

予定地は、いくつかの点でかなり対象的である。再造林計画を実施するにあたって、それぞれの地にどのような人為的な干渉、人工がくわわっているのかをあきらかにしておくことが肝要である。前者がエビの養殖池の放棄跡地であるのに対して、後者は天然林の伐採跡地である点が、きわだって特徴的である。

バリ島ではエビの養殖池を造成するため、基盤の平坦化と築堤、水路の掘削がおこなわれた。その結果大規模の地形の改変が生じている。マングローブ林生態系の動的平衡状態が崩壊してしまっているように思われる。それに対して、ロンボク島では天然林を皆伐して、裸地化にいたらしめていて、森林の消滅という点で共通の景観を呈してはいるが大規模の地形の改変はみとめられない。マングローブ林はなくなっているが、潜在的にマングローブ林生態系の特徴をうしなっているわけではない。土壤中に堆積した大量の有機物の存在に注意しなければならない。

このように自然生態系がどこまで破壊されているかに注目して、再造林計画を実施することが、その成否につながることはまちがいないところであろう。

## (2) マングローブ林生態系の動的平衡

前節に述べたマングローブ林生態系の動的平衡について略述しておこう。

マングローブ林は熱帯、亜熱帯の沿岸域に発達する大型の森林植生であるが、それは陸上の森林と相同ではなく、陸と海の生態系複合である。水、土、植物、動物及び住民が互いに影響をおよぼしあった相互作用系である。マングローブ林は沿岸域に発達した森林であるから、塩分濃度の高い土壌のうえにたつ耐塩性植物の集団であると考えがちである。しかし陸上の森林とはさまざまな点でいちじるしくことなっているから、類似の方法で再造林できると考えると大きな失敗につながるおそれがある。

海水の影響をうける土壌の塩分濃度についてみると、乾燥気候のもとでは濃縮によって海水より高い塩分濃度ができることがある。多雨気候のもと、あるいは雨期には雨水または河川水による塩分の希釈がおこり、汽水化、低塩分濃度をもたらす。こうして沿岸域には、海水よりかなり高いものから、低いものまで幅のひろい塩分濃度勾配をつくりだすことになる。天然のマングローブ林の帯状構造は、一義的に塩分濃度に対する棲みわけによると考えられてきた。

土壤中に含まれる有機物は分解に際して、多量の酸素を消費する。海水のもちこむ硫酸根は還元されて硫化物を生成することになる。硫化水素を発生したり、パイライトを集積したりするのはこのためである。マングローブ苗は嫌気的な状態のもとでも生育するが、根の発育を阻害する毒性物質があるようなばあい、生育はおぼつかなくなる。嫌気的な条件のもとで、マングローブ植物の根は地表面に近く発達し、ときに細根のマットを形成するのに対して、酸化的な条件のもとでは根は土壌中に深く伸びる。

嫌気的な状態に保たれていたマングローブ林土壌が乾燥して空気に曝されると、蓄積し

た硫化物の急激な酸化がおこる。海岸域を農業開発した際にみられる酸性硫酸塩土壌の生成としてしられる現象が、マングローブ林においても多かれ、少なかれ生じている。強酸性は根の発達を阻害し、ときに激しく根系を破壊する。

このように自然状態にあってもマングローブ林には、植物の生育阻害につながる要因をもっている。けれども自然状態のもとでは、生態系は極端に高塩分濃度化することなく、極端に強酸性化することなく、一定の範囲に保たれ動的平衡状態にある。海水、河川水あるいは雨水が定期的に冠水して土壌を洗い流し、土壌水を置き換えることは重要な意味をもっている。このとき海水は過剰な塩分を洗い流し、マングローブ植物に栄養を供給する源として機能する。

けれども大面積皆伐、エビの養殖池化などの大規模開発によって、自然の動的平衡はくずされてしまう。いったん限界を超えると、自然には平衡状態を回復することができず、生態系の崩壊につながりかねない。マングローブ植物の耐性をこえた高塩分濃度、低酸素、強酸性条件はいずれもマングローブ林生態系の再生をきわめて困難なものにする。

こうしたマングローブ林生態系の動的平衡状態とその限界を念頭において、バリ、ロンボク両島におけるマングローブ林再生の取り組みについて考察する。

### (3) バリ島における造林計画の注意すべき点とその対処法

#### 1) 総論

バリ島にはかつて、1,373haのマングローブ林があり、生産、保養、防備の三目的をもって経営されてきた。1973年ころからマングローブ林を開いて、エビの養殖池として開発利用するため、ジャカルタ資本の大手水産会社にコンセッションの設定がおこなわれた。しかしマングローブ林が消滅して、環境の荒廃、資源の減少につながるものがようやく懸念されるにいたり、1987年ころからコンセッションの解除がすすめられるようになった。バリ州政府営林局が、マングローブ林の再生計画にしたがった再造林を企画、立案し、実施に移した。が結果は必ずしも芳しくなく、おおくの不成績造林地をつくりだしてしまった。成功率は公称75%とされているが、実際にはその半分にも達していないことは、当局自身がみとめるところである。完全に生態系機能をなくしたところでのマングローブ林再生は困難をきわめ、ここ数年の努力は必ずしも成功してはいない。

既に述べたようにバリ島ではエビの養殖池造成のために、大規模の地形の改変が生じている。このような地形改変が造林成績にどのように影響するのか。先の生態系平衡の理論に照らして考案すると、養殖池放棄跡の乾燥、濃縮による高塩分濃度の出現、酸性化による高酸性土壌の出現、築堤による心土の裸出などをとりあげなければならない。

#### 2) 高塩分濃度対策

この地方が少雨地帯で概して乾燥の傾向があることを考慮すれば、高塩分濃度に対してとくに留意しなければならないだろう。高温障害も生ずるおそれがある。このための

対策として、林地を河川水または少なくとも海水が絶えず冠水するようにしなければならない。塩分の洗い流し、温度上昇の抑制を図る必要がある。エビの養殖池としてつくられた水路と水門を積極的に生かして、河川水、海水の導入システムをつくりあげることである。海水面より高いところに位置するものについては、専ら河川水の導入によらざるをえないであろう。干、満潮時に水門付近の水勢があつまり水流が激しく、ときに植付け苗の流出がおこるかもしれないが、必要に応じて簡単な土盛工などを造成する。塩分濃度が海水程度に抑えられるようであれば、*Rhizophora* spp. を植栽樹種にすることができるが、さもないと *Avicennia marina* を中心に植栽樹種を選択しなければならないだろう。

### 3) 強酸性対策

土壌の酸化的な条件が乾燥によって生ずることから、強酸性対策は高塩分濃度対策と同じく、河川水または海水の導入がもっとも効果的であると考えられる。ただし塩分濃度対策として有効なのが洗い流し効果であったのにたいして、酸性対策として効果的なのは多かれ、少なかれ土壌水の停滞が必要であることであろう。このため嫌氣的な条件が過ぎると硫化物の生成沈殿、硫化水素の発生、低酸素状態などを招く。土壌水の流動性にじゅうぶん注意しなければならない。

### 4) 貧栄養対策

有機物を含んだ土壌が築堤のため除去され、栄養分に乏しい心土が露出すると林地は貧栄養となる。植物に必要な栄養塩類の供給源は海水にもとめざるをえない。海水の冠水を必要とするのはこのためである。土壌水が動きやすければ主として海水による栄養供給が有効であろう。土壌水が動きにくければ根圏の土壌水は交替しないから遅効性の肥料の施用を考慮しなければならないかもしれない。土性にはじゅうぶん注意しなければならない。

強酸性、貧栄養に対するマングローブ植物の反応特性はまだほとんどわかっていない。マングローブ再造林計画自身が実験的な意味をもっているといえる。バリ島における再造林計画はまったく新しい意味をもった、きわめて挑戦的な企てであることに留意して、さまざまな実験的な試みがなされてよい。

## (4) ロンボク島における造林計画の注意すべき点とその対処法

### 1) 総論

ロンボク島では東海岸の沖合いにあるギリ・プタガン島が再造林計画対象地、その北にあるギリ・スラット島が天然林調査地に予定されている。ヌサトゥンガラ・バラット州（ロンボク、スンバワ両島とその属島）は州土20,153.15平方キロに対して52.8%、10,632.73平方キロが森林（permanent forest）で、308.13平方キロのマングローブ林が含まれている。ロンボク島には8,177.25haの、スンバワ島には22,636haのマングロー

ブ林がある。

この地方のマングローブ林もご多分にもれず、無計画な伐採、エビの養殖池化、農地化などによって質、量ともに劣化しつつある。

再造林計画の対象地であるギリ・プタガン島は隆起珊瑚礁の低島で、ロンボク、バリ両本島が火山性の高島であるのと対比的である。造林予定地はマングローブ林の伐採跡地で、現在はみるべきものがないが、伐根の大きさからみて近隣のギリ・スラット島に現存するマングローブ林に匹敵するかなり大型のマングローブ林があったことが推察される。伐根の残存状態をみると、土壌基盤は改変されずに残っており、バリ島における造林計画対象地と対照的である。ここでは土壌中に大量の有機物が大量に堆積した状態、皆伐された古い林の根が未分解のまま残っている。このため土壌が嫌氣的、低酸素状態になっていることが推察される。この点に配慮した造林計画が必要であろう。

計画では当初マタラムの南約30キロのルバルに苗畑をおき、そこで養成した苗をギリ・プタガン島に運び、造林することにしてしたが、運搬距離が100キロをこえるところから、造林現場近くに仮の苗畑をおいて育苗にあてるというのが、適切な判断である。

## 2) 嫌氣的土壤対策

嫌氣的な土壤はマングローブ植物にとってかならずしも不利な条件とはかぎらない。根が発達していれば生育はじゅうぶん期待できる。嫌氣的な状態が硫化水素など毒性物質の発生をとまなうものでなければ、胎生種子の直ざしによる造林も可能であろう。ポット苗、直ざし併用の計画は妥当なものと評価できる。

## 3) 冠水深対策

造林予定地は汀線から緩い勾配で沖にむかって傾いている。ここにかつて州政府営林局が1,660本/haの植栽密度で*Rhizophora* spp. の直ざしを実行したがすべて消滅したという。しかし現在、自然に侵入した定着したものが汀線から数百メートルのところまでみとめられる。さらに沖合いには環礁が発達している。造林適地は小潮の干潮時に地盤が露出するところまでであろう。

帯状分布の考えをとりいれて、現在の汀線近くには*Xylocarpus* spp., *Bruguiera gymnorhiza* あるいは*Ceriops* spp.などを幅約5メートルにわたり、やや疎(1,660～2,500本/ha程度)に混植する。冠水深がやや深くなるにつれて、生産林として*Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*などを植え付ける。植付密度は2,500～10,000本/haをめどとする。さらに沖合いの最前面は*Sonneratia alba*, *Avicennia marina*などを植え付け保護樹帯とする。当初密植し、成林するにつれて間伐し疎立化を図ることが勧められる。

## 4) 強風、波浪対策

ギリ・プタガン島は全島わずかな孤立木をのぞいて、草生地で、しかも低島である。島の周辺部は強風の影響、また強風にとまなう波浪の影響はかなり激しいと考えねばな

らない。ギリ・スラット島の天然林も縁辺部は主幹が傾き、決して高い林分をつくっているわけではない。

林分の縁辺部は内側につくる林分の保護樹帯と考えるのが至当である。ここには *Sonneratia alba*, *Avicennia marina* などを密植することが有効であろう。*Sonneratia* spp. は自然状態で伏条することがしばしば観察される。挿木から発根する可能性があるから、挿木による育苗を試してみることが勧められる。

島の内側に *Canarium* spp., *Hibiscus* spp., *Casuarina* spp. などを造林すれば防風効果がいっそう高まるであろう。

#### (5) 苗畑および種子技術の開発について

苗畑で健全な優良苗を産出するのが必要であることはいまさらいうまでもない。バリ、ロンボク両島に共通する苗畑技術について、簡単にふれておきたい。乾燥、高温障害を避けるため、日覆いをする、冠水をすることが必要である。日覆いは高さ1~1.2メートル程度、ヤシの葉のようなものでよい。冠水は小潮の満潮時に少なくともポットが隠れる程度を目安とする。大潮の満潮時には苗木が水没するかもしれないが、1日6時間程度あれば差し支えない。ただし苗木の生育状態を丁寧に観察して、異常が認められれば冠水深を調節するのが望ましい。できれば水門によって水位を調節できるのが望ましい。

*Sonneratia alba* は挿木による栄養繁殖の可能性がある。*Avicennia marina* も自然に萌芽する。挿木による育苗を試みることをすすめられる。

*Bruguiera gymnorhiza* は胚軸を三分して挿しつけると、それぞれが苗条を伸ばし発根する。ときには頂端のカルスから数個の苗条が伸び、それぞれを挿しつけると発根する。培地は肥料分の少ない砂でよい。多数の苗をえる方法として、開発につとめる必要がある。 *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *R. stylasa*, *Ceriops tagal*, *C. decandra* などの胎生種子をもつものは、三分胚軸挿し付けを試みる価値がある。

#### (6) 造林目的と収穫量について

海岸部保護、国土保全、防風、防波など防備を目的とするばあい、マングローブ林が成林すれば目的を達したことになる。はやく成林させるため、密植や水勢のはげしいところでは巢植えが勧められる。

マングローブ林の生産目的を薪炭材、とくに炭焼き原木の生産におくと、主要な造林樹種は *Rhizophora apiculata* であることが必要である。この樹種は育苗もさほどむずかしいことはなく、林地ではかなりの密植に耐える。他の地方での例を参考にあげると、1×1メートル（ヘクタールあたり10,000本）植えて、15~20年で層積、つまり利用可能材積が300立方メートル（平均胸高直径15cm、樹高10メートル、利用可能長さ5メートルとして）が見込める。さしあたりこの程度の収穫予想を目標において、途中経過を追いながら、必要な修正を適宜くわえればよい。

植栽間隔は他に、 $2 \times 2$  (2,500本)、 $2 \times 3$  (1,660本)などを試み、あわせて将来の収穫調査にそなえる。

#### (7) 動物観察の必要性について

以上再造林計画の技術的な側面を、水、土、植物の相互関係から論じてきたけれども、自然生態系としてのマングローブ林を理解するために、動物の役割を知ることが重要である。マングローブ植物がそれ自身の生活を完結するために、たとえば花粉の媒介者の存在は必須であるが、まだ十分には解明されていない。コウモリ、トリ、昆虫など花にあつま動物相の観察を重視する必要がある。

周辺の林分や農地との関係も重要である。たとえば、Meliaceae を特異的に食害する材穿孔虫は南米原産のマホガニィ *Swietenia mahogani* と *Xylocarpus* spp. を同じように食害するという報告がある。前者はバリ島でも街路樹として珍重されていたり、貴重な家具材の生産に期待がかかっている。その病害虫からの保護はマングローブ林の再生と同じ程度に重要な課題であろう。農作物のヒマを食害するガの幼虫はマングローブの害虫でもあるという。マングローブ林の再生はヒマの害虫の餌木を増やすことにならぬとも限らない。こうした問題は林業的にも農業的にも、まったく未知の分野である。ひとつの技術的課題が解決されたとき、新たな課題を発見することになる。さまざまな課題が互いに連鎖している。細心の注意を払った観察が必要である。

さらに、海の生態系としてのマングローブ林には、魚介類をはじめ多様な水棲生物が生息している。重要な蛋白源として地域住民の生業になっていたり、地域経済を支える資源であったりする。これがマングローブ林がエビの養殖池化した理由にもなっていた。

裾礁や環礁など珊瑚礁や干潟とむすびついた海の生態系は、水棲生物、とくに魚介の函養におおくの役割を果たしている。養殖漁業だけでなく、沿岸漁業の活性化にも貢献することができる点にじゅうぶんの注意をはらっておく必要がある。

#### (8) マングローブ林再造林計画の社会性について

マングローブ林生態系の全体を理解するために、地域住民の生業としてあるいは国または地域経済にかかる産業として、その社会的な意義を理解しておかねばならない。マングローブ林生態系は自然生態系であるが、社会との関連においてとらえるために社会生態系という理解も必要である。地域住民はマングローブ林を利用し、マングローブ林にたよって生きている。国あるいは地方はマングローブ林経営を政策目標としている。この意味でこの造林計画がもつ社会的な側面を見逃してはならないであろう。

マングローブ林の再造林計画の対象地は、上、下水道のプロジェクトが持ち込まれるところでもある。バリ島のように人口密度地帯では用地の利用目的はしばしば変更されることもあることを知っておく必要もある。そのような条件の中で、政策決定者に対してマングローブ林再生の意義を訴えていくことも大切である。

バリ島、ロンボク島には中央政府の林業省の管轄下にある林政局 (KANTOR WILAYAH) と州政府のもとにある営林局 (DINAS)があり、前者が林業政策の企画立案、後者が実行実施という関係にある。中央と地方をむすぶ両者の関係はすくなくならず微妙なものがあることもうかがわれる。再造林計画はすぐれて技術課題であるという認識があるけれども、それぞれの時代状況に無関係な没価値的な技術の追究に走ってはならないとおもう。すべての生物現象がつながりあって、生命の連環と共生の世界をつくっているように、すべての技術は政治、社会、経済と連関している。

マングローブ林再造林計画の実施にあたって、この点に細心の注意を、なおいっそうはらう必要がある。

#### 4-3 造林の社会経済的要素

##### (1) 社会生態系としてのマングローブ林

マングローブ林は一つの自然生態系であるが、自然生態系の一つとしてマングローブ林が形成される環境は限定されている。どのような自然環境がマングローブの生育に最適であるのかについては、まだ科学的に解明されなければならない点が多いようである。しかし、少なくとも気温、水温、地温などの温度条件、土壌中あるいは水中の塩分濃度、土質・土壌栄養などの土壌条件、日照、降雨、潮汐作用等が重要な意味をもっており、しかもこれらの条件の偏差の許容範囲は小範囲に限定されるとともに、これら要素間の微妙なバランスの上に生態系が維持されているらしいことが次第に明らかになってきている。その意味で、現在、マングローブ天然林が見られる地域は、少なくともその生育適地であると見ることができる。論理的にいえば、このような生育適地には、自然生態系としてのマングローブ林が、人為的な造林施業を加えなくとも自然に形成されるはずである。インドネシアに限らず世界のマングローブ天然林は、基本的にはこのようにして形成されてきたといえる。このことは逆にいえば、自然生態的な生育適地以外に、一定規模のマングローブの生態系を人工的に形成させることは困難であるということになる。また、たとえ生育適地に形成された自然生態系としてのマングローブ林であっても、人跡の及ばない原生林でもない限り、その持続性は、自然生態的適地性のみによっては保証されないということである。つまり現実社会にあって、マングローブ林をめぐる様々な社会経済的要素が、生態系の形成や維持に関わっているものと見なければならない。そして、時にはこのような社会経済的要素が決定的な意味を持つことも少なくないわけである。マングローブ林を社会生態系としてとらえることの重要性が指摘される所以である。

バリ島の本プロジェクト・サイトは、周辺の林相や自然条件から、エビ養殖用のTambakとして転用される以前は典型的な南太平洋型(デルタ型)マングローブ林が形成されていたと見られている。また、ロンボク島の一つのサイトである Gili Petagang島も、1970年

代に珊瑚から焼石灰を製造するための燃料として皆伐される以前は、隣島のGili Sulat島のように豊かなマングローブ林に被われていたといわれる。すなわち、これら二つのサイトにおけるマングローブ林の消滅の事例は、その原因は自然生態系の異変による適地性の消失にあったのではなく、過伐採あるいは皆伐といったすぐれて社会経済的要素によるものであったことを明示している。その意味では、これらのプロジェクト・サイトは少なくともかつてはマングローブの生育適地であり、マクロ的に見れば現在でも潜在的にその適地性を残しているものと期待される。

いずれにしても、これら二つのプロジェクト・サイトの試験造林地の事例は、一般に location specific な産業である農林水産業にあって、特にマングローブ林業には自然生態的な適地性が厳しく要求されると同時に、自然生態的適地性のみがマングローブ林の保全とその森林資源の持続的利用を目的とする林業経営の確立を保証するものでないことを示している。このように、マングローブ林生態系の再生計画である造林事業は、自然生態系としての基礎条件を踏まえつつ、様々な社会経済要素の絡み合う社会生態系としての視点から対処して行くことが重要である。

## (2) マングローブ林生態系の諸機能と持続的利用

マングローブ林生態系の持つ機能は多様である。これらの機能を自然生態と社会経済の両側面から、やや網羅的に列挙すると以下の通りである。これらの諸機能は相互に密接に関連しており、相互依存的に作用することによって個々の機能が十分に発揮される関係にある。(これらの機能の列挙に当っては、バリ島のJICAプロジェクト事務所に掲示の説明文も参考にさせていただいた。)

### 1) 自然生態的機能

これはマングローブ植生を基本とした生態系再生産機能である。すなわち、マングローブ植生自身を含む植物資源および鳥類、魚介類など動物資源のかん養機能、生物遺伝資源多様性維持機能、さらに造陸機能によるマングローブ林地および後背地の保全機能などである。

### 2) 社会経済的機能

社会生態系としてのマングローブ林の持つ公益的役割や経済的機能を意味する。例えば、潮汐および河川の氾濫に対する海岸及び河口の安定化による後背地社会の安全保障、レクリエーション・保健休養拠点としての機能、修景機能、潮風害防備、防音防塵、空気組成改善・海域汚濁防備機能、環境保全と自然研究教育啓蒙機能などである。また、とくに経済的側面に注目していえば、マングローブ林が林業経営に供されることによって様々な農林水産物を産出する機能が指摘できる。すなわち薪炭材・建築材・パルプ材等の用材、飼料、染料、食料など様々な用途に使われる林木ならびにカニ、エビを始めとする様々な水産物を産出し、所得を産む機能である。間接的な経済的機能としては林業



経営に伴う雇用機会の創出がある。

### (3) マングローブ林産物の生産と消費の現状

マングローブ生態系は論理的には上記のように様々な機能を持つが、これらの機能が現実の生態系においてどのように機能し、その効果を発揮しているのかを実証することは困難な場合が多い。とくに社会的な機能は、自然生態系としてのマングローブ林の持つ社会的抽象的価値の生産に関わる機能であり、しかも多くの場合、間接的・波及的効果として現れる機能であるため、これを定量的に分析評価することは一層の困難を伴う。しかし経済的な側面に限定すれば、種々な林産物の生産力あるいは生産性として、その機能や効果の把握が可能である。以下は、今回の現地調査による若干の林産物の生産と消費に関する知見である。ただし、このテーマに関して体系的な調査は実施できなかったため、極めて限定された事例に基づくものであることをお断りしておきたい。

#### 1) マングローブ薪の生産と消費

マングローブ林産物の最も基本的な利用方法の一つは、林木やその一部を薪 (kayu bakar) すなわち燃料エネルギーとして直接利用することである。この方法は生産から消費にいたる過程が最も直接的で、伐採や乾燥作業以外に迂回生産的な加工工程がほとんどないため、付加価値生産の余地は少ない。林業経営的には最も単純な商品の生産ということになる。それはさておき、自給用の薪の生産と消費について一瞥したところによると、ロンボク島の苗畑候補地に近接した一軒の民家の台所を見た限りでは、炊事用の燃料は全て薪のようであった。着火用には火付きの良いヤシの葉やその葉柄が使われている。かまどは後述のように、田畑の耕土を焼いて作る素焼レンガを4~5段積重ねたものである。かまどの上方には乾燥を兼ねて、薪が貯蔵されている。薪は、イピルイピルのような、生長の早そうな真っ直ぐな木の枝や細い幹であり、一見してマングローブ樹らしきものは見あたらない。この民家の前には、苗畑地に続く山の手側に天然のマングローブ林が小規模ながら広がっており、必要ならいつでもそこから薪の採取が可能である。しかし、薪は民家の裏山から取られたものらしかった。薪集めは炊事と同様に女性が分担しているとすれば、女性にとっても、より採取の容易な場所が優先されるであろうことは想像に難くない。もちろん、家庭用の薪としては乾燥のスピードや燃え易さといった点からも専ら山の木が使われるという事情もあろう。しかし、もし裏山、すなわち back mangrove に採取可能な樹木がなければ、自給に依存した家庭内消費においては鉱物燃料や電気、ガスといった薪に替る近代燃料の使用が社会的経済的に利用可能となるまでは、次善の策として、入手可能なマングローブ樹を薪として使わざるを得ないであろう。

ところで、マングローブ林産物の利用あるいは保全開発に関して女性の役割を明示的に取り上げることも重要な課題であろう。この場合、用語として適切であるかどうかは

検討を要するが、[Womangrove] (Woman in Mangrove) という新しい概念の導入が提案される。

次に、薪は家庭用・炊事用として使われるばかりでなく、ロンボク島においてはレンガ焼きのための燃料として、相当多量に使用されている可能性がある。マングローブ薪がどの程度使用されているか正確なところは不明であるが、レンガ焼きの実態は首都マタランから苗畑地のあるlembarへの沿道、あるいはGili Petagang島への渡航拠点であるLabu Pandan 等への道路際の畑地の中に散見できる。耕土を使ったレンガ焼きは農林業生産の限界地における窮極的土地利用ともいえるもので、このようなレンガ製造に購入薪が使われるとは考え難いことである。なんらかの形で自給されているものと思われる。自給であっても用途からすれば、いわば地場産業用の薪消費の一例である。ロンボクの特徴ある焼物生産にも大量の薪が使われるはずであるが確認していない。

このような産業用の薪消費のもう一つの事例として、製塩場（塩田）における塩水の濃縮、乾燥用の燃料としての消費がある。塩田は、一般にマングローブ林と競合する立地条件を持つため、しばしばマングローブ林の転用として作られる。事実、バリ島プノア湾のプロジェクト・サイトには稼働中の塩田がみられる。製塩場における薪の利用はマングローブ林の林産物資源としての薪の利用に、地理的にも社会経済的にも最も密接な関係を持っているといえる。それだけに既存の製塩場とマングローブ林との薪の需給をめぐる社会経済関係を明らかにしておくことは、薪生産を目標としたマングローブ林業経営にとってはもちろんのこと、自然生態系保全的なマングローブ林の管理運営にとっても重要な要素である。これらの点について詳細な実態の把握が必要であることはいうまでもない。ところで、屋外での盛大な火葬の風習のある地方では、そのための薪の消費量も相当にのぼるはず、との指摘もある。このような場合は社会的な消費と呼ぶべきであろうか。

薪は、農村地域にあって自家消費用に自給されるばかりでなく、自給不可能な都市部においては商品として売買される。薪の小売価格はバリ島のデンパサール市内の2軒の燃料店では2kg1束が500ルピアであった。樹種はマングローブではなく、バリ島北部のSingaraja産のコーヒーの木(kayu kopi)ということであった。販売量や流通経路等については把握していない。デンパサールのような市街地においては、一般家庭における薪の消費が減少傾向にあることは、その販売店を見つけるのが難しいほどに少ないことから十分予想できる。

以上のような薪の生産と消費のパターンは、インドネシア国内においても地域によって異なるであろう。少なくともプロジェクト関連地域について薪の生産、流通、消費等の構造と数量的な規模を把握しておくことがマングローブ造林計画の樹立にとって重要である。

また、インドネシア全体の動向分析も必要である。そのための実証的なデータは今後の現地調査に待たざるをえないが、ある公式統計書 (Statistical Year Book of Indonesia 1991, Biro Pusat Statistik) に見えるインドネシア全体の薪(kayu bakar)の生産量は1988/1989年度で 356,699SM (単位不明) となっている。これは前年度よりはやや低下しているが、1985/1986年に比較して約40%の増加である。さらに、薪は、小規模ながら一つの輸出商品となっており、フランスと台湾を中心に、1991年に約89トン (約88千米ドルで、キロ当たり約1ドル) が輸出されている (Indonesia Foreign Trade Statistics ; EXPORT 1991 vol. II, 1991, Biro Pusat Statistik)。これらのうちどれだけがマングローブ薪であるのかは不明である。また、海外におけるインドネシア産薪の種類別用途についても確認を要する。

以上から、薪すなわち燃料としての直接利用という社会経済的観点からマングローブ林の保全あるいは造林事業を展望するとき、一つの示唆を得ることになる。すなわち、マングローブ林の保全と持続的利用を図るにはマングローブ林と同時に後背林の保全と活用を図らねばならないこと、さらに国全体のエネルギー政策という社会的後背林の充実も不可欠であるということである。事実「貧弱なマングローブ林の後背林は、また貧弱であり、豊かなマングローブ林の後背地は良く保全、管理されている」というのが今回の現地調査から得た直感的仮説である。

## 2) 炭の生産と輸出

今回の調査ではバリ、ロンボク両島において製炭現場を見ることはできなかった。それはインドネシアの商業的な製炭業は、現在スマトラ島のRiauを中心としており、それ以外の地方では、かつてはどこにでも見られたという炭焼きの事例そのものが少なくなっているという事情にも負っている。このことは、鉱山エネルギー省での聞き取りによると、とくに家庭用燃料としては薪や木炭から、豆炭 (coal bricket) あるいは都市ではLPG、ケロシンのような鉱物性燃料への切り替えが進められていることもあって、炭の内需が減退していることをも背景としているようである。しかし、我々は首都ジャカルタの閑静な住宅街の中に、一軒の「炭焼き屋」を訪問することができた。そこは窪地に野積みした原木をトタン板や、消炭とドロを混ぜ合わせたような遮蔽材で被い、ケロシンで着火して2~3昼夜で焼き上げるという単純で小規模なものであったが、その若主人の生業のようであった。製品は庭先で消費者に直販することもあるが、市内の市場(pasar)にキロ当たり500ルピアで卸すとのことであった。(ちなみに、デンパサール市内のBadung市場での小売価格はキロ当たり約1,400ルピアであった。) 原木はほとんど雑木で、剪定した街路樹なども使うことがあるようである。製炭技術の水準としても平均的水準に比べかなり低い、というのが三島団長の評価であった。森林資源の保全と有効利用のために、製炭技術の普及協力の必要性が叫ばれる一つの根拠が例示されて

いるように身受けられた。その意味で、少なくともバリ・ロンボクのプロジェク・サイト周辺地域における製炭業の実態を、とくにマングローブ林との関わりにおいて明らかにしておくことも今後の課題として残されている。

インドネシア全体についていえば前掲の統計書によれば、1988/1989年度の炭(arang)の生産量は約2万トンであった。これは上述の薪とは逆に1985/1986年の生産量の50%以下への低下である。この製炭量のうち、どれだけの割合がマングローブ樹を原木としているかについてのデータは入手できていない。

一方、薪と同様に炭はインドネシアの輸出商品でもある。前掲の輸出統計によれば1991年に少なくとも12万6千トンの木炭が輸出されていることになっている。生産量をはるかに越える輸出量という、二つの公式統計上の数値の矛盾をどのように理解すべきかについては後日の課題とせざるをえないが、一般的にいえることは、生産統計よりも貿易統計の方が精度が高いということである。それはともかく、同輸出統計書には上記輸出量の約59%がマングローブ炭(mangrove charcoal)であり、17.5%のヤシガラ炭(coconut shell charcoal)、そして残りがその他の木炭であることが示されている。ちなみに日本は輸出先国別および炭の種類別に見ても最大の輸出相手国であり、総輸出量の約25%を占めている。3万1千トンの対日輸出の内訳を見ると、40%がマングローブ炭、56%がヤシガラ炭、残り4%がその他の木炭となっている。最大の輸出相手国である日本の輸入需要の動向と将来性を予測するために、日本におけるマングローブ炭の輸入先国別輸入量、輸入価格および主要な用途等について、分析を進める必要がある。

いずれにしても、わが国はインドネシア産マングローブ炭の最大の輸入国であるという状況は、マングローブ生態系の開発・保全に立脚した持続的な造林と林業経営技術の確立に関する国際協力を進める上で銘記しておかなければならない重要事項の一つである。

#### (4) マングローブ林業経営開発の方途と社会経済要素

マングローブ林業経営とは、マングローブ生態系の諸機能を持続的・計画的に活用することである。林業経営の持続的開発の方途は、単に自然生態的適地性や経済効率のみでなく、経営立地の社会性によって大きく影響される。経営立地の社会性とは経営の社会との抽象的な距離、すなわち経営と社会との関わりを指すものと理解する。国有地における環境保護と自然生態系の回復計画としての造林計画のような公益事業の経営では、立地の社会性が、そこで採用すべき経営戦略、手段、方式等を基本的に規定する。

たとえば造林プロジェクト・サイトとしての立地に関していえば、一つはバリ島のような人口稠密で国際的にも観光地化の進んだ都市近郊にあるリゾート地帯の沿岸という立地条件は、地域社会との密接な社会経済関係の存在を予測させる。すなわち、マングローブ林を含むwater front との慣習的な関わりや経済利用における利害関係などである。この

ような地域環境での、公有地における林業経営は個別経営主体によるよりも、社会生態系としてのマングローブ林の機能特性が十分活かせるよう、地域社会の成員を中心とする社会的、公益的組織による経営が望まれる。また、マングローブ・モノカルチャー的経営ではなく、マングローブ林の持続的利用を基本としながらも多角的、多目的的経営が望ましい。このような経営方式は経営の持続性にとっても重要である。すなわち、経営の持続性は、必ずしも経済性（収益性）のみによって保証されるものではない。経営が多目的的、多角的であれば、全体としての経営リスクや他用途への経営資源の一元的転換利用の危険性を回避あるいは分散できる可能性が高まる。バリ島ブノア湾のプロジェクト・サイトは、かつてこのような一元的な転換利用によって造られたTambakが持続的マングローブ林経営の可能性を中断してきたわけである。

持続的、公益的、多角的経営の具体的方法として、「社会林業」(social forestryあるいはcommunity forestry)の可能性が検討されるべきであろう。社会林業における経営戦略としてはsilvo-fisheries やaquaforestry(水産林業)、あるいはこれらを含む概念としてのアグロフォレストリー (agroforestry) が提案される。また、すでにプロジェクト事業として計画されているような教育・研究・技術開発的機能を重視した、いわばR & D forestryであるとか、さらに景観的、保養施設の機能を持たせたamenity forestryも考えられる。

どのような方式や戦略を採用するにしても、また自然生態系あるいは林業技術的困難さは十分に予想されたとしても、Tambak跡地という立地条件を積極的に活かせるような経営方式、すなわち何らかの形で水産業を組み込んでいくことを検討すべきであろう。その際、香港で行われているといわれる基圃池(ゲイワイイケ)方式が参考になるかもしれない。これは無飼料・無投薬で潮汐の調整だけで天然のエビを捕る方式である。

ロンボク島のプロジェクト・サイト：Gili Petagang 島についていえば、現地は、ロンボク本島からは近距離とはいえ無人の離島という立地条件にあるため、地域社会とマングローブ林との関係はバリ島のサイトほどに緊密でないことが予想される。しかしこの島のマングローブ林は、かつて合法的であったとはいえ焼石灰製造のための燃料として皆伐され現状のようになった歴史を持っている。このような歴史を含め、現在の地域社会との関わりも今後明らかすべき調査研究課題の一つであるが、このような条件のもとでは地元民間企業への、造林と林業経営に関する長期的コンセッションの賦与、海外直接投資の誘致等によるマングローブ林の企業的専作経営が採用すべき経営方式の一候補としてあげられよう。しかし林業経営への企業参加を決定づける要因は、いうまでもなく採算性であろう。この採算性をカバーする必要があるときは、当該事業に対して国際協力事業としての性格づけと、マングローブ生態系の特殊性に見合う長期低利の融資という実質的な支援制度を用意することも重要である。

(5) マングローブ林の持続的利用に対する転用・開発圧力

マングローブ林は、沿岸地域にあって、潮間帯という特殊な地理的条件の下に立地することから、産業的には製塩業との競合がある。つまり、マングローブ林から塩田への転換利用の問題である。バリ島のプロジェクト・サイトでは隣接して（厳密にはプロジェクト区域内に含まれるようであるが）すでに塩田への転用がみられる。またこのプロジェクト・サイト(330ha) はすべてエビの養殖池(Tambak)であったことと、再造林計画区域内に下水道処理施設の建設が予定されていることなどを想起すると、都市化の進展や経済発展とともに、転用あるいは他用途への公式、非公式の開発圧力が益々高まるものと予想される。このような転用圧力を緩和するにはマングローブ生態系の諸機能を十分に発揮させ得るような持続的林業経営の確立と社会生態系としてのマングローブ林保全の重要性を常にアピールしておくことが肝要である。その意味では、バリ・サイトとロンボクのGili Sulat島に設置予定の自然観察路（オーストラリアのケアンズではMangrove Board Walkと呼んでいる）は極めて有益な施設となるものと期待される。それだけに長期の利用に耐え得る恒久的施設とし、出来る限り早期に適切な方法で地域社会や外国人にも開放することが望まれる。

(6) 造林をめぐる社会経済要素の分析と社会調査

バリおよびロンボクの造林プロジェクトにおける実証調査に当っては、試験造林計画に続く林業経営計画を、地域社会経済の動向に整合性を持たせ、かつ地域社会の中で確固たる持続性を確立するため、関係地域社会の精密な社会調査が必要である。社会調査の簡明な目的は、地域社会の成員とマングローブ林（あるいは、その候補地）との社会経済的あるいは法的制度的な関わり方、マングローブ林の保全と開発利用に関する社会の評価（とくにプロジェクトの意義の認識度）とB. H. ニーズ（転用を含む開発圧力）等の現状を分析し、マングローブ林業経営開発の諸方策の有効性を実証的に検討することである。

このような調査の実施に当っては、現地関係省庁の農林水産関係の普及担当者をはじめ農村社会あるいは農業経済の専門家、研究者、とくに大学レベルの研究者の協力が不可欠である。バリにあっては Udayana大学、ロンボクでは Mataram大学の研究者の協力が得られるものと期待される。この点に関しては、社会経済調査に限らず、造林の技術的諸問題の解決に向けても、現地の大学あるいは広くインドネシア各地、さらには第三国の大学・研究機関とのネットワークによる研究協力体制を樹立することが望ましい。

(7) 社会調査における気球による航空写真の有用性について

マングローブ林の生態観察における気球利用による航空写真の有用性については既に実証されているが、マングローブ林と地域社会との関わりを、視覚的に、しかも科学的に読み取る手段としても航空写真は極めて有用である。一定地域を一枚の図版として鳥瞰できる航空写真から、地理学的な情報ばかりでなく、地上における聞き取り調査や資料調査に

もとづく社会調査の、おおよその結果すら予測させうるような種々の情報を読み取ることが可能である。

また、それはプロジェクトの事後評価に向けて、不可欠な資料となるに違いない。

バリ島ブノア湾のプロジェクト・サイトの航空写真（ただし、航空機から撮影）を前扉裏に掲げる。

#### 4-4 土 壤

##### (1) 予想された調査・分析事項

現地視察を行うにあたり、資料として配布された「マングローブ林資源保全開発現地実証調査事業、試験・調査活動計画（93.5.14 作成）」を基に、各試験・調査ごとの土壌に関わる調査・分析事項を列挙すると以下のようなものが考えられた。

##### 1) 育 苗

###### a) 適正用土の検討

EC、pH、 $Fe^{2+}$ 、 $H_2S$ 、CEC

土壌中のN、P、K、P

N： $NH_3$ 、 $NO_3$ 、全N、 $NH_4$  化成量

P：有効態P

K：交換性K

S：パイライト

###### b) 成長試験、水管理

精密試験苗畑の土壌につき、

冠水時間、冠水深の経時変化、EC、pH、 $Fe^{2+}$ 、 $H_2S$ 、CEC

土壌断面調査、土性

##### 2) 造 林

###### a) 畝植え

High tide, Low tide 時の水深等を考慮

土壌の土性、 $Fe^{2+}$ 、 $H_2S$ 、パイライト量

###### b) 造林地堆砂量調査

堆積速度、堆積土砂の土性、有機物量（濃度）

周辺の天然林、干潟、造林地間で比較し、造林地に堆積する土砂の特徴を把握

造林地点の原植生と造林樹種の関係を考慮しておくことが必要

###### c) 苗木形態別植栽試験

苗木の根色、形態観察より、 $H_2S$ 等のadverse condition に対する各苗木の適応耐性能力を把握

d) 水管理試験

水質：有機物量（TOC）、EC、pH

水深等の日変化、土壌の透水性

3) 生態

a) 天然林林内環境調査

固定プロット土壌調査、地形のレベル測定→微地形ごとの土質

b) 土壌調査

透水性、冠水深

断面調査：層位、厚さ、色調、有機物量、土性、硬度、pH、EC

(2) バリ島プノア湾地域調査結果

上述の視点・測定項目を念頭に、バリ島プノア湾地域のTambakを土壌学的視点から「聞とり」調査を交え現地観察・調査を行った。以下にその概要を記す。

1) 「生育良好」と「不良」Tambakにおける土壌について

Block IIIにおいて隣接する優良（No.26, 27）、不良植栽地（No.28, 29）間の土壌の性質には大差が無く、土壌の化学性にその原因を求めることは不可能と考えられる。

特に、No.26, 27, 29間で土壌の性質（土性、化学性）は類似しており、土性は比較的壤質で透水性も本来良好なものと判断された。これら土壌は、表面高（レベル）から判断して通常冠水（水飽和）状態にあるものと考えられるにも関わらず、「硫化水素臭」がほとんど無く、異常還元の兆候は認められなかった。また、土壌表層を含め、各層位とも土壌pHは中性付近にあった。

他方、No.28のTambak内の土壌は「硫化水素臭」が強く、本土壌においては異常還元  
の兆候と、「硫化水素」の害が推察された。しかし、このような土壌はその後の他地点のTambak内土壌の調査の結果、むしろ例外的な土壌であると判断された。

prawn-cultureの結果、Tambak内の土壌は有機物に富み、有機物分解に伴う土壌の異常還元がマングローブの生育を阻害する（主に硫化水素に由来）と考えられているが、本Tambakおよび調査したその他のTambakにおいても強い「硫化水素臭」は認められなかった。

海底下の土壌には、しばしば多量のパイライトが含まれ、prawn-pondのbank土壌がパイライトの酸化にともなって強酸性を示すものと予想されたが、調査したTambakのいずれにおいてもそのような兆候は全く認められなかった。

<対策・考察>：土壌自体の有する阻害要因は、パイライト、土性等を含め、大きな（主要な）問題とは考えられず、問題の主因が土壌をとりまく水環境にあると判断される。

2) prawn-culture に伴う土壌の富栄養化とその対策



土壌の富栄養化の結果、返還年には20%のTambakで、2年目には5%のTambakで、3年目にはごくわずかのTambakでアオミドロの発生が観察されるとのことである。また、精密苗畑予定地周辺（新センター予定地付近）のTambakでは、アオミドロとともに「コナ」の発生も観察された。

「コナ」は湛水土壌の表面一面に藻類が繁茂し、昼間これら藻類による光合成の結果酸素を多量に発生し、気泡となった酸素の浮力で土壌表層の藻類が土壌とともにパッチ状に剥がれ、水面上に持上げられたものである。

これら藻類の生育は通常水中のリン酸含量に最も大きく影響され、次いで無機態窒素含量と関係が深いことが知られている。Prawn-cultureの結果、Tambak内の土壌は富栄養化し、表面水中に多量のリン酸と無機態窒素が土壌から供給され、アオミドロや「コナ」の発生を招いたものである。しかし、3年次のTambakではこれら藻類の発生が観察されなかったことから判断し、藻類の問題は短期間で解決されるものと考えられる。なお、これら藻類がTambak内で枯死し、土壌表層に累積した場合、新たな有機物の土壌への富化、それにとまなう異常還元が予想される。潮の満ち引きにとまなない流入・流出する海水がTambak内のリン酸をTambak外へ搬出し、Tambak内のリン酸量を短期間の間に減少させる結果、Tambakの水質は速やかに改善されるのであろう（ここでは、流出したリン酸によるTambak外の沿岸域の富栄養化については言及しない）。

<対策>：アオミドロ、「コナ」の問題は短期間の一過性のものと判断され、3年目以降の問題点は、水温、土壌中での水の停滞、後述する水位、EC、H<sub>2</sub>S等であると考ええる。

### 3) Tambak内のマングローブの生育不良の原因について

Block IV, No.31 Tambakにおける、1993.5.19の潮の満干に伴う冠水高の変動を図1に示す。No.31のTambak内のマングローブの生育は良好であり、対照として隣接するマングローブの生育の不良なNo.32のTambakを合わせ観察した。

当日の満潮は9時(230cm)、干潮は15~16時(40cm)であった。潮位表によると、大潮時、小潮時の満潮・干潮の水位はそれぞれ、260cm-10cm、170cm-80cmであり、当日はほぼ中間に相当する。

15時30分までの観測の結果、観測を開始した9時にはすでにTambakの取水溝における水の流れは停滞状態にあり、Tambak内への海水の流入と海面の変動には大きなtime lagが観察されなかった。また、9時から15時30分までの間に冠水高は約75cm低下した。15時30分においてもNo.31のTambakではなおTambakから入河の方向に流出していたが、周辺のTambakにはすでに滞水の状態を示すものが見られた。

No.31のTambakにおいてはじめて土壌表面が水面上に出現したのは13時40分であり、その後の土壌表面の露出速度は緩慢で15時30分時点でも露出した部分は全体の1/5以下

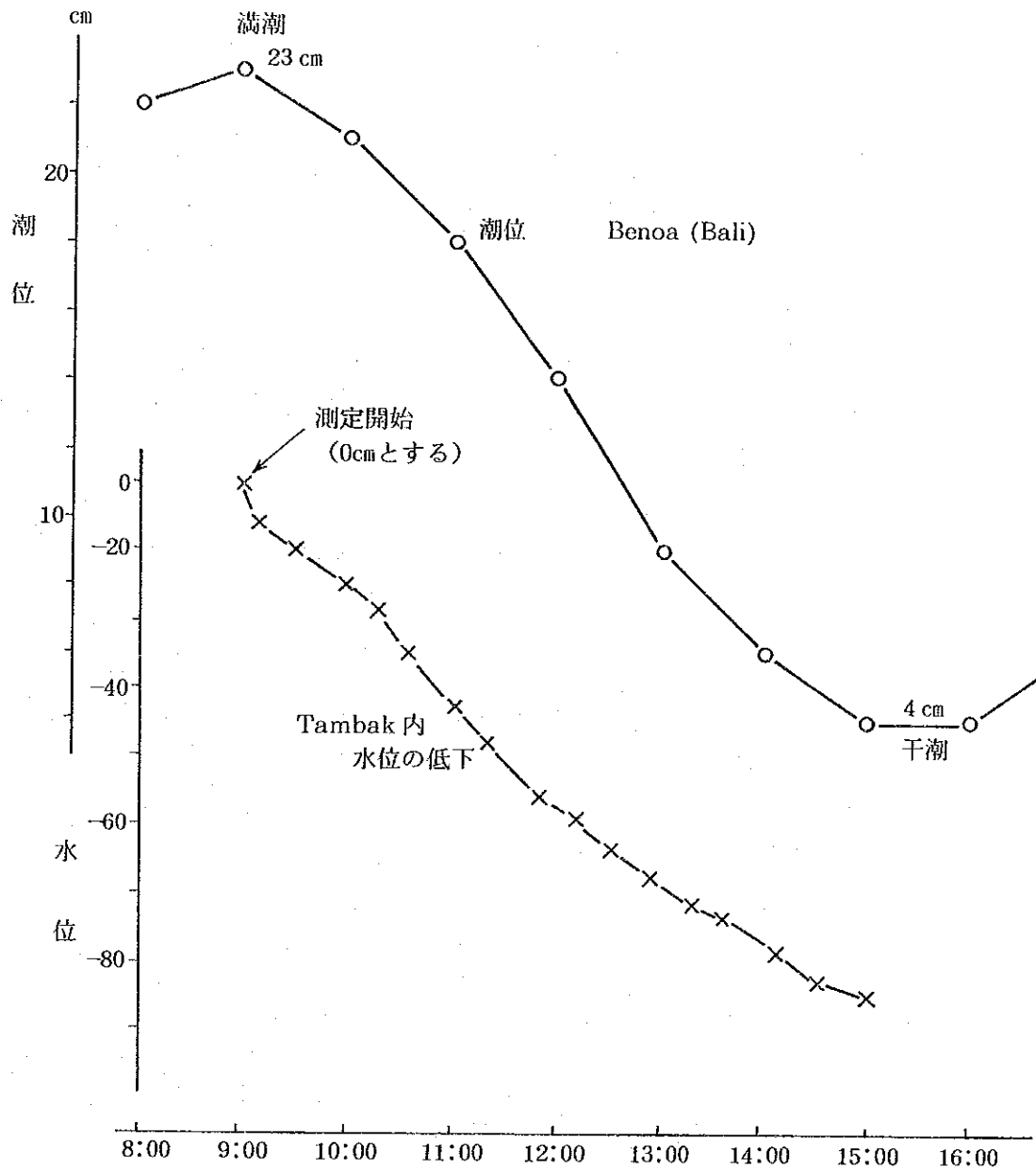


図1. 潮位の変動とTambak内水位の変動 (1993. 5. 19)

Block IV. No.31

と判断された。隣接するNo.32のTambakでは最初に土壌表面が出現する時刻、露出速度いずれもさらに遅く、観測を開始した9時には完全にマングローブが水面下に没していた。

以上の観察より、一般に当地域のTambak内の土壌レベルは低く、土壌表面の露出時間は極く短いものと観察される。

1993.5.19の時間経過にともなうNo.31, No.32 Tambakの冠水状況を示す写真を添付する。(前扉裏参照)

<対策・考察>：一般に当地域のTambak内土壌は、極短期間のみ水面上に露出する状況にあり、冠水時間の減少を計ることが重要であろう。さらに、土壌内での水の動態把握はマングローブ根の健全な生育を判断するためにも必要と考えられる。

#### 4) 苗床用の水確保、水質について

マングローブの生態環境は、沿岸域、河川の河口域、嶼島海浜である。このうち、バリ島プノア湾地域のマングローブの生育は沿岸域と嶼島海浜がその主要な場所であり、マングローブのzonationは、河川の河口汽水域で見られるような塩分濃度の相違に基づくものではなく、海岸から海側への勾配に伴って発達したものが主体をなしている。換言すれば、本地域のマングローブの生育には塩分濃度の変化はそれほどの関与をしていないと判断される。

従って、苗床用の水質に対する注意よりも、精密苗畑における苗木の生育状況から、水位との関係で、生育に適切な水位、冠水時間の解明が重要と考えられる。

ところで、プノア湾地域のマングローブ植栽地域には4本の小河川が流入しており、苗床用の水資源としての利用が考えられる。そこで、1993.5.21、満潮・干潮時にマングローブ植栽地域を周回する幹線道路脇からこれら4本の河川水を採取し、ECを測定した(下表)。

採取地	採取時間	EC	温度	塩分%	
1	11:45	1.187	30.4	0.01	満潮10時、干潮17時
	16:53	0.486	30.1	0.01	
2	11:55	0.616	29.7	微量	
	16:45	0.437	29.8	微量	
3	12:03	16.55	30.6	0.90	
	16:40	16.99	29.9	0.97	
4	12:10	50.90	30.3	3.10	
	16:30	39.62	29.6	2.40	
井戸水		0.857	30.0	0.13	

1本の河川水 (No. 4) は両時間とも海水に近い値を示し、No. 3 は汽水であるが、時間変動は明らかでなく、他の2本 (No. 1, 2) は真水と判断された。今後はNo. 1, 2, 3の河川の水量、利水方法を検討し、将来の利用を考えることが肝要である。

さらに、1地点で井戸水を採取し測定したところ、塩分濃度の低いことが判明した (上表)。地下水の利用も将来考慮すべきである (採取地点の詳細については、現地へ問合わせられたい)。

5) Block III. Tambak No. 27に生育する生育良好、中、不良な*Rhizophora mucronata*の地上部、地下部の観察

生育の差異に関しては、杉会長による詳細な考察がすでになされている。本報告ではこれら*Rhizo. mucronata*の写真を添付するに止める。(前扉裏参照)

6) 総合考察

以上、今回実施したブノア湾地域のマングローブを植栽したTambak内の土壌を主とする調査・観察の結果といくつかの考察を述べた。観察・調査の結果、ブノア湾地域のTambak内へのマングローブの植栽とその後の生育が必ずしも円滑に行なわれていないと言う印象を禁じ得ない。

しかし、

- a) 本調査の結果から土壌自体に重大な要因が内在しているとは考えられない。
- b) *prawn-culture* に伴う土壌の富栄養化、パイライトに由来する土壌の酸性化も大きな問題とは考えられない。
- c) マングローブの生育不良の原因は、Tambak内の土壌のレベルが低く、水面下に土壌の露出する時間が短かすぎることが最大の原因と考えられる。
- d) Tambakの分布する地帯は本来マングローブの良く生育していた地帯であり、地形的には何等問題が無いと考えられる。

結論として、

- e) Tambak周辺のbank上の土壌をTambak内に戻し、土壌レベルを高くすることを提案したい (現地研究者も同様な考えを有している)。この際、土壌レベルを考慮し、樹種を選定することも重要であろう。
- f) また、土壌の性質からの問題抽出は前述した通り困難であり、早急に植物生理学の専門家を派遣し、マングローブの生育不良の原因を植物生理の側面から検討することが必要と考える。生育不良の原因が明らかになれば、土壌学的側面からも対策が講じえるものと考えられる。

#### 4-5 植 生

##### (1) 造林・開発計画に先立って実施すべき植生調査

プロジェクト実施に当り、具体的な造林計画の前にどうしても知っておかねばならない問題は、調査地であるバリ島ブノア湾一帯のマングローブ植生と、第二の調査地、試験地であるロンボク島の属島ギリ・プタガン島とギリ・スラット島のマングローブ植生の実態の把握である。

一般に植生生態学では、そこに存在する植生（現存植生）は様々な過程を経て成立したものであり、現存植生の前段階はどのような植生であったか、さらにそれ以前の植生はどうであったか。また、その植生が将来どのように変わっていくか、等、植生動態、すなわち植生遷移を推測することを第一義としている。

マングローブ植生については、陸上の森林と違って海水の及ぶ立地に限定されること、またマングローブ植物とよばれる種類が限定されること、等のことから、現存植生を調査し、それを解析することによって、比較的容易に潜在植生（以前の植生）を推定することが可能である、とされている。従って、この度のような現地実証調査に当たっては、所定の調査地及びその周辺におけるマングローブの現存植生調査を実施し、そのマングローブ植生がどのような経過で成立してきたかを探る必要がある。

殊に、バリ、ロンボク両島共、そこにおけるマングローブは、自然な遷移によって出来上がったものではなく、様々な人為的影響を受けて成立したものである。この両地域において、マングローブの保全・造林を計画するのであれば、尚更にそこに成立している現存植生に、また潜在植生に学んで、その保全或いは造林を考えねばならないのである。

植生で明らかにする問題は概略以下の項目である。

##### 1) 群落構成種

今回の調査でみられたマングローブ植物は次のとおりである。しかし、今後も調査を続け、インドネシア、バリ・ロンボク島におけるマングローブ植物フロラを明確にしていかなばならない。

##### Rhizophoraceae (ヒルギ科)

<i>Bruguiera gymnorrhiza</i> Lam.	オヒルギ
<i>Rhizophora apiculata</i> Bl.	フタバナヒルギ
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	オオバヒルギ
<i>Rhizophora stylosa</i> Griff.	ヤエヤマヒルギ
<i>Ceriops decandra</i> Ding Hou	デカンドラコヒルギ
<i>Ceriops tagal</i> C. B. Rob.	コヒルギ

##### Sonneratiaceae (ハマザクロ科)

<i>Sonneratia alba</i> J. Sm.	マヤブシキ
-------------------------------	-------

Meliaceae (センダン科)

<i>Xylocarpus granatum</i> Koeng	ハウガンヒルギ
<i>Xylocarpus moluccensis</i> Roem.	リニスハウガン
<i>Xylocarpus</i> sp. (? cf. <i>obovatus</i> )	

Combretaceae (シクンシ科)

<i>Lumnitzera recemosa</i> Willd.	ヒルギモドキ
-----------------------------------	--------

Verbenaceae (クマツツラ科)

<i>Avicennia marina</i> Forsk.	ヒルギダマシ
<i>Avicennia officinalis</i> L.	

Myrsinaceae (ヤブコウジ科)

<i>Aegiceras corniculatum</i>	ツノヤブコウジ
-------------------------------	---------

Rubiaceae (アカネ科)

<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	ミツバヒルギ
-----------------------------------	--------

以上が主要マングローブ植物、この他亜マングローブ種、従マングローブ種などとして、*Excoecaria agallocha*, *Terminalia catappa*, *Pemphis acidula*, *Hibiscus tiliaceus*, *Clerodendrum inerme*, *Acanthus ilicifolius*, *Finlaysonia maritima*, *Thespedia populnea*, *Derris trifoliata*, etc.

その他未同定のもの10数種ある。

2) 群落単位

植生調査によって、マングローブ群落の種類を決め(群落のタイプ)。どんなタイプ(種類)の群落が集まってそのマングローブ植生ができているかを把握する。殊にマングローブ群落は、帯状群落(ゾーンエーション)を作ることが知られており、どんなタイプの群落がどんなゾーンエーションを作っているかによってその遷移過程が推測できる。従って、調査地での群落単位を記録することが必要となってくる。

今回の調査結果は次の項で述べる。

3) 群落構造

個体密度、植被率、群落の高さ、胸高径、等を調べ、その群落の生活・生育の実態把握を行なう。

今回の調査では、これらの調査が実施できなかった。

4) 植生図化(バルーンによる空中写真を基にして)

これらの調査結果から、詳細なマングローブ群落の植生図を作成する。これも今回の調査で実施できなかったので、近い将来、バルーンによる空中写真撮影を行なって、詳細な現存植生図を作成する。

(2) バリ島プノア湾のマングローブ自然植生の概要

今回の調査で正確な植生図を描くには至らなかったが、バリ島、プノア湾のマングロブ自然植生の構成種、それら各種の生育状態から判断し、長い年月の間人為的な影響を強く受け、原植生が再三破壊され、現在では全域のマングロブ林が二次林であることが明確となった。

この二次林は概略次の4～5種類の群落に区分される。しかし、今回の調査は詳細な植生調査を行なっておらず、マングロブ林内を歩きながら相観的にメモしたものから判断して、一応の群落タイプを区分したものであり、今後植生図作りと合わせ、植生調査も行なって正確な群落区分をする必要がある。

#### 1) *Sonneratia alba* 優先林

プノア湾のマングロブ林のなかで最も広い範囲を占める林分で、海側前面の群落は殆どこの*Sonneratia alba*が優先し、その中に僅かに*Rhizophora apiculata*, *Aegiceras corniculatum*が混じる群落である。さらにこの群落は海側前面だけでなく、後背(養魚池として開発されたため、それ以前はかなり内陸側まで広がっていたであろうマングロブ林が途中で切断されているので、真の後背ではない。)部分でもこの群落が見られる。

この群落は最も旺盛な生育を見せており、樹令は正確ではないが、古いもので50年を越えていると思われるものがある。しかし、樹高はそれほど高くなく、海側前面で6～7m、陸側後背でやや高く10～12m、胸高径50～60cm。ぐらい。稀に高さ15mに及ぶ個体も見られる。

生育立地は泥質地のやや深いところ、生育初期は水深の浅いところであって、樹高が高くなればかなり水深の深いところでも生育できる。そうしたことから想定すると、現在生育する立地は比較的水深の深いところであるが、これは、底土が波の影響を受けて浸食され、低くなったものと考えられる。

#### 2) *Avicennia marina* 優先林

マングロブ林の最前線、或いは水路沿いに、巾狭く帯状分布する*Avicennia marina*の群落がみられる。群落面積が狭いだけに、林内には極く僅かの*Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*等の実生が見られるが、ほぼ純林に近い状態の林分もみられる。

元来この*Avicennia marina*は先駆的な役割を持つ種類で、一般的には泥土によく育つ。その土壌条件が長期間安定であり、また潮位(水深)の条件もそれ程大きな変化がなければ、かなり高木の林分を形成するに至るが、他の樹種たとえば*Sonneratia*や*Rhizophora*の種類が混生し、それらの種類が優勢に生育するようになると、それらに対して劣性となる。即ち、マングロブ林の遷移過程を考えるうえで重要な群落単位である。

しかし、ここプノア湾では、マングロブ林の最先端に現存するものは、その生育・発達のあまり良くない群落であるし、また、林内に見られる群落では他の種類を混える

ものが多く、群落の遷移過程の或る状態を示しているものと判断される。即ち、林内のこの群落の中には、稀に高さ7~8mになる個体が残存するが、これはかなり古いものであることを物語っている。

### 3) *Rhizophora stylosa*-*Rhizophora apiculata*群落 (混交林)

*Rhizophora stylosa*と*Rhizophora apiculata*が同じ程度に混生する林分で目測ではどちらが優先しているか明確でないので、取りあえずこの群落名としておいた。今後の調査によって或いは*Rhizophora stylosa*-*Sonneratia alba*群落となる可能性もある。それは、元来このマングローブは*Rhizophora stylosa*が優先する群落であったと考えられ、その群落は群落前面の大部分を占めていたものであり、所によっては*Sonneratia alba*が、そして群落内部に*Rhizophora apiculata*が優先していたであろう。しかし、その後マングローブ後背地が養魚池などに開発されたことにより、その影響を受けて*Rhizophora stylosa*と*Rh. apiculata*が、攪拌現象を起こし、いわゆる混淆林となったと考えるのが妥当であろう。すなわち、この群落には、*Avicennia marina*をはじめ、*Aegiceras corniculata*などの混生がみられることは、両者とも群落前面ないし水路沿いに生ずる種であるからである。

マングローブ群落としては中心的な群落であるので、この群落について今後さらに詳しい植生調査を行なって、ブノア湾地域のマングローブ植生遷移、潜在植生を究明する必要がある。

### 4) *Rhizophora apiculata*-*Sonneratia alba*群落 (混交林)

前者*Rhizophora stylosa*-*Rhizophora apiculata*群落と同じものであるかもしれない。本来群落の構成主要種は*Rhizophora apiculata*であり、*Rhizophora stylosa*は群落前面部に先駆的に帯状分布するのが普通である。すなわち、この群落は前面の*Rhizophora stylosa*がなくなって、それに続く*Rhizophora apiculata*林が残存し、それに*Sonneratia alba*が標徴種として混生する群落と考えられる。

ここブノア湾ではこのタイプの群落が最も普通で、前記2種が優先するほか、*Bruguiera gymnorhiza*, *Avicennia marina*, またいつの頃か植栽されたものといわれている*Rhizophora mucronata*など、極くまばらではあるがこの群落の中に混生している。

この群落は、海から陸までの巾広いマングローブ林の中によく見られ、ところによってはよく発達する。二次林としては、かなり長年月を経た成熟林と考えられるが、実際は、かなり人為的な影響を受け、いわば、かき混ぜられた群落ともいえる。

### 5) バックマングローブについて

マングローブはその群落を次第に広げながら陸域をひろげている。すなわち、海側前面に*Rhizophora mucronata*, または*Avicennia marina*, *Sonneratia alba*などがマングローブ先駆群落として帯状分布するが、年数の経過とともにその中へ別の種類が入り込



み、例えば *Avicennia marina*, *Sonneratia alba* 等が混生するようになり、結果的には上記3)、4)と同じような群落タイプが幾つか区分できるようになる。

これらの進んだ群落では、マングローブ後背地に多く、さらにこれに続く後背域では、後背マングローブ種とでもいえるものが数多く、その内容は概略次のとおりである。

*Xylocarpus granatum*, *Xylocarpus molluccensis*, *Lumnitzera racemosa* などは亜マングローブ種。また *Excoecaria agallocha*, *Pemphis acidula*, *Tsepedia populnea*, *Intsia bijuga*, など、バック・マングローブと呼んでよいと思われるものが十数種かぞえられた。

これらのバック・マングローブ種は、古い頃の群落遷移をみる上で重要な意味をもち、さらには陸化への速度または順序を考えるのに役立つ。

### (3) ブノア湾マングローブ林調査への提言

前項で述べたが、植生調査を効率的に且つ詳細に行なうために、バルーンによる空中写真撮影を提言したが、その調査の中で次の事項について、すみやかに調査を実施し、保全・造林計画の土台となる資料の収集につとめ、さらには、その結果をまとめて、バリ島のマングローブが造林、環境、利用・開発など各グループの関係者のために、一目瞭然なものにすることが望ましい。

- 1) バルーンによる空中写真撮影
- 2) 群落断面図の作成
- 3) 樹種による分布図の作成
- 4) 満・干潮の時の潮の分布範囲（及ぼす範囲）

### (4) ロンボク島、ギリ・プタガン、ギリ・スラット島のマングローブ植生

バリ島の東に位置するロンボク島へ渡り、苗畑計画のある首都マタラムの南方およそ60 kmの海岸で、大型船も出入りできるレンバル港のある入江（湾）の後方泥地に広がっているマングローブ域がある。ここのマングローブ植生を調査し、また島の東海岸の沖合にあるギリ・スラット島およびこれに隣接しているギリ・プタガン島のマングローブについて視察を行なった。

ギリ・スラット島はその周囲全面にマングローブ林が発達している。ここのマングローブ林は、原植生ではないが、自然植生として豊かなマングローブを形成している。従って、ここには一画を標本・観察林とする計画がもたれている。

一方、ギリ・プタガン島は、以前はギリ・スラット島と同様なマングローブ植生を持っていたと考えられるが、今は皆伐され、近年一部植栽されているものもあるが、自然な再生が起り、所によっては小さな群落を形成するに至っている。

## 1) ギリ・スラット島のマングローブ植生

南太平洋の島嶼型マングローブ林に非常によく似ている。島が小さいこともあって、それほど豊かなマングローブ林といえないが、島のほぼ全周囲にあり、特に島の内部へ入り込む水路沿いのものはかなり丈も高く、13~14mの林となっている。

このマングローブ構成種をみると、純マングローブ種、亜マングローブ種、と判断されるもの、即ち *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia alba*, *Bruguiera gymnorrhiza* などが主要構成種であり、その外 *Avicennia marina*, *Xylocarpus granatum*, *Excoecaria agallocha*, また、マングローブ林内にできた僅かな島状の砂丘には *Penphis acidula*, *Hibiscus tiliaceus*, *Tespesia populnea*, *Intsia bijuga*, など種類は豊富である。

ここにマングローブ観察林を設置するのはきわめて妥当であり、ギリ・スラット島のマングローブ全体を見本林、観察林に、またここを種子採取場としてもよいと思われる。但しこれらの計画を設計する場合、このマングローブ植生について詳しい調査を行い、且つそれを土台として、自然植生を生かした設計とする必要がある。

## 2) ギリ・プタガン島のマングローブ植生

かつてはギリ・スラット島と同じマングローブ林が成立していたと考えられる。しかし現状は、全マングローブ林が伐採され、その後に自然生育した *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba* などが単木的に、ないし疎群落として再生している。これらのマングローブは再生して4~5年程度経過したもので、樹高2~3mに育っている。従ってこのまま放置すれば、10~15年後には隣のギリ・スラット島ときわめて近似のマングローブ自然林が再生するであろう。そうした自然再生の経過遷移過程)を観察するにはきわめて好適地といえる。

しかしながら、ここは造林地計画の中にあり、既に *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorrhiza* などが、部分的に植栽されていて、これらの生育が自然再生している他の種類とほぼ同様の生育を見せており、自然再生地以外への造林地拡大の可能性を窺わせている。従って、その造林地拡張域を選定するためにも、バルーン利用による空中写真撮影を早急に行い(満潮・干潮時の写真撮影)、その写真から自然再生域と水深コンタ図面を作成し、その中に選定した種類の带状植栽計画(ゾーネーション・プランティング)をつくるのが望ましい。

この島の調査で、マングローブ域の中に *Ceriops tagar* (種の同定に多少問題あり) や *Lumnitzera racemosa*, *Xylocarpus mollucensis* (タイ国に分布の多い *X. mekongensis* とは違う) などが僅か見られ、潜在マングローブ植生の豊富なことを窺わせている。

また特に、この島は隆起珊瑚礁の低い島で、全面が丈60~80cmの草地で、その中に単木的に *Sapindus*, *Canarium*, *Premna* などが生育しているに過ぎない。そのため島の

周囲のマングローブが風の影響を受けて成長が阻害されることが考えられ、実際にこのマングローブの成長はそれ程良好とはいえない。従って、ここでの造林計画には島の周縁部への暴風垣植栽を組み入れる必要がある。その樹種は *Sapindus* sp. *Canarium* sp. (未同定) などが適当であろう。

特記すべきことは、この島の渚線上部の砂質堆積帯と内陸草地との境に、木本性の *Salicornia* sp. (未同定) が見られたことである。この種は元来、かなり限定された環境条件のもとでのみ生育する植物であるところから、この島の環境指標の一つとなるものと考えられ、この種の同定と原産地、結実の可能性などについて早急に結論を得たい。

#### 4-6 森林経営

##### (1) 森林経営分野のカバーする範囲

森林経営分野のカバーする範囲は、一般につかみどころがなく、融通無碍であり巾広くも、狭くもなるものであるが、ここでは、育苗、造林、森林生態の各専門家のカバーする以外の企業または事業としてマングローブ林を経営する場合に必要なさまざまな事項に目をくばり、全体としてバランスよく取りまとめていく役割をもつ。

報告書の目次作成・編集者であり、育苗、造林、森林生態の各専門家にあらかじめ依頼し、そのカバーする範囲で不足する分は自ら調査し、または、短期専門家により補うよう計画する必要がある。

##### (2) 今回調査の限界

今回は、造林分野の検討が中心となり、時間的制約から十分な検討は出来なかった。

これは、森林経営の前提としてこの場所において森林が再生可能でなければ経営そのものが成り立たないため造林可能性の検討に集中せざるを得なかったこともあるが、一方で、造林の成果(途中までも)が出ていない段階であるため、経営のためのキーポイントとなる経済的採算性の検討もできないためである。

しかしながら、今後の事業的試験の進展に合わせて、最終的なプロジェクトの目的である投資の経済性を考慮していくための検討が必要であり、そのために必要なデータ類の収集が必要である。このため、ナイジェリア・実証調査のとりまとめ例、功程調査参考資料を提供、現地で応用しながら、資料集めをしていくこととなる。

##### (3) 一般的に経済性を判定するのに必要な調査項目

次のようなものである。

功程・コスト調査(必要な調査項目は、通常の造林事業と同様のもの。)

育成事業系列: 種子採取(運搬含む)、育苗、地ごしらえ、植林、保育

素材生産系列: 伐採、運搬(加工場)まで

製品製造系列: 製造(製品の種類により異なる)

流通販売系列：販売管理、輸送

一般管理系列：

製品製造技術と品質

販売価格：製品・品質規格毎の販売価格

(地場、国内主要都市、国際マーケット毎)

(4) マングローブ林経営分野について、バリ、ロンボクの実証調査で完結しない部分

植生、生態、造林分野の団員報告にあるとおりバリ、ロンボクは珊瑚礁タイプの南太平洋型マングローブであり、本実証調査がマングローブ全体を扱うものとするならば、かなり、従来知られているマングローブ林経営事業地とくらべ、特殊な（経営的には難しい）立地の場所を選んでいる。

特に育成事業系列で得られるデータは、南太平洋全域（またはその他の珊瑚礁起源による小島）に適用できる世界的に貴重なものとなるであろう。

しかしながら、木材経済的な意味でのフィージビリティの検証という意味では、樹木の成長が良くないと予想され、なかなか難しい側面をもっている。

マングローブ全般に利用できる成果品とするためには、今後、ジャワ島スラバヤ、スマトラ島リアウなど一定程度コマーシャルベースでマングローブ林経営がなされている地域の調査によって、成長量や生産コストの調査を行うことで、この地域でのフィージビリティを補完し、結果をとりまとめる必要がある。

(5) マングローブ林造成後の目標とする製品

マングローブでもっとも価値の高い利用方法は、現地での仕切り価格は安いものであろうが、日本向けの本炭（備長炭代替品）であり、木材チップ、地元向けの薪炭が続く。

備長炭そのものの価格は、日本の末端価格で1000～2000円/KG

原木（素材）1 m<sup>3</sup>当りで、製品化歩留り0.15として7000～14000円/m<sup>3</sup>

流通ルートは、おそらくは、華僑系資本により押えられており、難しいこともあろうがひとまず、これを目標にするほかないであろう。

木材チップは、現地価格で2000～3000円/m<sup>3</sup>、日本向けには、量がまとまらない限り引取り手はない。原木で船積みして運賃5000円/m<sup>3</sup>とすれば7000～8000円/m<sup>3</sup>となる。

木材チップの方が有利に見えるが、ロットが小さくても事業が成り立ち、地元雇用につながり、流通経費を省くことで、本炭の方が有利となる。

(6) 環境配慮と林業・漁業等との複合経営の検討

1) 環境配慮

さらに、環境配慮の観点からは、このプロジェクトの対象地域そのものが、今後、マングローブ林として復元され、森林公園として位置づけられることとなっており開発にともなう環境配慮といったネガティブな意味での問題はない。

しかし、一般的には、マングローブの維持のためには、長期的観点からマングローブ以外の森林がそうであるように、住民（漁民）との共存を考えることが不可欠であり、この点から、マングローブと漁業の生産性、及び地元経済に与える公益的効果（水産経済）の調査検討が必要である。このため、

a) 一般的に言われているマングローブ林の存在・造成による漁獲高の増加、増加の影響する範囲について、かなりラフなものでよいが（やむを得ないが）水産専門家による漁獲高増加の推定（漁労）、漁民経済への影響（社会調査、水産経済）の計量的調査が必要。（可能ならば、地元の大学などへの委託調査）

b) また、漁業との複合経営については

ハード面では、造林分野と共同して、現在のエビ養殖池を自然に近いシルボフィッシュリーポンドとすることを一部試みる必要がある。

外洋に面した部分の池3～4枚分につき、陸地方向にさらに掘上げて水のつかない土手を広くし（陸上樹木の造林）、これに続く部分をマングローブとして有機物の供給を図り、隠れ家とし、真中を任意の巾の池としておく。または、水深の調整が可能のようにゲートを設けておく。といったものであろう。

ソフト面ではこれを漁獲高の長期観察用の池として使用すること、または、展示物の一つとすることが想定される。

#### 4-7 環境

本章では、Mangrove生育環境について、とくに環境工学的視点から、Mangrove域の立地条件および土壌条件を調査した結果をまとめる。

##### (1) 調査地

調査団およびプロジェクト専門家チームは、調査期間中にBali島南部 Benoa湾周辺およびLombok島南西部・北東部を廻った。

調査地の一覧をTable 1 に示す。なおBali調査地はエビ養殖Tambak跡地であり、大幅かつ人為的に自然環境が改変されている。Lombok調査地のうち、Lembar地区（苗畑候補地）はMangroveの生育環境が良好に保全され、Petagang島（無人島）はMangrove伐採跡地でありMangrove生育環境として不自然であり、Sulat島（無人島）はMangrove林がきわめて良好に保全されている。

[Table 1 調査地区一覧]

Area	Field	Date	Latitude*	Longitude*
Benoa bay	Block II	17 May	S 8° 42' 28"	E 115° 11' 37"
"	Block IV	"	S 8° 43' 02"	E 115° 13' 55"
"	Sasagawa	"	S 8° 42' 37"	E 115° 14' 34"
Lombok	Lembar	18 May	S 8° 43' 59"	E 116° 04' 55"
"	Gili Petagang	"	S 8° 25' 08"	E 116° 45' 18"
"	Gili Sulat	"	no data	no data

\* measured by Global Positioning System Receiver (SONY, IPS-360)

## (2) 調査方法

調査行程は、①Bari-Tambak地区、②Lombok-Lembar地区、③Lombok-Petagang島、④Lombok-Sulat島、⑤Bali-Sanur砂嘴(さし)、⑥Bali-Tambak地区の順に踏査した。なお、⑥については、Mangrove植栽の背景が複雑であることを考慮し、①～⑤の踏査経験を踏まえて再調査したものである。

調査項目は、(a) 調査地区の位置・地形、(b) 土壌(土性、土壌構造など)、(c) 塩分濃度、(d) 地下水の動態などである。また、Bali-Tambak地区では堤開口部の断面積と底部の標高を測量した。

## (3) 結果および考察

### 1) Mangroveの正常生育環境(Lombok島Lembar苗畑候補地の例)

Mangroveが生育する干潟は、地質学的な長い時間を経て形成されている。インドネシア・スンダ海域の小規模海進(陸地が海水で没した時期)が数千年前にあり、その頃の海水位が今から2~3m高いところにあったという説(古川久雄, 1992)を引用すれば、その後の海退(海水位が下がった時期)のうちに海岸部に干潟と淡水湿地が形成されることになる。この期間、Mangrove生育域は①Mangroveの侵入、②移行植生によるゆっくりとした遷移、③Mangrove域より陸側における自然堤防の形成、④Mangrove域の特殊な土壌(Mangrove泥層、泥炭層)形成などが複雑な過程で進行し、バランスのとれた環境が成立している。

このMangrove正常生育環境の実例の一つとして、Lembar苗畑候補地をみよう。

[Fig. 1 Lombok島Lembar地区の立地条件模式図]

まず、Fig. 1に苗畑候補地の模式図を示す。干潟の後背部には樹木が保全されている山地がある。干潟から20~30m陸側に堀抜井戸(径約1m)があり、それより陸側では表土を材料にした煉瓦を焼いている小屋がある。煉瓦材料には粘土が含まれていること

が必須である。とくに非膨潤性粘土（たとえばカオリン、水によって流出し易い）が豊富であれば焼物として良質な材料となる。現地の煉瓦は焼く前と後とでその体積がほとんど変わらないことから、おそらく非膨潤性粘土が主体となっていることがうかがえる。

陸地表層の土性はL（壤土）からCL（粘質壤土）で、下層はS（砂）が混ざる。地表から1 m程度の深さにある井戸水はバケツで汲み上げることができるが、相当量を汲み上げてその水位が下がることはなかった。井戸水は多少白濁し、塩分（NaCl）濃度は0%であった。海岸線（干潟と陸地の境目）の塩分濃度は0.8%、沖の海水で3%と、陸から海にかけて徐々に塩分濃度が高くなっていた。

これらの事実から、次のようなことが推察できる。

- a) 井戸水の汲み上げから復元するまでの時間が短く、干潟前線の塩分濃度が稀薄であったことから、浅層不圧地下水は山側から干潟にかけて多量かつ高速に流下し、Mangrove土壌圏に浸入し、汽水圏が確保されている。
- b) 煉瓦作りの材料におそらく非膨潤性粘土が含まれていること、井戸水が白濁していること、などから地下水は粘土層に触れるように流れており、しかもその粘土層は不透水層として存在し、地下水が深層に漏れるのを防いでいる。すなわち、地下水涵養能力は大きいことが推察できる。
- c) 以上の要件から、Mangrove域の保全には陸域の水源涵養能力が必要であることが示唆される。植生については、根系が比較的浅い部分に分布する草本類よりも深部に分布する木本類が必要である。つまり水源涵養林の保護は地下水を深いところに貯留させ、地下水基底流を増加させることが必要である。地下水基底流はMangrove土壌を徐々に汽水化する要因の一つとして重要なキーワードとなる。

Lembarの山地では有用材・薪炭材などのために伐採されているところが散見できた。Lombok島全体からみると、このような森林伐採の急速な進行（統計資料を確認する必要あり）は、いずれもMangrove域の間接的な荒廃に結びつく可能性がある。山地保護・植林政策の立案が望まれる。

## 2) Mangroveの正常生育環境（Lombok-Sulat島の例）

Sulat 島は陸部の標高が数m程度の島で、Mangrove林がきわめて良好に保全されている。最も特徴的であるのは陸部の樹木林が完全に残されていることである。また、調査当日の本島上陸時は午前の満潮時であり、船上からの観察から推察すると、およそ数十m幅の干潟域に生じる干満差が2～3 m程度であり、これは比較的大きく、この潮位変動が陸地の地下水位変動に強い影響を及ぼしていることが推察される。

学術的関心からすれば、今後は本島の水源涵養機構、水収支（降雨量、蒸発量、表面流出量、地下水流出量etc.）などの解析が期待されるが、Mangrove域に陸地の水源涵養が必要であることが、前述のLembar地区にたいする考察に加えて一層重要であることが

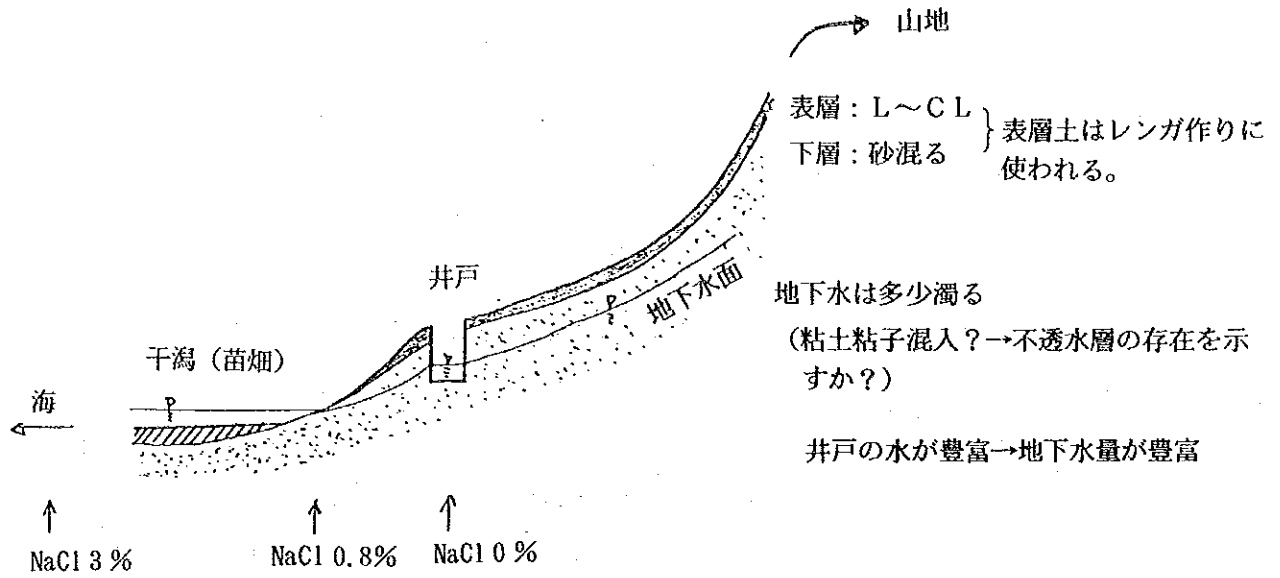


Fig. 1 Lombok島Lembar地区の立地条件模式図

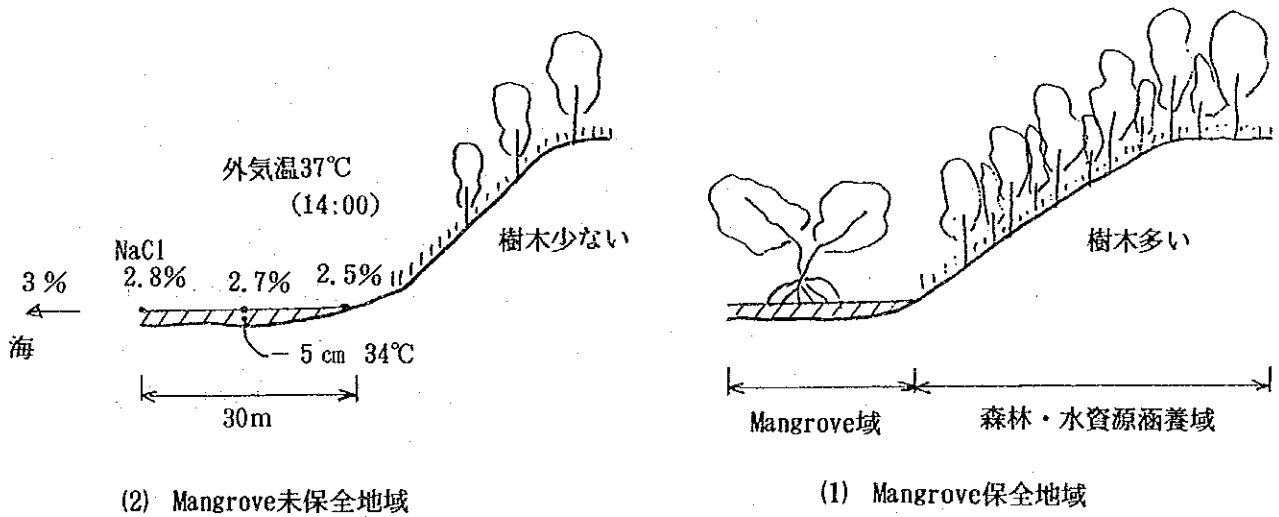


Fig. 2 Mangroveの保全・未保全地域の立地模式図、Sulat島・Petagang島



印象的であった。

なお、林相に関する検討にあたり、植物生態調査班は別途報告をしており、その要約として「防風林」の役割を強調している。Mangrove後背林が「水源涵養ならびに防風」の役割を果たし、総体的にMangroveの環境保全に役立つことは特記すべきであろう。

今後の精密調査にあたっては、計数カウンター付き雨量計、風速計による気象観測および土壌の物理性測定などが必要である。

### 3) Mangrove伐採跡地の不良生育環境 [Lombok—Petagang島の例]

Petagang島は Sulat島に隣接しており、珊瑚礁が島を取り巻いている。陸地には樹木が散見できるが、Sulat島より分布密度は明らかに低く、草原植生が目立っていた。Fig. 2にPetagang島の立地条件模式図 (Fig. 2(2)Mangrove未保全地域) を示す。また、同図に対照として前出のSulat島の模式図 (Fig. 2(1)Mangrove保全地域) を示す。Petagang島では干潮時における調査を行なった。干潟には Mangrove 伐採跡が目立ち、人為的に Mangrove環境が破壊されていることが推察できる。

海岸線の塩分濃度は2.5%、海へ向かって十数mおきに2.7、2.8、3.0%と徐々に高濃度になっている。気温 (14:00測定) が37℃に対して、干潟5 cm深の地温は34℃と高かった。海岸線の塩分濃度が相対的に高く、地温も気温の影響を直接受けていることから、陸地から干潟への地下水浸入はほとんどないように思われる。

[Fig. 2 Mangroveの保全・未保全地域の立地模式図, Sulat島・Petagang島]

干潟の表層土壌の断面をFig. 3に示す。粘土層と砂層が互層 (サンドイッチ状構造) になっているのが一般モデルである。砂層は水平に堆積し、水・ガスの移動は水平方向に動きやすい構造となっている。しかし、干潟生物の活動やMangrove根の伸長により、土壌の成層構造は攪乱され、砂層は分断し孤島のようにになっているところもある。総体的には堆積様式は水平になっていると考えられる。どちらの構造も十分な時間がかけられて自然環境の下で形成されたとすれば、土壌圏は動植物の生活にたいしてバランスがとれていたはずである。また、粘土層はMangroveの養分補給源、砂層はガスなど有害成分の排出通路として機能している。

なお、干潟生物とくにカニやシャコの棲息孔は、干潟の表層土壌に鉛直方向に発達する粗孔隙として存在し、ガス・水・溶質などの急速移動に大きな影響を与える。踏査のため干潟に足を踏み入れると、接地位置から数十cm離れた孔から水が勢いよく吹き出る現象を観察することができた。干潟生物の棲息孔が圧力伝達を敏感にさせていることの実例である。Fig. 4にその模式図を示す。

このようなメカニズムによって、潮の干満は棲息孔内の海水を迅速に動かし、Mangrove

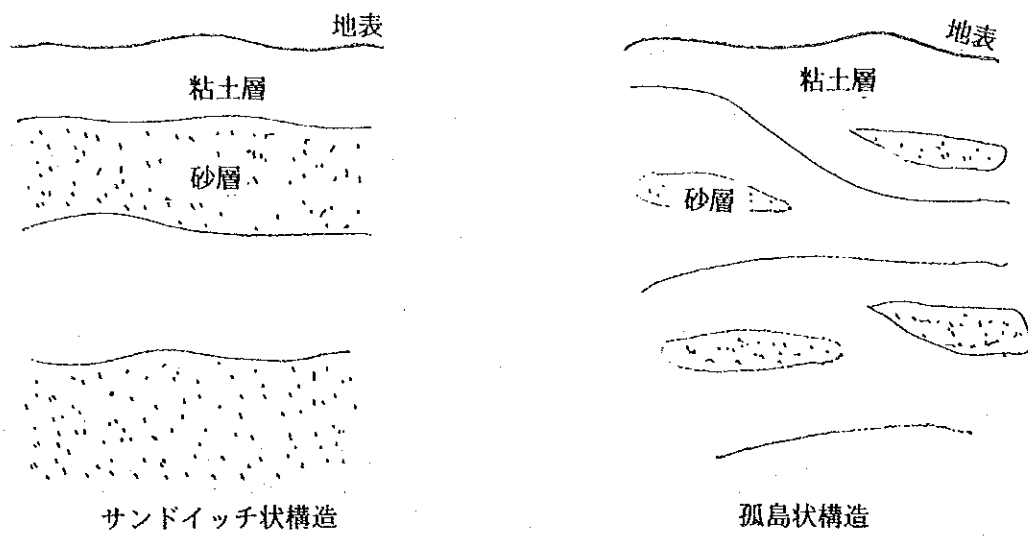


Fig. 3 Petagang島の干潟表層土壌の模式的構造

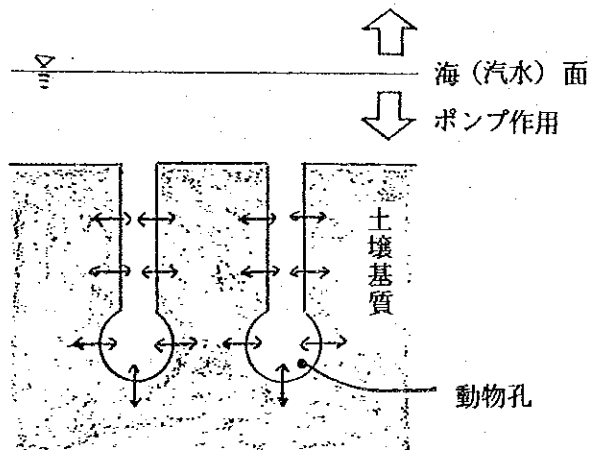


Fig. 4 干潟生物孔のベンチレーション効果

土壌の基質部分に滞留しているガスや溶質の移動と交換を容易にさせる。このメカニズムの詳細については、今後十分に研究する必要がある。

[Fig. 3 Petagang島の干潟表層土壌の模式図構造]

[Fig. 4 干潟生物孔のベンチレーション効果]

なお、土壌構造については、Mangrove伐採以外には大きな改変がなく、Mangrove根の生育構造として保存されているように思われる。しかし、陸地の植生が水源涵養とし機能しているかどうか危惧されるところもあり、汽水環境の保全のためには陸地部の植生が急がれよう。また、前述のとおり、ほとんど平坦な地形の本島では風の抵抗となるものがなく、樹木による防風効果も大いに期待できる。

いずれにせよ、Mangrove移植計画に陸地全域（海岸のみに集中することなく、内陸部にも植生する）の植生計画を盛り込むことが必要である。

#### 4) 潮の干満と地下水移動 (Lombok-Petagang島の例)

これまでの考察から、陸地における水源涵養の必要性とそのための木本類の生育の重要性を検討した。この問題について、Fig. 5に模式図を示し、以下で説明する。

Fig. 5には、干潟にMangrove、島部に陸生植生とくに樹木を描いてある。潮の干満差を1~3mとすれば、干潮時の海岸線には約1~3m・H<sub>2</sub>Oの負圧が作用する。つまり海水と陸地地下水が水理的に連続していれば、干潮時の負圧は1~3mの深さにある地下水を汲み上げる力となる。海水は淡水より比重が大きく(1.01~1.05倍)、理想的状態であれば干潟下層の淡水層は海水層の上に位置する。そして、干潮時の陸地地下水は水平方向のポンプ作用が働き、徐々に干潟土壌に浸入していく。前述のように干潟土壌の構造が総体的に水平方向に堆積しているから、陸地の地下水が干潟へ移動するのは容易なはずである。

一方、陸地の植生について、草本類の根(とくにイネ科)は浅層に分布するので、雨水の浸透経路・滞留域は浅いところにしか期待できない。木本類の根は草本類より深層に進入するので、雨水は深い部分に浸透する。本島の地下構造について、いずれ精査する必要があるが、深層に不透水層が形成されていることを考察することができる。それは、Lembangでの知見が重要なヒントを与え、母岩が多孔質の石灰岩(珊瑚由来)であっても細粒子の粘土分が浸透過程で目詰まりを起こさせることが予測できるからである。島部での水源涵養林には、深層地下水涵養(基底流出を実現させる)のための樹木林が必要であると同時に、浅層地下水涵養(地表流出防止および中間流出を実現させる)のための草本植生も必要であり、全体的には混合林として植物遷移を検討する必要がある。

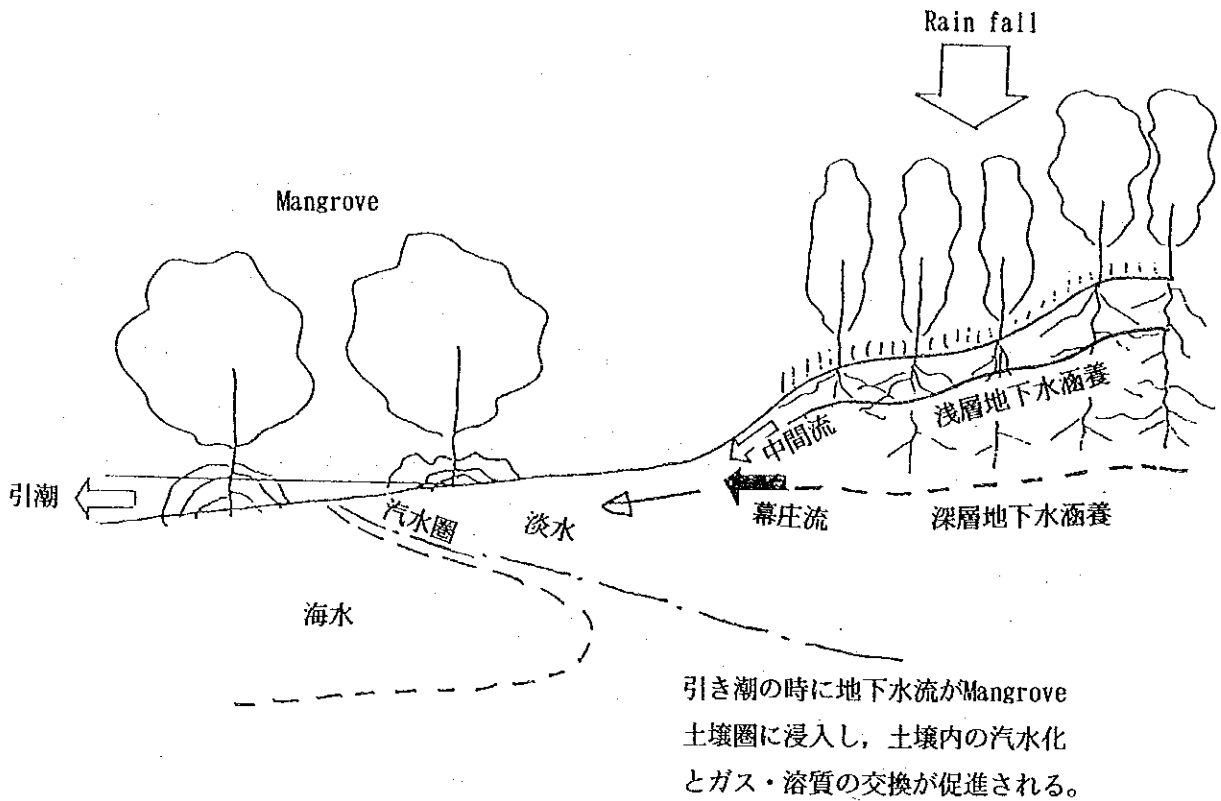
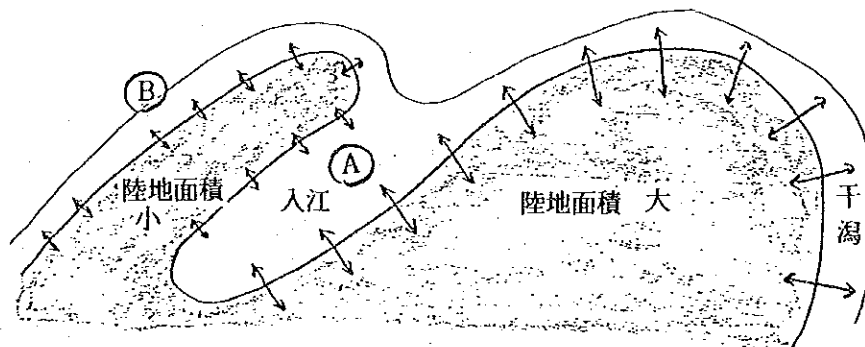


Fig. 5 陸部の地下水涵養と引潮時の汽水化過程模式図



入江の干潟粘土層が厚い。H<sub>2</sub>Sガス臭あり。貝がら多い。  
 干潟生物が多く生息していたところを物語る。粘土・砂のサンドイッチ状堆積構造はかなり攪乱されている。  
 入江の水たまりではNaCl 3%越えることがある。

Fig. 6 入江の土壌環境

[Fig. 5 陸部の地下水涵養と引潮時の汽水化過程模式図]

5) 入江の土壤環境 [Lombok-Petagang島の例]

Petagang島では入江部のMangrove移植も検討されている。Fig. 6に入江の模式図を示す。

調査は干潮時に行なった。入江部(図中Aの部分)の表層土壤は貝殻が多く観察でき、土層の粘土・砂互層構造は相当攪乱されていた。Mangrove土壤は1 m以上の厚い堆積であった。踏査時にドロ沼土のような腐った臭い(H<sub>2</sub>Oガス臭など)がした。表層温度は気温の影響を受け、気温より1~2℃低いオーダーであった。塩分濃度は、図中のA部もB部も3%を越えるところが多く、水分蒸発による塩分の濃縮が起こっている。

入江は、その立地条件として(Fig. 6)、比較的面積が広い陸地部と狭い陸地部とで挟まれている。地下水の浸出によるMangrove土壤の汽水化については、図中A部もB部も次の理由で困難のように考えられる。

- a) 陸地からの地下水量がどちらも少ない。その量の程度としては、A部>B部であり、A部であっても図中右側の陸地部面積が狭く、汽水化に果たす地下水涵養の役割は期待できないかもしれない。
- b) 入江部(A部)の土壤構造は干潟生物によってかなりの攪乱を受けており、過去はMangroveが自然状態で生育できていたとしても、Mangrove伐採後には土壤環境のバランスが崩れ、粗放的管理のままではMangrove成長の期待度が薄くなるかもしれない。
- c) 入江部(A部)の土壤温度はB部より通常高くなることが予想される。移植時のMangrove根にたいする温度管理は困難となろう。

[Fig. 6 入江の土壤環境]

6) Bali-Tambak地区の土壤環境と潮移動

Tambak内の劣悪土壤の一例をFig. 7に模式的に示す。表層土をはぎ取ると、硫化鉄が形成され、泥沼様の腐った臭いがする。下層には還元層があり、嫌氣的環境である。還元程度は $\alpha$ - $\alpha'$ ジピリジル溶液による呈色反応で検定できる。

この劣悪土壤を念頭において、Block IV-27の土壤断面をFig. 8に示す。Rhizophora mucronataの苗木移植試験で好成績(活着率70~80%)をみたTambakである。数十cm深まで還元層が無く、砂分が適度に含まれて、透過性(透水・通気)が良好の土層である。30cm深以下には斑鉄が認められ、地下水がかなり急速に上下動していたことがうかがえる。

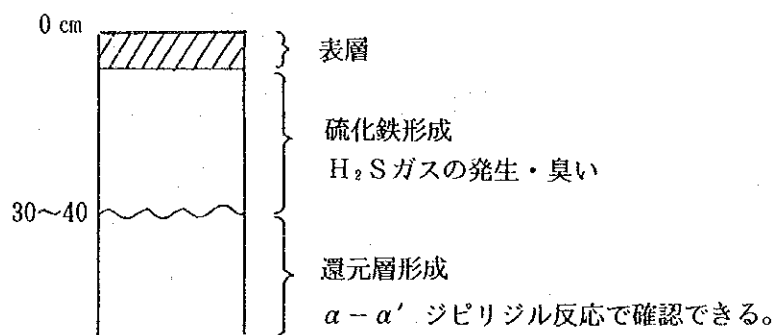


Fig. 7 Tambak内の劣悪土壌断面の例

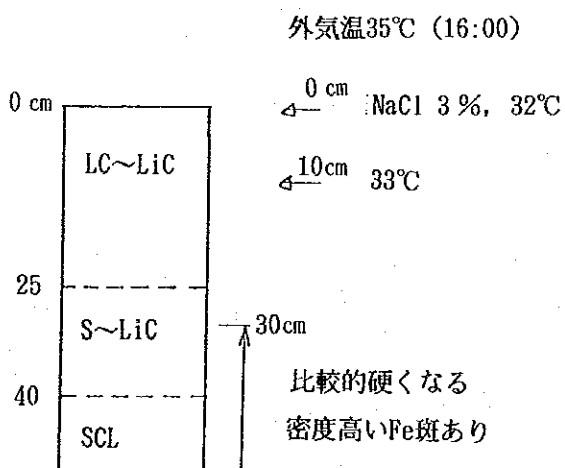


Fig. 8 Tambak内の土壌断面例 (BlockIV-27)

(Fig. 7 Tambak内の劣悪土壌断面の例)

(Fig. 8 Tambak内の土壌断面例 (Block IV-27))

次にTambak内地表面の潮の移動に注目して、Tambak堤の開口部の底部標高、開口部の大きさなどを測量した。調査BlockはⅢ (Fig. 9) 及びⅣ (Fig. 10) の墾入部分であり、Tambakの堤開口部の位置と番号である。この開口部の測量結果について、開口部の底の標高と大きさ (間口、奥行き) をTable 2(1) (BlockⅢ) およびTable 2(2) (BlockⅣ) にまとめて示す。各 Blockの仮標高を決めるため、各々標高10.000mのベンチマークを仮設した。この仮ベンチマークを基準にすると、調査時の潮位は、BlockⅢで 9.046m (5/22, 11:00)、BlockⅣで 9.095m (5/22, 12:00)であり、堤の天端より10~数十cmの深さまで上昇していた。堤の高さはおよそ1.8m程度であるから、大潮のときには越流部が発生するだろう。

(Fig. 9 BlockⅢの調査Tambakと堤開口部)

(Fig. 10 BlockⅣの調査Tambakと堤開口部)

(Table 2(1) BlockⅢの堤開口部測量結果)

(Table 2(2) BlockⅣの堤開口部測量結果)

満潮時 (潮位が上昇する時)、各Tambakに潮がどのように流入するかをシミュレートした結果がFig. 11及びFig. 12である。これは、Tambak堤開口部の底の標高を基準にした、大ざっぱな予測である。

(Fig. 11 満潮時のTambak内の潮流れのシミュレーション (BlockⅢ))

(Fig. 12 満潮時のTambak内の潮流れのシミュレーション (BlockⅣ))

Fig. 11は BlockⅢの模擬結果である。細線の矢印先端が高位部を示し、満潮時の潮が流れる方向を予測している。①から⑤はTambakに潮が入る順位を予測している。低位部のTambakから順に潮が満ちていくのではない状況となっていることが判断できる。また、各Tambak内での潮の渦も一様ではないことが予測できる。なお、Tambak No.17~(22)に接する水路は逆勾配になっているらしく、潮の干満に同調した潮流が期待できないかもしれない。Fig. 11の左下C点の堰底の高さは再度確認しておかなければならない。

Fig. 12は BlockⅣの模擬結果である。Tambak No.26~30における満潮時の潮流は全体的に反時計回りになり、Tambak No.27, 26での潮流は遅延していることが予測できる。Tambak No.27, 26でのRhizophora mucronataの移植試験で良好な成績が得られた一因と

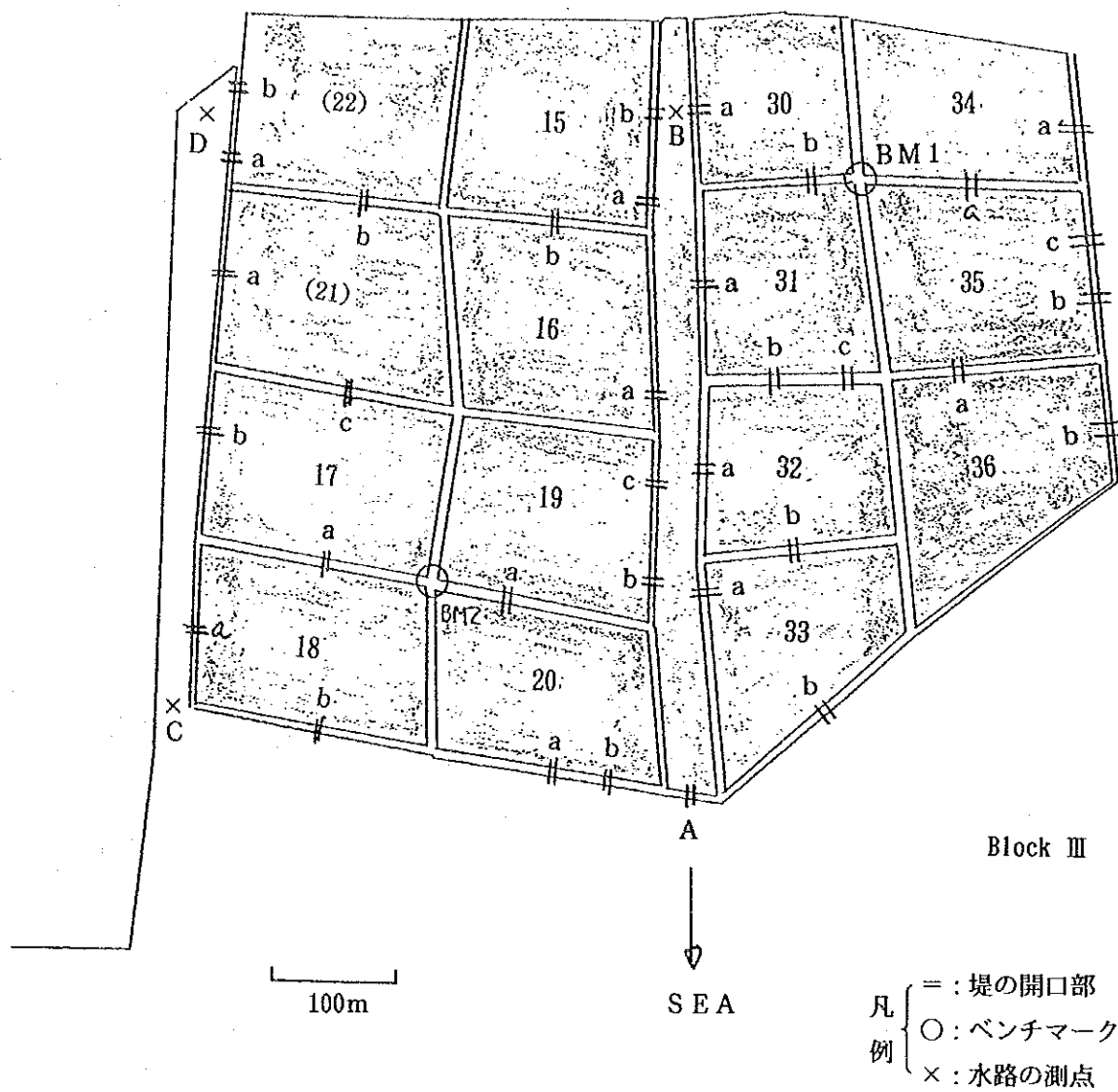


Fig. 9 Block IIIの調査Tambakと堤開口部



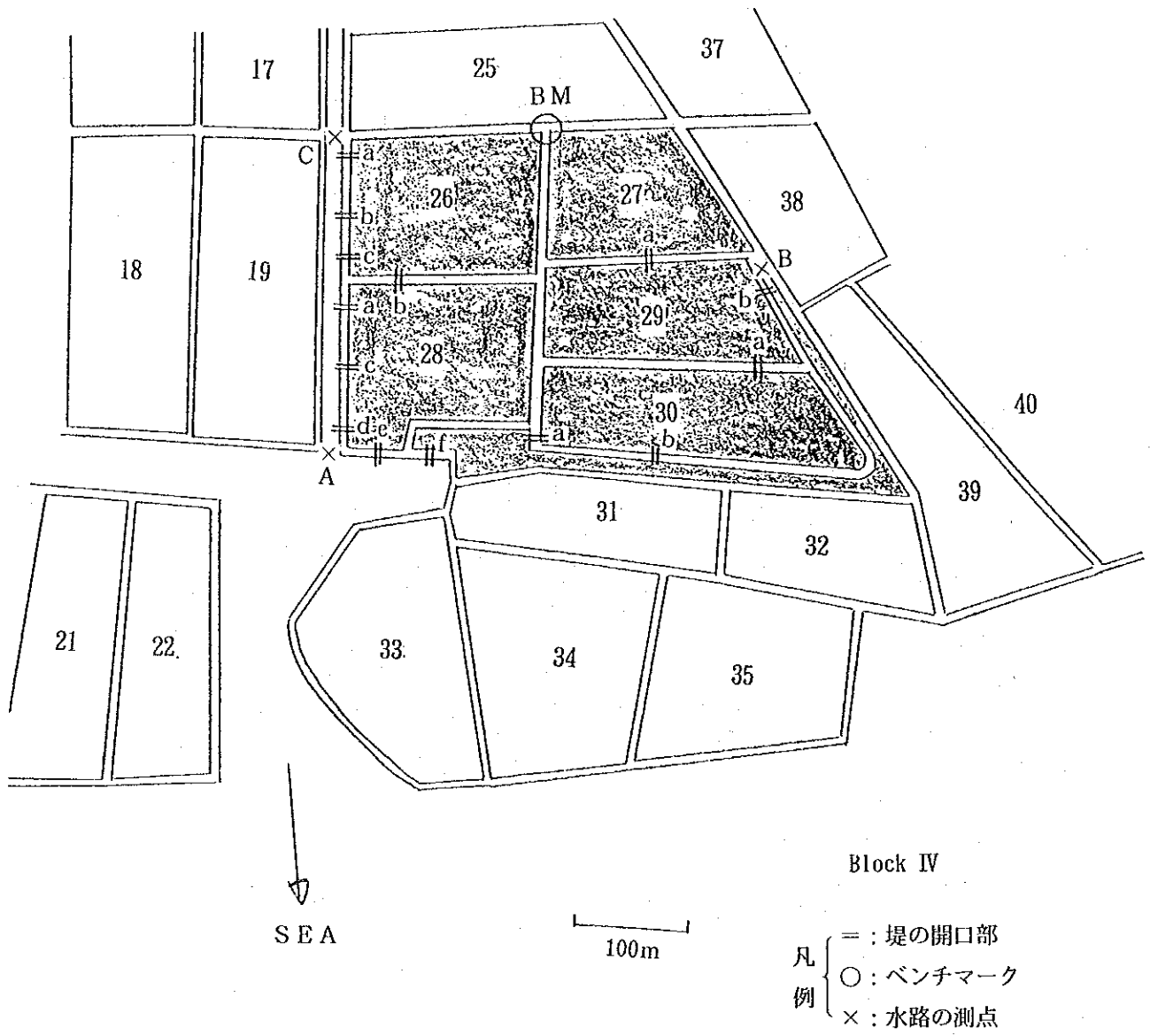


Fig. 10 Block IVの調査Tambakと堤開口部

Table 2(1) Block IIIの測量結果

No.	Elevation (m)	Point	Width (m)	Length (m)	Note
1	7.679	III D			
2	7.752	III 19c	2.00	2.80	
3	7.845	III 35b	2.60	3.30	
4	7.846	III A			
5	7.867	III 15b	2.15	2.70	
6	7.891	III 20b	1.22	3.74	
7	7.913	III 33b	1.02	3.90	
8	7.921	III 36b	1.03	3.70	
9	7.927	III 18a	0.98	4.57	
10	7.944	III 32a	1.00	4.00	
11	7.951	III 21a	1.03	3.80	
12	7.979	III 16a	1.12	3.36	
13	8.002	III 19b	1.10	3.05	
14	8.012	III 17b	1.10	3.80	
15	8.019	III 35c	1.70	3.80	
16	8.055	III 18b	2.80	3.10	
17	8.074	III 34a	1.17	4.13	
18	8.126	III 22a	1.10	3.70	水深:92cm(5/22, 11:00)
19	8.162	III C			
20	8.241	III 30a	1.15	4.20	
21	8.259	III 15a	1.12	3.30	
22	8.339	III B			
23	8.359	III 22b	1.00	3.70	
24	8.404	III 31b	0.46	2.20	
25	8.405	III 31a	1.13	3.56	
26	8.668	III 31c	1.15	2.30	
27	8.824	III 32b	0.79	2.00	
28	8.862	III 33a	0.55	1.90	
29	8.920	III 20a	0.50	1.20	
30	9.022	III 36a	0.80	2.40	
31	9.052	III 17a	0.70	3.70	
32	9.052	III 21b	0.80	3.20	
33	9.079	III 30b			
34	9.111	III 19a	0.70	2.50	
35	9.171	III 16b	0.80	2.20	
36	9.209	III 35a	0.80	3.40	
37	9.277	III 17c			
38	10.000	III BM1			
39	10.039	III BM2			

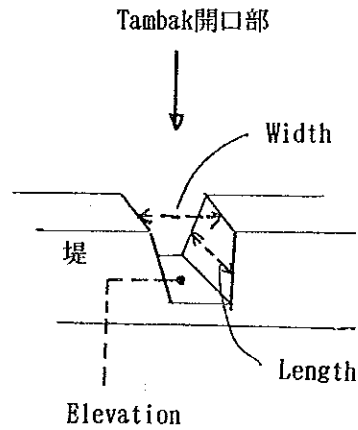


Table 2(2) BlockIVの測量結果

No.	Elevation (m)	Point	Width (m)	Length (m)	Note
1	7.803	IV A			
2	7.853	IV 29a	0.50	2.30	
3	7.855	IV 28f	0.95	5.20	水深:124cm(5/22, 12:00)
4	7.900	IV 28e	5.00	5.20	
5	7.925	IV 26c	2.00	2.80	
6	7.943	IV 30b	6.20	3.10	
7	7.991	IV 27a			
8	8.237	IV C			
9	8.245	IV 28c	0.80	2.65	
10	8.251	IV B			
11	8.574	IV 28a	1.60	2.53	
12	8.659	IV 28d	3.10	2.50	
13	8.711	IV 29b	1.80	2.45	
14	8.731	IV 26a	1.20	2.60	
15	8.755	IV 26b	1.00	3.70	
16	8.773	IV 28b			
17	9.799	IV 30a			
18	10.000	IV BM			

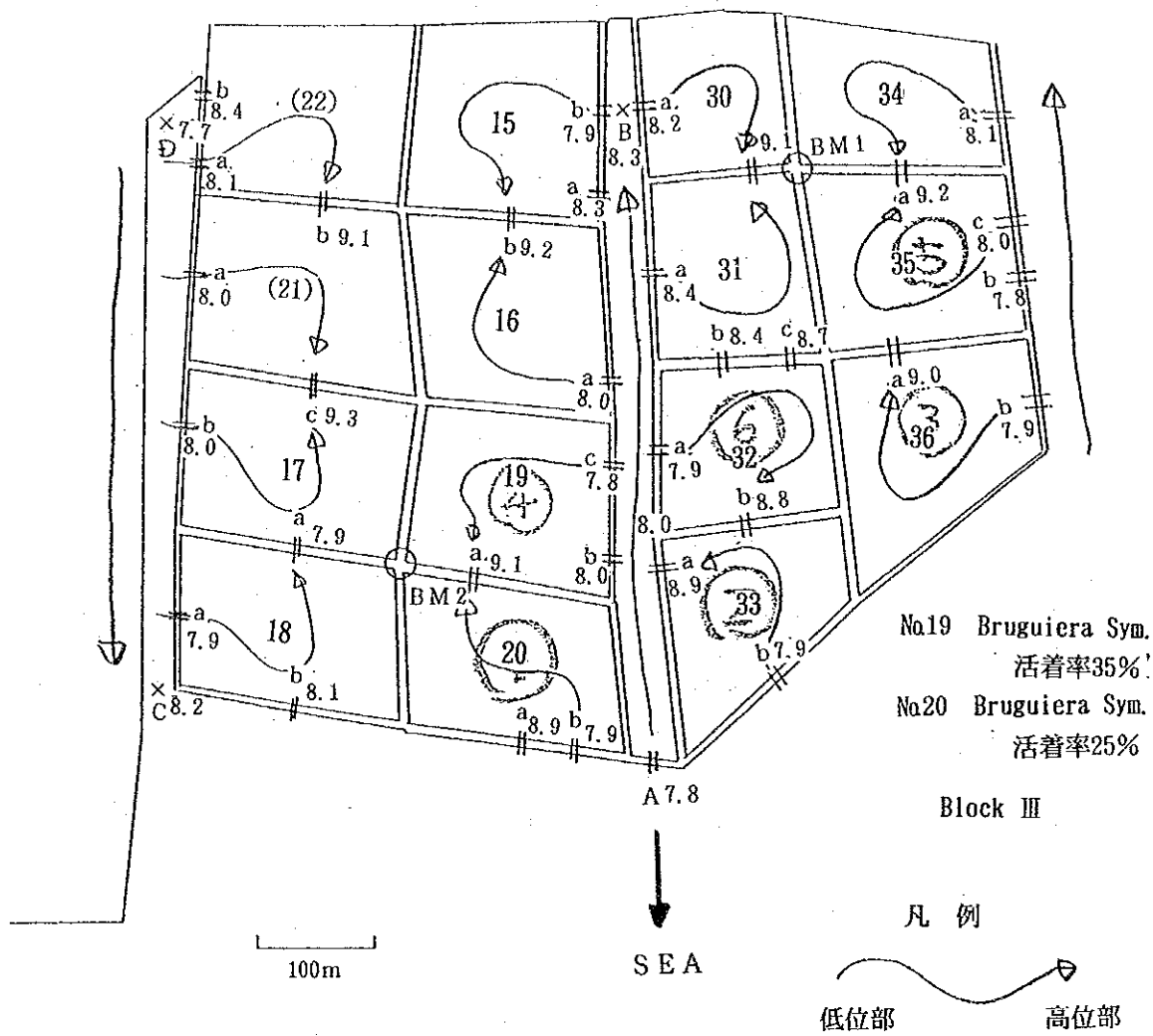


Fig. 11 満潮時のTambak内の潮流れのシミュレーション (Block III)

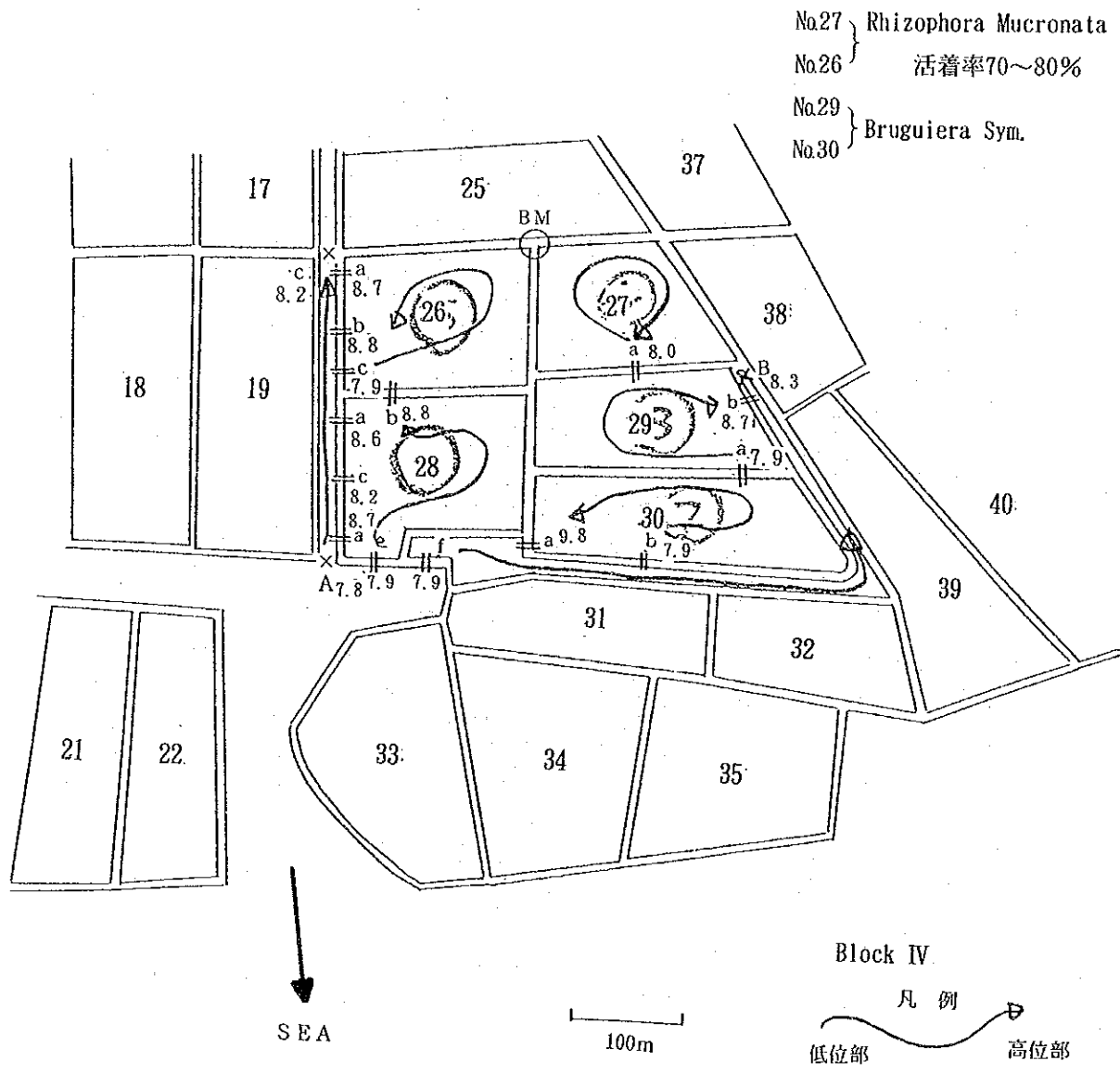


Fig. 12 満潮時のTambak内の潮流れのシミュレーション (Block IV)

して、地表面では潮が緩慢に動いていたことがうかがえる。なお、Tambak No.27, 29, 30は左側の水路、Tambak No.26, 28は右側の水路が潮の通過経路となっており、これらの関係は当面変更しないにおいて（堤の開口部を暫く増加させない）、潮流の関係を継続観測する必要がある。

以上のように、Tambak内地表面の起伏（傾斜角、傾斜方向、起伏状況）、堤開口部の位置、水路の配置などの地形的特徴および潮流の解析は重要であり、場合によっては満潮時・干潮時における流れの追跡を継続して行う必要があろう。

また、これまでの論議から、潮（潮位変動の測定）、河川の位置・水量、地下水（基底流）の動きをとらえる必要もある。とくに地下水基底流の存在を見いだすことが重要である。

Mangroveは、長年月にわたり形成された干潟の中で巧妙な生育と遷移を経ている。Mangrove独特の根系形態は、土壌を集積し、干潟を自然干拓していく。この過程は、Mangroveによる自然干拓によって地盤高が上げられ、低い塩分濃度の領域で優先しているMangrove種が原位置に入り込み、それに伴って干潟前線が拡大して、Mangrove域は海の方へ発達していくことを示唆している。このようなMangrove林の形成過程において、Mangrove土壌は①腐植や木本遺体を大量に含み、②土壌密度が低く、③透水性が高く、④微生物活性が高いという環境をつくり出す。汽水圏Mangrove土壌の理化学的性質は複雑で、これらが人為的に改変されると、それは容易に復元できないことを示唆している。

以上のことから、Bali-Tambak地区内でのMangrove植栽にあたって、以下の諸点に注意する必要がある。

- a) Mangrove種の選定は、土壌環境に合致するように、十分な検討を要する。
- b) Tambak内の土壌に陸水（河川、地下水）の流入が良好に行なわれるようにして、土壌圏の汽水化を促進する必要がある。
- c) Tambak堤の崩壊によって、下流に残存しているMangrove林に土壌細粒子が堆積するが、これが原因となってMangrove根の呼吸等生理活性を阻害することのない対策を立案する必要がある。
- d) Tambak内にMangroveを植栽する前に、堤開口部の位置を検討し、潮の干満によってTambak内土壌に残る有害成分を十分に洗脱（リーチング）しておく必要がある。
- e) 堤開口部の位置（および深さ）について、必ずしも堤全体を撤去するのではなく、潮流がTambak地区全体で一つの方向をもった動きになるように開口部を配置することが重要である。

#### (4) 今後の展望

ここまで環境工学的検討を進めてきたが、短期間の調査では大略的な判断にとどまることは否めない。本論では「潮の動き、地下水の動き」に重要なキーワードがあることを述

べたが、実証的実験を進めるにはBali-Tambak地区における対策とLombok地区における対策は別途詳細に検討することが重要であり、今後の追跡調査に掛かる責任は重くなることが予想される。

なお、現地プロジェクト事務所に常備する必要があると思われる資機材(環境工学分野)を挙げておく。

- ① 検土杖 (1~1.5m深用) ←既設
- ② 「土壌調査法ハンドブック」, 博友社発行, 1,500円
- ③ 土色帳, 日本土壌協会発行
- ④  $\alpha - \alpha'$  ジピリジル溶液 ( $Fe^{2+}$ 反応検定, 土壌の酸化・還元程度の定量化)
- ⑤ 塩分濃度屈折計 ←既設
- ⑥ ハンドレベル
- ⑦ 地下水位測定器具, 地下水位測定井戸(プラスチックパイプを多数設置する必要あり)
- ⑧ 雨量計 (計数カウンター付き)
- ⑨ 風速計 (自記記録式)
- ⑩ 気球一式 (気球部, カメラ部, 送・受信部, ヘリウムガス)
- ⑪ 水質検査装置 (pH計, EC計) ←既設

## 5. 実施運営上の問題点

### 5-1 協議事項

本項目については、現地プロジェクトの要請により、インドネシア側との現地での協議を行ったので、その結果について記述する。

#### (1) 州政府との関係について

今回は、インドネシア林業省の下部組織である林政局KANWIL（計画作成・指導機関）とバリ島州政府営林局DINAS（造林そのものの実施機関：予算は林業省から割り当てられる）を含めた合同協議とする予定であったが、州政府からの出席は得られなかった。

これは、多くの島にまたがるインドネシアの圏域のうち州政府については、古くからの有力者（平たくは部族長）の権限が強く、かならずしも中央政府の風下に立つことをいさぎよしとしない一般的政治環境の反映でもある。

また、特に本プロジェクトは、州政府の失敗した場所を対象としていることから、気分におもしろくないことも想像に難くはない。

残念ながら、今回は、調査期間も短く、技術的検討に多くの時間を割かざるを得なかったため、直接州政府におもむくことは出来なかったが、たびたび州政府に足を運び円滑な意志疎通に努めていくことは、今後のプロジェクトに実施に好影響を与えるものとなるので、現地専門家及び次回の調査団の心がけるべき点として留意されることを望む。

なお、現地プロジェクトにおいては、州政府の技術者も実質的に技術的検討チームに加えており、これは現実的なよい対応と言うものである。

バリ林政局長との協議は林政局ほか全カウンターパート及び専門家が出席し、下記の課題について行われた。

- 1) 土地利用計画
- 2) 組織図の検討合意
- 3) c/p、ローカルコスト負担

#### (2) 総括的問題提起の内容

協議の概要は以下のとおり。

##### 1) 造林試験用地の確保

バリ島プノア地区の当プロジェクト造林保全地域配置計画を検討して明らかになったことだが、

- a) 州政府は、この地区を森林公園とする計画を樹立している。
- b) この中に、公共事業省の飲料水ダム計画、下水道処理計画が含まれている。



いずれも、重要な計画であり、全てを調整し適切に配置する責任と権限はインドネシア側にあることはもちろんだが、当プロジェクトは、実証プロジェクトであり、森林の生育には長期を要するので、復旧造林地及び自然観察林は長期にわたり確保できる場所として欲しい。

このため、公園計画の改定にあたり、

ア) これらが、調査研究用の森林として位置づけられることがベストであるが、

イ) 少なくとも、長期にわたり確保できる場所であることを保証して欲しい。

## 2) 造林試験用地の振り替え

また、当プロジェクトでは150haの植栽予定地がこの地域で計画されているが、公共事業省の計画からは、エビ池跡地の利用計画面積は、減少させざるを得ないこととなる。

計画決定の権限がインドネシア側にあることはもちろんだが、当方としては、この代替地としては、外洋に面したデルタ地域に振り替えることも有意義であると考えている。

インドネシア側として差し支えなければ、調査団としては、この方向で20～30haに相当する面積を振り替えるよう、現地専門家とC/Pが検討するよう要請したい。

具体的には、今年度植栽予定箇所も飲料水ダムとの関連で計画地の変更が必要となっており、30haのうち2.5haについて、ブロックIIのDINAS植栽地または外洋にするよう検討願いたい。

## 3) 造林実施に関するDINAS側とJICA側の考え方の整理

エビ池の大部分は(全面積 330ha)インドネシア政府に返還され、インドネシア側としては、このうち30haを除き造林が完了したことになる。

a) このことにより、JICA側としては、現実に成林していない場所を対象に植栽するため、植栽面積がオーバーラップすることになるが、理屈上の問題はないのか。

b) インドネシア側は、補植予算をどの程度確保しているのか。

## 4) 実行組織図の確認

プロジェクトの実行組織は、日本側は単純だが、インドネシア側はそうでもない。

各組織の役割は、R/D上では明確になっており問題はないが、通常組織図をR/Dにつけるものであり、新たにR/Dを変更する必要はないが、双方の頭の整理のため、組織図について検討したい。

## 5) インドネシア側の専任C/P配置、予算確保

日本の援助方針は、相手国の自助努力を支援するものである。

a) この方針はR/D上の日本側の貢献は、原則として専門家派遣、C/P研修、資機材に限られているところに現れている。ローカルコスト負担については、特に相手国政府に負担能力がない場合に、限定的に行うことが出来るとしている。

b) どのプロジェクトの場合でも、当初の立上りの時期には、会計年度の始まる時期も

異なり、インドネシア側がすぐに対応できないことは理解できる。日本の制度を考えたとしても、予算、組織・定員要求には1年かかるものである。

しかし、現在の専任職員がおらず、イ側予算がほとんどない状況のままプロジェクトをつづけていくなれば、R/Dにも反するし、JICAの支出基準からはずれかけ、無理をしている感じがする。（注：相手方に強調するために言ったことであり、プロジェクトでは、現実に現在の実証のスキームから外れた会計処理はされていないので、念のため）

インドネシアとは、どこの国よりも多く協力しているが、これはインドネシア側が責任ある対応をし、また、協力の効果も高かったためであるが、このような状況が続くなれば、インドネシアとの協力全体にブレーキがかかり兼ねないことになるので、早急に是正するようお願いする。

### (3) 先方からの回答及び協議結果

#### 1) 土地利用計画

この地域は、本年10月に大統領令によって、森林公園となることが確定している。

この場合の管理権限は、林政局に移ることになる。

土地利用区分上は、現在の制限生産林地から保全林に移行する。

試験用地については、300haの中から自由に選択可能になるし、外洋を利用しても構わないし、足りなければ他の島やバリ島内の他の場所を利用することも問題ない。

既に、DINASに対する補植予算（林業省から配布）はストップしており、競合することはない。

来年の場所を確定する為には成林しているかどうかの現地調査が残っているだけだが、どの程度成林しているかどうかを見れば、用地確保について心配することはない。

ただし、インドネシア側の問題として、調査経費の確保の問題は残るがなんとかする。（注：インドネシア公務員の規定では、事務所から出張、現地調査する場合には、わが国と異なり距離、時間にかかわらず極めて高い（給与の日割分に相当する程度の日当が支給される規則であり、このため、多額の現地調査経費が必要となるというもの。このことは、大学でも同様であり、生活費の一部をなすほどの割合を占めると言われており、現地スタッフの国内旅費問題とともに一般的にカウンターパートが現地に行きずらい（できない）理由のひとつとなっている。）

日本人専門家からは、成林率は、相当に低いことが現地調査の結果明らかになっていることが指摘された。

#### 2) 組織図の検討合意

インドネシア側から対案が出されたが、若干のやり取りと、内容の明確化をしたのちに日本側提案のとおり了承された。

(別紙参照) 別紙の内容の一部の補足説明：つぎのとおり。

Steering Committee :

R/Dには記載されていないが、現地で実質的に問題を解決して行くために関係行政機関などで組織される委員会。中央の合同委員会委員の指揮する地方組織メンバーを中心とするが、それに限らず関係する組織(大学など)はこの中に含まれ得る。

Supporting Staff :

C/Pではないが、プロジェクトの実施に関連するインドネシア側職員で、このプロジェクトの実施を支援するもの。

Site foreman/Admi. personel :

インドネシア側の雇うスタッフであり、日本側が雇う秘書などは、当然日本側の指揮系統に入るが、図の簡素化のため、記入していない。

3) C/P、ローカルコスト負担

C/Pについては、現在は兼務であるが、現在地から離れた新しい事務所が出来た時には、専任のC/Pが必要になる。

予算については、7月が予算要求時期であり、必要な予算については確保したいので、各専門家とC/Pで7月前までによく詰めた額を算出することにしよう。

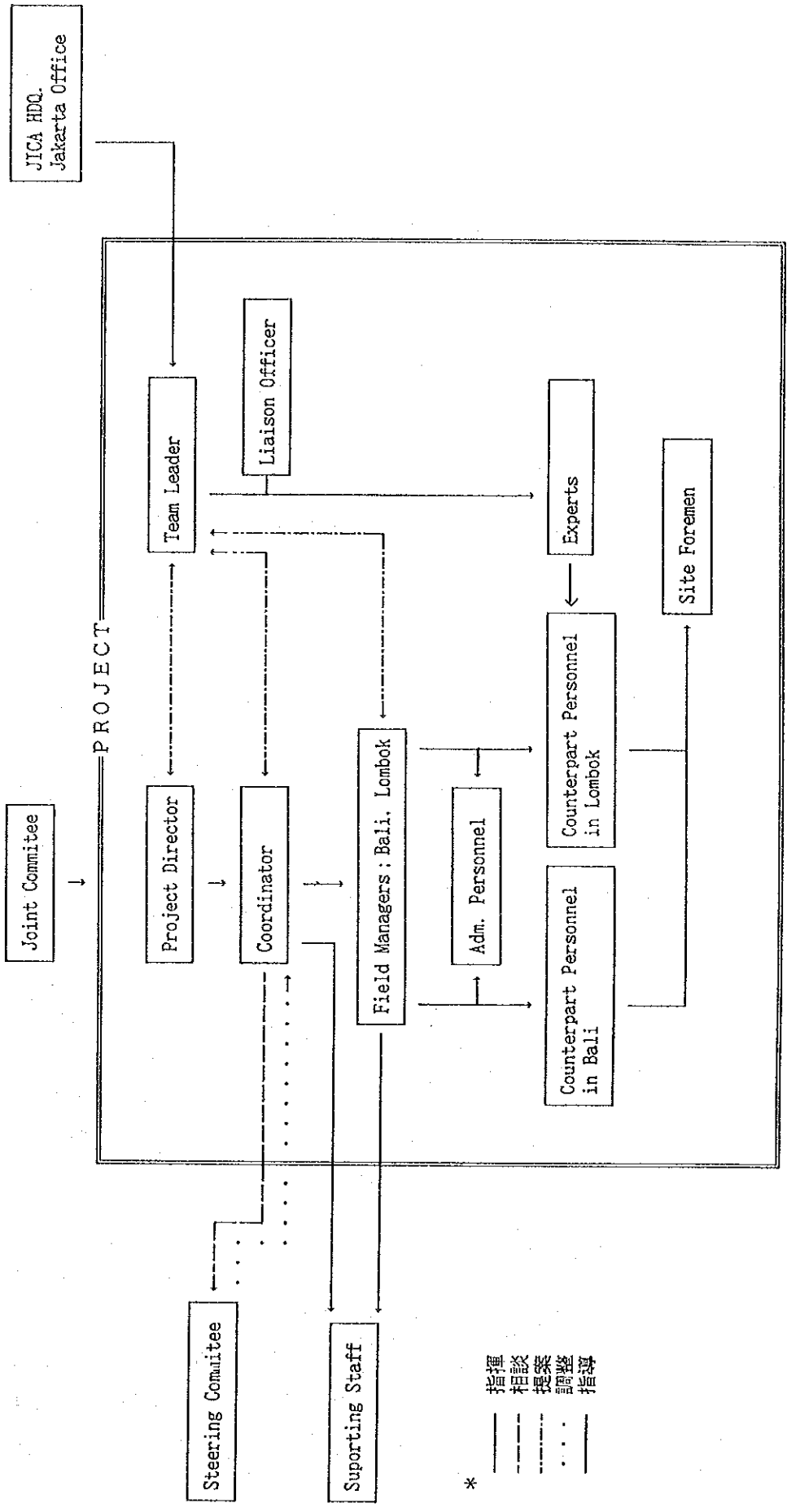
4) 今回の調査の技術的内容について

要約し、荻野教授・団員から説明。

(4) 林業省との協議

5月24日(月) 上記(2)、(3)につき説明し、確認した。

プロジェクト運営フローチャート



\*  
 — 指揮  
 - - 相談  
 . . . 提案  
 - . - 調整  
 — 指導

## (参 考)

ジャカルタ市近郊の海岸のO I S C Aマングローブ造林地の調査

ジャカルタ首都圏庁と日本のO I S C Aの共同プロジェクトとして実施しているもの。  
泥の深い地域で、竹の補助支柱を用いて*Rhizophora* spp. を植林していると聞き及んだため、参考になると思い調査した。

現地O I S C A産業開発団現地スタッフにご案内いただいた。

### 1. 地況・林況

ジャカルタ空港とは近くはないが、工業団地を抜けた海よりの郊外で出来たばかりのゴルフ場があり、また、住宅団地造成のための埋め立てが行われている。

この先に、巾20m位の人工水路（河）があり、これに沿ってエビ養殖池放棄地風の土手で区画された大型の海水（汽水）の池があり、池の陸地寄りにはマングローブ土壌ではない黄色っぽい土壌で海側は、マングローブ土壌らしい土手で囲まれ、水深調整のためのゲートがあった。

100～200m巾のあるこの池の海側に*Sonneratia* spp. の群落がある。この群落の汀線前面までの巾は20m、生育しているものの最大直径20cm、樹高15mで海寄りに若例のものがおおくなり徐々に群落が拡大しつつある。まれに、*Rhizophora* spp. がまじる。

この群落から前面に巾3～500m程度の間隔で2本の数百メートルの長い突堤がでている。

この突堤は海岸の侵食防止のために設けられたとのことであるが、この突堤の間、外側に泥が堆積中であり、突堤としては効果を発揮している。

*Sonneratia* spp. 群落前面の泥の堆積中の場所には、徐々に*Sonneratia* spp. 稚樹が自然に侵入しつつあり、通常のマングローブ域で堆積地の陸化しつつある場所であるが、堆積陸化の速度が早いこと、また都市に近く富栄養化しているためか、泥の表面に3～5mm程度のアオコが全面に発達し、その下は均質な還元土壌である。

バリの海老養殖池跡地との違いは、海面からの土壌の高さが自然に傾斜していること、潮の出入りが自然であることと、堆積土壌の性質の違いである。

堆積状況は植栽時期には胸までつかるといわれているが、実際はそれほどではないはず。ほどの泥濘地であり、エビ池跡地と同様に造林地としての条件が良くないように見えた。

少なくとも、土が固まっておらず自然状態で*Rhizophora* spp. の生育に適した条件とは思えない場所である。

## 2. 造林樹種

Rhizophora spp. の苗は、そのまま直挿しし、2 mある竹をさして、地上30cm頭を出し、これに苗を結わえ付けている。苗より竹の方がコストがかかるとのこと。苗の地上高さは15~20cmで深植えに過ぎるように見える。

カニなどの生物被害は見られない。生息域は、汀線から50m海側で半堆積中のアオコの発生していない場所である。

植栽2年目のRhizophora spp. は、生存している(80~95%)が、幹の伸長はなく、葉は、十分に生育しておらず、葉面積で1/3程度のものであり、今後とも生育できるかどうかについて確信は持てなかった。今後の推移を見る必要がある。

## 3. 天然更新

また、おなじ場所で自然に侵入、生育しているSonneratia spp. の稚樹の生育状況は対照的に正常であり、のびのびしている。

このような、立地(酸欠状態の場所)での、造林樹種の選択の重要性がよく理解できる。

## 4. 調査の必要性

バリ島とは条件が異なるが、現地専門家による(または短期専門家がバリ・ロンボクでの調査の後の1日を利用して)総合的な調査を実施することは、造林実証試験の実施上参考となるデータが得られるであろう。

また、この場所に隣接して、林政局のシルボフィッシャリー試験地があるので、この面からの調査も有効である。現地担当官の説明によればエビの密漁が多いことが一つの問題とされていた。

1993、5、14

マングローブ林資源保全開発現地実証調査事業

# 試験・調査活動計画（案）

THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE  
MANGROVE MANAGEMENT PROJECT

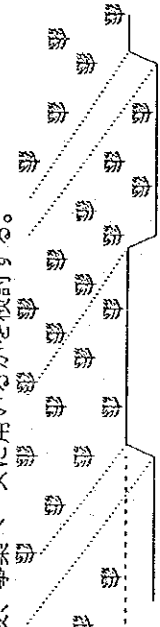
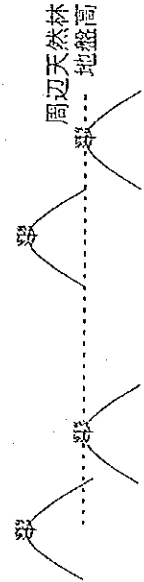
※調査結果、コメント欄含む







事項	日					程(コメント)					記入欄)	備考
	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度		
<p>h 苗畑病虫害の把握と対策          苗畑内の昆虫、病気、キノコ、害虫動物のモニタリングを行う。加害実態の把握を行うと共に、防除法を検討する。</p>												
<p>i 生理生態機能調査          樹種ごとの水分、栄養生理、耐塩性、呼吸、光合成特性挿し木の可能性は短期観測の必要なもの指導の下に実施する。</p>												
<p>[造林]          a 造林予定地、造林地の水環境計測          自記水位計による潮位の変化測定、大潮、小潮時の塩分濃度、PHの定期的な測定を行い、水環境をモニタリングする</p>												
<p>b 造林木成長試験          立地条件(冠水深、冠水時間等)が違ふごとに固定プロットを設定し、活着率、生存率、成長との関係(3か月ごと)に調査する。各試験項目毎および比較対象区にプロットを設定する。</p>												
<p>c 造林木バイオマス測定          固定プロット周辺の植栽木について、幹、枝、葉、地上根、その他の各気乾重を求め、各樹種毎に5本を植栽後1年目から1年毎に測定する。</p>												
<p>d 植栽方法試験          養殖池跡地の現状を考慮した上で、既開墾地の効果的な再造林を行うため、造林予定地の現体系的に整理する為、各種の植え付け方法を再造林する。</p>												

事項	項目				
	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度
<p>(a) 畝植え 一般的に養殖池跡地は、長年の養殖池としての維持管理活動により、地盤高が開墾当初（近辺天然林の地盤高）より下がっているため、単純に植えても枯死する場が多くなる（イ側の造林実行カ所の実情から推測）。この為、人為的に植栽地盤高を高めた畝植えを行い、活着率、生存率、成長具合、コスト分析を行う。調査手法はaに同じ。主要5樹種について各0.2ha 植栽し、1年間の経過観察後、事業ベースに用いるかを検討する。</p>  <p>(b) 盛り土植え 測定手法、調査期間、ねらいは(a)と同じ (a)に同じく主要5樹種に付いて各0.2haを植栽 (1m×2m, 2m×2m)</p>  <p>(c) 天地替え植え Tambak土壌は極度の酸欠状態にあることから、植栽時あるいは1か月前くらいに植え付け穴の土壌を、直径30cm、深さ30cmに天地替えを行い、その効果を活着率、生存率、成長率で比較する。 植栽面積、樹種、測定手法、調査期間、ねらいは(a)に同じ</p>					



事 項	日 程 (コ メ ン ト 記 入 欄)				
	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度
<p>g 大型苗の植栽 B e n o a 湾の①干潟堆砂地および海岸保海上必要な海岸部に、大型苗の植栽を行う。冠水深の大きい干潟堆砂地は、冠水深の浅い干潟堆砂地と同様に、成林が可能かを試験する。</p> <p>②地盤高の低いタンバクやタバコパック内で同じく、大型苗の導入を行い、活着率、成長との関係を検討する。</p> <p>③苗木を主要5樹種、2 h a 程度の試験区で1年生以上のもので行う。</p> <p>また、1年生苗を5樹種で1 h a 程度の試験を②で行う。</p> <p>h 干潟堆砂地オアプリアの植栽試験 じか挿し、大型苗、波浪を防ぐ簡易植栽法などの試験を行い活着率、生存率、成長率を把握する。</p> <p>i 苗木の気候試験 優良な苗木を採取して、天候の悪い日に活着不良となる場合がある。炎天でのポットに2時間、6時間、12時間、24時間の間に、ポットの間に、気候状態に放置し、活着と成長に及ぼす影響を把握する。</p>					

試 験 項 目	程 (コメント記入欄)					備考
	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度	
j 水管理試験 造林予定地の養殖池跡地の水質を改善するため、堤防開削強度別に水質の劣化、造林木の活着率、生存率、成長を調査し水質の影響を解明する。 一つのTambakを最大3辺の堤防全削、最小1か所の出入水口を開削し、水質、土壌性質への影響を分析する。平均8カ所の開削						
k 産地別、樹種別成長比較試験 展示林造成の一環として、7樹種の産地別植栽を行い、成長比較試験面積20ha						
l Silvopispheresの試行 マンダロプ林の水産生物のかん養機能を一般に知らしめる為、展示林の一部を利用して、生息状況を観察できる簡易な施設を検討する。						
m 苗木形態別植栽試験 主要5樹種の苗木について、裸根苗、ポット苗、じか播き苗のそれぞれに樹根の着生率、生存率、成長がどのようによまにそれぞれ異なるかを試験する。庇陰別に發苗された苗木の、植栽後の生存率、成長を試験する。 試験面積 15ha						
n 楠植基準の検討 伊州宮林局では、植栽1年後55%以下の生存率の造林地で補植を實施している。 林地で補植を行っては、森林の機能、土地生産力、造林当プロットでは、生産林、保全林のそれぞれの補植基準を検討設定する。						

事	項	程 (コメント記入欄)				
		93年度	94年度	95年度	96年度	97年度
[生 態]						
a	<p>フェノロジー調査 樹種別にツルツル花芽形成から種子の成熟、落下までを定める期間を把握し、種子採取適期を解明する。 1 樹種標本木 3本×7樹種=21箇所、</p> <p>ツルツル花芽形成から種子の成熟、落下までを定める期間を把握し、種子採取適期を解明する。 1 樹種標本木 3本×7樹種=21箇所、</p>					
b	<p>種子の生態調査 7樹種について次の調査を行う、種子採取計画、播種計画の基礎資料とする。(林縁林内別、粗密別等)に分けて調査する。 (a) 対象林の季節別生育差を調査する。 調査方法は、林分(1m×3m)による。 調査場所は、林分(1m×3m)に設置する。 調査方法は、林分(1m×3m)に設置する。 調査場所は、林分(1m×3m)に設置する。 調査方法は、林分(1m×3m)に設置する。 調査場所は、林分(1m×3m)に設置する。</p> <p>(b) 着花・結実促進試験 受光伐、形成層剥皮等簡単な工夫による着花、結実促進試験を行う。</p>					
c	<p>害虫調査 甲殻類、昆虫等種子、苗木および造林木の加害実態を把握し、防除方法を検討する。特にブナワグワではカニの食害が多くなる。</p>					
d	<p>動物相環境との関係の解明 (a) 林内環境と水生動物との関係の解明 シヤコ塚などのが冠排水に与える影響を定めて定期的に観察する。 (b) 動物相(昆虫、鳥獣相の調査) 陸上動物相(昆虫相、鳥獣相)の調査 動物相の調査(昆虫相、鳥獣相)の調査 動物相の調査(昆虫相、鳥獣相)の調査</p>					
	(食害実態)					

事	項	程 (コメント記入欄)				
		93年度	94年度	95年度	96年度	97年度
e	<p>天然林内環境調査</p> <p>ベノア湾周辺では、<i>sonneratia alba</i> (平均樹高h=15m) と <i>Rh. apiculata</i> (平均樹高h=7m) が優先種であり、その他の樹種は大きな群落がないため、固定プロットの設定は、この2種の優先する林分に設定 (各1カ所) する。</p> <p>プロットは、方形 (50m × 50m 程度) とする。</p> <p>(a) 固定プロット毎の土壌調査 (物理性、化学性) を行い、發殖池跡地の土壌との比較を行い適地適木の判断資料とする。</p> <p>(b) <i>sonneratia alba</i> と <i>Rh. apiculata</i> 以外の樹種について、まとまった群落があれば (a) と同様の調査を行う。</p> <p>(c) 固定プロット内の微地形をレベル測量で測定し、微地形毎の土質も調査し優先樹種以外の樹種を含め立地と成長の関係を把握する。</p> <p>(d) 固定プロット内の温度、明るさ、水位変化をデータレコーダーで観測する。</p> <p>なお、プロット内のギリ・スラットの調査では、1カ所の固定プロットを設け a, c, d, e の調査を行う。</p> <p>f. 林分動態および生産力調査 (年11回) 毎木調査</p> <p>(a) 固定プロット毎ギリ・スラットのものを測る。</p> <p>(b) ベノア湾は、dbh=6cm 以上のものを測る。</p> <p>毎木調査は、木を伐倒し、各器官重量計測と地下部重量計測を行う。</p> <p>(c) 落葉落枝調査</p> <p>リタートラットの把握 (季節性、樹種別総量)、調査法調査</p> <p>更新調査は、定期的更新稚樹調査を行う。</p> <p>更新調査は、小面積のサプロットを、光、気温、水位の観測を行う。</p> <p>サプロットは、植物の写真図鑑の作成</p> <p>主要マングローブ造林の現場技術者に必要な簡単な写真図鑑作成</p>					





事 項	程 (コメ) ント 記入 欄)				
	93年度	94年度	95年度	96年度	97年度
d 育苗・造林作業の工程、作業能率調査 (a) 育苗 93年度は仮設苗畑の育苗作業において、種子採取、覆 運搬、貯蔵ホット詰め、播種、床並べ、畑管理、日覆 いて、選苗出荷積み込み、搬送など一連の各作業工程につ いて、直営、請負、男女別、育苗専門家と共同調査。 (b) 造林作業 堤開削、植え付け床整地、植え付け等一連の作業工程 の功程調査を造林専門家と共同調査。					
e 育苗・造林に関するコスト調査分析 育苗、造林コストを収集・分析					
f ソネラチア・アルバ林分の成長密度効果調査 ブナワラシに優先するSonneratia Albaは、天然更新初期 のものから伐採可能林分まで、あるいは粗林分の密度、樹高 まで存在している。このため、これらの林分の密度効果 を林分材積、成長量調査、データ解析を行い、密度効果を 解明する。 (a) 調査地選定…樹高階(2m, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 16m以上) × 生立密度(疎、中、密) (b) 測定項目…樹高、胸高直径、林分材積、ha当たり 生立本数 (c) 調査区面積 H2~6m…20m × 20m H8~12m…30m × 30m H14m~…40m × 40m					
g マングローブ造林をめぐるとる社会経済要素の分析 マングローブ炭材の生産、流通、消費などの市場構造へ に関する実態調査、文献調査する。 の波及に地域住民の造林事業への参加、組織化のための手法へ ・周辺地域の住民、地域の生活構造への影響分析、漁業へ ・造林事業の住民、地域の生活構造への影響分析、漁業へ の効果 ・製炭、炭消費が見られる地域の市場構造分析					





JICA

