタウンシップにおける降水量推移	2-9
図 2.8	カドンカニ森林区土地利用図	2-13
図 2.9	チャカンクインパク森林区土地利用図	2-15
図 2.10	ピナラン森林区（林班 63 区）の土地利用状況図	2-18
図 2.11	ピナラン森林区（林班 67 区）の土地利用状況図	2-19
図 2.12	カドンカニ森林区における地盤高と冠水頻度	2-21
図 2.13	チャカンクインパク森林区における地盤高と冠水頻度	2-22
図 2.14	マングローブ植物の帯状配列	2-31
図 2.15	木 1 本に固定されている炭素量推計例	2-32
図 2.16	CO <sub>2</sub> 総排出量及び 1 人当たり CO <sub>2</sub> 排出量の推移	2-33
図 3.1	植林対象地と植林面積の確定フロー	3-3
図 3.2	防潮効果の推定範囲（濃い赤ほど人口密度が高い）	3-14
図 3.3	植林候補地付近の村落分布状況	3-15
図 3.4	道路および橋梁の整備状況	3-17
図 3.5	カドンカニ森林区の林班図	3-18
図 3.6	マングローブ植林工事の工程	3-21
図 3.7	植林予定箇所の調査の様子	3-21
図 3.8	一般的な苗畑（左）と苗畑での除草作業（右）	3-22
図 3.9	下草刈りの様子	3-22
図 3.10	杭打ちの竹（左）と杭打ちの様子	3-23
図 3.11	植栽箇所へのポール使用による穴掘りの様子	3-23
図 3.12	植栽の様子	3-23
図 3.13	スポット除草の様子	3-24

図 3.14	活着率調査の様子（写真は学生が授業の一環として参加）	3-24
図 3.15	植林完了後の状況	3-24
図 3.16	カドンカニ森林区サイクロン避難施設建設予定地	3-29
図 3.17	森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設概略図（下段は 2 階フロア平面）	3-30
図 3.18	2F平面計画図	3-31
図 3.19	カドンカニ森林区植林計画図	3-37
図 3.20	森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設	3-39
図 3.21	プロジェクト対象地と主要都市等の位置関係	3-42
図 3.22	施工監理体制	3-45
表 1.1	MAPDRRの主要な 7 つの施策	1-3
表 1.2	我が国の近年の年度別・援助形態別実績	1-5
表 1.3	我が国の援助実績（植林分野）	1-5
表 1.4	他ドナーの援助動向（植林関連分野）	1-6
表 2.1	本プロジェクトの実施体制	2-2
表 2.2	森林局の過去 4 カ年の予算	2-2
表 2.3	ボガレタウンシップ森林局事務所の過去 4 カ年の予算	2-2
表 2.4	ラプタタウンシップ森林局事務所の過去 4 カ年の予算	2-3
表 2.5	既存サイクロン避難施設	2-4
表 2.6	森林局の所有既存機材リスト	2-6
表 2.7	ラプタタウンシップにおける平均最高および最低気温（観測地:ミャウミャ）	2-8
表 2.8	ラプタタウンシップにおける降水量（観測地:ミャウミャ）	2-8
表 2.9	ボガレタウンシップにおける平均最高および最低気温（観測地:ピャーポン）	2-9
表 2.10	ボガレタウンシップにおける降水量（観測地:ピャーポン）	2-9
表 2.11	エーヤーワディ・デルタの冠水頻度	2-10
表 2.12	プロジェクト対象地域の地盤高別のマングローブ分布	2-10
表 2.13	土地利用状況調査の調査対象森林区	2-11
表 2.14	土地利用区分名称と定義	2-11
表 2.15	カドンカニ森林区の土地利用状況	2-12
表 2.16	チャカンクインパク森林区の土地利用状況	2-14
表 2.17	ピナラン森林区の土地利用状況	2-17
表 2.18	地盤高と冠水頻度区分	2-20

表 2.19	カドンカニ森林区における土地利用区別の土壌調査結果.....	2-23
表 2.20	チャカンクインパク森林区における土地利用区別の土壌調査結果 .....	2-24
表 2.21	社会条件調査結果概要.....	2-26
表 2.22	スコーピング .....	2-27
表 2.23	環境社会配慮調査のTOR.....	2-29
表 2.24	環境社会配慮調査結果.....	2-29
表 2.25	マングローブ植林による年間当たり炭素吸収量の推計結果（参考値） .....	2-33
表 3.1	当初要請と植林可能地面積.....	3-3
表 3.2	当初要請と変更要請 .....	3-4
表 3.3	カドンカニ森林区における植林計画の概要.....	3-10
表 3.4	カドンカニ森林区における植林可能面積の内訳 .....	3-11
表 3.5	チャカンクインパク森林区における植林可能面積の内訳 .....	3-11
表 3.6	変更要請と植林可能地面積.....	3-12
表 3.7	マングローブ林の防災効果について .....	3-12
表 3.8	防災効果の裨益人口推定値.....	3-14
表 3.9	防潮効果の裨益人口推定値.....	3-15
表 3.10	各タウンシップの人口.....	3-15
表 3.11	各森林区の人口推移 .....	3-16
表 3.12	植林候補地の森林区からの評価 .....	3-16
表 3.13	ボガレタウンシップの近年の人口推移と増加率 .....	3-17
表 3.14	植林対象地（林班）の選定と植林面積.....	3-18
表 3.15	カドンカニ森林区の対象植林地における主な現存樹種.....	3-19
表 3.16	現存樹種のランキング .....	3-19
表 3.17	一般的な植林樹種の5年後の平均樹高.....	3-20
表 3.18	カドンカニ森林区における植林樹種 .....	3-20
表 3.19	植林本数と植林密度 .....	3-25
表 3.20	植林工事のターム区分.....	3-25
表 3.21	カドンカニ森林区のターム別植林計画.....	3-26
表 3.22	植林工事の4ターム概略工程.....	3-28
表 3.23	サイクロン避難施設の建設箇所と箇所数 .....	3-29
表 3.24	サイクロン避難施設の基本計画概要 .....	3-30
表 3.25	機材要請の妥当性検証結果と調達機材.....	3-34
表 3.26	管理用車両の計画年間使用日数 .....	3-34
表 3.27	日本国側および「ミ」国側の負担範囲.....	3-43

表 3.28	成果と達成度の確認方法.....	3-48
表 3.29	各年度の活動期間.....	3-51
表 3.30	ソフトコンポーネント活動における成果品（案）.....	3-51
表 3.32	プロジェクト後の運営・維持管理体制.....	3-55
表 3.33	マングローブ林維持管理年間計画（案）.....	3-55
表 3.34	運営・維持管理費.....	3-57
表 4.1	本プロジェクト実施後の定量的効果.....	4-2

---

## 略 語 集

BANCA	Biodiversity and Nature Conservation Association
CF	Community Forest
CFUG	Community Forest User Group
ECCDI	Ecosystem Conservation and Community Development Initiative
ECLOF	National Ecumenical Church Fund Myanmar
E/N	Exchange of Notes
EU	European Union
FC	Forest Compartment
FD	Forest Department
FREDA	Forest Resource Environment Development and Conservation Association
G/A	Grant Agreement
GDP	Gross Domestic Product
GPS	Global Positioning System
IEE	Initial Environmental Examination
IMF	International Monetary Found
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JETRO	Japan External Trade Organization
JICA	Japan International Cooperation Agency
MAPDRR	Myanmar Action Plan on Disaster Risk Reduction
MECAF	Ministry of Environmental Conservation and Forestry
MERN	Mangrove and Environmental Rehabilitation Network
MES	Myanmar Engineering Society
NCEA	National Commission for Environmental Affairs
NGO	Non Government Organization
PDC	Peace and Development Council
RF	Reserved Forest
RTK	Real Time Kinematic
REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
UNDP	United Nation Development Program



# 第1章 プロジェクトの背景・経緯

---





## 第1章 プロジェクトの背景・経緯

### 1-1 当該セクターの現状と課題

#### 1-1-1 現状と課題

ミャンマー国（以下、「ミ」国）は、ASEAN 諸国の中でも森林減少率の高い国であり、エーヤーワディ・デルタは、その中でも荒廃が深刻なマングローブ林地域である。この地域は 20 世紀初頭に保全林区として管理されてきたが、薪炭材の収穫、水田・塩田開発、養殖等の無秩序な開発により森林破壊が進み続けている。次図にマングローブ林面積の推移を示す。近年、2001 年から 2007 年にかけては、約 47,000 ha のマングローブ林が消滅している。

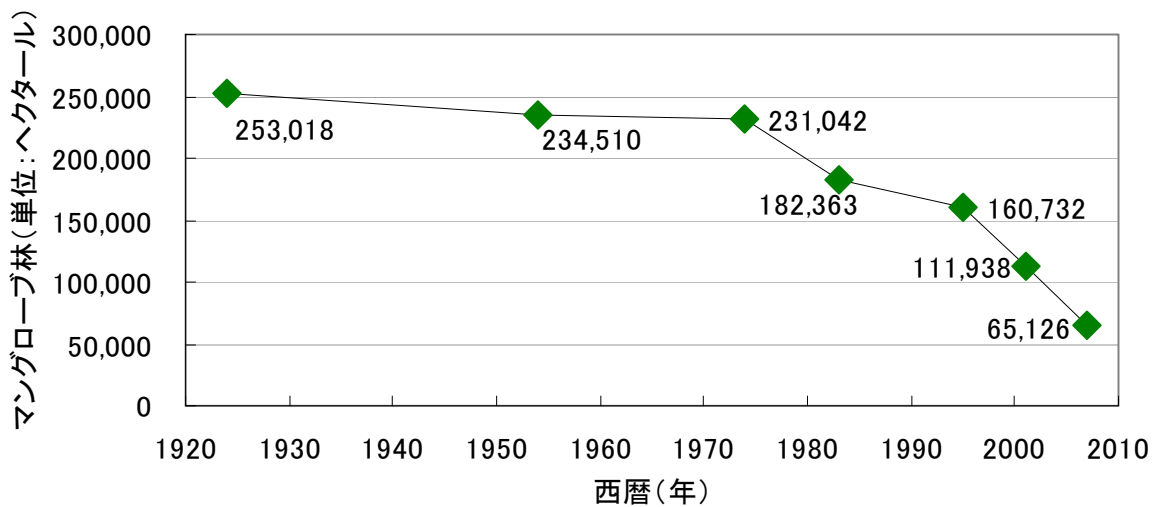


図 1.1 減少するマングローブ林（エーヤーワディ・デルタ）<sup>1</sup>

この状況に対し、JICA は開発調査「エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画」（2002～2005 年）を実施し、住民生計向上とマングローブ林の持続的管理の両立を目指した中長期計画（Integrated Mangrove Management Plan）を策定した。「ミ」国環境保全・林業省は、同計画をマングローブ林復旧のための「マングローブ林復旧 5 ヶ年計画」として植林計画の実施に向けた取り組みを始めたが、住民参加型による森林の管理手法については政府も住民も十分な知見を有していなかったため、我が国へ技術協力支援を要請した。その結果として技術協力プロジェクト「エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画プロジェクト（2007～2013 年）」（以下、技プロ）が実施されることとなった。

これらの援助活動が実施される中、2008 年 5 月にサイクロン・ナルギスが発生し、多数の死者・行方不明者（約 14 万人）と地域住民へ生活・生産活動への甚大な被害をもたらした。これにより、

<sup>1</sup> Action Plan for Rehabilitation of the Cyclone Nargis Affected Areas and Prevention from Future Natural Disasters, MECAF

沿岸部のマングローブ林約 38,000 ha にも壊滅的な影響が発生したが、他方で、サイクロンの影響による高潮の海水侵入の緩和、土地の侵食防止、漂流物の移動防止等のマングローブ林の機能が実証され、特に防災機能としての有効性も再確認された。しかし、「ミ」国の復旧・復興事業はインフラ整備を優先し、マングローブ植林事業への予算は必ずしも十分に充てられていない。さらに、現在実施中の技プロにおいても、可能な範囲で復旧工事を支援しているものの、被害規模が甚大であることから、単独での復旧は困難な状況にある。



図 1.2 サイクロン・ナルギスの被害を受けたマングローブ林

### 1-1-2 開発計画

「災害リスク削減のためのミャンマーアクションプラン（Myanmar Action Plan on Disaster Risk Reduction 2009-2015）」（以下、MAPDRR）が 2009 年 7 月に策定されている。本計画の目標は、「人命や生計、開発利益を守るため、自然災害に対して、より安全でより弾力性のある国家の設立 (To make Myanmar Safer and more Resilient against Natural Hazards, thus Protecting Lives, Livelihood and Developmental Gains)」とされており、目標達成に対して 7 つの主要な施策が策定されている。また主要な施策において、アクションプログラムがそれぞれ策定されている（表 1.1 を参照）。

当該施策 4 のアクションプログラムにおける「4.6 Cyclone Contingency Program for Delta and Coastal Region」や「4.7 Provision of Safe Shelter」、また、施策 5 のアクションプログラムである「5.3 Sustainable Coastal Development to Protect Against Natural Disaster」等のプログラムが本プロジェクトに該当する。

また、前述（「1-1-1 現状と課題」）の「マングローブ林復旧 5 年計画」においては、エーヤーワディ・デルタでの約 88,000ha の植林が計画されており、本プロジェクトは、当該植林計画の推進に寄与するものでもある。

表 1.1 MAPDRRの主要な7つの施策<sup>2</sup>

施策 (Components)	アクションプログラム数 (Sub components/projects)
1 政策及び制度の策定とさらなる開発 (Policy、 Institutional arrangements and further institutional development)	4
2 災害、脆弱性、リスク評価 (Hazard、 vulnerability and risk assessment)	8
3 多面的災害警報システム (Multi-hazard Early Warning Systems)	10
4 国家レベルからタウンシップレベルまでの備えと対応計画 (Preparedness and Response Programs at National、 State/Division、 District & Township levels)	9
5 開発の主流としての災害リスク削減 (Mainstreaming of Disaster Risk Reduction into Development)	13
6 住民を基本とした災害への備えとリスク削減 (Community based Disaster Preparedness and Risk Reduction)	9
7 公共の意識、教育並びに訓練 (Public Awareness、 Education and Training)	1

### 1-1-3 社会経済状況

2008年5月にサイクロン「ナルギス」が「ミ」国を直撃し、14万人が死亡又は行方不明、240万人が被災するという未曾有の災害をもたらした。その直後の同月、政府は民主化ロードマップに従って新憲法採択のための国民投票を実施し、投票率98.12%、賛成票率92.48%をもって新憲法が採択され、2010年11月には新憲法に基づき20年ぶりに総選挙が実施された。

「ミ」国のマクロ経済は米国及びEUによる経済制裁による影響もあいまって、基本インフラの著しい未整備、多重為替レート、財政・金融インフラの未整備、その結果としての外国貿易・投資の低迷等の構造的問題を有する。そのような中、天然ガス開発、輸出は順調な進展を見せており、中国、タイ、韓国、インド及びロシアといった国々からの投資が進んでいる。また、主にタイ向け天然ガス輸出の好調を反映して外貨準備高は約50億ドル（2009年度末）まで増加している。「ミ」国における主要産業は、農業である。国民1人当りのGDPは462ドル（2009年IMF推定）、経済成長率は7.9%（2009年IMF推定）、物価上昇率は同じく7.9%（2009年IMF推定）とされている。主要貿易相手国は、輸出額の順に、タイ、インド、中国、香港、シンガポール、日本と続き、輸入では中国、シンガポール、タイ、日本、インド、マレーシアの順である（2007）。

<sup>2</sup> Myanmar Action Plan on Disaster Risk Reduction (MAPDRR)2009-2015、 Ministry of Social Welfare、 Relief and Resettlement、 July 2009 （本報告書での和訳は、すべて本稿記載のための仮訳。）

## 1-2 無償資金協力の背景・経緯および概要

### 1-2-1 無償資金協力の背景・経緯および概要

前述のとおり（1-1-1現状と課題）、エーヤーワディ・デルタは荒廃の深刻なマングローブ林であり、現在も森林破壊が進み続けている。この状況下、2008年5月に発生したサイクロン・ナルギスにより、多数の死者・行方不明者と地域住民への生活・生産活動への甚大な被害だけでなく、エーヤーワディ・デルタのマングローブ林にも壊滅的な影響を与えた。無秩序な開発による森林破壊に加え、サイクロン・ナルギスによる被害規模が大きく、「ミ」国側での単独でのマングローブ林の復旧は困難な状況である。こうした状況から、「ミ」国政府は我が国へ本無償資金協力の要請案を提出した。

要請書案には対象候補地の選定方法・基準が不明確で、候補地として挙げられた9箇所の森林区はエーヤーワディ・デルタ地域内のほぼ全ての森林区であり、十分な絞込みがされていなかったこと、我が国の無償資金協力制度に関する先方政府の理解度が不明であったこと等から、JICAは、2010年6月、協力準備調査（その1）を実施した。先方関係者との協議及び現地踏査を通じて、①防災機能強化を主眼に置いた対象候補地の絞り込み、②候補地の選定基準の明確化、③要請内容、上位計画における本事業の位置付け、先方政府負担事項等に係る情報収集・確認等を行った結果、本件実施の一定の妥当性が認められた。

### 1-2-2 協力準備調査（その1）を踏まえた無償資金協力の要請内容

#### (1) マングローブ林の造成

協力準備調査（その1）により「ミ」国政府と確認した対象候補地は、以下のエーヤーワディ・デルタの森林局の管理下に置かれた森林区内の3ヶ所（総面積：約3,400 ha）である。

- ① チャカンクウィンパク（Kyakankwinpauk）森林区南東部（800 ha）
- ② ピナラン（Pyinalan）森林区の南岸（200 ha）
- ③ カドンカニ（Kadonkani）森林区内（2,400 ha）

#### (2) 施設整備

森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設  
(同地域で実施中の技プロと同様の施設を、3ヶ所のサイト候補の森林局敷地内に建設)

#### (3) 機材調達

- ① 管理用車両、② 運搬用車両、③ 管理用ボート、④ 植林準備作業用の重機

## 1-3 我が国の援助動向

### 1-3-1 「ミ」国に対するODAの基本方針

我が国は、民主化及び人権状況の改善を見守りつつ、民衆に直接裨益する基礎生活分野（ベーシック・ヒューマン・ニーズ）の案件を中心に、ケース・バイ・ケースで検討の上、実施することとしている。

表 1.2 我が国の近年の年度別・援助形態別実績

(単位：億円)

年度	円借款	無償資金協力	技術協力
2005	—	17.17	20.15
2006	—	13.54	21.11
2007	—	11.81	20.02
2008	—	41.29	22.91
2009	—	25.94	18.11

### 1-3-2 関連案件

我が国がこれまでに「ミ」国において実施した植林関連分野の案件は、以下のとおりである。

表 1.3 我が国の援助実績（植林分野）

協力形態	実施年度	案件名	概要
無償資金協力	2002～2007年	中央乾燥地植林計画	森林の減少が著しく自然回復が困難なミャンマー・中央乾燥地（マンダレー管区、マグウェー管区、サガイン管区）において、計 1,500ha の森林造成。
開発調査	2002～2005年	エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画	住民の生計向上とマングローブ林の持続的管理の両立を目指した中長期計画の策定。
技術協力プロジェクト	2006～2013年	エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ総合管理計画プロジェクト	上記計画実施に必要な森林局及び住民組織の森林管理能力向上と、それに基づくマングローブ林の再生を図ることを目指す。



### 1-4 他ドナーの援助動向

「ミ」国内の現地NGO等がエーヤーワディ・デルタ地域において村落開発や、生計向上を目的とした比較的小規模（8～150ha）の mangrove 植林事業を実施しているが（表 1.4）、本プロジェクトのような大規模な mangrove 植林事業（1,000ha規模）は実施されていない。また、本プロジェクトの植林サイトと、他ドナーの植林サイトが重複することはない（図 1.3）。

表 1.4 他ドナーの援助動向（植林関連分野）<sup>3</sup>

（単位：千 USD）

実施年度	実施機関	案件名	金額	援助形態	概要
2009～2010年	BANCA	住民参加による mangrove 植林 (D)	134	無償	20ha 規模の mangrove 植林事業。
2010～2011年	ECLOF	mangrove 植林プロジェクト (C)	45	無償	8ha 規模の mangrove 植林事業
2010～2011年	ECCDI	mangrove 植林と生計改善プロジェクト (B)	50	無償	50ha 規模の mangrove 植林事業
2010～2013年	FREDA	住民参加による mangrove 植林プロジェクト (A)	118	無償	150ha 規模の mangrove 植林事業

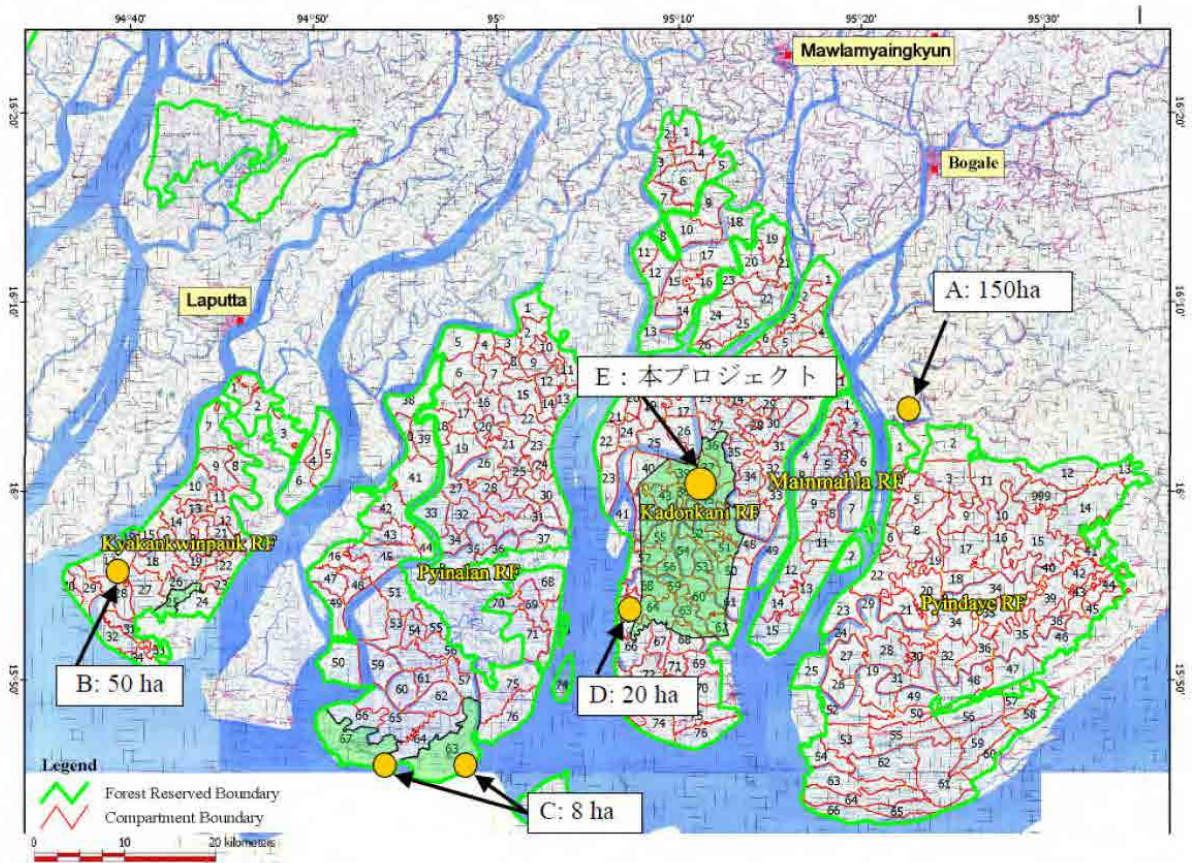


図 1.3 本プロジェクトと他ドナーの植林サイト位置図

<sup>3</sup> 現地調査でのヒアリングに基づく。

## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

---





## 第2章 プロジェクトを取り巻く状況

### 2-1 プロジェクトの実施体制

#### 2-1-1 組織・人員

「ミ」国政府は 12 省 (Ministry) の行政機関により構成されている。また、行政単位として 7 州 (State)、7 管区 (Division) がある。州は、少数民族の居住区を管轄し、管区は、イギリス時代に直接統制下に置かれた地方であり、主にビルマ族が居住する地域を管轄している。州及び管区の下部機構として、郡 (District)、タウンシップ (Township)、区 (Ward)、村 (Village) がある。

本プロジェクトの「ミ」国政府の主管官庁は環境保全・林業省<sup>4</sup>、実施機関は森林局である。環境保全・林業省は主に 4 つの部局に区分される (図 2.1)。また、本プロジェクトの実施機関である森林局の組織体制を 図 2.2 に示す。森林局には約 9,000 人の職員が勤務しており、本プロジェクトサイトであるエーヤワディ管区では約 150 人の同局職員が配置されている。



図 2.1 環境保全・林業省組織図

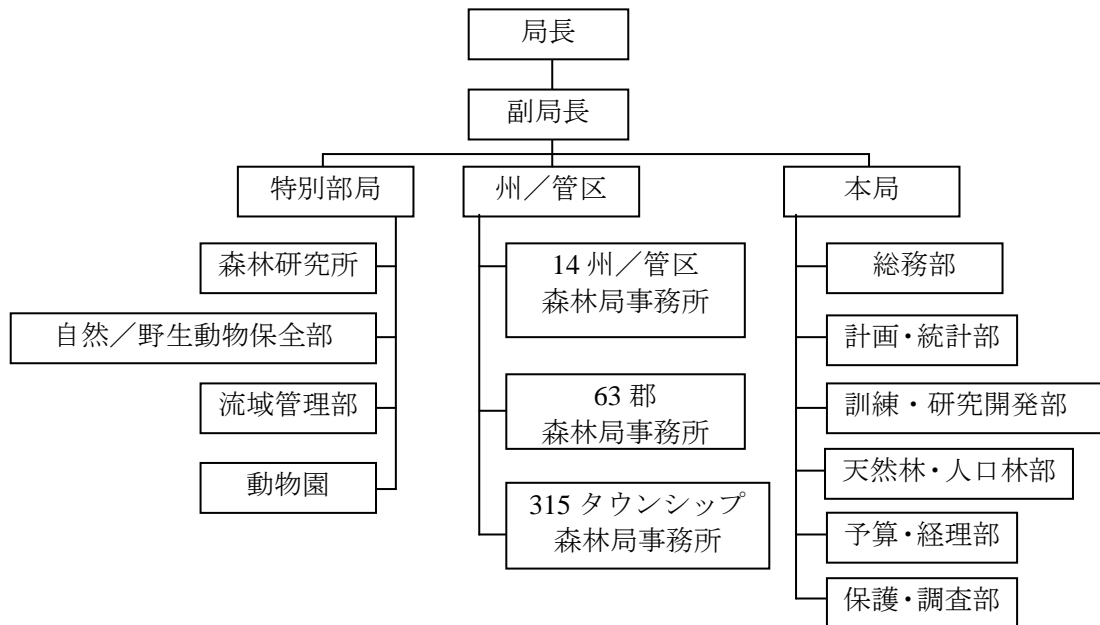


図 2.2 森林局組織体制

<sup>4</sup> 林業省が 2011 年 9 月に環境保全・林業省に改編され、環境保全関連の部局も今後設置される予定である。

また、本プロジェクトでは、表 2.1に示す実施体制が組織される予定である。

表 2.1 本プロジェクトの実施体制

プロジェクトのポジション	人員数	森林局でのポジション
管理レベル		
プロジェクト局長	1	局長
プロジェクト副局長	1	副局長
プロジェクトマネージャー	1	計画・統計部長
プロジェクト調整管理スタッフ	1	計画・統計部 副部長
実施レベル		
フィールドマネージャー	1	ボガレタウンシップ森林局事務所職員
フィールドスタッフ	1	ボガレタウンシップ森林局事務所職員
フィールドスタッフアシスタント	1	ボガレタウンシップ森林局事務所職員
森林警備	2	
ドライバー	1	
ボート船員	1	

### 2-1-2 財政・予算

森林局の過去4カ年（2007～2010）の予算計画を次表に示す。

表 2.2 森林局の過去4カ年の予算

（単位：百万 Kyats）

費目	2007年	2008年	2009年	2010年
人件費	4,110	3,875	4,390	6,013
事務用品等	62	58	69	59
燃料費	756	718	792	728
通信費	69	83	86	87
電気代	68	114	139	139
合計	5,065	4,848	5,476	7,026

プロジェクトサイトを管轄するボガレタウンシップ森林局事務所並びにラプタタウンシップ森林局事務所の過去4カ年の予算計画をそれぞれ、表 2.3並びに表 2.4に示す。

表 2.3 ボガレタウンシップ森林局事務所の過去4カ年の予算

（単位：千 Kyats）

費目	2007年	2008年	2009年	2010年
人件費	16,312	12,637	15,867	22,608
事務用品等	15	50	50	100
通信費	797	240	140	120
電気代	—	20	40	30
合計	17,124	12,947	29,957	22,858

表 2.4 ラプタタウンシップ森林局事務所の過去4カ年の予算

(単位：千 Kyats)

費目	2007年	2008年	2009年	2010年
人件費	16,313	15,796	15,867	21,731
事務用品等	15	35	50	50
通信費	797	180	240	1,064
電気代	—	24	40	118
合計	17,125	16,035	16,197	22,603

### 2-1-3 技術水準

森林局の多数の職員は林業大学を卒業しており、林業に通じている。また、本プロジェクトの主な運営管理を担当するボガレタウンシップ森林局事務所に配置されている職員も同大学を卒業しており、森林業務にも長く携わっていることから、技術レベルに問題はない。さらに、現在実施されている技プロを通して、当事務所の職員に対して、森林管理技術等の能力向上が図られている。

しかしながら、タウンシップレベルの事務所において、プロジェクト工程管理や予算管理に関する不安を有していることが、現地調査等において確認されている。これら、特にプロジェクト実施工程管理は、本プロジェクトの施工管理/監理において、植林事業や工程管理に精通する日本人が常駐することにより、的確に管理されるものと考えられる。また同時に、これら工程管理技術等の技術移転が、日本人常駐管理/監理者から「ミ」国側の職員に対して図られていくと考える。

2-1-4 既存施設・機材

2-1-4-1 既存サイクロン避難施設

本プロジェクトの当初要請の対象森林区（カドンカニ、ピナラン、チャカンクインパク）には多くのサイクロン避難施設がサイクロン・ナルギス発生後に建設されていることが確認された。本調査期間中に確認されたサイクロン避難施設概要を次表に示す。

サイクロン避難施設の有効面積<sup>5</sup>は各施設によって様々であり、施設形体(施設設計の方針)も、施設によって異なり、この違いは、施設建設の資金援助を行ったドナーの違いによることが推察される。次表は、調査期間中に判明した既存施設であるが、実際には「ミ」国側も把握できていないサイクロン避難施設が多く存在すると推察される。

表 2.5 既存サイクロン避難施設

ID	村名	家屋数	人口(人)	座標	収容面積 (m <sup>2</sup> )	有効面積 (m <sup>2</sup> /人)
<b>(1) カドンカニ森林区</b>						
KA1	Khone Tan Pauk	150	500	738821	175	0.35
				1766169		
KA2	Atwin mayair	63	250	737365	84	0.34
				1770049		
KA3	Makyin Myein	90	290	736580		0.00
				1773724		
KA4	Kyein Chaung Gyi	520	2,100	734290	456	0.22
				1775533		
KA5	Tan Yaw Chaung	265	550	727844	162	0.29
				1765152		
KA6	Gway Chaung Gyi	219	750	738535	162	0.22
				1763221		
<b>(2) ピナラン森林区</b>						
PY1	Mingalar Thaug Tan	245	1250	709949	150	0.12
				1741968		
PY2	Aunghlaing	453	2300	712467	200	0.09
				1744424		
PY3	Thit Poat	815	3900	711343	2600	0.63
				1745653		
PY4				711670	200	
				1746040		
PY5	Kwin Pauk	310	1250	703810	60	0.05
				1742805		
PY6	A Mat Gyi	138	700	701885	60	0.09
				1744174		
PY7	A Mat Ka Lay	150	600	699193	60	0.10
				1746237		
PY8	Yae Cho Kan	180	750	698019	60	0.08
				1746483		
PY9	Thaug Lay	173	600	697260	60	0.10
				1748352		
<b>(3) チャカンクインパク森林区</b>						
KY1	Kwin thone Sint	130	470	679068	120	0.26
				1757892		
KY2	Mie Chaung Ai	500	1960	676785	32	0.02
				1757614		
KY3	Sa Lu Seik	375	1550	683821	700	0.45
				1755906		
KY4	QuaQuaLay FD	-	-		78	-

<sup>5</sup> 有効面積（収容面積÷人口）は、収容面積をその施設が位置する村の人口で割って算出した値である。サイクロン施設避難時に、1人当り、既存施設のどの程度の面積を占有できるかの目安として算出している。なお、収容面積は本調査の現地調査にて計測した。

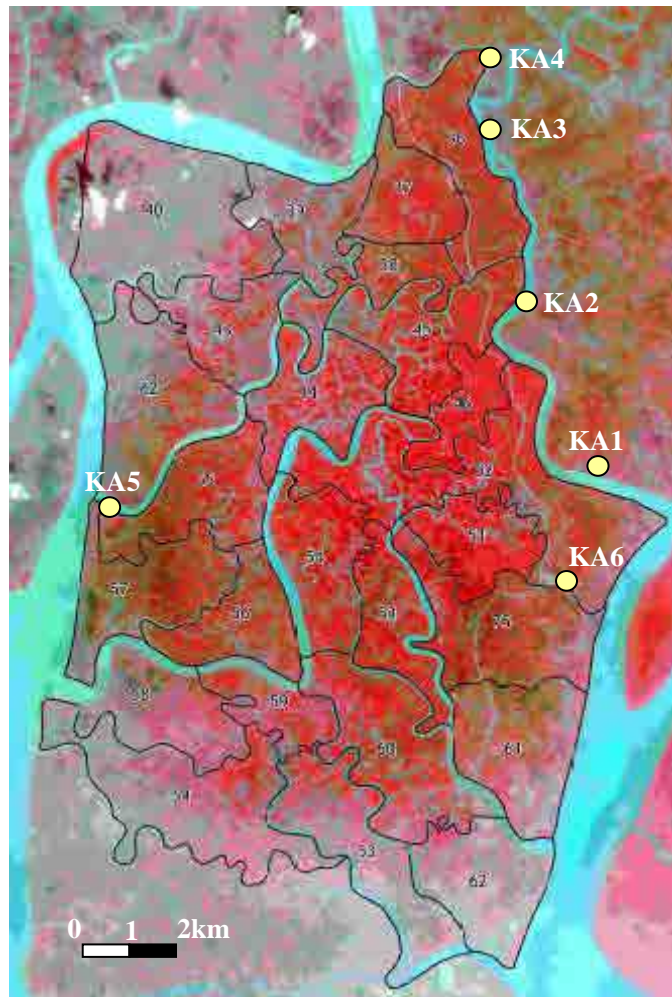


図 2.3 カドンカニ森林区既存サイクロン避難施設位置図

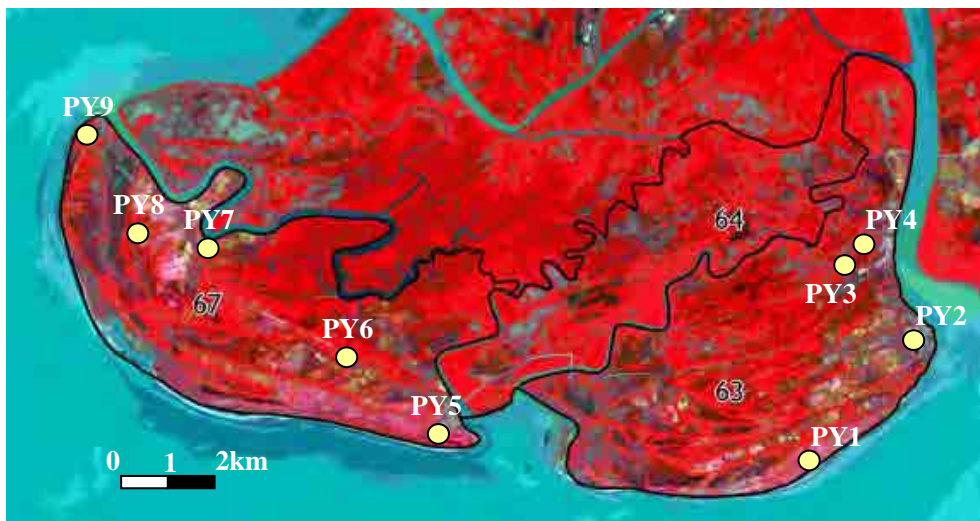


図 2.4 ピナラン森林区既存サイクロン避難施設位置図



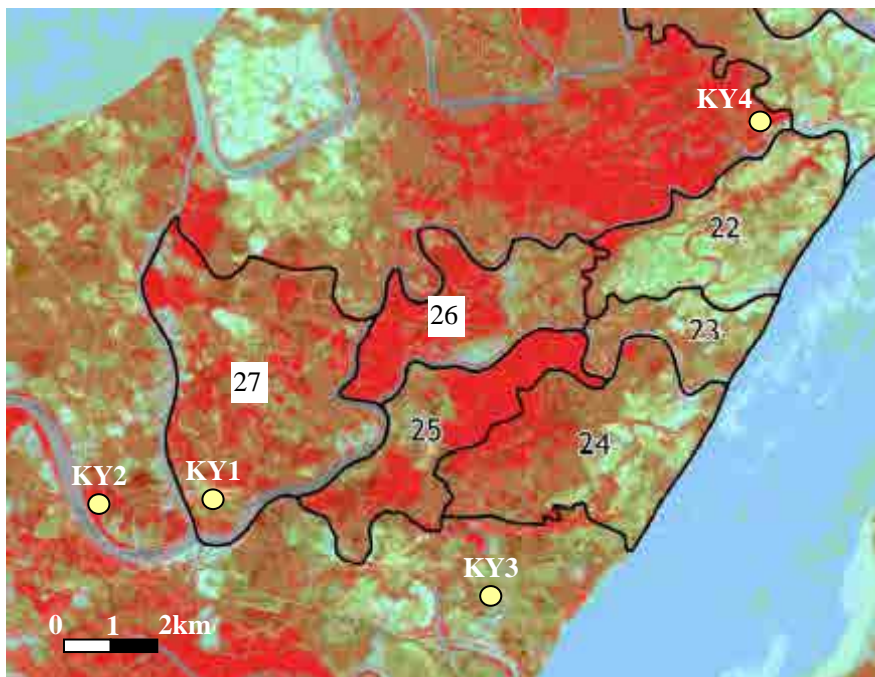


図 2.5 チャカンクインパク森林区既存サイクロン避難施設位置図

2-1-4-2 既存機材

「ミ」国側からの機材要請に関連する既存機材を次表に示す。

表 2.6 森林局の所有既存機材リスト

事務所 <sup>6</sup>	管理用及び運搬用車両	管理用ボート	植林準備作業用の重機
ボガレタウンシップ森林局事務所	0	2	0
ラプタタウンシップ森林局事務所	0	2	0
ビョウムメ森林局キャンプ (カドンカニ森林区管轄)	0	0	0
タヤゴン森林局キャンプ (ピナラン森林区管轄)	0	0	0
ココアレ森林局キャンプ (チャカンクインパク森林区管轄)	0	0	0

<sup>6</sup> 各事務所の位置は「位置図」を参照のこと。

## 2-2 プロジェクトサイトおよび周辺の状況

### 2-2-1 関連インフラの整備状況

プロジェクトサイトのサイト間移動や村落間の移動は、主にボートとなる。マングローブ植林対象となる陸地部分は、移動範囲は限定されるが、徒歩による移動、もしくは一部は2輪車による移動が可能である。プロジェクトサイトを直接管轄するラプタタウンシップ森林局事務所およびボガレタウンシップ森林局事務所までは、首都ネーपीドーおよび主要都市ヤンゴンから陸路での移動が可能である。

プロジェクトサイトに位置する村落内には、電気および水道といったインフラ設備、舗装道路などの道路はまったく整備されておらず、村落内の陸地での移動手段は基本的に徒歩または2輪車である。

### 2-2-2 自然条件

#### 2-2-2-1 地勢

エーヤーワディ・デルタは、比較的新しい新生代起因の岩石構成で、デルタ河口部の調査対象地域は、エーヤーワディ川の堆積作用による沖積土壌で構成されている。ただし、パテイン並びにミャウミャ<sup>7</sup>の地盤は中新世から鮮新世の比較的古い岩石で構成されている。

エーヤーワディ・デルタの面積は、33,670km<sup>2</sup>であるが、下流域はほぼ平坦で最高標高はおよそ3mである。プロジェクトサイトは、大小の河川によって網目のように区切られており、また、3つの大河が南北に横断している。

---

<sup>7</sup> 位置は「位置図」を参照のこと。

2-2-2-2 気候

「ミ」国では、一般に雨季（5月～10月）、冬季（11月～2月）、乾季（3月～4月）の3つの季節に区分されている。プロジェクト対象地域の気候もほぼ同等である。ラプタタウンシップでは2009年における平均最高気温は36.2℃（4月）であり（表 2.7）、年間降水量は3,332mmであった（表 2.8）。また、ボガレタウンシップでは2009年における平均最高気温は33.4℃(4月)であり（表 2.9）、年間降水量は3,362mmであった（表 2.10）。

表 2.7 ラプタタウンシップにおける平均最高および最低気温（観測地:ミャウミヤ）

年		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2007	平均最高(°C)	31.1	32.6	34.8	36.9	31.7	32.2	30.3	30.1	30.4	31.7	31.1	30.4
	平均最低(°C)	※	20.0	22.4	23.5	23.4	24.1	23.7	23.3	23.6	23.5	20.8	16.1
2008	平均最高(°C)	31.0	31.5	34.6	35.1	31.2	31.7	31.0	30.9	31.4	33.0	32.5	31.3
	平均最低(°C)	14.3	14.1	17.1	19.0	18.4	18.9	18.7	18.8	18.9	19.4	16.4	12.7
2009	平均最高(°C)	31.6	34.1	34.6	36.2	34.2	32.2	31.1	31.8	31.6	33.4	33.7	31.7
	平均最低(°C)	11.8	14.2	17.7	20.9	22.8	22.9	22.8	23.4	23.6	23.4	21.4	18.0

表 2.8 ラプタタウンシップにおける降水量（観測地:ミャウミヤ）

年		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
2007	降水量(mm)	0	0	0	17	515	352	887	37	79	207	80	0	2,174
2008	降水量(mm)	5	14	19	105	620	466	677	431	458	159	40	0	2,994
2009	降水量(mm)	0	0	0	27	433	413	1,121	588	521	206	23	0	3,332

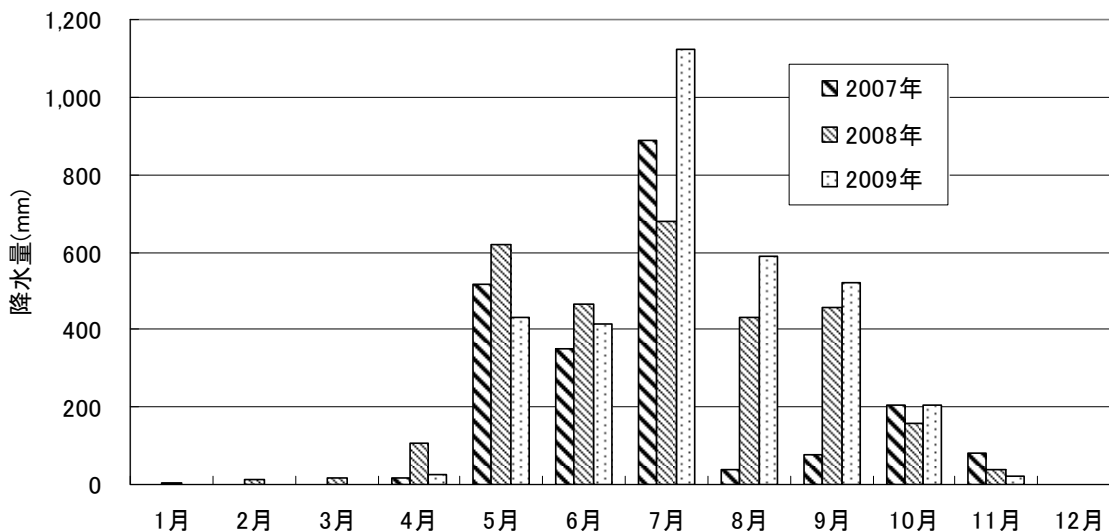


図 2.6 ラプタタウンシップの降水量推移



表 2.9 ボガレタウンシップにおける平均最高および最低気温（観測地:ピャーポン）

年		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2007	平均最高(°C)	31.0	32.1	33.8	35.7	31.2	31.3	29.7	29.7	29.9	31.4	31.6	30.9
	平均最低(°C)	16.4	17.4	18.6	22.8	23.6	23.4	22.5	22.3	22.0	21.4	20.1	16.2
2008	平均最高(°C)	31.2	32.0	34.3	34.0	33.0	30.2	29.3	29.4	29.2	30.9	30.2	28.6
	平均最低(°C)	15.9	15.8	18.7	21.4	21.4	22.4	22.1	22.7	22.8	22.9	21.2	18.1
2009	平均最高(°C)	28.5	31.1	32.1	33.4	32.3	30.3	29.1	30.5	30.1	31.6	32.7	30.6
	平均最低(°C)	17.0	17.8	21.0	24.1	25.3	25.2	24.3	25.0	24.9	25.3	23.5	20.2

表 2.10 ボガレタウンシップにおける降水量（観測地:ピャーポン）

年		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	計
2007	降水量(mm)	0	0	0	8	644	442	862	657	670	360	75	0	3,718
2008	降水量(mm)	16	14	7	197	729	684	704	517	288	25	19	0	3,200
2009	降水量(mm)	0	0	3	99	457	468	919	670	713	33	0	0	3,362

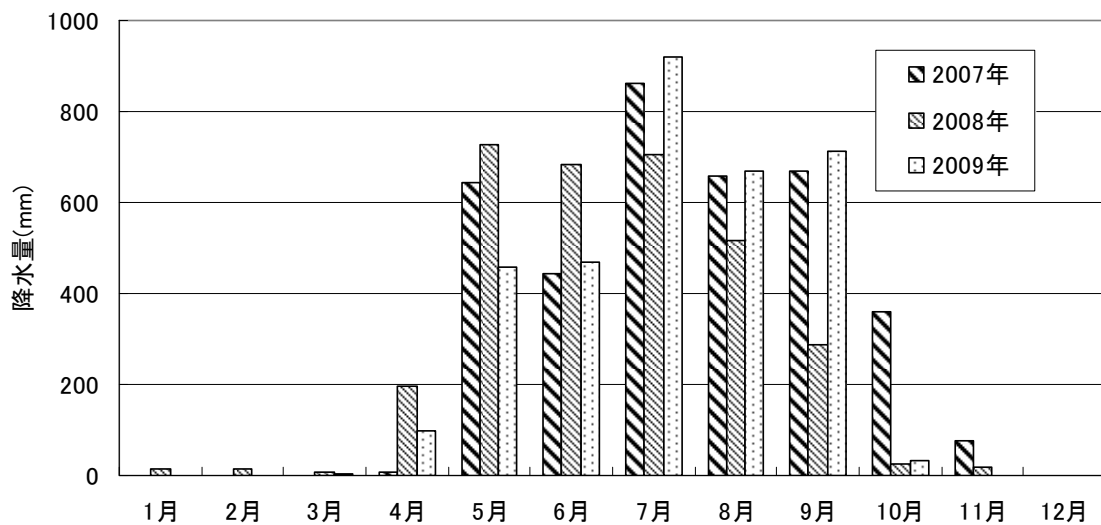


図 2.7 ボガレタウンシップにおける降水量推移

2-2-2-3 自然条件と樹種の分布

地盤高、潮位、冠水頻度が適切な植林樹種を選定するための主な条件であり、潮位と冠水頻度に基づくマングローブ土地区分の関係は次表のとおりと考えられている。また、地盤高別のマングローブ分布を次々表に示す。

表 2.11 エーヤーワディ・デルタの冠水頻度<sup>8</sup>

マングローブ土地区分	潮位(m) 地盤高/ 基準潮位	冠水日数/月 (乾季)	ワトソン <sup>9</sup> による冠水区分	ワトソン区分による冠水日数/年
低地盤レベル 1	0.1-1.7	全ての満潮 (最低限 20 日/月)	1	56-62
低地盤レベル 2	1.7-2.0	全ての中潮と全ての 大潮初期(10-19 日/月)	2	45-59
中地盤レベル 1	2.0-2.3	全ての通常の満潮と 大潮中期(3-9 日/月)	3	20-45
中地盤レベル 2	2.3-2.6	全ての大潮 (最低 2 日/月)	4	2-20
高地盤	2.6-2.7	4 回の春秋分の大潮ま たは異常高潮	5	0-2
高々地盤	2.7-3.3	雨季の雨水による洪 水による冠水のみ	6	0

表 2.12 プロジェクト対象地域の地盤高別のマングローブ分布

地盤高	一般的なマングローブ樹種	
低地盤レベル 1	<u>High saline water</u> <i>Avicennia alba</i> (Aa) <i>Avicennia marina</i> (Am) <i>Kandelia candle</i> (Kc) <i>Sonneratia apaetala</i> (Sa) <i>Aegiceras corniculatum</i> (Ac)	<u>Low saline water</u> <i>Kandelia candle</i> (Kc) <i>Nypa fruticans</i> (Nf) <i>Rhizophora apiculata</i> (Ra) <i>Sonneratia caseolaris</i> (Sc) <i>Avicennia officinalis</i> (Ao)
低地盤レベル 2	<i>Nypa fruticans</i> (Nf) <i>Rhizophora apiculata</i> (Ra) <i>Sonneratia qrifithi</i> (Sg) <i>Sonneratia alba</i> (Sal) <i>Ceriops decandra</i> (Cd) <i>Bruguiera gymnorrhizza</i> (Bg) <i>Bruguiera sexangula</i> (Bs) <i>Avicennia officinalis</i> (Ao) <i>Aegiceras corniculatum</i> (Ac)	<i>Brownlania tersa</i> (Bt) <i>Ceriops decandra</i> (Cd) <i>Bruguiera gymnorrhizza</i> (Bg) <i>Aegiceras corniculatum</i> (Ac) <i>Hiretiera fomes</i> (Hf) <i>Rhizophora apiculata</i> (Ra)
中地盤レベル 1	<i>Ceriops decandra</i> (Cd)、 <i>Bruguiera spp</i> (Bspp)、 <i>Heritiera fomes</i> (Hf)、 <i>Amoora cucullata</i> (Amcu)、 <i>Xylocarpus granatum</i> (Xg)、 <i>Xylocarpus mollucensis</i> (Xm)、 <i>Aegilitis rotundifolia</i> (Ar)	
中地盤レベル 2	<i>Heritiera fomes</i> 、 <i>Xylocarpus mollucensis</i> 、 <i>Xylocarpus granatum</i> 、 <i>Excoecaria agallocha</i> 、 <i>Amoora cucullata</i> 、 <i>Phoenix paludosa</i>	
高地盤	<i>Phoenix paludosa</i> 、 <i>Cynometra ramiflora</i> 、 <i>Hibiscus tiliaceous</i> <i>Chlelodendrum inerme</i> 、 <i>Myet-kha grass</i> (Mn)	

<sup>8</sup> 「エーヤーワディ・デルタ住民参加型マングローブ統合管理計画調査」 ファイナルレポート要約

<sup>9</sup> Watson, J.G.(1928)

## 2-2-2-4 土地利用状況

プロジェクト当初要請対象地域である、カドンカニ森林区、チャカンクインパク森林区、ピナラン森林区を対象に、既存の土地利用状況調査を実施した。調査サンプル数およびサンプル位置は、調査対象地域の範囲、既存植生状況、利便性、現地調査期間等を総合的に勘案して決定した。次表に調査対象地域の調査面積と、当該面積に位置する林班数を示す。

表 2.13 土地利用状況調査の調査対象森林区

調査対象森林区	調査面積	林班数
カドンカニ森林区	3,020 ha	10 林班
チャカンクインパク森林区	1,636 ha	2 林班
ピナラン森林区	414 ha	2 林班

土地利用状況の区分として用いた名称および定義は次表のとおりである。

表 2.14 土地利用区分名称と定義

区分	定義	植林対象
1 マングローブ林 (Mangrove Forest)	胸高直径が15cm以上のマングローブが1haあたりに750本以上	×
2 高密度雑木林 (Brush land dense)	マングローブおよび他樹木の高さ2.0m以上の樹木の樹冠面積が1haあたり60%以上	○
3 低密度雑木林 (Brush land sparse)	マングローブおよび他樹木の高さ2.0m以上の樹木の樹冠面積が1haあたり60%未満、20%以上	○
4 草地 (Grass land)	マングローブおよび他樹木の高さ2.0m以上の樹木の樹冠面積が1haあたり20%未満	○
5 現耕田 (Cultivated Paddy)	現在、農地として利用されている	×
6 放置されたエビ養殖池 (Shrimp-pond Clearings)	現在は使用されていない放置されたエビ養殖池	○
7 水路 (Canal / Digging)	農作用や排水用としての水路	×
8 砂浜 (Tidal-flat: Sandy Area)	海岸に面した砂浜（ピナラン森林区のみ該当）	×
9 浅瀬 (Tidal-flat: Shallow Area)	海岸に面した浅瀬（ピナラン森林区のみ該当）	×
10 植林可能砂地 (Sandy-Plantable Area)	海岸に面した砂浜で植林が可能と判断された砂浜（ピナラン森林区のみ該当）	○
11 植林可能干潟 (Mud-fad: Plantable Area)	海岸に面した干潟（ピナラン森林区のみ該当）	×
12 マングローブ植林地 (Mangrove Plantration)	既に、マングローブの植林が実施または計画されている（ピナラン森林区のみ該当）	×
13 イネ科農作地 (Oriza Plantation)	村落住民もしくはNGOによって、イネ科の植物が既に農作され、管理されている（ピナラン森林区のみ該当）	×
14 池 (Water Pond)	雨水を貯留する人工的な池（ピナラン森林区のみ該当）	×
15 村落 (Village)	村落地域（ピナラン森林区のみ該当）	×

(1) カドンカニ森林区

カドンカニ森林区における土地利用調査結果を次表に示す。また、次頁にカドンカニ森林区の土地利用状況図を示す。調査範囲は、およそ 3,020ha であり、土地利用区分としては、植林対象外地として、既存マングローブ林、河川および小川に、植林可能地として、高密度雑木林、低密度雑木林、草地に区分された。

表 2.15 カドンカニ森林区の土地利用状況

林班	調査面積 (ha)	植林対象外地 (ha)				植林可能地 (ha)			
		既存林	河川	小川	計	高密度雑木林	低密度雑木林	草地	計
38	494	86	87	9	182	94	127	91	312
39	210	12	47	3	62	52	45	51	148
40	205	41	12	5	58	38	53	56	147
43	347	34	72	8	114	53	98	82	233
44	614	107	30	16	153	172	200	89	461
45	506	82	52	9	143	140	171	52	363
52	644	11	151	9	171	281	167	25	473
計	3,020	373	451	59	883	830	861	446	2,137

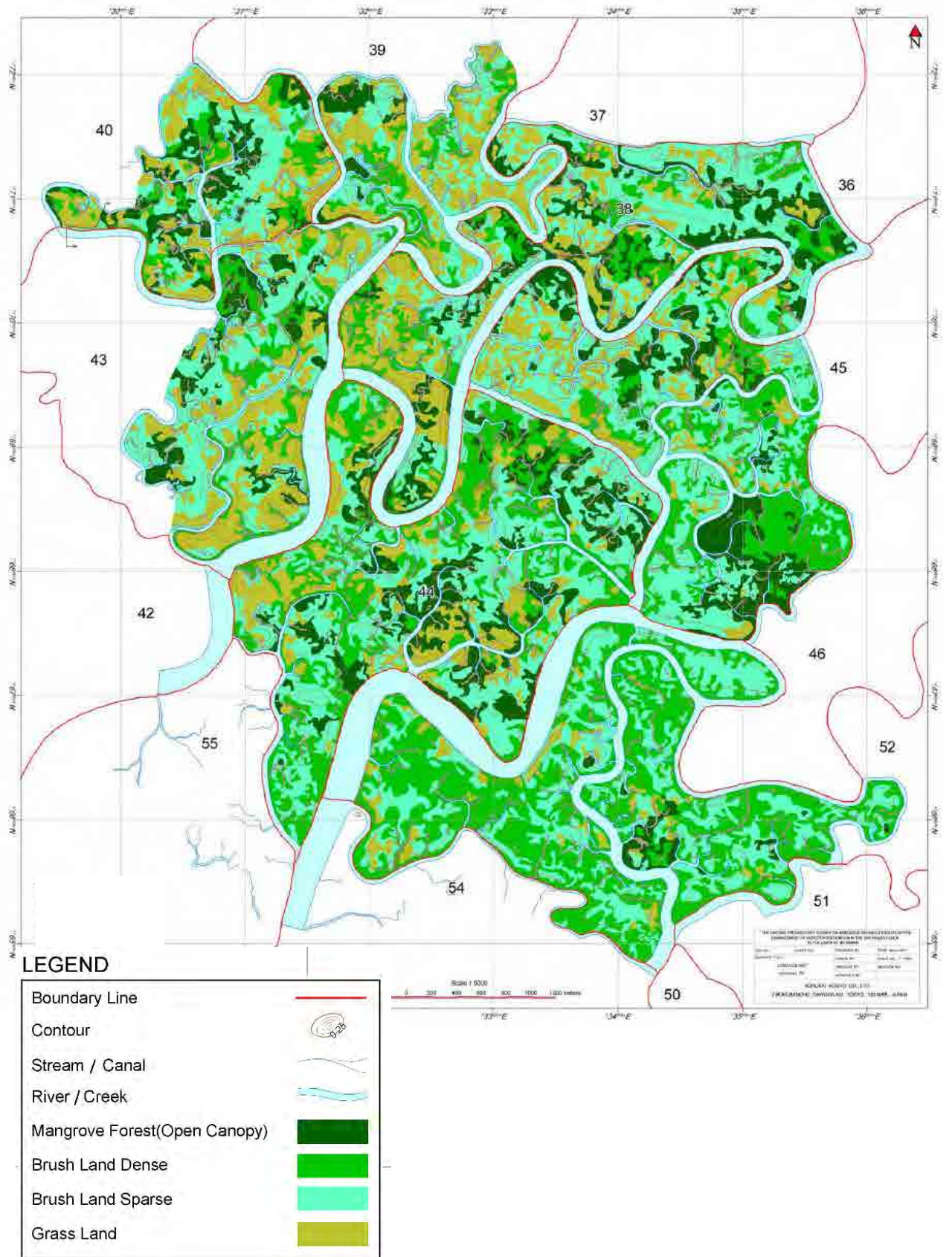


図 2.8 カドンカニ森林区土地利用図

(2) チャカンクインパク森林区

チャカンクインパク森林区における土地利用調査結果を次表に示す。また、次頁にチャカンクインパク森林区の土地利用状況図を示す。調査範囲は、およそ 1,600ha であり、チャカンクインパク森林区における土地利用調査の結果、植林対象地外として、既存マングローブ林、現耕田、河川等に区分され、植林可能地としては、高密度雑木林、低密度雑木林、草地、放置されたエビ養殖池に区分された。

表 2.16 チャカンクインパク森林区の土地利用状況

林班	調査面積 (ha)	植林対象外地 (ha)					植林可能地 (ha)				
		既存林	現耕田	河川	小川	計	高密度雑木林	低密度雑木林	草地	養殖池	計
25	443	71	7	34	11	123	87	127	56	50	320
27	1,193	128	38	100	11	277	291	328	171	126	916
計	1,636	199	45	134	22	400	378	455	227	176	1,236



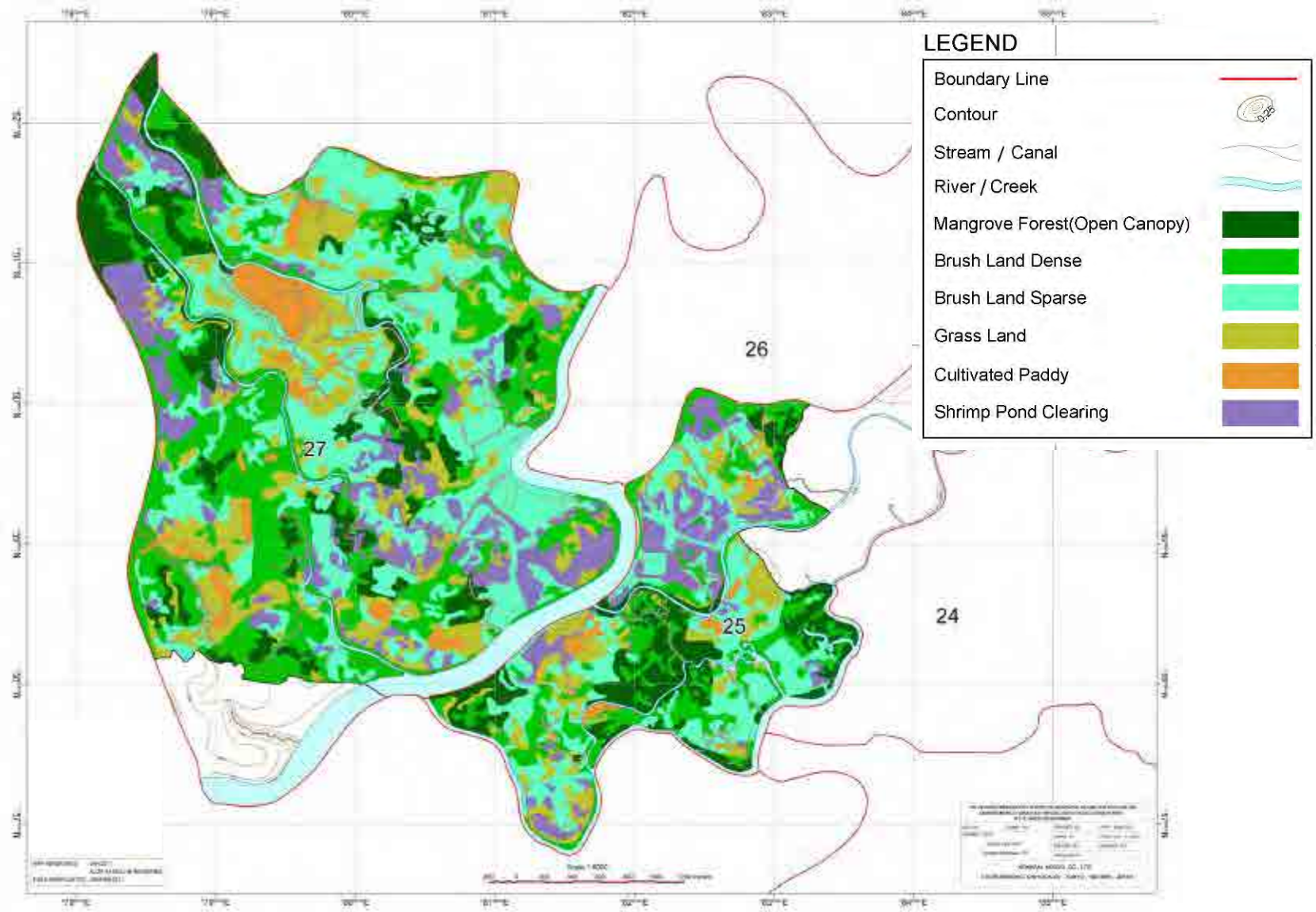


図 2.9 チャカンクインパク森林区土地利用図

### (3) ピナラン森林区

ピナラン森林区における土地利用調査結果を次表に示す。また、次々頁にピナラン森林区の土地利用状況図を示す。当森林区における植林の主目的は、サイクロン、津波、高波等を想定した防災機能発揮であり、本調査は海岸沿いの砂地の約 200m 幅を中心に実施した。その結果、調査範囲およそ 400ha のうち、39ha のみがマングローブ植林可能地であった。なお、林班 67 区における既存植林地は、サイクロン・ナルギス後に植林が実施されている。調査した砂地は、付近に住む住民が雨季における農地利用をしており、砂地における植林可能地はさらに限定された結果となった。



表 2.17 ピナラン森林区の土地利用状況

林班	調査面積 (ha)	植林対象外地 (ha)													植林可能地 (ha)	
		既存林	高密度雑木林	低密度雑木林	草地	現耕田	養殖池	砂浜	浅瀬	干潟	既存植林地	池	村	計	砂地	計
63	182	0	14	12	12	24	5	30	67	0	0	1	5	170	12	12
67	232	1	19	2	17	3	1	50	95	6	9	0	2	205	27	27
計	414	1	33	14	29	27	6	80	162	6	9	1	7	375	39	39

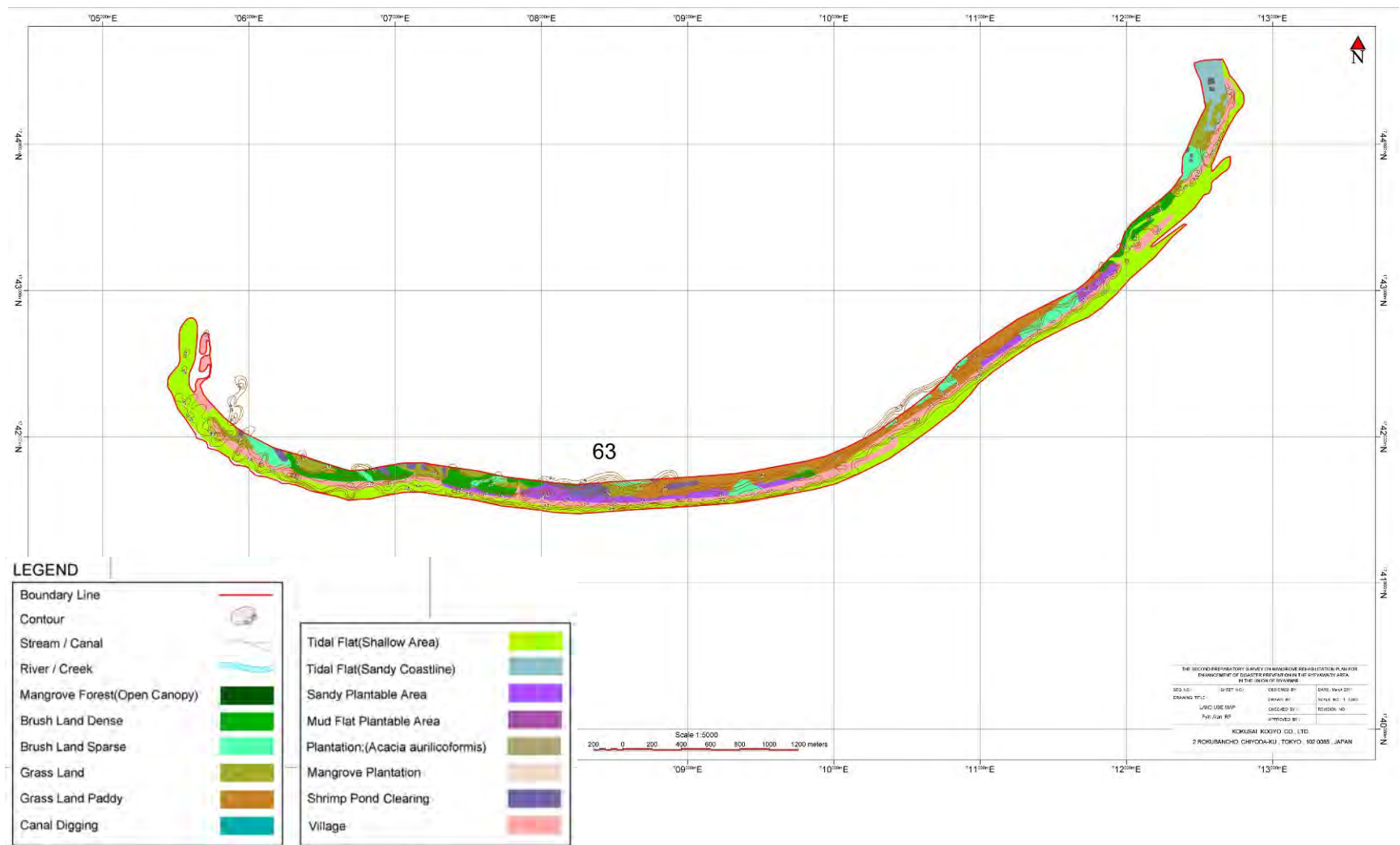


図 2.10 ピナラン森林区（林班 63 区）の土地利用状況図

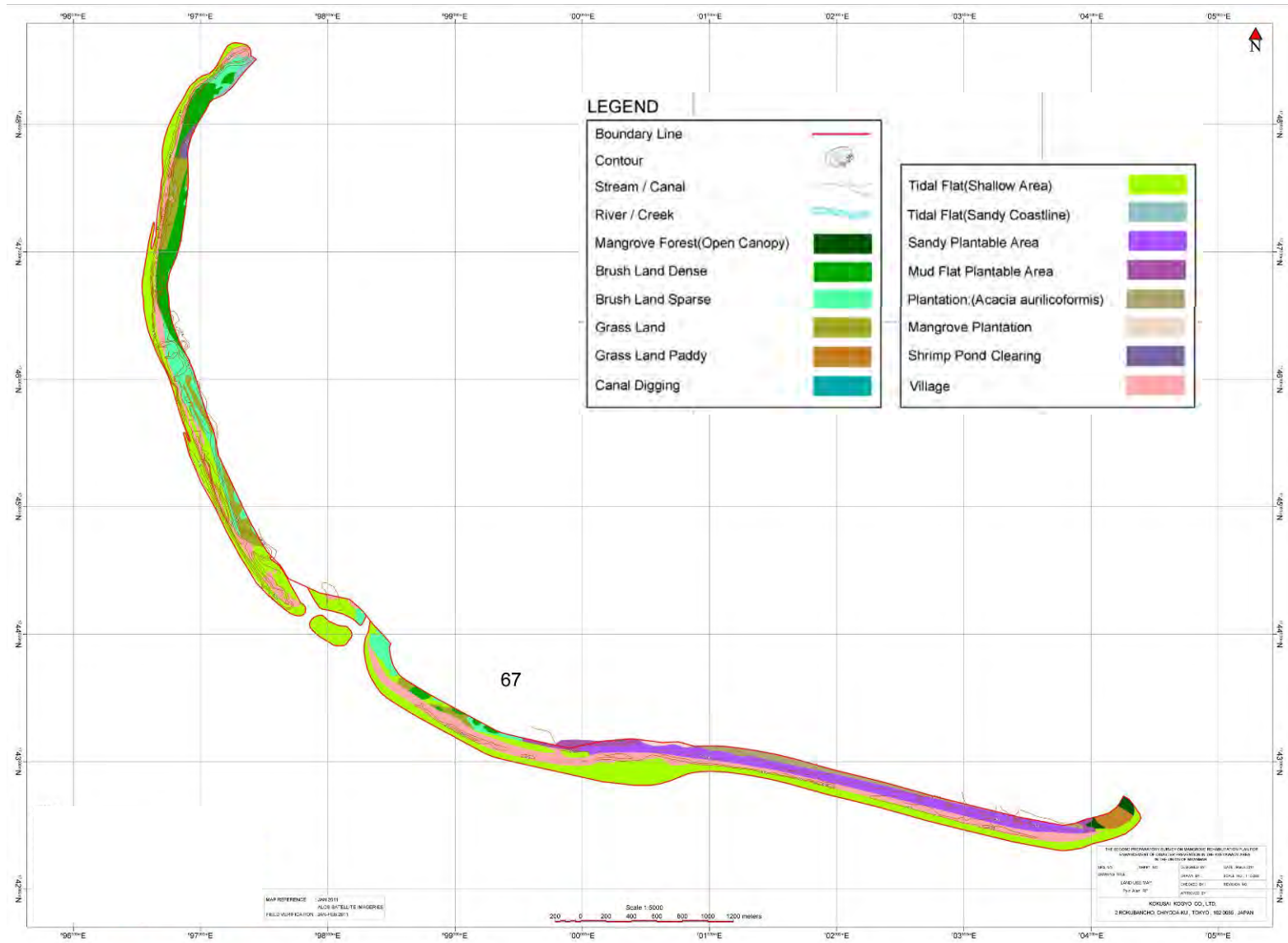


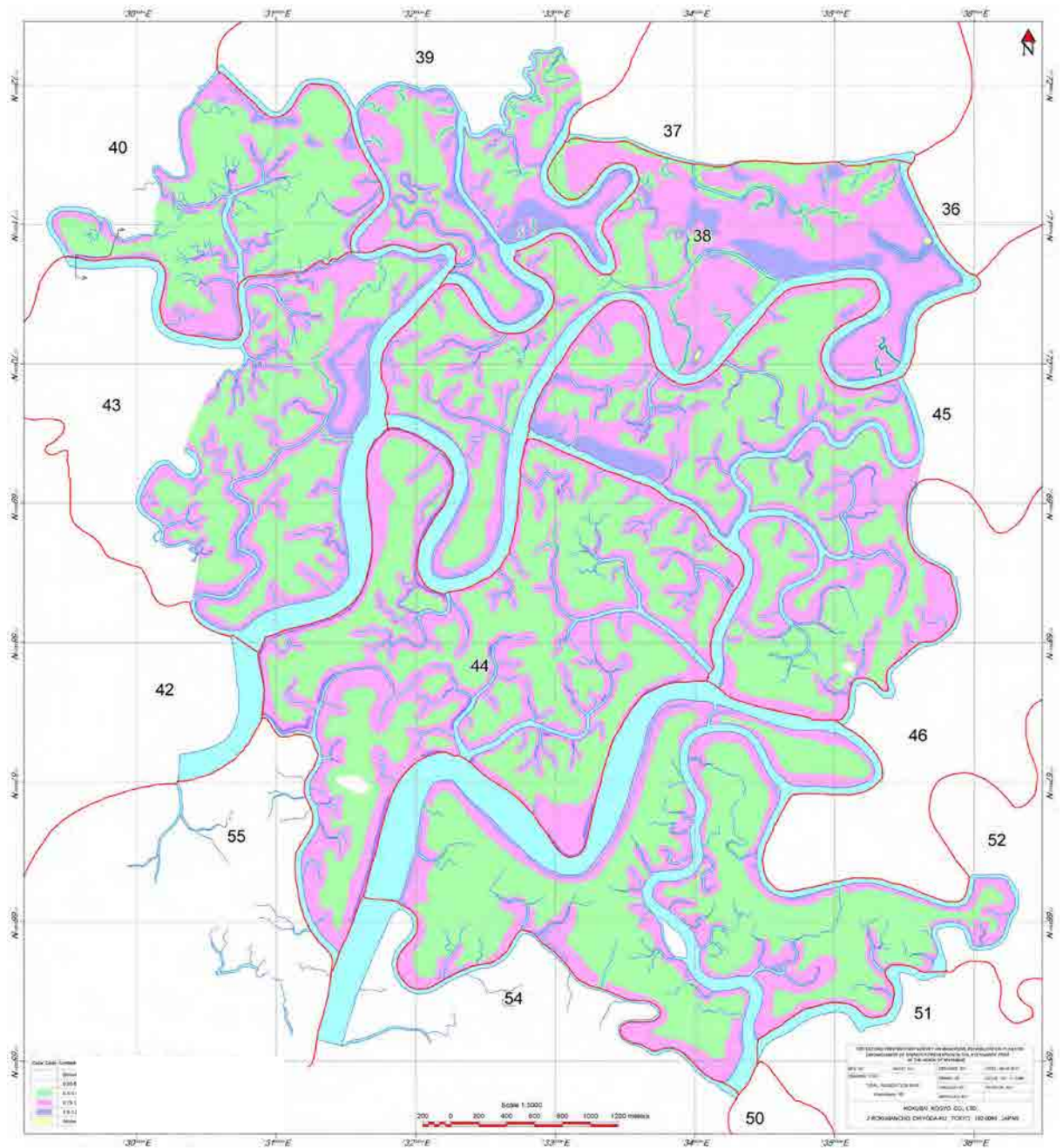
図 2.11 ピナラン森林区（林班 67 区）の土地利用状況図

2-2-2-5 潮位と冠水状況

次表に示す地盤高と冠水頻度によって、プロジェクト対象地の冠水状況を区分した。地盤高と冠水頻度について、次頁にカドンカニ森林区の結果、次々頁にチャカンクインパク森林区の結果を示す。なお、ピナラン森林区は、当初要請では植林候補地であったが、土地利用状況調査の結果から植林候補地としての要請が第1次現地調査期間中に取り下げられたこと、また、本森林区の当初の植林候補地は海岸沿いの砂地であり常時冠水していることから、本森林区の地盤高と冠水頻度図は割愛する。

表 2.18 地盤高と冠水頻度区分

地盤高	冠水頻度
0.25m 未満	少なくとも 20 日/月以上冠水
0.25-0.50m	少なくとも 10-19 日/月冠水
0.50-0.75m	少なくとも 3-9 日/月冠水
0.75-1.00m	少なくとも 2 日/月冠水
1.00-1.25m	乾季に少なくとも 4 回以上冠水
1.25m 以上	雨水による冠水のみ



Color Code	Contour-Elevation	Frequency of Tidal Inundation
	Below 0.25 m	Flooded by all high tides at least 20 days per month
	0.25-0.50 m	Inundated at least 10-19 days per month
	0.5-0.75 m	Inundated at least 3-9 days per month
	0.75-1.0 m	Inundated at least 2 days per month
	1.0-1.25 m	Inundated at least 4 times in dry season
	Above 1.25 m	Inundated by rain water only

図 2.12 カドンカニ森林区における地盤高と冠水頻度





## 2-2-2-6 土壌環境

プロジェクト対象森林区（カドンカニ森林区ならびチャカンクインパク森林区）における土壌特性を把握するために、物理性（含水率、土性、乾燥密度、粒子密度、孔隙率）ならびに化学性（土壌pH、電気伝導度、有機炭素含量、腐植含量、全窒素含量、交換性陽イオン含量、可給態リンおよびカリウム含量）を調査した。ここでは、両森林区における草地および雑木林について、林木の初期成育と密接に関係する土性、土壌pH、電気伝導度、全窒素含量、可給態リンおよびカリウム含量の分析値を概述する。なお、ピナラン森林区は、第1次現地調査期間中に、要請から削除されたため、「2-2-2-5潮位と冠水状況」と同様に土壌環境におけるピナラン森林区の論述は割愛する。

以下の表中の分析結果は、各土地利用区分において複数の地点から採取した土壌について、項目ごとの平均値を求めたものである。また、参考としてカッコ書きで記したコメントは、学術的に明確な分類基準が存在する土性と土壌 pH を除き、一般的な植林が実施される林野土壌の表層と比較したものである。

## (1) カドンカニ森林区

次表に土壌の理化学性を整理した。土地利用の差による理化学性の相違は認められず、一般的なマングローブ土壌表層の特徴を示す。

表 2.19 カドンカニ森林区における土地利用区分別の土壌調査結果

項目	草地 (Grass Land)	低密度雑木林 (Brush land Sparse)	高密度雑木林 (Brush land Dense)
土性	シルト質壤土 (重粘質)	シルト質壤土 (重粘質)	シルト質壤土 (重粘質)
電気伝導度 (S m <sup>-1</sup> )	0.17 (高い)	0.16 (高い)	0.16 (高い)
土壌 pH	6.2 (微酸性)	5.8 (弱酸性)	6.0 (微酸性)
有機炭素含量 (g kg <sup>-1</sup> )	23.7 (低い)	28.3 (低い)	27.5 (低い)
全窒素含量 (g kg <sup>-1</sup> )	2.2 (低い)	2.5 (低い)	2.5 (低い)
有機炭素/全窒素	10.7 (適当)	11.3 (適当)	11.0 (適当)
可給態リン (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g <sup>-1</sup> )	6.9 (低い)	3.1 (低い)	5.4 (低い)
可給態カリウム (mg K <sub>2</sub> O 100 g <sup>-1</sup> )	76.0 (高い)	76.5 (高い)	83.3 (高い)

何れの土地利用区分においても土壌は重粘質であり、シルト質壤土（粘土含量 37.5～50%）に分類された。乾燥時に土壌表層がひび割れを生じていることが観察されたことから、バーミュキ

ユライトに代表される膨潤性の粘土鉱物を多く含んでいることが推測され、植物にとっては保肥力が大きいという利点がある反面、排水性や通気性は不良であることが考えられる。よって、植物根による呼吸は地表面からの大気に依存することから、稚樹を用いた植林に際しては、冠水頻度を十分に考慮する必要がある。

次に土壌の化学性に関しては、海水の影響を受けているために電気伝導度が何れの土地利用区分においても高い。土壌 pH も海水中の硫化物の影響により、微酸性から弱酸性を示した。有機炭素含量ならびに全窒素含量はともに低い、両者の比は 11 前後であり、植物の生育に欠かせない窒素が微生物によって欠乏することはないと考えられる。また、植物が吸収できる化学形態の総称である可給態のリンおよびカリウム含量を調査したところ、リンは海水由来のリン酸カルシウムのみが供給源であるために低い含量を示したと推測されたが、カリウム含量は比較的高く、総じて植林時に施肥を行う必要はない肥沃度であると結論された。

(2) チャカンクインパク森林区

次に、チャカンクインパク森林区における土地利用区分別の土壌調査結果を次表に示す。

表 2.20 チャカンクインパク森林区における土地利用区分別の土壌調査結果

項目	現耕田 (Cultivated-Paddy)	エビ養殖池 (Shrimp pond)	草地 (Grassland)	低密度雑木林 (Brush land、 Sparse)	高密度雑木林 (Brush land、 Dense)
土性	重埴土 (重粘質)	重埴土 (重粘質)	シルト質埴土 (重粘質)	シルト質 埴壤土 (粘質)	シルト質埴壤土 (粘質)
電気伝導度 (S m-1)	0.15 (高い)	0.42 (きわめて高い)	0.34 (きわめて高い)	0.34 (きわめて高い)	0.36 (きわめて高い)
土壌 pH	4.4 (強酸性)	6.7 (中性)	6.1 (弱酸性)	6.1 (弱酸性)	6.3 (弱酸性)
有機炭素含量 (g kg-1)	34.8 (低い)	20.0 (低い)	22.5 (低い)	21.6 (低い)	20.3 (低い)
全窒素含量 (g kg-1)	4.0 (中程度)	2.6 (低い)	2.4 (低い)	2.1 (低い)	2.7 (低い)
有機炭素／全窒 素	8.7 (わずかに低い)	7.7 (低い)	9.4 (わずかに低い)	10.3 (適当)	7.5 (低い)
可給態リン (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 g-1)	1.0 (低い)	5.5 (低い)	5.3 (低い)	8.6 (低い)	4.5 (低い)
可給態カリウム (mg K <sub>2</sub> O 100 g-1)	49.2 (高い)	135.8 (高い)	117.5 (高い)	109.8 (低い)	119.8 (高い)

現耕田およびエビ養殖池は、他の土地利用区分と比較して粘土含量が高かった。一方、雑木林下の土壌に関しては、前述のカドンカニ森林区と比較するとわずかに粘質性が低い傾向を示した。また、化学性については、複数の点でカドンカニ森林区との相違が認められた。現耕田およびエビ養殖池において電気伝導度や土壌pHを始めとする化学性に変化が生じるのは当然のことであるが、草地ならびに雑木林についてはカドンカニ森林区と同様な土地利用区分と比較して、概ね電気伝導度と可給態カリウムが顕著に高い傾向を示した。これは立地条件の差異に基づくものと



考えられる。すなわち、「2-2-2-4土地利用状況」に示した土地利用図から分かるように、当該森林区には河川からの距離が遠い地点において、地盤高の低い場所がカドンカニ森林区よりも広く存在している（黄土色から茶色の凡例）。つまり、河川側からの視線では、内陸側に凹地が広がる微地形を呈している。この立地条件に起因し、季節的に溢水した河川水によって運ばれた塩類が、乾季を経て土壌表面に残積していることが推定される。ただし、マングローブ樹種は一般に塩類耐性が強いいため、植林に際して活着率や生存率への影響は軽微であると考えられる。一方、肥沃度の指標として各形態の窒素、リンおよびカリウム含量を考察すると、土地の利用形態による差異は認められるが、カドンカニ森林区と同様に林木生育の阻害要因となり得る測定値は確認されず、樹種選定を綿密に行うことによって、十分に植林が可能な土壌条件であると結論された。

2-2-3 社会条件

社会条件調査結果の概要を次表に示す。

表 2.21 社会条件調査結果概要

項目		現状等
自然環境	地球温暖化	地域住民はサイクロン・ナルギスによって森林荒廃が進み、天候不順が起きていると感じており、植林事業により好転することを期待している。
社会配慮	非自発的住民移転	植林候補地とした地域には、カドンカニ森林区には村落はなく、チャカンクウィンパク森林区では1村落（Kwinthonesint村）が林班27区の西南端に存在する。
	雇用・生計手段等の地域経済	漁業（主にエビ・カニ）、農業（主にモンスーン稲作）が主な生業である。また、他の産業がなく現金収入の機会は限られている。
	土地利用・地域資源利用	1901年には一帯が木材、薪炭材の生産を目的として保護区に指定されている。しかし、人口の増加や土地の囲い込みにより、森林地帯は徐々に他の土地利用に取って代われ、特に稲作地、家庭菜園、その他の農作物耕作地、魚やエビ、カニの養殖池などに変わっており、今回の調査対象地域では、マングローブ林として残っているのはチャカンクウィンパク森林区（2林班、1644.30ha）では12.2%、カドンカニ森林区（9林班、3,326.68ha）では11.9%のみである。一方、現在耕作されている農地は対象地区内ではチャカンクウィンパク森林区では2.8%のみ、カドンカニ森林区では認められない。 サイクロン・ナルギスによって冠水し耕作不可能となり放棄された農地が草地、藪となっている。また、植林対象地域内に存在する Kwinthonesint 村はその周囲に現存する森林を薪炭材供給源としている。
	社会組織（社会関係資本、地域の意思決定機関）	「ミ」国の村落には平和開発協議会（Peace and Development Council、以下「PDC」）があり、地域住民の合意形成を行う機能を果たしている。その他に消防団、自発的な集まりとして農業グループ、漁業グループ、女性グループ、宗教儀式に関連するグループなどがある。
	既存の社会インフラ、社会サービス	対象地域は陸路交通網が乏しく、住民の移動手段は主に水路に頼っている。電気、水道は村になく、電源としてはバッテリーを利用し、生活用水は井戸及び雨水を利用している。 病院や教育機関に関しては村には NGO により訓練を受けた保健ボランティアと小学校があるのみで、それ以上の公共サービスを受けるためには近隣の Migyaungaing 村、高校や政府系病等をはじめ地方行政機関の整った郡都である Laputta まで出かけるなければならない。
	水利用	村落では雨水や地下水を利用している。
	貧困層・先住民など社会的に脆弱なグループ	「ミ」国の一人あたりGDP（名目）は702ドル（2010年） <sup>10</sup> と推定されている。Kwinthonesint村で「貧困」とされる世帯の年間収入は平均70万チャット（813.95US\$） <sup>11</sup> で70%、「中流」とされる世帯でも100万チャット（1,164.79US\$）で26.9%を占めており、一般的に貧困ラインとされる1日1ドルに満たない暮らしをしている人が96.92%も占めている（一世帯あたり平均3.29人）。また同村の住民は全住民が「ミ」国での最大多数の民族であるビルマ族であり、仏教徒である。
	ジェンダー	女性は、日ごろの生産活動、祭事等の村落の行事において、男性と作業を分担しつつ積極的に参加している。

<sup>10</sup> JETRO 国・地域別情報

<sup>11</sup> 実勢レート（2011年1月末現在）1US\$=860チャット

### 2-2-4 環境社会配慮

本プロジェクトは植林事業の実施に伴い、森林樹種の選定や施設整備による生態系への影響および非自発的住民移転等や、また、サイクロン避難施設建設に伴う自然環境への汚染等の影響の可能性がある。よって、「JICA 環境社会配慮ガイドライン」（2004年4月）においてカテゴリーBに分類されている。

#### 2-2-4-1 「ミ」国側の環境社会配慮制度・組織

1992年、「ミ」国外務省の下に環境問題を掌る National Commission for Environmental Affairs (NCEA)が設立され、環境保全活動に関する市民意識の向上および活動参加の促進、環境保全に関する教育および知識の普及を目的に、ワークショップ、セミナーおよびトレーニングコースを開催してきている。NCEA が環境法および環境影響評価法を準備しているが、立法化には至っていない。また NCEA は、1992年の地球サミットに則った持続可能な開発に対する政府の公約を示す Myanmar Agenda 21 も策定している。

「ミ」国における現行の森林関連の法令には森林法（1992年制定）、野生動植物保護および自然地域保全法(1994年制定)の2つがあり、これらの法律を基に、住民が伝統的な所有権を持ち生活している土地の利用や伝承医療や慣習上必要な林産物の認める一方で、商業的な開発には規制を設け森林保護が実施されている。しかし、これらの法規には環境影響評価の実施に関する条項は含まれておらず、「ミ」国内には環境調査を実施するにあたり準拠すべき法令が現時点ではない。従って、JICA 環境社会配慮ガイドライン（2004年4月）に基づいて環境社会配慮を実施することになる。

#### 2-2-4-2 スコーピング

スコーピング結果を次表に示す。

表 2.22 スコーピング

分類	影響項目	評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	
汚染対策	大気汚染	B <sup>-</sup>	D	工事中：施設建設時における建設機材等の稼働等に伴い、一時的ではあるが大気質の悪化の可能性が想定される。 供用時：周辺環境に影響を及ぼすような汚染は想定されない。
	水質汚濁	B <sup>-</sup>	D	工事中：施設建設時において、工事現場における排水等による水質汚濁の可能性はある。 供用時：周辺環境に影響を及ぼすような汚染は想定されない。
	廃棄物	B <sup>-</sup>	D	工事中：建設残土や廃材の発生が想定される。 供用時：周辺環境に影響を及ぼすような廃棄物の発生は想定されない。
	土壌汚染	B <sup>-</sup>	D	工事中：施設建設時において、工事現場における建設用オイルの流出等による土壌汚染の可能性が考えられる。 供用時：周辺環境に影響を及ぼすような汚染は想定されない。
	騒音・振動	D	D	サイクロン避難施設建設中に騒音、振動の発生は想定されるが、付近に村落が存在せず、影響を受ける住民はいない。

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

	地盤沈下	D	D	地盤沈下を引き起こすような作業等は想定されない。
	悪臭	D	D	悪臭を引き起こすような作業等は想定されない。
自然環境	地球温暖化	D	A+	本事業では荒廃した森林を回復させるため、温室効果ガス削減効果が期待される。
	生態系、生物相	D	B+	本事業による植林は、森林が荒廃し草地となっている現状から地域の自生種であるマングローブを選定し植林してマングローブ林を回復するものであり、より多様な生態系への改善となることが期待される。
	保護区	D	A+	「保護区」（カドンカニ森林区）とされる地域での作業となるが、本事業はサイクロン・ナルギスにより被害を受けた森林を保護区の目的に沿って森林回復を自生種の植林によって目指すものである。
社会配慮	非自発的住民移転	D	D	カドンカニ森林区における、本プロジェクトの植林候補地には村落はなくは存在しない。また、本事業は、原則として既存の土地が住居や農地等として利用されている場合、その土地には植林を実施しない。したがって、本事業による非自発的住民移転は発生しない。
	雇用・生計手段等の地域経済	B+	D	工事中：漁業（主にエビ・カニ）、農業（主にモンスーン稲作）が主な生業であるが、植林対象地域には現在使われている農耕地等は含まれておらず、水際の植林は実施しないため漁場への影響もない。他の産業がなく現金収入の機会も限られている地域での事業実施であり、工事中には植林作業等へ現地労働力を雇用し就労機会を増やすことが期待される。
	土地利用・地域資源利用	D	D	2011年1月の準備調査の時点で農耕地や養殖池等、生業に活用されている土地は植林対象地から除外しており、現行の土地利用の変更を強いるものはない。
	社会組織（社会関係資本、地域の意思決定機関）	D	D	本事業は、森林局が管理する森林区での植林であり、社会関係資本や地域の意思決定機関等への影響はない。
	既存の社会インフラ、社会サービス	D	D	本事業の実施地域は、道路といったインフラが整備されておらず、原則としてボートによる移動となる。河川におけるボートの交通量はほとんどなく、事業実施による交通の妨害はない。また、電気や水道等のインフラ等もまったく整備されていない地域であり、これらに与える影響もない。
	水利用	D	D	付近に村落は存在せず、施工過程で既存の水利権への影響はない。
	事故	D	D	重機の使用の予定はなく、事故の危険性は非常に低い。
	貧困層・先住民など社会的に脆弱なグループ	D	D	本事業は森林局が管理する地域での植林であり、植林事業の実施により負の影響を受ける脆弱なグループはない。
	ジェンダー	B+	D	本事業において、女性が参加する機会は十分にある。
	子どもの権利	D	D	本事業により子どもの権利が阻害されることはない。
	文化遺産	D	D	本事業対象地域に文化遺産は存在しないため、影響ない。
	HIV/AIDS等の感染症	D	D	本事業による影響はない。
	備考： A+/-：大きな正/負のインパクト B+/-：ある程度の正/負のインパクトが予想される C：不明（詳細な調査が求められる。） D：インパクトがない。			

## 2-2-4-3 環境社会配慮調査のTOR

次表に環境社会配慮調査の TOR を示す。

表 2.23 環境社会配慮調査の TOR

環境項目	調査項目	調査手法
大気汚染	① 工事中的の影響	① 施設建設における工事の内容、工法等の確認
水質汚濁	① 工事中的の影響	同上
廃棄物	① 工事中的の影響 ② 建設廃棄物の処理方法	① 施設建設における工事の内容、工法等の確認 ② 現地建設業者へのヒアリング
土壌汚染	① 工事中的の影響	① 施設建設における工事の内容、工法等の確認

## 2-2-4-4 環境社会配慮調査結果

環境社会配慮調査結果を次表に示す。

表 2.24 環境社会配慮調査結果

大気汚染	施設建設時は、基本的に重機による工事ではなく、施工環境上、人力が中心となる。コンクリート現場練りのため、コンクリートミキサーの使用に伴う（動力源としてはジェネレーターのため）、排気ガスが発生する。しかしながら、ジェネレーターは小型サイズのものであるため、影響はない。
水質汚濁	施設建設時に、コンクリート現場練りにより、水の使用は発生するが、水質汚濁を発生させるような排水を伴う工事種目は存在しない。
廃棄物	セメント袋や廃材の発生は想定される。
土壌汚染	基本的に重機による工事ではなく、人力施工が中心である。よって、土壌汚染を発生させるような工事種目、重機の使用はない。よって、土壌汚染は考えにくい。

2-2-4-5 影響評価

分類	影響項目	スコーピング時の影響評価		調査結果に基づく影響評価		評価理由
		工事前 工事中	供用時	工事前 工事中	供用時	
汚染対策	大気汚染	B <sup>-</sup>	D	D	D	「前表参照」
	水質汚濁	B <sup>-</sup>	D	D	D	〃
	廃棄物	B <sup>-</sup>	D	B <sup>-</sup>	D	〃
	土壌汚染	B <sup>-</sup>	D	D	D	〃
	騒音・振動	D	D	N/A	N/A	
	地盤沈下	D	D	N/A	N/A	
	悪臭	D	D	N/A	N/A	
自然環境	地球温暖化	D	A <sup>+</sup>	D	A <sup>+</sup>	
	生態系、生物相	D	B <sup>+</sup>	D	B <sup>+</sup>	
	保護区	D	A <sup>+</sup>	D	A <sup>+</sup>	
社会配慮	非自発的 住民移転	D	D	N/A	N/A	
	雇用・生計手段等の 地域経済	B <sup>+</sup>	D	B <sup>+</sup>	D	
	土地利用・ 地域資源利用	D	D	N/A	N/A	
	社会組織 (社会関係資本、地 域の意思決定機関)	D	D	N/A	N/A	
	既存の 社会インフラ、社会 サービス	D	D	N/A	N/A	
	水利用	D	D	N/A	N/A	
	事故	D	D	N/A	N/A	
	貧困層・先住民など 社会的に 脆弱なグループ	D	D	N/A	N/A	
	ジェンダー	B <sup>+</sup>	D	B <sup>+</sup>	D	
	子どもの権利	D	D	N/A	N/A	
	文化遺産	D	D	N/A	N/A	
	HIV/AIDS 等の 感染症	D	D	N/A	N/A	

2-2-4-6 緩和策及び緩和策実施のための費用

「廃棄物」において、通常通りに施工する分には、建設時に発生したゴミが残置された場合を除き、負の影響となる影響は発生しないものと考えられる。施工現場の建設環境が整理整頓されているか、通常通りに施工しているか、ゴミを周辺に廃棄していないか等のモニタリングは施工監理業務の一部としてコンサルタントが実施することにより、負の影響は回避できると判断される。また、施工監理業務の一部でのモニタリング実施となるため、施工監理費にモニタリング費は含まれている。

## 2-3 その他（グローバルイシュー等）

### 2-3-1 人間の安全保障

本プロジェクトは、JICA が掲げるグローバルイシューのうち、人間の安全保障に該当する。さらに、実践方針の分類としてはグローバル・リスクへの対処に相当し、そのアプローチとしてはリスク・マネジメント（ダウンサイドリスクへの対応）に他ならない。

2004年に発生したスマトラ沖地震に起因するインド洋大津波や、2008年にベンガル湾を襲ったサイクロン・ナルギスにより、当該沿岸地域には甚大な被害が生じた一方で、マングローブ林が有する減災効果（高潮による海水進入の緩和、土地の侵食防止、漂流物の移動防止等）は、世界中の関係機関や科学者の認めるところとなった。

サイクロン・ナルギスによって壊滅的な影響を受けたエーヤーワディ・デルタ地域のマングローブ林の復旧に対し、「ミ」国政府は早期に取り組む意向を示しているが、罹災規模のあまりの広さのために対応が遅延していると言わざるを得ない。恒常的に来襲するサイクロンに対し、本プロジェクトによるマングローブ林の復旧支援は正しく急務である。

本プロジェクトでは植林に供するマングローブ樹種の選定にあたり、適地適木の概念のもと、7つのパラメーターを用いて総合的な判断を下している（詳細は「3-2-1-1マングローブ植林における設計方針」を参照）。選定された樹種はマングローブ植生が示す一般的な帯状配列のうち、水際に近い場所での生育が可能である（次図参照）。これらの樹種による成林は自然堤防としての効果が期待でき、サイクロン来襲時の初期災害の減衰、すなわちダウンサイドリスクへの対応に大きく寄与するものと考えられる。

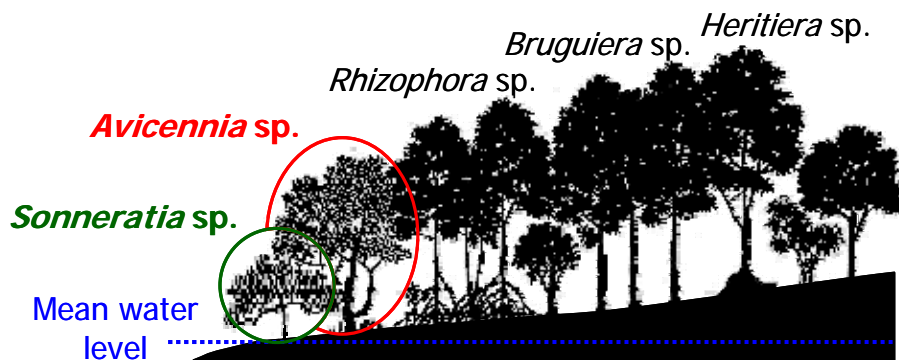


図 2.14 マングローブ植物の帯状配列

### 2-3-2 マングローブ植林による温室効果ガス排出削減効果（炭素吸収量）

マングローブ林は一般的な熱帯雨林と比較し、温室効果ガスで代表される二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の吸収効果は高いと考えられている。しかしながら、マングローブ林における炭素吸収量の算定方法については明確に確立されておらず、ここではマングローブ林を熱帯雨林に置き換え、本プロジェクト実施による、おおよその炭素吸収量を算定する。

本調査では、以下に示す炭素吸収量の推定式を用いる。

$$\text{炭素量} = \text{材積} \times \text{①容積密度} \times \text{②拡大係数} \times (1 + \text{③地下部・地上部比}) \times \text{④炭素含有率}$$

上記の式を用い、例えば下図に示すスギ林における平均的な木の場合、この木に固定されている炭素量は、炭素量 =  $0.28\text{m}^3 \times 314\text{kg/m}^3 \times 1.23 \times (1 + 0.25) \times 0.5 \approx 68\text{kg}$  と推定される。

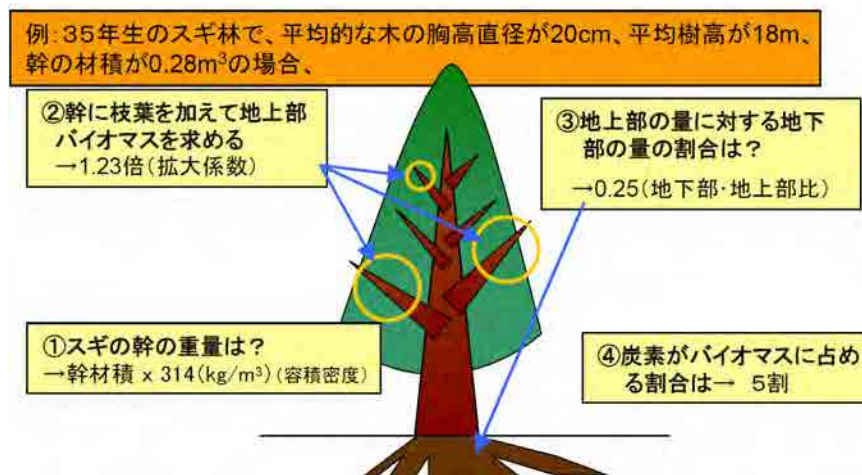


図 2.15 木 1 本に固定されている炭素量推計例<sup>12</sup>

上式と例の考え、及びIPCCガイドライン<sup>13</sup>に基づき、本プロジェクトで実施されるマングローブ植林による炭素吸収量の推計を行う。炭素吸収量推計に使用する係数値等は以下のとおり。

$$\text{地上部年間バイオマス吸収量(Gw)} = 15.0 \text{ tonnes d.m. ha}^{-1}\text{yr}^{-1} \text{ (IPCC ガイドラン Table 4.12)}$$

$$\text{地下部・地上部比(R)} = 0.37 \text{ tonne d.m (tonne d.m.)}^{-1} \text{ (IPCC ガイドラン Table 4.4)}$$

$$\text{年間バイオマス吸収量(Gtotal)} = 15.0 * (1 + 0.37) = 20.55 \text{ tonnes d.m. ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$$

$$\text{炭素含有率 (CF)} = 0.47 \text{ (IPCC ガイドラン Table 4.3)}$$

$$\text{年間炭素吸収量} = 20.55 * 0.47 = 9.66 \text{ tonnes d.m. ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$$

炭素吸収量推計結果を次表に示す。

<sup>12</sup> (独) 森林総合研究所 温暖化対策推進拠点

<sup>13</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume4, IPCC



表 2.25 マングローブ植林による年間当たり炭素吸収量の推計結果（参考値）

植林面積 ①	単位面積当たりの 炭素吸収量②	炭素吸収量③ (①×②)	炭素吸収量 (CO <sub>2</sub> 換算値) (③×3.67)
1,000 ha	9.66 トン/ ha/ 年	9,660 トン/年	35,450 トン / 年

参考に、2009年度における我が国の1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量は8.98トンと推計されている。

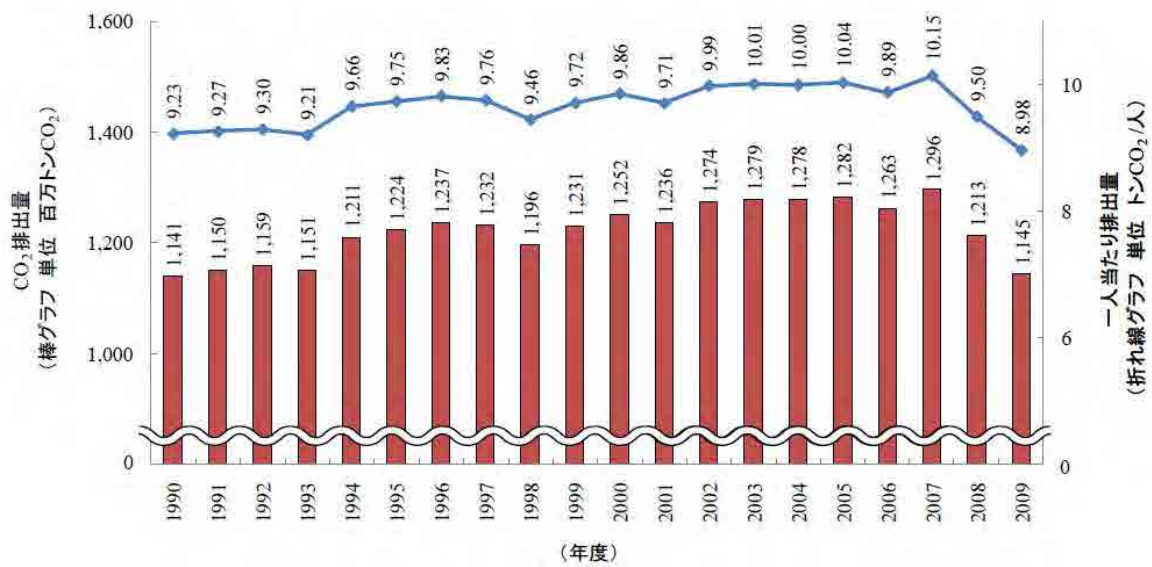


図 2.16 CO<sub>2</sub>総排出量及び1人当たりCO<sub>2</sub>排出量の推移<sup>14</sup>

<sup>14</sup> 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2011年4月、地球環境研究センター



## 第3章 プロジェクトの内容

---



---

## 第3章 プロジェクトの内容

### 3-1 プロジェクトの概要

#### 3-1-1 上位目標

- サイクロン被災地における防災体制が整備される。

#### 3-1-2 プロジェクト目標

- サイクロン被害や伐採等により減少したマングローブ林が復旧され、防災機能が向上する。

#### 3-1-3 プロジェクトの概要

本プロジェクトは、上記プロジェクト目標を達成するために、マングローブ林の植林（カドンカニ森林区：1,154ha）を実施するとともに、森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設（1棟）の建設、管理用車両（2台）並びに管理用ボート（1台）を調達するものである。また、ソフトコンポーネントとして、本プロジェクトで植林されたマングローブ林の管理計画の策定支援等を実施する。これらより、以下の成果が期待できる。

- 暴風雨や洪水による、陸地や堤防の浸食や破壊が防がれる。
- 過去のサイクロンや暴風雨の経験並びに教訓に基づいて策定された、防災計画が実施される。
- 適切なマングローブ林の維持管理により、沿岸生態系や生物多様性が保護・保全される。
- 地域住民に、環境的かつ経済的利益がもたらされる。

#### 3-1-4 協力対象事業

- マングローブ林の造成（カドンカニ森林区：1,154ha）
- 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設の建設（1棟）
- 管理用車両（2台）と管理用ボート（1艇）の調達
- ソフトコンポーネント活動

#### 3-1-5 相手国側の投入計画

- 土地の確保
- 税金負担
- 銀行手数料の負担
- 施工監理協力

## 3-2 協力対象事業の概略設計

### 3-2-1 設計方針

#### 3-2-1-1 マングローブ植林における設計方針

##### (1) 基本方針

##### 1) 植林対象地の植林面積確定方針

プロジェクト当初要請対象植林地域は、2010年6月に実施された協力準備調査（その1）において以下の事項が確認され、本プロジェクトの植林の適正地と判断される。

- ①候補地における植林は、いずれもサイクロン・ナルギス被害後の沿岸部生態系の復旧による防災機能強化というプロジェクトの目的に合致する。
- ②各候補地は森林局の管轄する森林区であり、森林局によればサイクロン・ナルギス以降違法入植が見られず、植林およびその後の保全に関して周辺コミュニティの合意も得られる。
- ③各候補地は技術的に植林可能な場所であり、森林局はある程度の植林技術を有している。
- ④各候補地の植林規模として、防災機能を含む森林の多面的な機能を発揮する上で十分な面積であり、かつ森林局の当該地域における植林実績（年間約1,500ha）に鑑み、労働力の確保の面からも適当と思われる規模である。
- ⑤候補地の隣接地あるいは周辺に、同様の地域があり、本案件の実施がモデルとなり波及効果も期待される。また、森林局はその波及を意図している。

さらに、今回の調査においては、以下の追加方針に基づき、さらに植林計画地を選定する。

- ⑥現在使用中の農地については、計画から除外する。
- ⑦既に50%以上の植生がある地域については、今後自然更新が期待できることから計画から除外する。
- ⑧川沿い等の低い地域は、今後の自然更新が期待できることから計画から除外する。
- ⑨砂地等、全く植生の無い地域は計画から除外する。

## 2) プロジェクト植林対象地と植林面積の確定方針について

本プロジェクトの植林対象地域と植林面積は、次図に示すフローに基づいて確定する。

まず、①当初要請に基づき、各森林区の植林可能地面積を前述の植林面積確定方針に基づき算出した。次に、②算出された各森林区の植林可能地を、各森林区の無償資金協力による植林事業実施の妥当性について評価し、その妥当性評価に基づき、③「ミ」国側から再度、本プロジェクトに対する変更要請が提出された。そして、④その変更要請に基づき、我が国の無償資金協力事業として、マングローブ植林面積とその防災効果等の観点から最適な事業規模（植林対象地と植林面積）について検討する方針とする。

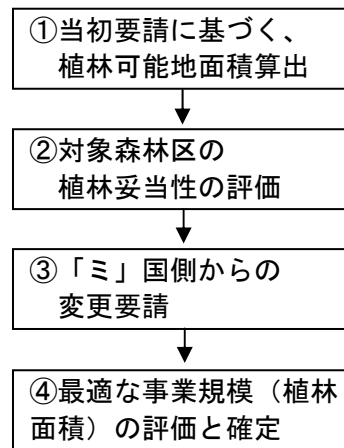


図 3.1 植林対象地と植林面積の確定フロー

### ① 当初要請に基づく、植林可能地面積の算出

第1次現地調査期間中に、植林計画地を選定し、対象森林区に対して次表に示す植林可能地面積が算出された。

表 3.1 当初要請と植林可能地面積

森林区	当初要請	植林可能地面積
カドンカニ	2,400ha	2,137ha
ピナラン	200ha	39ha
チャカンクインパク	800ha	1,236ha
合計	3,400ha	3,412ha

### ② 対象森林区の植林妥当性の評価

上表に示す植林可能地面積は、第1次現地調査後に最終的に算出された値であるが、第1次現地調査期間中に当初要請と異なる植林面積になると判断されたため、「ミ」国側に対し、現状の暫定的な植林可能地面積について説明を行った。具体的には、ピナラン森林区の植林可能地は当初要請の200haに対し、約40ha程度が植林可能であり、40ha程度の面積では同植林地の防災効果は大きく期待できないこと、他森林区の植林対象地と比較し、投入（費用等）

に対する効果が高くないこと等を説明した。また、チャカクインパク森林区では、少なくとも1,200ha程度は植林可能であること、また、カドンカニ森林区では、当初要請の植林面積確保が困難であることを説明した。

③ 「ミ」国側からの変更要請

第1次現地調査後の調査団からの上述の説明を受け、「ミ」国側より、植林対象地変更に対する要請があった。具体的には、ピナラン森林区を計画から除外し、カドンカニ森林区、チャカクインパク森林区の2つの森林区のみを計画対象とし、計画面積は当初要請の3,400haから変更しないという内容であった（次表参照）。

表 3.2 当初要請と変更要請

森林区	当初要請	変更要請
カドンカニ	2,400ha	約 2,300ha
ピナラン	200ha	0ha
チャカクインパク	800ha	約 1,100ha
合計	3,400ha	3,400ha

④ 最適な事業規模（森林区と植林面積）の妥当性の評価と確定方針について

変更要請（前表）に基づき、以下の観点に基づき、植林面積の妥当性を評価し、本プロジェクトとしての最適な事業規模（森林区と植林面積）を確定する。

- マングローブ林の植林による防災効果が発揮されるために必要とされる植林面積
- マングローブ植林に伴う防災効果による裨益人口
- 無償資金協力としての実施サイト（森林区）と面積の妥当性

3) 苗畑仕様設定に関する方針

技プロによって整備された苗畑を使用する事は、本プロジェクト実施期間中に「ミ」国側の植林規模が縮小する事、苗木運搬距離が長くなる事等から困難であると考え。ただし、仮設苗畑の規模・仕様については同苗畑を参考に適正な規模・仕様とする。

(2) 自然環境条件に対する方針

- 計画地域の地盤高は、標高0～1.5m程度である事が判明しているが、計画地内の河川、クreek等の周辺における0.50m以下の地域については、自然更新が期待できる事から計画から除外する。
- マングローブ苗の植栽は雨季（5月～9月頃）を通して実施される事を十分考慮し、工程計画を策定する。
- 育苗は、雨季における集中豪雨、冠水などの影響および乾季における過度の日照、蒸散な



どに注意を払いながら苗畑管理を行う。

- 植林対象地の冠水頻度や土壌条件、また樹種の活着率を考慮したマングローブ樹種選定を行う。

### (3) 社会経済条件に対する方針

土地利用状況調査によって、住民が既に利用している土地、および今後利用する可能性のあることが判明した土地は、植林対象候補地から除外することを先方政府と確認する。

植林を実施するに当たり以下の点を考慮する。

- 本事業の対象地域内には既に定住し、農耕作、漁業等に利用されている土地が点在する。これら住民の生活を保護し、不要な移住を強いることのないよう、現在利用がされている土地は植林対象地には含めない。
- 僻地であり、経済的活動が少なく、現金収入の機会も限られているため、育苗、植栽作業等に、積極的に地元住民を雇用する。
- 地域の女性は、日ごろから生産活動に男性と共に積極的に参画している。本事業においても体力的な差異を考慮しつつ、女性も積極的に雇用する。

なお、ソフトコンポーネント実施に関しては以下の点を考慮する。

- ソフトコンポーネント実施に関し必要なワークショップや会議は、出来る限り農・漁業の繁忙期である雨季を避けて実施する。

### (4) 運営・維持管理に対する対応方針

適正かつ効率的な運営維持管理の実施を図るため、運営維持管理方針を次のとおりとする。

- 無償資金協力によって完成した植林地、施設および調達された機材は全て森林局に帰属する。
- 森林局は、植林地、施設および機材の運営・維持管理の責任機関となり、自らの体制強化を図り統轄管理を行う。
- 森林局は、当該する地域の森林局事務所への十分な予算配分を行い、人材を配置し、植林地の運営・維持管理体制作りを行う。
- 森林局は、自然環境を維持し、かつ住民の生活資源を守るために、植林地、施設など良好な状態に維持する努力を怠らない。
- 森林局は、植林地を中心にして、村落の定期的巡回・視察を行い、地域の植生や伐採、焼畑等の現状を把握し、植林地の維持管理に努める。

**(5) 工法／調達方法、工期に係る方針**

- プロジェクト全体はおよそ4ヵ年を要するので、植林は適正な規模のターム区分による実施とする。
- 植林に必要な施設（育苗施設等）の建設、機材の調達は初年度に実施する。
- 植林地は保育後（除草、補植等）に引渡しを実施する。
- 年次計画は、森林局に対して過負担（予算、人材など）とならないよう配慮する。
- 日本の予算年度（4月～翌年3月）に準じて、植林事業および保育を完成させる。

### 3-2-1-2 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設の設計方針

#### (1) 基本方針

当初、森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設（以下、「サイクロン避難施設」）は、カドンカニ森林区、チャカンクインパク森林区、ピナラン森林区に各1箇所の建設要請であった。具体的な建設場所並びに建設数は当初要請の段階では明確になっておらず、本調査において、各森林区における既存のサイクロン避難施設の規模や位置等の調査を行い、施設規模および建設場所、建設数について検討、決定する。

#### (2) 自然環境条件に対する方針

##### 1) 気象条件

- 建設時期は、雨季における建設作業が困難な時期を十分考慮して設定する。
- サイクロンに対する十分な耐性に配慮した構造とする。屋根はサイクロンによる被害を避ける目的とサイクロン襲来時の避難場所であることを考慮し、鉄筋コンクリートスラブとする。
- 建具は、破損の恐れがあるためガラス製の窓は採用せず、現地で調達が容易な木製の窓を採用する。

##### 2) 風速および地震荷重（設計水平震度）

- 風速は、「ミ」国基準に基づき、55.9m/sec とする。
- 地震荷重は同基準に基づき、0.15Gal とする。

##### 3) 洪水位および潮位

- 本対象地域の想定される最大洪水位はGL+1.80m ～ 3.70m とされている。また、現地調査において、地域住民にサイクロン・ナルギス襲来時の洪水位を確認したところ、GL+0.50m ～ 2.0m 程度であった。これら洪水位を考慮し、避難部分となるフロアレベルの高さをGL+4.50m 程度とする。
- 雨季における高潮位は対象地域において、GL+0.60m 程度であることが現地調査によって確認された。よって、1F部分のフロアレベルを自然潮位に配慮して、GL+1.00m 程度とする。

##### 4) 地盤条件

本対象地域がデルタ地域であることから、軟弱な地盤であることが想定されるが、本施設が洪水時の緊急用避難施設であることを考慮し、本施設の基礎構造に対して、建設費が高価になると想定される大規模な杭工事や地盤改良工事等は実施しない。なお、本デルタ地域における

既存サイクロン避難施設の基礎構造を既存図面や現地聞き取りによって確認したところ、すべて直接基礎が採用されている。

### (3) 社会経済条件に対する方針

維持管理は安易かつ安価（もしくは、ほとんど維持管理費用を必要としない）となる施設設計方針とする。

### (4) 建設事情および建設資材に対する方針

#### 1) 建設事情に対する方針

本対象地域は、サイクロン・ナルギス以降、多くのサイクロン避難施設が建設されており、当該施設の建設の実績を有する建設業者が多く存在する。よって、建設実績を有する一定の建設技術を保有する現地施工業者の活用は問題ない。

#### 2) 建設資材に対する方針

- 「ミ」国内での本プロジェクトで必要とされる建設資材の調達が可能であり、第三国調達を要する建設資材はないことから、建設資材はすべて現地調達とする。
- セメントは、「ミ」国原産もしくはタイ国原産のものが使用されることが想定されるが、品質および流通量に関して、問題はないと考えられる。また、鉄筋に関しては、中国原産のものが使用されることが想定されるが、品質および流通量に関して、問題はないと考えられる。
- 本対象地域は地域特性により、コンクリート練混ぜ用水として、池の水や地下水を利用している。塩害対策の観点から、良質のコンクリート練混ぜ用水確保が、コンクリートの品質確保のために不可欠である。よって、水質検査を確実に実施する方針とし、コンクリート練混ぜ用水としての基準を満たさない塩分濃度が確認される水は使用しない。

### (5) 運営・維持管理に対する対応方針

- 日常においては、運営・維持管理を特に必要としない施設設計とする。
- 緊急時に施設が適切に利用できるような維持管理を森林局にお願いするとともに、日常においては、運営・維持管理を特に必要としない施設設計とする。

### (6) 施設、機材等のグレードの設定に係る方針

- 「ミ」国標準設計や、既存サイクロン避難施設に基づき、必要機能を満たし、耐久性のある最低限のグレードとする。内外装は、モルタル塗ペイント仕上げとする。

**(7) 工法／調達方法、工期に係る方針**

- 少なくとも雨季前に本施設の基礎工事が完了するように工事開始時期に配慮する。
- 一般的で安価な現地調達可能な建設資機材を使用する。
- 植林工事を含めた全体工期の中で、初期の間に建設工事を完了させる。

**3-2-1-3 機材計画における設計方針**

「ミ」国側から要請された機材について、本プロジェクトにおけるマングローブ植林の事業実施計画、ソフトコンポーネント活動、「ミ」国側から提出された本プロジェクトに関する運営維持管理計画、既存の機材等を総合的に勘案して、その妥当性を評価し、協力対象事業としての機材投入の妥当性を検証する。

3-2-2 基本計画（植林／施設／機材計画）

3-2-2-1 マングローブ植林における基本計画

本プロジェクトの植林対象森林区は無償資金協力事業としての実施及び管理の観点、防災効果、植林事業の費用対効果を踏まえて、カドンカニ森林区が妥当と判断し、植林面積は 1,154ha とする（詳細に関しては後述）。

次表にカドンカニ森林区における植林計画の概要を整理する。

表 3.3 カドンカニ森林区における植林計画の概要

地盤高	標高0.75m 未満	標高0.75 m以上
植林樹種	<i>Sonneratia caseolaris</i>	<i>Avicennia officinalis</i>
土地利用区分ごとの植林本数および面積		
高密度雑木林	231,000 本 / 132 ha	418,250 本 / 239 ha
低密度雑木林	499,375 本 / 235 ha	499,375 本 / 235 ha
草地	367,500 本 / 147 ha	415,000 本 / 166 ha
小計	1,097,875 本 / 514 ha	1,332,625 本 / 640 ha
(合計)	(2,430,500 本 / 1,154 ha)	
平均植林密度	2,135.9 本 / ha	2,082.2 本 / ha

【備考】

- 本プロジェクトは防災林の堅実な成林ならびにその後の維持を主目的としているため、植林樹種は各森林区とも標高（標高 0.75m 未満、0.75m 以上）に対し、全ての工程を通じて総合的に最も生育が期待できる各 1 種に絞った。
- 植林樹種の選定にあたっては現存種に対し、優占度、種子の調達難易度、活着率、成長率、サイトマッチング（樹種固有の理想的な生育条件と、植林候補地における実際の環境条件との差異）および防災効果について、それぞれを指標としたランキングを作成した。次に、各指標のランキング位をポイントと見做し、合計することによって樹種ごとの総合点を求めた。さらに、算出した総合点に基づいて「ミ」国森林局と実務レベルの協議を重ね、最終的な樹種の決定に至った。なお、各指標は等価と見做し、係数による重み付けは行っていない。また、選定に供した樹種数が 10 種にも満たなかったため、ランキングに同位は作らず、強制的な序列を成した。
- 各土地利用区分における植林本数は、立木がほとんど現存しない草地の 2,500 本/ha を基準（100）とし、低密度雑木林<sup>15</sup>を 85、高密度雑木林<sup>16</sup>を 70 と設定して算出した。

<sup>15</sup> マングローブおよび他樹木の高さ 2.0m 以上の樹木の樹冠面積が 1ha あたり 60%未満、20%以上。

<sup>16</sup> マングローブおよび他樹木の高さ 2.0m 以上の樹木の樹冠面積が 1ha あたり 60%以上。

## (1) マングローブ植林対象地域における植林面積

マングローブ植林対象地域における植林地の選定および植林可能面積の算出は、以下の手順により実施した。

- ① 2010年および2011年の人工衛星画像（ALOS/AVNIR2）を使用し、あらかじめ植林候補地の現状を把握（植生および土地利用）する。
- ② 現場踏査において人工衛星画像と現状を照合するとともに、GPSを用いて土地利用区分図を作成する。
- ③ RTK（高精度GPS）を用いて対象地域の標高を測定し、地形図を作成する。
- ④ 土地利用区分図および地形図を重ねる事により、植林可能地の選定と面積を算出する。

「3-2-1設計方針」で述べたように、カドンカニ森林区ならびにチャカンクインパク森林区において現在想定される植林可能面積は、それぞれ2,137haならびに1,236haである。両森林区における標高および土地利用区分別の植林可能地の面積をそれぞれ次表に示す。

表 3.4 カドンカニ森林区における植林可能面積の内訳

林班	計 (ha)	標高 0.75 m 未満 (ha)				標高 0.75 m 以上 (ha)			
		高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地	計	高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地	計
38	312	23	47	32	102	71	80	59	210
39	148	15	18	19	52	37	27	32	96
40	147	20	37	34	91	18	16	22	56
43	233	16	54	46	116	37	44	36	117
44	461	78	116	50	244	94	84	39	217
45	363	65	97	29	191	75	74	23	172
52	473	159	120	13	292	122	47	12	181
合計	2,137	376	489	223	1,088	454	372	223	1,049

表 3.5 チャカンクインパク森林区における植林可能面積の内訳

林班	計 (ha)	標高 0.75m 未満 (ha)				標高 0.75m 以上 (ha)			
		高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地/ 養殖池	計	高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地/ 養殖池	計
25	320	77	10	61	148	10	117	45	172
27	916	217	17	109	343	74	311	188	573
合計	1,236	294	27	170	491	84	428	233	745

**(2) 最適な事業規模（森林区と植林面積）の妥当性の評価と確定**

前述の「3-2-1-1マングローブ植林における設計方針」に基づき、変更要請と植林可能地面積に対する、本プロジェクトの最適な事業規模（森林区と植林面積）の妥当性の評価を行い、森林区及び植林面積を確定する。

表 3.6 変更要請と植林可能地面積

森林区	変更要請	植林可能地面積
カドンカニ	約 2,300ha	2,137ha
チャカンクインパク	約 1,100ha	1,236ha
合計	3,400ha	3,373ha

**1) 防災効果を発揮するために必要な植林面積**

マングローブ林の直接的な主な防災効果として、防風と防潮の効果が挙げられ、次表のようにまとめられる。

表 3.7 マングローブ林の防災効果について

防災効果	効果の概要	効果の範囲（広さ）
防風効果	家屋や農作物への強風による被害を軽減する効果	マングローブ林に隣接する地域に限定される。
防潮効果	津波や高潮の被害を減らす効果	効果の範囲はマングローブ林の後背地となり、裨益地域は大きい

具体的には防潮効果は、高波がマングローブ林を通過する際にその波エネルギーを低下させ、波による破壊力（人や家屋等への影響）を弱める効果がある。また、海水とともに流れこんでくる漁船などの様々な漂流物をマングローブ林内に留め、それらが人や家屋などのへの衝突等による被害の減少や、同様に押し寄せた高波が引く際に車両や家屋、家財道具、ときには人が海上へ流されることを防ぐ効果も期待される（サイクロン・ナルギス襲来時には、人がマングローブ林につかまることにより海上へ流されることを回避でき、助かった事例が多い）。

マングローブ林の防災効果は、必ずしも植林面積に比例するとは言えず、植林面積が小さくとも、それに近接する村落は防風効果を期待でき、その後背地は防潮効果を期待できることとなり、防災効果を得るために最低限必要な植林面積を明確に定義することは困難である。よって、本プロジェクトではチャカンクインパクの変更要請面積と無償資金協力事業としての費用対効果を踏まえ、約 1,000ha の確保を本プロジェクトでの植林面積の最小値と設定した。



<参考：マングローブ林の防災効果を記載した文献等について>

マングローブ林の防災効果について記載された文献等について、以下概要を記す。

文献1：「スマトラ沖大地震における樹林の津波防災効果について」

佐々木 寧、田中 規夫、湯谷 賢太郎、サモン・ホモチュエン：埼玉在学紀要 工学部 第38号 2005

概要：2004年12月26日発生 of スマトラ沖地震における、津波に対する現存する海岸林やマングローブ林などの樹林の防災効果を検証している。マングローブ林に関しては、気根を出すマングローブ林や、太い枝を出す低木樹はより津波に対する流勢緩和効果が高いことが示されている。

文献2：「インド洋津波被害とマングローブ」

東京海上日動リスクコンサルティング（株）

概要：マングローブ林の防災効果の説明と、当該地震で発生した津波による被害が、マングローブ林の後背地に住む人々に対しては最小限に食い止められたこと等について記載されている。

文献3：「マングローブ林による波浪減衰効果の実験・数値的検討」

柳沢 英明、横木 裕宗、三村 信男：海岸工学論文集、第52巻、土木学会

概要：マングローブ林を抵抗としてモデル化した数値計算で植林幅、密度と透過率を検討し、植林密度が1本/m<sup>2</sup>のときには幅100m程度の植林で、70%以上の波高が削減できることを明らかにしている。

文献4：「マングローブ林による津波対策」

土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター

概要：津波に対する植生の効果の分類や、マングローブ林の津波や高波に対する効果として、1) ソフトランディング効果：津波に流された人が樹上、枝葉に漂着して助かっている、2) トラップ効果：高木類が流亡せずに残存し、流亡物をトラップし、結果的に背後の物理的破壊力を低減している、3) 避難効果：突然の津波に逃げ場を失った人が樹木に登って助かっている。この場合、低い位置で枝分かれしている広葉樹類が有効である、等を明記している。

2) カドンカニ及びチャカンクインパク森林区における防災効果の裨益人口

カドンカニ及びチャカンクインパク森林区の植林候補地での防災効果からの裨益人口について推定する。

① 防風効果

植林対象地域の近隣の村落に対して、防風効果がある。

カドンカニ森林区の植林対象地付近に 6 村、チャカンクインパク森林区の植林対象地付近では 4 村の存在（内 1 村は植林対象地内）を現地調査で確認しており、植林地に隣接する地域として、防風効果の裨益人口は次表のように推定される。

表 3.8 防災効果の裨益人口推定値<sup>17</sup>

森林区	隣接村落数	裨益人口
カドンカニ	6 村	4,400 人
チャカンクインパク	4 村	3,980 人

② 防潮効果

植林対象地域付近のみならず、津波や高潮、高波の緩和、漂流物を林内にとどめる、高潮や高波時に人が海へ流されるのを防ぐといった効果は、植林地域の住民のみならず、植林地域の後背地も裨益地域となる。

地震による津波やサイクロン襲来時の高波での植林された地域が防潮効果をもたらす後背地域はおおよそ次図の範囲と考えられ、広範囲にわたって、防潮効果が発揮できると考えられる。

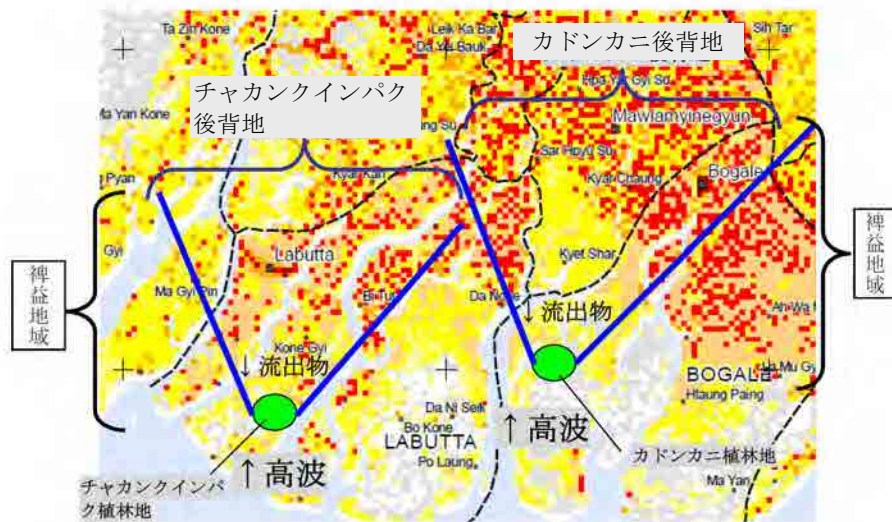


図 3.2 防潮効果の推定範囲（濃い赤ほど人口密度が高い）<sup>18</sup>

防潮効果による裨益人口は上図に基づき、次表のように概算推定された。

<sup>17</sup> 第 1 次現地調査時におけるヒアリングに基づく。

<sup>18</sup> Myanmar Cyclone NARGIS Population Density 2005, MIMU を一部加筆。



察される。

表 3.11 各森林区の人口推移<sup>21</sup>

森林区	2002 年	2009 年	増加	平均増加率
カドンカニ	61,172 人	64,403 人	3,231 人	約 0.74%/年
チャカクインパク	39,984 人	35,293 人	△4,691 人	-

#### 4) 最適な事業規模の妥当性の評価と確定

本プロジェクトの植林候補地の選定にあたって、森林区の観点からはカドンカニ並びにチャカクインパクの両森林区での植林の実施、もしくはどちらかの森林区での植林の実施が考えられる。無償資金協力事業としての実施及び管理の観点からは次表のように評価される。

表 3.12 植林候補地の森林区からの評価

ケース	森林区	評価
1	カドンカニ+チャカクインパク	△
2	カドンカニ	◎
3	チャカクインパク	○

ケース 1 の場合、植林候補地のサイトが 2 つとなり、各森林区を管轄するタウンシップは異なる。上記 2 サイト間の移動はボート以外に移動手段はなく、10 時間以上を要し、さらには人力施工が中心の大規模な植林となり、2 つのサイトが存在する場合、人員増も含め管理（監理）は決して容易ではない。植林の品質の保持や的確な施工の管理（監理）の点から、植林の対象とする森林区は 1 つとすることが望ましい。

次に、ケース 2 とケース 3 の比較であるが、両森林区で同等程度の植林を実施した場合、カドンカニ森林区の裨益人口がチャカクインパクと比較して多いことが推察されている（表 3.8、および表 3.9）。また、現時点では移動手段はボートのみであるカドンカニ森林区において、当該森林区への道路と橋梁の整備が進められており、当該森林区ではインフラの整備と利便性向上に伴い、今後、さらに人口が増加していくと推察され（次頁の参考を参照）、それに伴う植林による防災効果の向上（裨益人口の増加）が見込まれる。また、カドンカニ森林区もしくはチャカクインパク森林区のどちらかを本プロジェクトの植林候補地として選定する場合には、「ミ」国側はカドンカニ森林区を要望している。

以上から、本プロジェクトの植林対象森林区はカドンカニ森林区のみが妥当であると判断する。また、植林面積については、防災効果、植林事業の費用対効果を踏まえ、約 1,000ha 程度を確保することが妥当であると判断する。

<sup>21</sup> VPDCs of Laputta, Bogalay Township and Ah Mar sub-Township (July-Dec 2009)

<参考：カドンカニ森林区への道路及び橋梁整備について>

次図に現在（2011年）のカドンカニ森林区地区への道路・橋梁整備状況を示す。既にカドンカニ森林区の植林候補地の北端まで道路は整備されている。現在、当該北端まで車両による通行を可能にする橋梁の整備が行われている。

また、青色破線で示したように本森林区の南端へ通じる道路が延伸されつつあり、将来的にはカドンカニ森林区を縦断する道路が整備される予定となっている。

橋梁を含む道路整備は、ボートに限定されていたカドンカニ森林区へのアクセスが非常に容易になることであり、その結果、当該森林区の人口は現時点の増加傾向より、高い増加率で人口が増加していく可能性が十分にある。そして、現時点では、カドンカニ森林区はボガレタウンシップの中では人口密度が低い地域ではあるが、人口密度は今後、現時点の傾向よりも早いスピードで、高くなっていくことは、近年のボガレタウンシップの非常に高い人口増加率（10%、次表参照）からも推察される。

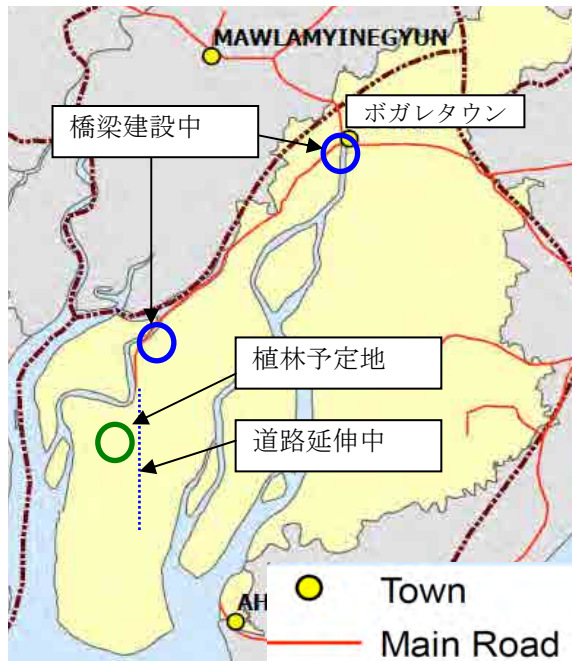


図 3.4 道路および橋梁の整備状況<sup>22</sup>

表 3.13 ボガレタウンシップの近年の人口推移と増加率<sup>23</sup>

タウンシップ	2007年 (ナルギス以前)	2009年	増加	平均増加率
ボガレ	285,909人	349,427人	63,518人	約10%/年

<sup>22</sup> Myanmar Information Management Unit (MIMU), 2009 を一部加筆

<sup>23</sup> Myanmar Information Management Unit (MIMU), 2009



(3) カドンカニ森林区における植林対象林班の選定と面積の確定

当該森林区における植林可能地面積は「表 3.4 カドンカニ森林区における植林可能面積の内訳」のとおりである。また、各林班の位置関係は次図のとおりである（図の青色は河川を示す。）

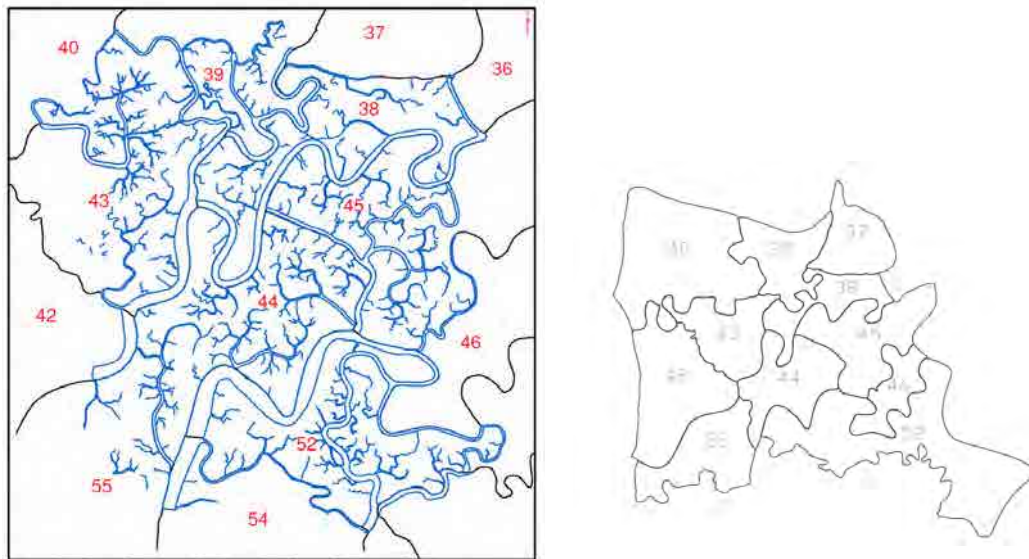


図 3.5 カドンカニ森林区の林班図

ボガレタウンシップの市街地（ボガレタウン）に近いという利点から当該森林区の北部の林班を植林候補地とし、また、防災効果（特に防潮）の観点から、大きな河川に接する林班を植林候補地として選定する。以上より、林班 38 区、39 区、43 区、44 区を植林候補地として抽出した場合、次表のように面積は推計される。植林面積の最小値として設定した約 1,000ha を確保でき、これら林班区を本プロジェクトの植林地とする。

表 3.14 植林対象地（林班）の選定と植林面積

林班	計 (ha)	標高 0.75 m 未満 (ha)				標高 0.75 m 以上 (ha)			
		高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地	計	高密度 雑木林	低密度 雑木林	草地	計
38	312	23	47	32	102	71	80	59	210
39	148	15	18	19	52	37	27	32	96
43	233	16	54	46	116	37	44	36	117
44	461	78	116	50	244	94	84	39	217
合計	1,154	132	235	147	514	239	235	166	640

## (4) マングローブ樹種選定

カドンカニ森林区における現存樹種を次表に示す。

表 3.15 カドンカニ森林区の対象植林地における主な現存樹種

樹種名	現地名	標高
<i>Kandelia candel</i>	BYUEBAINNTAUNT	75cm 未満
<i>Nypa fruticans</i>	DANI	75cm 未満
<i>Sonneratia caseolaris</i>	LAMU	75cm 未満
<i>Sonneratia griffithii</i>	LABA	75cm 未満
<i>Amoora cucullata</i>	PANTTHAKAR	75cm 以上
<i>Brugueira sexangula</i>	BYUESHEWAR	75cm 以上
<i>Ceriops decandra</i>	MADAMA	75cm 以上
<i>Excoecaria agallocha</i>	THAYAW	75cm 以上
<i>Heritiera fomes</i>	KANASO-YAY	75cm 以上

これらの樹種に関し、優占度、種子調達難易度、活着率、成長率、サイトマッチングおよび防災効果を指標としたランキングを作成した。さらにランキング位をポイントと見做し、総合点と順位を算出した。次表に結果を示す。

表 3.16 現存樹種のランキング

樹種	優占度	種子調達 難易度	活着率	成長率	サイト マッ チ ン グ	防災 効果	総合点 (順位)
<i>Kandelia candel</i>	6	3	3	6	7	7	32 (4)
<i>Nypa fruticans</i>	7	7	8	9	9	5	45 (3)
<i>Sonneratia caseolaris</i>	1	1	1	1	1	1	6 (1)
<i>Sonneratia griffithii</i>	5	2	2	2	3	3	17 (2)
<i>Amoora cucullata</i>	3	9	9	5	6	2	34 (4)
<i>Brugueira sexangula</i>	9	5	4	4	5	6	33 (3)
<i>Ceriops decandra</i>	8	6	5	7	8	9	43 (5)
<i>Excoecaria agallocha</i>	4	4	7	8	4	4	21 (2)
<i>Heritiera fomes</i>	2	8	6	3	2	8	29 (1)

この結果から、標高 75cm 未満では *Sonneratia caseolaris* が、75cm 以上では *Heritiera fomes* がそれぞれ植林候補の有力樹種と考えられた。しかし、*Heritiera fomes* は条件的陰樹であるため、本プロジェクトのような開空率の高い地点に幼樹の段階で植林するためには苗畑における育苗期間はもちろん、植林地へ移植した後も継続的な遮光管理が必須である。また、活着率が良好とは言えないため（9 樹種中 6 位）、移植後、一定期間をおいて行う補植数が大きくなる可能性がある。*Heritiera fomes* は有用樹種であるため、先行する技プロにおいても植林方法を模索しているが、現段階では確立に至っていない。ゆえに、当該樹種は本プロジェクトの植林樹種としては不適当であると判断した。また、標高 75cm 以上の他の樹種は、優占度、活着率、成長率等に難点がある。

そこで、対象地の現存種ではないものの、現存種と同属の樹種の中から特長が近く、また、本プロジェクトの至上命題である堅実な成林ならびに管理に合致する樹種を探索した。プロジェクトサイト近隣では、一般に *Sonneratia apetala* や *Avicennia officinalis* が植林する際の樹種として用いられている。森林局による調査の結果（次表）からも、これらの樹種は植林後の生育速度が早く、また活着率も高いことが明らかになっている。

表 3.17 一般的な植林樹種の5年後の平均樹高<sup>24</sup>

樹種	平均樹高 (m)
<i>Sonneratia apetala</i>	15.0
<i>Avicennia officinalis</i>	8.0
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	1.5
<i>Bruguiera sexangula</i>	2.0
<i>Aegiceras corniculatum</i>	3.5
<i>Rhizophora apiculata</i>	3.0
<i>Rhizophora mucronata</i>	3.0
<i>Ceriops decandra</i>	2.0

ここで、最も生育速度が期待できる *Sonneratia apetala* の生育適地は75cm未満の標高であるために、*Heritiera fomes* の代替樹種とすることはできない。ゆえに本プロジェクトでは、*Heritiera fomes* と同一の標高を生育適地とし、生育特長が植林目的と合致する樹種の中から、従来の調査や試行によって植林方法が確立されている *Avicennia officinalis* を標高75cm以上の植林樹種として採用することとする（次表参照）。

表 3.18 カドンカニ森林区における植林樹種

標高 (標高)	樹種名 (現地名)
75cm 未満	<i>Sonneratia caseolaris</i> (Lamu)
75cm 以上	<i>Avicennia officinalis</i> (Thamae Gyi)

<sup>24</sup> 森林局よりデータ提供。



### (5) マングローブの植林工程

本プロジェクトのマングローブ植林工程は主に下図のように大別される。

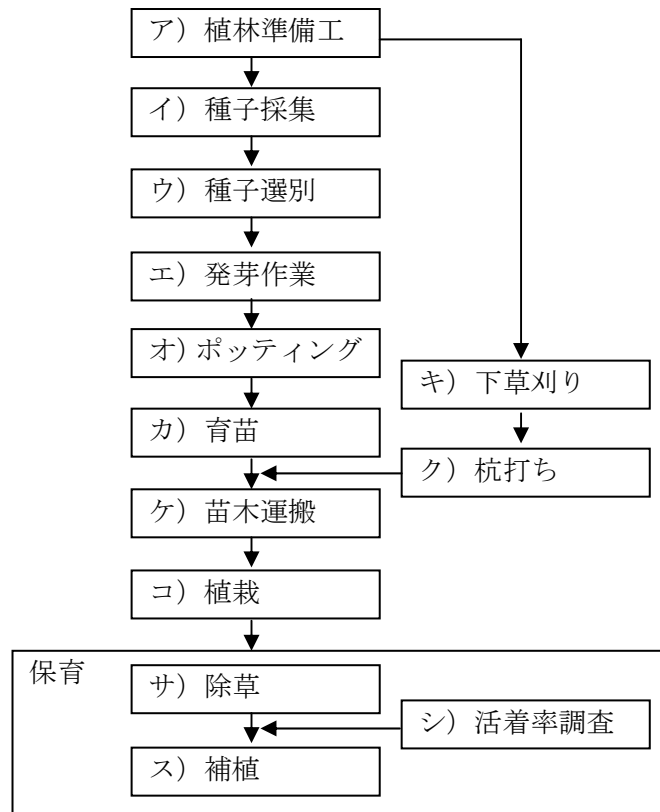


図 3.6 マングローブ植林工事の工程

#### ア) 植林準備工

植林工事を実施するにあたっての、材料および機材調達、仮設工事（苗畑等）、植林箇所の林班測量等が挙げられる。本プロジェクトでは、仮設苗畑の整備を見込み、仮設苗畑の規模・仕様については技プロの苗畑を参考に適正な規模・仕様とする。



図 3.7 植林予定箇所の調査の様子

#### イ) 種子採集およびウ) 種子選別

本植林工事は、苗木を購入するのではなく、採用樹種の種子採集から実施し、それを苗畑で苗木に成長させた後、植栽する方針とする。種子は各樹種の果実を採取し、その果実から種子をと

りです。なお、地盤高 75cm 未満に植栽予定の樹種 *Sonneratia* 属は、ひとつの果実に 70~100 個程度の種子が含まれ、また、地盤高 75cm 以上に植栽予定の *Avisennia* 属はひとつの果実に 1 個の種子が含まれている。

### エ) 発芽作業

育苗施設での苗育成の前段階として、発芽作業を実施する。これは、種子を発芽させるための作業であり、発芽作業には、淡水の灌水が必須になる。本作業は、気候や種子状況にもよるがおよそ 1 ヶ月、要する。

### オ) ポッティング

発芽作業の終えた種子を、用土を充填したポットに埋め込む。その後、ポットを既に準備した苗畑に移動する。

### カ) 育苗

苗畑で、苗木が植林地域に植栽可能となる大きさまで育苗する。苗畑では、自然干満を利用して灌水を実施する。苗畑による育苗は淡水を必要としない。定期的に除草を実施する。



図 3.8 一般的な苗畑（左）と苗畑での除草作業（右）

### キ) 下草刈り

植林対象地域の雑草等の草刈りを実施する。



図 3.9 下草刈りの様子

## ク) 杭打ち (植栽位置出し)

下草刈りを実施済みの植林対象地域において、植栽を行う位置をメジャー、ロープ等を用いて測定、決定し、当該位置に竹杭を打ち込む。



図 3.10 杭打ちの竹 (左) と杭打ちの様子

## ケ) 苗木運搬

苗畑で、十分な大きさに成長した苗木を、植栽地域へ運搬する。苗畑から、植栽地域の近接まではボートによる運搬を行い、その後の当該植栽箇所までは人力による運搬を実施する。

## コ) 植栽

苗木を、既に杭打ちにより定めた植栽箇所へ植栽する。植栽時期は、雨季 (5月～9月頃) となる。



図 3.11 植栽箇所へのポール使用による穴掘りの様子



図 3.12 植栽の様子



### サ) 除草

本作業の目的は、植栽後のマングローブ木を、雑草などの栄養や水分等の競争から守るために行う。本作業は、植栽後、引渡しまでに毎年一度実施する。



図 3.13 スポット除草の様子

### シ) 活着率調査

植栽後一定期間をおいて活着率を調査する（植栽した苗木の枯損を調査し、活着率として算出する）。本調査により、枯損木については、枯死の原因の推定に努めるとともに、諸データの記録を行い、補植作業や次期植栽の参考とする。



図 3.14 活着率調査の様子（写真は学生が授業の一環として参加）

### ス) 補植

本植林工事では、植栽後に活着率調査を実施し、本プロジェクトで植栽した苗木のうちの枯損木は、翌年に補植を一度実施する。



図 3.15 植林完了後の状況

**(6) マングローブ植林本数と植林密度**

本プロジェクトでは、植林における1haあたりの植林密度と本数を次表のように設定する。

表 3.19 植林本数と植林密度

土地利用区分	植林本数	植林密度
高密度雑木林	1,750 (本/ha)	70%
低密度雑木林	2,150 (本/ha)	85%
草 地	2,500 (本/ha)	100%

**(7) 植林実施計画および工程****1) ターム分け**

現時点では11月からの植林工事の実施が想定される。工事は約3.5ヵ年程度を想定しており、次表のようにタームを区分する。

表 3.20 植林工事のターム区分

ターム区分	期間
Term 1	11月～3月 (第1年度)
Term 2	4月～3月 (第2年度)
Term 3	4月～3月 (第3年度)
Term 4	4月～3月 (第4年度)

**2) ターム別の植林面積規模**

1ヵ年において植栽できる本数は、施工の観点や現地での実績から最大1,000ha程度までであると考えられる。本工事の初年度は、植林準備（仮設事務所や苗畑等の建設、整備）等があるため、これら植林準備作業に配慮して、初回の植林面積(Term2)は200～300ha規模とする。

**3) カドンカニ森林区ターム分けとターム別植林面積**

本森林区の植林は、北部の林班から実施していくこととする。また、*Avicennia officinalis* の種子採集の時期は8月～9月に限定されており、一方、*Sonneratia caseolaris* の種子は年中を通して採取可能である。植林工事開始は11月開始を想定していることから、工事開始時期には*Avicennia officinalis* の種子は採集できない。よって、初年度(Term1)は*Sonneratia caseolaris* のみの種子を採集、育苗し、初回の植栽(Term2)は*Sonneratia caseolaris* の植栽を実施する。以上より、次表のように、植栽時期のタームと植林面積、樹種を区分する。

表 3.21 カドンカニ森林区のターム別植林計画

植栽工期	林班	項目	a. <i>Sonneratia caseolaris</i>				b. <i>Aviccenia officinalis</i>				合計
						小計				小計	
Term2	38	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)	32	47	23	102				0	102
		植林本数 (本)	80,000	99,875	40,250	220,125	0	0	0	0	220,125
	39	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)	19	18	15	52				0	52
		植林本数 (本)	47,500	38,250	26,250	112,000	0	0	0	0	112,000
	43	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)	46	54	16	116				0	116
		植林本数 (本)	115,000	114,750	28,000	257,750	0	0	0	0	257,750
合計(Term2)	植林対象面積 (ha)	97	119	54	270	0	0	0	0	270	
	植林本数 (本)	242,500	252,875	94,500	589,875	0	0	0	0	589,875	
Term3	38	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)				0	59	80	71	210	210
		植林本数 (本)	0	0	0	0	147,500	170,000	124,250	441,750	441,750
	39	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)				0	32	27	37	96	96
		植林本数 (本)	0	0	0	0	80,000	57,375	64,750	202,125	202,125
	43	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)				0	36	44	37	117	117
		植林本数 (本)	0	0	0	0	90,000	93,500	64,750	248,250	248,250
	44	植林密度	100%	85%	70%		100%	85%	70%		
		植林対象面積 (ha)	50	116	78	244	39	84	94	217	461
		植林本数 (本)	125,000	246,500	136,500	508,000	97,500	178,500	164,500	440,500	948,500
合計(Term3)	植林対象面積 (ha)	50	116	78	244	166	235	239	640	884	
	植林本数 (本)	125,000	246,500	136,500	508,000	415,000	499,375	418,250	1,332,625	1,840,625	
合計	植林対象面積 (ha)	147	235	132	514	166	235	239	640	1,154	
	植林本数 (本)	367,500	499,375	231,000	1,097,875	415,000	499,375	418,250	1,332,625	2,430,500	

土地利用区分	草地	低密度雑木林	高密度雑木林
植林密度	100%	85%	70%
植林本数 (本/ha)	2,500	2,125	1,750

(注) Term2 及び Term3 の雨季にそれぞれ植栽を実施する。

#### 4) プロジェクトの植林工程

カドンカニ森林区の植林工事工程は以下のとおり。また、次頁に、本プロジェクトの植林工事の概略工程を示す。

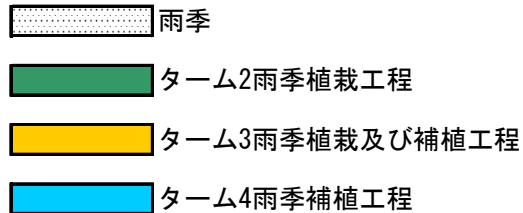
本プロジェクトは、植林面積の規模により、2タームに分けて植栽を実施する。植栽の時期は雨季に制約されており、種子採集や植栽の時期に合わせた育苗の工程管理が必要となる。また、植栽後に保育、活着率調査、活着率調査結果に基づく補植を実施する。

2年度（ターム2）の雨季における植栽が、初回の植栽となる。この植栽時期にあわせ、前年11月から植林準備を開始し、種子採集、育苗、下草刈り等を実施する。3年度（ターム3）が、2度目の植栽となる。植栽翌年度には活着率調査に基づく補植を実施する。

第4年度に、全植林地域の除草と活着率調査を行った後、引渡しを行い、カドンカニ森林区の植林工事が完了する。

表 3.22 植林工事の4ターム概略工程

年度		第1年度					第2年度					第3年度					第4年度													
月		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
ターム		ターム1					ターム2					ターム3					ターム4													
マングロープ植林工事	準備工(発芽床、育苗施設建設含む)	■																												
	種子採集	■																												
	種子選別	■																												
	発芽作業	■																												
	ポツティング	■																												
	育苗	■					■					■					■													
	苗木運搬(ボート、人力)						■					■					■													
	下草刈り	■																												
	杭打ち	■																												
	植栽						■					■																		
	活着率調査																■													
	補植											■					■													
	除草(ターム2植栽分)						■					■					■													
	除草(ターム3植栽分)											■					■													
検査・引渡し																														





## 3-2-2-2 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設の基本計画

サイクロン避難施設の建設箇所と箇所数は次表のとおりとする。

表 3.23 サイクロン避難施設の建設箇所と箇所数

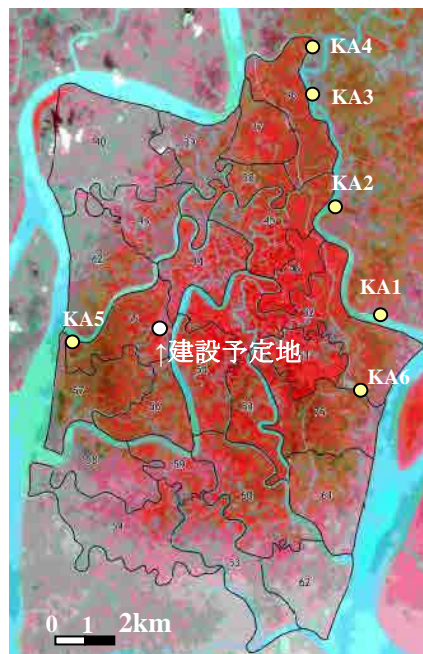
森林区	サイクロン避難施設の建設箇所と箇所数
カドンカニ森林区	林班 55 区、1 箇所
チャカンクインパク森林区	建設しない
ピナラン森林区	建設しない

チャカンクインパク森林区及びピナラン森林区でのサイクロン避難施設の建設は、植林対象地がカドンカニ森林区のみになったため、対象地の選定から除外した。

カドンカニ森林区における既存サイクロン避難施設を調査した結果、本森林区には少なくとも避難施設は 6 施設存在する。位置は本森林区植林対象地域の北東部に多く存在することが確認でき、また、同森林区の西部にも 1 施設存在することが確認できた。

本プロジェクトでは、サイクロン襲来時における住民、植林事業従事者の安全性を高めることと、植林事業未実施の南部地域からの違法伐採を防止するための監視を目的とすることから林班 55 区の東部にサイクロン避難施設を建設することを「ミ」国側と確認した（次図参照）。

収容人数は 150 人とするのが「ミ」国側から本調査中に要請があり、本施設建設予定地付近に大きな村が存在しないこと、付近の植林事業中の避難の場合、携わる作業員が避難する人数としては十分な規模であることから、収容人数の 150 人は妥当と判断される。

図 3.16 カドンカニ森林区サイクロン避難施設建設予定地<sup>25</sup>

<sup>25</sup> KA1～KA6は既存サイクロン避難施設の位置を示す。

次表に、カドンカニ森林区に建設するサイクロン避難施設の基本計画の概要を示す。

表 3.24 サイクロン避難施設の基本計画概要

	仕様等	備考
収容人数	150 人	要請
建設場所	カドンカニ RF 林班 55 区に 1 棟	要請を基に、 現地調査により建設場所を特定した
1 人当り面積	0.45 m <sup>2</sup> /人 <sup>26</sup>	
有効面積 (2F 部)	67.5m <sup>2</sup> 以上	150 人 × 0.45m <sup>2</sup> = 67.5
トイレ	4 施設	150 人 / 40 人/施設
避難時用飲料水等	雨水貯留による確保	
電気	設置しない	
1F フロアレベル	GL +1.00m 程度	GL+0.60m (雨季の想定洪水位)
2F フロアレベル	GL +4.50m 程度	GL+1.80 ~ +3.70 m (想定される最大洪水位)
構造物基礎	マット基礎 (直接基礎)	軟弱地盤 (N=4~5 程度) 対応
構造	鉄筋コンクリート構造 1F フロア吹き抜け	
風荷重	55.9 m/sec <sup>27</sup>	
設計水平震度	0.15Gal <sup>28</sup>	

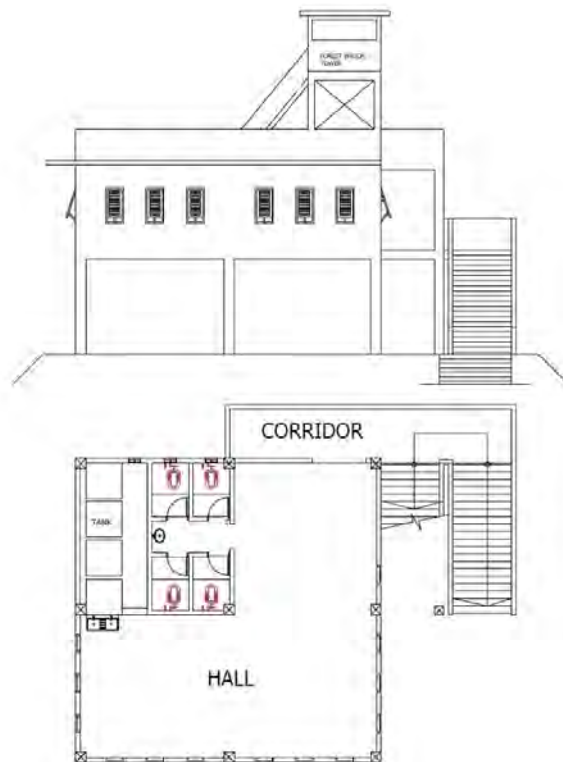


図 3.17 森林監視タワーを併設したサイクロン避難施設概略図 (下段は 2 階フロア平面)

<sup>26</sup> Design Guidelines for Australian Public Cyclone Shelters

<sup>27</sup> 「ミ」国基準 : Myanmar Engineering Society (MES)

<sup>28</sup> 同上

施設の規模設定について、「ミ」国側で明確に統一されたサイクロン避難施設の1人当たり面積の基準は存在せず、また現地調査において、既存シェルターの本面積を算出した結果、およそ $0.10\text{m}^2/\text{人}$ から $0.60\text{m}^2/\text{人}$ 程度であった。既存施設規模、また避難時に大人1人が座れる面積に配慮し、 $0.45\text{m}^2/\text{人}$ のオーストラリア国基準を準用し、本施設の施設規模を設定した。

本施設は、サイクロン襲来時等における洪水時の避難施設であり、サイクロン襲来時には2階フロアに避難する。本施設の想定収容人数150人以上の避難があった場合には、屋上部へ避難することが可能である。通常時における多目的施設としての利用は想定していない。1階フロアはピロティ形式とする。

### (1) 敷地・施設配置計画

本施設建設予定地はマングローブ林が広がるデルタ地域に位置しており、敷地は平坦であり、斜面は含まれない。水道や電気といったインフラは付近にまったく整備されていない。

施設の配置は、本施設の階段正面側を、建設予定地付近に流れる川に対して配置する。本施設への移動手段はボートのみであり、敷地内道路といった建物以外の整備は行わない。

### (2) 建築計画

#### 1) 平面計画

本施設は、ピロティ形式2階建て鉄筋コンクリート構造とする。

2F部をサイクロン襲来洪水時等における避難部屋とする。2F部の有効面積は、前述のとおり、1人当りの面積 $0.45\text{m}^2/\text{人}$ とし、少なくとも $0.45\text{m}^2/\text{人} \times 150\text{人} = 67.5\text{m}^2$ を確保するとし、芯芯で $5.00\text{m}$ の $5\text{m} \times 5\text{m} \times 3$ ブロック $=75.0\text{m}^2$ を避難部屋部分の有効面積とする。

また、トイレおよび給水設備を避難時において利用可能なように、同フロアに設けるとする。なお、給水水源は雨水とし、貯留設備として給水タンクを設置する。

1Fは、吹き抜けのピロティとし、屋上部には森林監視タワーを併設する。

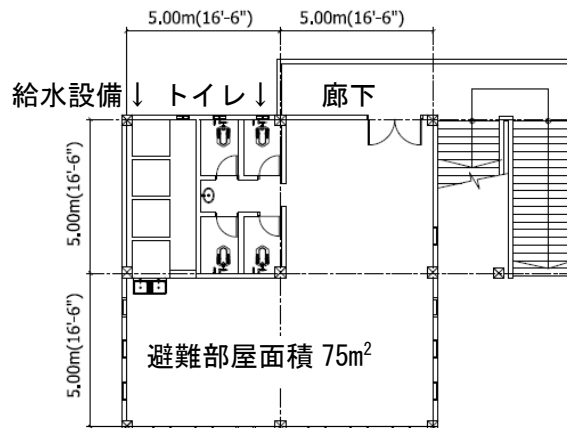


図 3.18 2F 平面計画図

## 2) 断面計画

サイクロン襲来時等の洪水位や雨季における潮位に配慮して、1F レベル GL+1.00m、2F フロアレベル GL+4.50m とする。

## 3) 構造計画

### ① 施設の構造形式

サイクロンや地震に対して十分な耐性を有し、また既存サイクロン避難施設でも一般的に採用されている鉄筋コンクリート構造を採用する。

### ② 適用基準

「ミ」国における鉄筋コンクリート構造建築に対する独自の基準が存在せず、アメリカ国のコンクリート協会基準(ACI)が設計基準として準用されている。本施設計画も、ACI 基準を準用する。

### ③ 使用材料

以下のとおりとする。

- 無筋コンクリート  $f_c' = 15 \text{ N/mm}^2 (2,150 \text{ psi})$
- 鉄筋コンクリート  $f_c' = 21 \text{ N/mm}^2 (3,000 \text{ psi})$
- 鉄筋  $f_y = 315 \text{ N/mm}^2 (45,000 \text{ psi})$

### ④ 積載荷重

以下のとおりとする。

- 避難部屋  $2,900 \text{ N/m}^2 (60.0 \text{ Ib/ft}^2)$
- 廊下  $3,500 \text{ N/m}^2 (70.0 \text{ Ib/ft}^2)$

### ⑤ 風荷重および設計水平震度

「表 3.24 サイクロン避難施設の基本計画概要」のとおり。

### ⑥ 構造物基礎形式

構造物の基礎形式として、直接基礎（独立基礎、マット基礎等）および杭基礎が挙げられる。直接基礎のうち、柱下部に基礎スラブを設置する独立基礎と建物外形の大きさのスラブを設置するマット基礎に大きく分類される。マット基礎は、より軟弱な地盤に適した基礎形式である。

本施設建設予定地の土質調査の結果、基礎支持地盤と想定される許容地耐力は約  $4.3 \text{ t/m}^2$  (N 値=5、シルト質砂層) であった。独立基礎の採用は当該地盤が軟弱なため採用が困難と考えられ、本施設の基礎形式としてマット基礎を採用し、施設荷重が許容地耐力を上回らないよう、

マット部の形状（必要面積）を決定する。

#### 4) 設備計画

- 本施設は、避難時用のため、電気設備は設けない。
- 雨水利用による給水およびトイレ施設を設置する。乾季時の利用は想定しない。

3-2-2-3 機材計画

本プロジェクトにおける協力対象事業として、要請に対しての妥当性の検証結果及び調達の実現性が認められた機材について次表に示す。

表 3.25 機材要請の妥当性検証結果と調達機材

要請機材	調達機材名称	調達	「ミ」国調達目的地
①管理用車両	4WD ピックアップ ダブルキャビン	2台	ヤンゴンプロジェクト本部 (1台) ボガレタウンシップ森林局事務所(1台)
②運搬用車両	調達の必要性が認められず		
③管理用ボート	エンジン付ボート	1台	ビョウムメ森林局キャンプ (ボガレタウンシップ森林局管轄)
④植林準備作業用の重機	調達の必要性が認められず		

(1) 機材計画

1) 管理用車両

本プロジェクトの植林対象地域内の移動はボートによるが、本プロジェクトの全体管理において、本プロジェクトサイトを直接的に管轄するボガレタウンシップ森林局事務所、本プロジェクトの本部が設定される予定のヤンゴン、そして、森林局の本部が位置する首都のネーपीードー各地との移動のための管理用車両が必要となる。

「ミ」国側から提出された本プロジェクトの運営維持管理計画書によると、ヤンゴンプロジェクト本部及びボガレタウンシップ森林局事務所に配置予定の車両の使用日数は次表のようにまとめられる。

表 3.26 管理用車両の計画年間使用日数

管理用車両		使用日数/年
ボガレタウンシップ 森林局事務所用	プロジェクト期間中	298日
	プロジェクト実施後の 運営・維持管理	252日
ヤンゴン プロジェクト本部用	プロジェクト期間中	80日
	プロジェクト実施後の 運営・維持管理	80日

管理用車両（4WDピックアップ）の標準的な年間供用日数である230日<sup>29</sup>を考慮すると、ボガレタウンシップ森林局事務所用の車両は標準的な年間供用日数を超えた使用である。将来的には現在建設中の道路や橋梁が完成することにより、本プロジェクトの植林サイトであるカドンカニ森林区への車両でのアクセスが可能となり、適切なマングローブ林の維持管理への、アクセスのための車両の必要性は認められ、森林局が提示する計画年間使用日数は妥当であると判断される。よって、現時点では当該事務所で管理されている車両がないことから、当該事務所への調達は

<sup>29</sup> 建設機械等損料表、(社)日本建設機械化協会

妥当であると考えられる。

ヤンゴンプロジェクト本部用への管理用車両は、計画されている年間使用日数は80日と、年間供用日数を考慮すると、その日数は少ない。しかしながら、ボガレタウンシップ森林局用の車両は年間における車両使用日数が多いこと、本プロジェクト期間中のソフトコンポーネント実施における管理において、さらに車両使用日数が増加すると想定されること、さらには、今後、カドンカニ森林区への、道路及び橋梁整備による車両での移動が将来的には可能となること等から、将来にわたる総合的観点からヤンゴンプロジェクト本部用への管理用車両の調達は妥当であると判断する。

## 2) 運搬用車両

本プロジェクトの植林対象地域内の交通手段はボートである。よって、苗木等の運搬手段はボートと人力であり、運搬用の車両の必要はなく、調達の必要性はないと判断される。

## 3) 管理用ボート

本プロジェクトの植林対象地域の移動手段はボートである。森林局職員は本プロジェクトの植林対象地域に近接するビョウムメ森林局キャンプを拠点として、本プロジェクトの実施及び管理に携わることとなる。現在、ビョウムメ森林局キャンプ専用の管理用ボートは存在せず、大規模なマングローブ植林工事となる本プロジェクトの実施及び管理においては、専用の管理用ボートが必要となるため、管理用ボートの調達は妥当であると判断する。

## 4) 植林準備作業用の重機

本プロジェクトにおけるマングローブ植林工事は、人力施工で実施される。よって、植林準備作業用の重機の必要はなく、調達の必要性はないと判断される。