

マングローブ再生ガイドブック

立地条件及び荒廃要因に応じたマングローブの再生技術



2022年 3月



公益財団法人 **国際緑化推進センター**
Japan International Forestry Promotion and Cooperation Center



国際航業株式会社

はじめに

マングローブ生態系は炭素（ブルーカーボン）の貯留、水産資源の涵養と供給、防災・減災など様々な生態系サービス機能を有している。しかし、近年、世界的にマングローブ林の劣化・減少は著しく、気候変動の緩和をはじめとする多面的な機能の維持・回復を実現するためのマングローブ林の持続的な管理および再生が世界的に喫緊の課題となっている。このような背景の下、最近では民間企業や NGO を含む多様なセクターによるマングローブ林の保全・再生や持続的利用への取り組みが急速に広がりつつある。

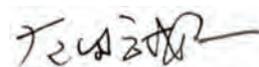
特に 1980 年以降、世界各地でマングローブ林の減少が深刻化したことを受け、民間団体等により植林等によるマングローブ林の再生が試みられてきた。しかし、マングローブ林は、熱帯・亜熱帯地域の淡水と海水の混ざり合う立地に成立する特殊な植物群落であり、その再生に成功していない事例も多数報告されている。それら失敗の主な原因は、再生対象地の荒廃要因や立地環境条件（土壌、水利・潮汐環境、塩分濃度等）の把握が不十分であり、樹種や再生方法の選択が適切に行われなかったことであると考えられる。

これまで既に、マングローブ林再生のための技術マニュアル類や事例が国際機関など様々な団体によって多く提供されているが、対象地域が限定されたものが多い。そこで、本ガイドブックでは、様々な地域を対象とした既存のマングローブ林再生に関する文献資料を整理・分析するとともに、荒廃要因及び立地環境条件に応じたマングローブ林の再生指針を提供することを目的とした。

第 1 章「知っておくべき基礎情報」として、マングローブの種類や地理的条件等の基礎情報を整理した。第 2 章「マングローブ林の減少・劣化と再生へ向けた取り組み」では、なぜマングローブ林が減少しているかについて、過去からの減少・劣化要因及び傾向を整理し、再生へ向けた取り組みを紹介した。第 3 章「荒廃要因に応じたマングローブ林の再生方法」では、荒廃要因及び立地条件に適した樹種及び再生方法を整理して提示し、併せて、近年急速な進歩を見せるリモートセンシングや GIS による空間情報技術の適用の可能性についても触れた。第 4 章「既存のマングローブ林再生マニュアル及び再生事例」では、世界各地における既存のマングローブ植林に関する技術マニュアル及び事例を地域・国別に整理して情報提供した。また、第 5 章「文献リスト」では、マングローブ林の再生にあたって参考となる代表的な文献・図書を紹介した。

本ガイドブックが、民間企業や NGO 等によるマングローブ林再生の取り組みの一助となれば幸いである。

公益財団法人 国際緑化推進センター
理事長 太田 誠一



筆頭著者

松井 直弘（国際航業株式会社）

著 者

第 1 章 神谷 結香（国際航業株式会社）

第 2 章 鬼塚 瑠都子（国際航業株式会社）

第 3 章 松井 直弘 増田 一稔（国際航業株式会社）

第 4 章 弓山 大輔（国際航業株式会社）

編集者

田中 浩 仲摩 栄一郎 柴崎 一樹（公益財団法人国際緑化推進センター）

監修者

吉川 賢（岡山大学名誉教授）

発行元

公益財団法人 国際緑化推進センター

国際航業株式会社

※本マングローブ再生ガイドブックは、林野庁補助事業、令和 3 年度国際林業協力事業のうち「途上国森林再生技術普及事業」の一環として作成されたものです。

目次

第1章 知っておくべき基礎情報

1.1	マングローブとは？	2
1.2	マングローブ林の分布	7
1.3	マングローブ生育地の地理的条件（局地的な分布様式）	8
1.4	マングローブ林の森林構造（立地環境）	9
1.5	マングローブ林の生態系サービス	10
	(1) 供給サービス	11
	(2) 調整サービス	13
	(3) 生息・生育地サービス	14
	(4) 文化的サービス	14
1.6	マングローブ林の保全と持続的な管理のための国際的な組織	14

第2章 マングローブ林の減少・劣化と再生へ向けた取り組み

2.1	世界的なマングローブ林面積の変化	16
2.2	マングローブ林の減少・劣化要因と地域分布	17
2.3	要因別のマングローブ林の減少・劣化プロセスと周辺環境への影響	19
	(1) 人為的要因	19
	(2) 自然要因	20
2.4	マングローブ林の保全・再生に向けた取り組み	21
	(1) 国際的な取り組み	21
	(2) マングローブ林再生ポテンシャル	21

第3章 荒廃要因に応じたマングローブ林の再生方法

3.1	立地環境の把握	24
	(1) 植林地選定	24
	(2) 地盤高の測定	25
	(3) 塩分濃度の測定	25
3.2	適切な樹種選択	25
3.3	苗畑の造成方法	26
	(1) 苗畑の設置場所の選定	26
	(2) 苗畑作設の準備	26
	① 苗畑の地盤高の調整	26
	② 排水処理	26
	③ 長期間使用する苗畑	26
	(3) 苗床の作成	26
3.4	植林	27
	(1) 植林方法	27
	(2) 植林後の管理	28
3.5	植林の評価	28
3.6	荒廃要因に応じた植林方法	30
	(1) エビ養殖池	30
	(2) 水田	31
	(3) 塩田	32
	(4) 鉱物資源開発	32
3.7	指標植物を用いた立地条件の把握手法	33
3.8	空間情報技術を活用した立地条件の把握手法	34



目次

第4章 既存のマングローブ林再生マニュアル及び再生事例

4.1 広域	
(1) アジア・太平洋	37
(2) メソアメリカ・カリブ海地域	38
4.2 東南アジア	
(1) インドネシア	39
(2) マレーシア	40
(3) フィリピン	41
(4) ベトナム	42
4.3 南アジア及び西アジア	
(1) バングラデシュ	43
(2) インド	44
(3) スリランカ	45
(4) オマーン	45
(5) クウェート	45
(6) アラブ首長国連邦	46
4.4 アフリカ	
(1) 西インド洋地域	47
(2) エリトリア	47
(3) ケニア	48
(4) ナイジェリア	48
(5) ガンビア	48
4.5 アメリカ	
(1) メキシコ	49
(2) セントルシア	49
(3) ガイアナ	49
4.6 大洋州	
(1) パプアニューギニア	50
(2) ソロモン	50
(3) キリバス	50
(4) マーシャル	51
(5) ツバル	51

第5章 文献リスト

5.1 推薦文献及び図書（年代順）	53
5.2 すべての文献	55

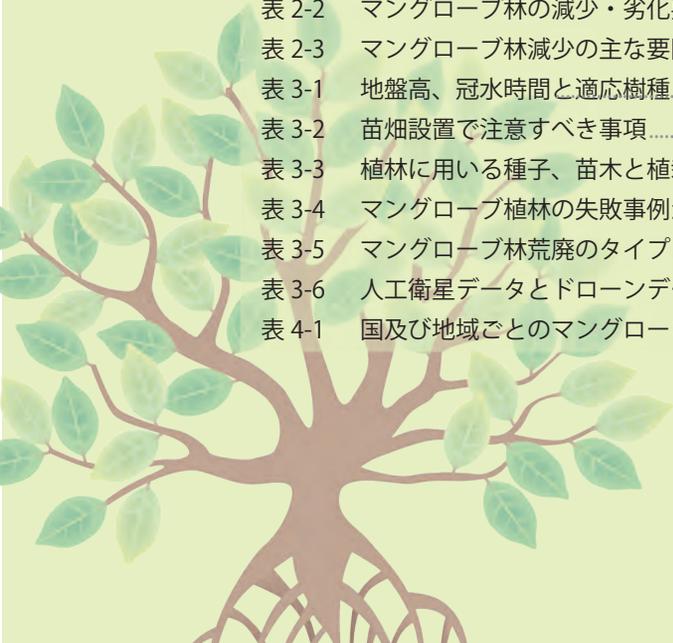


目次

図 1-1	マングローブの根の型	2
図 1-2	<i>Avicennia alba</i> (ウラジロヒルギダマシ)	6
図 1-3	<i>Rhizophora mucronata</i> (オオバヒルギ)	6
図 1-4	<i>Bruguiera cylindrica</i> (シロバナヒルギ)	6
図 1-5	<i>Sonneratia apetala</i> (ムベンハマザクロ)	6
図 1-6	世界のマングローブ林分布	7
図 1-7	マングローブ林の分布に影響を与えている気象要素	7
図 1-8	潮間帯でのマングローブ林のゾーネーション	9
図 1-9	ニッパヤシからの樹液採取	11
図 1-10	マレーシア・マタン森林保護区のマングローブ製炭所	12
図 1-11	自然災害発生時のマングローブ林の役割	13
図 2-1	1996 年から 2016 年までのマングローブ林面積の変化	16
図 2-2	2000 年から 2016 年までのマングローブ林の減少要因	17
図 2-3	減少要因毎のマングローブ林減少の強度 (年代・地域別)	18
図 2-4	ミルクフィッシュの養殖	19
図 2-5	農地への転換	19
図 2-6	炭の生産	19
図 2-7	エビ養殖池	20
図 3-1	マングローブの生育適正範囲	24
図 3-2	エビ養殖池跡地における潮汐回復によるマングローブ林の再生	27
図 3-3	マングローブの植林 3 年後の樹高分布	28
図 3-4	代表的なマングローブ植林樹種の成長	29
図 3-5	エビ養殖放棄池におけるマングローブの再生	30
図 3-6	マングローブ林荒廃により深刻化する海岸線浸食	30

表目次

表 1-1	マングローブの種類	3
表 1-2	マングローブ生育地の地理的条件	8
表 1-3	生態系サービスの分類	10
表 1-4	マングローブ林の保全と管理に関する国際的な組織	14
表 2-1	マングローブ林の減少・劣化に関するマップ	16
表 2-2	マングローブ林の減少・劣化要因	17
表 2-3	マングローブ林減少の主な要因と減少国・地域	18
表 3-1	地盤高、冠水時間と適応樹種	25
表 3-2	苗畑設置で注意すべき事項	26
表 3-3	植林に用いる種子、苗木と植栽方法	27
表 3-4	マングローブ植林の失敗事例が報告されている文献	31
表 3-5	マングローブ林荒廃のタイプと再生で注意すべき点	32
表 3-6	人工衛星データとドローンデータの比較	34
表 4-1	国及び地域ごとのマングローブ林再生技術に関するマニュアル及び事例	36



Box 目次

Box 1-1	マングローブの特殊な根	2
Box 1-2	ニッパヤシからの砂糖生産事例の紹介	11
Box 1-3	炭材生産のための持続的なマングローブ林管理	12
Box 2-1	深刻な大規模荒廃の事例紹介	20
Box 2-2	マングローブ林の再生エリアウェブサイトの紹介	22
Box 3-1	マングローブ林再生のための生態工学的アプローチ	27
Box 3-2	再生優先順位が高い荒廃地（コスト・ベネフィット勘案）	29
Box 3-3	マングローブ林再生の失敗事例とその要因、注意事項	31
Box 3-4	遺伝子の攪乱防止対策（DNA 調査）	32
Box 3-5	人工衛星データとドローンデータの比較	34

略語表

略語	英語	日本語
CI	Conservation International	コンサベーション・インターナショナル
COP	Conference of the Parties	気候変動枠組条約締約国会議
GPS	Global Positioning System	グローバル・ポジショニング・システム (全地球測位システム)
ISME	International Society for Mangrove Ecosystems	国際マングローブ生態系協会
ITTO	The International Tropical Timber Organization	国際熱帯木材機関
IUCN	International Union for Conservation of Nature	国際自然保護連合
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
MMFR	Matang Mangrove Forest Reserve	マタンマングローブ森林保護区
NASA	National Aeronautics and Space Administration	アメリカ航空宇宙局
NbS	Nature based Solutions	自然を活用した解決策
NDC	Nationally Determined Contribution	国が決定する貢献
NIES	National Institute for Environmental Studies	国立環境研究所
SDGs	Sustainable Development Goals	持続可能な開発目標
SEAFDEC	Southeast Asian Development Center	東南アジア漁業開発センター
SFD	Sabah Forestry Department	サバ州森林局
TNC	The Nature Conservancy	ザ・ネイチャー・コンサーバンシー
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機関（ユネスコ）
USAID	United States Agency for International Development	アメリカ合衆国国際開発庁
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
WI	Wetlands International	国際湿地保全連合
WWF	World Wildlife Fund	世界自然保護基金
ZSL	Zoological Society of London	ロンドン動物学会

第1章 知っておくべき基礎情報

1.1 マングローブとは？

1.2 マングローブ林の分布

1.3 マングローブ生育地の地理的条件（局地的な分布様式）

1.4 マングローブ林の森林構造（立地環境）

1.5 マングローブ林の生態系サービス

- (1) 供給サービス
- (2) 調整サービス
- (3) 生息・生育地サービス
- (4) 文化的サービス

1.6 マングローブ林の保全と持続的な管理のための国際的な組織



1.1 マングローブとは？

マングローブは、熱帯・亜熱帯地域の汽水域（淡水と海水の混ざり合う、満潮時には海面下になり、干潮時は干上がる場所で、潮間帯と呼ばれることもある）に生息している植物の総称である（古川 2018、沖縄県 2016）。

マングローブが生育する環境は、潮汐の影響を強く受け、泥土を主体とする軟弱な土壌であるため、通常の陸上植物が生育するのが難しい（加藤 2016、沖縄県 2016）。マングローブは耐塩性植物、好塩性植物として分類され、そのような環境に適応するために（直立）通气根、支柱根、膝根、板根を発達させている（沖縄県 2016）。

こうした特殊な形態の根を持つ種を「純マングローブ種」(true mangroves) と呼び、持たない種を「副次的なマングローブ種」(mangroves associates) と呼んでいる（沖縄県 2016）。純マングローブ種（メヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ等）の多くは、種子が樹上で幼植物体にまで成長する胎生種子が特徴的である。胎生種子は、成熟して親木から落下したあと、海流に流されて着床した場所で発根し成長する（加藤 2016、沖縄県 2016）。また、ヒルギダマシは、胎生種子の萼片（がくへん）が種皮に覆われて見えないため、半胎生種子と呼ばれている（JICA 保全地域における生態系保全のための荒地回復能力向上プロジェクト 2015）。なお、副次的なマングローブ種は潮間帯より陸側にも生育する。

Box 1-1 マングローブの特殊な根

- ・（直立）通气根（つうきこん）：小さな竹の子のような形状。通气根は冠水時にスポンジ根にためた空気を用いて酸素呼吸をしている。このため「呼吸根（こきゅうこん）」ともいう。（例：ヒルギダマシ *Avicennia marina*、マヤブシキ *Sonneratia alba*）
- ・支柱根（しちゅうこん）：たこの足のような形状。（例：ヤエヤマヒルギ *Rhizophora mucronata*）
- ・膝根（しっこん）：膝を曲げたような形状。（例：オヒルギ *Bruguiera gymnorrhiza*）
- ・板根（ばんこん）：板のような形状。（例：サキシマスオウノキ *Heritiera littoralis*）



図 1-1 マングローブの根の型

（出典：沖縄県 2016）

環境条件の違いに適応して、マングローブには多くの種が存在する（表 1-1）。国立環境研究所（NIES）及び国際マングローブ生態系協会（ISME）は、ウェブサイト上に「熱帯沿岸生態系ポータル（Tropical Coastal Ecosystem Portal）」を開設しており、世界のマングローブの種リスト、分布図、生態系機能等を公開している（<https://www.nies.go.jp/TroCEP/index.html>）。国別の詳細な分布等の情報や関連する文献についてもこのサイト内で確認できる。

表 1-1 マングローブの種類

科	属	種	
		学名	和名
Acanthaceae キツネノマゴ科	Acanthus ハアザミ属	<i>Acanthus ebracteatus</i>	N/A
		<i>Acanthus ilicifolius</i>	ミズヒイラギ
(特徴) アジアのマングローブ林では一般的に見られるが、樹木でなく草本。草丈 50~80cm の蔓性植物。葉の縁に鋭く尖った棘があり、柊の葉に似ているところから <i>Acanthus ilicifolius</i> にはミズヒイラギの和名が付けられている。			
Aegialitiaceae	Aegialitis	<i>Aegialitis annulata</i>	N/A
		<i>Aegialitis rotundifolia</i>	N/A
(特徴) 両種とも砂地を好み、ヒルギダマシに交じって生える。 <i>Aegialitis rotundifolia</i> は 1m 程度の小型の樹木であり、幹は根元がかなり太くなり、基部は支柱根状になる。果実は 4~5cm でやや彎曲するバナナ型を呈している。			
Arecaceae ヤシ科	Nypa ニッパヤシ属	<i>Nypa fruticans</i>	ニッパヤシ
(特徴) 高さ 9m 前後に達する常緑の小高木。種子植物では珍しく、二叉分枝した根茎を湿地の泥の中に伸ばす。茎（地上茎）はなく、根茎の先端から太い葉柄と羽状の複葉を持つ数枚の葉を出す。			
Avicenniaceae ヒルギダマシ科	Avicennia ヒルギダマシ属	<i>Avicennia alba</i>	ウラジロヒルギダマシ
		(特徴) 筍根と呼ばれる葉緑素を持った呼吸根を持つ。葉には塩類腺がある。紅海海岸で主に植樹される樹種である。	
		<i>Avicennia bicolor</i>	ビカラーヒルギダマシ
		<i>Avicennia germinans</i>	ゲルミナヒルギダマシ
		<i>Avicennia integra</i>	N/A
		<i>Avicennia marina</i>	ヒルギダマシ
		<i>Avicennia officinalis</i>	マルバヒルギダマシ
		<i>Avicennia rumphiana</i>	N/A
		<i>Avicennia schaueriana</i>	シャウエリアヒルギダマシ
(特徴) ヒルギダマシは干潟の泥の中に放射状に広く水平に根を張り、高さ数 cm 程度の柔らかい筍根と呼ばれる呼吸根を、土壌表面より垂直に突き出す。葉は塩類腺を持ち、塩分の排出を行う。			
Bignoniaceae ノウゼンカズラ科	Dolichandrone	<i>Dolichandrone spathacea</i>	N/A
	Tabebuia	<i>Tabebuia palustris</i>	N/A
Bombaceae パンヤ科	Camptostemon	<i>Camptostemon philippinense</i>	N/A
		<i>Camptostemon schultzei</i>	N/A
Combretaceae シクンシ科	Laguncularia	<i>Laguncularia racemosa</i>	ラグンクラリア
	Lumnitzera ヒルギモドキ属	<i>Lumnitzera littorea</i>	アカバナヒルギモドキ
		<i>Lumnitzera racemosa</i>	ヒルギモドキ
		(特徴) 陸化した砂質の場所を好む。呼吸根は匍匐して周囲に伸びる。葉は比較的多肉で、長さ 5cm 程度で枝の先に多く、互生する。葉の形状は卵形から長楕円形で先端に凹みがあることが特徴である。	
		<i>Lumnitzera x rosea</i>	N/A
Conocarpus	<i>Conocarpus erectus</i>	N/A	
(特徴) シクンシ科のうち、ラグンクラリアはマングローブの後背地に出現する。ヒルギモドキはアメリカやアフリカには分布しないが、東南アジアでは一般的である。葉は小さく、枝の先に集まって付き、枝先に長さ 1cm ほどの白い花が咲く。			
Ebenaceae カキノキ科	Diospyros カキノキ属	<i>Diospyros littorea</i>	N/A

科	属	種	
		学名	和名
Euphorbiaceae トウダイグサ科	Excoecaria セイシボク属	<i>Excoecaria agallocha</i>	シマシラキ
		(特徴) マングローブの後背地に出現する。茎の切り口から出る白い乳液はアルカロイド成分を含み、有毒である。	
		<i>Excoecaria indica</i>	N/A
Fabaceae マメ科	Mora	<i>Mora oleifera</i>	N/A
	Cynometra	<i>Cynometra iripa</i>	N/A
Lythraceae ミソハギ科	Pemphis ミズガンピ属	<i>Pemphis acidula</i>	ミズガンピ
(特徴) 本来はマングローブの構成種というより海岸植物の一つで、マングローブが生育できない海岸の磯や砂地に生育する海岸植生である。			
Meliaceae センダン科	Aglaiia ジュラン属	<i>Aglaiia cucullata</i>	N/A
	Xylocarpus ハウガンヒルギ属	<i>Xylocarpus granatum</i>	ハウガンヒルギ
		(特徴) 大きな砲丸のような果実を持ち、果実の中には数個の角張った種子がある。根は地面を曲がりくねって這う板根である。	
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	ニリスハウガン		
Myrsinaceae サクラソウ科	Aegiceras	<i>Aegiceras corniculatum</i>	N/A
		<i>Aegiceras floridum</i>	N/A
Myrtaceae フトモモ科	Osbornia	<i>Osbornia octodonta</i>	オスボルニア
(特徴) フトモモ科はユーカリのほか、熱帯果樹のグアバ、レンブ、香辛料のショウジ(クローブ)、オールスパイス等を含む大きな科で、オスボルニア属がマングローブ種として数えられている。樹皮は赤褐色を帯びる。			
Pellicieraceae	Pelliciera	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	N/A
Pteridaceae イノモトソウ科	Acrostichum ミモチシダ属	<i>Acrostichum aureum</i>	N/A
		<i>Acrostichum danaeifolium</i>	N/A
		<i>Acrostichum speciosum</i>	N/A
Rhizophoraceae ヒルギ科	Rhizophora ヒルギ属	<i>Rhizophora apiculata</i>	フタバナヒルギ
		(特徴) 東南アジアのマングローブ林における主要構成種の一つ。	
		<i>Rhizophora mangle</i>	アメリカヒルギ
		<i>Rhizophora mucronata</i>	オオバヒルギ
		(特徴) <i>Rhizophora</i> 属の中で最も葉が大きく、胎生種子も最大である。東南アジアではマングローブ林の前面に生育している。	
		<i>Rhizophora racemosa</i>	カズザキヒルギ
		<i>Rhizophora samoensis</i>	サモアヒルギ
		<i>Rhizophora stylosa</i>	ヤエヤマヒルギ
		(特徴) 日本に分布するただ1種の <i>Rhizophora</i> 属。沖縄の石垣や西表に分布するヒルギであることからこの名前が付けられている。樹高は 8-10m 程度になる。幹の根本近くから周囲に向かって、弓なりの形状の呼吸根(支柱根と言うこともある)を伸ばす。果実は卵形で、樹上にあるうちに先端から長さ 30cm 以上にも及ぶ細長い緑色の幼根が伸びることから、胎生種子と呼ばれる。	
<i>Rhizophora x harrisonii</i>	ハリソンヒルギ		

科	属	種		
		学名	和名	
		<i>Rhizophora x lamarckii</i>	ラマルクヒルギ	
		<i>Rhizophora x neocaledonica</i>	N/A	
		<i>Rhizophora x selala</i>	セララヒルギ	
	Kandelia メヒルギ属	<i>Kandelia candel</i>	メヒルギ	
	(特徴) 成木は幹の周囲に呼吸根として板根を持ち、安定して株立ちする。葉は 5cm ほどの長楕円形で対生し、革質、光沢がある。葉の先端は鈍いか、又は丸い。樹皮は濃赤褐色でタンニンを多く含み染料として用いられる。胎生種子はかんざし(こうがい)に似ていることからリュウキュウコウガイの別名がある。			
		<i>Kandelia obovata</i>	N/A	
	Ceriops	<i>Ceriops australis</i>	N/A	
		<i>Ceriops decandra</i>	デカンドラコヒルギ	
		<i>Ceriops tagal</i>	コヒルギ	
		<i>Ceriops zippeliana</i>	N/A	
	Bruguiera オヒルギ属	<i>Bruguiera cylindrica</i>	シロバナヒルギ	
		<i>Bruguiera exaristata</i>	ニセオヒルギ	
		<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	オヒルギ	
		(特徴) 呼吸根は屈曲膝根と呼ばれ、湾曲し、人の膝のように見える。大型個体になると根本が板根状となる。胎生種子を作る。		
		<i>Bruguiera hainesii</i>	ハイネッシオヒルギ	
<i>Bruguiera parviflora</i>		ヒメヒルギ		
<i>Bruguiera sexangula</i>		ロッカクヒルギ		
<i>Bruguiera rhynchopetala</i>		N/A		
Rubiaceae アカネ科	Scyphiphora	<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	ウミマサキ	
Sonneratiaceae ハマザクロ科	Sonneratia ハマザクロ属	<i>Sonneratia alba</i>	マヤブシキ	
		(特徴) 属の中でもっとも広く分布する種。葉は卵型、先端は丸い形をしており、他の <i>Sonneratia</i> 属マングローブと比較して、最も鈍く丸いことが特徴的である。呼吸根はタケノコのように見える筍根である。古い筍根は先端が棍棒状に塊となる。根は葉緑体を持つ。		
		<i>Sonneratia apetala</i>	ムベンハマザクロ	
		<i>Sonneratia caseolaris</i>	ベニマヤブシキ	
		<i>Sonneratia griffithii</i>	グリフィスハマザクロ	
		<i>Sonneratia lanceolata</i>	ホヅバハマザクロ	
		<i>Sonneratia ovata</i>	マルバマヤブシキ	
		<i>Sonneratia x gulngai</i>	N/A	
		<i>Sonneratia x hainanensis</i>	N/A	
		<i>Sonneratia x urama</i>	N/A	
Sterculiaceae アオギリ科	Heritiera サキシマスオウノキ属	<i>Heritiera fomes</i>	N/A	
		<i>Heritiera globosa</i>	N/A	
		<i>Heritiera littoralis</i>	サキシマスオウノキ	
		(特徴) やや陸化した所に出現する常緑性高木で 20m 近くに成長する。良く発達した板根を持つのが特徴で、高さが 4m を超えることもある。ソラマメのような大きな莢に似た勾玉型の堅い果実は、背腹に鋭く盛り上がった稜線を持ち、緑褐色を呈する。		

(出典: Tropical Coastal Ecosystems Portal, 中村&中須賀 1998)



図 1-2 *Avicennia alba* (ウラジロヒルギダマシ)



図 1-3 *Rhizophora mucronata* (オオバヒルギ)

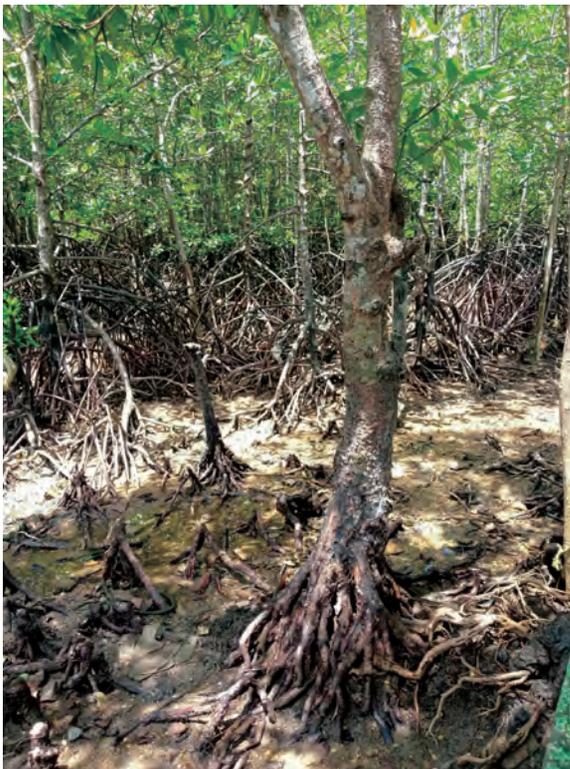


図 1-4 *Bruguiera cylindrica* (シロバナヒルギ)



図 1-5 *Sonneratia apetala* (ムベンハマザクロ)

1.2 マングローブ林の分布

マングローブ林は、北緯32度と南緯38度の間、112カ国の熱帯・亜熱帯地域に分布し、世界の海岸線の約12%を占める。(Basha 2018)。世界のマングローブ林の総面積は 135,000 ~ 180,000 km² とされ、地域的には、東南アジアが全体の33.5%、次に南米、中央・北アメリカと続く。また、国別では、インドネシアが全体の20.9% (東南アジアの6割以上) を占め、次にブラジル (8.5%)、オーストラリア (6.5%) と続く (Spalding *et al.* 2010)。



図 1-6 世界のマングローブ林分布
(出典 : Mangrove Restoration (<https://maps.coastalresilience.org/mangrove-restoration/>))

マングローブ林の分布にはこれまで海水面温度が関係していると考えられてきたが、最近の報告では最低気温と年間降水量の影響が大きいとされている (Micheal.J.Osland *et al.* 2016)。北アメリカ東部、メキシコ湾西部、東アジア等の年平均気温が低い地域では、冬期の日中気温が低すぎないことがマングローブ林の生育にとって重要であり、乾燥地及び半乾燥地におけるマングローブ林の減少又は拡大には、降水量の変動が深く関係している (Osland, M. J. *et al.* 2016)。図 1-7 は、気候変動に伴う降水量と冬期の気温の変化が、世界のマングローブ林の分布に与える影響を示している。

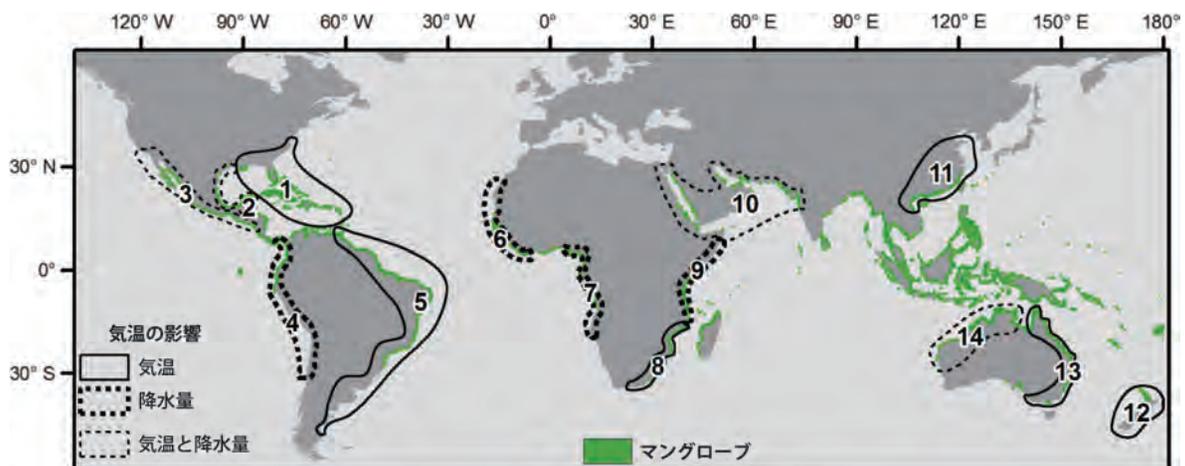


図 1-7 マングローブ林の分布に影響を与えている気象要素

(出典 : Osland, M. J. *et al.* 2016)

1.3 マングローブ生育地の地理的条件（局地的な分布様式）

マングローブ生育地の地理的条件は、デルタ型、エスチュアリー型、ラグーン型及びオープンコースト型の4つに大別される（表 1-2）。デルタ型は河川から供給される堆積物で構成されるので、河川の影響を強く受ける（River dominated）。エスチュアリー型は潮の干満の影響を強く受ける（Tide Dominated）。ラグーン型は波の影響を強く受ける（Wave dominated）。また、オープンコースト型は外洋の影響を直接受ける（Worthington *et al.* 2020）。

表 1-2 マングローブ生育地の地理的条件

地形的環境	簡単な定義	図
デルタ型 (Deltaic) ：赤枠部分	河口付近において、河川によって運ばれた堆積物が沈殿することによって形成された地形（三角州）。	
エスチュアリー型 (Estuarine) ：黄色枠部分	1つ、もしくは複数の川や川に流れ込むクreekによって囲まれた汽水域であり、外洋に対して開かれている（三角江）。	
ラグーン型 (Lagoonal) ：青枠部分	サンゴ礁や地峡等によって大きな水域から隔てられた浅い水域（潟）。ラグーンは通常、沿岸ラグーンと環礁ラグーンに分けられ、混合砂と砂利の海岸線で発生する。	
オープンコースト型 (Open coast) ：緑枠部分	陸と海の境界、又は潟の境界を形成する領域で、海洋等外海の影響を受けている。	

2016 年時点における世界のマングローブ林面積を地理的条件別に分類すると、デルタ型が 54,972 km² (40.5%)、エスチュアリー型が 37,411 km² (27.5%)、オープンコースト型が 28,493 km² (21.0%)、及びラグーン型が 14,993 km² (11.0%) と推定されている（Worthington *et al.* 2020）。ラグーン型は、観光や水産業に利用されることが多いため、1996 年から 2016 年におけるマングローブ林消失率は 6.9% と、デルタ型、オープンコースト型の 4.3%、及びエスチュアリー型の 3.1% と比べて高い（Worthington *et al.* 2020）。

1.4 マングローブ林の森林構造（立地環境）

マングローブ林内での種の分布は、塩分濃度の違いに応じて、海水の影響の強い海岸部から、中間部、そして淡水の影響の強い内陸部の3つに大別される（加藤 2016、UNEP 2020）。海岸部では塩分濃度の高い海水から水だけをろ過して吸収するマングローブ種が主に分布する。波の影響を受けやすい中間部では支柱根を持つマングローブ種が有利である。内陸部では、冠水深が浅く、嫌気性が高いため、膝根を持ったマングローブ種が分布する（James A. 2006、沖縄県 2016）。このように、マングローブ林は海側から陸側への立地環境の勾配に沿って、根の形態や機能等種特性の異なる種が交代する帯状分布（ゾーネーション）を形成している（加藤 2016、UNEP 2020）。

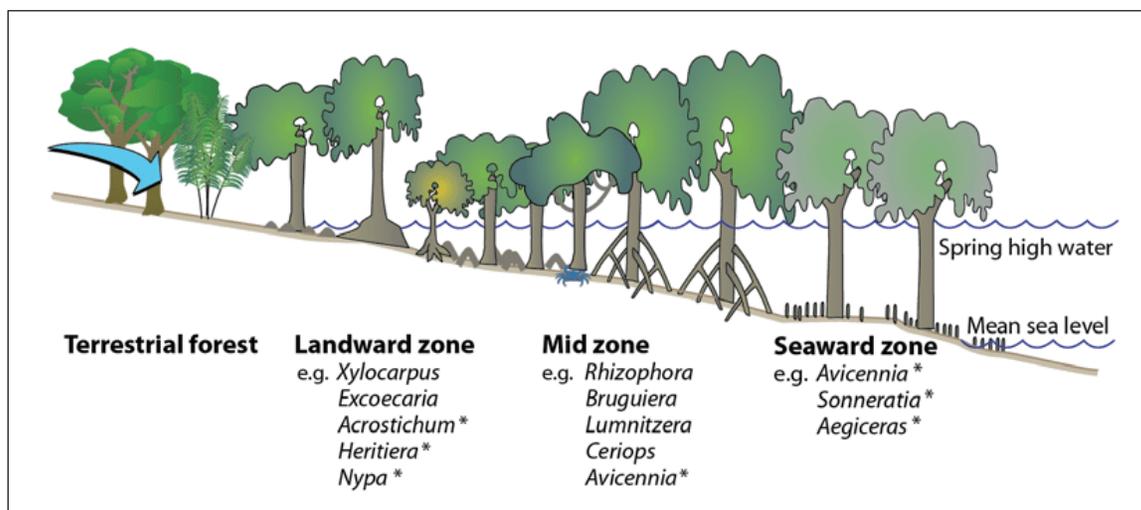


図 1-8 潮間帯でのマングローブ林のゾーネーション

（出典：APN 2019）

マングローブ林を構成する種数及び樹高は年平均降水量と正の相関がある。降雨量及び河川の流出水量が多くなると土壌の塩分濃度も低下するため、マングローブ林の種数も増加する。また河川からの懸濁物質と栄養塩が増加することで、成長量も増大する（Singh, 2020）。ガボン、赤道ギニア、アンゴラ、カメルーン、コロンビア等降水量が多い地域では、マングローブの高さは30m以上になる（Marc Simard *et al.* 2019）。特に、エクアドル、マハグアールに分布するマングローブの一種である *Rhizophora mangle* は、最高樹高が60m以上まで到達することもある。それに対して、高い塩分濃度の地域では樹高が3m以上に達することは稀である（Spalding *et al.* 2010）。今後は、これらの地理的要因や気象要因に加えて、人為的要因（第2章で詳述）、並びに気候変動に由来する環境要因がマングローブ林の構造、種数、成長に大きな影響を与えることが予想されている（Osland, M. J. *et al.* 2016）。

1.5 マングローブ林の生態系サービス

生態系サービスについては、国際連合の呼びかけにより、2001年から2005年まで、95か国から1,360人の専門家が参加し、ミレニアム生態系評価（Millennium Ecosystem Assessment）が実施され、大規模な総合的評価がなされた（環境省 HP¹）。その評価を基に、環境省は生態系サービスを「供給サービス」、「調整サービス」、「生息・生育地サービス」、「文化的サービス」の4つに分類し、さらに22種類に小分類している（表 1-3）。

表 1-3 生態系サービスの分類

生態系サービスのタイプ	マングローブの 主なサービス
供給サービス	
① 食料（例：魚、肉、果物、きのこ）	魚介類、蜂蜜
② 水（例：飲用、灌漑用、冷却用）	
③ 原材料（例：繊維、木材、燃料、飼料、肥料、鉱物）	薪炭材、建築材
④ 遺伝資源（例：農作物の品種改良、医薬品開発）	
⑤ 薬用資源（例：薬、化粧品、染料、実験動物）	薬、染料
⑥ 観賞資源（例：工芸品、観賞植物、ファッション）	
調整サービス	
⑦ 大気質調整（例：ヒートアイランド緩和、微粒塵・化学物質などの捕捉）	二酸化炭素の吸収
⑧ 気候変動対策（例：炭素固定、植生が降雨量に与える影響）	炭素固定
⑨ 局所災害の緩和（例：暴風と洪水による被害の緩和）	防潮、防風
⑩ 水量調整（例：排水、灌漑、干ばつ防止）	
⑪ 水質浄化	浄化
⑫ 土壌浸食の抑制	海岸強化
⑬ 地力（土壌肥沃度）の維持（土壌形成を含む）	
⑭ 花粉媒介	
⑮ 生物学的コントロール（例：種子の散布、病害虫のコントロール）	
生息・生育地サービス	
⑯ 生息・生育環境の提供	生息地
⑰ 遺伝的多様性の維持（特に遺伝子プールの保護）	遺伝子保全
文化的サービス	
⑱ 自然景観の保全	景観
⑲ レクリエーションや観光の場と機会	観光
⑳ 文化、芸術、デザインへのインスピレーション	
㉑ 神秘的体験	
㉒ 科学や教育に関する知識	

（出典：環境省 2012 から一部改変）

¹ <https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/service.html>

マングローブ林も表中で示されたような様々な生態系サービスを有しており、長年人々の生活に欠かせない存在として、多くの国、地域で利用されてきた。以下にマングローブ林が有する生態系サービスについて詳述する。

(1) 供給サービス

① 食料（魚介類、蜂蜜）

マングローブ林周辺には 2 億人以上の人々が住んでおり、彼らの多くは食料供給や水産業によってマングローブの恩恵を受けており、その経済価値はマングローブ 1 ヘクタールあたり 37,500 米ドルと試算されている (IUCN 2017)。マングローブが分布する多くの国で、小規模漁業者の 8 割以上がマングローブ林に依存しており、その数は世界中で 410 万人と推定されている。また、バングラデシュでは、マングローブの花から採取した蜂蜜で生計を立てている地域もある (Spalding *et al.* 2021)。

Box 1-2 ニッパヤシからの砂糖生産事例の紹介

約 5000 万年前の始新世には、世界の広い範囲にマングローブが分布していたことが化石情報によりわかっている。最も古いマングローブの植物化石は、約 1 億年前、白亜紀時代の地層から産出したニッパヤシ (学名; *Nypa fruticans Wurmb*) である。多くの熱帯地域で、ニッパヤシの葉は屋根ふきやタバコの巻紙として利用され、樹液からはジュースや酢等が生産されている。4 千年前のインドでは、ニッパヤシの近縁種であるオウギヤシの樹液から既に砂糖が生産されていた。それら伝統的な用途に加えて、ニッパヤシの樹液からは、サトウキビやキャッサバよりも持続的かつ低コストでバイオエタノールを生産できることから、近年注目を集めている。



ニッパヤシ林



ニッパヤシの果茎



果茎の切断面



竹筒による樹液の回収

図 1-9 ニッパヤシからの樹液採取

ニッパヤシの樹液産出量は、タイの事例によると、1 本のニッパヤシから糖度 20% 以上の樹液が一日 0.02 ~ 2.00 リットル採取され、年間 1 ヘクタール当たり 3.2 ~ 6.5t の砂糖が生産される (Matsui *et al.* 2014)。また、1 ヘクタールにニッパヤシを 1,000 本植えた場合、年間 4,550 ~ 9,100 リットルのバイオエタノールの生産が可能である (Tamunaidu *et al.* 2013)。

ニッパヤシの樹液生産の収益率を、水田、エビ養殖と比較すると、エビ養殖の収益率が一番高い。しかし、エビ養殖池ではウイルス性の病気が発生しやすく、操業期間はタイ南部では平均 5 年足らずと短い。それに対して、ニッパヤシは一度植えると 100 年以上、樹液を持続的に採取することができ、またサトウキビのように植え替えや施肥の必要がないため、環境負荷も少ない。

③ 原材料（薪炭材、建築材）

化石燃料や電気エネルギーの普及が十分でない場所では、炊事用の薪炭材が欠かせない（UNEP 2020）。マングローブ炭は火力が強く日本でも人気がある。建築材としては、柱、床、壁、屋根材として利用されるほか、タンニンを含んでおり腐りにくいので、水上生活者の多い沿岸域では橋梁、栈橋、通路、階段等の建築資材として用いられる。また、農業生産・漁業生産用の杭、足場材等、マングローブ材の用途は極めて広範囲である（OISCA Thailand 2014）。

Box 1-3 炭材生産のための持続的なマングローブ林管理

原材料生産（主に炭材の生産）とマングローブ林生態系の保全を両立した事例として、マレーシア国ペラ州のラウ・マタン郡とクリアン郡にまたがる森林保護区のひとつである Matang Mangrove Forest Reserve (MMFR) における森林管理施策を紹介する。

マラッカ海峡に面したマレー半島の北西海岸に位置するこの森林保護区の面積は 40,466 ヘクタールであり、その 73.6%が生産林、26.4%が非生産林又は保護林となっている。MMFR は、およそ 1 世紀に亘って持続可能な森林管理への試行錯誤を繰り返してきており、世界で最も管理が行き届いたマングローブ林ともいわれている（Goessens *et al.* 2014）。1950 年にペラ州森林管理局により策定された森林管理計画は、10 年毎に更新され続け、現在もその計画と詳細な管理地図に基づき森林管理が行われている。

MMFR におけるマングローブの主要樹種は *Rhizophora apiculata* と *R. mucronata* であり、この 2 樹種で全面積の 85%を占める。これらの産業用樹種は、15 年目と 20 年目に間伐を実施し、最も収益性が高い 30 年代期で施業を行っている。施業体系としては、皆伐後に、天然更新及び補植が行われる。

MMFR におけるマングローブの伐採は生産林のみで行われる。持続的な生産管理のために収量規制が設けられている。ヘクタール当たりの収量は土地の生産力によって異なるが、生材で 140～190t 程度と推定される。



図 1-10 マレーシア・マタン森林保護区のマングローブ製炭所

⑤ 薬用資源（薬、染料）

ヒルギダマシは皮膚の腫れに、オヒルギは湿布剤として有効であり（馬場、志茂 1993）、多くの農村では、今もマングローブの種子、樹皮、心材、葉等を薬用、飲料、食用に利用している（OISCA Thailand 2014）。また、マングローブの樹皮はタンニンを多く含んでいるので、抗菌や防腐の効果も高く（馬場、志茂 1993）、マングローブで染めた布は染めない布に比べて長持ちするので、染料として魚網、帆布、ロープ類等に利用されている（OISCA Thailand 2014）。

(2) 調整サービス

⑦ 大気質調整（二酸化炭素の吸収）

⑧ 気候変動対策（炭素固定）

国連環境計画（UNEP、2009）が、化石燃料の燃焼によって発生する炭素（「ブラックカーボン」）に対して、沿岸生態系によって大気中から海中へ吸収された二酸化炭素（CO₂）由来の炭素を「ブルーカーボン」と名付けて以来、ブルーカーボンが注目されている（Nellemann *et al.* 2009）。

ブルーカーボンを隔離・貯留する生態系には、藻場・湿地・干潟、マングローブ林があり、これらは「ブルーカーボン生態系」と呼ばれている。このうち最大の吸収源はマングローブ林である。マングローブ林は、地上部及び地下部バイオマスに炭素を蓄積することに加えて、陸域生態系よりもはるかに多い炭素を土壌中に貯蔵する（最大 1,000 tC ha⁻¹）。（IPCC 2019）。ブルーカーボン生態系に貯留される炭素はその量が大きいだけでなく、長期間貯留されることが特徴である。陸域の場合、有機炭素は数十年で分解されるのに対して、マングローブの土壌は嫌気状態であることから微生物による分解が抑制され、千年以上にわたって貯留される（Matsui *et al.* 2015）。こうした高い炭素の貯留能力から、劣化したマングローブ林を再生・保全することで、CO₂ を吸収し、炭素として貯留することに期待が集まっている。その反対に、マングローブ林が伐採され劣化することにより、貯留されていた炭素が大気中に放出されることに注意が必要である（Spalding *et al.* 2021、UNEP 2020）。

⑨ 局所災害の緩和（防潮、防風）

マングローブ林は、強風、波浪、高波、津波等から陸地の崩壊や人命の損傷を防ぐ（Spalding *et al.* 2014）。2004 年のスマトラ沖地震の際には、マングローブ林のある地域では、ない地域に比べて、津波の被害が格段に少なかったと報告されている。近年では、キューバ、ベトナム、インド、バングラデシュ、及びモザンビークにおいても、沿岸住民に対する防災・減災効果が証明されている（Spalding *et al.* 2021）。

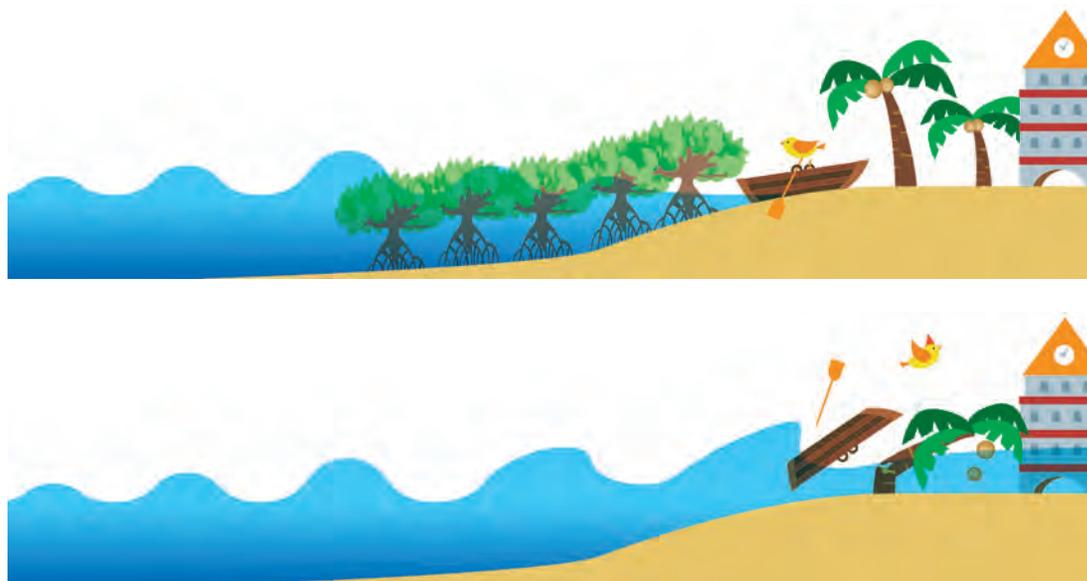


図 1-11 自然災害発生時のマングローブ林の役割

⑩ 水質浄化（浄化）

⑪ 土壌浸食の抑制（海岸強化）

マングローブは河川からの堆積物が集まる河口や沿岸域に発達する。マングローブ林が成立することで、堆積物の海への流出を防ぎ、定着を促し、海岸線を強化する機能がある。また、汚染物質を吸収し、マングローブ林を通過する水を浄化する機能も有しており、サンゴ礁の保全にも役立っている（Spalding *et al.* 2021、UNEP 2020）。

(3) 生息・生育地サービス

⑯ 生息・生育環境の提供（生息地）

⑰ 遺伝的多様性の維持（遺伝子保全）

マングローブ林は、魚類やその他の野生生物の生息地、保育地、及び休息地としても機能している（UNEP 2020）。マングローブの周囲ではプランクトンや微生物が落葉を分解し、それらのプランクトン等を捕食するために小魚やエビ、カニ、貝等が集まってくる。また支柱根は稚魚が生息する空間を与えることから、マングローブ林は魚つき林とも称される（加藤 2016）。

(4) 文化的サービス

⑱ 自然景観の保全（景観）

⑲ レクリエーションや観光の場と機会（観光）

マングローブ林はレクリエーションや観光資源の場としても機能する。沖縄では、マングローブ林を観察するためのボートやカヌーでのトレッキングツアーが盛んである。世界では、マングローブ林を利用したレクリエーションサイトが93の国と地域（約4千ヶ所）で確認されている。これらのマングローブ観光は、ボート遊びや動物観察（鳥、マナティー、ジュゴン、ワニ）等、年間数千万から数億人の観光客を集める、数十億ドル規模の産業でもある（Spalding *et al.* 2019）。

1.6 マングローブ林の保全と持続的な管理のための国際的な組織

世界的なマングローブ林の保全と持続的な管理のために活動し、重要な情報を発信している国際的な組織が存在する（表 1-4）。

表 1-4 マングローブ林の保全と管理に関する国際的な組織

組 織	ウェブサイト
Conservation International	https://www.conservation.org/priorities/mangroves
FAO	Mangrove management https://www.fao.org/forestry/mangrove/en/
	Mangrove Ecosystem Restoration and Management https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/mangroves-restoration-and-management/basic-knowledge/en/
Global Mangrove Alliance	https://www.mangrovealliance.org/
国際マングローブ生態系協会（ISME）	http://mangrove.or.jp/
国際熱帯木材機関（ITTO）	https://www.itto.int/ja/sustainable_forest_management/mangroves/
Mangrove Action Project	https://mangroveactionproject.org/
Mangroves for the Future	http://www.mangrovesforthefuture.org/
Smithsonian Ocean	https://ocean.si.edu/ocean-life/plants-algae/mangroves
The International Blue Carbon Initiative	https://www.thebluecarboninitiative.org/
UN Environment Programme: World Conservation Monitoring Centre	https://www.unep-wcmc.org/
Wetlands International: Mangrove Capital programme	https://www.wetlands.org/publications/mangrove-capital/

表中の Global Mangrove Alliance は、5 つの国際組織（Conservation International (CI)、International Union for Conservation of Nature (IUCN)、The Nature Conservancy (TNC)、Wetlands International (WI)、及び The World Wildlife Fund (WWF)）が 2018 年に設立した提携団体である。

その他の国際組織として、UNESCO、World Bank 等、及びマングローブ域の水産業関連に特化した活動を行っている東南アジア漁業開発センター（SEAFDEC）（<http://www.seafdec.org/>）がある。

第2章 マングローブ林の減少・劣化と再生へ向けた取り組み

2.1 世界的なマングローブ林面積の変化

2.2 マングローブ林の減少・劣化要因と地域分布

2.3 要因別のマングローブ林の減少・劣化プロセスと周辺環境への影響

(1) 人為的要因

(2) 自然要因

2.4 マングローブ林の保全・再生に向けた取り組み

(1) 国際的な取り組み

(2) マングローブ林再生ポテンシャル



2.1 世界的なマングローブ林面積の変化

1980 年以降、世界各地でマングローブ林の減少が加速し、1980～1990 年代にかけて、世界のマングローブ林面積の少なくとも 35% が失われたと推定されている (Valiela *et al.* 2001)。さらに、世界のマングローブ林面積は、1996 年の 141,957 km² から、2016 年には 135,882 km² まで減少し、この間に 6,075 km² (4.3%) のマングローブ林が失われたと推定されている (Spalding *et al.* 2021)。

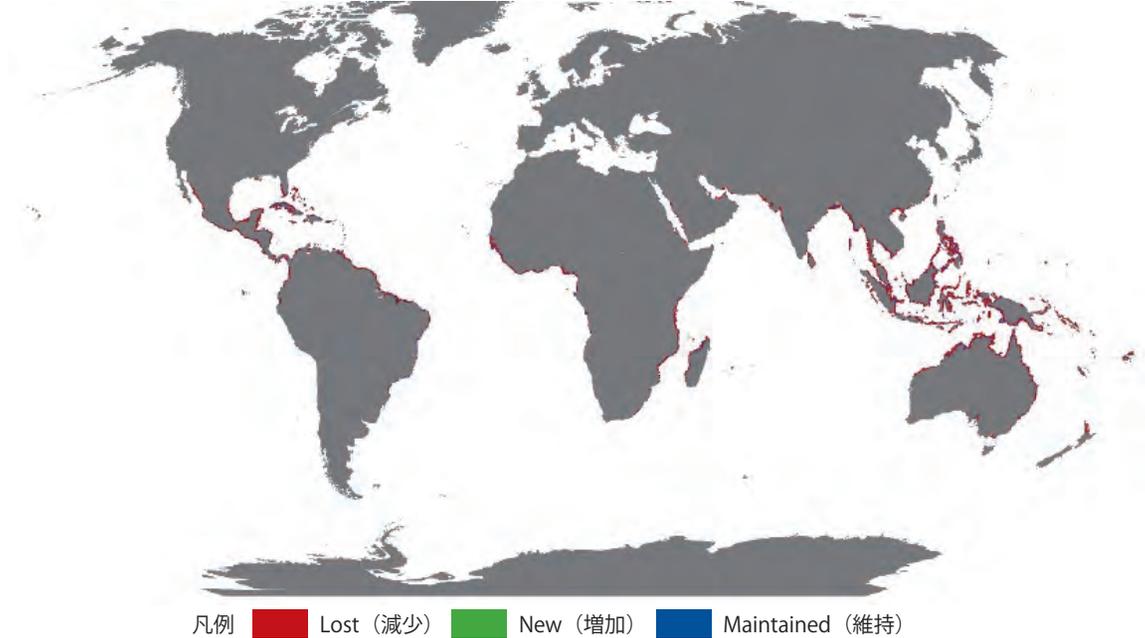


図 2-1 1996 年から 2016 年までのマングローブ林面積の変化
(出典：Global Mangrove Watch (1996-2016)²)

世界のマングローブ林の面積及び増減等に関する地図情報 (マップ) がウェブサイト上で公開されている (表 2-1)。

表 2-1 マングローブ林の減少・劣化に関するマップ

ウェブサイト	概要	運営団体
Global Mangrove Watch (https://www.globalmangrovetwatch.org/)	各国のマングローブ林の面積や増減等が図表で表示されている。	The Nature Conservancy, Wetlands International, Aberystwyth University, soloEO, NASA, JAXA, IWMI, UNEP-WCMC 他
Mangrove Restoration (https://maps.coastalresilience.org/mangrove-restoration/)	各国のマングローブ林面積、増減がマップや数値で確認できる。マングローブの再生ポテンシャルを確認できる。	University of Cambridge, The Nature Conservancy, IUCN
World Atlas of Mangroves (2010) (https://data.unep-wcmc.org/datasets/5)	世界的なマングローブ林の分布が確認できる。	ITTO, ISME 他
Drivers of Global Mangrove Loss (https://www.mangrovelossdrivers.app/app)	一部地域のみであるがマングローブ林の主な減少要因を確認できる。	NASA, University of MARYLAND, East Carolina University

近年は、マングローブ林の減少スピードが鈍化してきている。例えば、1996 年から 2010 年までの年間減少率は平均 367 km² (0.26%) と推定されるが、2010 年から 2016 年までの年間減少率は平均 153 km² (0.11%) まで低下している (Spalding *et al.* 2021)。その理由として、既に多くのマングローブ林が水産養殖やインフラへ転換されたことで転換可能なマングローブ林が残っていないこと、及びマングローブ林の保全や再生に向けた取り組みが進んでいること、等が挙げられる (Liza Goldberg *et al.* 2020)。

² <https://data.unep-wcmc.org/datasets/45>

2.2 マングローブ林の減少・劣化要因と地域分布

マングローブ林は様々な要因により減少・劣化しており、その要因は年代や場所によっても異なる。マングローブ林の減少・劣化要因は、人間による活動が直接的・間接的に影響する人為的要因と、それ以外の自然要因に大別される(表 2-2)。

表 2-2 マングローブ林の減少・劣化要因

人為的要因	自然要因
<ul style="list-style-type: none"> ● 養殖池への転換 ● 農業用地への転換 ● 林産物の過剰利用 ● 都市開発 ● 水路建設等による潮汐阻害 ● 油の流出 	<ul style="list-style-type: none"> ● 海面上昇 ● 侵食 ● サイクロン ● 洪水 ● 津波 ● 干ばつ

2000 年以降に減少したマングローブ林の 60%以上は、人間の直接的・間接的な影響によるものであり、その最大の要因は、水産養殖や農業である (Spalding *et al.* 2021)。

図 2-2 は、2000 年から 2016 年にかけて、マングローブ林が減少した地域を、要因別に示したものである。南米（ブラジル）、南アジア及び大洋州では、自然要因によるマングローブの減少割合が高い（紫色）。それに対して、東南アジア、マダガスカル、西アフリカ及びメキシコでは、人為的要因による減少割合が高い（オレンジ色と黒色）。特に、東南アジアでは、マングローブ林の減少が著しい（黒色）(NASA Earth Observatory: Mapping the Roots of Mangrove Loss³)。

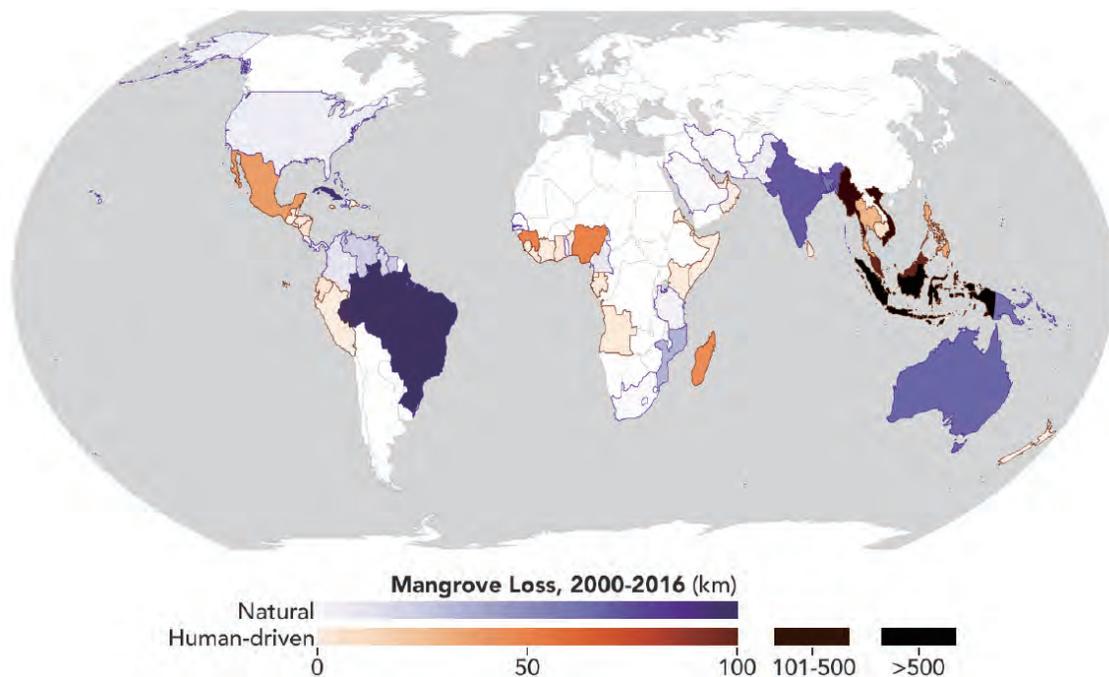


図 2-2 2000 年から 2016 年までのマングローブ林の減少要因

(出典 : NASA Earth Observatory: Mapping the Roots of Mangrove Loss)

³ NASA Earth Observatory: Mapping the Roots of Mangrove Loss
(<https://earthobservatory.nasa.gov/images/147142/mapping-the-roots-of-mangrove-loss>)

表 2-3 に、マングローブ林が減少している国や地域を主な要因別に示す。

表 2-3 マングローブ林減少の主な要因と減少国・地域

主な要因	代表的な国及び地域
水産養殖	インドネシア、フィリピン、ベトナム、エクアドル
農業	
①ココナッツ、コメ	アフリカ、アジア、ラテンアメリカ、ミャンマー
②ゴム、アブラヤシプランテーション	タイ、マレーシア、インドネシア
林産物利用	
①薪や木炭	ミャンマー、ラテンアメリカ、西・東アフリカ
②タンニン	ラテンアメリカ
都市開発	ベトナム、ブラジル、プエルトリコ、カメルーン、中国、シンガポール
石油、ガス採掘	西アフリカ、南アメリカ、インドネシア、パプアニューギニア
塩田	アフリカ、南アジア
気候変動	バングラデシュ、オーストラリア

(出典：Richards, D. R. *et al.* 2019、Goldberg, L. *et al.* 2020 を参考に作成)

図 2-3 は、地域・年代別にマングローブ林の減少要因の強度を示している。2000 年から 2016 年にかけての人為的要因によるマングローブ林減少面積の大部分は、インドネシア、ミャンマー、マレーシア、フィリピン、タイ、及びベトナムの 6 か国に集中している（全体の 80%、2,068 km²）。これらは、エビ等の水産養殖、並びにゴム、及びアブラヤシプランテーション等の農地への転換が主な要因である（Goldberg, L. *et al.* 2020）。

自然要因によるマングローブ林減少面積は人為的要因と比べて少ないが、近年、自然要因による減少割合が増加している（Goldberg, L. *et al.* 2020）。主な自然要因として、海岸線の浸食、サイクロン、干ばつ、熱波、洪水等の異常気象があげられる。東南アジア以外の地域では、マングローブ林減少面積の 43%は海岸線の浸食が主な要因とされている。特に、バングラデシュでは海岸線の浸食が激しく、オーストラリアでは異常気象が主な要因とされている（Goldberg, L. *et al.* 2020）。



図 2-3 減少要因毎のマングローブ林減少の強度（年代・地域別）

(出典：NASA Earth Observatory: Mapping the Roots of Mangrove Loss Goldberg, L. *et al.* 2020 を参考に一部修正)

2.3 要因別のマングローブ林の減少・劣化プロセスと周辺環境への影響

(1) 人為的要因

① 水産養殖

20 世紀後半、世界におけるマングローブ林減少の主な要因は、エビ、カニを中心とする魚介類生産のための養殖池開発に伴うマングローブ林の伐採であった (Hamilton SE 2013)。1970 年代から 1997 年にかけて、ベトナム、フィリピン、タイ等東南アジアにおいて、エビの養殖によりマングローブ林の半分以上が失われた。その後、エビの養殖池開発によるマングローブ林の減少は南米へと広がった (Spalding *et al.* 2021)。

エビ養殖池開発の始まった 1960 年代は、池の面積が広く、水深の浅い粗放的な養殖であったが、その後、エビを大量生産するために、池の土を深く掘る集約的なエビ養殖が主流となった。集約的なエビ養殖池は、粗放的と比べて攪乱が大きく、環境影響も大きい。また、エビの養殖池では、薬剤や飼料の投与、過剰飼育によって水質や土壌の汚染、そしてウイルス性の病気も発生する。そのため一定期間操業した後、劣化した養殖池は放棄される (タイの平均操業期間は 5 年)。その後、別の場所のマングローブ林が伐採され、養殖池が新規に造成される。さらに、養殖池の水路建設によって自然の潮汐環境が阻害され、周辺に残るマングローブ林に悪影響を与えることもある。



図 2-4 ミルクフィッシュの養殖

② 農業

コメやアブラヤシ等を生産するため、マングローブ林を伐採して農業用地に転換することも行われてきた。また、河川上流部の農地で農薬や肥料が過剰に使用されるため河川水が汚染され、マングローブの生育環境が悪化した例がある。さらに農業用地の開発がマングローブ林への土砂の供給量に影響を与え、マングローブ林の劣化を導いた例もある。

1950 年代から 2010 年にかけて中国南部で発生したマングローブ林減少の 48%及び 1975 年から 2005 年にかけてマダガスカルで発生したマングローブ林減少の 35%は、コメ生産のための農業用地への転換が要因であった (Giri *et al.* 2008)。マングローブ林を伐採して水田を整備すると、マングローブ林の土中に含まれていたパイライト (黄鉄鉱) が酸化することによって硫酸が生じ、土壌が強酸性となって植物が育ちにくくなるケースもある (国立環境研究所 2008)。



図 2-5 農地への転換

③ 林産物利用

用材や燃料、タンニンの生産のためマングローブ林が伐採されてきた。マングローブ材は発熱量が高いため薪や木炭に使用され、日本国内でもバーベキュー用にマングローブ炭が一般的に販売されている。マングローブ林の周辺で生活する人々は、マングローブを古くから利用してきた。それが、人口増加や商業的需要の増加によって過剰な伐採が行われ、マングローブ林の減少・劣化が加速的に進んだ。ラテンアメリカ、西・東アフリカ、及びミャンマー等の東南アジアにおいては、薪や木炭の生産がマングローブ林減少・劣化の要因となっている。また、ラテンアメリカではタンニンの採取が 1970 年をピークとして盛んに行われた (Daniel A. Friess 2019)。



図 2-6 炭の生産

④ 都市開発

居住地の拡大や水路の整備、防波堤の建設が、海砂の堆積や河川からの土砂供給量の増加又は減少を招き、潮汐阻害や海岸線浸食が生じる。海水と淡水の出入りが減少する潮汐阻害は、水中の塩分濃度を上昇させるためにマングローブ林の減少・劣化が進む。

都市開発によるマングローブ林の減少・劣化は、20 世紀後半のブラジル南東部沿岸や 1960 年代のプエルトリコ、1970 年代から 2000 年代のカメルーンのドゥアラ等で顕著に見られた。ブラジルのアマゾン沿岸部では、マングローブ林への人為的影響の 9 割が整備された道路から 3km 以内で記録された (Sanae N. Hayashi *et al.* 2019)。

⑤ 塩田開発

マングローブ林を伐採して行われる塩田開発はマングローブ林の内部だけではなく、周囲の水路整備によって潮汐阻害が生じ、周辺に残るマングローブ林の生育環境に悪影響を与える。1960 年代に東南アジアにおいて盛んに塩田の造成が行われたが、現在はあまり行われていない。

⑥ 海洋汚染

海洋汚染は、船舶の座礁等による油の流出、工業・生活排水の流入、及び海洋ゴミ等によって引き起こされている。特に油の流出はマングローブの根や茎、苗に付着して呼吸口である皮目や気孔を塞ぎ、枯死や劣化を引き起こす大問題である (Norman C. Duke 2016)。石油鉱床付近のマングローブ林は、船舶の排水や石油採掘用の配管から流出する大量の油の影響を受けている。ナイジェリアのニジェールデルタでは、10 年間で推定十万吨の石油が流失し、マングローブ林に影響を与えた (Norman C. Duke 2016)。また、工業・生活排水はマングローブ林周辺の水質を悪化させ、漁網やロープ等がゴミとなってマングローブ樹木に絡まり、生育阻害を引き起こしている。

(2) 自然要因

① 気候変動

21 世紀以降、マングローブ林の減少率は鈍化しているが、気候変動によって減少・劣化が加速することが懸念されている。気候変動は、海岸線の侵食、海面上昇、洪水、及び干ばつ等を引き起こし、マングローブの枯死や劣化を誘発する。海岸線の侵食による地形の変化でマングローブの種子や苗が定着しにくくなり、堆積物が持ち去られることでマングローブの生育に適さない立地環境に変化する。

海面上昇により内陸側のマングローブ林は陸地へと後退を余儀なくされる。それによって陸地の畑地や林地、集落等と土地利用面で競合することになる。マングローブ林が後退できない場合には減少・劣化することになる (Nairobi Convention 2020)。北米とオセアニアにおけるマングローブ林減少・劣化の 50% 近くは異常気象に由来しており、南米では海岸線の侵食が主な要因となっている (Spalding *et al.* 2021)

Box 2-1 深刻な大規模荒廃の事例紹介

これまで、マングローブ林の減少・劣化の最大の原因は水産養殖であった。1980 年代から 1990 年代の主要な養殖生産国 (バングラデシュ、ブラジル、中国、エクアドル、インド、インドネシア、タイ、ベトナム) では、マングローブ林減少面積の 54% は養殖によるものであった (Hamilton SE 2013)。その背景には、1960 年代から 1970 年代にかけて、タイ、インドネシア、ベトナム、及びフィリピン等では、政府が食料安全保障の強化と生計向上政策のために、マングローブ林を養殖池へ転換することを推進していたことが関係している (Daniel A. Friess 2019)。

インドネシアのマハカムデルタは、植生の大部分をマングローブ林が占める 46 の小さな島々で構成されている。1980 年以前は、面積の約 60% がマングローブ (主にニッパヤシ) の原生林で覆われていた。しかし、1990 年代からエビの養殖池への転換のため、マングローブの伐採が進み、2001 年までにマングローブ林の約 6 割が失われた。その結果、マングローブ林の生態系サービスが失われ、その地域の資源利用者間で社会・経済的な問題を巡って争いが生じた。その後、政府や民間企業によってマングローブ林の再生のための植林活動が行われ、部分的にマングローブ林の回復が進んでいる (Sidik A. S 2010)。



図 2-7 エビ養殖池

2.4 マングローブ林の保全・再生に向けた取り組み

(1) 国際的な取り組み

気候変動対策として注目されている「自然を活用した解決策 (NbS)」に貢献するため、マングローブ林の保全・再生が加速することが期待されている。NbS は 2021 年に開催された第 26 回気候変動枠組条約締約国会議 (COP26) において、議長国であるイギリスが力を入れたトピックのひとつである。118 か国中 71 か国は、気候変動対策として「国が決定する貢献 (NDC)」に沿岸及び海洋における NbS を明記している (Lecerf, M *et al.* 2021)。近年、NDC が更新され、沿岸及び海洋における NbS を取り上げた国が増加する等、気候変動対策における沿岸及び海洋の機能に対する期待が高まっている (Lecerf, M *et al.* 2021)。COP26 でマングローブ林の保全・再生に係る計画を具体的に表明したのは、バングラデシュ等海面上昇やサイクロンの影響を受けている複数の国であった。

温室効果ガスの削減量及び吸収量が定量化され、炭素クレジットとして、国家間や企業間で取引されている。その重要な CO2 吸収源、ブルーカーボンとしてマングローブ林が注目されている。第 1 章で述べたように、ブルーカーボンは優れた炭素貯留機能に加えて、生態系サービス等も提供することができる。このため、日本国内においては、陸域の森林吸収クレジットと比べて、ブルーカーボンクレジットの方が高い価格で取引された事例もある⁴。

持続可能な開発目標 (SDGs) では、マングローブ林の保全・再生に向けた取り組みは、「14. 海の豊かさを守ろう」や「15. 陸の豊かさを守ろう」等にも貢献する。また、マングローブの生態系サービスにより、「1. 貧困をなくそう」や「2. 飢餓をゼロに」、「11. 住み続けられるまちづくりを」、「13. 気候変動に具体的な対策を」等へも貢献できる。東京海上日動やリコー ジャパン等の日本企業は、SDGs への貢献に結び付けたマングローブ林の保全・再生活動を展開している。

(2) マングローブ林再生ポテンシャル

マングローブ林再生ポテンシャルがある地域とは、マングローブ林を再生できる余地があり、マングローブの生育条件を満たしている地域のことを指す。マングローブ林の消失後、新たな土地利用が進められている場合、再生用地を確保することは容易ではない。また、第 1 章で述べたように、マングローブは生育に必要な気象要素や地理的特性等が決まっており、どこでもマングローブ林の再生が成功するとは限らない。このため、マングローブ林の再生に成功するためには、まずマングローブ林の再生ポテンシャルを確認する必要がある、その上で立地環境条件に適した再生手法を用いることが肝要である。水利学的にマングローブの生育環境に適さない場所で植林をした場合や、外来種等の成長スピードの早い種を植林した場合、苗木の生存率が低い事例も散見される (Friess, D. A. 2013)。また、過去に行われたマングローブ林再生事業の調査から、マングローブの生存率と、植林面積や植林した苗の数、事業にかかったコストが必ずしも比例関係にないことも示されている (Shing Yip Lee *et al.* 2019)。このように、多大な資金を投入し、多くの苗を植栽してもマングローブが定着しない場合があるため、マングローブの再生にあたっては、適地の選定、及び適切な再生手法を用いることが重要である。

⁴ 2021 年 3 月 24 日公開「海の CO2 吸収源のクレジット購入、セブンなど 3 社が森林超える値付け」(日経 XTECH)
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00142/00975/> (2022 年 2 月 20 日閲覧)

Box 2-2 で紹介する「Mangrove Restoration」は、かつてマングローブが良好に生育していた場所や、再生に適した条件を満たしている地域を特定した再生ポテンシャルマップを公開しており、マングローブ林再生エリアの選定や、都市開発や気候変動対策に取り組む際の意思決定に活用ができる。

Box 2-2 マングローブ林の再生エリアウェブサイトの紹介

マングローブ林の分布エリア、再生ポテンシャルについては、多くのウェブサイトに掲載されているが、ここでは先駆的な2つのウェブサイトを紹介する。

① Global Mangrove Watch (<https://www.globalmangrovetwatch.org/>)

世界各国のマングローブ林の分布が地図で表示でき、面積、増減、炭素貯留量、最大樹高の平均値が図表で表示できる。

サイトを運営している Global Mangrove Alliance は、保全、回復、公平な管理を通じて、マングローブ生息地を世界的に拡大することを目標としており、マングローブの損失を止めること、科学に基づく回復を実施すること、及び普及啓発を3つの主要な重点分野として活動している。



② Mangrove Restoration (<https://maps.coastalresilience.org/mangrove-restoration/>)

各国、各地域のマングローブ林について、面積、樹種、消失エリア、劣化エリア、再生可能なエリア、炭素貯留量等が地図上で色分して表示できる。

ケンブリッジ大学、TNC、及びIUCNのマングローブの専門家が、①で紹介した Global Mangrove Watch のデータから得られるマングローブ林の分布・面積の経年変化（1996～2016年）を基にして、マングローブ林の減少・劣化、再生エリア、並びに都市化や気候変動等消失・劣化要因を特定することによって再生可能なエリアを予測している。



第3章 荒廃要因に応じたマングローブ林の再生方法

3.1 立地環境の把握

- (1) 植林地選定
- (2) 地盤高の測定
- (3) 塩分濃度の測定

3.2 適切な樹種選択

3.3 苗畑の造成方法

- (1) 苗畑の設置場所の選定
- (2) 苗畑作設の準備
 - ① 苗畑の地盤高の調整
 - ② 排水処理
 - ③ 長期間使用する苗畑
- (3) 苗床の作成

3.4 植林

- (1) 植林方法
- (2) 植林後の管理

3.5 植林の評価

3.6 荒廃要因に応じた植林方法

- (1) エビ養殖池
- (2) 水田
- (3) 塩田
- (4) 鉱物資源開発

3.7 指標植物を用いた立地条件の把握手法

3.8 空間情報技術を活用した立地条件の把握手法



これまで世界各地で行われてきたマングローブ林再生事業の中には、植林後の生存率が低い等、再生がうまくいかなかったケースが報告されている。マングローブ林の再生では、植林を行う前の 1) 立地環境の把握、2) 適切な樹種の選択、3) 育苗や植栽等の植林技術の検討、そして 4) 植林後の評価が重要である。以下、それぞれの項目別に注意する必要がある事項を詳述する。

3.1 立地環境の把握

立地環境に適した根や葉の形状、排塩機構を持ったマングローブ樹種が成林する。対象地の地盤高によって、潮位、冠水の頻度、時間等の立地条件が異なる。このため、マングローブの植林を開始する前には、立地環境、なかでも地盤高を適正に把握することが重要である。

(1) 植林地選定

マングローブ林は潮間帯のうち平均海水面から大潮高潮位の間で生育する植物群落である（図 3-1）。マングローブ植林に失敗した事例の多くは、この潮位範囲から外れたところに植えたものである。マングローブ植林にあたっては、この潮位範囲に適した地盤高の場所を選定する必要がある。

マングローブが生育する沿岸域は古くから開発の対象地となってきたため、塩田、エビ養殖池、オイルパーム農園等に既に改変されてしまっている場所が多い。これらの開発地の操業が既に停止し、使われていない場合でも、土地の所有権が開発者に残っている場合には、土地権利の関係からマングローブ植林が難しい場合もある。

他方、干潟にはそうした土地権利に絡む問題が比較的小さいため、近年、干潟でのマングローブ植林が行われている。しかし干潟は冠水時間が長く、また海との最前線に位置し、波浪の影響を強く受けやすいため苗木の定着は難しく、マングローブの植林に適した場所とは必ずしも言えない。また干潟は渡り鳥の生息地であり、そこに植林することは生息地の環境を変えてしまうリスクがあることを認識しておく必要がある。

マングローブ林が失われた海岸線は浸食と堆積の繰り返しが大きく、植えつけたマングローブ苗が浸食によって流亡したり、堆積物によって埋没したりする。海岸線に隣接した荒廃地で植林する場合、現地の堆積環境についても事前に把握しておくことが必要である。また河川上流部に作られたダムが沿岸域の堆積環境を変化させ、浸食を加速させることもあるので、上流の集水域の情報についても入手しておくことが望ましい。

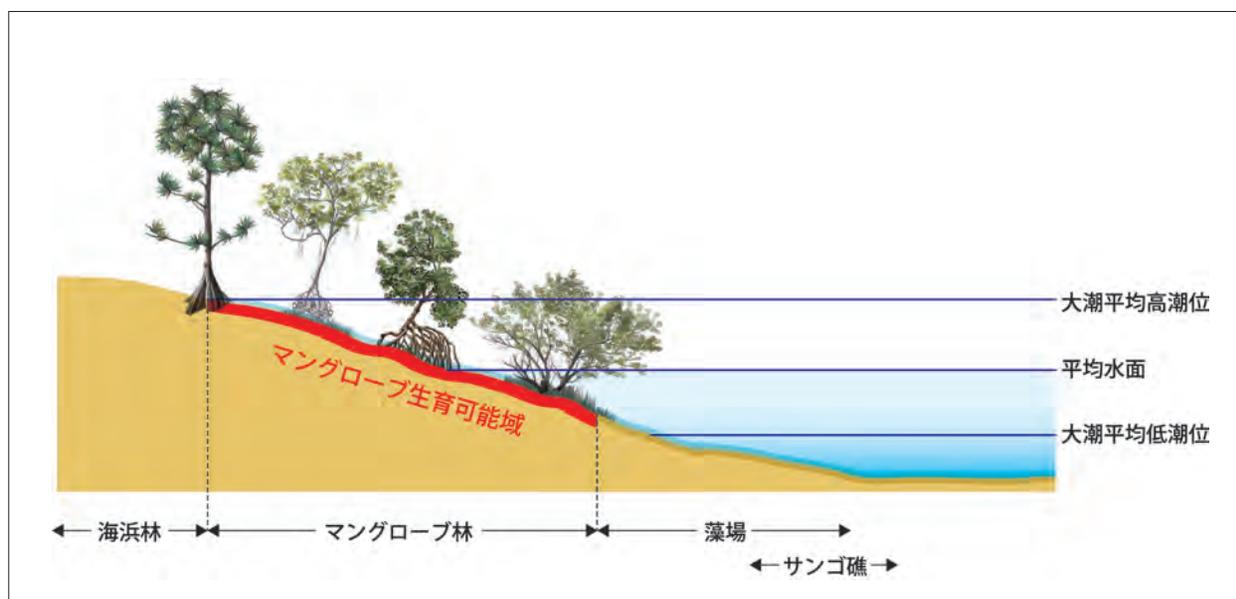


図 3-1 マングローブの生育適正範囲

(JH Primavera et al. 2012a の図を改変)

(2) 地盤高の測定

地盤高の測定は、測量機器（オートレベル、トータルステーション等）を使って水準測量を行うのが一般的である。しかし、水準測量は水がないときしか測定できず、その時間帯は限られる。また、オートレベルは比較的安価であるものの、トータルステーションや GPS 測量機は高額である。そのため、特別な機材を使わずに地盤高を測定する方法もよく使われる。たとえば、干潮位、満潮位の日時が記載された潮汐表を参考にして、対象地において最高潮位に達した際に、目盛り棒や竹竿で水の到達した箇所に印を付け、そこを暫定最高潮位（＝基準点）とする方法である。そこを基準点として各場所の地盤高を測定する。なお、潮汐表は多くの場合、主要港湾関連施設に設定された検潮所での潮汐状況を示しているため、植栽地との間で時間的なズレが発生することに留意が必要である。

(3) 塩分濃度の測定

塩分濃度はマングローブの生育と密接に関係している。マングローブ林で見られる海からの距離によって構成する樹種が帯状に分布するゾーネーション現象は、マングローブの種ごとに生育に適した塩分濃度があることを示している。また、高い塩分濃度では、耐塩性の高い *Avicennia* でも成長の著しい低下や枯死する場合がある。

そこで、マングローブの植林にあたっては、対象地の塩分濃度を確認する必要がある。塩分濃度は、塩分計や屈折計で測定可能であるが、汽水域では淡水の供給状況、潮汐頻度による冠水時間、及び日射に晒される時間によって海水が濃縮される等して塩分濃度が変化する。したがって、ある時点で測定した塩分濃度を基準にして植林樹種を選定することは難しい。ただし、植林予定地で強度の塩分濃縮が発生しているかどうかを判断する目安としては使うことができる。

3.2 適切な樹種選択

植栽地の地盤高を確認した後は、その地盤高における冠水時間を考慮しながら適切な樹種を選択する。地盤高別の適応樹種については、かなり以前から分類が作成されている (Watson 1928)。しかし、初期の分類は規則的な冠水が認められる環境では有効であるが、微地形により不規則な潮汐パターンを呈する場所ではそのまま使うのは難しいという欠点があった。このため、近年、地盤高、冠水時間及び潮汐パターンを考慮した改訂版が公開されている (Van Loon *et al.* 2016) (表 3-1)。

表 3-1 地盤高、冠水時間と適応樹種

クラス	地盤高 (cm)	冠水時間 (分 / 日)	冠水時間 (分 / 潮汐)	適応樹種の一例
1	<0	>800	>600	無し
2	0-50	400-800	450-600	<i>Avicennia alba.</i> , <i>Sonneratia sp.</i>
2*	50-100	250-400	200-450	<i>Avicennia sp.</i> , <i>Rhizophora sp.</i> , <i>Bruguiera sp.</i>
3	100-150	150-250	100-200	<i>Rhizophora sp.</i> , <i>Ceriops sp.</i> , <i>Bruguiera sp.</i>
4	150-210	10-150	50-100	<i>Lumnitzera sp.</i> , <i>Bruguiera sp.</i> , <i>Acrosticum aureum L.</i>
5		<10	<50	<i>Ceriops sp.</i> , <i>Phoenix paludosa</i>

(出典：Van Loon *et al.* 2016)

基盤となる土壌の質も植林の成否に影響する。基盤となる土壌が砂質であると、泥質基盤を好む *Rhizophora* の定着は難しい。その場合は、*Avicennia* や *Sonneratia* 等砂質基盤でも生育可能な樹種を検討する。基盤となる土壌が軟泥である場合は苗木の倒伏にも注意が必要で、大き目の苗を深く植える等の方策を検討する必要がある。

3.3 苗畑の造成方法

(1) 苗畑の設置場所の選定

マングローブは 74 種類（表 1-1）が報告されているが、育苗技術が確立されている樹種はその一部のみである。マングローブ樹種を育苗する場合には、植林する国、地域において、育苗技術が確立されているマングローブ樹種を確認する必要がある。また海側に生息する *Avicennia* は育苗が容易であるが、陸地側の樹種（表 3-1 のクラス 5）には育苗の難しいものが多いことに注意する。マングローブの苗木は少量の場合、ビニールハウスで作ることもできるが、その場合コストも高くなるため、苗畑は一般的には露地に作設する。路地に苗畑を作設する際の留意点を表 3-2 に示す。

表 3-2 苗畑設置で注意すべき事項

	水環境	気象	立地
設置場所	自然灌水（潮汐）で養苗できる	集中豪雨等気象被害を受けにくい	波や河川の影響を受けない
塩分濃度	干潮時に海水が停滞しない	塩分濃縮が生じない、もしくは少ない	
作業性		ポットの用土が容易に採取できる	植林予定地から近い地盤が比較的固い

(2) 苗畑作設の準備

① 苗畑の地盤高の調整

地面を平らにならして、自然灌水（潮汐）による養苗が可能な地盤高に調整する。しかし、ならしすぎると土壌が泥質な場合には、地盤が軟弱になり、苗畑の造成が困難になる場合があるので注意する。

② 排水処理

海水が停滞するような場合には、排水溝を作設し、停滞水を残さないようにする。また潮汐差が大きい地域では、海水の流入により苗がダメージを受ける可能性があるため、海水の流入口から距離を置いた箇所に苗畑を作設する。

③ 長期間使用する苗畑

長期間にわたって使用する常設苗畑を作設する場合には、苗畑内の歩行を容易にするためにコンクリートもしくは土盛りによって安定した歩道と土手を設ける。ただし、それらが海水流入の障害にならないように方向や作設位置に留意する。

(3) 苗床の作成

- ① 育苗する苗木の数量を決めたら、それに応じて苗床のサイズを決定する。苗木の数量は植林面積、植林密度から計算した初期植栽本数に加えて、予測される捕植本数も考慮に入れる。さらに、得苗率も考慮して育苗する苗木の数量を決定する（得苗率は概ね 80%）。
- ② 1m×9mサイズの苗床でおおよそ 1,800 本のポット苗木（ポット規格が直径約 8 cm × 高さ 20 cmの場合）が育苗できる。
- ③ 各苗床の間隔は作業員 1 人が通ることができる幅とする。
- ④ ポット苗の根が土中に入り込むのを防止するために、ビニールシートを苗床に敷き込む。これにより山出し時の作業が容易になる。
- ⑤ 苗床の地盤が軟弱で、苗木の自重で沈むような場合には、竹で編んだシート等を敷き込む。
- ⑥ 苗木は、遮光ネット又はニッパヤシの葉等で編んだもので遮光する必要がある。遮光に必要な枠は竹の杭等で作る。

3.4 植林

(1) 植林方法

マングローブの種子は、ほぼ年中採取可能であるが、病虫害のない、質の高い苗木を得るためには、成熟した胎生種子や果実を使う。母樹から落ちた胎生種子、果実を使う場合には、虫食い等損傷を受けたものを選別し、育苗には使用しない。成熟した種子の見分け方は、「JICA 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」(2015)の報告書の第2表に詳しく紹介されており、それを参考にする。大量の種子を確保したいときは、種子の採取予定地でどの時期に成熟種子が多いのか、事前に情報を把握しておくことが望ましい。

山出し苗の基準は樹種によって異なるが、苗の高さと葉の枚数(多くの場合、苗高30～50cm、葉の枚数3～5枚)を基準とするのが一般的であり、植林には基準に適合した苗だけを使用する。

ポットを付着したまま植林すると、苗の生育が遅れたり、活着不良となったりするため、ポットをはぎ取ってから植え付ける。その場合にはポットの用土を崩さないこと、またポットから出ている根を折損しないように注意する。

表 3-3 植林に用いる種子、苗木と植栽方法

種類	植栽方法	記
胎生種子*	直挿し	<ul style="list-style-type: none"> ● 虫による食痕、変形したものを除き、健全な種子だけを使用する。 ● 種子の長さの 1/3 程度を土の中に挿し込む。地盤が固い場合、棒を用いて穴を開けてから、その穴に挿し込む。潮の流れの強い箇所や地盤が軟弱な場合には、やや深めに挿す。 ● <i>Rhizophora</i> は植栽前に萼片(がくへん)を外す。ただし、<i>Bruguiera</i> は萼片を無理にはがさない。植えてから1週間を過ぎても萼片が残っている場合は手で取り除く。
育苗した苗木	植穴	<ul style="list-style-type: none"> ● ポットの大きさと同じ大きさの植穴で植え付けを行う。植穴が浅すぎると植栽木の倒伏や流失が生じるので、ポット苗の根際と地盤の高さが同じになるように調整する。地盤が固い場合には植穴を掘るのにシャベル等を使用する。潮汐など物理的影響を受ける場所では大きく育成した苗木を使用する。
潮汐によって運ばれ、自然定着する苗	-	<ul style="list-style-type: none"> ● 密度が高い場合には間引きを行う。漂流し、定着した苗の種類と本数を記録し、できる限り定着してからの成長についてモニタリングを行う。

* 胎生種子は *Rhizophora* 等で見られる。

Box 3-1 マングローブ林再生のための生態工学的アプローチ

従来の植林では、数種のマングローブ樹種しか使われてこなかったが、2000年の初めから自然のマングローブ林生態系の水利環境を応用してマングローブ林を再生させる生態工学的アプローチが行われるようになり、植林で使うマングローブ樹種以外の種を定着させる取り組みが行われている。

図3-2の白枠は、エビ養殖池(面積5m x 60m)であった箇所であるが、白○で示す堰堤であった箇所を切り崩し、水の流入を促したことで、植林に使った4樹種(*Ceriops tagal*, *Bruguiera cylindrical*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*)以外にも、15樹種(*Avicennia marina*, *Ceriops decandra*, *Xylocarpus moluccensis*, *Lumnitzera racemosa*, *Avicennia alba*, *Xylocarpus granatum*, *Sonneratia alba*, *Excoecaria agallocha*, *Heritiera tiliaceus*, *Thespesia populnea*, *Bruguiera sexangula*等)が6年間に自然定着している。

Rhizophora mucronata の植林したものと自然定着したものを比較すると、6年後の平均樹高はそれぞれ429 ± 59 cm と 488 ± 125 cm であり、自然定着した方がよい成長を示した。生態工学的アプローチは水利条件が適している場合、植林より効果的であるといえる。



図 3-2
エビ養殖池跡地における潮汐回復によるマングローブ林の再生

(2) 植林後の管理

マングローブ植林では、植栽後の管理が重要である。管理が十分でないと植栽したマングローブの生存率は低下する。植栽木の生存に影響を与えるものとして、漂流物、破片、フジツボ等の付着物、牛等家畜による踏みつけ、及びカニ等による食害等がある。対策として、植栽地への定期的な訪問確認と、漂流物等の付着物の除去、倒れた苗（/ 胎生種子）の立て直し、枯死した苗（胎生種子）の植え直し、柵の設置による踏みつけ回避等が挙げられる。また、育苗時に使用したビニールポットを現場に放置すると、植栽木に巻き付くことがあるため、必ず回収すること。

3.5 植林の評価

植林の評価は事業の成否を判断するためだけでなく、再生植栽地における生態系機能の復元状態を理解するため、そしてマングローブ植林再生技術を改良していくためにも重要である。マングローブ植林には様々な目的があるため、評価方法もそれに依りて異なってくるが、生存率及び成長量の測定が一般的に行われる。植栽木の枯死は初期段階に起きることが多く、生存率調査は植林後半年あるいは1年後等、早期に調べるのが望ましい。商業植林では基準となる生存率を設定し、生存率がそれ以下になった場合には補植が行われるが、植林の目的が材の生産でない環境植林では基準値の厳密な設定は必要ない。ただし、生存率が低すぎると環境保全効果も期待できないため、適正な基準値を設定することが推奨される。

Avicennia の生存率は高いので、生存率で評価すると *Avicennia* を使った植林の評価は高くなる。しかし環境植林の場合、生存率のみでは評価出来ない点もあり、成長量を併せて評価する。成長量は胸高直径及び樹高から求めるが、植林初期では木が小さすぎるため樹高だけを測定する。

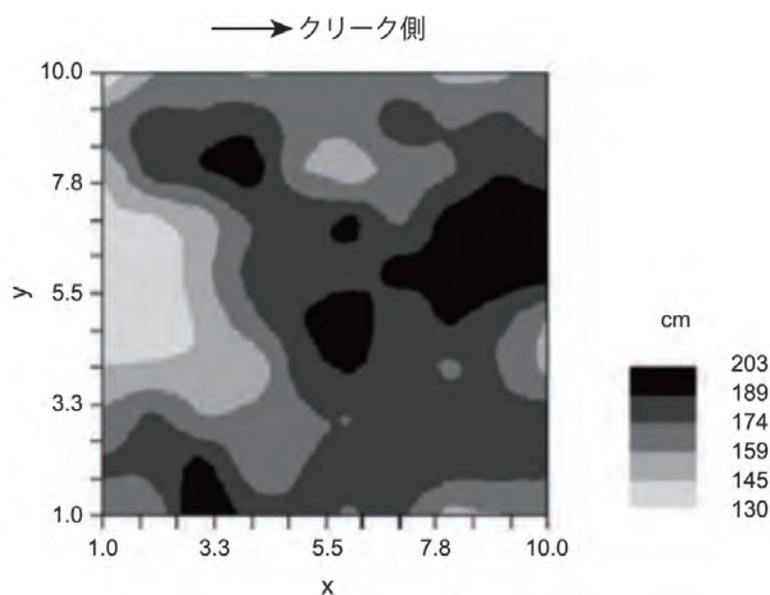


図 3-3 マングローブの植林 3 年後の樹高分布

(出典 : Matsui et al. 2010)

植林してから数年が経つと個体間に成長の違いが出てくる。マングローブの成長は水の影響を強く受けるため、水路、クreek等水が浸入してくる場所からの距離に従って成長度合いが異なる場合が多い。このような成長の違いを確認するためには、樹高マップが有効である(図3-3)。

マングローブ植林では、立地条件、及び樹種によって成長が異なる(図3-4)。タイのエビ養殖池荒廃地における植林試験では、植林後6年間で、オヒルギに比べて、*Rhizophora* 属の成長が良い結果が得られている。立地条件に適した樹種を選択することが重要である。

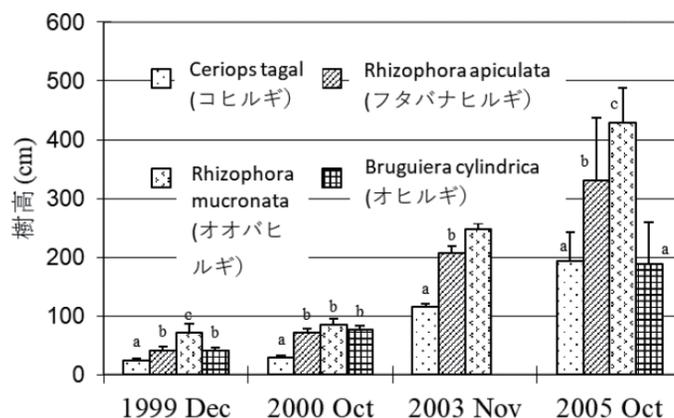


図3-4 代表的なマングローブ植林樹種の成長 (出典: Matsui et al. 2010)

Box 3-2 再生優先順位が高い荒廃地 (コスト・ベネフィット勘案)

マングローブ林の再生には時間と費用がかかり、成功するかどうか不確実である。そのため、荒廃地に単にマングローブを植栽するだけでなく、再生により、地域の環境及び経済への寄与等、再生活動の便益効果を含めて検討することが望ましい。また、再生活動は長期にわたることから、植林計画の作成、及び植栽後のモニタリングに、地元のステークホルダーに参加してもらうことが望ましい。ステークホルダーによっては、マングローブ植林、再生のニーズが異なる。さらに、ステークホルダーが複数の場合、ニーズが多様化することから、ステークホルダー間のニーズを調整し、優先順位を付けたうえで、生態学的及び造林学的な知識に基づいた植林樹種と管理方法を適用する必要がある。

マングローブ林が地域社会に与える有形・無形の利益について、コスト・ベネフィット分析を用いた研究が行われている (Tuan and Tinh 2013)。マングローブは、地元コミュニティに、漁業 (特に持続的養殖)、並びにエコツーリズム、薪の採集、生物多様性の保全、炭素隔離、及び海岸線の安定化等を通じて社会経済的ベネフィットを提供している。ベトナムにおけるマングローブ林再生の事例では、22年間の水産養殖業への利益が100億ベトナムドン (約5千5百万円) と試算されたのに対して、その他の多面的な利益は約210億ベトナムドン (約1億1千5百万円) と試算され、より大きな利益を生み出していることが示されている。

3.6 荒廃要因に応じた植林方法

マングローブ林地帯の開発要因は、時代、地域によって変遷してきた。その結果、マングローブ林の荒廃状況も荒廃要因に応じてタイプ分けが可能である。マングローブ林は、開発による攪乱が重大なものでなければ、生態系が有する自己回復力（レジリエンス）によって自然に再生することが可能である。しかし、開発強度が高まり、攪乱が重大なものになると自然の回復力だけでは再生が困難となる。そこで、マングローブ再生にあたっては、自然の回復力を高めることを目的として、荒廃要因に応じた対策が必要となる。

(1) エビ養殖池

集約的エビ養殖池では、池の周りを高い堰堤によって囲む。養殖池が放棄された後、堰堤が障壁となり、潮汐水の流入が阻害される。潮汐水が還流しないとマングローブの成長に必要な栄養塩、酸素の供給が滞ることになる。このため、マングローブ再生にあたっては、堰堤の一部を切り崩すことで潮汐水の流入を促すことが必要である（図 3-5）。

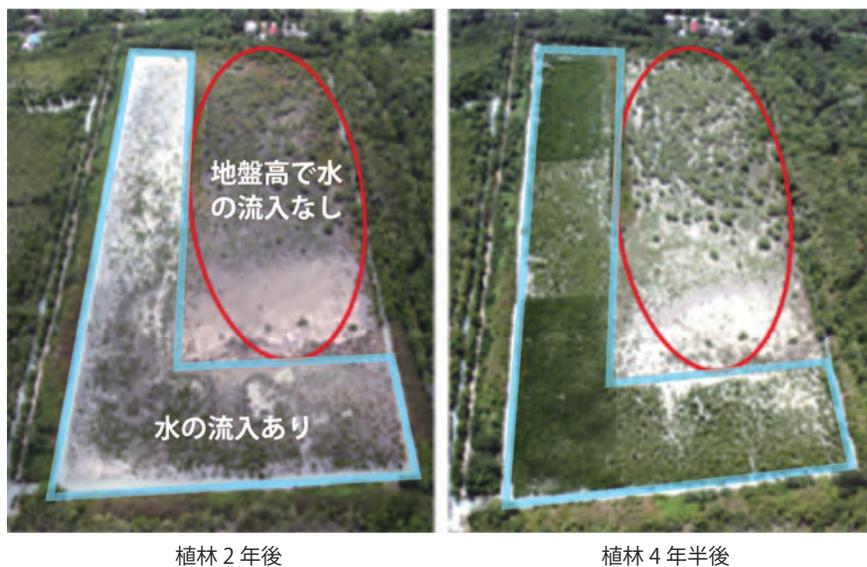


図 3-5 エビ養殖放棄池におけるマングローブの再生（出典：Matsui *et al.* 2010a）

図中の赤枠は、地盤が高いため、潮汐水の流入がなくなったところであり、植林後 4 年半経ってもマングローブ林は再生せず、塩生植物が繁茂している。一方、青枠は堰堤の一部を切り崩し、潮汐水の還流を促したところであり、マングローブが成長している。

海に近い場所でのエビ養殖池の造成により、海岸線の浸食が深刻化した。1987 年から 2000 年の間にタイ・チャオプラヤ河沿いの海岸線約 70km にわたって年平均 9～10m の海岸浸食が起こった。沿岸域に限ると年平均約 15～16m の大きな浸食が生じた（図 3-6）。浸食が最も激しい河口西岸では 13 年間で 600m 以上の海岸が浸食された（大久保ら 2004）。浸食の激しい海岸線近くの荒廃地におけるマングローブ林の再生には技術的な課題が残されており、コストが通常の植林よりかなり高くなる。



図 3-6 マングローブ林荒廃により深刻化する海岸線浸食（出典：Matsui *et al.* 2012b）

Box 3-3 マングローブ林再生の失敗事例とその要因、注意事項

スリランカでは政府及び非政府組織によって、2017年までに23のマングローブ再生プロジェクト、67のマングローブ植林活動が行われ、約1,000～1,200ヘクタールのマングローブ林が修復された。そのうち約200～220ヘクタールでマングローブ林の回復に成功したが、36か所では植林した全ての木が枯死した(Kodikara *et al.* 2017)。2017年に、それら植林プロジェクトの失敗要因について、植生・土壌調査、並びに住民へのアンケート調査を基にした検証が行われた。その結果、マングローブ植栽木の生存率は、塩分濃度及び土壌特性と有意な相関関係があること、並びに植林後の管理が生存率に大きく影響を与えていることが判明した。マングローブ林の再生事業では、これまで立地環境の把握から、樹種の選択、苗の選抜、そして植栽方法等、主として植栽活動に重きが置かれていたが、植栽後の管理についてはあまり注意が払われてこなかった。しかし、このスリランカでの検証結果によって、マングローブ林の再生では、適切な立地環境、水利条件、樹種の選択とともに、植栽後の管理として、牛による踏みつけ・摂食、藻類の付着、虫害等による攪乱及びストレスの防除が、植栽木の生存のために重要であることが示されている。

マングローブ植林の失敗事例は、スリランカ以外にも、アジア太平洋地域、西インド地域、インドネシア、及びペリーズにおいて報告されている(表3-4)。

表3-4 マングローブ植林の失敗事例が報告されている文献

地域	出典
アジア太平洋地域	Manual on guidelines for rehabilitation of coastal forests damaged by natural hazards in the Asia-Pacific region Chan, H.T. & Baba, S. (2009)
西インド地域(モーリシャス、マダガスカル、セーシェル等)	Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region UNEP-Nairobi Convention/USAID/WIOMSA (2020)
インドネシア	Community Based Ecological Mangrove Rehabilitation (CBEMR) in Indonesia Brown, B., Radillah, R., Nurdin, Y., Soulsby, I & Ahmad, R. (2014)
ペリーズ	Mangrove Rehabilitation and Restoration as Experimental Adaptive Management Ellison, A.M., Felson, A.J. & Friess D.A. (2020)



- ① 家畜(牛)による食害(胎生種子の先端が食いぢられている)と海藻の付着
- ② 家畜による踏みつけ
- ③ 成長が阻害され、曲がった苗
- ④ 虫害
- ⑤ フジツボの付着
- ⑥ 葉の黄変化とさび病
- ⑦ 根腐れ
- ⑧ 苗の立ち枯れと褐色化

(出典: Kodikara *et al.* 2017)

(2) 水田

ミャンマーのエーヤワディーデルタでは、水田開発により1,500 km²以上のマングローブ林が失われた(Webb *et al.* 2013)。政府の水田拡大政策により、海水の影響がある場所でも水田が開発されたが、そうした場所では水稻の収量低下が問題となっている。水田はエビ養殖池に比べると攪乱の度合いが低いいため、マングローブ林の再生は比較的容易とされるものの、植林前に地盤高、冠水状況及び塩分濃度について調べておく必要がある。

水田の造成時に、それまで土中で酸素に触れずに存在していた黄鉄鉱(パイライト)が酸化し、硫酸が発生することで強酸性土壌の問題が発生する場合がある。強酸性による稲の生育不良や酸性物質の流出による水環境への悪影響が生じる。酸性度(pH)の矯正には、通常、石灰が施用される。ただし、かなりの強酸性であるため大量の石灰が必要となり、コスト面、及び有効性の面から問題がある。したがって、潮汐による水の循環で酸性物質を洗浄するのが最も有効な手段とされている。

マングローブ林の表層土壌は黒っぽい色をしているが、パイライトの酸化により黄色が混じってくることがある。土色の变化は、強酸性土壌が発生しているかどうかの目安となるので、土色の变化に注意するとともに、pHを測定して強酸性の有無を確認することが望ましい。

(3) 塩田

塩田も、水田と同じく、エビ養殖池開発に比べて攪乱の影響は大きくないため再生は比較的容易とされている。しかし、塩田跡地は塩の残留濃度が高いことが多く、洗浄によって濃度を下げてから植林する必要がある。

(4) 鉱物資源開発

タイのプーケット、トランではスズの採掘が 13、14 世紀ごろから 20 世紀初頭まで行われた。鉱山開発では、泥、砂の浚渫を伴い、土地が強度に改変されるため、マングローブ林の再生にあたっては大がかりな基盤整備が必要となる。採掘荒廃地におけるマングローブ植林では、支柱根を持つヒルギ科が適しており (Sari and Rosalina 2014)、植林による生態系の回復状況を把握するためには、カニ等の底生動物の観察が有効である (Macintosh *et al.* 2002)。

表 3-5 マングローブ林荒廃のタイプと再生で注意すべき点

荒廃タイプ	再生時の注意点
エビ養殖池	潮汐水の流入が阻害されている場合、堰堤を一部切り崩す等して植林地への潮汐水の還流を促す。元の地盤高よりも高くなっている場所では、地盤の掘り下げを行い、図 3-1 にある生育可能なレベルまで調整する。
水 田	10 年が経過した水田放棄地では土壌条件が変化していることが多いため、塩分濃度、pH 等を調べてから必要に応じて土壌改良を行ったのち、植林を行う。
塩 田	放棄後、塩類集積の有無を確認する。塩類集積が発生している場合には、塩類の除去が必要であり、基本的には潮汐水の還流により洗浄を行う。
鉱物資源開発	大規模な開発による攪乱の影響が残っている場合が多い。その場合は、植林前に植栽基盤の根本的な改良が必要である。

Box 3-4 遺伝子の攪乱防止対策 (DNA 調査)

マングローブは、これまで長期的な気候変動に対応して、分布域を変遷させつつ、盛衰を繰り返しながら種分化をとげてきた。このため、同一種でも地理的に遺伝的多様性を持つことが核 DNA 分析により判明している。自然が長い時間をかけて築き上げた地域的な遺伝構造を人為的に攪乱してしまうと、集団や種の衰退につながる危険がある。特に、局所環境に適応した遺伝子型をもった集団に対して、その環境に適応していない遺伝子型を持ち込んだ場合に問題が生じやすいので注意が必要となる。

西アフリカと南アメリカの間で、6 千 km を超える規模で、*Avicennia germinans* の遺伝子が長距離分散した例が報告されている (Nettel and Dodd 2007)。ただし、それは極めて稀な例で、マングローブの遺伝子拡散は他の植物群落に比べて低い。そのため近距離でもマングローブをある場所から別の場所に運んで植林することは、もともとあった場所のマングローブ林の遺伝的特性を攪乱するリスクがある。

遺伝子攪乱のリスクを避けるためには DNA 調査が必要となるが、遺伝子攪乱調査は現在のところ一般的なものになっていない。しかし遺伝的に多様性の少ないマングローブ種ほど、高波、高潮による影響を大きく受けるなど (Guo *et al.* 2018)、遺伝的多様性はマングローブ林の頑健性に関係している。今後、地球温暖化のマングローブ林への影響が増大することが予想される中、DNA 調査の重要性も増している。

3.7 指標植物を用いた立地条件の把握手法

マングローブ林は、上述の通り、地盤高、潮汐特性等の立地環境が樹種分布、成長に大きく影響する。このため、マングローブ林の再生にあたっては、対象地の立地環境を把握することが重要である。

自然のマングローブ林は、潮汐により水に冠水する環境にあるため、林床に下層植生は生育しない。しかし、開発によりマングローブ林が失われた荒廃地には、地表植生が出現する。それらの地表植物（主に草本）から、対象地の立地環境を判定することが可能である。ただし、この植物を指標とした立地環境の把握は、現時点では、フィールド調査を中心とした事例的、断片的な報告がなされているものであり、まだ体系化されていないことに留意する。以下は、荒廃地によく出現する植物とその特徴である。

ハママツナ

ハママツナ（学名：*Sueda maritima*）は、副次的なマングローブに分類される一年生草本であり、塩分の多い海岸域でしばしば群落を形成する。地盤高が高くなり、潮汐が流入しにくくなった場所で多く見られるため、地盤高変化の指標植物として有効である。



ハママツナ

コードグラス

コードグラス（学名：*Spartina spartinae*）は、塩性の湛水地に出現する多年生草本である。繁殖力が高く、一度侵入すると他の植物が駆逐される。コードグラスが生育していることは立地環境が長期間湛水していることを示しており、水利環境を知る上での指標となる。



コードグラス

ガマ

ガマ（学名：*Typha latifolia*）は、コードグラスより塩性が低い場所に出現する多年生草本である。湛水深が50～70cmと、マコモ（学名：*Zizania latifolia*）やヨシ（学名：*Phragmites australis*）等より水深の深い場所を好み、湛水環境を知る上の指標となる。湛水環境がなくなるとガマは枯死する。



ガマ

ミミモチシダ

ミミモチシダ属（*Acrostichum*）は、マングローブ生態系で見られる唯一の陸生シダ属であり、塩分濃度の低い、日当たりの良い場所に生育する。3種が確認されており、*A. aureum*、及び *A. speciosum* は、南アジア、東南アジア、太平洋州に分布し、*A. danaeifolium* は中央アメリカ、カリブ海に分布する。

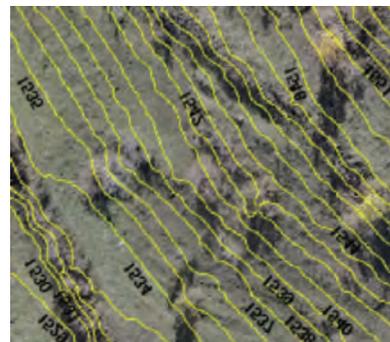


ミミモチシダ

3.8 空間情報技術を活用した立地条件の把握手法

mangrove再生対象地の立地環境を把握する手法として、空間情報技術（リモートセンシング及び GIS）が有効である。リモートセンシング及び GIS を活用することにより、対象地の土地被覆を把握するだけでなく、海岸や河川からの距離、及び地盤高に応じた潮汐範囲や水質情報（塩分濃度及び pH 等）等も面的に把握することが可能である。

人工衛星やドローンから取得された DEM（デジタル標高モデル）データを用いて、GIS により等高線マップを生成することができる。特にドローンは低空から撮影するため、数 cm から 1m 単位の高い解像度の等高線マップを作成することができる（JICA 2021）。植林候補地について、ドローンにより作成した等高線データを潮位データに重ね合わせる（オーバーレイする）ことにより、mangroveの生育に適した地盤高（潮汐範囲）を特定することができる。また、塩分濃度、pH 等、mangroveの成長に影響を与える因子についても、それらの計測（点）ポイントデータを、GIS により面的データへ変換することにより、空間的な分布を把握することができる。さらに、空間情報技術は、植栽後のモニタリング時にも、現地調査と組み合わせることにより、成林状況、バイオマス現存量、成長量及び炭素固定量等の調査にも活用できる。



ドローンで取得した DEM データから生成した 1m 間隔の等高線マップ（JICA 2021）

Box 3-5 人工衛星データとドローンデータの比較

空間情報技術を活用するためのデータ取得方法の代表例として、人工衛星とドローンの 2 種類がある。両者にはそれぞれ有利な点（メリット）と不利な点（デメリット）があるので、データの使用にあたっては注意が必要である（表 3-6）。

表 3-6 人工衛星データとドローンデータの比較

項目	人工衛星データ	ドローンデータ
撮影面積	高高度からの撮影のため、広範囲の撮影ができる。LANDSAT TM では、1 シーン約 4 万 km ² の面積をカバー。	低高度からの撮影のため、広範囲の撮影ができない。
天候の影響	高高度からの撮影のため、雲の影響を受ける。特に熱帯、亜熱帯地域では、雲が出ていることが多いため、雲のない、又は少ないデータを取得することが難しい。	低高度からの撮影のため、雲の影響をほとんど受けない。また、場合によっては雨天でも撮影可能。
解像度	高解像度（50cm ～ 5m 程度）データは有償である。無償で入手可能なデータの解像度は 10 ～ 30m 程度。	解像度は数 cm 単位と高く、地表物の特定が容易。森林分野では毎木調査時に立木の本数や樹種の特定等にも活用可能。
コスト	有償データの場合、平方 km ² あたりの単価は 600 円前後（SPOT6/7 の場合）。	有償の衛星データより割高ではあるが、より詳細な画像データ及び DEM の同時取得が可能。
DEM データ（デジタル標高モデル）	1m 解像度の場合、平方 km ² あたり 1 万 5 千円程度と高価。	オルソ画像を取得するコストが高いが、DEM も同時取得が可能（料金に含まれる）。
データの時系列性	衛星が打ち上げられて以降、過去に撮影されたデータは保存記録（アーカイブ）されているので、過去のデータも入手可能。	過去から定期的に撮影していない限り、過去データの入手は不可能。

mangroveの植林にあたっては、大規模でない限り、数百キロメートル四方の広範囲をカバーする衛星データよりも、比較的小範囲をカバーするドローンデータが適していると考えられる。衛星データは撮影日が決められているが、ドローンは、操作に慣れれば、都合の良いタイミングで手軽に撮影することができる。ただし、ドローンは国によっては使用制限が設けられており、使用が可能でも航空法によって飛行禁止地域が設定されていたり、飛行許可をもらうために機体登録や管理者承諾が必要となったりする場合があるので注意が必要である。

第4章 既存のマングローブ林再生マニュアル 及び再生事例

4.1 広域

- (1) アジア・太平洋
- (2) メソアメリカ・カリブ海地域

4.2 東南アジア

- (1) インドネシア
- (2) マレーシア
- (3) フィリピン
- (4) ベトナム

4.3 南アジア及び西アジア

- (1) バングラデシュ
- (2) インド
- (3) スリランカ
- (4) オマーン
- (5) クウェート
- (6) アラブ首長国連邦

4.4 アフリカ

- (1) 西インド洋地域
- (2) エリトリア
- (3) ケニア
- (4) ナイジェリア
- (5) ガンビア

4.5 アメリカ

- (1) メキシコ
- (2) セントルシア
- (3) ガイアナ

4.6 大洋州

- (1) パプアニューギニア
- (2) ソロモン
- (3) キリバス
- (4) マーシャル
- (5) ツバル



世界中のマングローブ林を対象とした再生技術について記載された既存のマニュアル及び事例（以下、資料と称する）を収集した。収集した資料は、国別に取りまとめられたものが多いが、複数国を対象としたものも含まれている。

まず、収集した資料の種類と数、及び記載されている主要な樹種名を一覧表に整理した（表 4-1）。次に、各資料の要点を紹介するために、国及び地域別に、基本情報、樹種名、並びに、植栽方法、概要（技術的な観点から見た特徴）、及び備考（技術とは直接関係がないが有用と思われる情報）を記載した。

表 4-1 国及び地域ごとのマングローブ林再生技術に関するマニュアル及び事例

国 及び 地域	資料の種類・数		主な樹種	見出し
	事例	マニュアル		
広域				4.1
アジア・大洋州	1	2	<i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Kandelia obovata</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i>	4.1(1)
メソアメリカ・カリブ海地域	0	1	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Rhizophora mangle</i>	4.1(2)
東南アジア				4.2
インドネシア	0	4	<i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>	4.2(1)
マレーシア	2	0	<i>Avicennia sonneratia</i> , <i>Bruguiera cylindrical</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Nypa fruticans</i>	4.2(2)
フィリピン	0	3	<i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>	4.2(3)
ベトナム	0	3	<i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Lumnitzera racemosa</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i>	4.2(4)
南アジア及び西アジア				4.3
バングラデシュ	0	3	<i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Rhizophora mucronata</i>	4.3(1)
インド	0	2	<i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia apetala</i>	4.3(2)
スリランカ	0	1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>	4.3(3)
オマーン	0	1	<i>Avicennia marina</i>	4.3(4)
クウェート	2	0	<i>Avicennia marina</i>	4.3(5)
アラブ首長国連邦	1	0	<i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i>	4.3(6)
アフリカ				4.4
西インド洋地域	0	1	<i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>	4.4(1)
エリトリア	1	0	<i>Avicennia marina</i>	4.4(2)
ケニア	1	0	<i>Rhizophora mucronata</i>	4.4(3)

ナイジェリア	0	1	<i>Acrostichum aureum</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Laguncularia racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Rhizophora harrisonii</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora racemosa</i>	4.4(4)
ガンビア	0	1	<i>Rhizophora</i> spp.	4.4(5)
アメリカ				4.5
メキシコ	0	1	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Laguncularia racemose</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Thespesia populnea</i>	4.5(1)
セントルシア	1	0	記載なし	4.5(2)
ガイアナ	0	1	<i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i>	4.5(3)
大洋州				4.6
パプアニューギニア	0	1	<i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrical</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i>	4.6(1)
ソロモン	0	1	<i>Bruguiera</i> spp., <i>Lumnitzera</i> spp., <i>Rhizophora</i> spp.	4.6(2)
キリバス	0	1	<i>Rhizophora stylosa</i>	4.6(3)
マーシャル	0	1	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Lumnitzera littorea</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>	4.6(4)
ツバル	0	1	<i>Rhizophora stylosa</i>	4.6(5)

4.1 広域

(1) アジア・太平洋

タイトル	マングローブ植林のための基礎知識－マングローブ林の再生のために－
出版年	1999
著者	馬場繁幸, 北村昌三
URL	https://jifpro.or.jp/repository-cont/text11/
樹種	マングローブ植物：8種（植林技術が記載されている主要樹種のみ抽出） <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Kandelia obovata</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i>
植栽方法	直挿し植林、苗畑での育苗及び移植
概要	主に日本のマングローブ樹種についての基礎知識や当時の研究動向について記載。植林技術に関しては、採種方法、種子の保存方法、及び植栽上の注意点が記載されている。
備考	マングローブの基礎知識が記載されているため、初心者にとって分かりやすい。日本のマングローブに関する記述がメインであるが、熱帯アジアの主要なマングローブ樹種に関する章が設けられている。
タイトル	Manual on Guidelines for Rehabilitation of Coastal Forests Damaged by Natural Hazards in the Asia-Pacific Region アジア太平洋地域の自然災害で被害を受けた海岸林の復旧のためのガイドラインに関するマニュアル
出版年	2009
著者	Chan, H. T., Baba, S.
URL	https://www.preventionweb.net/publication/manual-guidelines-rehabilitation-coastal-forests-damaged-natural-hazards-asia-pacific

樹種	<p>マングローブ植物：9種 <i>Acrostichum aureum</i>, <i>Avicennia marina</i>, <i>Bruguiera gymnorhiza</i>, <i>Ceriops tagal</i>, <i>Nypa fruticans</i>, <i>Rhizophora apiculata</i>, <i>Rhizophora mucronata</i>, <i>Rhizophora stylosa</i>, <i>Sonneratia alba</i></p> <p>海岸植物：15種 <i>Artocarpus altilis</i>, <i>Barringtonia asiatica</i>, <i>Calophyllum inophyllum</i>, <i>Canavalia rosea</i>, <i>Casuarina equisetifolia</i>, <i>Cocos nucifera</i>, <i>Hibiscus tiliaceus</i>, <i>Ipomoea pes-caprae</i>, <i>Melaleuca cajuputi</i>, <i>Pandanus odoratissimus</i>, <i>Scaevola taccada</i>, <i>Spinifex littoreus</i>, <i>Terminalia cattapa</i>, <i>Thespesia populnea</i>, <i>Vitex trifolia</i></p>
植栽方法	代表的な複数の植栽方法
概要	アジア及び大洋州において、マングローブ及び海岸植物を植林するための概要を取りまとめたマニュアル。ケーススタディについても簡潔にまとめられている。
備考	特定の国や地域において、育苗や植林を実施するにあたっては、その国や地域に応じたマニュアルや事例、現地の情報を収集する必要がある。

タイトル	Sustainable Mangrove Rehabilitation for Global and Local Benefits 世界的及び地域の利益に資する持続可能なマングローブ再生
出版年	2019
著者	Asia-Pacific Network for Global Change Research (APN)
URL	https://www.apn-gcr.org/wp-content/uploads/2020/09/d742772c6916e5ca103c5a6b5a63ad0b.pdf
樹種	<p>マングローブ植物：12種 <i>Avicennia marina</i>, <i>Avicennia officinalis</i>, <i>Bruguiera cylindrica</i>, <i>Bruguiera sexangula</i>, <i>Bruguiera gymnorhiza</i>, <i>Excoecaria agallocha</i>, <i>Kandelia candel</i>, <i>Nypa fruticans</i>, <i>Rhizophora apiculata</i>, <i>Rhizophora mucronata</i>, <i>Rhizophora stylosa</i>, <i>Sonneratia alba</i></p>
植栽方法	苗畑での育苗および移植
概要	フィリピン、ミャンマー、インド、中国、及び日本を対象としたマングローブ再生のベストプラクティスを調査した研究。調査結果に基づき、マングローブ再生のためのガイドラインが掲載されている。さらに、フィリピンについては、持続可能なマングローブ再生の事例が複数取り上げられている。
備考	各国のマングローブ再生に関する政策やプログラムについて記載あり。 特に、フィリピンとミャンマーの記載が充実している。

(2) メソアメリカ・カリブ海地域

タイトル	Manual for the ecological restoration of mangroves in the Mesoamerican Reef System and the Wider Caribbean メソアメリカのリーフシステムとカリブ海広域におけるマングローブの生態系修復のためのマニュアル
出版年	2021
著者	Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J. A., Arceo-Carranza, D., Robles-Toral, P. J., Sierra-Oramas, D., Us-Balam, H. G., <i>et al.</i>
URL	https://marfund.org/en/wp-content/uploads/2021/12/Restauracion-de-Manglar-ENG-PRESS.pdf
樹種	<p>マングローブ植物：9種 <i>Avicennia bicolor</i>, <i>Avicennia germinans</i>, <i>Avicennia schaueriana</i>, <i>Laguncularia racemosa</i>, <i>Mora oleifera</i>, <i>Pelliciera rhizophorae</i>, <i>Rhizophora harrisonii</i>, <i>Rhizophora mangle</i>, <i>Rhizophora racemosa</i></p>
植栽方法	直挿し植林、苗畑での育苗及び移植
概要	メソアメリカ及びカリブ海地域におけるマングローブ生態系修復のために作成されたマニュアル。マングローブの植林方法に関しては4章で修復活動の一つとして記載されている。植林方法だけでなく、水文学や地形学に基づく修復方法が記載されており、幅広いマングローブ生態系の修復方法が提供されている。
備考	本マニュアルでは、生態学的、社会的、及び財政的要素を組み合わせた学際的なアプローチが検討されている。マングローブ生態系を修復するためには、経済的に実現可能で、社会的にも受け入れられる方法が必要であるとの理念の下に作られており、実用性が高い。

4.2 東南アジア

(1) インドネシア

タイトル	Nursery manual for mangrove species at Benoa Port in Bali バリ島ベノア港におけるマングローブ樹種育苗マニュアル
出版年	1998
著者	Hideki Hachinohe, Oliva Suko, Atsuo Ida
URL	https://libopac.jica.go.jp/detail?bbid=0000249138 (上記 URL は資料の情報のみ掲載。資料自体のダウンロード不可。)
樹種	マングローブ植物：7種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	インドネシア・バリ島における JICA プロジェクトに基づき、苗畑造成手法、及び上記 7 樹種の育苗方法がまとめられている。現地の天然林の分布及び種子の入手可能性から、この 7 樹種を選定したとのこと。ただし、 <i>Ceriops tagal</i> 、及び <i>Xylocarpus granatum</i> は、再生目的ではなく、デモンストレーションが目的であると記載されている。
備考	20 年以上前の資料であるため、近年の資料やデータ等を調べて、アップデートが必要かどうかを確認するべきである。また、苗畑技術に関するマニュアルであり、植林サイトの選定や立地改善手法等については記載されていないため、他の文献で補完する必要がある。

タイトル	The Silviculture Manual for Mangroves in Bali and Lombok バリ島およびロンボク島におけるマングローブ植林マニュアル
出版年	1999
著者	Keisuke Taniguchi, Shinji Takasima, Oliva Suko
URL	https://libopac.jica.go.jp/detail?bbid=0000249135 (上記 URL は資料の情報のみ掲載。資料自体のダウンロード不可。)
樹種	マングローブ植物：8種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	インドネシアのバリ島、及びロンボク島における JICA プロジェクトに基づき、マングローブを植林する際のマニュアルがまとめられている。植林候補地の事前調査、育苗用の種子採集の段階から記載がある。また、植栽後の補植指針や植栽木の被害、及びその対策についても記載されている。
備考	20 年以上前の資料であるため、近年の資料やデータ等を調べてアップデートが必要かどうかを確認するべきである。

タイトル	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 -
出版年	2015
著者	Hideki Miyakawa <i>et al.</i>
URL	https://www.jica.go.jp/project/indonesia/008/materials/index.html
樹種	マングローブ植物：20種 <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrical</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Bruguiera parviflora</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Kandelia candel</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Sonneratia ovata</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	インドネシア南スマトラ州、スンビラン国立公園における JICA のプロジェクトで作成した育苗マニュアルであり、マングローブ 20 種の育苗技術、及び植栽技術が記載されている。植栽は養殖池跡地を想定しており、水と土の洗浄のために、養殖池の水門を外す、又は畦の一部を 1～2m の幅で取り払って潮汐水の通り道を確保する必要性が記載されている。

備考	苗畑造成・育苗・植林・保育に特化した技術書であり、適地選定や立地改善方法等についてはあまり記載がない。なお、荒廃地における回復事業の運営手法に関しては、「保全地域における荒廃地回復プロセス・ガイドラインー養殖池跡地のマングローブ生態系ー」が別途まとめられている。こちらも上記の URL からダウンロード可能。
タイトル	Five steps to successful ecological restoration of mangroves マングローブの生態系回復を成功させるための5つのステップ
出版年	2006
著者	Lewis, R.R., Quart, A., Enright, J., Corets, E., Primavera, J., Ravishankar, T., Stanley, O. D., Djamaluddin, R.
URL	https://blue-forests.org/en/knowledge/resources-publications/five-steps-to-successful-ecological-restoration-of-mangroves/
樹種	マングローブ植物：7種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植、直挿し植林、種子の直播き等
概要	マングローブの植林手法を5つの段階に分けて記述した技術マニュアル。種子採集や育苗方法等が簡単に記載されている。また、現地の潮位やマングローブの分布を考慮して樹種ごとにゾーニングすることの重要性についても記載されている。
備考	基本的には技術マニュアルであるが、エビ養殖放棄池再生事例や社会的な要因による植林の失敗事例も取り上げている。

(2) マレーシア

タイトル	Rehabilitation of Mangroves in Sabah: The SFD-ISME Collaboration (2011-2014) サバ州におけるマングローブ再生：SFD と ISME の協力（2011-2014）
出版年	2015
著者	Joseph TANGAH, Fidelis Edwin BAJAU, Werfred JILIMIN, Shigeyuki BABA, Hung Tuck CHAN, Mio KEZUKA
URL	http://www.mangrove.or.jp/subpage/publications.html#pagelink-list
樹種	マングローブ植物：6種 <i>Avicennia alba</i> , <i>Bruguiera cylindrical</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Terminalia catappa</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	Sabah Forestry Department (SFD) と国際マングローブ生態系協会 (ISME) によるマレーシア・サバ州の荒廃地におけるマングローブ再生プロジェクト第1期の報告書。アブラヤシプランテーション跡地、荒廃した河川沿い、及びエビ養殖池跡地において、状況に応じた手法を試行しながら、植林を実施。アブラヤシプランテーション跡地では、様々な植林技術が試行されていた。また、荒廃した河川沿いにおいては、既にマングローブ生育不適地となっている場所を避けて植林した。エビ養殖池跡地では、泥が深いため胎生胚軸の長い <i>Rhizophora</i> 属が有効と判断された。また、畦の一部を破壊して潮流を促し、酸性硫酸塩土壌による影響を緩和するとともに、 <i>Avicennia</i> の胎生種子の流入を促進した。
備考	アブラヤシプランテーション跡地において適用された技術については具体的な記載がない。マングローブ再生のための立地改善方法としては、エビ養殖池跡地の事例が参考になる。
タイトル	Rehabilitation of Mangroves in Sabah: The SFD-ISME Collaboration (2014-2019) サバ州におけるマングローブ再生：SFD と ISME の協力（2014-2019）
出版年	2020
著者	Joseph TANGAH, Arthur Y.C. CHUNG, Shigeyuki BABA, Hung Tuck CHAN, Mio KEZUKA
URL	http://www.mangrove.or.jp/subpage/publications.html#pagelink-list
樹種	マングローブ植物：13種 <i>Acanthus ebracteatus</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Bruguiera parviflora</i> , <i>Calophyllum Inophyllum</i> , <i>Casuarina equisetifolia</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Talipariti tiliaceum</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Terminalia catappa</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植・挿し木

概要	Sabah Forestry Department (SFD) と国際マングローブ生態系協会 (ISME) によるマレーシア・サバ州の荒地におけるマングローブ再生プロジェクト第 2 期の報告書。エビ養殖池跡地の再生では、酸性硫酸塩土壌及び水はけの悪い土壌のために生存率が低かった。しかし、畦の一部を破壊して潮汐水の流入を促すことにより、植栽したマングローブ苗木の生育が改善した。特に、養殖池跡地の縁のやや高くなっているところで <i>Rhizophora mucronata</i> の生育が良好となった。また、畔上に植栽した <i>Terminalia catappa</i> は、結実して下種更新により実生苗が生育しており、成功したケースといえる。
備考	ケーススタディとして、いくつかの代表的なサイトについて課題等が記述されている。他文献と併せて対応策等の事例を取りまとめる上で有用な資料と思われる。

(3) フィリピン

タイトル	Mangrove Management Handbook マングローブ管理ハンドブック
出版年	2000
著者	Melana, D.M., Atchue, J.III, Yao, C.E., Edwards, R., Melana, E.E., Gonzales, H.I.
URL	https://faspelib.dentr.gov.ph/sites/default/files/Publication%20Files/mangrove_management_handbook.pdf
樹種	マングローブ植物：15 種 <i>Acanthus ebracteatus</i> , <i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>Acrostichum aureum</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Avicennia lanata</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Bruguiera parviflora</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i> , <i>Sonneratia alba</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	USAID 支援のプロジェクトで作成されたマングローブ植林のための技術書。苗畑設置にあたって、適切な場所、種類、デザイン等について記載。マングローブのリソースマップの重要性や作成手順についても一つの章を設けて記載されている。
備考	20 年以上前の資料であるため、近年の資料やデータ等を調べて、アップデートが必要かどうか確認するべきである。

タイトル	Manual on Community-based Mangrove Rehabilitation: Mangrove Manual Series No. 1 コミュニティベースのマングローブ再生マニュアル：マングローブマニュアルシリーズ No.1
出版年	2012
著者	Primavera, J. H., Savaris, J. P., Bajoyo, B., Coching, J. D., Curnick, D. J., Golbeque, R., Guzman, A. T., Henderin, J. Q., Joven, R. V., Loma, R. A., Koldewey, H. J.
URL	https://www.scribd.com/document/439524300/Manual-on-Community-Based-Mangrove-Rehabilitation-pdf
樹種	マングローブ植物：2 属及び 6 種 <i>Avicennia spp.</i> , <i>Bruguiera spp.</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	Zoological Society of London の作成したフィリピンにおけるコミュニティ向けマングローブ再生マニュアル。フィリピンに生息する 10 種のマングローブ樹種を取り上げている。苗木への被害調査や台風後のゴミの清掃手順についても添付資料に記載されている。育苗・植林の手法だけでなく、現地で入手可能な材料を用いて波の影響を緩和する障壁を設置する方法やコミュニティが実施することを想定したモニタリングの重要性についても記載されている。
備考	この資料の簡略版のマニュアルとして、Community-based Mangrove Rehabilitation Training Manual ^{5 6} も作成されている。 また、後続の Mangrove Manual Series No.2 ⁷ ではフィリピンの養殖池跡地におけるマングローブ再生手法について事例を交えて紹介されている。また、養殖池の許認可 (Fishpond Lease Agreement) に伴う背景説明や考察等についても記載されている。 上記を含め、ZSL が実施してきたフィリピンにおけるマングローブ保全活動関係の資料がウェブサイト上で公開されている ⁸ 。

⁵ <https://www.zsl.org/sites/default/files/media/2018-10/ZSL%20Community-based%20Mangrove%20Rehabilitation%20Manual%20-%20Abridged%20Copy.pdf>

⁶ https://www.zsl.org/sites/default/files/media/2015-06/Mangrove%20Rehab_Training%20Manual.pdf

⁷ <https://www.zsl.org/sites/default/files/media/2019-04/Manual%20on%20Mangrove%20Reversion%20of%20Abandoned%20and%20legal%20Brackishwater%20Fishp...pdf>

⁸ <https://www.zsl.org/conservation/regions/asia/rehabilitating-mangroves-in-the-philippines>

タイトル	Guidelines on Enrichment Planting of Mangroves and Beach Forest for Biodiversity Conservation and Coastal Resiliency 生物多様性の保全と海岸の回復のためのマングローブ及び海岸林の強化植林に関するガイドライン
出版年	2017
著者	Biodiversity Management Bureau, Republic of the Philippines
URL	https://bmb.gov.ph/index.php/resources/downloadables/laws-and-policies/technical-bulletins/technical-bulletin-2017
樹種	マングローブ植物：18種 <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrica</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Bruguiera parviflora</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Ceriops zippeliana</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>
植栽方法	苗畑での育苗および移植
概要	パッチ状、若しくはまばらなマングローブ、又は海岸植物の植生において、既存の植生を除去することなく、適切な種を植栽する Enrichment planting の方法について簡易にまとめられた技術書。過度な伐採跡地、台風等の自然災害にあった植林地、病害虫の被害にあった植林地、又は <i>Rhizophora</i> 等の単一樹種植林地等を対象地として想定している。
備考	特になし。

(4) ベトナム

タイトル	Tool Box for Mangrove Rehabilitation and Management マングローブ再生及び管理のためのツールボックス
出版年	2009
著者	Pham Trong Thinh, Hoang Thoi, Tran Huy Manh, Le Trong Hai and Klaus Schmitt
URL	http://coastal-protection-mekongdelta.com/download/library/93.MangroveManagementToolBox2009_EN.pdf
樹種	マングローブ植物：5種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	ベトナムのソクチャン省における自然資源管理プロジェクトの知見とベトナムの有識者によるインプットを統合して作成されたマングローブ保全のための3つの技術マニュアルのひとつ。マングローブ5樹種について種子採集や植栽に有用な情報を記述している。育苗、移植、その後の管理、及び間引きの方法について記載されている。
備考	ベトナムのソクチャン省の海岸域における自然資源管理のプロジェクトは、技術マニュアル以外にも資料を取りまとめている。 http://coastal-protection-mekongdelta.com/download/library/

タイトル	Mangrove Nursery Manual マングローブ育苗マニュアル
出版年	2010
著者	Hoang Van Thoi, Pham Trong Thinh
URL	http://coastal-protection-mekongdelta.com/download/library/94.MangroveNurseryManual2010_EN.pdf
樹種	マングローブ植物：6種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Lumnitzera racemosa</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i>
植栽方法	苗畑での育苗のみ
概要	ベトナムのソクチャン省における自然資源管理のプロジェクトの知見とベトナムの有識者によるインプットを統合して作成されたマングローブ保全のための3つの技術マニュアルのひとつ。苗畑の種類や造成手順を始め、苗畑におけるマングローブ6樹種の育苗手法等を記述している技術書。病害虫等の気をつけるべき点等もまとめられている。
備考	本マニュアルは、苗畑における育苗のための技術書であるため、植林に際しては他のマニュアル等を参照する必要がある。

タイトル	Mangrove Management A manual to appropriate mangrove conservation and planting in the Mekong Delta マングローブ管理 メコンデルタにおける適切なマングローブ管理及び植林マニュアル
出版年	2014
著者	Integrated Coastal Management Program (ICMP)
URL	https://mcrp.mard.gov.vn/DocLib/Pages/quan-ly-rung-ngap-man-so-tay-huong-dan-phuong-thuc-trong-va-bao-ton-.aspx
樹種	記載なし
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	樹種についての言及はないが、保全プロジェクトの意思決定、現地踏査、苗畑における育苗及び植林、モニタリングと、マングローブ再生に必要な流れについて記載されている。モニタリングのサンプルシートも付属資料として用意されている。
備考	参考文献として、ベトナムにおけるマングローブ関連の資料一覧が掲載されている。

4.3 南アジア及び西アジア

(1) バングラデシュ

タイトル	Mangrove Nurseries in Bangladesh バングラデシュにおけるマングローブ苗畑
出版年	1993
著者	N. A. Siddiqi, M. R. Islam, M. A. S. Khan, M. Shahidullah
URL	http://mangrove.or.jp/img/publications/book_pdf/OP01-Occasional_1.pdf
樹種	マングローブ植物：17種 <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Cynometra ramiflora</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Heritiera fomes</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Phoenix paludosa</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia apetala</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Xylocarpus mekongensis</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	育苗手法のみ
概要	国際マングローブ生態系協会（ISME）によって発行された、苗畑におけるマングローブ育苗方法に関する技術書。樹種毎に育苗方法が記載されている。また、各樹種の種子及び実生苗のイラストが掲載されている。
備考	約 30 年前の資料であるため、近年の資料やデータ等を調べて、アップデートが必要かどうか確認すべきである。

タイトル	Khalshi (<i>Aegiceras corniculatum</i>) - An important honey producing plant and its cultivation in the Sundarban of Bangladesh - バングラデシュのスンドルバンにおける重要な蜜源植物及びその栽培
出版年	2016
著者	Md. Masudur Rahman
URL	http://www.bfri.gov.bd/sites/default/files/files/bfri.portal.gov.bd/page/59ea90f1_c11b_4367_a359_91e1be5ecf37/Bulletin%205,%20Mangrove%20Series%20-%20Khalshi%20Book.pdf
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Aegiceras corniculatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	蜜源となるマングローブ樹種である <i>Aegiceras corniculatum</i> に特化した育苗及び植林方法が記載。植栽後の生育条項に関するデータも掲載されている。
備考	養蜂を最終目的とした技術マニュアルである点に留意。

タイトル	Nursery Raising, Planting Techniques and Plantation Management of Climate Resilient Mangrove Species in Bangladesh バングラデシュにおける気候変動に強いマングローブ樹種の苗畑造成、植林技術及び植林管理
出版年	2020
著者	Mahmood Hossain, Sanjoy Saha, Chameli Saha, Arif Mohammad Faisal, Mohammed Muzammel Hoque
URL	https://www.bd.undp.org/content/bangladesh/en/home/library/environment_energy/nursery--raising--planting-techniques-and-plantation--management.html
樹種	マングローブ植物：20種 <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Aglaia cucullata</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Cerbera manghas</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Cynometra ramiflora</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Heritiera fomes</i> , <i>Kandelia candel</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Phoenix paludosa</i> , <i>Pongamia pinnata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia apetala</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>
植栽方法	苗畑での育苗および移植
概要	Integrating Community-based Adaptation into Afforestation and Reforestation Programmes (ICBAAR) によって作成されたマングローブ植林のための技術書。それぞれのマングローブ樹種について植林までの育苗方法を記述している。植林及びその後の管理方法については一括して記載されている。各樹種の種子及び実生のイラストが掲載されている。
備考	特になし。

(2) インド

タイトル	Manual on Mangrove Nursery Raising Techniques マングローブ苗畑造成技術にかかるマニュアル
出版年	2004
著者	Ravishankar, T., Ramasubramanian, R.
URL	https://www.academia.edu/6010638/Mangrove_Nursery_manual_Ravishankar_Thupalli
樹種	マングローブ植物：9種 <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia apetala</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	マングローブ樹種の育苗方法について取りまとめた技術書。各樹種について、育苗方法が記載されている。また、各樹種の種子採集適期や育苗期間を示した一覧表も掲載されている。
備考	苗畑造成が地域の雇用を促進する点についても、コミュニティの収入実績や必要な労働力を示して説明している。

タイトル	Technical Manual for Restoration of Mangroves マングローブ保全のための技術マニュアル
出版年	不明
著者	Orissa Forestry Sector Development Project (OFSD)
URL	http://ofsds.in/ofsdp_otherpublications.php
樹種	マングローブ植物：23種 <i>Aegiceras floridum</i> , <i>Avicennia alba</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrica</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Bruguiera parviflora</i> , <i>Ceriops decandra</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Heritiera fomes</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Hibiscus tiliaceus</i> , <i>Kandelia candel</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Sonneratia apetala</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Thespesia populnea</i> , <i>Xylocarpus granatum</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植、直挿し植林
概要	2006年から2007年にかけて、インドで実施されたJICAプロジェクトの成果として作成されたマングローブ保全のための技術書。マングローブの基礎情報から植林、並びにその後のモニタリング方法まで簡潔に記載されている。事前調査や植林候補地の選定において、生物・物理学的、及び社会経済学的な視点から検討するべきと記載されている。
備考	特になし。

(3) スリランカ

タイトル	Mangrove rehabilitation Guidebook マングローブ再生ガイドブック
出版年	2007
著者	Udo Gattenlöhner, Stefanie Lampert, Kathrin Wunderlich
URL	https://www.globalnature.org/bausteine.net/f/6426/Brochure_Sri_Lanka_GNF.pdf?fd=2
樹種	マングローブ植物：27種 <i>Acanthus ilicifolius</i> , <i>Acrostichum aureum</i> , <i>Aegiceras corniculatum</i> , <i>Avicennia marina</i> , <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrica</i> , <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Bruguiera sexangula</i> , <i>Cerbera mangha</i> , <i>Ceriops roxburghiana</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Clerodendron inerme</i> , <i>Derris scandens</i> , <i>Derris uliginosa</i> , <i>Dolichandrone spathaceae</i> , <i>Excoecaria agallocha</i> , <i>Heritiera littoralis</i> , <i>Lumnitzera littorea</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Rhizophora apiculata</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Sonneratia apetala</i> , <i>Sonneratia caseolaris</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Xylocarpus molluccensis</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	Post Tsunami Restoration of Mangroves, Education & Reestablishment of Livelihoods in Sri Lanka の報告書。プロジェクト活動の一つとしてマングローブの植林を実施しており、植栽地や植林方法について記載されている。水文学の視点から適切なサイトを選定するステップについても記載がある。
備考	このプロジェクトではマングローブの保全だけではなく、地域住民の生計向上等も組み合わせた活動を展開している。

(4) オマーン

タイトル	The Qurm Environmental Information Center Project Technical Document マングローブ環境情報センタープロジェクト・技術文書
出版年	2014
著者	JICA expert team
URL	https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12147583.pdf
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Avicennia marina</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植、直挿し植林
概要	JICA 支援によるプロジェクトが取りまとめた資料。Technical Document 3: Mangrove Plantation Guideline に、 <i>Avicennia marina</i> に特化した育苗及び植林の方法が記載されている。植栽候補地を選定するにあたってのチェックリストと実際の踏査結果も掲載されている。
備考	この技術文書は、植林技術だけではなく、マングローブ林のモニタリングや保護、及び環境教育に関するガイドラインについても、それぞれ独立した章として記載されている。

(5) クウェート

タイトル	Growth and establishment of mangrove (<i>Avicennia marina</i>) on the coastlines of Kuwait クウェートの海岸線におけるマングローブ (<i>Avicennia marina</i>) の生育と定着
出版年	2001
著者	AboEl-Nil, Mostafa M.
URL	https://www.academia.edu/2324754/Growth_and_establishment_of_mangrove_Avicennia_marina_on_the_coastlines_of_Kuwait
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Avicennia marina</i>
植栽方法	簡易苗畑での育苗及び移植
概要	バーレーン及びアラブ首長国連邦から採集した種子を育苗して、オマーンにて植栽試験を行った研究事例。5段階の標高に分けて、潮位線に平行に植林を実施し、生育状況を比較した。潮位 3m及びそれ以下に植栽した場合に良好な生育を示した。潮位3mより高い場所に植栽した場合には1年目で全て枯死してしまった。
備考	この研究は <i>Avicennia marina</i> の植栽試験に特化したものであるため、その他のマングローブ樹種の植林にあたっては、他の資料も参照する必要がある。また、20年ほど前の研究事例のため、近年の資料やデータ等を調べて、アップデートが必要かどうか確認するべきである。

タイトル	Mangrove, <i>Avicennia marina</i> , Establishment and Growth under the Arid Climate of Kuwait クウェートの乾燥気候下におけるマングローブ (<i>Avicennia marina</i>) の定着と成長
出版年	2004
著者	Bhat, N. R., Suleiman, M. K., Shahid, S. A.
URL	https://www.researchgate.net/publication/248986807_Mangrove_Avicennia_marina_Establishment_and_Growth_under_the_Arid_Climate_of_Kuwait
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Avicennia marina</i>
植栽方法	容器での育苗及び移植
概要	土壌条件の異なる5つのサイトに植栽した <i>Avicennia marina</i> の生育状況を比較した研究事例。上部5cmの層にシルト質ローム又はきめの細かい砂質、5～30cmの間に中～粗い感触の砂質、30cm以下に嫌気性のシルト質ローム又は粘土質の層がある場合に高い生存率を示した。また、一般的に潮位線付近に植栽した苗木の生存率が高く、成長量も大きかった。さらに、育苗の段階で24時間浸水がもっとも発芽率が良いことも示されている。
備考	この研究は、 <i>Avicennia marina</i> の植栽試験に特化したものであるため、その他のマングローブ樹種の植林にあたっては、他の資料も参照する必要がある。また、20年ほど前の研究事例のため、近年の資料やデータ等を調べて、アップデートが必要かどうか確認するべきである。

(6) アラブ首長国連邦

タイトル	Creating Mangrove Habitat for Shoreline Protection: Working with Nature in the Arabian Gulf 海岸線保護のためのマングローブの生息地づくり：アラビア湾の自然とともに
出版年	2021
著者	Erfemeijer, P., Ito, S., & Yamamoto, H.
URL	https://www.scribd.com/document/499784920/terra-et-aqua-162-2
樹種	マングローブ植物：4種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i>
植栽方法	苗畑での育苗及び移植
概要	アラブ首長国連邦の首都アブダビからおよそ北西に100km離れた、油田を有する Mubarraz 島におけるマングローブ植林事例の報告書。石油事業が行われている Mubarraz 島では、航路水路掘削で発生した浚渫土を再利用して石油パイプラインを保護するための土手道を建設した。その後、環境改善と海岸保護を目的としたマングローブ植林が行われている。1983～1987年に実施した最初のマングローブ植林では4樹種を植林したが、成功したのは <i>Avicennia marina</i> のみであった。海岸保護対策として、マングローブ植林は、人工護岸工事よりも費用を6倍低く抑えることができると試算された。
備考	浅瀬に建設された土手道に、マングローブを植林して海岸保護対策を実施するというユニークな試みである。植栽した樹種はタイやマレーシア等から持ち込まれている。

4.4 アフリカ

(1) 西インド洋地域

タイトル	Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region Western Indian Ocean Ecosystem Guidelines and Toolkits 西インド洋地域のマングローブ生態系再生に関するガイドライン 西インド洋生態系ガイドラインとツールキット
出版年	2020
著者	Kairo, James G, Mangora, Mwita M
URL	https://www.nairobiconvention.org/CHM%20Documents/WIOSAP/guidelines/MangroveEcosystemRestorationGuidelinesfortheWIORegion.pdf
樹種	マングローブ植物：9種 <i>Avicennia marina</i> , <i>Bruguiera gymnorhiza</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus granatum</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i> , <i>Lumnitzera racemose</i> , <i>Heritiera littoralis</i>
植栽方法	コミュニティにおける簡易苗畑による育苗及び移植
概要	西インド洋地域におけるマングローブ再生のためのガイドライン。 技術指針は主に3章にまとめられており、西インド洋地域における代表的なマングローブ9樹種について、種子採集、苗畑造成、育苗、植林地の選定、植林等の方法が記載されている。また4章は、植栽後のモニタリングの重要性について記載されており、植栽したマングローブ苗木の生存率や成長量等、モニタリングすべき項目があげられている。
備考	プロジェクトを実施する際の運営管理面に関する記述も多く、マングローブ再生にあたって計画策定やプロジェクトマネジメントの面でも参考になる。

(2) エリトリア

タイトル	A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger 地域の貧困と飢餓を救う可能性を秘めたエリトリア沿岸の干潟でマングローブを育てるという新しい試み
出版年	2005
著者	Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M. <i>et al.</i>
URL	https://www.researchgate.net/publication/226488974_A_novel_approach_to_growing_mangroves_on_the_coastal_mud_flats_of_Eritrea_with_the_potential_for_relieving_regional_poverty_and_hunger
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Avicennia marina</i>
植栽方法	種子の直播き
概要	革新的な植林手法を用いて、波による若木の根返り防止、及び肥料の流出防止を実現した事例。具体的には、部分的に埋めた缶を鉄棒で固定し、そこにマングローブの種子を直播きする。さらに種子が波にさらわれないように鉄網をかぶせる。また、肥料を入れたポリエチレン袋に針で穴を開け、地表から10cmの深さのところ埋めることで、適切な肥料供給を可能にしている。さらに、ラクダによる荒らしを防ぐために鉄条網の柵を設置し、見張り役を雇っている。なお、肥料の有無によるマングローブの成長量を確認したところ、現地採取した土壌に植栽したマングローブは肥料なしでは枯死することが確認されている。
備考	この研究の最終目標は、家畜である羊の飼料を確保するためにマングローブを飼料作物として活用することである。マングローブの葉及び種子を日干し乾燥することで、飼料として安定供給することが可能になったが、飼料としての品質に課題が残ると記載されている。

(3) ケニア

タイトル	Advances in coastal ecology: people, processes and ecosystems in Kenya, Chapter 9. Mangrove plantation experiments for controlling coastal erosion at Gazi Bay 沿岸生態学における進歩：ケニアの人々、プロセスそして生態系、 第9章 ガジ湾における海岸侵食抑制のためのマングローブ植林実験
出版年	2009
著者	Okello, J., Lang, J., Tamoooh, F., & Kairo, J.
URL	https://www.researchgate.net/publication/28650963_Advances_in_coastal_ecology_people_processes_and_ecosystems_in_Kenya
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Rhizophora mucronata</i>
植栽方法	直挿し植林と竹筒による保護
概要	海岸における土壌流出防止を目的としたマングローブの植林実験。20ヶ月後の生存率は、コントロール区で33%程度であったのに対して、竹筒で保護した区画は7%程度であった。竹筒を適切に設置できておらず波にさらわれてしまったことが、低い生存率の一因であったと考えられる。
備考	本資料は、植林マニュアルではなく、植林実験であるが、マングローブを植栽する際の注意点として参考となると思われる。

(4) ナイジェリア

タイトル	A training manual on mangrove restoration in coastal communities of the Niger Delta, Nigeria ナイジェリア・ニジェールデルタの沿岸部コミュニティにおけるマングローブ再生に関するトレーニングマニュアル
出版年	2021
著者	Franklin B.G. Tanee and Deebari Nenubari Gbaa
URL	https://cehrd.org.ng/wp-content/uploads/2021/03/Mangrove-Restoration-Manual.pdf
樹種	マングローブ植物：9種 <i>Acrostichum aureum</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Laguncularia racemose</i> , <i>Nypa fruticans</i> , <i>Paspalum vaginatum</i> , <i>Rhizophora harrisonii</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Rhizophora racemosa</i>
植栽方法	苗畑による育苗及び移植
概要	Centre for Environment, Human Rights and Development (CEHRD) が作成したナイジェリアのデルタにおけるマングローブ再生のための技術マニュアル。種子採取や苗畑における育苗等の一般的な植林技術に加えて、水文学及びマングローブの二次遷移に影響するストレス要因についても留意するべきことが記載されている。
備考	ナイジェリアにおいてマングローブ樹種を識別するための簡易表が資料として付属されている。

(5) ガンビア

タイトル	A "How-to-do toolkit" on mangrove restoration マングローブの再生に関する実践方法のツールキット
出版年	記載なし
著者	The GEF Small Grants Programme, The Gambia
URL	https://sgp.undp.org/all-documents/country-documents/1028-mangrove-restoration-toolkit/file.html
樹種	マングローブ植物：1属 <i>Rhizophora species</i>
植栽方法	直挿し植林
概要	GEF small grant programme の支援によって作成されたガンビアにおける簡易植林マニュアル。 <i>Rhizophora</i> 属を対象として、胎生種子を一晩水につけておき、直挿し植林する方法が記載されている。
備考	複数の樹種や植林方法を網羅的に記述しているマニュアルではないので、植林にあたっては追加的な情報収集が必要と思われる。

4.5 アメリカ

(1) メキシコ

タイトル	Silviculture manual for mangrove restoration in the Yucatan peninsula, Mexico メキシコのユカタン半島におけるマングローブ再生のための育林マニュアル
出版年	2013
著者	Tsuruda, K.
URL	http://mangrove.or.jp/img/publications/book_pdf/OP04-Occasional_4.pdf
樹種	マングローブ植物：5種 <i>Avicennia germinans</i> , <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Laguncularia racemose</i> , <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Thespesia populnea</i>
植栽方法	一時的な苗畑における育苗及び移植
概要	JICA 支援のプロジェクトの一環として、ユカタン半島に自生する2種 (<i>Avicennia germinans</i> 及び <i>Rhizophora mangle</i>) のマングローブについて、1年間の植林試験を基に作成されたマニュアル。ただし、植林に適する樹種は5種が挙げられている。植林サイト選定のための調査分析（塩分濃度、アクセス、再生実現可能性等）や植林前の下準備（水路や土手の造設）等、並びに、植林後の評価、及び補植のための指標についても記載されている。
備考	事前調査から植林後の評価まで記述されているので、植林の全体像を把握する上で有用と思われる。

(2) セントルシア

タイトル	Ma Kôté Mangrove Rehabilitation Project マ・コテ マングローブ再生プロジェクト
出版年	2016
著者	Craig, H.
URL	https://slunatrust.org/assets/content/documents/Mangrove_Restoration_Activities_for_Ma_Kote_PSEPA_Updated_July_7.pdf
樹種	記載なし
植栽方法	苗畑での育苗および移植
概要	セントルシアのナショナルトラストが、USAID の資金を基にして、他の団体と共同で実施したマングローブ再生プロジェクトの活動事例。具体的な植林方法についての記載はないが、約40ヘクタールに及ぶセントルシアで最も大きなマ・コテ マングローブにおける植林活動の経過が報告されている。
備考	2015年の衛星画像上での確認と現地視察によると、マ・コテ マングローブの北部において有害な汚染水等が原因と思われる立ち枯れ現象が発生している。

(3) ガイアナ

タイトル	Guyana Mangrove Nursery Manual ガイアナにおけるマングローブ育苗マニュアル
出版年	2011
著者	Bovell, O.
URL	https://www.gcca.eu/sites/default/files/catherine.paul/guyana_mangrove_nursery_manual_2011.pdf
樹種	マングローブ植物：2種 <i>Avicennia germinans</i> , <i>Rhizophora mangle</i>
植栽方法	苗畑における育苗のみ
概要	苗畑の造成及び育苗方法について記載されたマニュアル。植林方法について具体的な記載はない。 <i>Avicennia germinans</i> 及び <i>Rhizophora mangle</i> の2樹種について、種子の採取時期から育苗、及び植林直前の順化処理（ハードニング）まで記載されている。
備考	植林方法については他の資料を参照する必要がある。

4.6 大洋州

(1) パプアニューギニア

タイトル	Community-Based Mangrove Planting Handbook for Papua New Guinea パプアニューギニアにおけるコミュニティベースのマングローブ植林ハンドブック
出版年	2018
著者	Climate Change and Development Authority
URL	http://www.mangrovealliance.org/wp-content/uploads/2019/01/png-mangrove-planting-handbook.pdf
樹種	マングローブ植物：5種 <i>Avicennia officinalis</i> , <i>Bruguiera cylindrical</i> , <i>Ceriops tagal</i> , <i>Rhizophora mucronata</i> , <i>Rhizophora stylosa</i>
植栽方法	苗畑での育苗および移植
概要	パプアニューギニアにおけるマングローブ植林マニュアル。サイトの選定、苗畑造成・育苗、植林、及びモニタリングについての手順が記載されている。苗畑造成及び育苗について記載された2章が中心だが、5章ではプロジェクト資金獲得の重要性についても記載されている。
備考	植林方法については、直挿し又は一般的なポット苗の植栽の際に、固い地面の場合は穴をあける等の方法が記載されている。巻末資料として、植栽計画表や予算表のテンプレート、種子採取適期の一覧表、専門家(NGOや大学)のコンタクト先一覧、可能性のある資金源一覧等が添付されており有用と思われる。

(2) ソロモン

タイトル	A guide to mangrove rehabilitation in Solomon Islands ソロモン諸島におけるマングローブ再生の手引
出版年	2012
著者	The WorldFish Center
URL	https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/953
樹種	マングローブ植物：3属 <i>Bruguiera</i> spp., <i>Lumnitzera</i> spp., <i>Rhizophora</i> spp.
植栽方法	直挿し植林
概要	The World Fish Center が実施するプロジェクトで作成されたパンフレット型の簡易植林マニュアル。マングローブ上記3属の直挿し植林について記載されている。
備考	簡易なマニュアルなので、植林の実施にあたっては追加の情報収集が必要と思われる。

(3) キリバス

タイトル	Mangrove Planting Guidelines for Kiribati キリバスにおけるマングローブ植林ガイドライン
出版年	2020
著者	Erfteemeijer, P
URL	https://www.sprep.org/sites/default/files/documents/publications/mangrove-planting-guidelines-Kiribati.pdf
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Rhizophora stylosa</i>
植栽方法	ポットでの育苗及び植栽
概要	ニュージーランドの支援によるプロジェクトの一環として実施したマングローブ植林活動を、キリバス政府職員向けにまとめた簡易マニュアル。 <i>Rhizophora stylosa</i> をポットで育苗して植栽する方法が記載。波の影響を緩和するために、砂を詰めた土のう等を設置する等の対策も記載されている。
備考	キリバスにおけるマングローブの植栽結果を調べた研究 (Suzuki <i>et al.</i> 2009) によると、生育の良いサイトでは植栽後3年で、樹高が約1.2mに達するが、生存率は50%程度であった。枯死の原因は、藻類・フジツボ類の付着による生育障害、又は高い地盤における乾燥と推察されている。

(4) マーシャル

タイトル	Mangroves and Possible Mangrove Introduction Sites at Ailuk Atoll, Marshall Islands マーシャル諸島、アイルック環礁のマングローブとその導入候補地
出版年	2007
著者	Ellison, J
URL	https://nras-conservation.org/nraslibrary/EllisonReport02.07.pdf
樹種	マングローブ植物：5種 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> , <i>Lumnitzera littorea</i> , <i>Rhizophora apiculate</i> , <i>Sonneratia alba</i> , <i>Xylocarpus moluccensis</i>
植栽方法	直挿し植林、野生実生の移植、苗畑による育苗及び移植
概要	マーシャル諸島におけるマングローブ植林のための方法を簡易的にまとめたマニュアル。マングローブの植林候補地について、現地踏査を踏まえて検討をしている。植林方法については、文献調査等からマーシャルに適した方法をまとめている。その他、マングローブの資源調査についても記載されている。
備考	豚による被害を軽減するために、植林サイトは柵で保護する必要があると示唆されている。

(5) ツバル

タイトル	Mangrove Planting in TUVALU Manual on Mangrove Planting Methods in Saltwater Environments: a Case Study in Tuvalu ツバルにおけるマングローブの植林、海水環境におけるマングローブの植林方法に関するマニュアル： ツバルにおけるケーススタディ
出版年	2021
著者	NGO/NPO Tuvalu Overview
URL	https://www.tuvalu-overview.tv/pdf/mangrove_manual.pdf
樹種	マングローブ植物：1種 <i>Rhizophora stylosa</i>
植栽方法	種子を短期間育苗した後移植
概要	特定非営利活動法人 ツバル オーバービューによって作成されたマングローブ植林のためのマニュアル。前半部分はマニュアル的な要素が強いが、後半は各植林サイトにおける事例が紹介されている。収集した <i>Rhizophora stylosa</i> の胎生種子を、葉が数枚出るまで育苗し、移植する方法を紹介している。本事例では、数本の胎生種子を一箇所にまとめて植栽する方法を採用している。また、流木やゴミを除去する等、植栽後に必要な保育方法についてもまとめられている。さらに、潮流の被害による失敗事例等も記載されているため、マングローブ植林を計画する際の教訓となる。
備考	ポテンシャルのある植林サイトについてもまとめられているため、今後のツバルでのマングローブ植林の際に有用と思われる。

第5章 文献リスト

5.1 推薦文献及び図書（年代順）

5.2 すべての文献



5.1 推薦文献及び図書（年代順）

Tomlinson, P.B. (1986)

"The botany of mangroves. 413pp." (Cambridge University Press. New York.)

マングローブの種及び生態系について詳述した古典的な名著。マングローブの植物学的特徴が詳しく説明されており、英語で書かれた大著ではあるが目を通しておきたい一冊。

向後 元彦 (1988)

「緑の冒険—沙漠にマングローブを育てる—」 (岩波新書)

向後氏はマングローブ植林を日本人として初めておこなった草分け的存在。本書では中東でのマングローブ植林について、苦労話を織り交ぜて、十年に亘って様々な困難と闘いながら、三万本のマングローブを植林した話が興味深く書かれている。向後氏は探検家であり、現在はマングローブの歴史を探るべく、エジプト、南米等で調査を行っている。関心があれば、それらについて発表された論文にも目を通すことをお勧めする。

International Tropical Timber Organization, Field, C. D., & International Society for Mangrove Ecosystems (Okinawa) (1996)

"Restoration of mangrove ecosystems"

(Okinawa, Japan Ryukyus, Okinawa. International Society for Mangrove Ecosystems.)

オーストラリア、タイ、マレーシア、ベトナム、インドネシア、インド、パキスタン、バングラデシュ、キューバ、米国、コロンビア、サウジアラビアにおけるマングローブ再生の取り組みが紹介され、纏められた、恐らく世界で最初の本。1990年代の初頭に書かれた本であるが、マングローブ植林の手助けとなる技術的知見が紹介されており、最後の章にはガイドラインも記載されている。

中村武久、中須賀常雄 (1998)

「マングローブ入門」 (めこん)

一般読者向けに書かれたマングローブの入門図書。第5章では主要なマングローブ樹種について詳しく説明されている。読みやすく、マングローブの勉強を始めてみたい人には好適の一冊である。

馬場繁幸編 (2001)

「海と生きる森-マングローブ林」 (国際マングローブ生態系協会)

西表島や東南アジア、世界のマングローブについて、「マングローブを知り、そして守り育てるための本」として、マングローブ全般および植林(しょくりん)の大切さやその方法について書かれている。漢字にはふりがながつてあり、マングローブに興味のある小学生にはぜひ読んでほしい一冊。

United Nations (2004)

"Mangrove management and conservation: present and future"

(United Nations University Press, New York, New York, USA. (Ed.) VANNUCCI, Marta.)

<https://digitallibrary.un.org/record/520543>

2001年3月に東京大学で開催されたワークショップで発表された論文のコレクション。4つのパート、パートI: マングローブ生態系の構造と機能、パートII: 機能と管理、パートIII: 利用とポリシー、パートIV: プレゼンテーション/ガイドラインの要約およびアクションプラン、で構成されている。沖縄および世界におけるマングローブの利用と開発について写真付きで説明されており、またマングローブの管理、生態学、保全、持続的および非持続的開発についても書かれている。

Lewis III, R.R. (2005)

"Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests"

(Ecological Engineering 24. 403-418)

生態工学的アプローチによる生態学的回復手法が初めて紹介された論文。従来は、マングローブを植林する際に代表的な数種しか用いないことが多かったのに対し、自然のマングローブ生態系の水利環境を応用して、多様な樹種による自然回復を提唱している。この論文の後、生態工学的アプローチに関する多くの論文が発表されているが、基本概念を知るにはこの論文を読むことを薦めたい。

Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M. & Scholten, L. (2006)

"Mangrove guidebook for Southeast Asia" (FAO and Wetlands International)

東南アジアのマングローブ、特にインドネシアを中心にフィールドで使えるように纏められたガイドブック。種の同定ができるようにイラストも充実している。マングローブの利用や森林減少の地域別要因についても言及している。東南アジアに特化しているものの、マングローブの全体像を把握するのに好適な一冊。

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, J. Duke, M.N. (2010)

"Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data"

(Global Ecology and Biogeography 20) <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>

30 m の解像度により、世界のマングローブの分布について紹介している。優れたマッピング手法と豊富なデータソースから空間的及びテーマ別のマングローブマップを作成しており、興味を喚起する論文である。

Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L. (2010)

"World Atlas of Mangroves" (ISME, ITTO, FAP, UNESCO-MAB, UNEP-WCMC and UNU-INWEH)

このアトラスでは、世界のマングローブの状態について詳しく紹介している。生物多様性、生息地、マングローブ林荒廃に伴う経済的損失についての記載も豊富である。地図や写真、図表が豊富に掲載されており、それを眺めるだけでもマングローブについて多くの知見が得られる。

Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M. (eds.) (2014)

"Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows"

(Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.) <https://www.thebluecarboninitiative.org/manual>

ブルーカーボンを評価するためのメカニズムが十分に定義又は標準化されていなかったことを背景として、International Blue Carbon Initiative が、マングローブ、干潟、及び藻場におけるサンプリング方法、炭素測定、及びCO₂ 固定量の計算方法のプロトコルを標準化することを目的に作成したマニュアル。7 章から構成されており、3 章と4 章では、土壌と地上部バイオマスの測定方法、5 章では、炭素及び CO₂ 固定量について説明されており、気候変動の緩和策及び適応策としての沿岸管理に実用的なマニュアルである。なお、2019 年 3 月に本マニュアルの更新版が公開されている。

Spalding, M., Mclvor, A., Tonnejck, F. H., Tol, S., & Van Eijk, P. (2014)

"Mangroves for coastal defence: Guidelines for coastal managers & policy makers"

(Wetlands International and the nature conservancy.)

マングローブによる沿岸保護に関するガイドブック。2004 年のインド洋津波以降、沿岸保護に果たすマングローブの役割は広く知られてきたが、このガイドブックではマングローブ林が自然のインフラストラクチャとして機能し、大嵐の際にも波力エネルギーと高潮を減じることにより、沿岸部の災害リスクを大きく減らすことが述べられている。マングローブがどのように波力を迅速に減衰させ、侵食と浸水の脅威を減らすことができるのか、そのメカニズムについても明確かつ簡潔に説明しており、沿岸保護を担当する政策管理者が使いやすいガイドブックとなっている。

Spalding, M., & Leal, M. (2021)

"The State of the Worlds Mangroves 2021" (Global Mangrove Alliance.)

世界 40 以上の国、100 人以上の専門家が最先端の科学を基にして、体系的に世界のマングローブが置かれた状況について詳述している。マングローブ林とそれに依存する地域社会への脅威が続いている現在の傾向を逆転させるため、どのような取り組みが世界で行われているのか、最新の情報が記載されている。また、マングローブの価値、リスク、保全、再生について詳細情報が得られるように、ウェブサイト上のデータセットへのアクセスが提供されている。本書では、再生のための解決策を示すとともに、現存するマングローブを保護するための行動を促すことも意図されている。

5.2 すべての文献

AboEl-Nil, M. M. (2001)

"Growth and establishment of mangrove (*Avicennia marina*) on the coastlines of Kuwait"
(Wetlands Ecology and Management, 9(5), 421-428.)

Alongi, D. M., Wattayakorn, G., Pfitzner, J., Tirendi, F., Zagorskis, I., Brunskill, G. J., *et al.* (2001)

"Organic carbon accumulation and metabolic pathways in sediments of mangrove forests in southern Thailand"
(Marine Geology, 179(1-2), 85-103.)

Aslan, A., Rahman, A., Robeson, S., & Ilman, M. (2021)

"Land-use dynamics associated with mangrove deforestation for aquaculture and the subsequent abandonment of ponds"
(Science of The Total Environment, 791, 148320.)

Bao, T. Q. (2011)

"Effect of mangrove forest structures on wave attenuation in coastal Vietnam"
(Oceanologia, 53(3), 807-818.)

Barbier, E. B., Koch, E. W., Silliman, B. R., Hacker, S. D., Wolanski, E., Primavera, J. H., *et al.* (2008)

"Coastal ecosystem based management with non-linear ecological functions and values"
(Science, 319(5861), 321-323.)

Basha, S. K. C. (2018)

"An overview on global mangroves distribution. [Review]"
(Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 47(4), 766-772.)

Bhat, N. R., Suleiman, M. K., & Shahid, S. A. (2004)

"Mangrove, *Avicennia marina*, establishment and growth under the arid climate of Kuwait"
(Arid Land Research and Management, 18(2), 127-139.)

Binh, T. N. K. D., Vromant, N., Hung, N. T., Hens, L., & Boon, E. K. (2005)

"Land cover changes between 1968 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau peninsula, Vietnam"
(Environment, Development and Sustainability, 7(4), 519-536.)

Biodiversity Management Bureau, Republic of the Philippines (2017)

"Guidelines on enrichment planting of mangroves and beach forest for biodiversity conservation and coastal resiliency"
(Quezon, Philippines: Department of environment and Natural Resources.)

Bovell, O. (2011)

"Guyana mangrove nursery manual"
(Guyana: Guyana Mangrove Restoration Project)

Brown, B., Fadillah, R., Nurdin, Y., Soulsby, I., & Ahmad, R. (2014)

"Case study: community based ecological mangrove rehabilitation (CBEMR) in Indonesia"
(SAPIENS, 7(2), 1-12.)

Camacho, L. D., Gevaña, D. T., Sabino, L. L., Ruzol, C. D., Garcia, J. E., Camacho, A. C. D., *et al.* (2019)

"Sustainable Mangrove Rehabilitation for Global and Local Benefits"
(Asia-Pacific Network for Global Change Research(APN))

Chan, H. T., & Baba, S. (2009)

"Manual on guidelines for rehabilitation of coastal forests damaged by natural hazards in the Asia-Pacific region"
(Kuala Lumpur, Malaysia: International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) and International Tropical Timber Organization (ITTO))

-
- Charatkar, S. L., Mitra, D., Biradar, R. S., & Pikle, M. (2005)
"Study of Salt Pan Increment in Gulf of Cambay using GIS"
(Paper presented at the 25th Annual ESRI User International Conference, San Diego, California, USA.)
- Cheong, S. M., Silliman, B., Wong, P. P., Van Wesenbeeck, B., Kim, C., & Guannel, G. (2013)
"Coastal adaptation with ecological engineering"
(Nature climate change, 3(9), 787-791.)
- Chong, V. C. (2006)
"Sustainable utilization and management of mangrove ecosystems of Malaysia"
(Aquatic Ecosystem Health & Management, 9(2), 249-260.)
- Climate Change and Development Authority. (2018)
"Community-Based Mangrove Planting Handbook for Papua New Guinea"
(Manila, Philippines: Asian Development Bank.)
- Costanzo, S. D., O' Donohue, M. J., & Dennison, W. C. (2004)
"Assessing the influence and distribution of shrimp pond effluent in a tidal mangrove creek in north-east Australia"
(Marine Pollution Bulletin, 48(5-6), 514-525.)
- Craig, H. (2016)
"Ma Kôté Mangrove Rehabilitation Project by SLNT' s Programme Officer-South: Craig Henry"
(Saint Lucia: Saint Lucia National Trust (SLNT))
- Damastuti, E., & De Groot, R. (2017)
"Effectiveness of community-based mangrove management for sustainable resource use and livelihood support: A case study of four villages in Central Java, Indonesia"
(Journal of Environmental Management, 203, 510-521.)
- Danielsen, F., Sørensen, M. K., Olwig, M. F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N. D., *et al.* (2005)
"The Asian tsunami: a protective role for coastal vegetation"
(Science, 310(5748), 643-643.)
- Datta, D., Chattopadhyay, R. N., & Guha, P. (2012)
"Community based mangrove management: A review on status and sustainability"
(Journal of Environmental Management, 107, 84-95.)
- Duke, N. C. (2016)
"Oil spill impacts on mangroves: recommendations for operational planning and action based on a global review"
(Marine Pollution Bulletin, 109(2), 700-715.)
- Duncan, C., Primavera, J. H., Pettorelli, N., Thompson, J. R., Loma, R. J., & Koldewey, H. J. (2016)
"Rehabilitating mangrove ecosystem services: A case study on the relative benefits of abandoned pond reversion from Panay Island, Philippines"
(Marine Pollution Bulletin, 109(2), 772-782.)
- Edwin, M., Sulistyorini, I. S., Poedjirahajoe, E., Faida, L. R. W., & Purwanto, R. H. (2021)
"Structure and dominance of species in mangrove forest on Kutai National Park, East Kalimantan, Indonesia"
(Jurnal Manajemen Hutan Tropika, 27(1), 59-68.)
- Ellison, A. M., Felson, A. J., & Friess, D. A. (2020)
"Mangrove Rehabilitation and Restoration as Experimental Adaptive Management"
(Frontiers in Marine Science, 7(327), 1-19.)

-
- Ellison, J. (2007)
"Mangroves and Possible Mangrove Introduction Sites at Ailuk Atoll, Marshall Islands"
(Tasmania, Australia: University of Tasmania)
- Elsebaie, I. H., Aguib, A. S. H., & Al Garni, D. (2013)
"The role of remote sensing and GIS for locating suitable mangrove plantation sites along the southern Saudi Arabian Red Sea coast"
(International Journal of Geosciences, 4, 471-479.)
- Elster, C. (2000)
"Reasons for reforestation success and failure with three mangrove species in Colombia"
(Forest Ecology and Management, 131(1-3), 201-214.)
- Erftemeijer, P. (2020)
"New Zealand – Pacific Partnership on Ocean Acidification, Mangrove Planting guidelines for Kiribati"
(Kribati: DAMCO Consulting)
- Erftemeijer, P., Ito, S., & Yamamoto, H. (2021)
"Creating Mangrove Habitat for Shoreline Protection, Working with Nature in the Arabian Gulf"
(Terra et Aqua, 162, 17-27.)
- Flach, M., Cnoops, F. J. G., & van Roekel Jansen, G. C. (1976)
"Tolerance to salinity and flooding of sagopalm seedlings: preliminary investigations"
(Paper presented at the International Sago Symposium: "The equatorial swamp as a natural resource", Kuching, Sarawak, East Malaysia)
- FAO (2020)
"Mangroves"
(Mangrove management Retrieved February, 2022, from <https://www.fao.org/forestry/mangrove/en/>)
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., *et al.* (2019)
"The state of the world's mangrove forests: past, present, and future"
(Annual Review of Environment and Resources, 44, 89-115.)
- Friess, D. A., & Webb, E. L. (2013)
"Variability in mangrove change estimates and implications for the assessment of ecosystem service provision"
(Global ecology and biogeography, 23(7), 715-725.)
- Giri, C., Long, J., & Tieszen, L. (2011)
"Mapping and monitoring Louisiana's mangroves in the aftermath of the 2010 Gulf of Mexico oil spill"
(Journal of Coastal Research, 27(6), 1059-1064.)
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., *et al.* (2011)
"Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data"
(Global Ecology and Biogeography, 20(1), 154-159.)
- Giri, C., Zhu, Z., Tieszen, L. L., Singh, A., Gillette, S., & Kelmelis, J. A. (2008)
"Mangrove forest distributions and dynamics (1975–2005) of the tsunami - affected region of Asia"
(Journal of Biogeography, 35(3), 519-528.)
- Global Nature Found (GNF) (2007)
"Mangrove Rehabilitation Guidebook"
(Radolfzell, Germany: GNF)

-
- Goessens, A., Satyanarayana, B., Van der Stocken, T., Zuniga, M.Q., Mohd-Lokman, H., Sulong, I., & Dahdouh-Guebas, F. (2014)
"Is Matang Mangrove Forest in Malaysia sustainably rejuvenating after more than a century of conservation and harvesting management?"
(PloS one, 9(8), e105069.)
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N., & Fatoyinbo, T. (2020)
"Global declines in human - driven mangrove loss"
(Global change biology, 26(10), 5844-5855.)
- Green, E. P., Clark, C. D., Mumby, P. J., Edwards, A. J., & Ellis, A. C. (1998)
"Remote sensing techniques for mangrove mapping"
(International journal of remote sensing, 19(5), 935-956.)
- Guo, Z., Li, X., He, Z., Yang, Y., Wang, W., Zhong, C., Greenberg, A.J., Wu, C.I., Duke, N.C., Shi, S. (2018)
"Extremely low genetic diversity across mangrove taxa reflects past sea level changes and hints at poor future responses"
(Glob Chang Biol. 24(4), 1741-1748.)
- Hachinohe, H., Suko, O., Ida, A., & Development of Sustainable Mangrove Management Project. (1997)
"Nursery manual for mangrove species: at Benoa Port in Bali"
(Indonesia: Jakarta Ministry of Forestry and Estate Crops, Japan International Cooperation Agency(JICA))
- Hamilton, S. (2011)
"The impact of shrimp farming on mangrove ecosystems and local livelihoods along the Pacific coast of Ecuador"
(The University of Southern Mississippi, Mississippi, USA)
- Hamilton, S. (2013)
"Assessing the role of commercial aquaculture in displacing mangrove forest"
(Bulletin of Marine Science, 89(2), 585-601.)
- Hamilton, S., & Friess, D. (2018)
"Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012"
(Nature Climate Change, 8(3), 240-244.)
- Hayashi, S., Souza-Filho, P. W. M., Nascimento Jr, W. R., & Fernandes, M. E. B. (2019)
"The effect of anthropogenic drivers on spatial patterns of mangrove land use on the Amazon coast"
(PLoS One, 14(6), e0217754.)
- Henckes, C. (2014)
"Mangrove Management A manual to appropriate mangrove conservation and planting in the Mekong Delta"
(Bonn and Eschborn, Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH)
- Hossain, M. S., Lin, C. K., & Hussain, M. Z. (2003)
"Remote sensing and GIS applications for suitable mangrove afforestation area selection in the coastal zone of Bangladesh"
(Geocarto International, 18(1), 61-65.)
- Husrin, S. (2012)
"Experimental study on tsunami attenuation by mangrove forest"
(Earth, planets, and space, 64(10), 973-989.)
- Inoue, T. (2019)
Carbon sequestration in mangroves. In T. Kuwae & M. Hori (Eds.)
"Blue carbon in shallow coastal ecosystems (1st ed., pp. 73-99)"
(Singapore: Springer, Singapore)
- Integrated Coastal Management Program (ICMP) (2021)
"Mangrove Management: A manual to appropriate mangrove conservation and planting in the Mekong Delta"
(Viet Nam: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH)

IPCC (2019)

"IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama & N. M. Weyer (Eds.)"

IUCN(2017)

"Mangroves: nurseries for the world's seafood supply"

(<https://www.iucn.org/news/forests/201708/mangroves-nurseries-world%E2%80%99s-seafood-supply>)

Ismail, H., Abd Wahab, A. K., & Alias, N. E. (2012)

"Determination of mangrove forest performance in reducing tsunami run-up using physical models"

(Natural hazards, 63(2), 939-963.)

James A. Allen & Norman C. Duke (2006)

"Bruguiera gymnorrhiza (large-leafed mangrove) Rhizophoraceae (mangrove family), Species Profiles for Pacific Island Agroforestry www.traditionaltree.org, Ver 2.1"

JICA (2014)

"The Qurm Environmental Information Center Project Technical Document 1-5"

(JICA, Ides Inc., Appropriate Agriculture International Co., Ltd.)

JICA (2021)

「西バルカン地域国家森林火災情報システム（NFFIS）と Eco-DRR による

災害リスク削減のための能力強化プロジェクト業務完了報告書」

(JICA)

JICA & Directorate General of Reforestation and Land Rehabilitation, Ministry of Forestry. (1997)

"The manual for mangrove reforestation on nursery and silviculture (second draft) : seminar on the development of sustainable mangrove project, September 9th, 1997"

(JICA, Directorate General of Reforestation and Land Rehabilitation)

JICA 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 (JICA-RECA). (2015a)

「保全地域における荒廃地回復プロセス・ガイドラインー養殖地跡地のマングローブ生態系」

(JICA-RECA)

JICA 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 (JICA-RECA). (2015b)

「保全地域における荒廃地回復技術マニュアル - 熱帯山岳降雨林及び熱帯モンスーン林」

(JICA-RECA)

Jessica, M., & Mike, C. (2020)

"Mapping the Roots of Mangrove Loss. 2020"

(from <https://earthobservatory.nasa.gov/images/147142/mapping-the-roots-of-mangrove-loss>)

Kathiresan, K., & Rajendran, N. (2005)

"Coastal mangrove forests mitigated tsunami"

(Estuarine, Coastal and shelf science, 65(3), 601-606.)

Kongkeaw, C., Kittitornkool, J., Vandergeest, P., & Kittiwatanawong, K. (2019)

"Explaining success in community based mangrove management: Four coastal communities along the Andaman Sea, Thailand"

(Ocean and Coastal Management, 178, 104822.)

Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T. V., & Dech, S. (2011)

"Remote sensing of mangrove ecosystems: A review"

(Remote Sensing, 3(5), 878-928.)

-
- Labrado, G. R., Gutierrez, C. A., Coching, J. D., & Calanda, V. S. (2016)
"Proceedings of the 2nd National Mangrove Conference : science-based approaches"
(Philippines: Zoological Society of London)
- Lai, S., Loke, L. H. L., Hilton, M. J., Bouma, T. J., & Todd, P. A. (2015)
"The effects of urbanisation on coastal habitats and the potential for ecological engineering: a Singapore case study"
(*Ocean & Coastal Management*, 103, 78-85.)
- Lecerf, M., Herr, D., Thomas, T., Elverum, C., Delrieu, E., & Picourt, L. (2021)
"Coastal and marine ecosystems as Nature-based Solutions in new or updated Nationally Determined Contributions"
(Ocean & Climate Platform, Conservation International, IUCN, GIZ, Rare, The Nature Conservancy, WWF)
- Lee, S. Y., Hamilton, S., Barbier, E. B., Primavera, J., & Lewis, R. R. (2019)
"Better restoration policies are needed to conserve mangrove ecosystems"
(*Nature Ecology & Evolution*, 3(6), 870-872.)
- Lewis, R. R. I. (2005)
"Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests"
(*Ecological engineering*, 24(4), 403-418.)
- Macintosh, D. J., Ashton, E. C., & Havanon, S. (2002)
"Mangrove rehabilitation and intertidal biodiversity: a study in the Ranong mangrove ecosystem, Thailand"
(*Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(3), 331-345.)
- Mahmood, H., Saha, S., Saha, C., Hoque, M. M., & Faisal, A. M. (2020)
"Nursery Raising, Planting Techniques and Plantation Management of Coastal Area Friendly Climate Resilient Mangrove Species"
(Dhaka, Bangladesh: United Nations Development Programme)
- Malaysian Timber Council. (2009)
"TIMBER MALAYSIA (Vol. 15, pp. 28)"
(Kuala Lumpur, Malaysia)
- Maliao, R. J., & Polohan, B. B. (2008)
"Evaluating the impacts of mangrove rehabilitation in Cogtong Bay, Philippines"
(*Environmental Management*, 41(3), 414-424.)
- Mangrove Action Project (2006)
"Five Steps to the Successful Ecological Restoration of Mangroves"
(Yogyakarta, Indonesia: Mangrove Action Project, Yayasan Akar Rumput Laut)
- Marc Simard, Lola Fatoyinbo, Charlotte Smetanka, Victor H. Rivera-Monroy, Edward Castañeda-Moya, Nathan Thomas & Tom Van der Stocken (2019)
"Mangrove canopy height globally related to precipitation, temperature and cyclone frequency"
(*Nature Geoscience*, VOL 12 40, JANUARY 2019, 40-45.)
www.nature.com/naturegeoscience
- Matsui, N., Morimune, K., Meepol, W., & Chukwamdee, J. (2012)
"Ten year evaluation of carbon stock in mangrove plantation reforested from an abandoned shrimp pond"
(*Forests*, 3(2), 431-444.)
- Matsui, N., Okimori, Y., Takahashi, F., Matsumura, K., & Bamroongrugs, N. (2014)
"Nipa (*Nypa fruticans* Wurmb) Sap collection in Southern Thailand I. Sap production and farm management"
(*Environment and Natural Resources Research*, 4(4), 75.)

-
- Matsui, N., Songsangjinda, P., & Morimune, K. (2012)
"Mangrove rehabilitation on highly eroded coastal shorelines at Samut Sakhon, Thailand"
(International Journal of Ecology, 2012)
- Matsui, N., Suekuni, J., Nogami, M., Havanond, S., & Salikul, P. (2010)
"Mangrove rehabilitation dynamics and soil organic carbon changes as a result of full hydraulic restoration and re-grading of a previously intensively managed shrimp pond"
(Wetlands Ecology and Management, 18(2), 233-242.)
- Maza, M., Lara, J. L., & Losada, I. J. (2015)
"Tsunami wave interaction with mangrove forests: A 3-D numerical approach"
(Coastal Engineering, 98, 33-54.)
- Md. Masudur, R. (2016)
"Khalshi (*Aegiceras corniculatum*) - An important honey producing plant and its cultivation in the Sundarban of Bangladesh"
(Bangladesh: Bangladesh Forest Research Institute)
- Melana, D. M., Atchue, J. I., Yao, C. E., Edwards, R., Melana, E. E., & Gonzales, H. I. (2000)
"Mangrove management handbook"
(Cebu City, Philippines: Department of environment and Natural Resources, Manila, Philippines)
- Motamedi, S., Hashim, R., Zakaria, R., Song, K. I., & Sofawi, B. (2014)
"Long-term assessment of an innovative mangrove rehabilitation project: case study on Carey Island, Malaysia"
(The Scientific World Journal, 2014, 1-12.)
- NASA Earth Observatory
"Mapping the Roots of Mangrove Loss"
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/147142/mapping-the-roots-of-mangrove-loss>
(2022年3月15日閲覧)
- Nettel, A., & Dodd, R. S. (2007)
"Drifting propagules and receding swamps: genetic footprints of mangrove recolonization and dispersal along tropical coasts"
(Evolution; international journal of organic evolution, 61(4), 958-971.)
- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdes, L., DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (2009)
"Blue Carbon: A Rapid Response Assessment"
(Birkeland: United Nations Environmental Programme, GRID-Arendal, Birkeland Trykkeri AS)
- NGO/NPO Tuvalu Overview (2021)
"Mangrove Planting in Tuvalu Manual on Mangrove Planting Methods in Saltwater Environments: A Case Study in Tuvalu"
(Tokyo, JAPAN: NGO/NPO Tuvalu Overview)
- OISCA Thailand (2014)
"OISCA Thailand. Retrieved February, 2022"
(from <https://oiscathailand.wordpress.com/>)
- Okello, J., Lang, J., Tamooh, F., & Kairo, J. (2009)
Mangrove plantation experiments for controlling coastal erosion at Gazi Bay. In J. C. Hoorweg & N. Muthiga (Eds.)
"Advances in coastal ecology: people, processes and ecosystems in Kenya"
(Netherlands: African Studies Centre, Leiden)
- Orissa Forestry Sector Development Project (OFSD)
"Technical Manual for Restoration of Mangroves. In M. C. J. Dexter, K. B. Arun & M. G. Gogate (Eds.), (pp. 80): OFSD"
- Osland, M. J., Feher, L. C., Griffith, K. T., Cavanaugh, K. C., Enwright, N. M., Day, R. H., *et al.* (2016)
"Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests. 87(2), 341-359."

-
- Osti, R., Tanaka, S., & Tokioka, T. (2009)
"The importance of mangrove forest in tsunami disaster mitigation"
(Disasters, 33(2), 203-213.)
- Pekel, J. F., Belward, A., & Gorelick, N. (2017)
"Global Water Surface Dynamics: Toward a Near Real Time Monitoring Using Landsat and Sentinel Data"
(Paper presented at the American Geophysical Union(AGU), Fall Meeting 2017, New Orleans, Louisiana)
- Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., Ellison, J. C., *et al.* (2010)
"The loss of species: mangrove extinction risk and geographic areas of global concern"
(PloS one, 5(4), e10095.)
- Primavera, J. H., Dela Cruz, M., Montilijao, C., Consunji, H., Dela Paz, M., Rollon, R. N., *et al.* (2016)
"Preliminary assessment of post-Haiyan mangrove damage and short-term recovery in Eastern Samar, central Philippines"
(Marine Pollution Bulletin, 109(2), 744-750.)
- Primavera, J. H., Savaris, J. P., Bajoyo, B., Coching, J. D., Curnick, D. J., Golbeque, R., *et al.* (2012a)
"Manual on Community-based Mangrove Rehabilitation -Mangrove Manual Series (Vol. 1)"
(London, UK: Zoological Society of London)
- Primavera, J. H., Savaris, J. P., Bajoyo, B. E., Coching, J. D., Curnick, D. J., Golbeque, R. L., *et al.* (2012b)
"Community-based mangrove rehabilitation - Training Manual"
(London, UK: Zoological Society of London- Philippines)
- Primavera, J. H., Savaris, J. P., Loma, R. J. A., Coching, D. J., & Montilijao, C. L. (2015)
"Manual for trainers : mangrove and beach forest rehabilitation and conservation -Mangrove manual series (Vol. 3)"
(London: Zoological Society of London)
- Primavera, J. H., Yap, W. G., Savaris, J. P., Loma, R. J. A., Moscoso, A. D. E., Coching, J. D., *et al.* (2013)
"Manual on Mangrove Reversion of Abandoned and Illegal Brackishwater Fishponds -Mangrove Manual Series (Vol. 2)"
(London, UK: Zoological Society of London)
- Pérez Ceballos, R., Zaldívar Jiménez, A., Canales Delgadillo, J., López Adame, H., López Portillo, J., & Merino Ibarra, M. (2020)
"Determining hydrological flow paths to enhance restoration in impaired mangrove wetlands"
(PLoS One, 15(1), e0227665.)
- Rahman, M. M., Zimmer, M., Ahmed, I., Donato, D., Kanzaki, M., & Xu, M. (2021)
"Co-benefits of protecting mangroves for biodiversity conservation and carbon storage"
(Nature communications, 12(1), 1-9.)
- Rana, B. C. (1998)
"Damaged ecosystems and restoration"
(Singapore: World Scientific eBooks)
- Ravishankar, T., & Ramasubramanian, R. (2004)
"Manual on mangrove nursery raising techniques"
(Chennai, India)
- Richards, D. R., & Friess, D. A. (2016)
"Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012"
(Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113(2), 344-349.)
- Sani bin Shaffie, A. (2007)
"The management of Matang mangrove forest, Perak, Malaysia"
(Paper presented at the The Matang Experience and Case Studies, UNEP-GEF South China Sea Project, Malaysia)

Sari, S. P., & Rosalina, D. (2016)

"Mapping and monitoring of mangrove density changes on tin mining area"
(Procedia Environmental Sciences, 33, 436-442.)

Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M., *et al.* (2005)

"A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger"
(Wetlands, 25(3), 776-779.)

Siddiqi, N. A., Islam, M. R., Khan, M. A. S., & Shahidullah, M. (1993)

"Mangrove nurseries in Bangladesh"
(Okinawa, Japan: International Society for Mangrove Ecosystems)

Sidik, A. S. (2010)

"The changes of mangrove ecosystem in the Mahakam delta, Indonesia: a complex social-environmental pattern of linkages in resource utilization"
(Borneo Research Journal, 4, 27-46.)

Singh, J. K. (2020)

"Structural characteristics of mangrove forest in different coastal habitats of Gulf of Khambhat arid region of Gujarat, west coast of India"
(Heliyon, 6(8), e04685.)

Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010)

"World atlas of mangroves (1 ed.)"
(New York, USA: Routledge)

Spalding, M., & Leal, M. (2021)

"The State of the Worlds Mangroves 2021"
(Global Mangrove Alliance)

Spalding, M., Mcivor, A., Tonneijck, F. H., Tol, S., & Van Eijk, P. (2014)

"Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers"
(Wetlands International and The Nature Conservancy)

Spalding, M. & Paret (2019)

"Global patterns in mangrove recreation and tourism"
(Marine Policy, Volume 110)

Spalding, M., Wood, L., Fitzgerald, C., & Gjerde, K. (2010)

The 10% target: where do we stand? In C. Toropova, I. Meliane, D. Laffoley, E. Matthews & M. Spalding (Eds.)
"Global ocean protection: Present status and future possibilities (Vol. 96, pp. 25-39)"
(IUCN, Gland, Switzerland, The Nature Conservancy, Arlington, USA, UNEP-WCMC, Cambridge, UK, UNEP, Nairobi, Kenya, UNU-IAS, Tokyo, Japan, Agence des aires marines protégées, Brest, France)

Strusińska-Correia, A. (2013)

"Tsunami damping by mangrove forest: a laboratory study using parameterized trees"
(Natural hazards and earth system sciences, 13(2), 483-503.)

Suratman, M. N. (2008)

Carbon sequestration potential of mangroves in Southeast Asia. In F. Bravo, R. Jandl, V. LeMay & K. von Gadow (Eds.)
"Managing Forest Ecosystems: The Challenge of Climate Change"
(Managing Forest Ecosystems, 17, 297-315. Springer (Dordrecht))

Syahid, L. N., Sakti, A. D., Virtriana, R., Wikantika, K., Windupranata, W., Tsuyuki, S., *et al.* (2020)

"Determining optimal location for mangrove planting using remote sensing and climate model projection in Southeast Asia"
(Remote Sensing, 12(22), 3734.)

-
- Tamunaidu, P., Matsui, N., Okimori, Y., & Saka, S. (2013)
"Nipa (*Nypa fruticans*) sap as a potential feedstock for ethanol production"
(biomass and bioenergy, 52, 96-102.)
- Tanee, F. B. G., & Gbaa, D. N. (2021)
"A training manual on mangrove restoration in coastal communities of the Niger Delta, Nigeria"
(Nigeria: Mobility Concepts)
- Tangah, J., Bajau, F. E., Jilimin, W., Baba, S., Chan, H. T., & Kezuka, M. (2015)
Rehabilitation of Mangroves in Sabah The SFD-ISME Collaboration (2011-2014)
(Sabah Forestry Department, International Society for Mangrove Ecosystems and Tokio Marine & Nichido Fire Insurance Co., Ltd)
- Tangah, J., Chung, A. Y. C., Baba, S., Chan, H. T., & Kezuka, M. (2020)
Rehabilitation of mangroves in SABAH: The SFD-ISME collaboration (2014-2019)
(Sabah Forestry Department, International Society for Mangrove Ecosystems, and Tokio Marine & Nichido Fire Insurance Co., Ltd)
- Taniguchi, K., Takashima, S., Suko, O., & Development of Sustainable Mangrove Management Project. (1999)
"The silviculture manual for mangroves: in Bali & Lombok"
(Ministry of Forestry and Estate Crops, Indonesia and Japan International Cooperation Agency(JICA))
- Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J. A., Arceo-Carranza, D., Robles-Toral, P. J., Sierra-Oramas, D., Us-Balam, H. G., *et al.* (2021)
"Manual for the ecological restoration of mangroves in the Mesoamerican Reef System and the Wider Caribbean"
(Guatemala City, Guatemala: Integrated Ridge-to-Reef Management of the Mesoamerican Reef Ecoregion Project - MAR2R, UNEP-Cartagena Convention, Mesoamerican Reef Fund)
- The GEF Small Grants Programme the Gambia
"A "How-to-do toolkit" on mangrove restoration"
(Gambia: Global Environment Facility, The GEF Small Grants Programme)
- Thinh, P. T., Thoi, H., Manh, T. H., Hai, L. T., & Schmitt, K. (2009)
"Tool Box for mangrove rehabilitation and management"
(Soc Trang, Viet Nam: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Management of Natural Resources in the Coastal Zone of Soc Trang Province)
- Thoi, H. V., & Thinh, P. T. (2010)
"Mangrove Nursery Manual"
(Soc Trang, Viet Nam: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Management of Natural Resources in the Coastal Zone of Soc Trang Province)
- Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A., & Simard, M. (2017)
"Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010"
(PloS one, 12(6), e0179302.)
- Tomlinson, P. B. (1986)
"The botany of mangroves"
(New York, USA: Cambridge University Press)
- Tsuruda, K. (2013)
"Silviculture manual for mangrove restoration in the Yucatan peninsula, Mexico"
(ISME Mangrove Ecosystems Occasional Papers, 4, 23-34.)
- UNEP-Nairobi Convention/USAID/WIOMSA (2020)
"Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region (pp. 71)"
(UNEP Nairobi)
- United Republic of Tanzania (2014)
"Fifth National Report on the Implementation of the Convention on Biological Diversity"

Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001)

"Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments"

(Bioscience, 51(10), 807-815.)

Van Loon, A. F., Te Brake, B., Van Huijgevoort, M. H. J., & Dijkema, R. (2016)

"Hydrological classification, a practical tool for mangrove restoration"

(PLoS One, 11(3), e0150302.)

Watson, J. G. (1928)

"Mangrove forests of the Malay Peninsula (Vol. 6)"

(Singapore: Fraser & Neave)

Wells, S., Ravilious, C., Corcoran, E., & UNEP-WCMC (2006)

"In the front line : shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs (Vol. 24)"

(Cambridge, UK: UNEP World Conservation Monitoring Centre)

Wim, G., Stepha, W., Max, Z., & Liesbeth, S. (2006)

"Mangrove guidebook for southeast Asia"

(Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific)

Woodroffe, C. (1992)

Mangrove Sediments and Geomorphology. In A. I. Robertson & D. M. Alongi (Eds.)

"Tropical Mangrove Ecosystems (Vol. 41, pp. 7-41)"

(Washington, DC.: Wiley Online Library)

World Fish Center (2012)

"A guide to mangrove rehabilitation in Solomon Islands"

(Solomon Islands: World Fish Center)

Worthington, T. A., Zu Ermgassen, P. S. E., Friess, D. A., Krauss, K. W., Lovelock, C. E., Thorley, J., *et al.* (2010)

"A global biophysical typology of mangroves and its relevance for ecosystem structure and deforestation"

(Scientific Reports, 10, 14652.)

Yando, E. S., Sloey, T. M., Dahdouh-Guebas, F., Rogers, K., Abuchahla, G. M. O., Cannicci, S., *et al.* (2021)

"Conceptualizing ecosystem degradation using mangrove forests as a model system"

(Biological Conservation, 263, 109355.)

Yang, S., Lim, R., Sheue, C., & Yong, J. (2011)

"The current status of mangrove forests in Singapore"

(Paper presented at the Nature Conservation for a Sustainable Singapore, Singapore)

Zhang, K., Liu, H., Li, Y., Xu, H., Shen, J., Rhome, J., *et al.* (2012)

"The role of mangroves in attenuating storm surges"

(Estuarine, coastal and shelf science, 102-103, 11-23.)

中村 武久 , & 中須賀 常雄 (1998)

「マングローブ入門—海に生える緑の森」

(東京 : めこん)

加藤 茂 (2016)

「亜熱帯・熱帯沿岸生態系と地球環境—塩の好きな植物マングローブが持つカー」

(Paper presented at the ソルト・サイエンス・シンポジウム 2016, 東京)

古川 恵太 (2018)

「マングローブ根系と流れの相互作用」

(Mangrove Science, 10, 3-19.)

向後 元彦 (1988)

「緑の冒険：沙漠にマングローブを育てる」

(東京：岩波書店)

大久保 泰邦, 風間 裕介, 六川 修一, & 津 宏治 (2004)

「タイのエビ養殖場跡で何が起きているか？」

(地質ニュース (595), 19-22.)

東京海上日動

"Mangrove world"

(Retrieved February, 2022, from <https://www.tokiomarine-nichido.co.jp/world/mangrove/>)

沖縄県環境生活部自然保護課 (2016)

「マングローブ植栽指針」

(Retrieved from https://www.pref.okinawa.jp/site/kankyo/shizen/documents/mangurobu_syokusai_shishin.pdf)

田村 正行 (2016)

「マングローブ林の面積変化を衛星画像で観る」

(日本リモートセンシング学会誌, 36(4), 407-409.)

皆川 恵 (2000)

「東南アジアにおけるマングローブに優しい養殖技術開発研究の現状」

(国立研究開発法人水産研究・教育機構)

馬場 繁幸 (2004)

「マングローブ生態系の現状と課題」

(熱帯農業, 48(5), 281-284.)

馬場 繁幸, & 志茂 守孝 (1993)

「マングローブと沖縄」

(沖縄農業, 28(1), 46-57.)

馬場 繁幸, & 北村 昌三 (1999)

「マングローブ植林のための基礎知識 - マングローブ林再生のために」

(国際緑化推進センター, 東京)