

ミチゲーションとしてのマングローブ移植とその生長過程

田中ゆう子*・田谷全康*・小島 洋**
有田恵次***・矢内栄二****

1. はじめに

我が国では、沿岸海域の貴重な生態系が減少しており、多様な生物の生息場の修復や新たな創出等がさまざまな研究されている。近年、減少傾向にあるマングローブ域は多様な動植物を育む貴重な環境であり、その新たな創出に関心が高まっている。

マングローブ域は陸域と海域との接点に位置し、土地の形状や淡水と海水のバランス、潮の干満など複雑な要素が絡み合っており、特異な生態系をつくっている。陸域からの養分が流れ込むマングローブの林床は多様な海洋生物の餌場となり、その独特な形状の根が隠れ場や産卵場になっている。マングローブ域における外力の物理過程は、中辻ら (1997) がクリーク (水路) とスワンプ (低平湿地) をそれぞれ 3 次元、2 次元で評価して結合するモデルを、浅野ら (1995) がクリークとスワンプを一体とした一次元モデルを研究している。また、マングローブの移植は各地で行われており、NGO 等がマングローブ林の生態系の再生技術や種子の保存、植林技術などの普及を積極的に進めている。しかし、現在確立されている植林技術は樹種に限られるため、今後一層、多くの種の植林技術が求められると予想されている。さらに、同じ種であっても生育場所によって遺伝的には同一系統ではない場合があり、個体群の遺伝的構造に悪影響を与えないよう、植林する場所や樹種の選定にあたっては十分な配慮が必要であるという指摘がある。

シンガポール共和国の環境省は、セマカウ島の焼却灰処分場の建設工事に伴い失われるマングローブ林と同じ面積 (約 13 ha) のマングローブの移植を計画した。その背景には、既存の処分場が 1999 年に閉鎖されること、アジア太平洋地域では伐採によるマングローブ林の減少が進み、湿地を消失させ、土壌を劣化させていることなどの深刻な状況があった。

本研究では新たなマングローブ域の創出技術の確立に向けたデータ蓄積を目的として、シンガポール共和国に

おけるミチゲーションとしてのマングローブ移植の成果について報告する。

2. セマカウ島の概要

(1) セマカウ島の位置

セマカウ島はシンガポール本島の南の沖合い約 8 km に位置しており、ほぼ全域がマングローブ林で覆われている (図-1)。

(2) 工事概要

本事業は、シンガポール本島から南に約 8 km のセマカウ島とセキン島間の海域 350 ha を護岸で囲み、本島内のゴミ処理施設で焼却処理された灰の最終処分場とするものである。今後、30 年以上にわたり焼却灰を受入れる計画である。図-2 に事業の全体図を示す。護岸は石積護岸であり、処分場側は粘土とシートにて遮水処置が施されている。同事業は、工事のために消失する 13 ha マングローブ林のミチゲーションとして、同面積のマングローブ林を新たに造成するものである。移植地は北地区 (約 5.8 ha) と南地区 (約 7.2 ha) の 2 か所に分けられ、その背後には埋立地に含まれない既存のマングローブ林がそのまま保存される。

(3) 自然条件

シンガポールは高温多湿の熱帯雨林気候であり、11 月から 2 月の雨期には北東の偏西風が吹き、気温が低下する。シンガポールにおける月別平均気温は 25.7℃～27.4℃で年平均が 26.7℃である。一日に 1 回スコールがあり、月別平均降水量は 144.2 mm～329.7 mm で年間降



図-1 セマカウ島の位置

* 東亜建設工業(株)環境部
** 正会員 東亜建設工業(株)環境部
*** 東亜建設工業(株)国際事業部
**** 正会員 工博 東亜建設工業(株)土木本部設計部

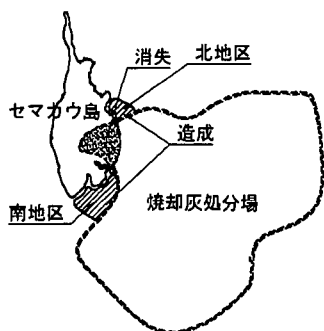


図-2 焼却灰処分場の位置

水量は 2171.5 mm である。移植を開始した 1996 年(図-3) から 1999 年までの年平均気温はいずれも平年を上回り、とくに 1997 年と 1998 年はそれぞれ 28.0°C, 28.1°C と高かった。また、1996 年から 1999 年まで年間降水量はいずれも多く、平年値の約 1.5~2.7 倍に相当し、最も多かったのは 1998 年の 5855 mm であった(図-4)。

移植地付近における潮位は、MHWS が +2.800 m, MLWS が +0.500 m である。また、有義波高および周期を図-5 に示す。有義波高は 0.35 m 以下、周期は 3~6 s 程度であり、年間を通して静穏な海域であると言える。

3. 事前調査

(1) 調査概要

マングロープ移植に先立ち、埋立てにより消滅する既存のマングロープ林の植物相を 1995 年の 5 月~7 月に調査した。調査対象地は、その物理的条件や植物相から

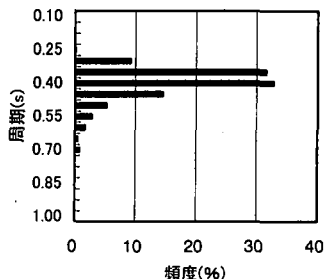
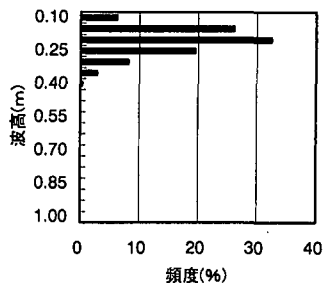


図-5 移植地付近の有義波高と周期

大きく 4 つの地区に分けた(図-6)。

(2) 調査結果

各地区の植物相の特徴を表-1 に示す。4 つの地区のうち地区 1 は干潟になっており、低木がまばらに分布していた。地区 1~地区 3 はともに *Rhizophora apiculata* (和名フタバナヒルギ) が優占種で、その他の構成種にも

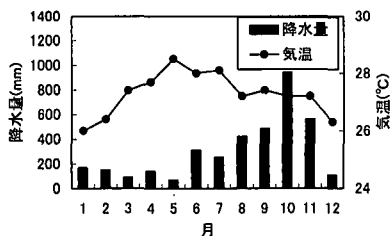


図-3 シンガポールの気候(1996年)

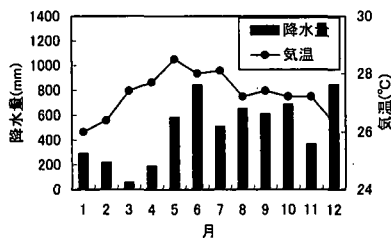


図-4 シンガポールの気候(1998年)

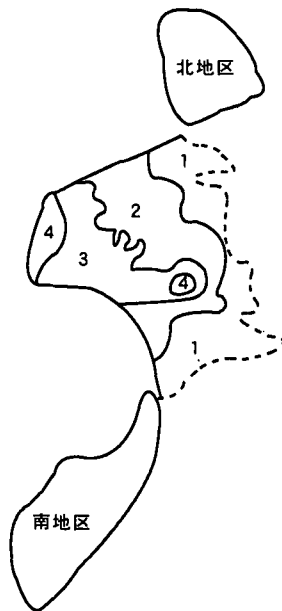


図-6 事前調査対象地と移植地

表-1 既存マングローブ林の特徴

地区	主要 構成種数	構成種のサイズ および分布
1	7 種	低木の散生 樹高: 3~4.5 m
2	5 種	低木の密生 樹高: 3~4.5 m
3	6 種	直径: 5~12 cm 樹高: 5~10 m
4	16 種	直径: 15~30 cm 樹高: 10~15 m

3本/m²とした。

4. 移植方法と生長過程

(1) マングローブ移植

マングローブは成木の移植が難しいことから、既存のマングローブ林から採取した胎生種子を植え付けに用いた。また、植え付ける樹種のうち *R. mucronata* は海や流れに面し、泥の堆積しやすいマングローブ林前面部によく生育する代表的な種であり、移植地においてもそうした場所に植え付けを行った。図-7と図-8に *R. mucronata* と優占種に選定した *R. apiculata* の配置を示す(図中の実線は水路を示す)。2地区とも+2.2~+1.9 m C.D.のブロックには *R. apiculata* を植え、北地区では+1.8 m C.D.の4ブロックと波の影響を受けやすい1ブロックに(図-7)、南地区では主に+1.8 m C.D.の6ブロックに *R. mucronata* を植えた(図-8)。

移植地に試験的に胎生種子を植え付けたところ根づくずに流されたり、根づいても枯れるなどの問題が発生した。このため、既存のマングローブの林床に苗床を設け、約2ヶ月間、苗木まで育成して再度、植え付けた。苗木を効率よく供給するため、フロートを付けた浮き苗床をつくり潮の干満に左右されることなく苗木を育成できるスペースを確保した。苗木で植え付けたところ根つきは良くなったが、一部の苗が枯れる事態が生じた。後に、それは土壌に深い層の酸性土が掘削時に混入したことが大きな原因と分かった。とくに *R. apiculata* は土壌のpHが6.3以下になると、生長が阻害される。このため土壌を海水にさらしつづけた。数ヶ月後にはpHが改善され、生長への悪影響はみられなくなった。最終的に約40万本の苗木を植え、植え付けた後はフジツボや海藻などが付着

いくつか共通するものがみられた。地区4は他の地区よりも主要構成種が多く、*Avicennia spp* (和名ウラジロヒルギダマシ) や *Sonneratia alba* (和名ヤマブシキ) 等16種が混生していた。それぞれの地区の特徴を踏まえると、マングローブ林の分布はおおよそ地区4→3→2→1の方向に拡大してきたと捉えることができる。消滅するマングローブをおよそ13 ha、25,000本と推定し、これと同じ面積のマングローブ林を造成することとした。

(3) 移植地の環境

移植地の環境は既存の生育環境をもとに次のように設計した。

1) 地盤高

植え付ける場所は冠水頻度が50回/月以上であることが望ましいことから、中等潮位より20 cm~40 cm高くなるよう地盤高を+2.2~+1.8 m C.D.と設計した。

2) 土壌の条件

マングローブの生育土壌としては泥土が適しており、砂でマウンドを造成した後、既存のマングローブ林から掘削した泥土を約50 cm表層に覆土した。

3) 水路

移植地には、潮の干満や河川からの流入による水の循環を促す目的で水路を設けた。水路は地盤高(+1.2 m C.D.または+1.6 m C.D.)と幅(1.5~3.0 m)の異なる3つのタイプに分けられる。この水路により、北地区と南地区はそれぞれ18と25のブロックに区分される。

(4) 移植種と密度

移植に用いる樹種は既存のマングローブ林の遷移過程を考慮して、遷移初期の優占種として *R. apiculata* を選定した。同種は東南アジアのマングローブ林域では主要構成種であり、高いものでは40 mに達する。*R. apiculata* を移植地の80%以上に移植し、この他に、*R. mucronata*, *R. stylosa*, *B. gymnorhiza*, *Avicennia spp* を植え付けた。

事前調査の結果、既存のマングローブ林における個体密度は1本/5.6 m²であったが、シンガポール内のパーサー・リス・マングローブ公園に再生したマングローブ林の事例等により移植後の生存率を考慮して移植密度を

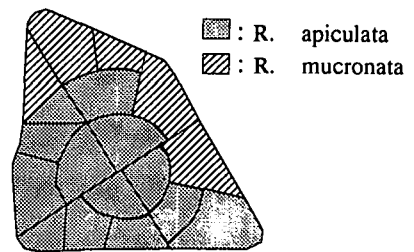


図-7 北地区の移植種の配置

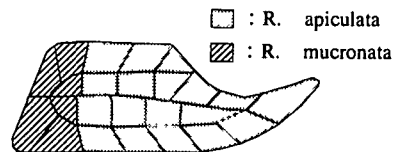


図-8 南地区の移植種の配置



図-9 重油による汚染

しないよう管理した。これは、付着生物を放置すると、その重みなどで苗木が折れたりする可能性があるためである。

(2) 重油汚染

1997年にマラッカ海峡で石油タンカーの衝突事故が発生し、移植地にも漂着したが、比較的距離があったためマングローブに着いた重油は2週間程度で洗い流された。しかし、1998年には再び、石油タンカー船の事故が移植地から1.5 kmのところで発生し、70 cm~100 cmに生長していたマングローブはすべてが黒い油膜で覆われ、小型のカニやハゼ科の魚類などの小動物もみられなくなった。中和剤でマングローブを洗うなどの検討も行ったが、それが逆に浅瀬の回復力を阻害する可能性も高いことから、とくに対処せず、観察のみ行った(図-9)。

その結果、事故から3ヶ月後には新芽がみられるようになった。真っ黒であったマングローブ林が6ヶ月後には薄茶色になり、葉の生長率も回復し、土壌の油膜も洗い流された。1年後には、カニの巣穴が観察されるなど、ほぼ全域で回復傾向がみられた。

(3) 生長の過程

植え付けから25~26ヶ月後のマングローブの生長を観測した。その結果、北地区では0.25 mの苗木 *R. apiculata* が0.9~1.3 mになり、0.45 mで植えた *R. mucronata* は1.3~1.4 mに生長した。一ヶ月あたりの平均生長は前者で0.036 m、後者では0.037 mであった。

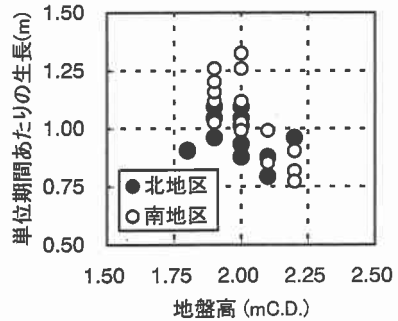


図-10 苗木の生長



図-11 移植直後の苗木

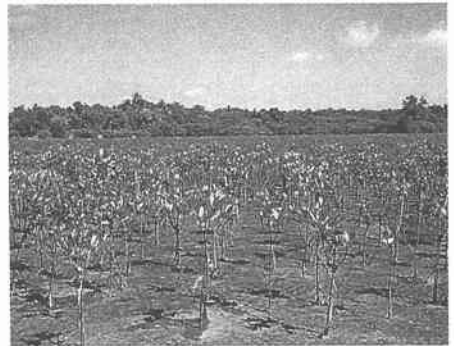


図-12 移植後2年経過の移植地

20ヶ月あたりの平均生長は、*R. apiculata* が1.0 m、*R. mucronata* が1.2 mであった。一方、南地区では、*R. apiculata* の苗木0.25 mが0.9~1.2 mに生長し、*R. mucronata* は0.45 mであった苗木が1.2~1.4 mに伸びていた。一ヶ月あたりの平均生長は *R. apiculata* が0.036 m、*R. mucronata* が0.037 mで、20ヶ月あたりの平均生長は、それぞれ1.0 m、1.2 mであった。図-10に移植地区別の *R. apiculata* の生長と地盤高の関係を示す。南地区では地盤高が低いほど、生長割合が大きい傾向がみられた。

5. まとめ

移植されたマングローブの苗木は若干、生長割合に幅があるものの80~90%の生存が確認されており、おおむ

ね対象樹種に適した生育環境を造成することができた。このような成果が得られた要因は次のようにまとめられる。

(1) 育苗の効率化

本研究では最初に胎生種子による植え付けを試みたが根つきが悪く、苗木による植え付けに変更した。既存のマングロープの林床に浮き苗床をつくることにより、高密度で育苗することができ、苗木の安定供給が行えた。このことにより移植地全体の生存率が高められたと考えられる。

(2) 分布傾向の考慮

既存のマングロープ域における事前調査をもとに、植え付け樹種の選定や配置、移植地の地盤高や土壌等の整備を行った。とくに既存のマングロープ林の分布が拡大してきた一連の流れに着目し、移植地はその傾向を継承する位置に造成されており、このことが移植後の良好な生長を促したと考えられる。

(3) 緩衝地帯の確保

マングロープの移植地の背後には既存のマングロープ林があり、その間に河川がある。このため、移植地には汽水域が形成されるとともに既存の林から栄養分が供給されている。また、潮の干満等の作用が残された既存のマングロープ林にも十分行きわたるよう、移植地に水路がはりめぐらされており、移植地と既存の自然環境との相互作用が維持されている。本研究ではこの相互作用が、マングロープ林の良好な生育環境を創る上で大きな役割を果たしたと考えられる。したがって、新たな環境の創出に当たっては、緩衝地帯となる周辺環境をどのように

残し、相互の連続性をいかに確保するかがきわめて重要である。

6. おわりに

今後、さらにマングロープ移植地の生育環境を良好に維持するためには、現在の植林密度を段階的に調整する必要がある。また、マングロープ林はカニや魚など、多様な動物の捕食や微生物による分解作用等によってその環境が維持されており、共生する動物等の生息環境も視野に入れた、マングロープ域の生態系全体の管理が必要である。

最後に本研究を進めるにあたり、ご協力いただいたナイアン大学の Lee Sing Kong 博士と Leo Tan Wee Hin 博士に厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 浅野敏之・瀬戸口喜祥 (1995): 狭小水路と氾濫原で構成されるマングロープ干潮入江の流動特性, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 401-405.
- 小滝一夫 (1997): マングロープの生態保全・管理への道を探る一, 信山社.
- 中辻啓二・大屋敬之・J. E. Ong・W. K. Gong (1997): マングロープ水域におけるクリーク・スポン系系の3次元流動の数値モデル化, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 1156-1160.
- 中村武久・中須賀常雄 (1998): マングロープ入門一海に生える緑の森一, めこん.
- 松田義弘 (1997): マングロープ水域の物理過程と環境形成, 一自然の保護と利用の基礎一, 黒船出版.
- Sing Kong Lee・W. H. L. Tan (1999): The Regeneration and Establishment of Mangroves in Singapore.