

**保全地域における
荒廃地回復技術マニュアル
－養殖地跡地のマングローブ生態系－**

2015 年 1 月



**保全地域における生態系保全のための
荒廃地回復能力向上プロジェクト**

**保全地域における
荒廃地回復技術マニュアル
－養殖地跡地のマングローブ生態系－**

2015 年 1 月



**保全地域における生態系保全のための
荒廃地回復能力向上プロジェクト**

序 文

本回復技術マニュアルは、保全地域における森林生態系の回復の提案としてプロジェクト-RECAにより同プロジェクトの活動成果の一つとして取りまとめられたものである。

プロジェクト-RECA は林業省森林保護・自然保全総局(PHKA)と JICA による技術協力であり、回復実施のための全関係者の能力向上を目的として 2010-2015 年の 5 年間実施された。

スンビラン国立公園内のバニユアシン地域におけるマングローブ林は、養殖池となっており、本回復技術マニュアルは、それら荒廃したマングローブ地域の回復を通じて生態系の改善を図ることを目指している。回復エリアにおいて実施された様々な試行活動は、本回復技術マニュアルを作成する中で主たる材料となっている。

われわれは PHKA 総局、JICA 事務所、スンビラン国立公園事務所、フィールド・マネージャー、作業グループおよび本マニュアルを作成する過程で回復技術向上のための協議や現地でのサジェスチョンを通じて協力をいただいたすべての方々に感謝申し上げたい。

われわれは、本回復技術マニュアルがまだ完全ではないことを知っており、そのため読者からのサジェスチョンやご意見を望んでいる。最後に本回復技術のマニュアルが多くの方々に利用されることを期待する。

2015 年 1 月、ジャカルタにて
作成チーム

目 次

序文	i
目次	ii
作成チーム	v
用語	1
はじめに	5
1. スンビラン国立公園の概況	5
2. マングローブ生態系の荒廃	5
3. 目的	7
4. 回復技術マニュアルの特徴	7
I. 苗畑の造成	7
1. 苗畑の土地の準備	7
2. 播種床および苗木生産場所の造成	8
(1) 播種床	8
(2) 苗床	9
3. 作業小屋の建設	9
4. 日よけの整備	10
5. 苗畑の機材	10
6. 給水施設の整備	11
II. 苗木生産	12
1. 果実/胎生種子の採取	12
(1) 種資源エリア	12
(2) 果実/半胎生種子の採取法	12
(3) 果実/半胎生種子の採取場所	13
(4) 果実/半胎生種子の選定	14
2. 胎生種子の採取	16
(1) 胎生種子の種資源エリア	16
(2) 胎生種子の採取法	17
(3) 胎生種子の採取時期	17
(4) 胎生種子の選定	18
3. 果実/種子の洗浄	21
4. 種子の事前処理	22
5. 播種床とメディアの準備	22
6. ポリバックとメディアの準備	23

7. 播種床への播種	24
8. ファイバーバックによる苗木生産	25
9. 芽生えのポリバックへの移植	26
10. 胎生種子のポリバックへの植え込み	26
11. 播種床の設置	26
12. ポリバックの設置	27
13. 灌水	28
(1) 播種床への灌水	28
(2) ラックに設置した苗床への灌水	28
(3) 地面に設置した苗床への灌水	29
 III. 地ごしらえ	 31
1. 水文および畔の取り払い	31
2. 運搬路の整備	31
3. マーカーの設置	31
 IV. 植林	 32
1. 植栽樹種の決定	32
2. 苗木の基準	33
3. 苗木の環境順化	33
4. 苗木の運搬	33
(1) 苗畑から植林地への運搬	33
(2) 植林地での運搬	34
5. 植栽の実施	34
(1) 胎生種子の直挿し	34
(2) ポリバック/ファイバーバック苗木の植え付け	34
 V. 保育	 36
1. モニタリング	36
2. 改植	36
3. 病虫害対策	37
(1) 苗畑における対策	37
(2) 植林地における対策	37
 VI. 天然更新、天然更新補助作業およびエンリッチメント植林による回復	 39
1. 天然更新	39
2. 天然更新補助作業	39
3. エンリッチメント植林	39

付属資料

1. ベースライン調査結果	42
2. 回復エリアの地図	60
3. 回復植林のモニタリング結果	61
4. 病虫害対策	67
5. 木道と船着場の建設	73
6. マングローブ・トレイルの建設	75
7. 参考文献	77

作成チーム

リーダー	: Hideki Miyakawa	
技術アドバイザー	: Rujito Agus Suwignyo	
秘書	: Sarno	
メンバー	Agus Prabowo	H.T.Larasarti Suyoto
	Alex Ridwan	Jefry Susyafrianto
	Allan Rosehan	Marlenni Hasan
	Anindya Inggita	Mudi Yuliani
	Christine Matakupan	Munandar
	Darsono	Pujiati B udiono
	Desitarani	Riza Kadarisman
	Een Suhendra	Syahimin
	Heron Surbakti	Slamet Riyadi
	Hiroaki Okabe	Syamsuddin
	Hiroyuki Saito	Tatang
		Zulkifli Ibnu

写真協力:

JICA-RECA

TNS

Unsri

荒廃地回復プロジェクト(**PROJECT-RECA**)

林業省森林保護・自然保全総局(**PHKA**):

Direktorat Kawasan Konservasi dan Bina Hutan Lindung.

Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam

Gedung Pusat Kehutanan Manggala Wanabakti Blok VII Lantai 7

Jl. Jenderal Gatot Subroto Jakarta 10270

Telp, 021- 5720229; Fax.: 021- 5720229, Jakarta

JICA-RECA:

Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lantai 6 Wing B No. 617

Jl. Jenderal Gatot Subroto Jakarta 10270

Telp: 021- 57902954 ;Fax :021-5705085

Web :<http://www.jica.go.jp/project/english/indonesia/008/index.html>

用語

移植

芽生えを播種床からポリバックに移し替えること。

エンリッチメント植林

樹高 1m 以上あるいは幹の直径が 2cm 以上の在来樹種の残存木がヘクタール当たり 200-600 本ある回復エリアにおいて、密度の低い箇所の密度を高めるために行う補植作業。

改植

傷ついたり枯死した植林木をすでに準備している新しい苗木に植え替え、植林木の良質を向上させる活動。

グリーンベルト

マングローブが保護され伐採、転用等が禁じられている海浜地域で、海岸をエロージョンから守り、マングローブの機能を維持する目的を持つ。

荒廃マングローブ生態系

樹高 1m 以上あるいは幹の直径が 2cm 以上の在来樹種がヘクタール当たり 1,000 本未満であるか、あるいは周辺の原生林に存在する樹種の 50%未満しか見出されない生態系をいう。

国立公園

原生の生態系を有する自然保全地域で、研究、学術、教育、文化活動、観光およびレクリエーションのために利用され、ゾーニング・システムにより管理される地域(1990 年法律第 5 号「添生物資源と生態系の保全」参照)。

潮の干満地域

常に潮の干満の影響を受ける海浜地域で、砂浜、泥土地、湿原、湾および河口などからなる。熱帯においては当該地域はマングローブ地帯となる。

植林

在来樹種の天然稚樹あるいは種子からの苗木を用いて行う植林活動。植林による回復活動は樹高 1m 以上あるいは幹の直径が 2cm 以上の在来樹種の残存木がヘクタール当たり 200 以下の回復エリアで実施される。

生態系

ある空間の中で相互に依存し、影響を与えあう生物(動植物および微生物)および非生物(土壌、地質、水、大気、気象)の各要素間の相互作用システム。

生態系回復

天然更新、天然更新補助作業、エンリッチメント植林および植林の手法により森林生態系を回復エリアの近辺にある原生的天然林を参照に荒廃以前の状態に再生する試み。

遷移

ある生物のコミュニティが自然のプロセスで徐々に環境を変化させること。

胎生種子

木から落ちる前にすでに発芽している種子で *Rhizophora* 科の樹木に見られる。

天然更新補助作業

樹高 1m 以上あるいは幹の直径が 2cm 以上の在来樹種の残存木がヘクタール当たり 600–1,000 本で、かつ尾などゾーニング内の近隣の天然林に比較して 30%以上の在来樹種が認められる区域を対象とした回復手法で、除伐ゆや水門や畦の一部を開き生育を促進する作業からなる。

苗木

種子あるいは天然稚樹から生育したポリバック内の若い植林木。

苗床

種子/半胎生種子/胎生種子から育成したマングローブ苗木のポリバックを設置する場所。

苗畑

良質な苗木を得るために技術的に生育・保育した稚樹と種子の生育を行う場所。

播種床

マングローブ樹種の種子/半胎生種子を播種するプラスチックのカゴ。

半胎生種子

木から落ちる前に発芽するが、ヒポコチレドン等は種皮に覆われて見えないマングローブ樹種(*Avicennia spp.* *Aegiceras spp.*など)。

保育

下刈、改植、施肥、マルチング、つる切り、病虫害駆除等をつうじて樹木が健全に生育できるように行う保護活動。

フィールド・マネージャー

回復活動を実施することを任務とする者。

マーカー

植栽後誤って苗木を傷つけないように目印とするため、植林木の場所に挿しておく長さ約 1m、直径 1cm 竹の棒。、

マングローブ

潮の干満のある地域において森林コミュニティをなす樹木、灌木、草本、ヤシ類、シダ類などの植物。

マングローブ林

潮の干満の影響を受ける海岸あるいは河口で生育する森林タイプ。マングローブは熱帯あるいは亜熱帯地域の波の影響から守られている海浜地域に多く見られる。

養殖池

魚やエビの養殖の池で、通常、マングローブ地域の人家、道路、海岸近辺に造成される。

略語

FM: フィールド・マネージャー

PHKA: 林業省森林保護・自然保全総局

UPT：技術管理ユニット(国立公園事務所等林業省の地方出先機関)

WG：作業グループ

TNS:スンビラン国立公園

|

はじめに

1. スンビラン国立公園の概況

スンビラン国立公園(以下、TNS という)は、南スマトラ州バニョアシン県東部海岸地域に位置しており、その範囲は南緯 1° 63′ -2° 48′ 、東経 104° 11′ -104° 94′ となっている。TNS の管理は林業省森林保護・自然保全総局のスンビラン国立公園事務所により行われている。同公園の区域は 202,896.31ha で、以前は Terusan Dalam 動物保護区、Tersan Dalam 制限生産林、スンビラン川保護林および周辺の海岸地域であったものが、2003 年 3 月 19 日付林業大臣通達 95 号(No.95/Kpts-II/2003)により国立公園に指定されたものである。

TNS 地域はシベリアから渡ってくる渡り鳥の居留地として重要な役割を果たしている。また、いくつかの希少動物の生息域ともなっている。そのほか、この地域はマングローブ林があるため波と風の影響を和らげ、海岸を浸食から守り、河川から流出する泥土や堆積物を堆積させ、種々の海浜生物の繁殖・養育および生育地となっている。

マングローブ林は海岸から陸地に 35km の区域を持つ TNS 内の最大の生態系となっている。その面積は 2009 年現在、83,447ha であり、これはスマトラ島東部で最大のマングローブ地域である。

2. マングローブ生態系の荒廃地

この地域のマングローブ生態系は養殖池開発によるかく乱を被っている。南スマトラ天然資源保全センターによる調査(2003 年)ではこの地域に 1,425ha の養殖池が確認されている。養殖池活動はスンビラン国立公園が発足する以前の 1995 年に始まっている。養殖池住民は最初の 6-7 年間はエビを養殖していたが、環境の悪化により次第に生産量が落ち、ミルクフィッシュの養殖に切り替え、現在にいたっている。

2010 年の TNS 事務所とスリビジャヤ大学による調査・研究では、この地域に養殖池面積 930ha を確認した。このうち JICA-RECA では 200ha の荒廃地を回復することとなった。回復活動は 2010 - 2015 年の間実施された。

荒廃したマングローブ生態系の回復活動は、気象、地質、土壌構成、水質、植生、風および潮の干満の影響を受ける。そのほか、地域の住民はマングローブ回復の成否を決定する要因である。かれらは地元説明会(sosialisasi)から苗木生産、植林、評価まで各活動において重要な役割を果たすことが期待される。

3. 目的

本回復技術マニュアル作成の目的は、養殖池開墾により荒廃した保全地域における回復活動を実施する全関係者に対し、技術指針を提供し、生態系回復活動が注意深く正確に実施され成果を収めるようにするためである。

4. 回復技術マニュアルの特徴

- (1) 天然更新、天然更新補助作業、エンリッチメント植林および植林の4つの手法で回復を実施する
- (2) 回復エリアにおいて 6-10 マングローブ樹種の混植システムにより植林する。初年度にパイオニア樹種を植栽し、2年目に初年度の植栽木の間にセミ・クライマックスあるいはクライマックス樹種を植栽する。
- (3) 、苗木生産については、マングローブ樹種を2つのグループに分けて扱った。つまり種子および半胎生種子(cryptoviviparous)のグループの樹種(*Avicennia spp.* および *Aegiceras spp.*)は播種床を用いて播種する。一方、胎生種子を持つマングローブ樹種は直接ポリバックに植え込む。
- (4) 種子および半胎生種子を持ついくつかのマングローブ樹種について、洗浄と事前処理の手法を解説した。
- (5) 胎生種子を持つマングローブ樹種について、ファイバー・バック(fiber bag)を利用した苗木生産手法を紹介した。

I. 苗畑の造成

良質な苗木を生産するためには苗畑の造成は重要な段階である。この段階では正確なデータが必要となる。そうすれば満足する結果を得て、最終的に望む効率性が得られる。苗畑造成の計画の中で、ポリバックの総数や苗畑のメディアの必要量を計算するために種子と苗木の需要に関するデータが必要となる。つづいて播種床と苗床および必要労務量を計算する必要がある。そのほかに計画することがらとしては苗畑造成のスケジュールである。

苗畑活動のスケジュール作成については、マングローブ樹種をいつ播種するのか、いつ植栽するのかについて知っておくことが極めて大切である。このことは苗畑での活動の順序と種類を調整し、活動スケジュールを作成するために有効である。苗畑活動の目的は、適期に十分な量のサイズのそろった高品質の苗木を生産することである。この目的は活動の各段階において有能で経験のある作業員が真剣に取り組んだ場合に達成されるものである。

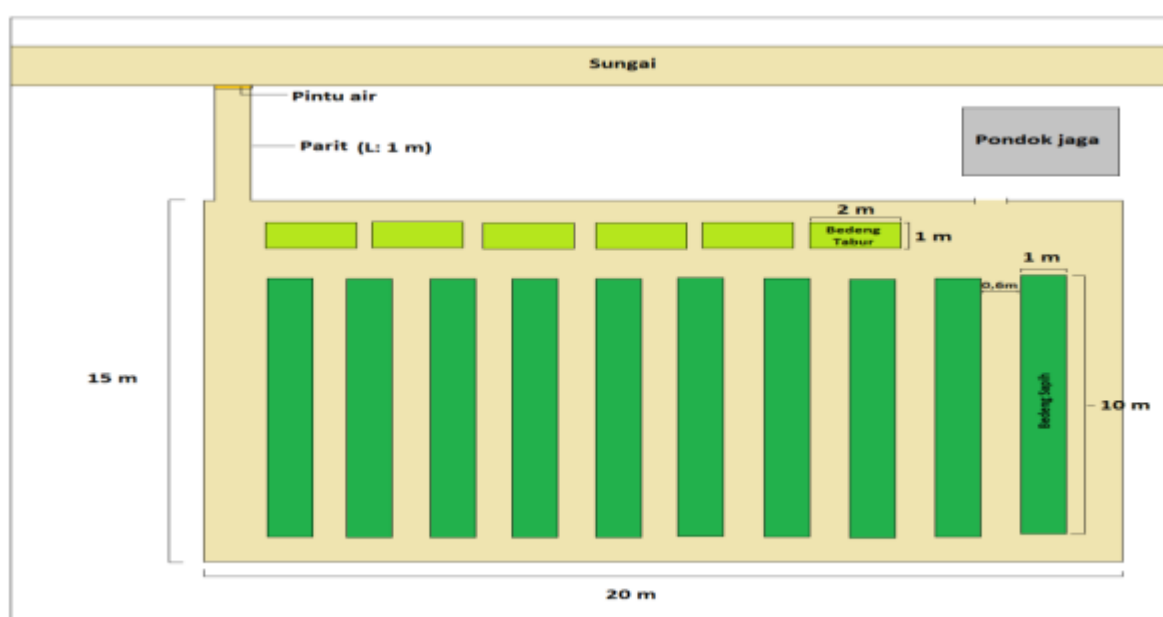


図:1. 苗畑の構造

1. 苗畑の土地の準備

望ましい苗畑の場所は以下のとおり。

- 平坦である
- 潮の干満がある/水源に近い
- 徒歩あるいはボート、車等でアクセスが容易
- 強風や高波を受けない
- 植林箇所に近い
- 種子源に近い

- 労務が容易に得られる
- 保育・管理が容易に行えるよう作業小屋に近い



写真 1: 苗畑は満潮時に水に浸る位置が望ましい。

(スンビラン国立公園サイトにおける苗畑と作業小屋。2014 年 11 月 27 日撮影)

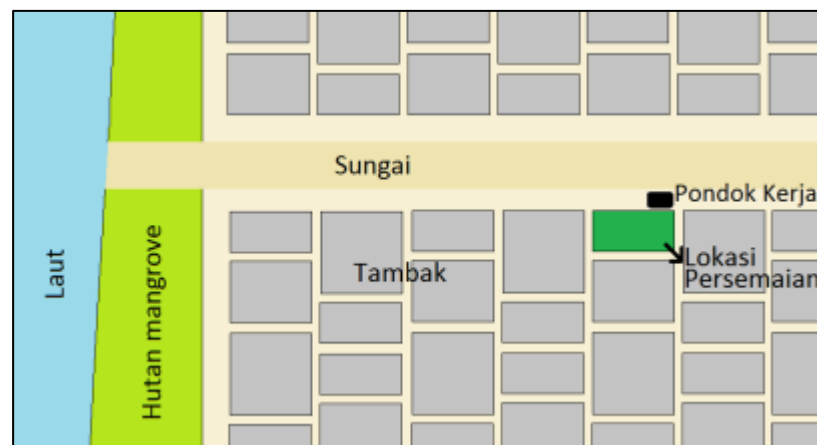


図:2: 苗畑作業小屋および養殖池跡地の位置図

2. 播種床および苗木生産場所の造成

(1). 播種床

播種床は種子および半胎生種子のマングローブを発芽させる場所であり、長さ 60cm、幅 40cm、深さ 8cm のプラスチック製のカゴを用いる。播種床はサイズが 3mx1m、床の高さが最高潮位よ

り10cm 高いラックに設置される。これは播種床が満潮時の潮にさらわれないようにするためである。また、ネズミなどの侵入が予測される場合は、ラックの周辺にネットを張り付け予防する。



写真 2: ラックに設置した播種床

(2) 苗床

苗床は播種床での芽生えを移植したポリバック苗木や胎生種子によるポリバック苗木を設置する場所である。苗床はラックを用いたものと直接、地面に置くものの 2 タイプにわけられる。

(a). ラックを用いた苗床

ポリバックの苗木が高さ 40cm 未満の場合は、ポリバックの苗木が満潮時の潮にさらわれないように、木製のラック内にポリバックを並べる。ラックのサイズは 5mx1m とし、床面の高さは最高満潮時の水位より 10cm 高くする。。ラックの側面の壁はポリバック(高さ 20cm)より 2cm 高くする。これは灌水時にラック内のすべてのポリバックが水に沈むようにするためである。また、ラックの床にはビニールシートを敷き、さらに水抜き栓を取り付ける。

(b)地面に設けた苗床

苗木が 40cm よりも大きくなれば、ポリバックを地面に設けた苗床に設置する。苗床にはポリバック(高さ 20cm)より 2cm 高い壁を取り付ける。これはホースによる灌水時あるいは満潮時にすべてのポリバックが水に沈むようにするためである。苗床には水抜きの水門をつける。また、苗床には苗木の根が突き抜けないう、また、湿度を保つためにビニールシートを敷いておく。土壌が柔らかい場合は、最初にタケで編んだシートを敷いておくことが望ましい。



写真 3: ラックを利用した苗床(左)。地面に直接設置した苗床(右)

3.. 作業小屋の建設

作業小屋はフィールド・マネージャーと作業グループの活動拠点であるほか、来客等を迎える場所としても機能する。



写真 4: 作業小屋

4.. 日よけの整備

日よけは陽光を和らげるために用いられる。パラネットを張ることにより、苗床に設置されたマングローブ苗木に直接、陽光が当たることを防ぐ。日よけは苗木が植栽可能となる時期、つまり、3-4 カ月後、あるいは苗木が 2-3 対の成葉を持つまで維持しておく。

苗畑に用いる日よけの材料は、パラネットあるいはニッパヤシの葉である。それらの材料を木や竹で作った苗畑の屋根に張り付ける。日よけは陽光量を 50-60%にまで減少させることができる。日よけは苗木の植栽準備が整うまで、つまり 4 カ月程度設置しておく。日よけの高さは 2.5-3.0m を基準とするが、苗畑での作業に支障がない高さとする。

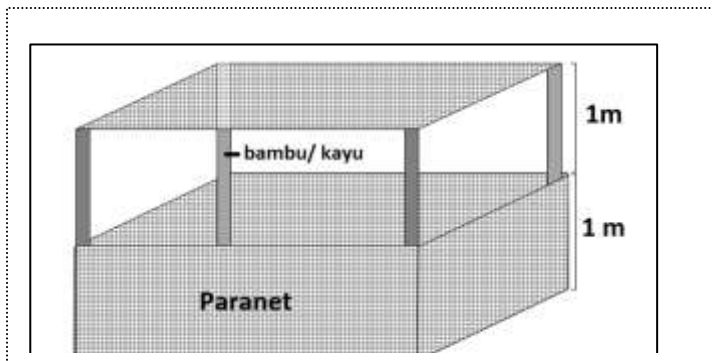


図:3 苗畑の日よけ

5. 苗畑の機材

苗畑で用いる機材は、手押し車、クワ、ナタ、バックパック・ポンプ、作業ノート、カメラ、貯水槽、ピンセット、スコップ、バケツ等である。



写真 5:. 苗畑の機材

6. 給水施設の整備

苗畑で用いる水は井戸、貯水池あるいは満潮時の海水から得る。また、直接河川の水をポンプでくみ上げて利用することもできる。しかし、河川の水を利用する場合は注意が必要である。河川の水が多く泥土を含んでいる場合は、ポンプがすぐに壊れてしまう恐れがある。苗畑での給水を容易にするため、硬いパイプを用いた給水施設を設置することが望ましい。

II. 苗木生産

苗木生産は植林地での直挿しを行わない場合に実施される。苗木生産に必要な作業は、果実/半胎生種子/胎生種子の採取、果実の洗浄、種子の事前処理、播種床およびポリバックのメディア造成、芽生え/苗木の移植、灌水および病虫害対策である。

TNSに分布するマングローブ樹種は、(1)果実、(2)半胎生種子(cryptoviviparous)および(3)胎生種子(viviparous)のむ3グループに分けられる。これらの樹種について苗木生産技術を取り扱う場合、便宜上、(1)果実および(2)半胎生種子のグループ、ならびに(3)胎生種子のグループの2グループに大別して扱う。前者は果実から得られる種子、あるいは半胎生種子を播種床に播種し、発芽した芽生えをポリバックに移植して苗木生産を行う。一方、後者は播種床は用いず、胎生種子を直接ポリバックに植え込み苗木生産を行うものである。

1.. 果実/半胎生種子の採取

(1) 種子源エリア

種子源エリアは回復エリアの近辺で探し、森林の観察、文献調査あるいは地元住民からの聞き取りを通じて確定する。種子源エリアの緯度経度等得られた情報は図面に記載する。

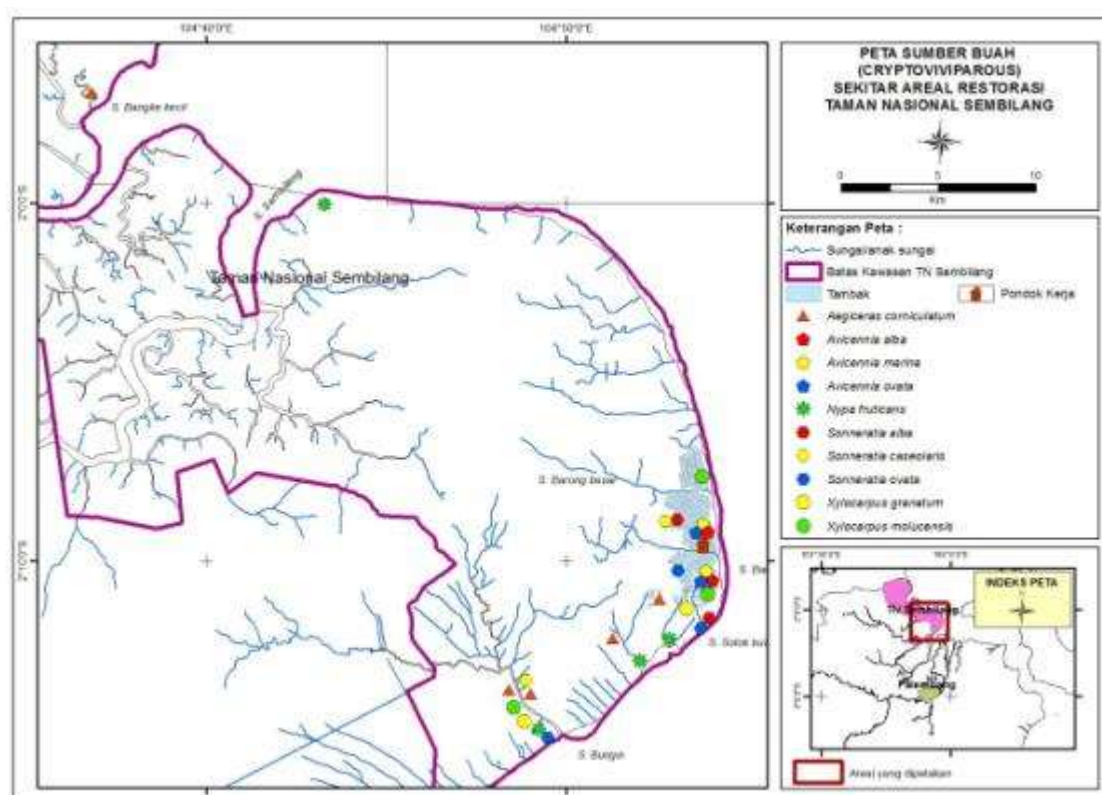


図:4: TNS における果実/半胎生種子の種子源エリアの図面

(2). 果実/半胎生種子の採取法

果実/半胎生種子はナタ等の器具を用いて母樹から直接採取できる。主な方法ではないが、その他の方法としてすでに母樹から落ちた果実を集めることも可能である。しかし、この場合すでに損傷を受けた果実/半胎生種子は避け、質の高いものを採取するよう注意する必要がある。



写真 6.: *Xylocarpus granatum* の果実の採取

(3). 果実/半胎生種子の採取時期

TNS におけるマングローブ樹種の果実/半胎生種子採取時期については表 1 に示す通り。

表 1: スンビラン国立公園における主な果実/半胎生種子の採取時期

番号	樹種	月											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i>												
2.	<i>Avicennia alba</i>												
3.	<i>Avicennia marina</i>												
4.	<i>Avicennia officinalis</i>												
5.	<i>Excoecaria agallocha</i>												
6.	<i>Nypa fruticans</i>												
7.	<i>Sonneratia alba</i>												

8	<i>Sonneratia caseolaris</i>												
9	<i>Sonneratia ovata</i>												
10.	<i>Xylocarpus granatum</i>												
11	<i>Xylocarpus moluccensis</i>												

- (注) 1) *Aegiceras* 属 および *Avicennia* 属 の樹種は半胎生種子 (Cryptoviviparous) を持つ。これらの樹種は播種床を用いて発芽を促進するため種子を持つ樹種と同じグループに入れた。
- 2) *Xylocarpus moluccensis* については再調査が必要である。

(4) 果実/半胎生種子の選定

果実/半胎生種子は成熟したものをを用いる。そうすれば病虫害のない、容易に発芽・生育する質の高い苗木が得られる(第2表)。

表 2: 成熟した果実/半胎生種子の特徴

番号	樹種	特徴
1.	<i>Aegiceras corniculatum</i> 	半胎生種子は鉋の刃のように曲がっており、表面はなめらか。若い時は緑色だが(右)、熟すと赤茶色となる(左)。長さ 3-4 cm、直径 0.5-0.7 cm。
2.	<i>Avicennia alba</i> 	半胎生種子はカシューナッツの形をしており、表面は少し毛がある。若い時は緑色だが、熟すと黄緑色になる(写真はどちらも熟したものの)。長さ 2-4 cm、直径 1.5-2 cm。

番号	樹種	特徴
3.	<i>Avicennia marina</i> 	半胎生種子は卵状で先端が鳥のくちばしのようにとがっている。表面には細かい毛がある。若い時は緑色だが、熟すと黄緑色になる(写真はどちらも熟したもの。)。長さ 1.5-2.5 cm、直径 1-1.5 cm。
4.	<i>Avicennia officinalis</i> 	半胎生種子は卵状で先端が鳥のくちばしのようにとがっている。表面はシワと毛がある。若い時は緑色だが、熟すと黄緑色になる(写真はどちらも熟したもの。)。長さ 2-4 cm、直径 2-2.5 cm。
5.	<i>Excoecaria agallocha</i> 	果実は3つの角をもつ球形をしている。緑色で、表面は革質、濃い茶色の種子が入っている。果実の直径は 5-7mm。
6.	<i>Nypa fruticans</i> 	果実はいくつかまとまって房状となっている。各々の果実は外側が黒色だが、内側は若い時には黄色で(右)、熟すと濃いちゃいりとなる(右)。各々の果実には卵形の種子が一つずつ入っている。種子は濃い茶色で硬く表面はザラザラしている。果実の房は直径が 45 cm、種子の直径は 4-5 cm。

番号	樹種	特徴
7.	<i>Sonneratia alba</i> 	果実は球形で先端が角のように飛びだ出している。花托は果実から離れ水平に開く。果実は緑色で直径 3.5-4.5cm、150-200 個の種子を持つ。果実は熟すと濃い緑色になる。
8.	<i>Sonneratia caseolaris</i> 	果実は球形で先端は角のように飛び出している。花托は果実から離れ反り返る。果実は緑色で光沢がある。直径は 6-8cm で中に 800-1,200 個の種子を持つ。写真はすでに熟した果実。
9.	<i>Sonneratia ovata</i> 	果実は球形で先端は角のように飛び出す。花托は開かずに果実を包む。果実は熟すと黄緑色になり、直径 6-8cm。
10.	<i>Xylocarpus granatum</i> 	果実は球形で直径 10-20cm、重さ 1-2kg。若い時は茶色がかった緑色で、熟すと黄色味を帯びた茶色になる。中に 6-16 個の 6 角形をした木質の大きな種子を持つ。
11.	<i>Xylocarpus moluccensis</i> 	果実は球形で直径 10-20cm、重さ 1-2kg。若い時も熟しても緑色。中に 6-16 個の 6 角形をした木質の大きな種子を持つ。

2. 胎生種子の採取

(1). 胎生種子の種子源エリア

種子源エリアは回復エリアの近辺で探し、森林の観察、文献調査あるいは地元住民からの聞き取りを通じて確定する。種子源エリアの緯度経度等得られた情報は図面に記載する。

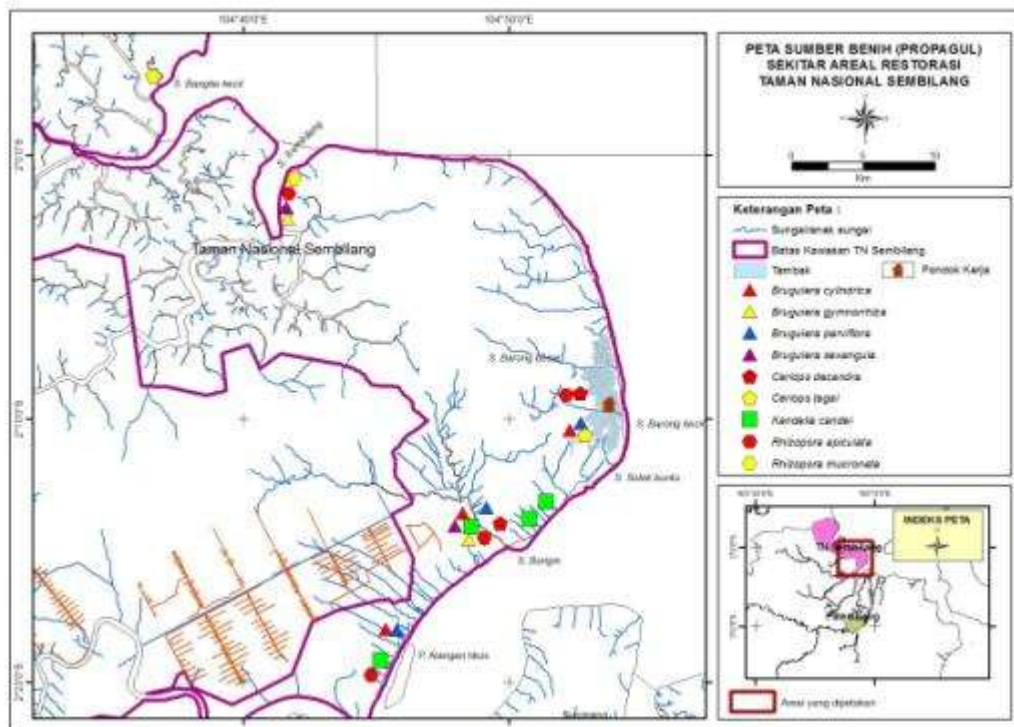


図 5, TNS における胎生種子の種子源エリアの図面

(2). 胎生種子の採取法

胎生種子はナタ等の器具を用いて母樹から直接採取できる。主な方法ではないが、その他の方法としてすでに母樹から落ちた胎生種子を集めることも可能である。しかし、この場合すでに損傷を受けた胎生種子は避け、質の高いものを採取するよう注意する必要がある。



写真 7: 胎生種子の採取

(3). 胎生種子の採取時期

TNS におけるマングローブ樹種の胎生種子採取時期については表 3 に示す通り。

表 3: スンビラン国立公園における主な胎生種子の採取時期

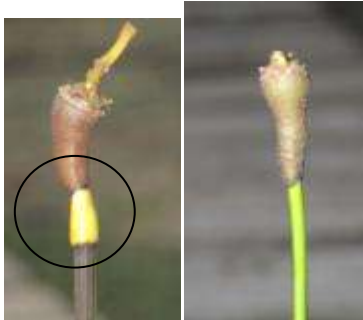
番号	樹種	月											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<i>Bruguiera cylindrica</i>												
2	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>												
3	<i>Bruguiera sexangula</i>												
4	<i>Bruguiera parviflora</i>												
5	<i>Ceriops decandra</i>												
6	<i>Ceriops tagal</i>												
7	<i>Kandelia candel</i>												
8	<i>Rhizophora apiculata</i>												
9	<i>Rhizophora mucronata</i>												

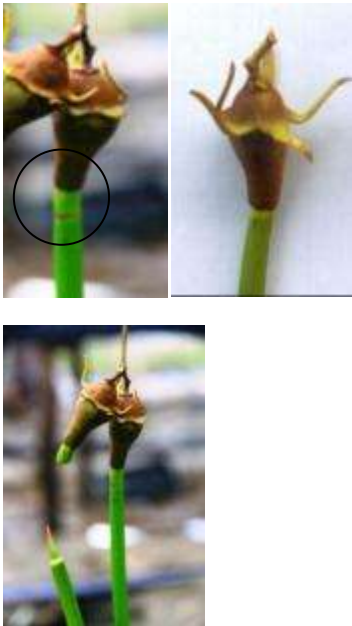
(4) 胎生種子の選定

胎生種子は成熟したものを用いる。そうすれば病虫害のない、容易に発芽・生育する質の高い苗木が得られる。

表 4: 成熟した胎生種子の特徴

番号	樹種	果実/胎生種子の特徴
1	<i>Rhizophora apiculata</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、表面は荒い。長さ 20-40cm、直径 1-2cm で緑色。熟すと赤茶色のコチレドンが現れる(左のリング内)。右はまだ若い胎生種子。
2	<i>Rhizophora mucronata</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、表面は荒い。長さ 40-80cm、直径 1-2cm で緑色。熟すと黄緑色のコチレドンが現れる(左のリング内)。右はまだ若い胎生種子。
3	<i>Bruguiera gymnorhiza</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、先端はとがっていない。若い時は緑色だが(右)、熟すと紫色を帯びる(左)。長さ 12-25 cm、直径 1.5-2 cm.
4.	<i>Bruguiera parviflora</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、やや曲がっており、表面はなめらか。若い時は黄緑色(右)、熟すと紫色を帯びた緑色となる(左のリング内)。ヒポコチレドンの長さは 8-20cm、直径 0.5-1 cm。

番号	樹種	果実/胎生種子の特徴
5	<i>Bruguiera cylindrica</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、しばしば曲がっている。若い時は緑色(右)、熟すと先端部が紫色を帯びる(左のリング内)。ヒポコチレドンの長さは 8-15cm、直径 0.5-1cm。
6	<i>Bruguiera sexangula</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、若い時は緑色(右)、熟すと赤茶色になる(左)。ヒポコチレドヒポコチレドンは長さ 6-12 cm、直径 1.5 -1.8cm。
7	<i>Ceriops decandra</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、先端はブツブツしており荒い。若い時は茶色がかった緑色(右)、熟すと濃緑色となる(右)。ヒポコチレドンの長さは 12-17cm、直径 0.5-0.8cm。熟すと赤茶色のコチレドンが現れる(左リング内)。
8	<i>Ceriops tagal</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で曲がっており、先端はとがる。表面にはブツブツがあり荒い。若い時は緑色(右)、熟すと紫色を帯びる(左)。ヒポコチレドンの長さは 20-30cm、直径は 0.5-0.8cm。熟すと黄色いコチレドンが現れる(左リング内)。

番号	樹種	果実/胎生種子の特徴
9	<i>Kandelia candel</i> 	ヒポコチレドンはシリンダー状で、わずかに曲がっている。表面はなめらかで、緑色。長さは30-35cm、直径 1-1.5cm。熟すと黄緑色のコチレドンが現れる(左のリング内)。

3. 果実/種子の洗浄

*Sonneratia spp.*の果実/種子の洗浄については、以下の方法を用いる。

- 果肉や果皮が種子からはがれやすいよう、果実を水に漬ける。
- 水に浮く種子を選択する。
- 種子について小さなゴミや果皮はフルイや砂を用い洗浄する。
- 得られた種子を紙の上で乾かす。直接、太陽光に当ててはならない。
- 得られた種子は何日間も放置せず、極力速やかに播種する。



写真 8: Foto 8. *Sonneratia ovata* の選定と洗浄。(1) 選定した果実を水に漬ける。(2) 果実は水の中でふやけ、果肉が外れ種子が現れる。水に浮いた種子のみを選定する。(3)砂を手のひ

らに取る。(4)その上に種子を置く。(5)さらに砂を重ね、砂と種子の層を作る。(6)両手を合わせて砂と種子をこすり合わせる。(7)樹液や細かいゴミがなくなった状態。(8) 日陰で乾かす。

表 5: その他樹種の果実洗浄方法

樹種	洗浄方法	備考
<i>Nypa fluticans</i>	房になっている果実を一つづ取り外す。	
<i>Xylocarpus granatum</i> <i>X. molucensis</i>	硬い果皮が割れるまで果実を水に漬けておく。ナイフを使い果皮を取り外す。水に浮き、灰色の斑点を持つ濃い茶色の種子を取り出す。発芽点を確認しておく。	



写真 9. *Xylocarpus granatum*. の選定と洗浄。(1)果実を水に漬け、浮き上がったものを選ぶ。(2)果皮を切る。(3) 果実を手で開ける。(4) 果実を4つに分ける。(5) 種子を取り出す。(6) 種子を水に漬け、浮いたものを選定する。

4. 種子の事前処理

樹種によっては種子/半胎生種子を播種床に播く前に、種子の早期発芽を促すために事前処理を行う。*Aegiceras spp.*の事前処理については、まず、半胎生種子の上部の覆いを外し、つぎに下部の先端をわずかに折る。その後、折った先端部をわずかにメディアに挿しこんで播種する。

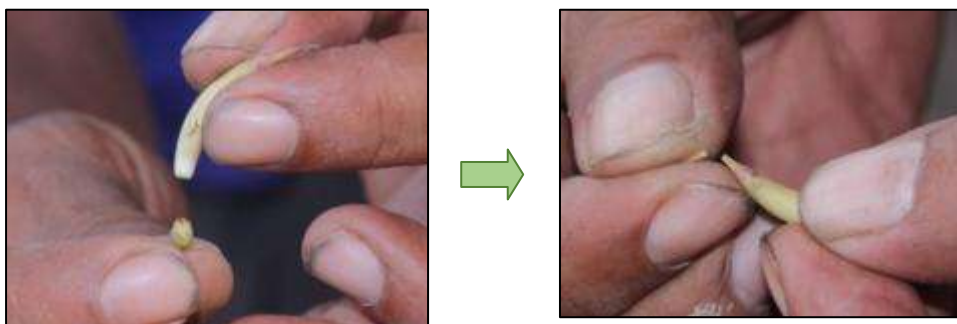


写真 10: *Aegiceras corniculatum* の半胎生種子の事前処理
半胎生種子上部の種皮を外す(左)、 下部先端を折って外す(右)

5. 播種床とメディアの準備

播種床は種子を持つマングローブ樹種および胎生種子を持つマングローブ樹種(*Avicennia spp.*、*Aegiceras spp.*等)に用いる。播種床にはカゴと布を用いる。メディアとしては厚さ約 5cm の泥土、砂あるいはココピートを用いる。

乾いた泥土を苗畑周辺から採り、1cm のフルイにかけ、1cm より細かい粒子の泥土を用いる。ココピートは 1 か月間水に漬け有機物を洗い去ったものを、太陽光の下で乾燥させる。そののち 2mm のフルイにかけて 2mm 以下の細かい粒子のものを用いる。ココピートは通水性を高めるために、他のメディアと混ぜずに単独で用いる。一方、砂は通水性を高めるために泥土と 1:1 の割合で混ぜて用いる。泥土は砂と混ぜるか、あるいは単独で用いる。



写真 11: 播種床のメディア。左から順に、乾いた泥土と砂を混ぜ合わせたもの、乾いた泥土、湿ったココピート、および乾いたココピート。

6. ポリバックとメディアの準備

ポリバックのメディアは苗畑周辺から採った泥土を用いる。泥土は乾燥しているものを、1cm のフルイにかけ、1cm 以下の粒子のものを用いる。メディアが準備できたら、高さ 20cm、直径 10cm のポリバックに詰める。用いるポリバックのサイズは植え込むマングローブ樹種に関係なく上記のサイズのものを用いる。また、ポリバックには下方側面と底面に合わせて 20 個の穴を持つものを用いる。



写真 12: ポリバックとメディアの準備。乾いた泥土を 1cm のフルイにかけて用いる。

7. 播種床への播種

種子あるいは半胎生種子を持つマングローブ樹種は播種床で芽生えを育てる。種子や半胎生種子を直接ポリバックに播種すると、100%発芽するわけではないので、発芽が見られないポリバックやメディアはすべてムダとなってしまいます。また、播種や発芽の時期、発芽率などのデータはポリバックを用いた場合より、播種床に播種した場合のほうが、より容易に収集できる。これら理由から播種床を用いて播種を行うことが望ましい。

種子や半胎生種子は数のように播種床のメディア上に置き、軽く押し込んでやる。播種する種子や半胎生種子の間隔は *Sonneratia* spp. で 1cm、*Xylocarpus* spp.、*Avicennia* spp および *Aegiceras* spp. で 2-3cm とする。

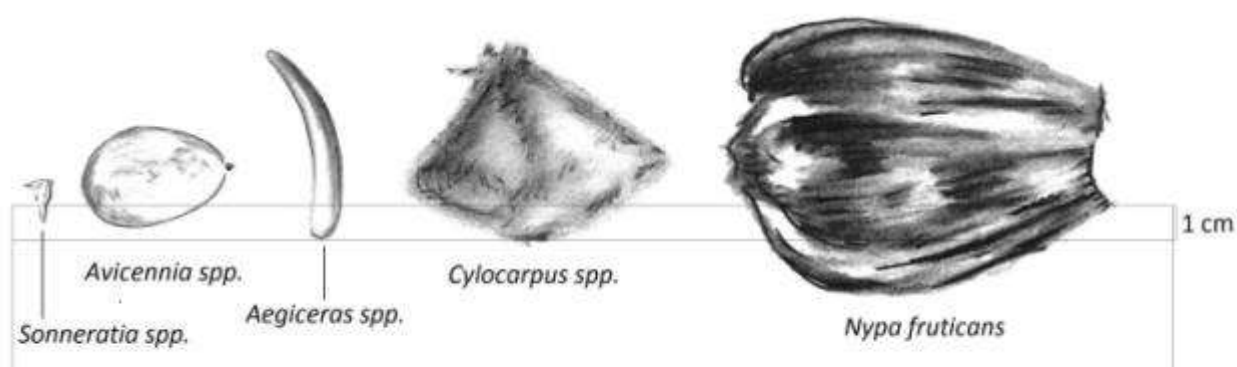


図 6: 種子および半胎生種子の播種床での播種の方法



写真 13: 播種床に播種した *Avicennia marina*(左)の半胎生種子と
Xylocarpus granatum(右)の種子

8. ファイバーバックによる苗木生産

ポリバックに替わりファイバーバックを用いた苗木生産技術は、胎生種子を持つマングローブ樹種の苗木生産において新しいものである。通常用いる泥土の代わりに用いる材料は、ココナツやケナフ等の繊維およびココナツから得られる粉状のココピートである。ココナツ等の繊維は通気性が高く、吸水性があり、かつ、マングローブの根の生育にスペースを与えるものである。ファイバーバッグのサイズもポリバック同様、高さ 20cm、直径 10cm が望ましい。

ファイバーバッグの作り方は以下の通り。

- 1) ココファイバーやケナフを混ぜ合わせた繊維を布状にし、横と底面を縫い合わせて高さ 20cm、直径 10cm の布の袋にする。
- 2) 上記の袋にココピートを詰める。
- 3) その中に胎生種子を植え付ける。

ポリバックと比較したファイバーバッグの利点は、軽いこと、ポリバックのように植栽時に取り外す必要のないこと、毛根の発育がより多いことである。



写真 14: ファイバーバッグを利用した苗木生産

9. 芽生えのポリバックへの移植

この作業は播種床に播種した種子がすでに芽生え、1-2 対の葉を持つようになったとき実施する。移植は適切な器具(竹製のピンセット)を用いて行い、芽生えが移植時に傷つかないように注意して行う。ピンセットを土/メディアに挿し、苗木を根および根の周りの土と共に持ち上げる。つぎにすでに植え穴を開けてあるポリバックに植え込む。



写真 15: 竹のピンセットを用いて、芽生えを播種床からポリバックへ移植する。

10. 胎生種子のポリバックへの植え込み

Rhizophora spp. , *Bruguiera* spp., *Kandelia* spp. および *Ceriops* spp.)のマングローブ樹種はポリバックに直接播種することができる。これらの種子/胎生種子の播種に当たり、埋め込みの深さは以下のとおり、樹種により異なるので注意を要する。

- 1) 胎生種子の長さが 20cm 以上のもの(*Rhizophora. mucronata*, *R. apiculata*, *Kandeli candel*, *Ceriops tagal*など): ポリバックの長さの 1/3 の深さ(つまり 7-8cm)まで植え込む。
- 2)胎生種子の長さが 20cm 未満のみの(*Burguiera gymnorhiza*, *B. cylindrical*, *B. parviflora*, *B. sexangula*, *Ceriops decandra* など): 胎生種子の長さの 1/3 の深さまで植え込む。
- 3) ファイバーバックを用いた苗木生産の場合、胎生種子の植え込みはポリバックの場合と同様とする。

このことは、胎生種子の根が胎生種子の先端の部分からしか出ないことによる。胎生種子をあまり深く植え込むと、根が成長し、すぐにポリバックの底面に達してしまう。このため根曲りや根巻きが生じやすく、健全な苗木背の生育は阻害される。

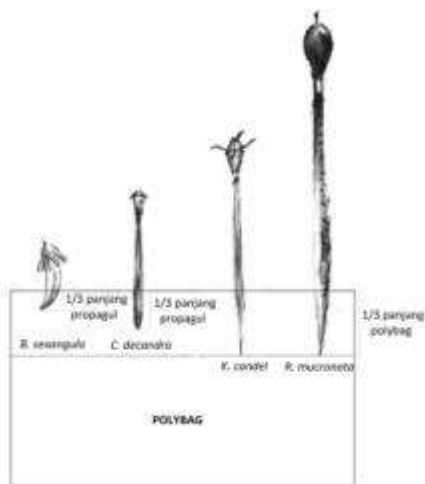


図 7: ポリバックへの胎生種子の植え込み(左)

写真 16: 胎生種子を深く植え込み過ぎたため、すぐに根がポリバックの底面に達し、根巻きを起こしている悪い例 (右)

11. 播種床の設置

プラスチックのカゴを用いた播種床は木製のラックに設置する。カゴとラックの屋根までの間隔は 30-50cm 空ける。これはラック内の温度と湿度を適切に維持するためと、播種床への灌水やモニタリングが容易に行えるようにするためである。



写真 17: 播種床のラックへの設置

12. ポリバックの設置

種子および半胎生種子の芽生えは播種床から、直径 10cm、高さ 20cm のポリバックに移植する。胎生種子のマングローブ樹種については、播種床は必要とせず、直径 10cm、高さ 20cm のポリバックに直接植え込む。

1 ブロック 30ha の植林のためには、30,000 本の苗木が必要となるが、ラックを用いた苗床の場合、1つのラック(5mx1m)にポリバックが 500 個設置できることから、必要にラックの数は 60 台となる。また、地面に設置した苗床(10mx1m)の場合、1つの苗床にポリバックが 1,000 個設置できることから、必要な苗床の数は 30 台となる。



写真 18:
苗木が小さいときはポリバックをラック上に設置する(左)



写真 19:
苗木が大きくなると、ポリバックを地面に設置する(右)

13. 灌水

灌水は播種床内の種子、半胎生種子および芽生え、ポリバック内の胎生種子および苗木が乾燥しないよう確実に十分に水を得られるよう実施する。灌水に用いる水は、井戸、川あるいは海から得る淡水、汽水あるいは海水である。

(1) 播種床への灌水

播種床のメディア表面が乾燥しないよう、毎朝、噴霧器により灌水する。特に乾季には朝夕 2 回実施する。



写真 20: 噴霧器による播種床への灌水

(2) ラック上に設置した苗床への灌水

毎朝、ホースによりラック内に水があふれるまで灌水する。その状態で 3-4 時間放置しておき、昼頃に栓を開いてラック内の水を抜く。



写真 21: (i) ホースによりラック内に水を入れる。 (ii) ラックから水があふれるまで灌水する。



(iii) 3-4 時間後に栓を開けて水を抜く。

(3) 地面に設置した苗床への灌水

苗畑の位置が本マニュアル 1.1.で述べたような条件を満たした場所であるならば、特に人為的に灌水する必要はない。しかし、上記の条件が整っていない場合は、毎朝、ホースにより苗床内に水があふれるまで灌水する必要がある。そののち 3-4 時間放置し、栓を開けて水を抜く。



写真 22: (i)ホースにより苗床内に水を入れる。(ii) 苗床から水があふれるまで灌水する。



(iii) 3-4 時間後に栓を開けて水を抜く。

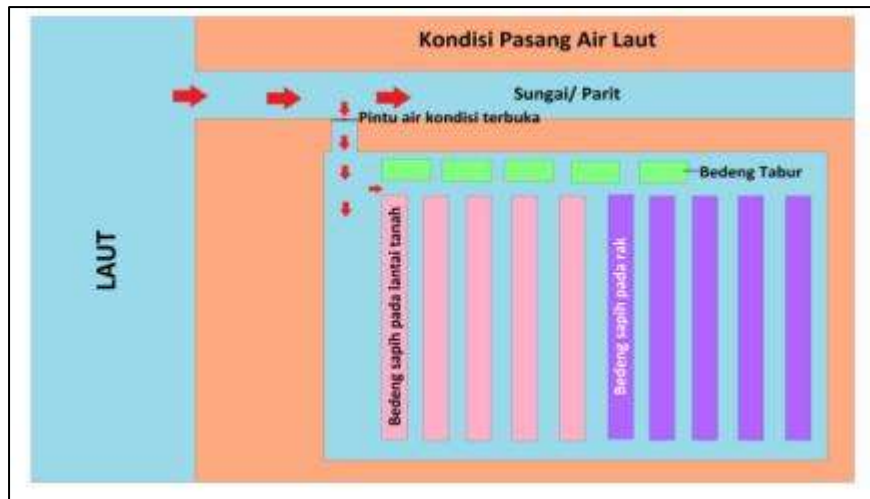


図 8: 地面に設置した
苗床の位置図

V. 地ごしらえ

1. 水門および畔の取り払い

地ごしらえにおいて水文システムは重要な要因であり、したがって、潮の干満の通り道を作っておく必要がある。満潮時に川、運河あるいは海からの水を回復エリアに入れるために、養殖池の水門を外す。つぎに養殖池間、養殖池と川、運河あるいは海岸との間の畔を 1-2m の幅でとる壊す。水門や畔の取り外しは、養殖池の水と土が十分に洗浄されるよう、少なくとも植林実施の 4 か月前に行う。



写真 23: 畔の一部取り払い



水門の取り払い

2. 運搬路の整備

苗畑から植林地までの苗木の運搬をスムーズに行うために、壊れた運搬路の修復や通行の妨げとなる雑草・雑木の刈り払いを実施する。また、川や運河の畔や橋を整備する必要がある。橋は植林箇所の近隣で容易に入手できる木あるいはその他の材料で作る。



写真 24: 橋の整備



写真 25: 植栽箇所へのマーカーの設置

3. マーカーの設置

マーカーは植栽時の目印となり、植栽木を他の灌木から区別する、植栽木を潮の干満から守るなどの役割を持つ。マーカーは竹で作り、長さ 1m 程度とし、先端に赤ペンキを塗る。

IV. 植林

胎生種子、マングローブ苗木と土地がすでに用意されたならば、次のステップは植栽である。以下、苗木の基準、苗木の運搬と植え付け等について述べる。

1. 植栽樹種の決定

植栽樹種は基本的には、回復エリア近隣にある天然マングローブ林に見られる樹種と同一のものとする。すべての樹種を植栽することが困難である場合は、野生動物の食餌木や営巢木となるキースピーシーズを優先する。植栽樹種の種類は、最低でも近隣の天然マングローブ林の樹種数の 50%とし、パイオニア 50%、クライマックス 50%の割合とする。

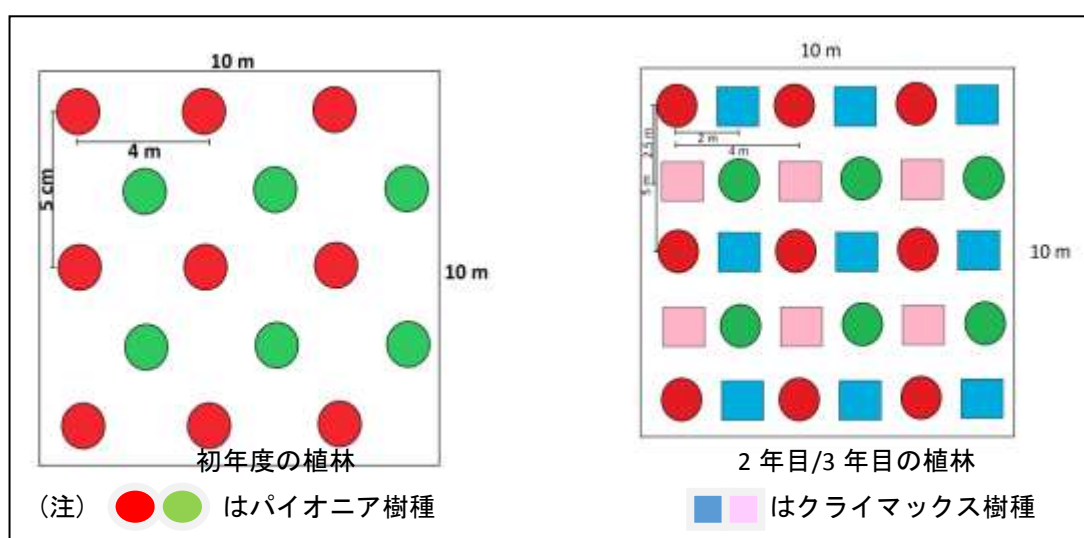


図 9 初年度にパイオニア樹種を 4 x 5m の間隔で 500 本植栽し(左)、次年度にクライマックス樹種を 500 本追加植栽し、最終的な植栽本数を 1,000 本/1ha(右)とする方法。

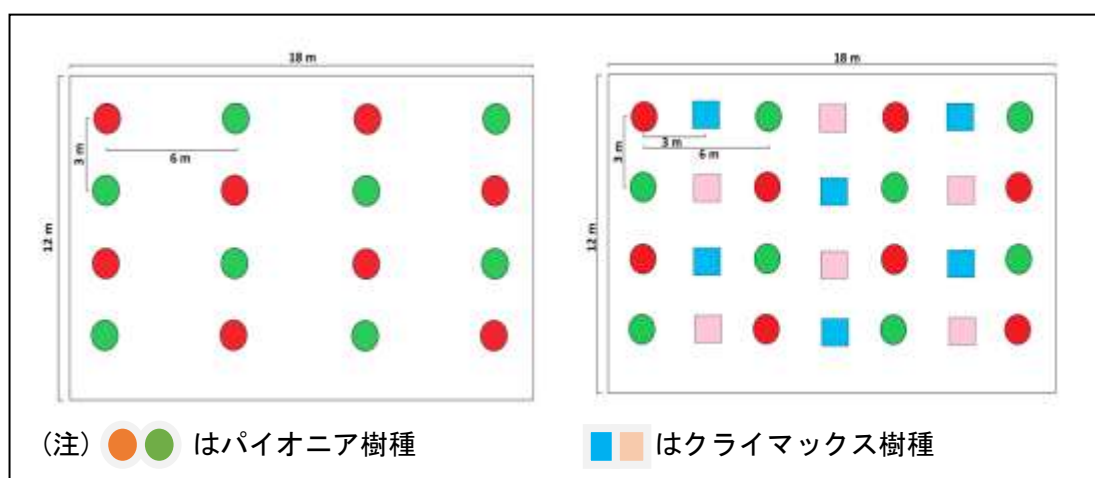


図 10: 初年度にパイオニア樹種を 3 x 6m の間隔で 550 本植栽し(左)、次年度にクライマックス樹種を 550 本追加植栽し、最終的な植栽本数を 1,100 本/1ha(右)とする方法。

理想的には、植林を何年かに分け段階的に実施することが望ましい。たとえば、初年度にパイオニア樹種を 500-550 本植栽し、2 年目あるいは 3 年目にクライマックス樹種を 500-550 本追加植栽し、全体で 1,000-1,100 本/ha とするなどの方法である。

2. 苗木の基準

種子あるいは胎生種子から育成した苗木の場合は、苗木の樹高が 50cm 程度のものを選んで植栽する。また、胎生種子から育成した苗木の場合は、2 対の葉が出ており、胎生種子の部分を含めた苗木の樹高が 50cm 以上のものを選んで植栽する。

3. 苗木の環境順化

苗木を植栽する前に、日よけを開けて苗木の環境順化を行うプロセスが必要となる。このプロセスは最低でも植栽の 1 か月前から開始する。

4. 苗木の運搬

マングローブ苗木の運搬活動は、注意して行う。根や傷つきやすい芽を傷めないよう注意が必要となる。

(1) 苗畑から植林地への運搬

運搬のプロセスは苗木の種類と、苗畑から植林地までの距離により決定される。苗がポリバックで育てられた場合、運搬により多くの時間がかかる。なぜなら直挿する胎生種子と比べて 1 回の運搬で運べる個体数が少ないからである。苗畑から植林地までの距離は必要労務量を決定する。苗木の運搬方法は、場所により異なる。もし運搬距離がさほど長くない場合は手押し車を用いるが、距離が長い場合は車やボートを用い、その後手押し車を合わせて使用する。

運搬中の苗木の損傷を防ぐために、苗木を箱やビニール袋に入れて運ぶことが望ましい。

苗畑から植林地まで運搬される苗木の総数は、植林される苗木数と労務量により決定される。苗木は運搬当日に植栽することが望ましい。



写真 26: 苗畑から回復エリアまでの苗木の運搬。 直接担いで運搬する(左)、手押し車を使う(中央)、スピードボートで運ぶ(右)などの方法がある。

.(2). 植林地での運搬

植林地での苗木運搬には木箱、木の板、発泡スチロールの箱などを用いる。サイズが40x60cmの箱に20のポリバック苗木を入れることができる。



写真 27: 回復エリアで用いる苗木運搬ボックス

5. 植栽の実施

(1).胎生種子の 直挿し

直挿しは大型の胎生種子を持つ *Rhizophora mucronata*、*R. apiculate*、*Ceriops tagal*などの樹種で可能である。これらの樹種の胎生種子は、満潮時に水位が十分高くなるサイトに直挿ししても比較的安全である。その他のマングローブ樹種は、ポリバックあるいはファイバーバッグの苗木を用いることが望ましい。



写真 28 胎生種子の直挿しによる植栽

.(2).ポリバック/ファイバーバッグ苗木の植え付け

ポリバック苗木の植栽は慎重に行わなければならない。植栽箇所には、あらかじめ目印棒や適切な植栽間隔の印を着けたロープを設置しておく。植栽箇所にはポリバックの大きさに合わせ、クワあるいは直接手で植え穴を掘る。植栽時には苗木からポリバックのビニールを外すが、ポリバック内の土が散らばらないよう、また、苗木の根が傷つかないように注意して行う。つぎに苗木を植え穴に入れ、周囲の泥土を埋め戻す。ファイバーバッグ苗木の場合は、ファイバーバッグを外さず、直接植え穴に植える。苗木の植栽は生育点が水面上に出るよう行う。



写真 29: ポリバック苗木の植栽

植栽に関しては以下に注意を要する。

(a) 植栽時期

植栽時期の調整については、特に植栽地での水の供給に関して注意を要する。植栽は満潮の状態に注意しつつ、雨期の初めに実施することが望ましい。植栽を乾季に実施することは望ましくない。水の供給が不十分なため苗木が順調に生育できない可能性が高い。

(b) 植栽本数

植栽本数は 1ha 当たり 1,000 本以上とする。したがって植栽間隔は平均して 3m x 3m 程度となる。

(c) 植栽樹種の選定

1 コンパートメントの広さは 2-4ha である。植栽するすべての樹種は同じゾーニングにある近隣の天然マングローブ林の樹種の 50%以上とする。



写真 30: 養殖池跡地での植林とグリーンベルト(TNS)

V. 保育

1. モニタリング

2 年間の植林地の保育期間において、四半期ごとに植林地のモニタリングを行う。モニタリングの目的は、植林地が良好に生育しているか状態を把握することである。観察するパラメーターは植林木の生存率および状態(健全か病虫害の被害を受けているか)である。また、必要に応じ、樹高、幹の直径、その他の生育パラメーターを測る。モニタリングは全植栽木の 5%のサンプリングで、各コンパートメントにおいて対角線上にサンプルを採る方法で実施する。

モニタリングの結果、20%以上の植栽木が枯死している場合は改植を行う。病虫害等が見られた場合は、早急に予防策あるいは対応策をとる必要がある。植林地のモニタリングは付属資料に載せたモニタリング・フォーマットにより実施する。



写真 31: 植林木のモニタリング

2. 改植

改植は目標とする植栽本数を維持し、良好な植栽木の生育を実現するために行う活動である。改植では枯死した、あるいは傷ついた植林木をすでに準備してある新しい苗木で植え替える。



写真 32: 虫害により枯死した植栽木の改植

改植を行う前に、枯死等の原因を調べる必要がある。改植の方法は、苗木(胎生種子の直挿し、ポリバック苗木、ファイバーとバッグ苗木)の調達状況や害虫に対する抵抗性により異なる。また、植栽樹種の全植栽本数に対する割合も考慮する必要がある。

3. 病虫害対策

(1). 苗畑における対策



写真 33: 胎生種子への昆虫 *Poecilips spp.*による食害

(a) 予防

以下の方法がある。

- ・食害による穴がない健全な苗木を植栽する。
- ・ネズミなどの被害を防ぐために苗床に金網を張る。
- ・病虫害の発生を初期に知るためのモニタリングを行う。

(b) 病虫害駆除

苗畑における害虫の駆除は害虫を殺すか、以下の方法により被害を受けた苗木を処分する方法で行う。

- 被害を受けた苗木を土に埋める。
- 。他の苗木に病虫害の被害が蔓延しないよう、使用したポリバックを再度使ってはならない
- 使用したポリバックは集めて破棄する。
- 使用したメディアは集めて、太陽光に当てる。

(2). 植林地における対策

(a) 予防

以下のいくつかの方法がある。

- 単一樹種の植栽(モノカルチャー)を避け、いくつかの樹種による混植を行う。害虫は特定の樹種を好んで食害するため、複数の樹種による植サリンはより安全性が高い。

- カニの食害を防ぐためにペットボトルを加工し植林木を囲むように設置する。植林木が十分生育したら、ほべっとボトルは取り外す。
- 病虫害の発生を初期に知るためのモニタリングを行う。



写真 34: ペットボトルを用いたカニの食害予防

(b) 害虫駆除

すでに病虫害が発生した場合は、害虫を殺すなどの物理的手法をとるか、化学物質ではなく有機物質により素早い駆除を行う。また、生物的駆除法としてアリを用いる方法もある。



写真 35: 有機薬剤等散布による病虫害駆除

VI. 天然更新、天然更新補助作業およびエンリッチメント植林による回復

保全地域におけるマングローブ生態系の回復は、養殖池開発により荒廃したマングローブ生態機能とマングローブ地域を再生することである。インドネシアにおける保全地域の土地および水文の状態は均質である。マングローブ生態系の再生が達成され、インドネシアの各地域においてマングローブ保全地域の回復プログラムを成功させるための指針を作成するためには、種々の回復手法の試行が極めて大切である。TNSにおいて試行された回復手法は、回復対象地の植生基準に従って示される。つまり、天然更新、天然更新補助作業、エンリッチメント植林および植林の各手法である。

1. 天然更新

天然更新の実施に必要な活動は以下のとおり。

- (1) 植林木の生育を妨げるかく乱を防ぐためのパトロールと監視を行う。上記のかく乱は、違法伐採、病虫害や動物の害などである。
- (2) 住民の社会・経済的問題による回復エリアに対するかく乱を解決する。

2. 天然更新補助作業

天然更新補助作業の実施に必要な活動は以下のとおり。

- (1) 植林木の生育を妨げるかく乱を防ぐためのパトロールと監視を行う。上記のかく乱は、違法伐採、病虫害や動物の害などである。
- (2) 住民の社会・経済的問題による回復エリアに対するかく乱を解決する。
- (3) 水門や畦の一部を壊し、満潮時に水が養殖池に入るようにする。

3. エンリッチメント植林

エンリッチメント植林の実施に必要な活動は以下のとおり。

- (1) 植林木の生育を妨げるかく乱を防ぐためのパトロールと監視を行う。上記のかく乱は、違法伐採、害虫や動物の害などである。
- (2) 住民の社会・経済的問題による回復エリアに対するかく乱を解決する。
- (3) 水門や畦の一部を壊し、満潮時に水が養殖池に入るようにする。
- (4) 植生の少ないエリアにキースピーシーズ、つまり野生動物の食餌木や営巢木あるいは当該地にまれな樹種の苗木をランダムに植栽する。エンリッチメント植林で植栽する樹種の種類数は、同じゾーニングの中にある近隣の天然林に見られる樹種数の 50%以上とする。

|

付属資料

1. ベースライン調査結果
2. 回復エリアの図面作成
3. モニタリングの結果によるデータ
4. 病虫害対策
5. 橋と船着場の建設
6. マングローブ・トレイルの建設
7. 参考文献

付属資料 1. ベースライン調査結果

(JICA-RECA プロジェクトの活動から)

1. 荒廃原因の調査

マングローブ生態系は南スマトラ州バニユアシン県に位置する TNS の区域内にあり、インドネシア西部で最大のマングローブ地域を形成している。本地域のマングローブの状態は年々、荒廃が進行している。TNS 区域のマングローブの荒廃原因は魚等の養殖池の造成による。特にグリーンベルト内での養殖池活動が問題となっている。

ソロック・ブントゥ地区におけるマングローブの荒廃原因は、魚やエビの養殖池造成、燃料の採取、住民の家や運河の建設等による。これらの現象はこの地域の身ではなく、広く東カリマンタン州や海外ではタイ国でも見られるものである。

ソロック・ブントゥ地区の養殖池住民は外部(スマトラ以外も含めて)から入ってきた人々である。最初は一人で来て養殖池を造成し、その後子供や兄弟を呼んで養殖池活動を行ったり、さらに養殖池を広げる行為をする。ソロック・ブントゥ地区における養殖池活動は1994年以降、TNS のグリーンベルト内で行われている。

2. 気象、土壌、潮の干満

2001-2010 年の間の月別および毎日の気象データはパレンバンの気象台において入手できる。気象データの種類は、月別の雨量、平均気温、2010 年の各月の平均気温および雨量である。

(1) 雨量

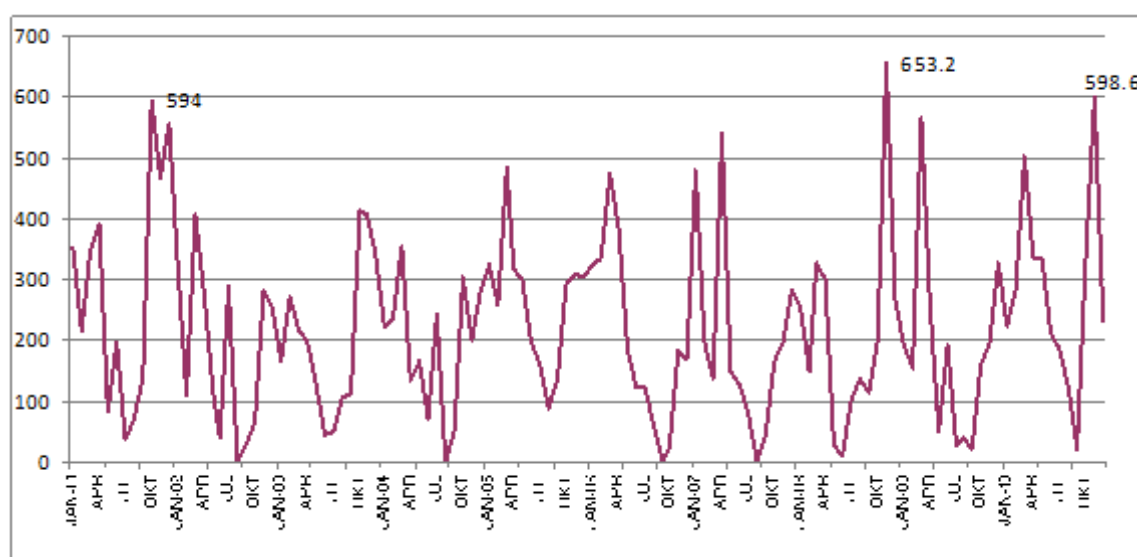


図 1. 2001-2010 年の間の雨量データ

上の図は 2001-2010 年の間の各月の雨量を示す。年によって最多雨量の月と最少雨量の月がまちまちであるが、およそ雨季の 11-3 月が雨量が多く、乾季の 6-8 月の雨量が少ないことは明瞭である。また、最多雨量と最少雨量のデータも年によりまちまちであり、エルニーニョ現象の発生などによる異常乾季の年にはほとんど雨量のない月が見られる(2002 年 8 月、2004 年 8 月、2006 年 8 月、2007 年 8 月)。一方、最多雨量は 2008 年 12 月に 653mm が記録されている。

(2) 気温

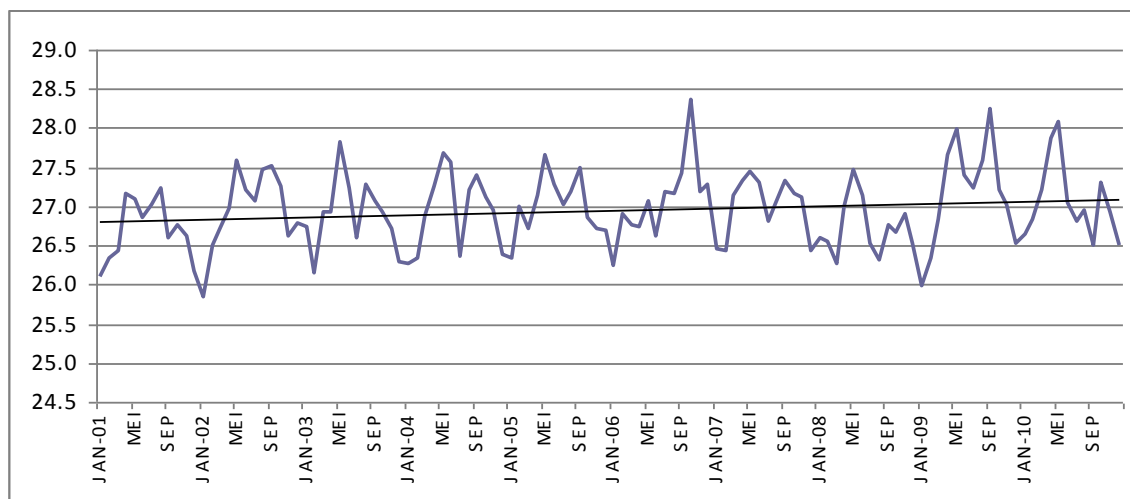


図 2. 2001-2010 年の間の月別平均気温

(3) 湿度

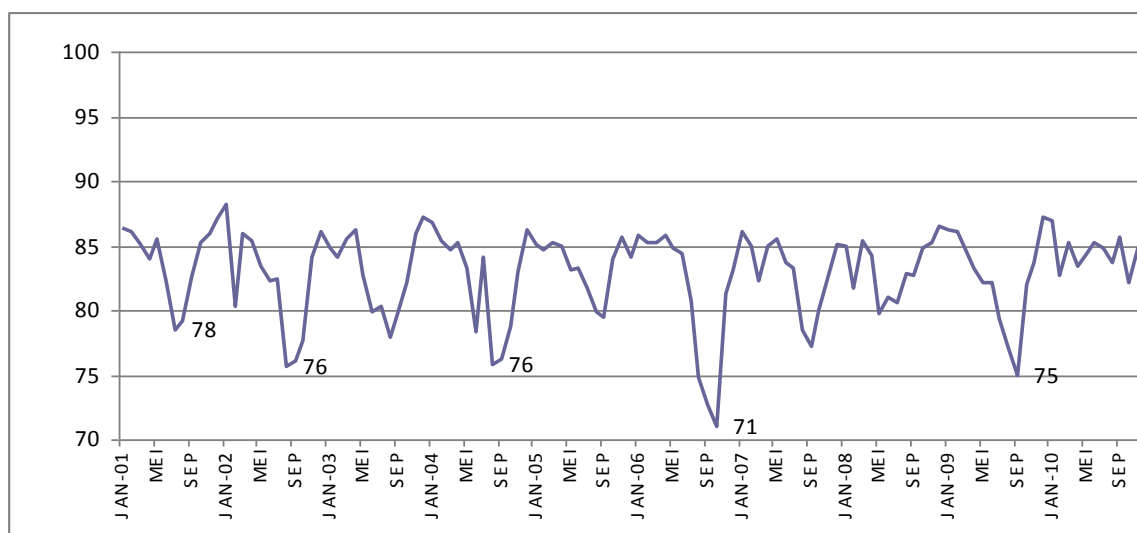


図 3. 2001-2010 年の間の平均湿度

上の図は 2001-2010 年の間の平均湿度を示したものである。各年とも雨季の 12 月に最高湿度 87%を、7 月に最低湿度 78%を記録している。

(4) 土壌

土壌については現地で土壌サンプルを採取し、スリビジャヤ大学理学部で分析した。土壌の採取箇所は、海岸、養殖池、養殖池跡地およびまた° マングローブ植生の見られるエリアである。

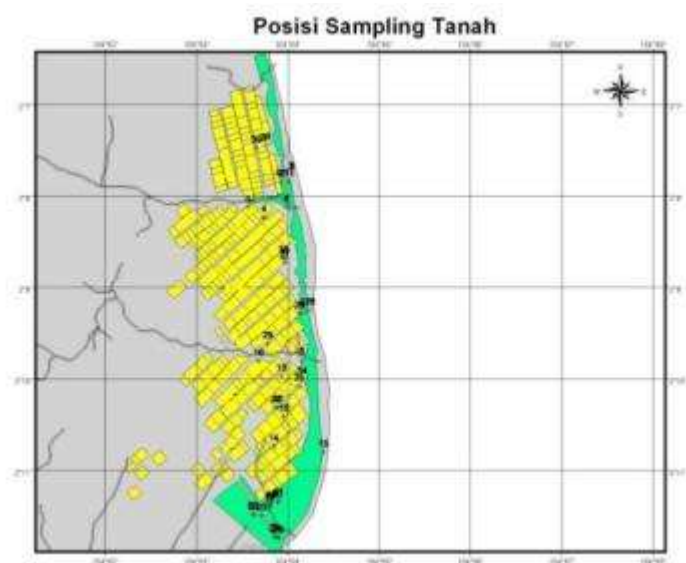


図 4 土壌サンプルの採取地

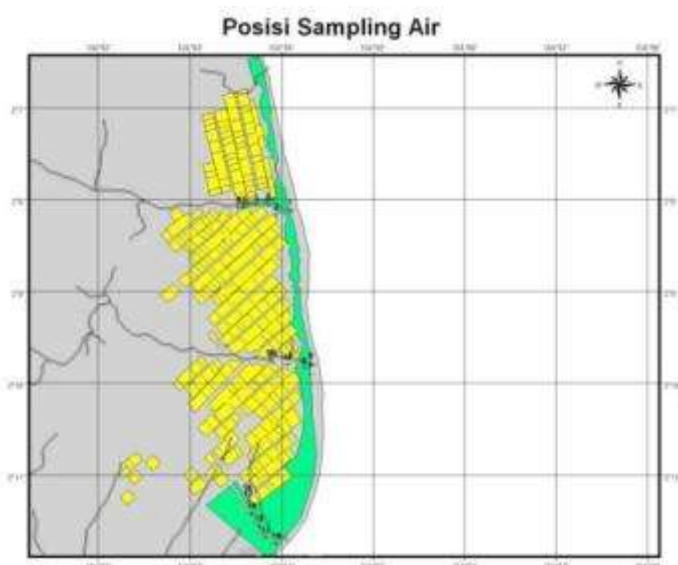


図 5 水サンプルの採取地

表 1 土壤成分の調査結果

No.	pH (1:1)		DHL	(%)		P-Bray I (ppm)	(me/100 g)							Tekstur (%)		
	H2O	KCl	Micro mhoss/c	C-Org	N-Total		K-dd	Na	Ca	Mg	KTK	Al-dd	H-dd	pasir	Debu	Liat
1	7.18	6.92	34400	1.75	0.15	9.15	0.64	1.09	11.88	1.77	18.05	ttu	ttu	18.87	42.85	46.28
2	7.51	7.35	34500	1.6	0.14	11.4	0.58	0.98	11.5	0.85	19.23	ttu	ttu	10.41	40.8	48.79
3	7.63	7.44	35440	1.31	0.12	8.55	0.64	0.87	11.58	2.3	23.05	ttu	ttu	7.56	38.78	53.66
4	7.57	7.36	25620	1.6	0.14	12.6	0.58	1.09	5.7	1.33	16.23	ttu	ttu	13.8	33.57	52.63
5	7.71	7.62	38880	1.68	0.15	38.1	0.51	1.09	6.68	1.5	17.4	ttu	ttu	12.41	34.11	53.48
6	7.66	7.4	24060	2.62	0.2	8.7	0.45	0.76	6.3	1.08	16.05	ttu	ttu	14.49	45.58	39.93
7	7.32	7.03	40440	3.57	0.28	16.8	0.64	0.87	7.13	1.62	17.4	ttu	ttu	14.65	46.74	38.61
8	7.63	7.45	38540	1.9	0.17	13.35	0.58	1.09	8.13	2.42	15.23	ttu	ttu	14.48	47.87	37.65
9	7.62	7.13	16800	0.95	0.1	28.5	0.51	0.87	4.65	0.98	17.4	ttu	ttu	11.78	29.02	59.2

10	7.59	7.31	21580	2.11	0.16	12.9	0.51	0.76	5.8	1.09	15.23	ttu	ttu	15.55	46.04	38.41
11	7.87	7.37	36900	2.55	0.18	10.95	0.45	-0.98	7.2	1.05	17.4	ttu	ttu	12.42	43.2	44.38
12	7.59	7.07	23900	0.73	0.07	21.6	0.51	1.09	4.23	1.27	18.23	ttu	ttu	11.52	29.1	59.38
13	7.77	7.44	25000	0.87	0.09	34.65	0.38	8.87	4.35	1.78	19.05	ttu	ttu	10.08	35.51	54.41
14	7.88	7.51	18920	0.8	0.08	21.45	0.45	0.76	7.18	1.32	22.23	ttu	ttu	9.13	30.64	60.23
15	7.75	7.39	28840	0.95	0.1	19.65	0.45	0.98	6.15	2.25	21.4	ttu	ttu	10.08	27.06	62.06
16	7.85	7.34	28410	1.31	0.12	14.65	0.51	1.09	6.48	1.55	19.05	ttu	ttu	15.28	29.35	55.37

(5) 潮の干満状態

潮の干満のデータについては回復サイトに最も近いムシ河河口における年間のデータが得られた。下表は 2010 年における月別の満潮時水位と干潮時水位の平均値を示したものである。ムシ河の河口付近における潮の干満の 2010 年度の調査結果についてみると、干満の潮位の差は平均して 3.56 m であった。

表 2. 2010 年における月別の満潮時水位と干潮時水位

回復サイト 近辺の海岸	月別の水位 (m)												平均値 (m)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
満潮時の水位	4.18	4.00	3.94	3.84	3.88	3.78	3.92	4.48	4.04	4.10	4.16	4.20	4.04
干潮時の水位	0.44	0.68	0.66	0.58	0.26	0.06	0.28	0.70	0.60	0.50	0.46	0.53	0.48
水位の干満時における差													3.56

2. マングローブ樹種の構成

今回のベースライン調査では、本区域内に 20 種類のマングローブ樹種の分布を確認できた。つまり、*Aegiceras coniferatum*, *Avicennia marina*, *A. alba*, *A. officinalis*, *Bruguiera gymnorhiza*, *B. sexangula*, *B. cylindrical*, *B. parviflora*, *Ceriops decandra*, *C. tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Kandelia candel*, *Nypa fructiens*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Sonneratia alba*, *S. caseolaris*, *S. ovate*, *Xylocarpus granatum*, *X. molucanum* である。これらのほかに *Acanthus*, *Acrostichum*, *Derris* などのマングローブ・アソシエート樹種もいく種類か確認された。

調査区域内ですでに放棄された養殖池跡地がいくつかあるが、そこには *Avicennia marina* 等のマングローブ樹種が天然更新している。そのほか *Avicennia marina* はバロン・ブサル地区のマッドフラットに純林を形成している。

すでに放棄された養殖池跡地にはマングローブ樹種が天然に更新している。主な樹種は *Avicennia marina* で 3 年生で樹高 766cm、直径が 23cm に達している個体も見られる。*Rhizophora mucronata* は養殖池跡地に植林されたものがあり、すでに 5 年生で、樹高が 748 cm に達していた。このことから、もし養殖池が放棄され使われないならば、マングローブ植生は天然に回復すると考えられる。また、植林をする場合は *Rhizophora spp.* がのちに他の樹種と競合することはあっても、初期の生育は良好である。このことは当マングローブ地域の管理を行う上で重要な情報となる。また、いくつかの真正マングローブ樹種のほかに、養殖池周辺や養殖池跡地に単独で、あるいは *Avicennia spp.* と競合して非マングローブ樹種が生育している。

(1) 真正マングローブ植物の構成

真正マングローブ樹種の構成に関する調査は、TNS のスムナンジャン・バニユアシン地区のグリーン・ベルト内において 4 エリア 11 とトランセクトにおいて実施された。

a. エリア I(養殖池 I)

当地域はソロック・ブントゥ川とソロック・バロン・クチール川の間グリーンベルト地域であり、その外側は直接養殖池に面している。ここに 2 つのトランスセクト、つまりトランスセクト I.A と I.B を設けた。

b. エリア II(養殖池 II)

当地域はスンガイ・バロン・クチールとスンガイ・バロン・ブサールの間のグリーンベルト地域であり、まだ使用中の養殖池に接している。当地域はトランセクト II.A と II.B の 2 つのトランセクトを設けた。

c. エリア II(養殖池 III)

当地域はスンガイ・バロン・ブサールとスンガイ・シプットの間のグリーンベルト地域であり、まだ使用中の養殖池に接している。当地域はトランセクト III.A と III.B の 2 つのトランセクトを設けた。

d. エリア(養殖池 跡地 IV)

当地域は養殖池跡地であり、すでにマングローブ植生が更新している箇所(トランセクト IV.A、IV.B、IV.D および IV.E)あるいは純粋な天然植生(トランセクト IV.C)である。バロン・クチールとバロン・ブサールの間に位置するトランセクト IV.E を除くすべてのトランセクトはソロック・ブントウの近辺に位置する。

養殖池地域のマングローブ林の厚さは、非養殖池地域のマングローブ林に比較してはるかに薄い。個々のトランセクトの位置は表 3 と図 1 に示した。真正マングローブ樹種の位置については稚樹も含めて表 4、表 5 および表 6 に示した。

表 3. グリーンベルト内のマングローブ植生の観察トランセクト

観察ゾーン	位置		観察時期		備考
	緯度	経度	曜日	年月日	
1. ゾーン I(養殖池 I)					ソロック・ブントウ川とソロック・バロン・クチール川の間のグリーンベルト地域
- トランセクト IA	S 02° 10' 48.0"	E 104° 54' 23.2"	日曜	7-Nov-10	第 2 運河の近く。(グリーンベルトの厚さ 500 m)
- トランセクト IB	S 02° 10' 09.5"	E 104° 54' 20.0"	土曜	11-Dec-10	第 3A 運河と第 4A 運河の間。(グリーンベルトの厚さ 194 m)
2. ゾーン II(養殖池 II)					スンガイ・バロン・クチールとスンガイ・バロン・ブサールの間のグリーンベルト地域
- トランセクト IIA	S 02° 09' 15.0"	E 104° 54' 11.6"	土曜	15-Jan-11	第 6 運河と第 7 運河の間。(グリーンベルトの厚さ 120m)
- トランセクト IIB	S 02° 08' 32.7"	E 104° 54' 08.4"	日曜	30-Jan-11	第 8 運河と第 9 運河の間。(養殖池跡地を含めればグリーンベルトの厚さ 188 m)
					(すでに天然更新でマングローブが生えている箇所は 356 m)
3. ゾーン III(養殖池 III)					スンガイ・バロン・ブサールとスンガイ・シプットの間のグリーンベルト地域
- トランセクト IIIA	S 02° 07' 50.3"	E 104° 54' 00.9"	月曜	8-Nov-10	第 0BB 運河の右岸 (グリーンベルトの厚さ 180 m)
- トランセクト IIIB	S 02° 07' 16.8"	E 104° 53' 54.7"	月曜	31-Jan-11	第 0BB 運河の左岸(天然更新地を含めればグリーンベルトの厚さ 193 m)
					(海岸沿いにマングローブが更新している箇所は、グリーンベルトの厚さが 1km)

4. ゾーン IV(養殖池跡地 IV)					養殖池跡地であり、すでにマングローブ植生が更新しているグリーンベルト地域
- トランスセクト IV.A	S 02° 11' 24.3"	E 104° 53' 48.5"	土曜	11-D ec-10	ソロック・ブントゥにおいて 2007 年に放棄された養殖池跡地 (500 m 以上)
- トランスセクト IV.B	S 02° 11' 29.4"	E 104° 53' 42.9"	日曜	11-D ec-10	ソロック・ブントゥにおいて 2005 年に放棄された養殖池跡地のグリーンベルト
- トランスセクト IV.C	S 02° 11' 44.4"	E 104° 53' 54.2"	日曜	11-D ec-10	ソロック・ブントゥにおいて天然更新している養殖池跡地のグリーンベルト
- トランスセクト IV.D	S 02° 11' 19.6"	E 104° 53' 54.0"	日曜	15-Ja n-11	ソロック・ブントゥにおける養殖池跡地で、2005 年に住民により植林されているグリーンベルト
- トランスセクト IV.E	S 02° 10' 18.6"	E 104° 53' 53.6"	日曜	30-Ja n-11	第 4A 運河において 2007 年に放棄されたの養殖池跡地のグリーンベルト

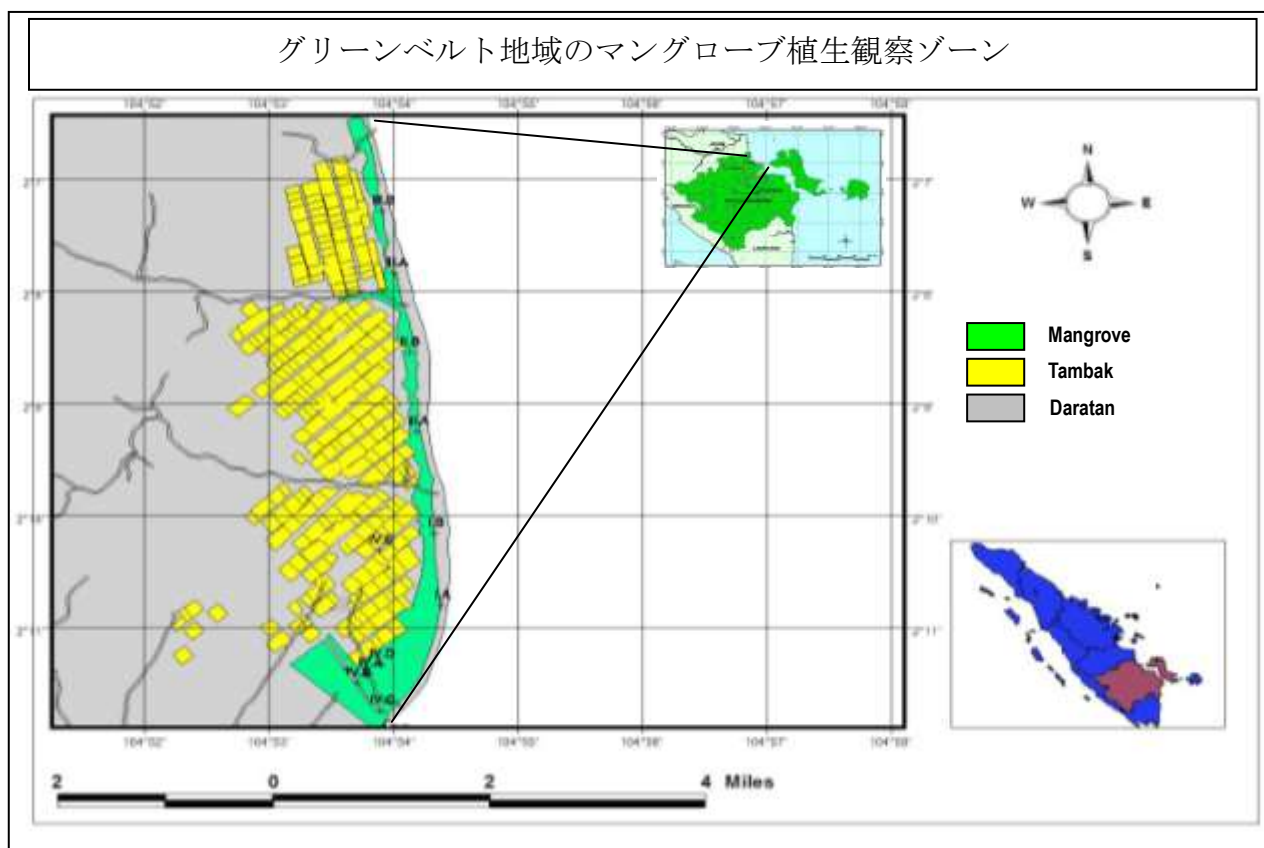


図 6. グリーンベルト地域のマングローブ植生観察エリア

表 4. グリーンベルト内の成木段階のマングローブ樹種の分布

樹種	各トランスセクトにおける成木段階のマングローブ樹種の分布										
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	IVC	IVD	IVE
<i>Avicennia marina</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Avicennia alba</i>		+	+	+		+	+			+	
<i>Avicennia sp3</i>										+	
<i>Rhizophora apiculata</i>									+	+	
<i>Rhizophora mucronata</i>										+	
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>									+		
<i>Exoecaria agallocha</i>											+
Total	1	2	2	2	1	2	2	1	3	5	2

注: + = 分布が確認されたもの; - = 確認されなかったもの

表 5. グリーンベルト内の稚樹段階のマングローブ樹種の分布 Sebaran vegetasi mangrove tingkat anakan (*sapling*) di area greenbelt

樹種	各トランスセクトにおける稚樹段階のマングローブ樹種の分布										
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	IVC	IVD	IVE
<i>Avicennia marina</i>	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Avicennia alba</i>		+	+			+	+			+	
<i>Avicennia sp3</i>					+						
<i>Rhizophora apiculata</i>									+		
<i>Rhizophora mucronata</i>								+			
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	+				+		+		+		
<i>Bruguiera sexangula</i>						+					
<i>Sonneratia sp</i>							+				
<i>Exoecaria agallocha</i>											+
Total	2	1	2	1	3	3	4	2	3	2	2

注: + = 分布が確認されたもの; - = 確認されなかったもの

表 6. グリーンベルト内の苗木段階のマングローブ樹種の分布

樹種	各トランスセクトにおける苗木段階のマングローブ樹種の分布										
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	IVC	IVD	IVE
<i>Avicennia marina</i>	+		+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Avicennia alba</i>		+	+								
<i>Avicennia sp3</i>					+						
<i>Rhizophora apiculata</i>			+		+	+			+		
<i>Rhizophora</i>								+			

<i>mucronata</i>												
<i>Bruguiera</i>												
<i>gymnorhiza</i>	+					+						
<i>Bruguiera</i>												
<i>sexangula</i>								+				
<i>Excoecaria</i>												
<i>agallocha</i>												+
<i>Sp 4</i>						+						
Total	2	1	3	1	5	3	1	2	1	1	1	2
注:	+ = 分布が確認されたもの; - = 確認されなかったもの											

グリーンベルト内のマングローブ植生の観察については全体で、マングローブ樹種 10 種を確認した。つまり、*Avicennia marina*, *A. alba*, *A. officinalis*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *B. sexangula*, *Sonneratia alba*, および *Excoecaria agallocha* である。そのほか、樹種の不明なマングローブ樹種が 1 種類あった。

グリーンベルトの外側、つまり、より陸地寄りの箇所には上記の樹種のほかに *Acanthus* (Jeruju), *Acrosticum* (Paku Laut), *Aegiceras* (Gedangan), *Ceriops* (Tingi) および *Nypa fruticans* (Nipah) が確認された。

Avicennias spp. はほとんどすべてのトランセクトで確認された。このことはグリーンベルトが直接海岸に面し、常に潮の干満の影響を受ける地域であることによる。*Avicennias spp.* 長期間満潮の海水に浸る地域に生育できるパイオニア樹種である。

— 当エリアの真正マングローブ植生の構成について、種の密度、被覆度および重要度は以下の図のとおりであった。

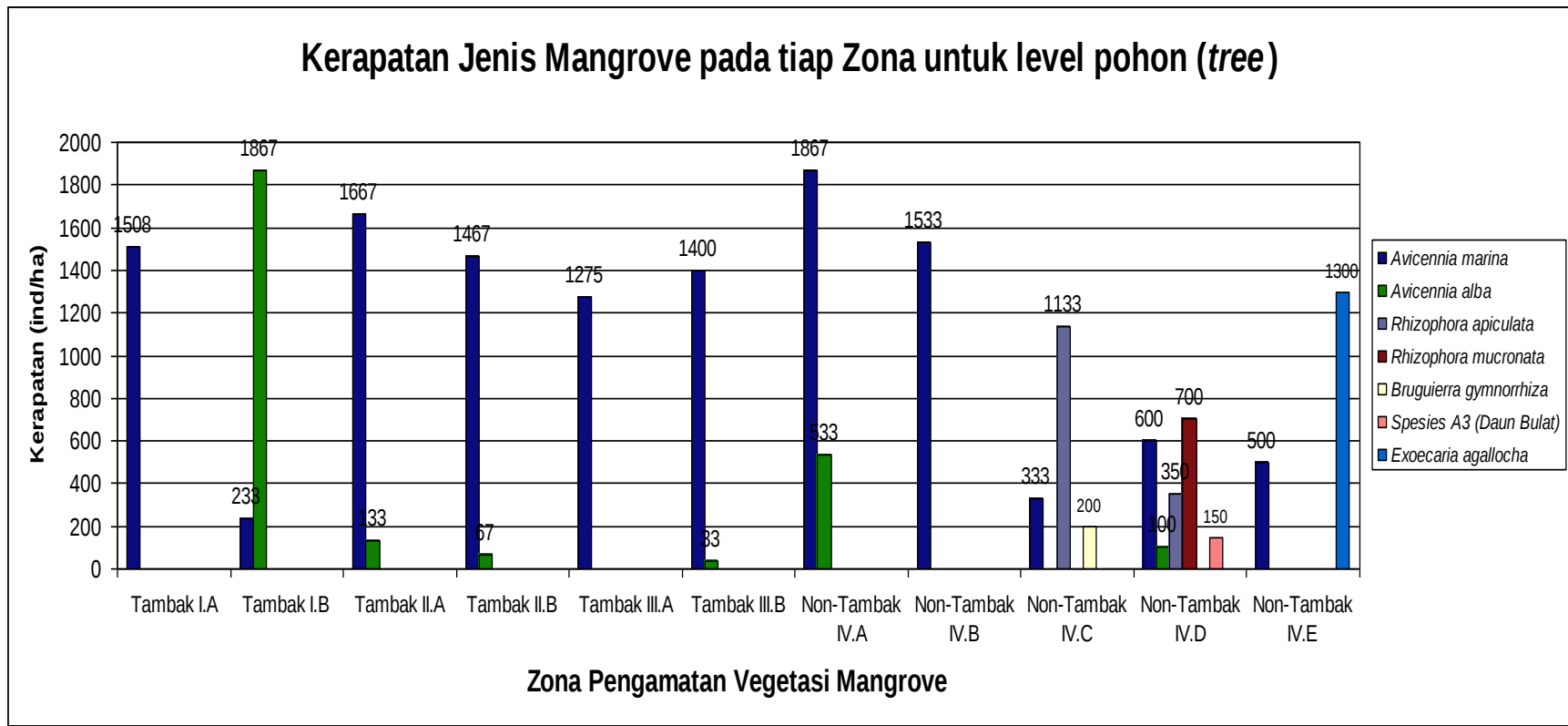


図 7. 各トランセクトにおける成木レベルのマングローブ樹種の種密度

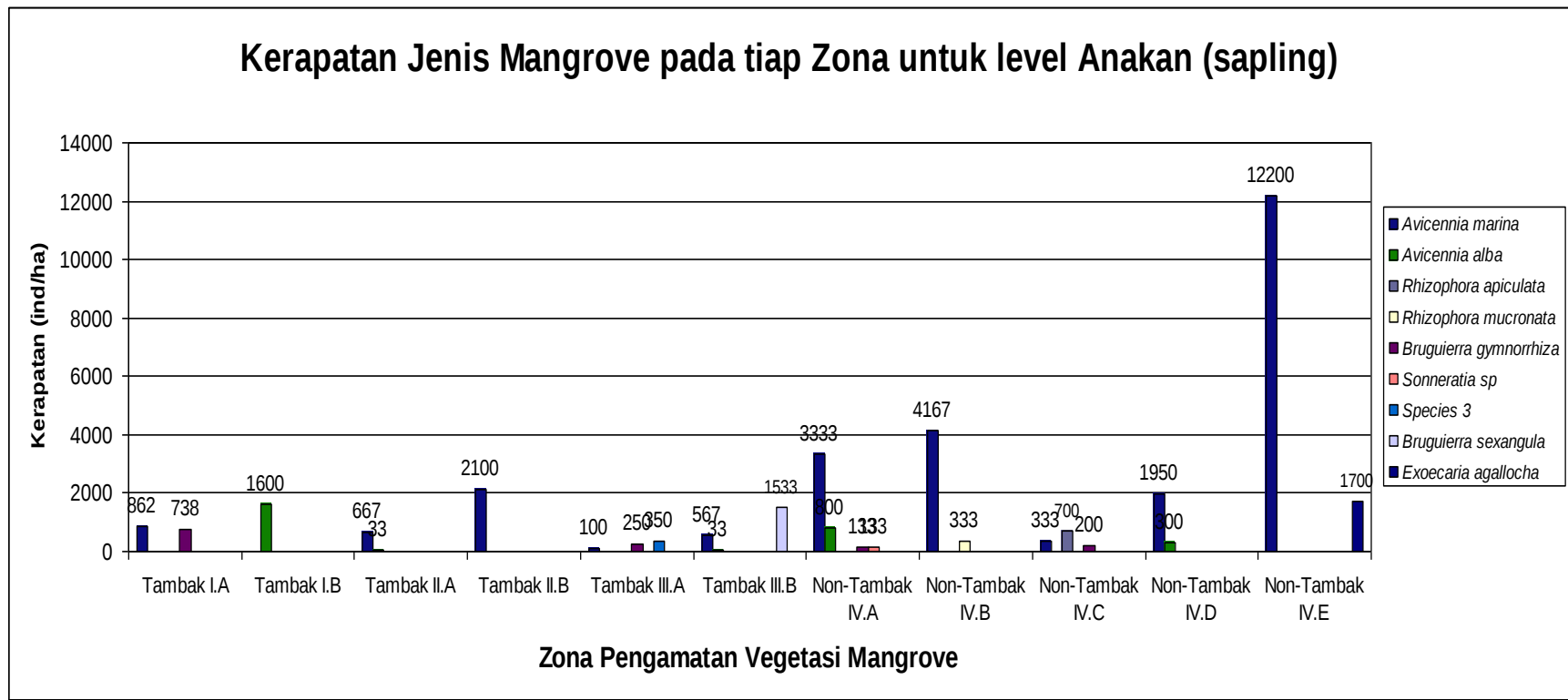


図 8. 各トランセクトにおける稚樹レベルのマングローブ樹種の種密度

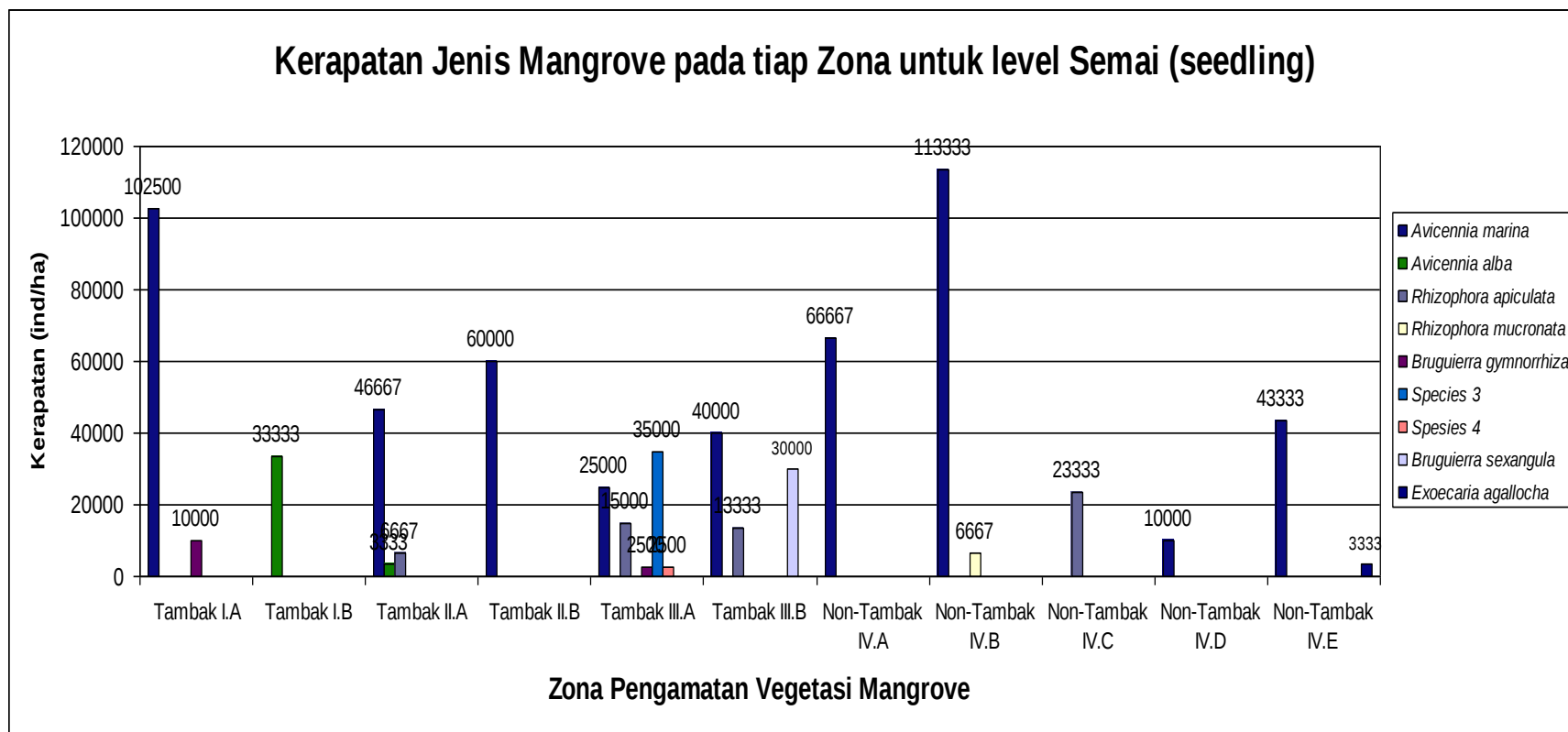


図 9. 各トランセクトにおける苗木レベルのマングローブ樹種の種密度

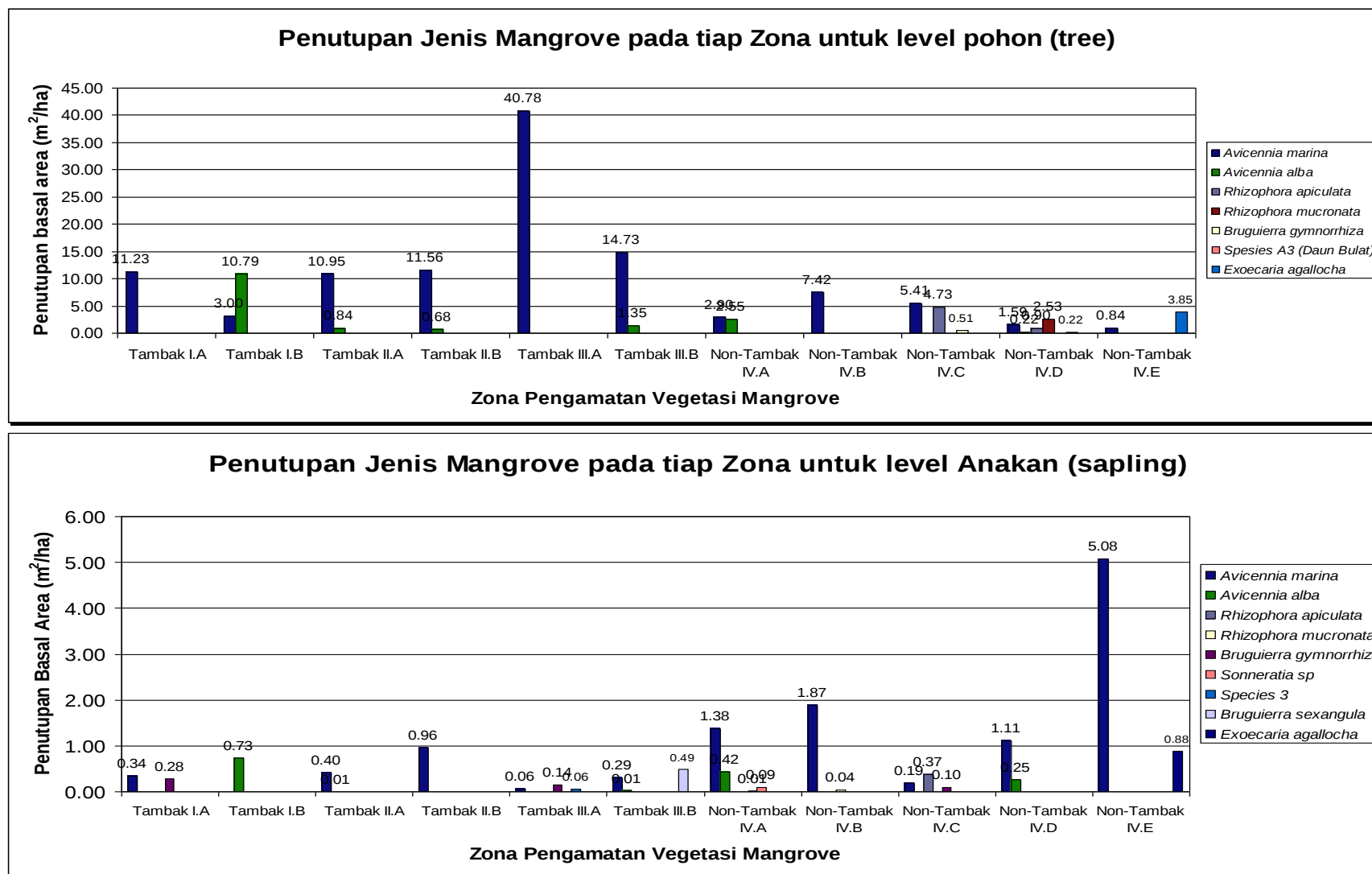
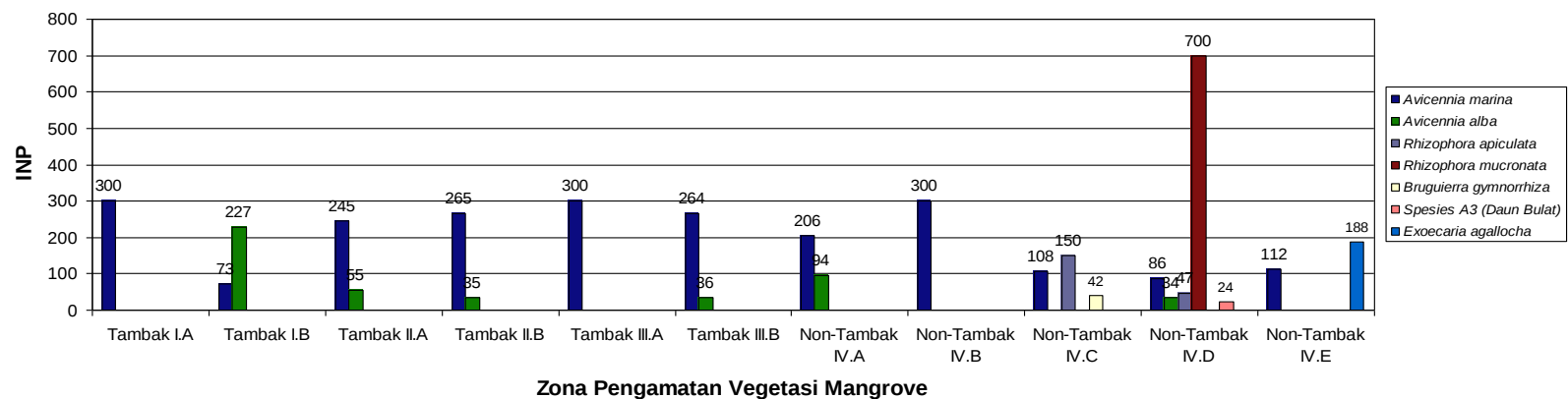


図 10. 各トランスセクトにおける成木および稚樹レベルのマングローブ樹種の被覆度

Indeks Nilai Penting Jenis Mangrove pada tiap Zona untuk level pohon (tree)



Indeks Nilai Penting Jenis Mangrove pada tiap Zona untuk level Anakan (sapling)

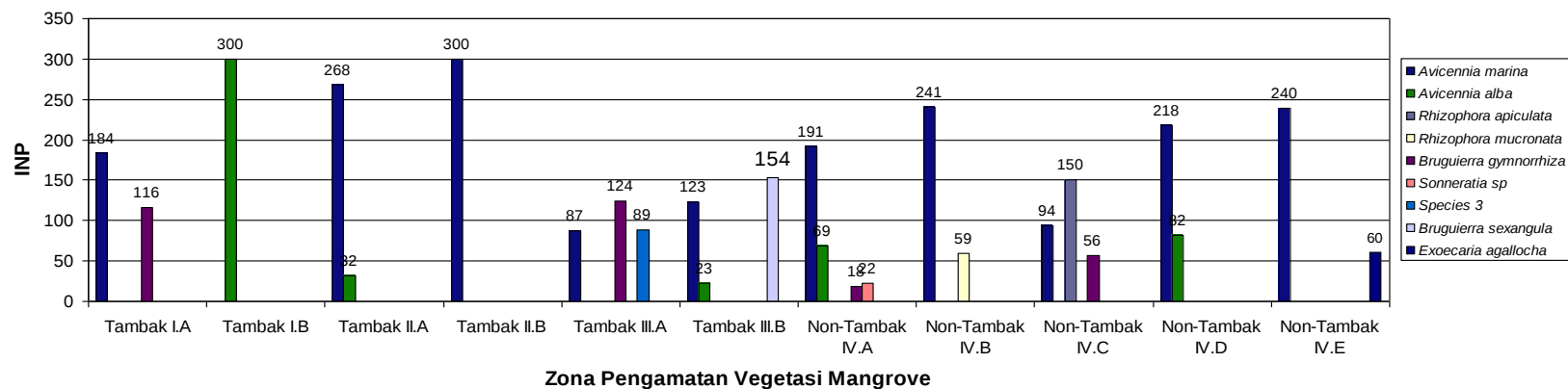


図 11. 各トランスセクトにおける成木および稚樹レベルのマングローブ樹種の重要度

Avicennia 属は優占種であり、特に、*A.marina* および *A. alba* は観察した区域のどこにも均等に生育していて、密度、被覆度および INP 指標は養殖池および養殖池跡地で高かった。*A.marina* の INP 値は観察した 11 のトランセクトにおいて 成木レベルで 72,88-300,00、稚樹レベルで 0-300 であった。一方、準優占種である *Bruguiera sexangula* はトランセクト III.B に見られるが稚樹レベルのもののみであった。

その他のマングローブ樹種も養殖池跡地のトランセクトで見られる。つまり、養殖池跡地 IV.D の *Rhizophora apiculata* および *Rhizophora mucronata*、養殖池跡地 IV.E の *Exoecaria agallocha* である。養殖池跡地 IV.D の *Rhizophora apiculata* および *Rhizophora mucronata* は天然のものではなく、以前の養殖池漁民が放棄したのちに 2005-2007 年に植林したものである。これら 2 樹種は成長が良好で、樹高が 6m 以上となっている。このことから養殖池跡地に *Avicennia spp.* 以外の樹種の植林が可能であることを示唆し、また、養殖池跡地には抗生物質やエサの使用でマイナスの影響が出ているという心配を払しょくしてくれる。

以上の他に植林された *Rhizophora* 属の樹種が見られたが、*Avicennia* 属の天然木との競合にやや負けているように見えた。*Avicennia* 属の樹種は養殖池跡地のトランセクト IV.A(2007 年に放棄)、IV.B(2005 年に放棄)、および IV.E(2007 年に放棄)で数多く見られた。回復活動をエンリッチメント植林で行い海岸保護や野生動物の生息域保全を図ろうとする場合、*Avicennia* 属の樹種は考慮に値する。

(2) マングローブ・アソシエート樹種

今回の調査では以下の 6 種のマングローブ・アソシエート樹種を確認した。

- a. *Acanthus ilicifolius*(ローカル名、jeruju/darulu/deruju): 灌木で潮の干満を受ける地域に広く繁茂している。
- b. *Derris trifoliata*(ローカル名、ambung/kambingan) 半ツル性の植物で回復エリア内外に広く繁茂している。
- c. *Hibiscus tiliaceus*(ローカル名、waru laut); 樹木
- d. *Acrostichum aureum* (ローカル名、paku laut/karakas): シダ植物で若葉が赤みを帯びる。
komponen tambahan; ciri khusus daun muda berwarna merah.
- e. *Sesuvium portulacastrum*(ローカル名、sesepi/gelang-lautgelan-pasir); 土壌表面をはう草本。
- f. *Ipomoea pes-caprae*(ローカル名、katang-katang/daun kacang/ketepeng/ daun-barah/katang); ツル性の草本。

3. 住民の社会・経済状況

養殖池住民の社会・経済状況に関するデータは幾人かの関係住民へのインタビューを通じて実施した。得られた情報は出身地、当地にきた理由、管理する養殖池の数、養殖事業の経費、養殖事業のプロセスなどである。

魚(ミルクフィッシュ)の養殖について、住民は稚魚を購入し、稚魚用の小さな池で 1.5-2 カ月育てる。その後通常の養殖池に移し替える。飼育経費は 1ha の養殖池で 6 カ月間に 300-350 万ルピアとなる。その内訳は以下のとおり。

- a. 泥土の購入費 Rp 400.000/200 立法メートル (1 カブリング Rp. 1.200.000).

- b. 養殖池漁民は抗生物質を使用していない。いろいろな種類の有機物がエサとして投入される(NPK のエサではない。)。エビの養殖には NPK のエサは用いない。コケ、klakap やペレット状のエサなど天然のエサを用いる。エビ養殖にとっては雨が少ない天候が望ましい。なぜなら klalap が多く発生するからだ。
- c. 稚魚:単価は 35 ルピア/1 尾で 1ha 当たり 15,000 – 20,000 尾投入する。
- d. 薬剤: 病害虫の駆除に薬剤を使う。薬剤はおよそ 1 カ月間、あるいは薬剤の効果がなくなるまで使用される。
 - 通常使用される薬剤は、Dursban である。
 - Bentan はミミズなどを殺す効果がある。両者は一緒に、あるいは別々に用いられる。この殺虫剤の価格は Rp 500.000/kg で 1 カプリング当たり 0.5-1kg 使用する。、。
 - Furadan は線虫に用いる粒状の薬剤で、養殖池周辺の畔に穴を掘るカニを殺す作用がある。

養殖池からの収穫は、1 カプリング(2ha)当たり飼育期間 6 月間で計算すると以下の通りとなる。ミルクフィッシュの価格は Rp 7,500,000/1 トン、つまり Rp 6,000-9,000/kg(平均 Rp 7,500/kg)であり、そのほかに副産物としてエビ(udang sayur)があり、1 か月に平均して Rp 500,000 の収入となる。

この地域でいくつかの養殖池の造成が始まったのは 1994-1995 年である。1996 年には 1 年かけて養殖池の造成が完了し、稚魚が飼われるようになった。この年に多くの養殖池が造成されている。初期のころはエビが飼われた。ミルクフィッシュではなくエビのみが飼育されたのは 2003 年までである。エビが飼われなくなった理由は、エビへの投機が高くなり、飼育費用がかさみ、さらにミルクフィッシュに比してより高い技術が要求されたからである。現在、第 6 運河でおよそ 43 カプリングあるいは 20 いくつかの養殖池が見られる。第 9、10 および 11 運河は第 6 運河より長く、おのおの 50-60 カプリングの養殖池がある。1 カプリングの養殖池は 2ha のものもあれば 4ha のものもある。情報によれば、第 1 運河の養殖池はすでにすべてが放棄されているという。理由は畔が崩れやすくなり、満潮の水流の影響を受けやすくなったためという。第 2 運河の養殖池はその半数が放棄されており、一方、第 3 運河の養殖池ではまだ飼育を行っている。第 7 運河の養殖池は海岸からわずか 50m のところに造成されている。

Giyono 氏(マゲラン出身の養殖池漁民。第 8 運河)によると、第 7、第 8 運河の養殖池はそれぞれ 5 カプリングの養殖池が放棄しており、すでに 5 年間で経過して天然のマングローブが発生しているという。また、第 2、第 3 運河でも養殖池が放棄されマングローブが天然更新しているという。

Agus 氏(ブリトゥン出身。第 2 運河)によると、彼は 1994 年に養殖池の造成を開始し、5 カプリング(10ha)を保有したが、2005 年にはソロック・ブントウおよびスンガイ・アブンの近くの養殖池が放棄され始めた。第 1 運河では 3 年前(2007 年)から放棄が始まった。今回の調査では *Avicennia spp.*などのマングローブ樹種は養殖池跡地で天然更新をしていることが分かった。

質問票による調査では、この地に養殖池を持つ住民のある者は、この地に来て放棄された養殖池を引き継いでいる者がいた。また、あるものは知人の養殖池事業を手伝うためにこの地に来たが、知人が放棄して帰ってしまったため、そのあとを引き継いでいる。これはバロン・ブサールの第 1 運河にいる Tomi 氏の事例である。彼は中央ランブン県

から 2005 年にやってきて養殖池事業行っている。

TNS 管内の養殖池漁民はセラン、東ジャンビ、中央ランプン、メトロ、ブリトゥン、ブギス、東ジャワ、中部ジャワなどいくつかの出身地からきている。中にはジャカルタから来た者もある。大半の者はこの地で収入を得ることを望み養殖池漁民となった。ミルクフィッシュの養殖事業はこの地域の養殖池漁民の主たる収入源である。

付属資料 2. 回復エリアの地図

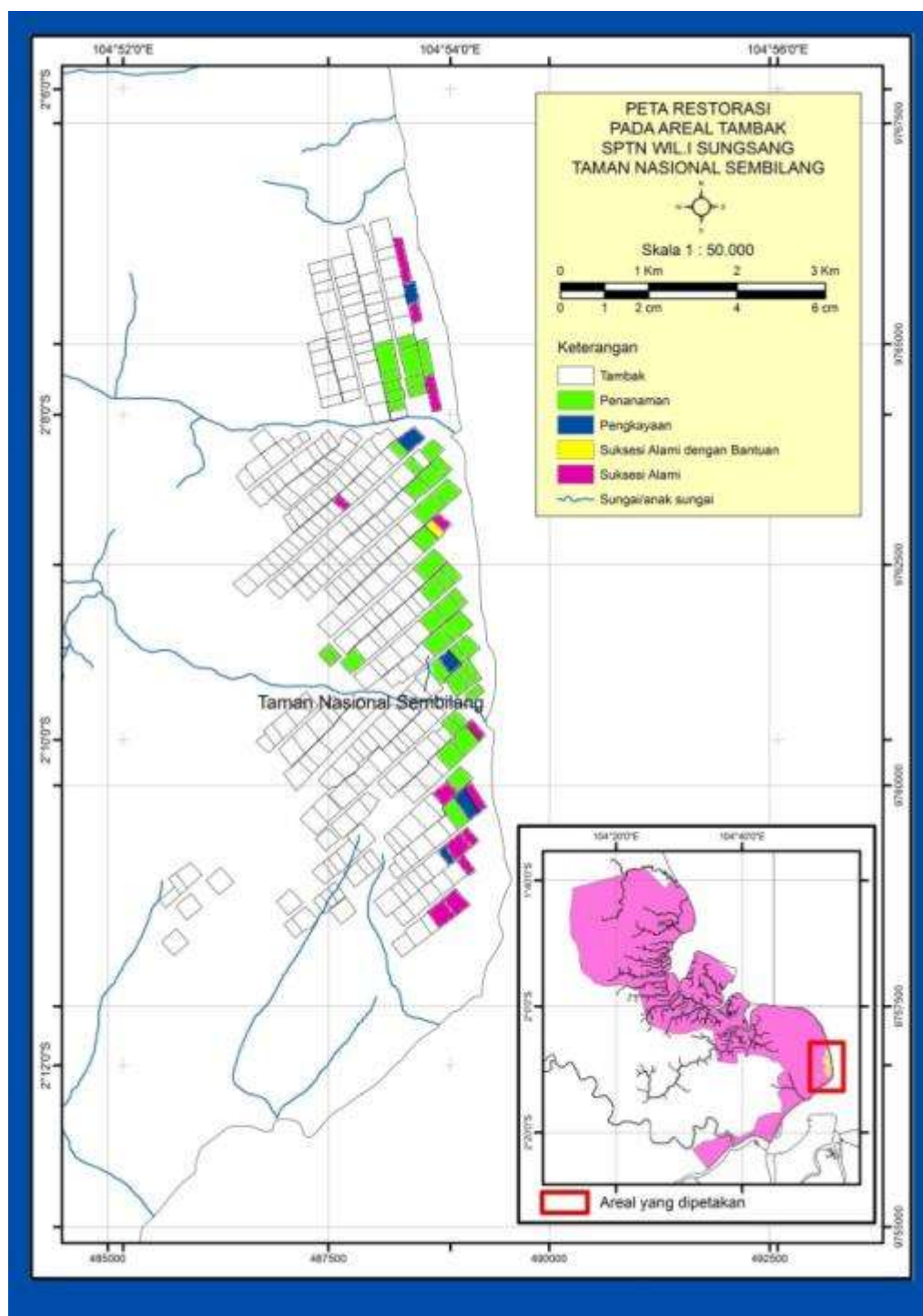


図 1.TNS の回復エリア。四角は養殖池を表わす。

- 植林
- エンリッチメント植林
- 天然更新補助作業
- 天然更新

付属資料 3. 回復植林のモニタリング結果

1. 回復手法の試行についてのモニタリング

(1) 活着率

2011 年度植栽の植林地り生育状況モニタリング結果は、以下のとおりであった。種々の回復サイトにおける植林木の生育は良好である。活着率は植林の箇所で平均 89%、エンリッチメント植林の箇所で 89%と高い。

表 1. エンリッチメント植林および植林の活着率

回復手法	樹種、植栽間隔、苗木の種類	活着率(%)
エンリッチメント植林	<i>Cerip tagal</i> , 5x5m, ポリバック	89
	<i>R. apiculata</i> , 5x5 m, ポリバック	74
	<i>R. mucronata</i> , 5x5 m, ポリバック	74
植林	<i>R. apiculata</i> , 4x4m, 直挿し	84
	<i>R. mucronata</i> , 3x3 m, 直挿し	92
	<i>R. mucronata</i> , 3x3 m, ポリバック	89
	<i>Brugurea sp.</i> , 5x5 m, ポリバック	90

(2) 植栽間隔

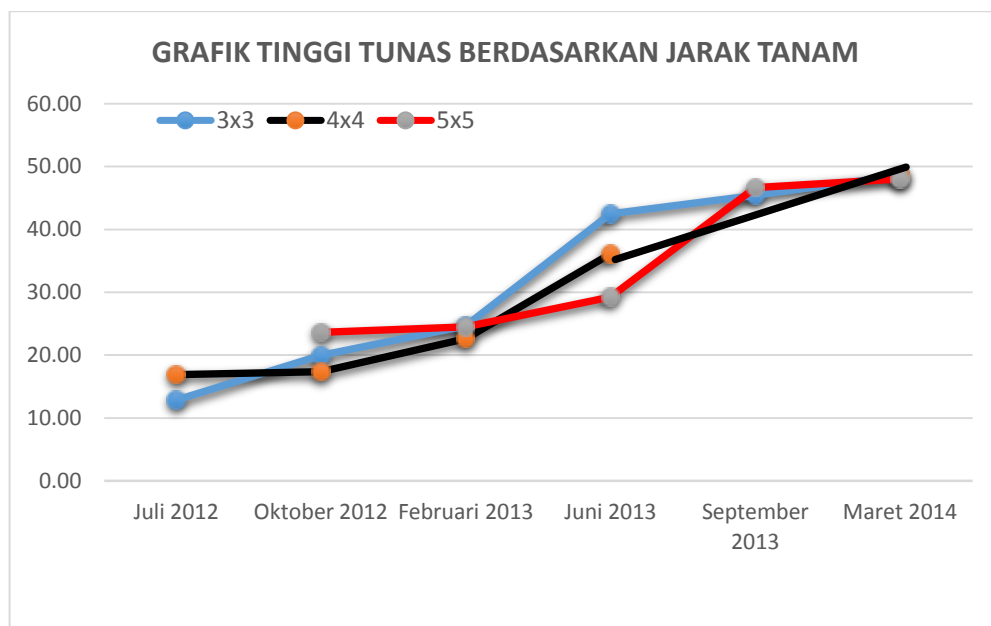
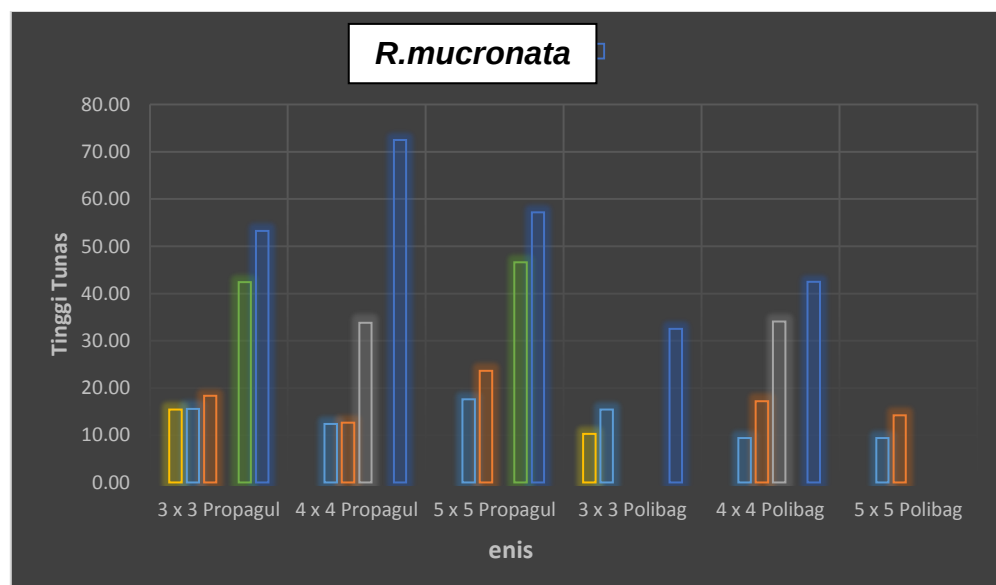
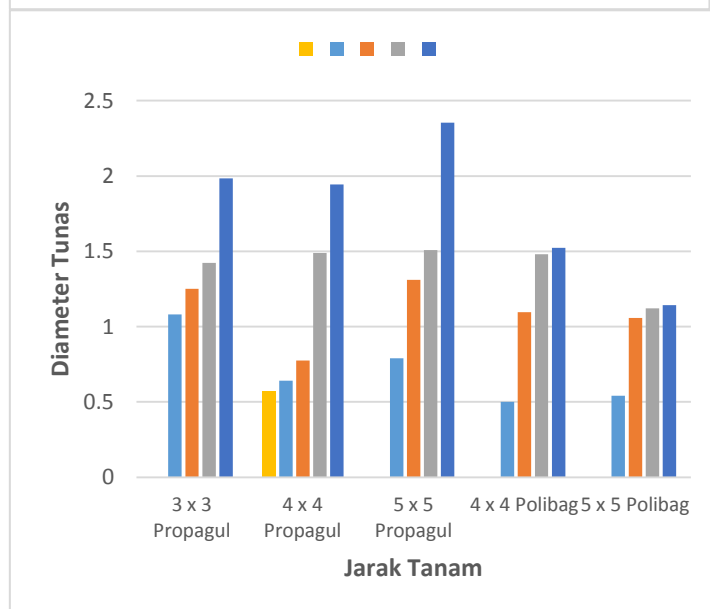
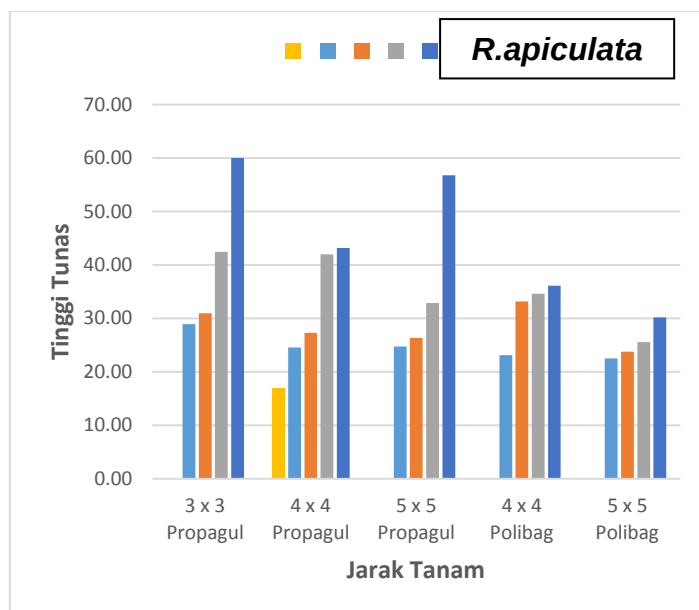


図 1. 成長量に及ぼす植栽間隔の影響



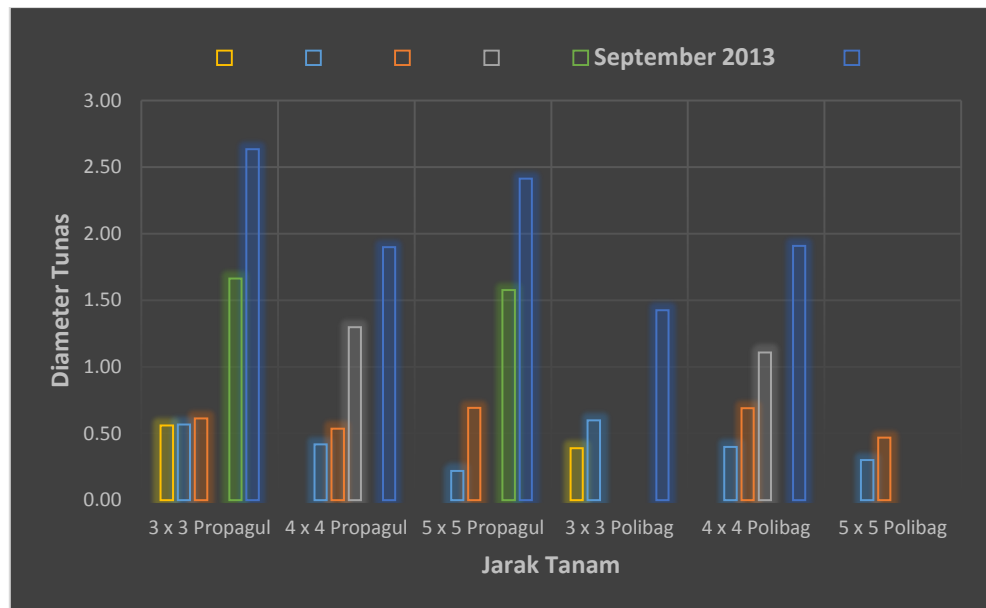
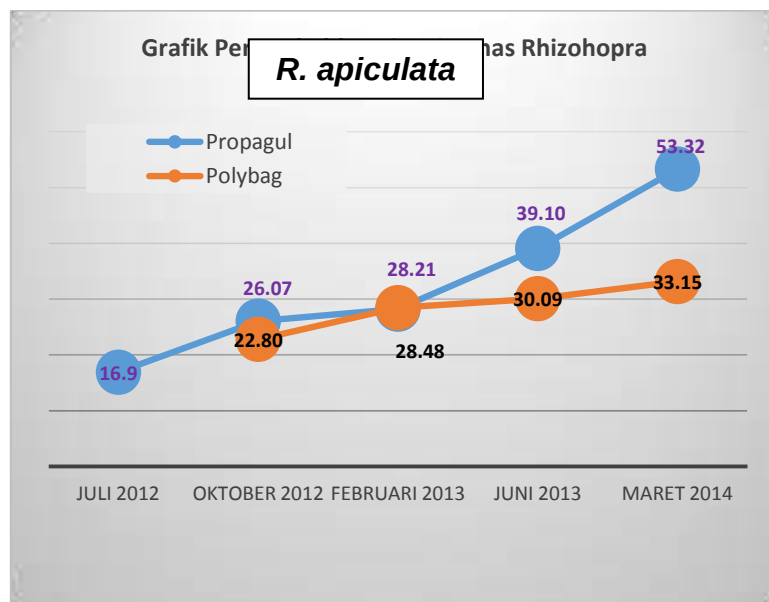


図 2. マングローブ 2 樹種の樹高および直径に及ぼす植栽間隔の影響

マングローブ 2 樹種(*R. apiculata* および *R. mucronata*) の樹高および直径に及ぼす植栽間隔(3x3 m, 4x4 m, dan 5x5 m)の影響はなかった。上記 3 種類の植栽間隔による植林木のヘクタール当たりの本数は、それぞれ 1,110 本、625 本および 400 本となる。

(3) 苗木の種類

苗木の生産方法は 2 種類ある。つまり、ポリバックで生産するものと胎生種子の直挿しによるものである。この 2 種類の苗木の植栽試験結果では、直挿しによる植林木の樹高および直径の成長量はポリバック苗による植林木のそれらを上回っていた。このことから、植林手法として胎生種子の直挿しがより望ましいと言える。



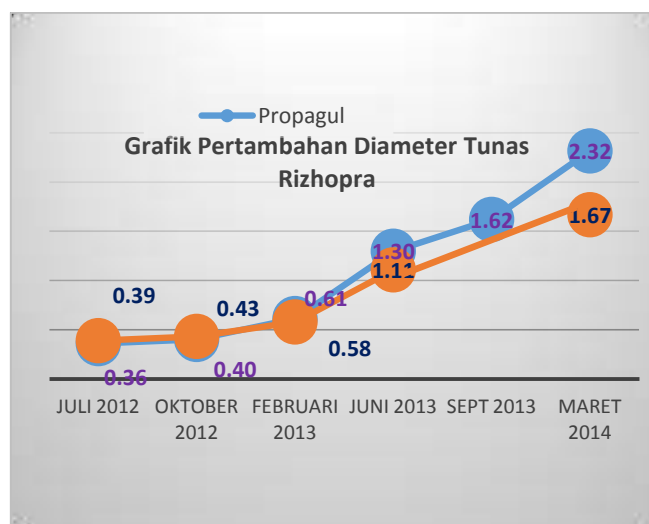
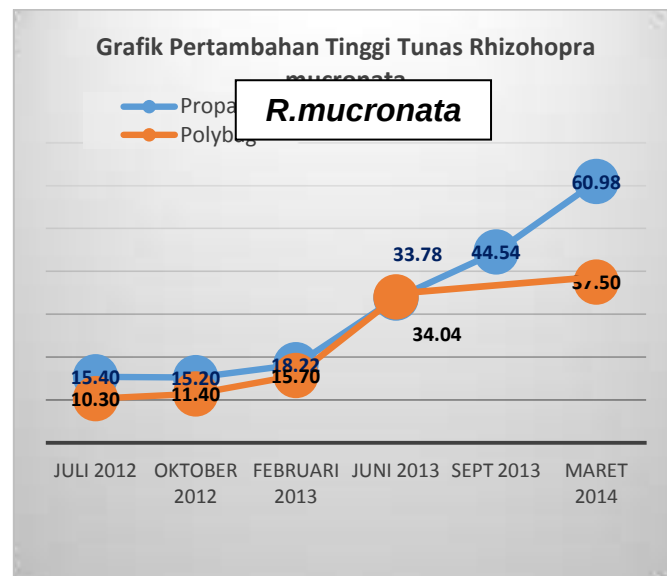
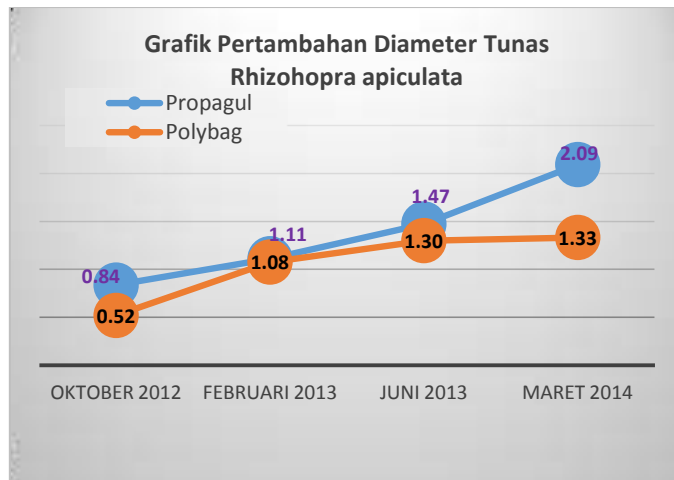


図 3. マングローブ 2 樹種の樹高および直径に及ぼす苗木の種類の影響

(4) マングローブ樹種

R. apiculata および *R. mucronata* 回復活動で数多く植林されているクライマックス樹種である。この 2 樹種の試験植林結果では樹種間による成長量の違いは見られなかった。初期の成長は *R. apiculata* が *R. mucronata* を上回っていたが、植栽後 3 年目になると *R. mucronata* の成長が *R. apiculata* のそれを上回るようになった。両樹種とも回復活動に用いることが望ましい。エンリッチメント植林においては、*Ceriops tagal* の成長量が *R. apiculata* および *R. mucronata* の成長量を上回っていた。したがって、エンリッチメント植林には *Ceriops tagal* を用いることが望ましい。

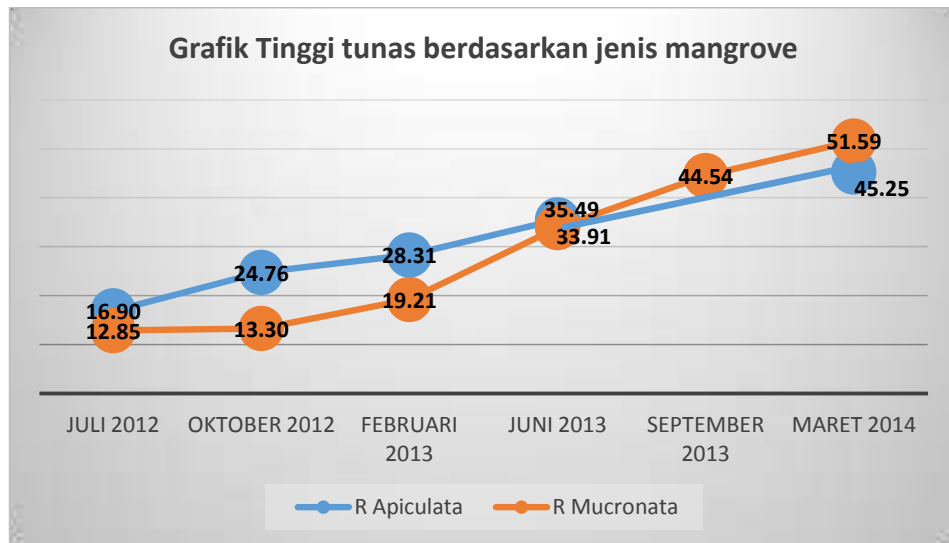


図 4. マングローブ 2 樹種の樹高成長の比較

A. 湛水期間および植栽方法の違いによる成長差の試験結果

試験植林の手法については、以下の通り。

C1: クライマックス樹種のみを植栽。

C2: パイオニア樹種とクライマックス樹種を同じ年に同時に植栽。

C3: パイオニア樹種を最初の年に植栽し、2 年目に 1 か月に 20 日間より長く湛水する使用中の養殖池および湛水期間が 1 か月に 0-9 日間の放棄された養殖池にクライマックスを植栽。

写真で見る通り、まだ使用中の養殖池に植栽されたマングローブ樹種はすでに放棄された養殖池に植栽されたものより樹高成長が良好である。1 か月に 20 日間より長く湛水する養殖池はマングローブの早い成長により条件を与える。

C2 に見る通りパイオニア樹種とクライマックス樹種を同時に植栽する手法では、マングローブ樹種の樹高成長は他の手法(C1 および C2)に比較してより良好である。荒廃した保全地域におけるマングローブ植林による回復については、水文の状態およびパイオニアとクライマックスの植栽手法について検討する必要がある。

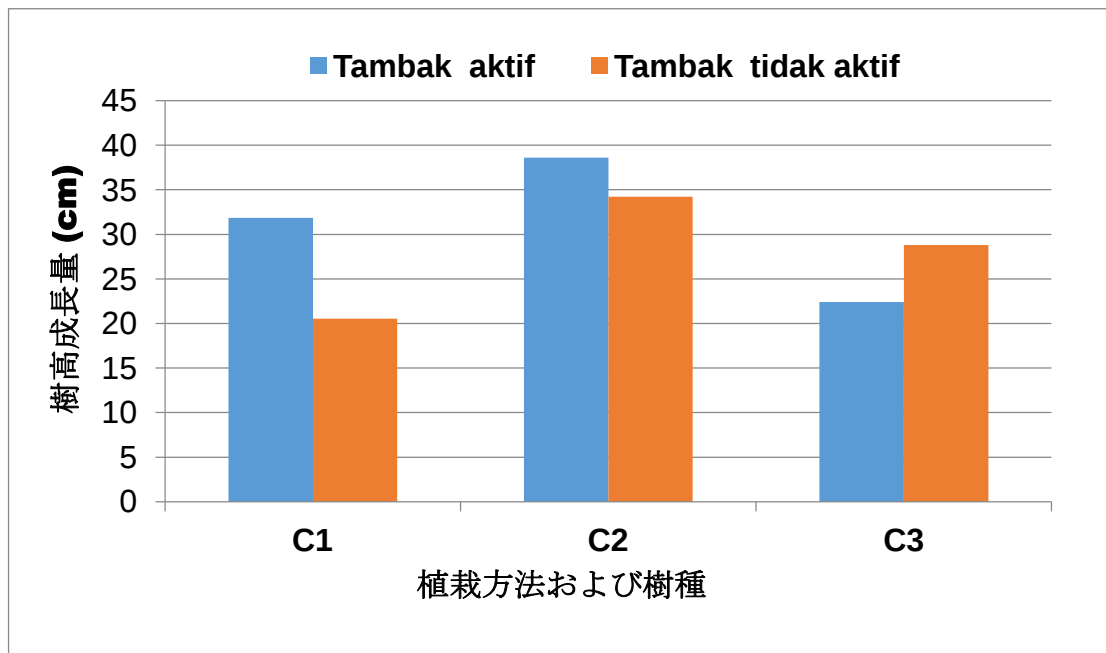


図 5. 植栽方法および樹種の樹高成長および直径成長に及ぼす影響

付属資料 4. 病虫害対策

回復活動を阻害する一つの要因は植林地での病虫害の発生である。本回復エリアに見られる害虫の種類は以下のとおりである。

1. 葉につく害虫



この害虫は幹を食害するために最も多くの枯死の原因となっている。植林地での観察では、モノカルチャーの場合は75%の植栽木が枯死している。この害虫は *Rhizophora spp.* の葉、新芽さらに支柱根を食害する。しかし、混植林では集団にならない。

2. 葉を食害する害虫

葉を食害する害虫は養殖池が乾燥する乾季のはじめに発生する。害虫は 2013 年 9 月の 2-3 週間の第 6 運河 17 番地点で見られ、60%の植林木についていた。

害虫は地面を伝って移動するため、乾燥した養殖池では急速に増える。10cm の大きさの害虫は 1 日で長さ 10cm 幅 7-8cm の葉を食べつくす。10 から 15 匹の害虫で 1 本の植林木を食い尽くす。

3. 害虫の拡大

- 乾季に地面を伝って 1 本の木から他の木へと広がる。
- 水に浮いて木から木へと伝わる。
- 成虫が木に卵を産み付けて広がる。



4. 害虫駆除

害虫が短期間に 60%の植林木に付く事態となったため、急ぎインターネット等の情報を参考に害虫駆除を試みた。

a. 海水の利用

海水を散布したが、害虫のサイズが大きすぎたため、明確な効果は見られなかった。



b. 果実からの毒液の利用

ビンタロー(*Cerbera manghas*)の果実の液やタマネギを混ぜ、それに発酵促進剤 EM4 を加えて発酵させる。この液を使って駆除を試みたが効果は見られなかった。



c. 有機殺虫剤の利用

パニユアシン県での農民グループの生産によるアスデップ(Asdep)という有機農薬を試みた。水 10 リットルにアスデップを 15cc 入れる方法と 10cc 入れる

方法を実施した。



結果は明瞭で、1日で害虫はいなくなったが、不思議なことに害虫の死が何も見られなかった。この害虫は1か月後に近くの養殖池にふたたび発生した。

d. トウガラシの溶液の利用

トウガラシの溶液を用いる駆除について情報を得たので試行的に実施した。しかし、この方法は溶液が害虫の体に付かなければ効果がないため、すべての害虫から防除できたわけではない。大きな害虫は駆除できるが、卵やさなぎは死ななかった。



5. 害虫による結果

この害虫による被害は単一樹種によるモノカルチャーの場合、短期間に全植林木に広がり、気根や支持根を食害し被害を与え致命的である。害虫がさなぎになる段階では、植林木は生き返り新芽を出す。しかし、さなぎになる前に葉が食害され失われてしまうと、害虫はさらに樹皮や根を食害する。そのため更な多くの植林木が枯死する。特に乾季に葉を食べる害虫と幹に入り込む害虫が同時に付くと、植林木は100%枯死する。

袋を持つ害虫



この害虫は *Xylocarpus spp.* に付くと深刻な被害を及ぼす。しかし、他の樹種では成長を阻害する程度の害しか与えない。

幹に入る害虫



この種類は乾季に、特に *Rhizophora spp.* を食害する。この害虫は植林木の幹下部を食害するため、被害木は 100%枯死する。この害虫は葉に付く害虫が葉を食害したのちに植林木に付き、植林木を枯死させる。

果実を食害する害虫



この種類はコメに付く害虫と同じ仲間である。*Bruguiera gymnorhiza* の胎生種子に付き、50%の確率で発芽前および発芽後の胎生種子を枯死させる。この害虫は最初に、まだ若い胎生種子あるいは熟したばかりの胎生種子に付くが、胎生種子が枯死することはない。



第2次の害虫は卵から幼虫の時期に胎生種子に傷をつけ胎生種子を枯死させる。



カニの食害

カニは植栽された胎生種子の幹を食害する。幹が折れると植林木は枯死する。

サルの害

サルは特に乾季に植林木の若い葉を食害する。通常、植林木は枯死することはないが成長が阻害される。

写真



袋を持つ害虫による被害



幹に入る害虫による被害



粉ムシによる
B. gymnorrhiza の被害



胎生種子の害虫



胎生種子を食害する幼虫



葉を食害する害虫



袋を持つ害虫による被害



同左



植林木の被害



粉ムシ/果実のハエによる阻害

付属資料 5. 木道と船着場の建設



写真 1. 海岸から作業小屋手前まで約 1,000m の木道を建設した。赤い屋根の小屋は船着場であるが、干潮時にも上陸できるよう、木道を約 80m 海側に伸ばした。



写真 2. 木道と船着場

木道と船着場はバロン・クチール川河口から作業小屋の手前まで延長 1,080m であり、2012 年 11 月から 5 か月間をかけて建設された。建設以前は干潮時にバロン・クチール川の水位が 1.5-2.0m まで下がっていしまうため、干潮時にはスピード・ボートで作業小屋に入ることができなかった。しかし、木道の建設によりスピード・ボートが接岸できる時間が数時間延長され、回復サイトまでのアクセスが大幅に改善された。

さらに、木道は天然マングローブ林の中を通っているため、木道からマングローブ樹種の花や胎生種子などを近くで観察することができ、エコツーリズムや環境教育の面でも効果が高い。

付属資料 6 マングローブ・トレイルの造成

マングローブ・トレイル造成の目的は、TNS における学術、教育、研究、文化およびエコツーリズムの振興である。マングローブ・トレイルの場所は、当国立公園管理セクション I、ソロック・ブントゥ駐在事務所管内のバロン・クチール川沿いであり、当地の緯度経度は、南緯 02°09' 52'、東経 104°54' 18' である。

マングローブ・トレイルの総延長は 600m で、入り口から入り途中で弧を描いて戻るように設計されている。したがって、出口は入口から数十メートルの位置となる。マングローブ・トレイル一帯の面積は 2.72ha で、現地では以下のとおり 19 種の真正マングローブ樹種と 12 種のマングローブ・アソシエート樹種、合計 31 種が見られる。



写真 1. マングローブ・トレイルの全景。黄色い波線が木道。右が入り口、左が出口。
入り口わきに説明版を設置している。白い屋根が作業小屋、黒い屋根が苗畑。

真正マングローブ樹種

1. *Aegiceras corniculatum*
2. *Avicennia alba*
3. *Avicennia marina*
4. *Avicennia officinalis*
5. *Bruguiera cylindrica*
6. *Bruguiera gymnorrhiza*
7. *Bruguiera parviflora*
8. *Bruguiera sexangula*
9. *Ceriops decandra*
10. *Ceriops tagal*
11. *Excoecaria agallocha*
12. *Kandelia candel*
13. *Nypa fruticans*
14. *Rhizophora apiculata*
15. *Rhizophora mucronata*
16. *Sonneratia alba*
17. *Sonneratia caseolaris*
18. *Sonneratia ovata*
19. *Xylocarpus granatum*

マングローブ・アソシエート樹種

1. *Acanthus ilicifolius*
2. *Acanthus ebracteatus*
3. *Acrosticum aerum*
4. *Acrosticum speciosum*
5. *Cleodendrum inerme*
6. *Derris trifoliata*
7. *Hibiscus tiliaceus*
8. *Ipomea pes-caprae*
9. *Scaevola taccada*
10. *Sesuvium portulacastrum*
11. *Wedelia biflora*
12. *Glochidion litorale*

マングローブ・トレイルの入口に説明板が設置されており、すべての樹種について、樹形や葉、花、果実/胎生種子および根の特徴をシンボルマークを利用し説明している。また、それぞれの樹種がマングローブ・トレイルのどの位置で見られるか地図を載せている。

そのほか、マングローブ・トレイルの各所で見られる真正マングローブおよびマングローブ・アソシエート樹種には樹木の学名、ローカル名、科名および解説を記載したプレートを着けている。



写真 2. トレイル入り口に設置した説明版



写真 2. 全長 600m の木道



写真 3. 樹木名等を説明したプレート



写真 4. 説明用パンフレット

付属資料 7. 参考文献 (スリビジャヤ大学関係)

No.	文献/活動
1	Project on Capacity Building for Restoration of Ecosystems in Conservation Areas at Sembilang National Park South Sumatera Indonesia. Poster Session at the Annual Meeting of Rector Forum of Indonesia. Kampus Unsri Inderalaya, December 2010.
2	Degradasi dan Pertumbuhan mangrove pada lahan bekas tambak di Solok Buntu Taman Nasional Sembilang, Sumatera Selatan. Semirata BKS PTN Wilayah Barat. Fakultas Pertanian Unsri Palembang 23-25 Mei 2011.
3	Kegiatan Restorasi dalam pengelolaan hutan mangrove. 2012. - Lokakarya Pembentukan Kelompok Kerja Mangrove Daerah (KKMD) Provinsi Sumatera Selatan. - Lokakarya Pembentukan Kelompok Kerja Mangrove Daerah (KKMD) Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. - Lokakarya Pembentukan Kelompok Kerja Mangrove Daerah (KKMD) Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan.
4	Mangrove Plant Condition in the Greenbelt Area of Banyuasin Peninsula, Sembilang National Park South Sumatera, Indonesia and Its Restoration Plan. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences 11(1):123-134. 2012.
5	Trial Restoration in Degraded Mangrove Area Caused by Fishpond Development in Sembilang National Park. Regional Symposium on Mangrove Ecosystem Management in Southeast Asia. Surabaya February 27-March 1 2013. Indonesian Ministry of Forestry, Jakarta.
6	Mangrove Restoration Activity at Sembilang National Park, South Sumatra, Indonesia and Its Future Development Plan. The Symposium on current agricultural environmental issue in the maritime region of Pacific Ocean and their countermeasure. Saga University, Japan, 27 February – 2 March 2014.

