

7章 マングローブ保全・再生のための留意点

2章で紹介したように、近年の急速な開発や土地利用の転換によって膨大なマングローブが喪失しました。2000年以降に喪失したマングローブの60%は人為活動によるものであり、そのうちの47%は海産物養殖や農業のための土地利用の転換に起因しています（Spalding & Lean 2021）。マングローブの劣化・喪失は沿岸域における防風・防潮や海岸浸食防止、景観保護、木材・水産資源の提供、炭素隔離などの様々な多面的機能を低下させ、沿岸域で生活する人々の生活に悪影響を与える状況となっています。

こうした事態を背景に、世界各地でマングローブの保全・再生が積極的に取り組まれています（4章参照）。気候変動に伴う海面上昇によりマングローブの分布域縮小・消滅や内陸側への後退が予測される（藤本ら 1989）現在、それぞれの国や場所におけるマングローブの樹種ごとの生育適地や特性を理解して、マングローブの保全・再生を図り、多面的機能を回復していくことが肝要です。既往の研究成果によると、植林する際には、1)生育適地の判定、2)採種法および採種適期、3)育苗、4)植栽の4点について、適切な時期に、適切な方法で行われることがマングローブの保全・再生の鍵となるとされています（国際マングローブ生態系協会 1998、国際緑化推進センター 2022など）。

【生育適地の目安】

マングローブの生育適地は地盤高や潮汐環境により規定されます。波浪の影響が弱い、平均海水面から最高高潮位までの干潟がマングローブの生育立地です（図7-1）。

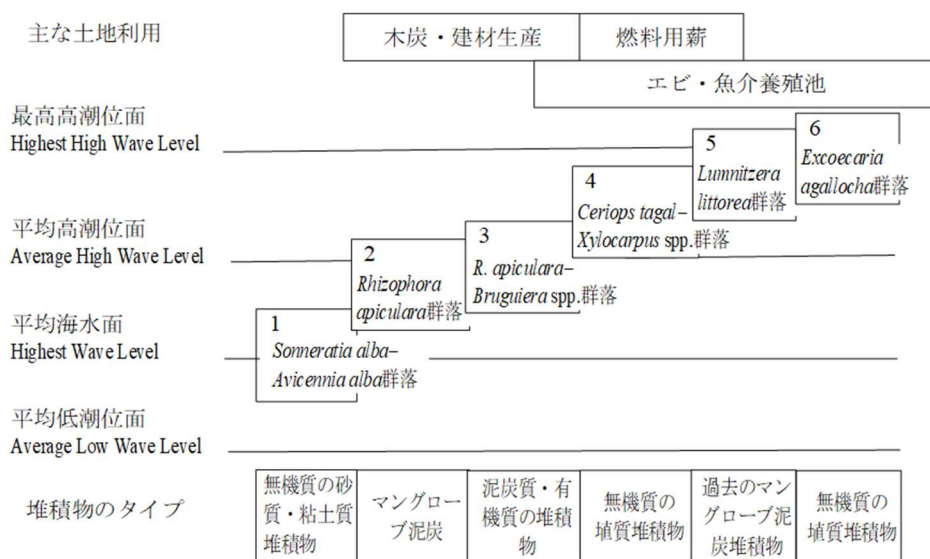


図7-1. 東南アジアにおけるマングローブ群落の垂直分布と潮位・地盤高、堆積物、および主な土地利用との関係（Mochida et al. 1999、宮城ら2003を引用・改変）

樹種により生育適地の立地条件は異なるため、しばしば樹種ごとに帯状分布を示します。沖縄県西表島では、汀線付近の海岸前縁には*Avicennia*や*Sonneratia*が優占し、それらの後背地や河川沿いには*Kandelia*や*Rhizophora*が優占し、さらに内陸側の地盤高が上がったところには*Bruguiera*が優占することが多いとされています（馬場・北村 1999）。地盤高とマングローブ群落の垂直分布の関係（図7-1）からも分かるように、生育適地の立地条件は樹種ごとに異なります。一方で、生育適地の立地条件は許容範囲が広く、また国や地域によってマングローブ生息域の

堆積状況（地盤高や土性）も潮汐環境（潮位、潮差、冠水頻度、冠水時間）も大きく異なることから、どの国、どの地域にも当てはまるマングローブの適地条件は未だ明らかではありません。図7-1のようなマングローブの植生分布と潮位や地盤高の関係は、実際にマングローブ植林を行う上で参考となる非常に重要な情報ですが、実際には植栽予定地によって植栽可能な樹種、入手可能な樹種が限られ、潮位周期や雨季・乾季で塩分濃度も大きく異なることから、予備的な植栽試験を行い、その地域における生育適地の条件を吟味し本格的な植栽に移行するのが肝要です。なお、マングローブの定着・生育への最大の阻害要因は、波による物理的作用です。具体的には波による苗木の流亡や損傷、地盤の浸食、土砂堆積による苗木埋没です。そのため、沿岸域荒廃地でのマングローブ植林の際には事前の地盤環境や潮汐動向の把握が重要です（国際緑化推進センター 2022）。

【適切な採種法、採種適期および種子の取り扱い】

マングローブを植栽し、着実にマングローブの再生を進めるためには、植栽のための健全な実生苗や胎生種子の確保、さらには確実に実生苗を得るための採種、および採種後の種子の取り扱いが鍵となります。マングローブは種によって胎生種子を作るものと作らないものがあります（図7-2）。胎生種子とそれ以外の種子では取り扱いが異なるので注意が必要です。



図7-2. 種々のマングローブ果実と胎生種子

○採種①～胎生種子の場合

前章で紹介したように、一部のマングローブ（ヒルギ科の*Bruguiera*、*Rhizophora*、*Kandelia*などとヤシ科の*Nypa*）は胎生種子を生産します。一度にたくさんの胎生種子を採種するには、十分に成長し地上に落下した胎生種子を拾うより、母樹に付いている胎生種子を採種の方が効率的です。その際は、果実から胎生種子を無理に取り外すのではなく、乾燥しないよう水を入れたバケツ中で採種した胎生種子の下端1/3～1/2程度を水に浸し、自然に果実と胎生種子が離れるのを待つのが良いとされています（馬場・北村 1999）。

なお、胎生種子の採種適期はそれぞれの樹種や国・地域の気候条件によって異なります。国際マングローブ生態系協会（1998）の報告によると、例えば、沖縄において*Bruguiera*、*Rhizophora*、*Kandelia*の胎生種子の採種時期は、それぞれ2～4月、3～5月、7～8月、西表島の*Avicennia*では9～11月と、日本国内でも樹種により採種適期が異なっています。また、*R. apiculata*の胎生種子

の成熟時期（採種適期）を地域別にまとめてみました（表7-1）。以上のように、樹種や地域ごとに胎生種子の採種適期が異なるので、それぞれの植栽予定地での適切な方法、採種時期の検討のために、事前の予備調査を行うと良いでしょう。

表7-1. *R. apiculata*の花芽形成、開花、胎生種子の成熟時期等の地域間比較

（馬場・北村 1999より引用・改変）

地域名（国名）	雨季	花芽の発達	開花時期	胎生種子の成熟時期	花芽形成～胎生種子落果の期間	開花～完熟の期間
プーケット（タイ）	4～11月	8～11月	12～4月	1～7月	34～35ヶ月	4～6ヶ月
ラノン（タイ）	—	ほぼ周年	10～2月	4～6月	32ヶ月	5.3ヶ月
クラン（マレーシア）	—	周年	周年	7～9月	32～33ヶ月	6～7ヶ月
ヒンチンブルック島（オーストラリア）	1～5月	8～9月	1～4月	1～4月	27～31ヶ月	9～10ヶ月
ハルマヘラ島（インドネシア）	—	—	—	—	42ヶ月	9.8ヶ月
バリ島（インドネシア）	12～4月	周年	周年	12～3月が最盛期	23ヶ月	5.7ヶ月

○採種②～胎生種子以外の場合

マングローブのうち、*Sonneratia*や*Lumnitzera*、アオイ科サキシマスオウノキ属（*Heritiera*）などは胎生種子をつけません。*Avicennia*や*Aegiceras*などは母樹上で少しだけ幼根と幼芽（胚軸）を成長させて、母樹から離脱する小型の半胎生種子を生産します。前述した大型の胎生種子を生産する樹種では、胎生種子そのものを実生苗として扱うことができるので、胎生種子を植栽地に直挿して植え付けることができますが、胎生種子をつけない樹種では種子（半胎生種子）が小さいため、植栽に当たっては実生苗を育苗し、それを植栽地に植栽する、という手順が必要となります。以下に、いくつかの樹種の種子について紹介します。

*S. alba*の果実は成熟すると母樹からすぐに離脱してしまうので、母樹から完熟した果実を採取することは難しいとされます。完熟した果実は柔らかくなっており、落果すると果実内の小さな種子は波で流されてしまうため、野外での大量採種は困難を極めます。一方で未成熟な果実から種子を取り出すことは難しいことも分かっています。そのため、*S. alba*の採種では、未成熟の果実を母樹より採取し、それらをバナナなどの果実と共存させて追熟を促進することによって効率的な採種が可能となります。

付随的なマングローブ構成種であるサキシマスオウノキ（*H. littoralis*）の種子は大型で、果実の種皮は水をはじくので水に浮きます。果実はそのまま苗床に播種することもできますが、発芽には長い時間がかかるので、発芽を誘引するためには果実の中の種子を傷めぬよう果皮の一部を切り取って播種をすると良いでしょう。

*Avicennia*の採種時期は、西表島では9～11月、インドネシア・バリ島では11～3月とされています。西表島は*Avicennia*の分布北限であるため、果実の大きさは18～28 mm程度で、熱帯のものよりややサイズが小さいですが、採種にあたってはできるだけ大きく、黄緑色から黄色っぽく変色し、成熟したもの（そのようなものは種子に触るだけで簡単に落果します）を集めることが肝要です。サイズの小さなものでも播種後数日以内には発根すると言われています。*Avicennia*について、採種後の種子の取り扱いで最も留意すべきは、採種後できるだけ早く種子から果皮を取り除くことです（馬場・北村 1999、国際マングローブ生態系協会 1998）。*Avicennia*には種皮はなく、

種子の外側を覆っているのは果皮です。*Avicennia*の果皮は腐敗の進行が早いため、果皮が付いた状態で置いておくと子葉も腐敗してしまうため、果皮が付いたまま種子を保存することは望ましくありません。*Avicennia*の種子を沢山集めてきたら果皮を無理に取らずに、まずはバケツに半分くらいまで種子をいれ、それに淡水（川の水か水道水、井戸水など）をいっぱいまで満たし、一晩ほど放置して下さい。次の日にはほとんどの種子の果皮が自然に剥皮しています。剥皮した果皮と種子をそのままバケツに一緒に入れっぱなしにすると、子葉が腐敗してしまうので、剥皮後は速やかに取り分けることが望ましいです。剥皮した種子は、苗床かポットに播種し、育苗しましょう。播種後の灌水には海水より淡水の方が発根率、発芽率が良い傾向にあります（馬場・北村 1999）。

○採種後の種子の取り扱い

採種後の胎生種子を、採ったその日に植え付けない場合には、バケツに胎生種子の下1/3が水に浸かるようにしておいてください。このとき、バケツに直接日が当たらないように、日陰に置いておくようにしましょう。日なたにおいておくと、バケツの水が温められて、胎生種子が茹だってしまい、枯死してしまいますので、注意しましょう。

一方で、マングローブの種子も果実も、冷蔵庫では保管しないようにしましょう。多くのマングローブの胎生種子は10～15℃以下になると茶色くなって枯れてしまいます。1～2週間程度胎生種子を保存する場合には、バケツに胎生種子の下1/3くらいが水に浸かる状態で、風通しの良い、日の光が直接当たらない場所で保管すると良いようです。

【苗畑における育苗】

Tomlinson（1986）の分類によると、世界には110樹種以上のマングローブが分布するとされていますが、育苗技術が確立されているのはそれらのごく一部の樹種や限定された地域のみです。それは樹種ごとに適地の条件が違ったり、地域ごとに潮位や地盤高、冠水頻度、土壌、気温、降水量、塩分濃度などの環境が異なったりするためです。マングローブを育苗する必要性が生じた際には、植栽を予定している地域で育苗技術が確立されている樹種を確認し、それらに準ずるのが良いでしょう。以下では、既往の報告（馬場・北村 1999, 国際協力機構 2015）を参考に、育苗のための苗畑を整備、管理する上での一般的な留意事項について紹介します。

苗畑では潮汐を利用して自然灌水で育苗する場合が多い（図7-3）ので、平均海水面よりも若干低い地盤高に合わせて地盤を均し、苗畑を設定します。干潮時に苗床に海水が停滞しないよう留意します。海水が停滞すると、日射により塩分濃縮や水温上昇が起こり、根系傷害や苗の枯死を誘引する恐れがあります。必要に応じて排水溝を苗床の周囲に設置し、排水性を確保すると良いでしょう。潮汐差が大きい地域では、満潮・干潮時の海水の流入出によって苗や地盤が流亡することがないように、海水の流入口からの距離に配慮したり、竹柵の設置により水流を減衰させたりする必要があります。乾季で降雨がなく日中の気温がかなり上昇するような立地や、干潮時に地温が高くなりすぎる立地に設定した苗畑では、遮光ネットやニッパヤシの葉を編んだもので遮光を行うと、極端な地温上昇が緩和され、日焼けによる傷害を避けることができます。なお、50%以上の強度の遮光を行った場合には、植栽前に被陰を解いて馴化させた上で苗の山出しを行うことを推奨します。ポット苗用の用土は、特定の土を用意する必要は無く、苗畑近隣の土でも砂でも良いとされています。作業性や経費節約の観点から、苗畑近くの容易に入手できる土を用いるのが良いでしょう。



図7-3. 実生苗生産のための苗畑のようす

【植栽】

マングローブの植栽では、胎生種子の収集が容易で苗木の数を揃え易く、また苗木の取り扱いも比較的容易なヒルギ科などのマングローブ実生苗ばかりを選んで植栽してしまい、結果として同一樹種による単純林となってしまうまいよう、留意することが肝要です。植栽樹種は、植栽予定地の近隣に残っているマングローブの樹種構成を参考に植栽樹種を選びましょう。また、植栽する場所についても、残っているマングローブの地盤高と樹種構成の関係性を参考にし、残存している樹種と同様な地盤高で、同様な潮汐環境の立地環境を見極めて、どこにどの樹種を植えるか注意深く検討し、決定するのが良いでしょう。

参考までに、表7-2に植栽に用いる苗木の植栽方法とその留意点について、苗木の種類別に整理しました。

表7-2. 植栽に用いる苗木の種類別の植栽方法とその留意点

苗木の種類	植栽方法	植栽上の留意点
胎生種子	直挿し	○基本的には苗畑での育苗を必要ではなく、胎生種子を直接植栽箇所に直挿しして植え付けることができる。 ○採種した胎生種子をすぐに植えない場合は、日なたに放置しないようにし、風通しの良い日陰に置き、日焼けを防止する。 ○土が柔らかな場合は胎生種子をそのまま土の中に挿し付ける。 ○土が硬い場合には胎生種子を傷めぬよう、ガイド棒により穴を作ってその穴に挿し込む。穴のサイズは胎生種子の直径よりやや小さいと良い。 ○潮の流れによって流されぬ深さ、すなわち胎生種子の全長の下1/3程度が埋まる深さまで挿し付けると良い。 ○オオバヒルギのように長さが80cmもあるような長い胎生種子を植える場合には、竹などの杭を立て、それに胎生種子を麻紐などで結わえ、潮や風で倒れないように工夫する。
実生苗	植え穴	○ポットの大きさと同じ大きさの植え穴で植え付けする。 ○植え穴が浅すぎると植栽した苗が倒伏、流失するので、ポット苗の寝際と地面の高さは同じになるように調整する。 ○ポット苗を植える際は、必ずポットを取り外す。ポットのまま植え付けると、根が伸びられずに生育不良になるので、注意する。 ○ポットを外す際は、ポット内の用土を崩さないこと。また、ポットから出ている根を損傷しないように注意する。 ○取り除いたポットのビニル袋はその場に放置せず持ち帰る。放置ビニルが波に流され、植えた苗に巻き付き、苗を損傷する恐れがあるためである。
自然定着の苗		○漂着し、定着した苗の密度が高い場合には、間引きする。

植栽後に植栽した苗の生育や生存に影響を与える要因として、漂着物やフジツボの付着、カイガラムシの発生、カニや水牛による食害、潮汐や波浪による地盤や苗そのものの流失などがあります。対策としては、定期的な巡視による付着物などの除去、倒伏苗の植え直し、枯死した苗の補植、防風・防潮のための竹柵の設置などが考えられます。

【気候変動進行下におけるマングローブの保全・修復植林】

地球規模での気候変動により世界の平均海面水位は急速に上昇しています。1902～2010年の間に世界の海面水位は0.16 m上昇し、2006～2015年の海面上昇速度は3.6 mm/年との報告がされています(IPCC 2021)。近年の海面上昇速度は直近100年間では例のない早さです。

既往研究において、地形学および地質学的手法によって試算されたマングローブ泥炭の堆積速度の上限値は1～5 mm/年以下と報告されています(Fujimoto et al.2023)。マングローブは潮間帯上部にのみ生育可能な生態系であるため、これらの地盤堆積速度を海面上昇速度が上回る場合、マングローブは生存の危機に曝されることとなります。すなわち、近年の急激な海面上昇に対してマングローブは生存の限界に近付きつつあることが指摘できるでしょう。

一方で、*R. stylosa*は高い細根生産能力を持つことが知られています(例えば、Noguchi et al. 2020, Ono et al. 2022他)(図7-4)。その高い細根生産能力によって自らマングローブ泥炭を生産・蓄積することで*R. stylosa*は地盤高を上昇させ海面上昇に対して生息域を維持しています(Fujimoto et al. 2023)。こうしたことを背景に、“海面上昇速度が5mm/年程度であれば*R. stylosa*はその生息地を維持できる可能性が高い”との指摘もあります(Fujimoto et al. 2024)。また、最近の研究では、タコ足上の根(支柱根)を特徴とする*R. stylosa*は、*Sonneratia*のマングローブより風や波に対する抵抗性が高く、根ごとひっくり返って倒れる「根返り」を起こしにくいとも言われています(Ono et al. 2024)。

気候変動による海面上昇や大型台風による災害リスクが高まる中、マングローブを活用して沿岸部での防災・減災対策を講ずる際には、こうしたマングローブの樹種特性を参考にしながら、植栽すべき樹種の選択や植栽樹種の配置方法などを検討していくと良いでしょう。例えば、伐採や台風による倒木で裸地となった箇所で波や風の影響を受けやすい海岸前縁部には、*Rhizophora*を積極的に植栽し、*Sonneratia*をその後背に植栽するなど、植栽方法を工夫すると良いのかも知れません。

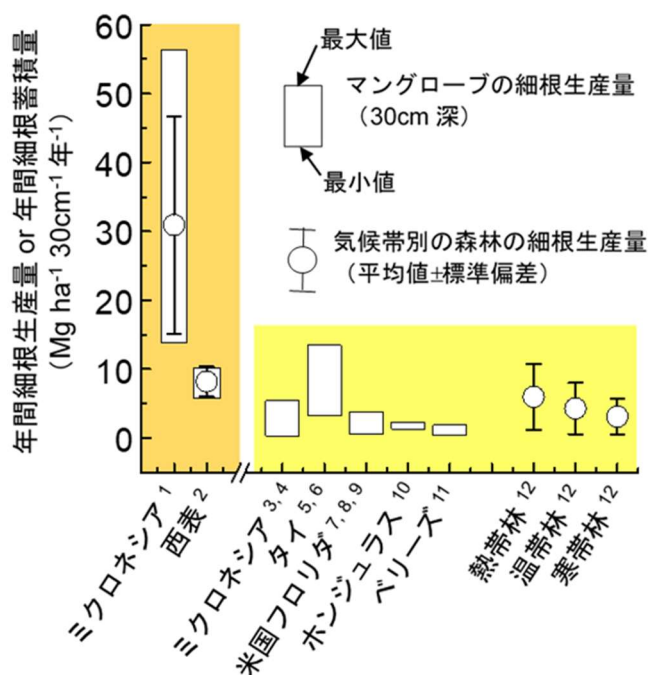


図 7-4: マングローブの年間細根生産量 (または細根蓄積量) ($\text{Mg ha}^{-1} 30\text{cm}^{-1} \text{年}^{-1}$) とマングローブ以外の森林生態系の年間細根生産量 ($\text{Mg ha}^{-1} \text{年}^{-1}$)

著者らの結果

¹Ono et al. (2022), ²Fujimoto et al. (2023)

既往研究の報告値

³Cormier et al. (2015), ⁴Gleason and Ewel (2002), ⁵Noguchi et al. (2020), ⁶Poungpam et al. (2016), ⁷Castaneda (2010), ⁸Castañeda-Moya et al. (2011), ⁹Sanchez (2005), ¹⁰Cahoon et al. (2003), ¹¹McKee et al. (2007), ¹²Finér et al. (2011)