

# 琉球大学学術リポジトリ

## マングローブ林の林分解析(林学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 中須賀, 常雄, Nakasuga, Tsuneo メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/4174">http://hdl.handle.net/20.500.12000/4174</a>

# マングローブ林の林分解析

中須賀 常 雄

Tsuneo NAKASUGA : Analysis of the mangrove stand

## 目 次

緒 言	413
第1章 日本におけるマングローブ研究史	414
第2章 研究目的および研究方法	415
第3章 調査地概要	416
第4章 調査方法および解析方法	424
第1節 分布調査	424
第2節 林分構造の解析	425
第3節 平面的個体分布の解析	426
第4節 現 存 量	427
第5章 調査結果および考察	428
第1節 マングローブ林の分布	428
第2節 方形区法による林分構造解析	442
第3節 マングローブ林の平面的個体分布の解析	460
第4節 現 存 量	478
第6章 結 論	489
謝 辞	493
文 献	493
附 表	500

## 緒 言

マングローブ林とは熱帯および亜熱帯の海岸や河口の一部の海水あるいは淡水に冠水する所に生育する常緑低木または高木の一類とされている。<sup>54)</sup> マングローブ林を構成する種は9科53種にもおよぶが、このうちヒルギ科が16種、クマツヅラ科が11種およびマヤプシギ科が5種で、<sup>48)</sup> この3科で構成種の半数以上を占めている。

日本におけるマングローブ林構成種はメヒルギ *Kandelia candel* (L.) DRUCE, オヒルギ *Bruguiera conjugata* (L.) MERR., ヤエヤマヒルギ *Rhizophora mucronata* LAMK. (ヒルギ科), ヒルギダ

\* 琉球大学農学部林学科

マシ *Avicennia marina* VIERH. (クマツヅラ科), ヒルギモドキ *Lumnitzera racemosa* WILLD. (シクンシ科), マヤブシ *Sonneratia alba* SMITH (マヤブシ科), ニッパヤシ *Nypa fruticans* WURMB (ヤシ科) の5科7種である。

マングローブ林に接する湿地林 (swamp forest) を構成するシマシラキ *Excoecarina agallocha* L., サガリバナ *Barringtonia racemosa* (L.) BL. ex DC., サキシマスオウノキ *Heritiera littoralis* DRYAND などをマングローブ林構成種に含める考え方もあるが,<sup>43)</sup> 著者はこれらを含めなかった。

マングローブ林はその景観が特異であるため外国では19世紀頃から注目され、多くの調査研究がなされてきた。<sup>2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 17, 19, 35, 36, 43)</sup> 日本においては第二次世界大戦前の台湾および南洋諸島における分布調査の報告が多い。同様に国内に分布するマングローブ林についても分布調査の報告が主で、マングローブ林そのものに立ち入った総合的な観点からの調査研究はこれまでほとんどなされていない。

以上述べたこれまでの調査研究の結果をふまえ世界各地に分布するマングローブ林に対する日本のマングローブ林の位置付けを明らかにし、またその比較研究をおこなうための基礎的研究として日本におけるマングローブ林に関する分布と林分構造の解析を主たる目標とした本調査研究をおこなった。なお、本論文は「北海道大学審査学位論文」である。

## 第1章 日本におけるマングローブ研究史

日本のマングローブ林についてのこれまでの調査研究をその目的によって分布、形態、群落、生理、生育環境および林分解析の6部門に区分し、その区分別にまとめる。

まず、マングローブ林の分布に関するものについては、中野<sup>23)</sup>は九州本島南部の鹿児島県下のメヒルギ生育地についてその生育状況を記し、指宿郡喜入のメヒルギ林を天然記念物とするようにすすめている。浜田<sup>9)</sup>は川辺郡大浦町のメヒルギ生育状況について自生株が1本しかなく、稚樹を喜入より栽植したと記している。下野<sup>42)</sup>は種子島のメヒルギ生育地をあげている。沖縄本島の生育地について、中野<sup>24)</sup>は名護市屋我地のオヒルギ林の生育状況を記し、その発達状態の良好なことから天然記念物指定をすすめている。島田<sup>40)</sup>は本島における数箇所の生育地で構成種について記し、安里<sup>1)</sup>はメヒルギ林の生育地およびその生育状況について報告している。石垣島および西表島の生育地については田中<sup>48)</sup>、清水<sup>41)</sup>、関塚・清水<sup>39)</sup>、田辺<sup>48, 49)</sup>および高良・東<sup>46)</sup>がその生育地、構成種および生育状況について記している。

これらの分布に関する報告はいずれも一地域の生育地の構成種および生育状況の簡単な記載である。

マングローブ構成種の形態的研究としては小倉<sup>32)</sup>の異常根の報告があり、オヒルギの異常根について詳しく述べている。正宗<sup>18)</sup>はヒルギダマシ果実の胎生芽形成について記している。

群落的研究では大野<sup>34)</sup>が九州本島喜入および奄美大島手花部、西仲間、館脇<sup>50, 51)</sup>が屋久島栗生と九州本島喜入での研究報告をしている。新納<sup>30)</sup>は西表島仲間川で調査し、群落区分をおこなっている。

生理的研究としては酒井<sup>37)</sup>がメヒルギの耐寒性について実験をおこない、枝、葉および芽の凍死温度を報告している。

生育環境の研究としては金城<sup>14)</sup>および安里<sup>1)</sup>が土壌 pH と構成種との関係について報告し、佐藤<sup>38)</sup>はマングローブ林内の土砂堆積特性について分析している。

林分解析の研究としては宮田・小谷・小野<sup>20)</sup>が西表島の仲間川のオヒルギ林について、小谷<sup>15)</sup>が西表島の後良川と仲良川のマングローブ林の分散構造の解析をしている。

この他に小倉<sup>33)</sup>はマングローブ林の構成種およびその異常根、胎生芽、葉の形態などの特徴についてまとめている。

これらの研究結果をふまえ著者は日本におけるマングローブ林の研究をおすすめるため、まず基礎

となる生育地，構成種および生育状況の調査をおこなった。中須賀<sup>27, 28)</sup>，中須賀・小橋川<sup>29)</sup>は調査域（日本）の全ての生育地について構成種，生育状況および生育面積について詳細に報告し，これらのまとめとして中須賀・大山・春木<sup>25)</sup>の報告がある。これらの結果を基礎として，各生育地に調査区を設定してこれまで研究がなされていないマングローブ林の林分構造の解析に着手し，中須賀・大山・春木・吉田<sup>26)</sup>はメヒルギ，オヒルギ林の林分構造について報告した。

以上が日本におけるマングローブ林に関する調査研究の主なものである。

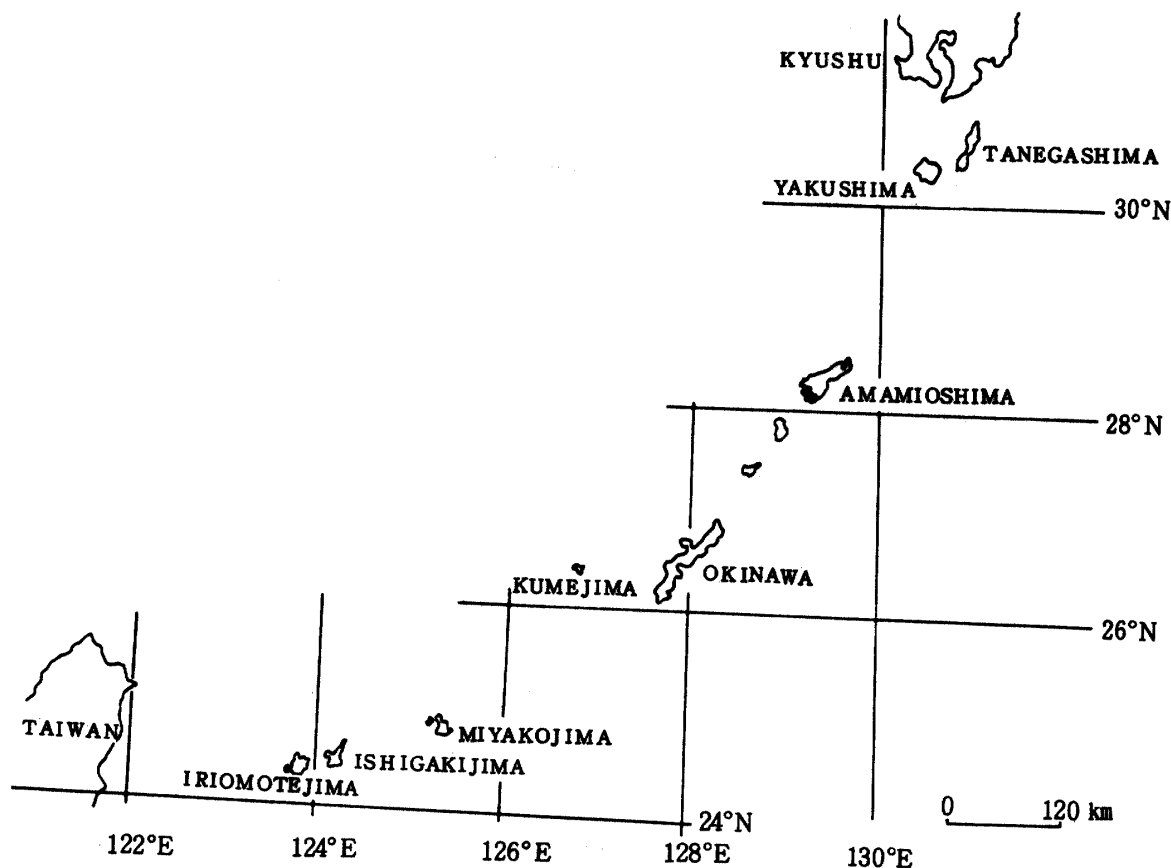


Fig. 1. Map of the Ryukyu Islands

## 第2章 研究目的および研究方法

九州本島南部から西表島に至る日本におけるマングローブ林の分布地を全て網羅し，マングローブ構成種の生育状況および生育面積を明らかにするために生育北限地の九州本島南部からその南に列なる南西諸島全域において分布地の確認をおこなった。各分布地では生育状況および生育面積を調査した。次いでその主要なマングローブ林構成種であるメヒルギとオヒルギが広くそれぞれの優占地域を有することに注目し，九州本島，種子島，屋久島，奄美大島，久米島および沖縄本島をメヒルギ優占地域とし，石垣島，小浜島および西表島をオヒルギ優占地域と日本におけるマングローブ生育地を2つの地域に区分した。なお，宮古島と伊良部島は両地域の間位置しているが生育面積が小さく優占する樹種が特にないためどちらの地域にも含めなかった。

以上の地域区分をもとに，メヒルギ優占地域では生育地面積の大きい種子島，屋久島，奄美大島およ

び沖縄本島に27箇，オヒルギ優占地域の石垣島と西表島に46箇，合計73箇の調査区を設定した。全調査区でその林分構造を詳細に明らかにするために構成種，直径分布，樹高分布，断面積合計，階層構造および樹冠面積の解析と合せてメヒルギ優占地域とオヒルギ優占地域でそれぞれ林型区分をおこなった。また，林木の平面的個体分布の実態および各林型についてその成立および発達過程を把握するために各調査区で樹木位置図を作成し，この図をもとにして森下<sup>21, 22)</sup>のIδ法を使って平面的個体分布の解析をおこない，この解析結果から各林型についてその成立および発達過程を考察した。更に各マングローブ林構成種の有する現存量の面からの特徴をも明らかにするため本調査域の主要なマングローブ林であるメヒルギ林，オヒルギ林，ヤエヤマヒルギ林において層別刈取法によりその現存量の測定をおこなった。

### 第3章 調査地概要

九州本島南端の鹿児島島から種子島，屋久島，奄美大島と南下し，沖縄県へ入って沖縄本島，久米島，宮古島，伊良部島，石垣島，小浜島および西表島までの各島における分布地の確認および分布状況の記載をおこなった。また，これと並行して林分構造解析のための方形区調査をおこなった。

以下，生育地北限の九州本島より順次南西諸島を南下し生育南限地の西表島まで各島における生育地および生育状況の概要を述べる。方形区調査をおこなった各分布地についてはその旨を記した。

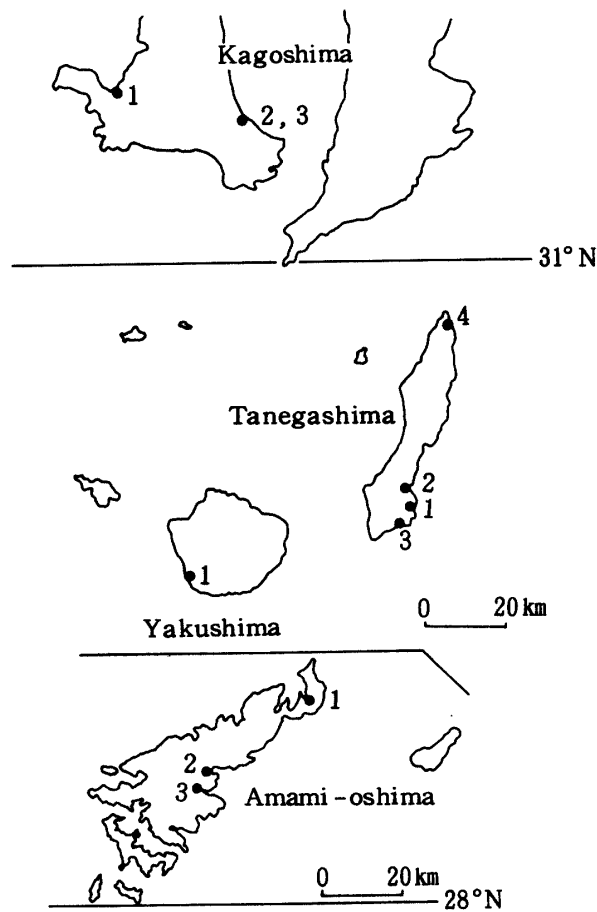


Fig. 2. Location of the mangrove community in Kagoshima, Yakushima and Amami-oshima

## 1 九州本島

1) 大浦川： 鹿児島県川辺郡大浦町の大浦川河口に自生株が1株あり胎生種子を着生している。河口近くの恵比須島付近に喜入より稚樹をとり植栽してある。本地のメヒルギについて中野<sup>28)</sup>の報告がある。

2) 鈴川： 指宿郡喜入町鈴の鈴川の国道より上流左岸に小面積のメヒルギ帯状群がある。成木は樹高4～4.5mで胎生種子を着生している。また、米倉側の国道近くに樹高3mのメヒルギ個体がみられる。

3) 米倉川： 同郡喜入町米倉の国道より海岸側の米倉川と岩崎川との間にメヒルギ群が生育している。本地のメヒルギについては中野<sup>28)</sup>、館脇<sup>51)</sup>、大野<sup>43)</sup>の報告がある。なお、本地は大正10年に天然記念物にされ現在に至っている。

## 2 種子島

1) 大浦川： 南種子町平山地区の大浦川河口の砂州上および堤防内の旧塩田地にメヒルギが生育している。砂州上の群は樹高1m内外で根元直径は最大で8cmに達している。稚樹の更新も良好である。旧塩田地には樹高2m内外の帯状群が堤防に沿って生育している。ここでは砂州上の樹高1m内外の群と稚樹更新地で方形区調査をおこなった(Ta-Q. 5, 6)。

2) 阿嶽川： 中種子町坂井にある阿嶽川下流にメヒルギが生育している。東海岸道路の橋より上流の両岸に列状に、下流では右岸の流路と道路との間に、左岸の流路屈曲部に生育している。海水の流入する場所には1m内外の樹高の低い群が、まれにしか冠水しない場所には樹高3m内外の細い個体が密生している。ここでは流路そばの自然堤防上で方形区調査をおこなった(Ta-Q. 4)。

3) 阿部井鋤川： 河口の橋の上流右岸に細長いメヒルギ帯状群が、左岸にはメヒルギが点状に生育している。成木で樹高約2mである。

4) 太田川： 西之表市湊の太田川河口にある橋の上流両岸にメヒルギ帯状林が生育している。右岸には樹高4～4.5mの密生した林分でその流路側には樹高1m内外の稚樹が帯状に生育している。河口近くの左岸の林はルビーローカイガラムシの被害が大きいため、約1mの高さで切断してある。この林の上流側に続く帯状林は本地で最も発達した林分で樹高4～6m、胸高直径20cmにも達している。ここでは更新地と発達した林分で方形区調査をおこなった(Ta-Q. 1, 2)。

## 3 屋久島

1) 栗生川： 屋久町栗生川河口にメヒルギが生育している。右岸では樹高1～1.5mで根元直径の大きい個体が点在しその間に密に稚樹が生育している。左岸には護岸堤内の畑地に接して樹高約4mで密に成立する個体よりなる林分である。本地の左岸の林分について館脇<sup>50)</sup>の報告がある。ここでは右岸の樹高の低い群内と左岸の密生する林分で方形区調査をおこなった(Ya-Q. 1, 2, 3)。

## 4 奄美大島

1) 手花部： 笠利町手花部と平井との間にある小河川河口にメヒルギが生育している。樹高が2m内外で根元直径の大きい個体が帯状をなして生育している。流路側には稚樹の更新が良好である。本地のメヒルギは護岸の目的で植栽されたものと言われている。このメヒルギについて中野<sup>28)</sup>が報告している。

2) 東城： 住用村東城の城と摺勝との間にある内海の入口付近にメヒルギとオヒルギが生育している。メヒルギは城と摺勝とを結ぶ道路の内海側に樹高約3mの成木が帯状林をなし、その内海側に樹高1m内外で根元直径の大きい個体が点在しその周囲に幼樹が群生している。オヒルギはメヒルギ林の前

面、すなわち海側に樹高2.5~3mの個体が列状に生育し、幼樹はメヒルギ林内に少数点在している。

3) 住用川・役勝川：住用村の住用川と役勝川は河口で合流したかたちになり住用湾の入江に続いている。この河口にはメヒルギとオヒルギよりなるマングローブ林とサキシマスオウノキ、サガリバナ、シマシラキなどからなる湿地林が生育している。メヒルギ林は樹高3~4mで樹冠層を形成し本地で広くみられる。河口付近の干潟には樹高1~2mの更新したメヒルギ林が生育している。オヒルギ林はメヒルギ林より海側および流路側に生育し、樹高2~3mの密生した林である。ここではメヒルギ林、更新地のメヒルギ林およびオヒルギ林で方形区調査をおこなった(Am-Q. 1, 2, 3)。

## 5 沖縄本島

1) 浜崎川：佐敷村浜崎川河口にメヒルギが単木で点在し、この河口と富祖崎公民館との間にある護岸堤内にある潟に樹高約3mのメヒルギ群が生育している。

2) 渡口川：北中城村渡口川河口とその東側にある小河川河口にメヒルギが生育している。渡口川河口左岸堤内に樹高約1mのメヒルギ群が、右岸の堤内に樹高約3mのメヒルギ群がみられる。小河川河口付近には樹高約1mの幼樹が生育している。

3) 川田：沖縄市古謝から川田への海岸沿いの道路との間にある潟に樹高約2mのメヒルギ成木が点在しその周囲に稚幼樹が生育している。

4) 池味：与那城村池味の舟着場近くの小さい入江にメヒルギとオヒルギが生育している。樹高約2mのメヒルギ群が散在し、ほぼ同じ高さのオヒルギが単木で点在している。

5) 石川川：石川市の石川川河口の橋とこれより約500m上流の橋との間の両岸にメヒルギが生育していたが、河川工事で伐倒されてしまった。河口にはメヒルギ稚樹が密に生育している。

6) 屋嘉：金武村屋嘉ビーチの伊芸側にある小河川河口にメヒルギが点在していたが伐倒された。加武川河口には樹高約2mのメヒルギ小群が生育している。

7) 億首川：金武村億首川河口の福花橋付近から国道の橋までの両岸にメヒルギ带状林が生育している。樹高約5mでこの带状林内にオヒルギも点在している。河口付近には樹高約4mのヤエヤマヒルギ小群も生育し、ヒルギモドキ成木も少数点在している。

8) 漢那福地川：河口から沖縄縦貫道路の橋下まで樹高約4~5mのメヒルギ带状林が生育している。オヒルギはメヒルギ林内に点在している。河口付近には樹高約1.5mのヤエヤマヒルギが数本生育している。

9) 宜野座福地川：河口付近にはメヒルギ低木群が生育し、その上流両岸には樹高4~5mのメヒルギ带状林がみられる。オヒルギは樹高3~4mでメヒルギ林内に点在している。国道より上流左岸に

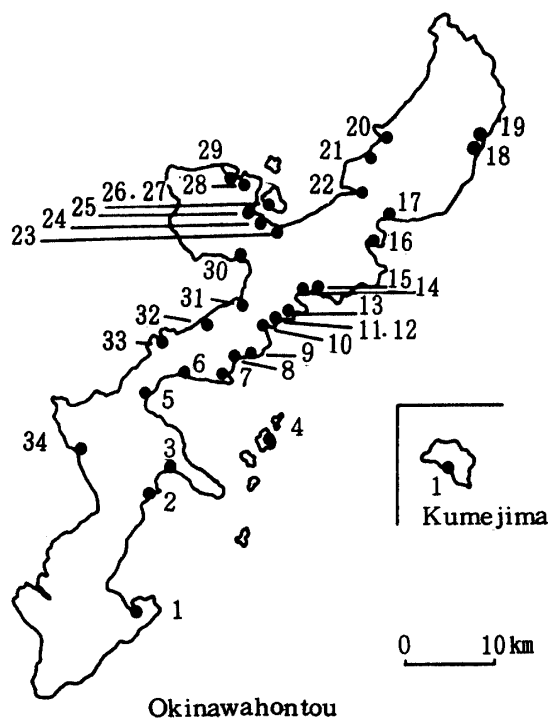


Fig. 3. Location of the mangrove community in Okinawa-hontou and Kumejima

もメヒルギ小群が生育している。

10) 慶武原川： 宜野座村の古知屋潟原にメヒルギとオヒルギが生育している。河口左岸にメヒルギ低木群がみられ、オヒルギも点在している。左岸にもメヒルギ小群がみられる。国道より上流には兩岸に樹高4～5mのメヒルギ帯状林があり、ほぼ同じ樹高のオヒルギがその中に点在している。

11) 久志オー川： 河口左岸の石垣に囲まれた広い潟と中州および左岸の潟に樹高約3.5mのメヒルギ林があり、オヒルギも点在している。

12) 久志オート川： 久志橋下流右岸に樹高約3mのメヒルギ帯状群があり、橋付近にも小群が生育している。オヒルギは樹高約3mで点在している。

13) 辺野古川： 辺野古橋上流右岸に樹高約1～1.5mのメヒルギとオヒルギが少数点在している。

14) 大浦川： 東村大浦の大浦川河口より約400m～700m間に生育している。河口から上流に向かってメヒルギ低木林、メヒルギ・オヒルギ混交林、メヒルギの順に生育し、生育地中央部にオヒルギ林がみられる。これらの各林分で方形区調査をおこなった(Ok-Q. 1～8)。本地については中須賀ら<sup>26)</sup>、浦崎<sup>52)</sup>の報告がある。

15) 汀間川： 河口近く左岸の堤防に沿って樹高約3mのメヒルギ小群が生育している。支流の三原志根垣川河口にも樹高約1.5mのメヒルギ小群が生育している。

16) 慶佐次川： 河口にある慶佐次橋のすぐ上流右岸にヤエヤマヒルギを主としメヒルギとオヒルギの幼樹が点在する小群がみられる。流路が北東にかわる地点から上流では兩岸に生育する。左岸にはメヒルギを主とし、オヒルギとヤエヤマヒルギの混じる帯状林が上の中州付近まで生育し、右岸にも同じ帯状林がみられる。流路に沿って少し高くなっている自然堤防上にはメヒルギの密生した帯状林が生育している。林分内の少し高くなった場所にはオヒルギ林がみられる。ここでは各林分で方形区調査をおこなった(Ok-Q. 9～15)。

17) 平良川および福地川： 平良川河口およびその近くの潟にメヒルギが生育していたが道路工事で消失した。福地川河口付近にメヒルギとオヒルギの小群が点在している。

18) 安田川： 河口左岸近くの中州上にメヒルギとオヒルギの混じた小群がみられ、その前面にメヒルギ低木群が生育している。

19) 伊部川： 下流の湿地にメヒルギとオヒルギが少数生育している。

20) 比地川： 河口近くで北より流入する支流の水門近くに樹高約3mのメヒルギ小群がみられ、鏡地橋付近にメヒルギが点在している。

21) 田嘉里川： 河口左岸にメヒルギ低木群がみられ、その前面に稚樹が点在している。

22) 大保川： 田港橋上流右岸にメヒルギ群、左岸にはメヒルギが点在している。大保部落前の海岸およびその対岸にメヒルギ低木群があり、その中にオヒルギが点在している。

23) 真喜屋川： 真喜屋大川河口およびその河口とその南にある小河川河口との間にメヒルギ小群がみられ、海岸堤内には樹高約4～5mのメヒルギ帯状林が生育している。その林内にオヒルギが少数点在している。ここでは現存量測定のため方形区調査をおこなった。

24) 奈佐田川： 河口付近と下流の中州およびこれより上流の兩岸に生育している。メヒルギ低木群または樹高約3mのメヒルギ小群が生育し、オヒルギもその中に点在している。

25) 湧川： 入江の奥に樹高1～3mのメヒルギとオヒルギの小群が生育している。

26) 我部： 我部公民館近くの海岸にオヒルギが点在し、メヒルギ小群が生育している。

27) 鏡平名： 屋我地中学校近くの海岸に樹高約6mのオヒルギ小群がみられる。メヒルギは低木の個体が点在している。本地のオヒルギ林について中野<sup>24)</sup>の報告がある。

28) 大井川： 河口付近の右岸にメヒルギ低木群が、最下流の橋近くの兩岸に樹高約3mのメヒルギ小群が生育している。



29) ジニンサ川： 河口左岸の堤防に沿ってその内と外に樹高約3~4 mのメヒルギ小群が生育している。堤防内では稚樹が更新している。

30) 屋部川： 屋部橋から約300 m上流左岸にメヒルギ小群が生育し、この群と橋との間に稚樹が点在している。

31) 湖辺底： 国道より内陸側にある小入江にメヒルギ低木と稚樹が少数生育している。

32) 名嘉真川： 河口近くの右岸にメヒルギ低木が帯状に、左岸にメヒルギ低木の小群が生育している。

33) 当袋川： 河口に樹高1 m以下のメヒルギが数本点在している。

34) 比謝川： 比謝橋下流付近から河口近くの大きな屈曲点の間の両岸に樹高約3 mのメヒルギ帯状群が生育している。

## 6 久米島

1) 儀間川： 河口から製糖工場北入口付近までメヒルギ低木群がみられ、河口付近に切株からの萌芽株が生育している。オヒルギ稚樹も少数生育している。

## 7 宮古島

1) 島尻： 島尻部落の西方にある大きな入江に生育している。本地は宮古島および伊良部島で最大の生育地であるが連続した群落ではなく小群が散在している。入江の入口にある橋付近の右岸にヤエヤマヒルギ群が、その前面にヒルギダマシが生育している。左岸にはヤエヤマヒルギの帯状群がみられる。入江の入口にある小島にもヤエヤマヒルギが点在している。橋から約250 mに壊れた石堤があり、この堤の陸地側左岸にヤエヤマヒルギの帯状小群が生育し、この小群と左岸との間にある泥土にヒルギダマシの稚樹が密生している。この石堤から入江の奥までの間にヤエヤマヒルギ小群が点在している。

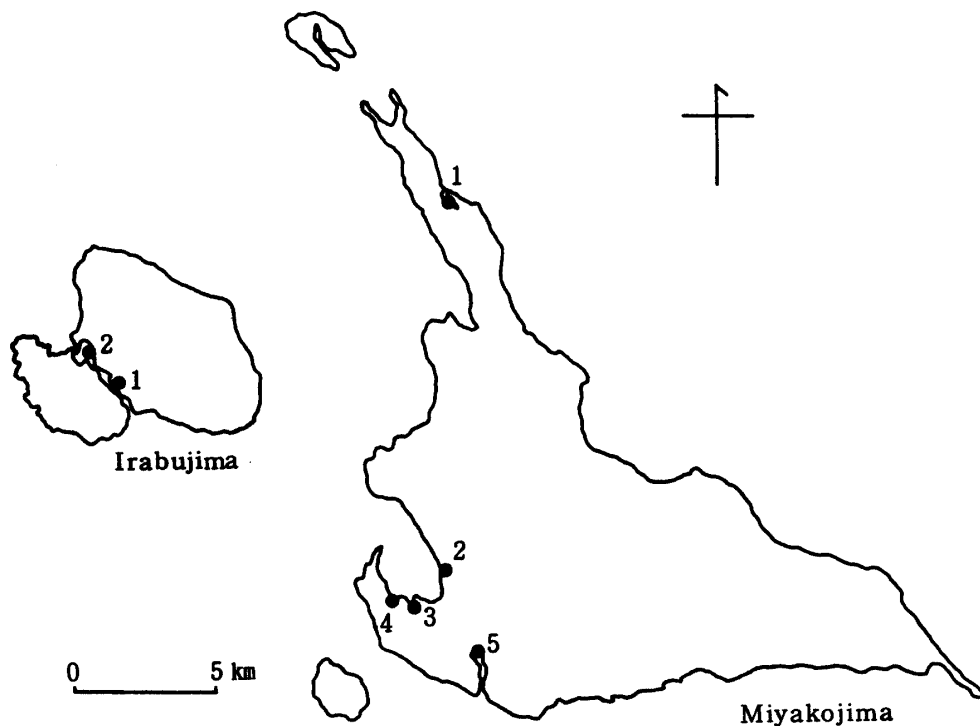


Fig. 4. Location of the mangrove community in Miyakojima and Irabujima

- 2) 川満： 川満部落近くの小入江にメヒルギの低木群と樹高約 3 m の小群とが生育している。
- 3) 上地： 与那覇湾の最奥にある入江とこの入江から北東にのびる海岸にメヒルギ低木群が生育している。
- 4) 与那覇： 与那覇部落の北はずれにある小入江にメヒルギ低木が少数生育している。
- 5) 嘉手刈入江： 入江の奥にメヒルギとオヒルギの带状群が生育し、ヤエヤマヒルギも少数みられる。

### 8 伊良部島

- 1) 仲地： 伊良部村役場から約 300 m 仲地側にある入江にヤエヤマヒルギ小群とメヒルギ低木群が生育している。
- 2) 長浜： 伊良部島と下地島とを結ぶ北側から 2 本目の道路の北にある入江にメヒルギ低木群が生育している。オヒルギ稚樹も少数みられた。

### 9 石垣島

1) 宮良川： 河口付近の右岸に樹高 4 ~ 6 m のヤエヤマヒルギ群と樹高約 6 m のオヒルギ带状群が生育する。河口の 2 つの中州上には樹高 4 ~ 6 m のヤエヤマヒルギを主としオヒルギの点在する群が生育している。東岸道路の橋の上流左岸にはヤエヤマヒルギ带状林がある。右岸では橋の近くでヤエヤマヒルギを主としオヒルギの混じる林であるが上流に向かうにつれてヤエヤマヒルギが減少してオヒルギ林へ移行している。メヒルギも流路側に带状群を形成している。

2) 轟川： 河口付近にオヒルギとヤエヤマヒルギ小群がみられ、右岸上流のオヒルギは樹高 3 ~ 4 m で带状林をなしている。

3) 通路川： 下流両岸にオヒルギを主としヤエヤマヒルギの点在する带状群が生育している。

4) 伊野田川： 河口にはヤエヤマヒルギとオヒルギを主としメヒルギの点在する群がみられ、右岸の護岸堤内にはヤエヤマヒルギ小群が生育しているが枯死木が多い。

5) 平久保川： 河口付近にヤエヤマヒルギ带状林がみられ、左支流には河口から約 400 m 上流の低地に大きな林分がある。オヒルギとメヒルギは林内に点在している。ここではヤエヤマヒルギ林で方形区調査をおこなった (Is-Q. 1)。

6) 嘉良川： 河口付近に樹高約 7 m のヤエヤマヒルギ林、その上流にオヒルギ林が生育している。メヒルギは流路沿いに点在している。ここではヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林で方形区調査をおこなった (Is-Q. 2, 3)。

7) 明石： 明石部落近くの西海岸にある小河川河口に樹高 5 ~ 6 m のオヒルギとヤエヤマヒルギ小群が生育している。

8) 伊原間大浦川： 河口にヤエヤマヒルギ、オヒルギ、メヒルギの混じた小群が生育している。

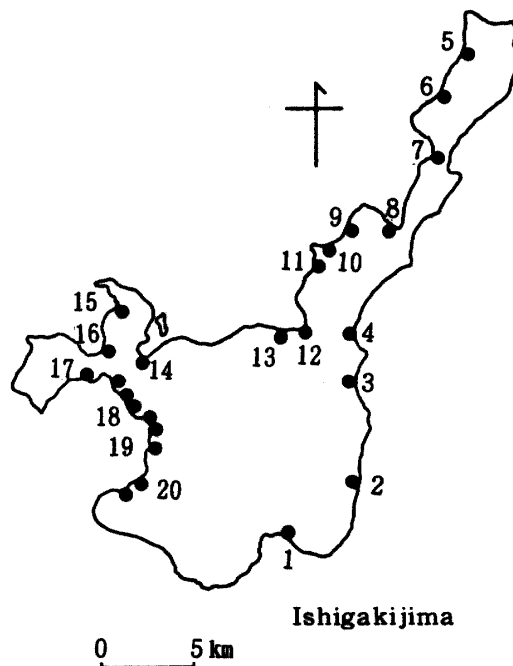


Fig. 5. Location of the mangrove community in Ishigakijima

- 9) ガブルマタ川： 河口にオヒルギが主でヤエヤマヒルギの混じた樹高約5 mの小群が生育している。
- 10) 西浜川： 河口付近の両岸にヤエヤマヒルギとオヒルギの混じた樹高4~5 mの帯状群が生育している。
- 11) 吹通川： 河口および下流にはほぼ円形状に広大な林分を形成している。河口から内陸へ向ってヤエヤマヒルギ林, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ混交林, オヒルギ林の順で生育している。メヒルギは流路側に点在している。ここでは各林分で方形区調査をおこなった (Is-Q. 4~13)。
- 12) 浦底川： 河口にオヒルギとヤエヤマヒルギの混じた樹高約4 mの小群が生育している。
- 13) サラハマ川： 河口にオヒルギとヤエヤマヒルギの混じた樹高2~3 mの小群が生育している。
- 14) 川平湾： 川平湾の最奥に流入する河川の河口に樹高4~6 mのオヒルギ帯状群が生育し, ヤエヤマヒルギの単木または小群が点在している。
- 15) 川平： 川平部落の西海岸にある小河川河口にオヒルギとヤエヤマヒルギの混じた帯状群が生育している。
- 16) 崎枝： 崎枝部落の北にある入江に樹高4~5 mのヤエヤマヒルギ小群が生育している。
- 17) 名蔵湾北海岸： 崎枝部落から西へ約1.3 kmの海岸沿いに樹高3~4 mのオヒルギとヤエヤマヒルギ群が生育し, メヒルギも小数混じている。
- 18) 名蔵湾中央海岸： 崎枝部落と名蔵大橋との間に道路より内陸側に6箇所の小群生育地がある。ヤエヤマヒルギとオヒルギが主でヒルギモドキも生育している。
- 19) 名蔵川： 河口とラグーン内に広大な林分を形成している。樹高は3~4 mのオヒルギ林とヤエヤマヒルギ林で海岸側にはヒルギダマシとヒルギモドキも生育している。ここでは海岸側前面で方形区調査をおこなった (Is-Q. 14)。
- 20) 名蔵湾南海岸： 名蔵から海岸沿いに観音崎への道路の海側に2箇所の小群生育地がある。ヤエヤマヒルギとオヒルギを主とし, ヒルギモドキ, ヒルギダマシ, メヒルギも少数生育している。

## 10 小浜島

- 1) 西海岸： アカヤ崎と細崎との間の海岸に生育している。オヒルギとヤエヤマヒルギが主で海岸側にマヤブシとヒルギダマシが生育している。護岸堤内のヤエヤマヒルギは多数枯死している。

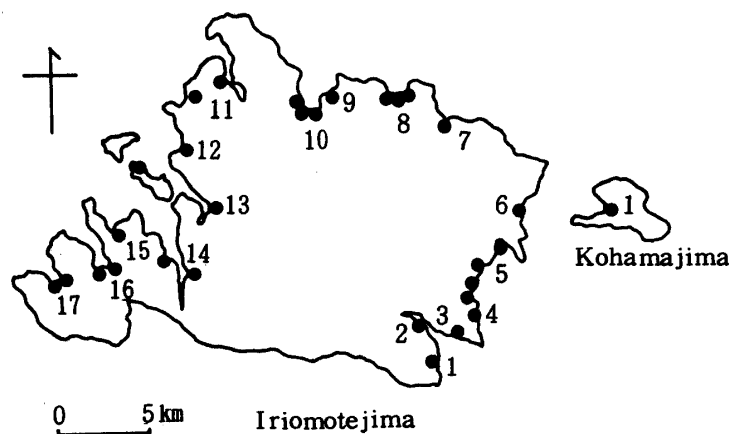


Fig. 6. Location of the mangrove community in Iriomotejima and Kohamajima

## 11 西表島

1) 大原川： 下流の橋付近にマヤブシギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギの混じた群がみられる。樹高は4～5 mである。また樹高1～2 mのメヒルギも生育している。

2) 仲間川： 河口から下流に渡って広大な林分を形成している。ヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林を主とし、メヒルギは流路側に小群をなしている。河口付近左岸の海岸にはマヤブシギ帯状林が生育している。ここではマヤブシギとオヒルギ林で方形区調査をおこなった (Ir-Q. 1, 2 および 3～10)。

3) 新港川： 河口より下流にかけてオヒルギとヤエヤマヒルギを主とする帯状林が生育している。

4) 仲間崎： 仲間崎から前良川までの海岸に4箇所の生育地がある。オヒルギとヤエヤマヒルギおよびマヤブシギを主とする群でヒルギダマシとメヒルギも生育している。

5) 前良川, 後良川, および相良川： 古見の入江に注ぐ3つの河川があるがこれらをまとめて述べる。河口およびその付近の海岸にオヒルギ, ヤエヤマヒルギ, メヒルギ, マヤブシギおよびヒルギダマシの混じた林が生育している。海岸にはマヤブシギ帯状林, 河口付近にはヤエヤマヒルギ林, その内陸側にはオヒルギ林が生育している。ここでは各林分で方形区調査をおこなった (Ir-Q. 11～16)。

6) 美原： 美原部落と由布島との間の海岸にオヒルギ, ヤエヤマヒルギおよびマヤブシギの帯状群が生育している。

7) ユツン川： 河口に樹高4～5 mのオヒルギとヤエヤマヒルギが主でメヒルギとヒルギダマシの混じた林分がみられる。

8) 北海岸： ゲーダ川, 大見謝川およびユスケダ川の各河口に樹高4～5 mのオヒルギ, ヤエヤマヒルギ林が生育している。

9) ナダラ川： 河口およびその南にある小河川河口に樹高3～4 mのヤエヤマヒルギとオヒルギの帯状林が生育している。

10) 船浦湾： 西田川, ピナイ川, マーレ川およびヤシ川の各河口に生育している。樹高4～5 mのヤエヤマヒルギとオヒルギの帯状林である。船浦部落近くの潟にはヒルギダマシとヒルギモドキも生育している。メヒルギは林縁に点在している。ヤシ川にはニッパヤシ小群が生育している。ここではオヒルギ林とヒルギダマシ林で方形区調査をおこなった (Ir-Q. 17～19 および 20)。なお, 船浦と上原部落との間にある野崎川河口にもオヒルギとヤエヤマヒルギの混じた小群がみられる。

11) 浦内川およびヨナダ川： 浦内川およびヨナダ川の河口に広大な林分を形成している。河口付近では樹高3～4 mのヤエヤマヒルギ林, その内陸側にはオヒルギ林が生育している。メヒルギ, ヒルギモドキ, ヒルギダマシも生育している。ヨナダ川にはヒルギモドキ群がみられる。

12) アラバ川： 河口に樹高4～5 mのオヒルギ小群が生育している。

13) 仲良川： 支流一番川河口, その対岸, 支流二番川および流路が大きく東へかわる屈曲点付近の両岸に生育している。樹高5～6 mのヤエヤマヒルギ林である。メヒルギは河岸に帯状群をなして生育している。ここではヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林で方形区調査をおこなった (Ir-Q. 21 および 22～24)。

14) クイラ川： 支流ヒドリ川河口と支流フカイ川河口に大きな林分を形成している。ヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林である。メヒルギは林縁部に生育している。ここでは各林分で方形区調査をおこなった (Ir-Q. 25, 26, と 27, 28 および 29～32)。

15) 舟浮： 舟浮とサバ崎間の入江の奥にヤエヤマヒルギとオヒルギの混じた林が生育している。ヒルギモドキとヒルギダマシも少数生育している。

16) ウダラ川およびアヤンダ川： 両河川河口にヤエヤマヒルギ帯状林とオヒルギ帯状林が生育している。メヒルギは河岸に点在している。

17) ウボ川およびパイダ川： 両河川河口にヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林が生育している。海岸側

前面部にはメヒルギ小群もみられる。

#### 第4章 調査方法および解析方法

##### 第1節 分布調査

鹿児島県と沖縄県を対象とし、河口を主にして地形的にみて生育可能地を抽出し、これに今までの調査報告(1, 9, 15, 23, 31, 34, 39, 40, 41, 46, 50, 51) および各市町村教育委員会からの情報による生育地を加えて生育地および生育可能地表を作成した。この表をもとにして九州本島で3箇所、種子島で4箇所、屋久島で1箇所、奄美大島で3箇所、沖縄本島で34箇所、久米島で1箇所、宮古島で5箇所、伊良部島で2箇所、石垣島で30箇所、小浜島で1箇所、西表島で24箇所、合計108箇所について生育地調査をおこなった。各島における調査地は Fig. 2, 3, 4, 5, 6 に示した。

調査は生育樹種、樹高、胸高直径または根元直径、生育地面積、着生花および着生果実について測定、記載した。樹高は測高尺で目測を加えて測定し、胸高直径(1.2 m)、根元直径(地上0.2 m)は輪尺またはノギスで測定した。生育地面積は現地調査で作成した概況図より、また一部は航空写真を参考にして地図上から算出した。

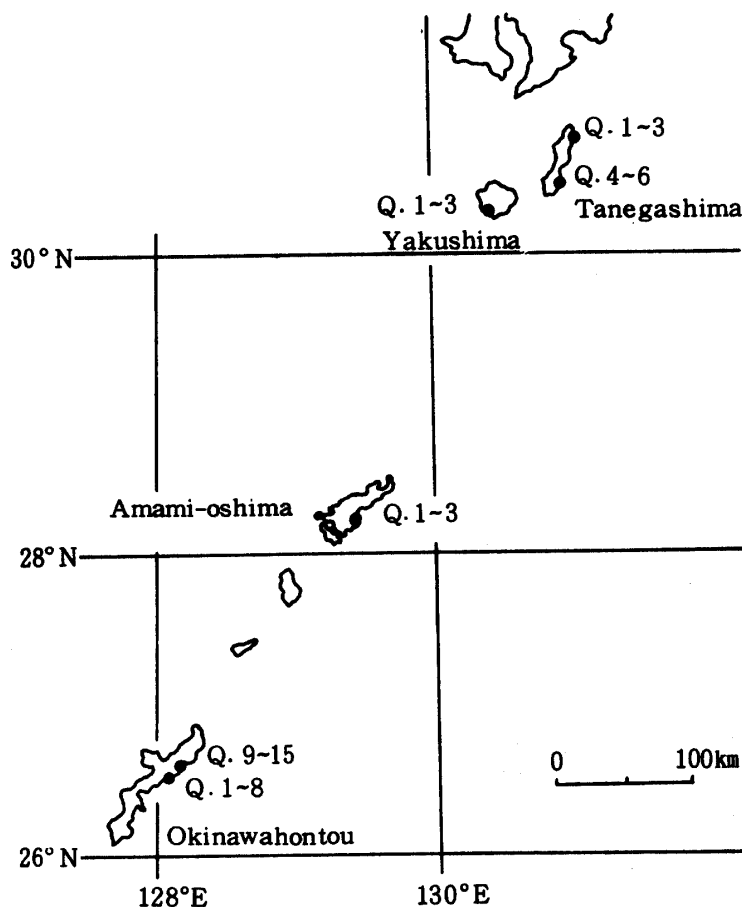


Fig. 7. Location of quadrats in *K. candel* dominant area

第2節 林分構造の解析

林分構造調査は方形区法によっておこなった。調査区は各調査地で踏査をおこない代表的な林分内に設定された。

調査区（以下 Q. と略する）は種子島西之表市湊の太田川河口のメヒルギ更新地に（Ta-Q. 1）、メヒルギ帯状林に（Ta-Q. 2）を、中種子町阿嶽川河岸のメヒルギ密生林に（Ta-Q. 4）、同町大浦川河口の中州上のメヒルギ更新地に（Ta-Q. 5）、メヒルギ低木林に（Ta-Q. 6）を設定した。屋久島では屋久町栗生川河口右岸のメヒルギ低木林に（Ya-Q. 1）を、左岸の堤防内のメヒルギ林に（Ya-Q. 2, 3）を設定した。

奄美大島では住用村の住用川・役勝川両河口近くの海岸に生育するメヒルギ林に（Am-Q. 1）その海側のメヒルギ更新地（Am-Q. 2）、河口のオヒルギ林に（Am-Q. 3）を設定した。

沖縄本島では名護市大浦川のメヒルギ低木林に（Ok-Q. 1~4）、メヒルギとオヒルギの混交林に（Ok-Q. 5）、メヒルギ林に（Ok-Q. 6, 7）、オヒルギ林に（Ok-Q. 8）を設定した。東村慶佐次川のメヒルギ林に（Ok-Q. 9, 11, 15）、メヒルギとオヒルギ混交林に（Ok-Q. 10, 13）、ヤエヤマヒルギ林に（Ok-Q. 12, 14）を設定した。

石垣島では平久保川のヤエヤマヒルギ林に（Is-Q. 1）、嘉良川のオヒルギ林に（Is-Q. 2）、ヤエヤマヒルギ林に（Is-Q. 3）を設定した。吹通川のヤエヤマヒルギ林に（Is-Q. 4, 5）、ヤエヤマヒルギとオヒルギ混交林に（Is-Q. 6~9）、オヒルギ林に（Is-Q. 10~13）を設定した。名蔵川河口近くのヒルギダマシ生育地に（Is-Q. 14）を設定した。

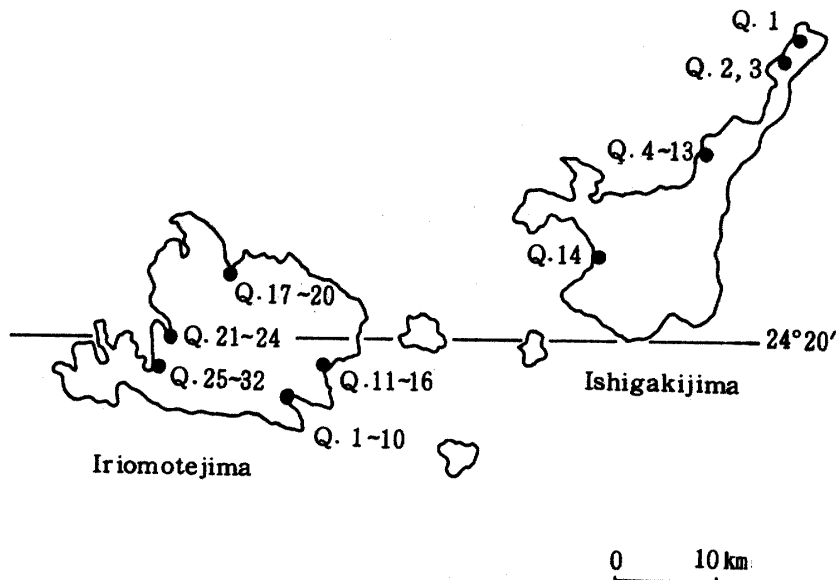


Fig. 8. Location of quadrats in *B. conjugata* dominant area

西表島では東部の仲間川河口近くの海岸に生育するマヤブシギ林に（Ir-Q. 1, 2）、内陸部のオヒルギ林に（Ir-Q. 3~10）を設定した。相良川河口近くの海岸に生育するマヤブシギ林に（Ir-Q. 11）、相良川と後良川との間にあるヤエヤマヒルギとヒルギダマシおよびマヤブシギの混じた林分に（Ir-Q. 12~15）、後良川下流のオヒルギ林に（Ir-Q. 16）を設定した。西部では船浦湾の西田川河口のオヒルギ林に（Ir-Q. 17, 18）、マーレー川河口のオヒルギ林に（Ir-Q. 19）、ヤシ川河口に続く干

淵に生育するヤエヤマヒルギ優占地に (Ir-Q. 20) を設定した。仲良川下流のヤエヤマヒルギ林に (Ir-Q. 21), オヒルギ林に (Ir-Q. 22~24) を設定した。クイラ川下流のヤエヤマヒルギ林からオヒルギ林へ連続して (Ir-Q. 25~28), メヒルギ更新地からメヒルギ林へ一定間隔で (Ir-Q. 29~32) を設定した。

調査区の大きさは (5×5) m<sup>2</sup> を基本とした〔但し (Ir-Q. 1, 2, 11) は (10×10) m<sup>2</sup> である〕

各調査区では構成樹種, 樹高, 胸高直径 (1.2 m) または胸高未満の個体については根元直径 (地上 0.2 m), 樹冠幅について測定した。また, 必要に応じて枝下高, 支柱根高, 支柱根幅について測定した。稚幼樹の密生する調査区ではその区内にさらに小方形区を設け, 樹種, 樹高および根元直径について測定した。

資料整理にあたってメヒルギ優占地域の樹高が低い林分内の調査区では樹高 0.5 m 以下の個体を稚樹層, これ以上の個体を上層とした。一方樹高が高い林分内の調査区では胸高直径—樹高関係図より階層区分をおこなった。これに対してオヒルギ優占地域では全調査区で胸高直径 (根元直径) —樹高関係図より階層区分をおこなった。胸高直径階別本数分布では階級幅を 1 cm とし, 樹高階別本数分布では階級幅を 0.5 m とした。調査区内の各樹種生立木本数を調査区面積 (m<sup>2</sup>) で除して各樹種の本数密度を求め, その合計を林分密度とした。また, その逆数である生立木の個体平均占有面積 (以下, 平均面積) を求めた。生立木の樹冠面積を楕円式で算出し, その合計値を林分樹冠面積 (m<sup>2</sup>) とした。支柱根占有面積は樹冠面積と同様にして各個体の占有面積を算出し, 調査区内の全ての個体の合計値を林分支柱根占有面積とした。更にこの値を調査区面積で除して林分支柱根占有面積比とした。密度の単位は本/m<sup>2</sup>, 平均面積の単位は m<sup>2</sup>/本であるが, 本論文ではこれらの単位を省略して記した。

### 第3節 平面的個体分布の解析

林分構造調査で設定した調査区で樹木個体位置を測定した。

測定値の解析にあたっては前述の胸高直径 (根元直径) —樹高関係図による階層区分を基にして各樹種を上層木, 中層木, 下層木に区分し, これらの各階層に対応する3つの直径階に区分した。本区分に従って樹種別に記号を定め各調査区の樹木個体位置図を作成した。この図を使って森下<sup>21, 22)</sup>の Iδ法により平面的個体分布について解析をおこなった。ここで使用する指数は次のとおりである。

#### 1) Iδ (集中度指数)

個体分布の集中度を示すもので, Iδ = 1 は機会分布, Iδ > 1 は集中分布, Iδ < 1 は一様分布を示している。分布様式の判定は森下<sup>21)</sup>の判定図に従った。計算式は次のとおりである。

$$I\delta = \frac{\sum n_i (n_i - 1)}{N(N-1)} \cdot q$$

N : 方形区内の総個体数

n<sub>i</sub> : 各小方形区内の個体数

q : 小方形区数

#### 2) Iδ(s) / Iδ(2s) (集団の大きさ)

個体集団の大きさを判定するものでこの曲線におけるピークが集団の大きさを示している。面積 S の方形区における Iδ 値を面積 2S の方形区における Iδ 値で除した値である。

3)  $R\delta$  (すみわけ指数)

各種間、各グループ間の関係を示すもので  $R\delta = 0$  のとき両者は全く無関係に分布しており、両者が正の関係 (ともずみ) にある場合正の値となり、負の関係 (すみわけ) にある場合負の値となる。計算式は次のとおりである。

$$R\delta = R'_\delta \quad (R'_\delta \geq 0 \text{ のとき})$$

$$R\delta = \frac{R'_\delta}{W_\delta} \quad (R'_\delta < 0 \text{ のとき})$$

$$R'_\delta = \frac{2(q \sum n_x n_y - N_x N_y)}{q(\delta_x + \delta_y) N_x N_y}$$

$$\text{但し} \quad \delta_x = \frac{\sum n_{xi}(n_{xi}-1)}{N_x(N_x-1)} \quad \delta_y = \frac{\sum n_{yi}(n_{yi}-1)}{N_y(N_y-1)}$$

$n_{xi}$  :  $i$  番目の小方形区における  $x$  種の個体数

$n_{yi}$  :  $i$  番目の小方形区における  $y$  種の個体数

$N_x$  :  $x$  種の総個体数

$N_y$  :  $y$  種の総個体数

4)  $C\lambda$  (類似度指数)

共同体相互間の類似度を示すもので、 $C\lambda = 0$  のとき各調査区は相異なるものであり、 $C\lambda = 1$  のとき全く同じ共同体であることを示している計算式は次のとおりである。

$$C\lambda = \frac{2 \sum n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum n_{1i}(n_{1i}-1)}{N_1(N_1-1)}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum n_{2i}(n_{2i}-1)}{N_2(N_2-1)}$$

但し、 $N_1$  : 方形区 1 内の総個体数

$N_2$  : 方形区 2 内の総個体数

$n_{1i}$  : 方形区 1 内の  $i$  種の個体数

$n_{2i}$  : 方形区 2 内の  $i$  種の個体数

第 4 節 現 存 量

調査域の代表的なマングローブ林であるメヒルギ林、オヒルギ林およびヤエヤマヒルギ林で現存量測定をおこなった。

メヒルギ林は沖縄本島名護市真喜屋の羽地内海に面する海岸に生育している林分で、オヒルギ林は石垣島北部の嘉良川および吹通川の林分で、ヤエヤマヒルギ林は石垣島北部の嘉良川の林分で測定をおこなった。

各調査林分に  $(5 \times 5) \text{ m}^2$  の方形区を設定して毎木調査をおこなった。この結果から胸高直径分布の全体に分散するように供試木を選んで伐倒した。伐倒した供試木については樹高、枝下高、枝張りを測



定した。次いで層別刈取法によって層の厚さ1mに刈取り、幹、枝、葉および生殖器官に分けて生重量を測定した。上記の各部分から少量のサンプルを取り出し絶乾重量算定の資料とした。林分内外の地表面で照度を測定し、林内の相対照度を算定した。林冠層内での相対照度の減衰は

BEER-LAMBERT の法則

$$\log(I/I_0) = -KF$$

を用いて求め、各林分毎に作成した生産構造図中に点線で示した。I/I<sub>0</sub>はある層における相対照度、Fはその層より上部にある葉面積で、Kは吸光係数である。

## 第5章 調査結果および考察

### 第1節 マングローブ林の分布

#### 1 分布地

日本におけるマングローブ林は九州本島南端の鹿児島県下に3箇所、以下南西諸島で種子島に4箇所、屋久島に1箇所、奄美大島に3箇所、沖縄本島に34箇所、久米島に1箇所、宮古島に5箇所、伊良部島に2箇所、石垣島に30箇所、小浜島に1箇所、西表島に24箇所、合計108箇所に分布している。

#### 2 分布樹種

マングローブ林構成種として、メヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、ニッパヤシの7種を認めた。

#### 3 各樹種の分布域および生育の特徴

##### 1) メヒルギ

九州本島鹿児島県川辺郡大浦町の大浦川河口を北限とし、種子島、屋久島、奄美大島、沖縄本島、久

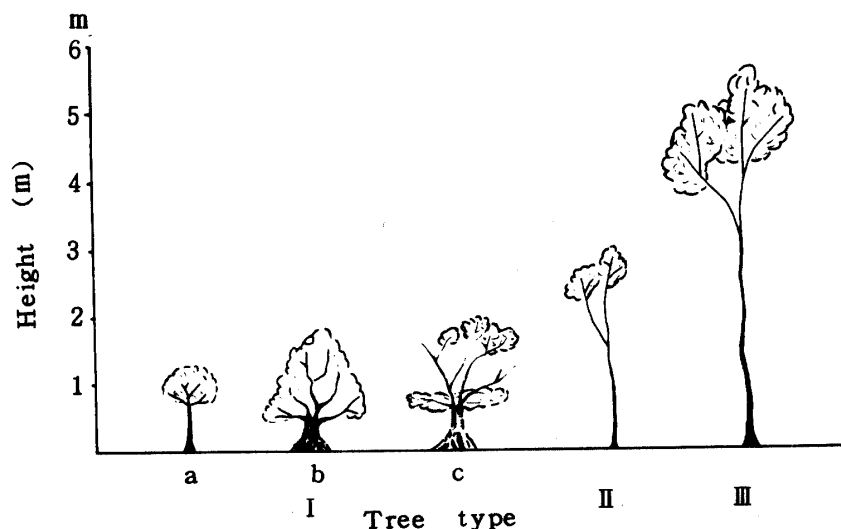


Fig. 9. A diagram to show the tree type of *K. candel*

I : Fore-side tree type

a ; young tree b ; old tree c ; damaged tree

II : Middle tree type III : In-side tree type

Table 1. Location and outline of the mangrove forest in Kyushu-hontou, Tanegashima, Yakushima and Amami-oshima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (Ha)	Studied date
Kyushu-hontou	1 Ooura-cho Ooura	Oouragawa	<i>K. candel</i>		-1.7	0.01	'73.10
	2 Kiire-cho Yonekura	Yonekuragawa	<i>K. candel</i>	( -6)	-1.7	0.02	'73.8
	3 Kiire-cho Suzu	Suzukawa	<i>K. candel</i>	3-4	4-4.5	0.01	'73.8
Tanegashima	1 Minamitane-cho Ooura	Oourawaga	<i>K. candel</i>	-4	-3	3.0	'73.10
	2 Minamitane-cho Hirayama	Abusukigawa	<i>K. candel</i>	( -7)	-2	0.02	'73.9
	3 Nakatane-cho Kumano	Adakegawa	<i>K. candel</i>	-3	-3	2.0	'73.10
	4 Nishinoomote-shi Minato	Ootagawa	<i>K. candel</i>	-20	0.5-6	2.0	'73.10
Amami-oshima	1 Kasari-cho Tekebu	Tekebugawa	<i>K. candel</i>	( -30)	-1.6	0.04	'73.8
	2 Sumiyo-mura Higashiba	—	<i>K. candel</i>	-4	-3	0.05	'73.8
	3 Sumiyo-mura Ishihara Yanma	Nakamagawa Yakugachigawa	<i>B. conjugata</i> <i>K. candel</i> <i>B. conjugata</i>	( -6) -6 -5	-3 -4 -3	0.01 12.0 1.5	'73.8

Table 2. 1) Location and outline of the mangrove forest in Okinawa-hontou and Kumejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Okinawa-hontou	1 Sashiki-son Fuszaki	Hamasakigawa	<i>K. candel</i>	-4	-3	0.5	'73.5
	2 Kitanakagusuku Toguchi	Toguchigawa	<i>K. candel</i>	-3	-3	0.9	'76.2
	3 Gushikawa-shi Kawada	—	<i>K. candel</i>	-3	-2	0.5	'74.3
	4 Yonagusuku-son Ikemi	—	<i>K. candel</i>	-2	-2		'73.5
	5 Ishikawa-shi Ishikawa	Ishikawagawa	<i>B. conjugata</i>	-2	-2	0.0	
	6 Kin-son Yaka	Tokuhinagawa	<i>K. candel</i> <i>K. candel</i>	-9 -2	-4 -2	1.0	'74.11 '73.10

Table 2. 2) Location and outline of the mangrove forest in Okinawa-hontou and Kumejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Okinawa-hontou	7	Kin-son Kin	Ukubigawa	<i>K. candel</i>	- 10	2.0	'72.2
				<i>B. conjugata</i>	- 10		
8	Ginoza-son Kanna	Fukujigawa	<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4	2.0	'73.3
			<i>L. racemosa</i>	- 4	- 3		
			<i>K. candel</i>	- 5	- 5		
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 3		
			<i>R. mucronata</i>	- 2	- 1.5		
			<i>K. candel</i>	- 5	- 5		
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4		
			<i>K. candel</i>	- 6	- 5		
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4		
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4		
9	Ginoza-son Kaneku	Fukujigawa	<i>K. candel</i>	- 5	- 5	1.5	'73.3
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4	1.5	'73.3
10	Ginoza-son Katabaru	Kebubarugawa	<i>K. candel</i>	- 6	- 5	1.5	'73.3
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4		
11	Nago-shi Kushi	Oogawa	<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4	1.5	'76.3
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4		
12	Nago-shi Kushi	Ootogawa	<i>K. candel</i>	- 5	- 3	0.02	'73.3
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 3		
13	Nago-shi Henoko	Henokogawa	<i>B. conjugata</i>	- 2	1 - 1.5	3.0	'73.3
			<i>K. candel</i>	- 2	1 - 1.5		
14	Nago-shi Ooura	Oouragawa	<i>K. candel</i>	- 6	- 5	3.0	'73.7
			<i>B. conjugata</i>	- 26	- 6		
15	Nago-shi Tiima	Tiimigawa	<i>B. conjugata</i>	- 4	- 3	0.03	'73.3
			<i>K. candel</i>	- 5	- 4		
16	Higashi-son Gesashi	Gesashigawa	<i>K. candel</i>	- 5	- 4	10.0	'73.3
			<i>B. conjugata</i>	- 17	- 5		
17	Higashi-son Taira	Fukujigawa	<i>R. mucronata</i>	- 8	- 4	0.03	'73.3
			<i>K. candel</i>	- 2	- 1.5		
18	Kunigami-son Ada	Adagawa	<i>B. conjugata</i>	- 2	- 1.5	0.01	'73.6
			<i>K. candel</i>	(7 - 9)	- 1		
19	Kunigami-son Ibu	Ibugawa	<i>B. conjugata</i>	(7 - 9)	1.5 - 3	0.01	'73.6
			<i>K. candel</i>	2 - 3	2 - 3		

Table 2. 3) Location and outline of the mangrove forest in Okinawa-hontou and Kumejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Okinawa-hontou							
20	Kunigami-son Kaganji	Hijigawa	<i>K.candel</i>	- 3	- 3	0.01	'73.6
21	Kunigami-son Hama	Takazatogawa	<i>K.candel</i>		- 1	0.02	'73.6
22	Oogimi-son Taiho	Taihogawa	<i>K.candel</i>	- 2	- 2	0.5	'73.6
			<i>B.conjugata</i>	- 2	- 1.5		
23	Nago-shi Makiya	Makiyaokawa	<i>K.candel</i>	- 4	- 4	1.0	'73.5
			<i>B.conjugata</i>	- 18	- 5		
24	Nago-shi	Nasadagawa	<i>K.candel</i>	- 5	- 3	0.45	'73.4
			<i>B.conjugata</i>	- 5	- 3		
25	Nago-shi Wakugawa	Minatogawa	<i>K.candel</i>	- 3	1-3	0.02	'73.4
			<i>B.conjugata</i>	- 3	- 2		
26	Nago-shi Gabu	—	<i>K.candel</i>	- 1	- 1.5	0.04	'73.11
			<i>B.conjugata</i>	- 8	- 5		
27	Nago-shi Yohena	—	<i>K.candel</i>	- 8	- 1	0.7	'73.11
			<i>B.conjugata</i>	- 8	- 6		
28	Nakijin-son Nakasone	Ooigawa	<i>K.candel</i>	- 4	- 3	0.1	'73.4
29	Nakijin-son Heshiki	Jininsagawa	<i>K.candel</i>	- 5	- 4	0.05	'76.2
30	Nago-shi Yabu	Yabukawa	<i>K.candel</i>	- 2	- 2		'73.4
31	Nago-shi Kohensoko	—	<i>K.candel</i>	- 2	- 2	0.01	'73.3
32	Onna-son Nakama	Fukujigawa	<i>K.candel</i>	- 1	- 1.5	0.03	'73.4
33	Onna-son Onna	Arakawa	<i>K.candel</i>	- 1	- 1		'73.11
34	Kadena-cho Kadena	Hijigawa	<i>K.candel</i>	- 3	- 3	0.05	'73.5
Kumejima							
1	Gima	Gimagawa	<i>K.candel</i>		- 1	0.04	'73.5
			<i>B.conjugata</i>		- 1		

Table 3. Location and outline of the mangrove forest in Miyakojima and Irabujima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Miyakojima	1 Hirara-shi Shimajiri	—	<i>R. mucronata</i>	- 4	- 4	2.0	'73.3
			<i>A. marina</i>	- 4	- 1		
			<i>B. conjugata</i>	- 4	- 3		'73.5
			<i>K. candel</i>	- 4	- 3		'73.5
			<i>K. candel</i>	- 6	- 4	0.3	'73.5
Irabujima	1 Irabu-son Nakachi	—	<i>K. candel</i>	- 18	- 6	0.01	'73.5
			<i>B. conjugata</i>	- 12	- 6	1.0	'73.5
			<i>R. mucronata</i>	- 3	- 3		
			<i>K. candel</i>	- 4	- 4	0.08	'73.5
			<i>R. mucronata</i>	- 4	- 4		
Irabujima	2 Irabu-son Nagahama	—	<i>K. candel</i>	- 2	- 2	0.05	'73.5
			<i>R. mucronata</i>	- 1	- 1		
			<i>B. conjugata</i>	- 1	- 1		

Table 4. 1) Location and outline of the mangrove forest in Ishigakijima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Ishigakijima	1 Ishigaki-shi Miyara	Miyaragawa	<i>R. mucronata</i>	- 10	- 6	10.0	'73.2
			<i>B. conjugata</i>	- 15	- 6		
			<i>K. candel</i>	- 5	- 3.5		
Ishigakijima	2 Ishigaki-shi Shiraho	Todorokigawa	<i>B. conjugata</i>	- 10	- 6	0.05	'76.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4		
Ishigakijima	3 Ishigaki-shi Hoshino	Tsurugawa	<i>B. conjugata</i>	- 4	- 5	0.5	'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 4	- 4		

Table 4. 2) Location and outline of the mangrove forest in Ishigakijima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Ishigakijima	4	Ishigaki-shi Inoda	<i>R. mucronata</i>	- 10	- 6	0.05	'74.10
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5		
	5	Ishigaki-shi Hirakubo	<i>K. candel</i>	- 5	- 3	2.0	'73.3
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 6		
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 6		
			<i>K. candel</i>	- 5	- 4		
	6	Ishigaki-shi Yoshino	<i>R. mucronata</i>	- 15	- 7	3.0	'73.3
			<i>B. conjugata</i>	- 20	- 7		
	7	Ishigaki-shi Akashi	<i>K. candel</i>	- 10	- 6	0.01	'76.5
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 6		
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5		
	8	Ishigaki-shi Ibaruma	<i>R. mucronata</i>	- 3	- 3	0.02	'75.5
			<i>B. conjugata</i>	- 4	- 3		
	9	Ishigaki-shi Nosoko	<i>K. candel</i>	- 2	- 2	0.6	'76.5
<i>B. conjugata</i>			- 10	- 5			
10	Ishigaki-shi Nosoko	<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5	0.5	'73.7	
		<i>R. mucronata</i>	- 10	- 5			
11	Ishigaki-shi Itona	<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5	13.0	'73.7	
		<i>R. mucronata</i>	- 20	- 8			
		<i>R. mucronata</i>	- 25	- 7	13.0	'73.7	
		<i>K. candel</i>	- 10	- 5			
12	Ishigaki-shi Urasoko	<i>B. conjugata</i>	- 10	- 4	0.05	'76.5	
		<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
13	Ishigaki-shi Tomino	<i>R. mucronata</i>	- 4	- 3	0.02	'76.5	
		<i>B. conjugata</i>	- 3	- 3			
14	Ishigaki-shi Kabira	<i>B. conjugata</i>	- 10	- 6	0.05	'73.7	
		<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
		<i>K. candel</i>	- 5	- 4			
		<i>A. marina</i>	- 5	- 1			

Table 4. 3) Location and outline of the mangrove forest in Ishigakijima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Ishigakijima	15	Ishigaki-shi Kabira	<i>B. conjugata</i>	- 18	- 8	0.7	'76.5
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 6		
	16	Ishigaki-shi Sakieda	<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5	0.01	'75.5
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4	0.05	'76.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4		
			<i>K. candei</i>	- 5	- 4		
			<i>R. mucronata</i>	- 6	- 4	0.5	'73.3
18	Ishigaki-shi Nagura		<i>B. conjugata</i>	- 10	- 4		
			<i>L. racemosa</i>	- 5	- 4.5		
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 4	50.0	'73.3
19	Ishigaki-shi Nagura	Naguragawa	<i>B. conjugata</i>	- 10	- 4		
			<i>A. marina</i>	- 2	- 2		
			<i>L. racemosa</i>	- 2	- 3		
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 5	0.3	'73.7
20	Ishigaki-shi Nagura		<i>B. conjugata</i>	- 10	- 4		
			<i>L. racemosa</i>	- 5	- 4		
			<i>A. marina</i>	- 2	- 2		
			<i>K. candei</i>	- 2	- 2		

Table 5. 1) Location and outline of the mangrove forest in Kohamajima and Iriomotejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date	
Kohamajima	1 Kohama	—	<i>R. conjugata</i>	- 10	- 4	2.0	'76.5	
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 8	- 4			
Iriomotejima	1 Taketomi-cho Oohara	Ooharagawa	<i>A. marina</i>	- 2	- 2	87.0	'74.3	
			<i>S. alba</i>	- 10	4 - 5			
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5			
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5			
			<i>K. candel</i>	-	- 2			
			<i>S. alba</i>	- 8	- 4			'74.5
			<i>K. candel</i>	- 3	- 3			
Iriomotejima	2 Taketomi-cho Ootomi	Nakamagawa	<i>B. conjugata</i>	- 60	- 7	80.0	'74.5	
			<i>R. mucronata</i>	- 12	- 5			
			<i>A. marina</i>	- 12	- 1			
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5			
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 5			
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5			
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 5			
			<i>S. alba</i>	- 5	- 4			
			<i>B. conjugata</i>	- 20	- 5			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5			
Iriomotejima	3 Taketomi-cho Ootomi	Shinminatogawa	<i>K. candel</i>	- 5	- 4	87.0	'74.5	
			<i>S. alba</i>	- 10	- 5			
			<i>B. conjugata</i>	- 10	- 5			
			<i>R. mucronata</i>	- 10	- 5			
			<i>S. alba</i>	- 5	- 4			
			<i>B. conjugata</i>	- 20	- 5			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 8	- 5			
			<i>K. candel</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 10	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 1			
Iriomotejima	4 Taketomi-cho Komi	Airagawa Shiragawa Mairagawa	<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4	10.0	'74.5	
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
Iriomotejima	5 Taketomi-cho Komi	Airagawa Shiragawa Mairagawa	<i>S. alba</i>	- 10	- 4	87.0	'74.5	
			<i>A. marina</i>	-	- 1			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
Iriomotejima	14 Taketomi-cho Mihara	—	<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4	10.0	'74.5	
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
			<i>S. alba</i>	- 6	- 4			
			<i>A. marina</i>	-	- 2			
			<i>B. conjugata</i>	- 5	- 4			'74.5
			<i>R. mucronata</i>	- 5	- 4			
<i>S. alba</i>	- 6	- 4						



Table 5. 2) Location and outline of the mangrove forest in Kohamajima and Iriomotejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied date
Iriomotejima	7	Taketomi-cho Kita-kaigan	<i>B.conjugata</i>	- 10	- 5	0.5	'74.3
			<i>R.mucronata</i>	- 8	- 5		
			<i>K.candel</i>	- 3	- 3		
	8	Taketomi-cho Kita-kaigan	<i>A.marina</i>	- 1	- 1	10.0	'74.3
			<i>B.conjugata</i>	- 10	- 5		
			<i>R.mucronata</i>	- 7	- 5		
	9	Taketomi-cho	<i>R.mucronata</i>	- 5	- 4	5.0	'74.3
			<i>B.conjugata</i>	- 8	- 4		
	10	Taketomi-cho Funaura-wan	<i>R.mucronata</i>	- 7	- 5	45.0	'74.3
			<i>B.conjugata</i>	- 20	- 5		
			<i>A.marina</i>	- 3	- 3		
			<i>A.marina</i>	- 4	- 4		
			<i>L.racemosa</i>	- 5	- 4		
	11	Taketomi-cho Urauchi	<i>A.marina</i>	- 2	- 2	99.0	'74.3
			<i>L.racemosa</i>	- 4	- 3		
<i>R.mucronata</i>			- 5	- 4			
<i>B.conjugata</i>			- 20	- 4			
<i>K.candel</i>			- 5	- 4			
12	Taketomi-cho Shirahama	<i>B.conjugata</i>	- 10	- 5	40.0	'74.5	
		<i>B.conjugata</i>	- 15	- 6			
13	Taketomi-cho Shirahama	<i>R.mucronata</i>	- 10	- 6	3.30	'74.3	
		<i>K.candel</i>	- 4	- 3			
14	Taketomi-cho Funauki	<i>R.mucronata</i>	- 10	- 6	2.0	'74.3	
		<i>B.conjugata</i>	- 10	- 7			
15	Taketomi-cho Funauki	<i>K.candel</i>	- 4	- 4	2.0	'74.3	
		<i>R.mucronata</i>	- 7	- 5			
		<i>B.conjugata</i>	- 10	- 5			
		<i>A.marina</i>	- 2	- 3			
		<i>L.racemosa</i>	-	- 1			

Table 5. 3) Location and outline of the mangrove forest in Kohamajima and Iriomotejima

Site No.	Locality	River name	Species	Diameter at breast height (cm)	Tree height (m)	Area (ha)	Studied data
Iriomotejima	16 Taketomi-cho Funauki	Udaragawa	<i>R. mucronata</i>	- 8	- 6	6.0	'74.3
		Ayandagawa	<i>B. conjugata</i>	- 15	- 6		
17 Taketomi-cho Amitotri		Ubogawa	<i>K. candel</i>	- 4	- 4	5.0	'74.3
			<i>B. conjugata</i>	- 15	- 8		
		Baidagawa	<i>R. mucronata</i>	- 5	- 5		
			<i>K. candel</i>	- 4	- 4		



分と考えられる。この樹型区分を各分布地にあてはめてメヒルギの発達段階についてみると九州本島から西表島までの分布地の中でも種子島から沖縄本島までに最も発達した林分を形成していることが認められた。本種はマングローブの全分布地 108箇所のうち77箇所に生育している。

#### ii) オヒルギ

奄美大島住用村を北限とし、沖縄本島、久米島、宮古島、伊良部島、石垣島、小浜島、西表島に分布している。

奄美大島ではメヒルギ林よりも海側に生育し、樹高の低い密なる小林分を形成している。

沖縄本島では生育地は多いがメヒルギ林に混じて生育している。また、よく発達したマングローブ林では部分的にメヒルギをおさえて優占している。宮古島ではオヒルギをはじめ各マングローブ構成種の生育は小規模であり林分をなすに至っていない。石垣島、西表島では各地で広く分布し、数箇所で広大なマングローブ林をなし、日本におけるマングローブ林面積の大部分を占めている。本種はマングローブ構成種のなかで最も内陸側に分布し、林分としても発達した所が多く、これに伴い伐採された所もまた多い。

即ち、本種は奄美大島から南下するにともない、その林分も発達し日本の南端の八重山群島（石垣島、西表島）ではマングローブ林の優占種となり、日本で最も発達したマングローブ林を形成している。また、単木的には胸高直径 60 cm 余の大きな個体もみられる。

本種についてもメヒルギと同様に樹形によって区分した。1つは前縁型、他の1つは林内型である。前縁型は前述のメヒルギ前縁型と同じく海側前面および林縁に分布するものである。一般にオヒルギはマングローブ林の前面に分布することは少ないのでこれは特異なタイプである。奄美大島住用川河口のオヒルギ林分、西表島船浦湾マーレー川河口のオヒルギ林分がこの前縁型の例である。林内型は各分布地でマングローブ林の内部または内陸側に普通にみられるものである。本種はマングローブの全分布地 108箇所のうち 69箇所に生育している。

#### iii) ヤエヤマヒルギ

沖縄本島東村慶佐次川河口を北限とし、宮古島、伊良部島、石垣島、小浜島、西表島に分布している。沖縄本島、宮古島、伊良部島では生育地が少なく、大きい個体で樹高 4 m 余であり、メヒルギおよびオヒルギ林と混交するか、またはその海側前面に小群を形成して生育している。石垣島と西表島では広く各地に分布し、マングローブ林の海側前面で優勢となりよく発達したヤエヤマヒルギ林分をなしている。大きい個体は樹高 8 m、胸高直径 15 cm におよんでおり、日本ではオヒルギ林に次ぐ分布面積を占めている。本種はマングローブ全分布地 108 箇所のうち 58 箇所に、沖縄本島以南の全分布地 96 箇所のうち 58 箇所に生育している。

#### iiii) マヤブシギ

小浜島のアカヤ崎と細崎との間の海岸を北限とし、西表島東部の大原から美原までの海岸に生育している。直径の小さい個体は幹が直立しているが、根元の大きい個体は地際で分幹し、これらの幹が横に広がり土砂に埋まるものもあり、個体の判別しにくい場合もある。マングローブ林のうち最も海側に生育し海岸沿いに帯状の純林を形成している。林内にヒルギダマシ、ヤエヤマヒルギの幼樹が少数点在している。西表島後良川河口付近の海岸にはヒルギダマシ、ヤエヤマヒルギを混じた若い林がみられる。小浜島と西表島の全分布地 25 箇所のうち 6 箇所に生育している。

#### v) ヒルギダマシ

宮古島島尻入江を北限とし、石垣島、小浜島、西表島に分布している。マングローブ林の海岸側前面に生育しているが干潟の広い生育地に多く生育している。各生育地で小群または単木的に点在しており、分布面積はきわめて小さい。幹は地際で分幹して横に広がる。樹高は大きい個体でも 2 m 余である。本種の分布地は限定されており、上記の各島に 12 箇所の生育地がある。

## vi) ヒルギモドキ

沖縄本島金武の億首川河口に数本点在するのが北限で石垣島、小浜島、西表島に分布している。マングローブ林の海岸側林縁部で少し高くなっていて海水の流入しない所に生育している。各生育地では小群または単木で生育している、分布面積はきわめて小さい。本種の分布地も限定されており、上記の各島に1箇所の生育地がみられる。

## vii) ニッパヤシ

船浦湾のヤシ川の流路近くにオヒルギと混じて少数個体が生育している。西表島西部の内離島にも、10株ほど生育している。

Table 7. Distribution area of the mangrove species in studied area

Species	Locality	Northern-most stand	Southern-most stand
<i>Kandelia candel</i>		Kagoshima Prefec. Kawanabe-gun Ooura-cho Oouragawa	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Nakamagawa
<i>Bruguiera conjugata</i>		Kagoshima Prefec. Ooshima-gun Sumiyou-son Yakugachigawa	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Nakamagawa
<i>Rhizophora mucronata</i>		Okinawa Prefec. Kunigami-gun Higashi-son Gesashigawa	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Nakamagawa
<i>Lumnitzera racemosa</i>		Okinawa Prefec. Kunigami-gun Kin-son Ukukubigawa	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Kohamajima
<i>Avicennia marina</i>		Okinawa Prefec. Miyako-gun Hirara-shi Shimajiri	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Nakamagawa
<i>Sonneratia alba</i>		Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Kohamajima	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Nakamagawa
<i>Nypa fruticans</i>		Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Yashigawa	Okinawa Prefec. Yaeyama-gun Taketomi-cho Uchibanari

## 4 生育地の地形

マングローブ林は日本では九州本島南部および南西諸島にのみ分布する特殊な群落のため生育地の地形的研究がほとんどなされていない。以下、マングローブ生育地の地形について若干の考察を試みる。

マングローブ林は潮間帯 (Tidal zone) 生物群集の1つであり、その生育地は潮間泥土 (Tidal mud)、潮間低地 (Tidal flat) と呼ばれているが、これらは潮間帯に広く存在する泥土をさすものであるからマングローブの生育している地域の泥土をさす言葉としてはマングローブ湿地 (Mangrove swamp) が適している。しかし、この言葉もそれが河口にあるのか海岸にあるのか限定していない。

マングローブ林は海水の流入する地域に生育する群落であるので地形上海岸地形に属するものと考えられる。海岸地形には一般的に岩石海岸、砂質海岸があり、三角州、低位置準平原などが海岸に接している所では泥浜 (Muddy coast) となっている。<sup>53)</sup> 日本のマングローブ林の生育地はこの泥浜地形に含まれ、海側前面には干潟 (Tidal marsh) がみられことが多い。海岸縦断面からみると前海岸 (Fore shore) に位置し、後海岸 (Back shore) にも一部みられる。しかし、後背湿地 (Back

marsh) には生育していない。

海岸線の分類からみると、日本のマングローブ生育地は沈水海岸線 (Shore line of submergence) に属している。西表島の舟浮湾に続くクイラ川、そのすぐ東の仲良川、浦内川および東部の仲間川など典型的な「溺れ谷」地形であるが、この谷へ注ぐ小河川が形成する泥土上または中州上にマングローブが生育している。このうち浦内川河口は沈降したときできた2つの離れ島 (Detached island) がその後陸繋砂州 (Tombolo) で結ばれたため、その内部に広大な干潟ができ、ここにマングローブが生育していたものである。その後人為的に分布地がせばめられて現在の生育状況となったものである。河川地形のようにみえる石垣島の吹通川、嘉良川および平久保川、沖縄本島の大浦川、慶佐次川および億首川などの生育面積の大きい所は河川地形ではなく、入口の極端に狭い「溺れ谷」の海岸地形である。この「溺れ谷」が土砂の堆積により浅くなった結果マングローブが侵入し、その後マングローブが発達するにつれて土砂の堆積も促進され、入江全体にマングローブが生育することになる。更にマングローブが発達すると林内を流れる大きい流路に自然堤防が形成され、そのため後背湿地が形成されてゆく。この後背湿地は耕地化されていった結果、現在の億首川のように堤防に囲まれた河川敷に帯状に残るマングローブ林となっているのである。以上のことから生育面積の大きい生育地は海岸地形の入江に生育しており入江型と称することができる。

一部の小面積生育地では河口に生育しているものもみられ、河口型も存在している。

## 5 まとめ

調査域 (日本) には7種、メヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、ニッパヤシの各マングローブ構成種が分布している。九州本島、種子島、屋久島にはメヒルギのみ、奄美大島にはメヒルギとオヒルギの2種、沖縄本島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの4種、久米島にはメヒルギとオヒルギの2種、宮古島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシの4種、伊良部島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギの3種、石垣島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキの5種、小浜島にはオヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキの5種、西表島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、ニッパヤシの7種が分布している。このように調査域におけるマングローブ構成種は北限地で1種、南限で7種と南下するにともない種類が増加している。また生育地面積も南下するにともない増大している。

沖縄本島以北の各島の生育地ではメヒルギが優占し、宮古島・伊良部島では特に優占する種がなく、石垣島・小浜島・西表島ではオヒルギが優占している。以上の結果から九州本島、種子島、屋久島、奄美大島、久米島、沖縄本島をメヒルギ優占地域とし、石垣島、小浜島をオヒルギ優占地域とし、調査域 (日本) のマングローブ生育地を大きく2つの地域に区分した。

マングローブ構成種は各生育地で樹種の分布に規則性がみられる。メヒルギ優占地域では海岸または流路から内陸へ向って、ヤエヤマヒルギ・ヒルギモドキ→メヒルギ・オヒルギの順となっている。また、メヒルギの樹型区分型でもメヒルギⅠ型→メヒルギⅡ型→メヒルギⅢ型の順となっている。

オヒルギ優占地域では海岸または流路から内陸へ向って、ヒルギダマシ・マヤブシギ・ヤエヤマヒルギ→(メヒルギ)・ヤエヤマヒルギ・オヒルギ→オヒルギの順となっている。

調査域のマングローブ生育地は地形的に沈降海岸線の泥浜に生育しており、大多数の生育地は海岸地は海岸地形の入江に属している。

## 第2節 方形区法によるマングローブ林の林分構造解析

## 1 メヒルギ優占地域の林分構造

前節で述べたように九州本島、種子島、屋久島、奄美大島、久米島および沖縄本島の生育地がメヒルギ優占地域に属している。本地域にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの4樹種が分布している。

## 1) 林型

各調査区で階層区分を基にして上層で優占する樹種により林型区分をおこなった。メヒルギについては前述の樹型区分に対応する更に細かい林区分をおこなった。その結果、本地域では8つの林型を認めた。すなわち、1)メヒルギⅠ型林 2)メヒルギⅡ型林 3)メヒルギⅢ型林 4)メヒルギ・オヒルギ林 5)メヒルギ・(オヒルギ)林 6)オヒルギ・(メヒルギ)林 7)オヒルギ林 8)ヤエヤマヒルギ林である。

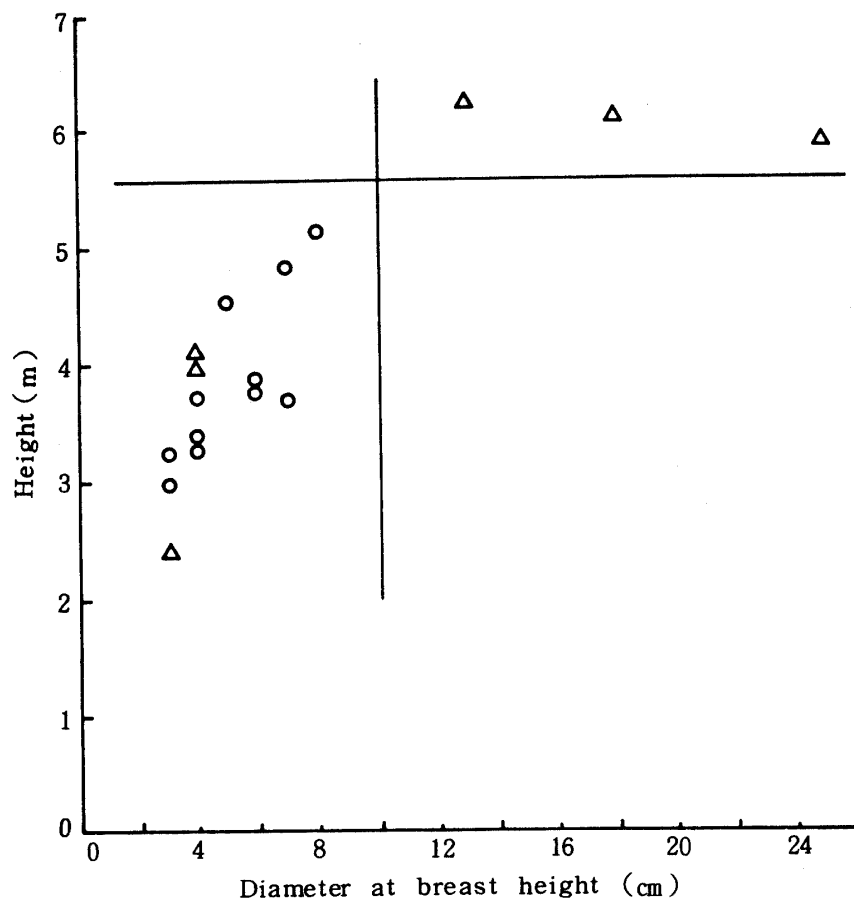


Fig. 10. Relation between diameter at breast height and tree height of quadrat Ok-Q. 8

○ : *K. candel*      △ : *B. conjugata*

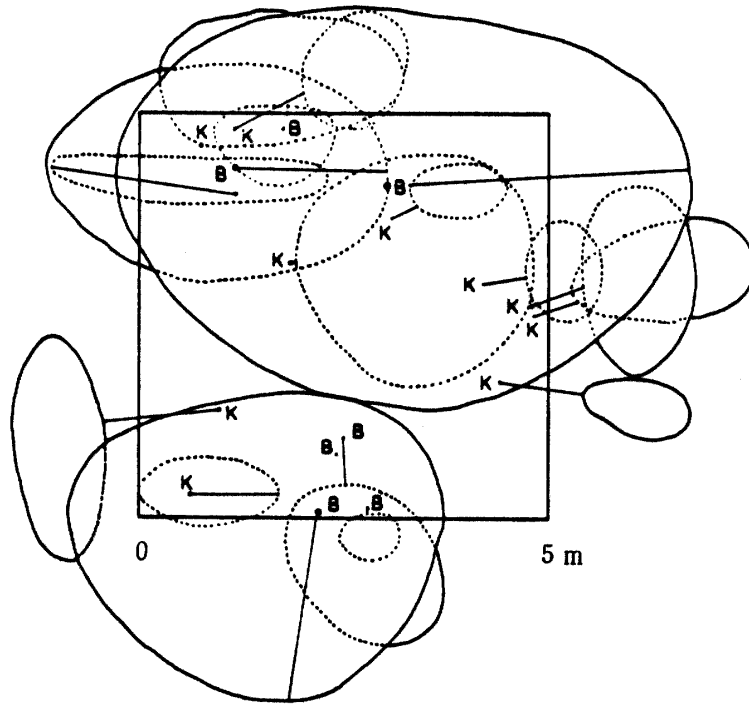


Fig. 11. Tree crown projection map of quadrat Ok-Q.8  
 K : *K. candel*      B : *B. conjugata*

ii) 生立木本数

上層木についてみると、最も生立木本数の多い林分はメヒルギII型林の (Ta-Q. 4) で179 (9) 本

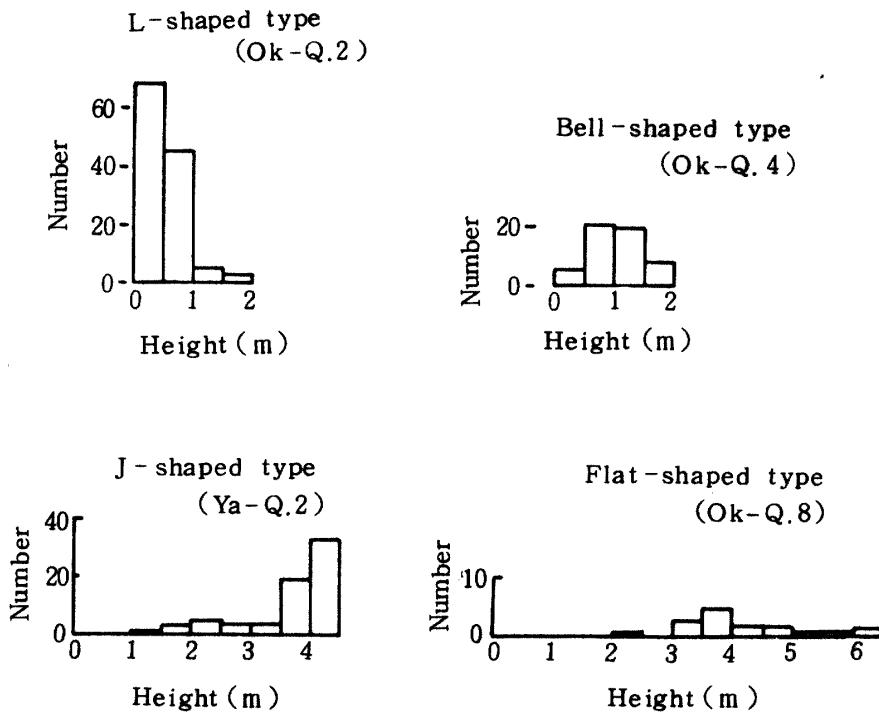


Fig. 12. Type of frequency histogram of tree height



(括弧内は枯死木), 密度は7.16 (0.76) である。また, 最も少ない生立木本数はメヒルギⅢ型林 (Am-Q. 1) の15本, 密度は0.60である。その他の林型ではメヒルギⅠ型林が20~57本, 密度0.80~2.28, オヒルギ林で50本, 密度1.96, メヒルギ・(オヒルギ) 林で29本, 密度1.16, メヒルギ・オヒルギ林で186 (8) 本, 密度5.96 (0.20), オヒルギ・(メヒルギ) 林で17 (1)~55 (5), 密度0.68 (0.04)~2.20 (0.20) となっている。

次に稚樹についてみると, 更新地の (Ta-Q. 1) で96 (66) 本, 密度3.84 (2.64), (Ta-Q. 5) で25本, 密度1.00である。メヒルギⅠ型林で4~95本, 密度0.16~3.80, メヒルギⅡ型林で42 (3) 本, 密度1.68 (0.12), メヒルギⅢ型林で0~40本, 密度0~1.60, オヒルギ林で1本, 密度0.04, メヒルギ・オヒルギ林で37 (3) 本, 密度1.48 (0.12), メヒルギ・(オヒルギ) 林とオヒルギ・(メヒルギ) 林では稚樹なしとなっている。

### iii) 胸高直径および根元直径階別本数分布

胸高直径階別本数をヒストグラムで示し, その形状から分布型の区分をおこなった。その結果, L字型, 山型および平坦型の3型が認められた。典型的な山型は調査方形区 (Ya-Q. 2, 3), (Am-Q. 1, 3), (Ok-Q. 6, 7) にみられ, 同様にL字型は (Ta-Q. 4) に, 平坦型は (Ta-Q. 2), (Qk-Q. 8) にみられる。根元直径階別本数分布についてみると, この本数分布型にもL字型, 山型, 平坦型の3つの型がある。典型的な各分布型はL字型が調査方形区 (Ok-Q. 1, 2, 3) にみられ, 同様に山型が (Ta-Q. 6) (Ya-Q. 1) に, 平坦型が (Am-Q. 2), (Ok-Q. 4) にみられる。全体的にみると本域のマングローブ林では各直径階別本数分布型は山型と平坦型の2型が多くみられる。

### iiii) 樹高階別本数分布

直径階別本数分布と同様にヒストグラムを作成し, その分布を区分した。その分布型にはL字型, 山型, 平坦型およびJ字型の4型が認められた。各分布型の典型的なものはL字型が (Ta-Q. 1), (Ok-Q. 1~3) にみられ, 同様に山型が (Ta-Q. 1), (Am-Q. 2, 3), (Ok-Q. 4, 7), 平坦型が (Ta-Q. 4), (Ok-Q. 8) に, J字型が (Ta-Q. 2), (Ya-Q. 2, 3) にみられる。

### v) 階層構造

メヒルギⅢ型林では上層のみの単層林 (Ta-Q. 2), 上・中層の2層林 (Ya-Q. 2, 3), (Ok-Q. 6, 7) および上・下層の2層林 (Am-Q. 1) がみられる。メヒルギⅡ型林では上・中・下層の3層林となっており, メヒルギⅠ型林は上・下層の2層林または稚樹層のみの単層となっている。メヒルギ・オヒルギ林は上・下層の2層林, メヒルギ・(オヒルギ) 林は上層のみの単層林, オヒルギ, (メヒルギ) 林は上・中層の2層林, ヤエヤマヒルギ林は上・下層の2層林となっている。

### vi) 胸高および根元断面積合計

メヒルギⅠ型林とメヒルギ・オヒルギ林は胸高に達しないため根元断面積合計で示した。前者は調査区の0.21~0.57%, 後者は同じく1.05%を占めている。胸高断面積合計で示したメヒルギⅡ型林は調査区の0.12%, メヒルギⅢ型林は0.22~0.68%, メヒルギ・(オヒルギ) 林は0.17%, オヒルギ・(メヒルギ) 林は0.50%をそれぞれ占めている。従って, 本域ではメヒルギⅢ型林の0.68%が最大である。

### vii) マングローブ林の成立と推移

生育している樹種がメヒルギだけの場合とメヒルギとオヒルギの場合とに分けて, 林分の更新と推移について考察する。

メヒルギだけの場合についてみると, ヒルギ科の樹種では母樹から落下した胎生芽によって更新がおこなわれるのであるが, 落下した胎生芽は母樹の下の泥土中につきささると言われている。しかし, LAWRENCE<sup>7)</sup> はフロリダの *Rhizophora mangle* の観察で泥土中につきささるものより水中に落下し, ささらないものが多いと報告している。また, YAMASHIRO<sup>55)</sup> も種子島のメヒルギでの観察で落下した

胎生芽 583 本のうち 49 本が直立し、17 本が斜立し合計 66 本 (11.3%) が泥土中にささっていたと報告している。また、著者の観察でもメヒルギの胎生芽は成熟するとわん曲し、垂直に落下することは少なく、また落下時に海水が入ってきていれば泥土に達しないし、また母樹の下の泥土もつきささるほど柔らかい場所は少なく、落下してつきささる個体数は多くないものと考えられる。

YAMASHIRO<sup>55)</sup> は種子島のメヒルギでの観察から胎生芽 1854 本のうち母樹の下に 31 本、母樹より 50 cm 以内に 227 本、残り 1627 本は行方不明であったし、母樹の下につきささった個体も大部分は海水に運れて分散すると報告している。このことはメヒルギの分布に海水が大きな役割を果たしていることを示唆しているが、この海水の分散作用と豊富な胎生芽、その強い生存力によってメヒルギの広い分布範囲が説明できる。

以上のように海水の分散作用は大きな影響を与えているが、その影響によってメヒルギ林の更新の仕方に 2 つのタイプがある。1 つは海水が常に流入する立地あるいは汽水の流入する立地でみられるもので、母樹から落下した胎生芽は水流によって移動させられるため、母樹の下に定着するのが困難となる。従って稚樹の生立木本数が少ないもので (Ta-Q. 5) がこれにあたる。他の 1 つは海水および汽水の流入が普通みられない立地における更新の仕方では落下した胎生芽は母樹の下にそのまま定着するか、海水および汽水が流入した時に小高い所や汀線に運ばれて集中して定着するもので (Ta-Q. 1) がこれにあたる。

定着した胎生芽は時間の経過とともに生長してゆくが、海水および汽水の流入した立地に更新したものはメヒルギ前縁型林のメヒルギ I-a 型林となる。海水および汽水の流入が持続すると、このメヒルギ I-a 型林は更に発達してメヒルギ I-b 型林となる。メヒルギ I-a 型林が成立した後、土砂の堆積がおこり陸地化がすすんでゆくとメヒルギ III 型林となる。海水および汽水の流入が希にしかみられない立地に更新したものは生立木本数が多いため早くから個体間の競争がおこり、枯死個体が多く、密生したクローネの小さいメヒルギ II 型林となる。更に発達すると枯死個体が消えてメヒルギ III 型林へと移行するものと思われる。このメヒルギ II 型林は胸高直径階別本数分布型では L 字型であるがその分布幅が狭く、樹高階別本数分布では短形型でいわゆる共倒れ型である。従って、メヒルギ II 型林から III 型林への移行は個体間の競争ばかりでなく、成立地の大きな環境変化に伴う推移、特に生育地の陸地化が原因であると考えられる。

以上の更新および推移をまとめると次のようになる。

- 1) (Ta-Q. 1) 更新型 → メヒルギ II 型林 → メヒルギ III 型林
- 2) (Ta-Q. 5) 更新型 → メヒルギ I-a 型林  
→ メヒルギ I-b 型林  
↘ メヒルギ III 型林

メヒルギとオヒルギの 2 種の場合、メヒルギがオヒルギよりも先駆的である。これはメヒルギの胎生芽生産量が多いこと、胎生芽の形状が海水による分散に適していること、胎生芽から稚樹までの生存率が高いことが考えられる。また、オヒルギはメヒルギより内陸側に生育しているため胎生芽が分散しにくいこと、メヒルギが陽樹であることも原因である。2 樹種生育地の成立および推移についてみると、まずメヒルギが侵入、定着し、そのメヒルギ林内にオヒルギが少数侵入する [例 (Ok-Q. 1~4)]。その後次第にオヒルギの侵入が増加し [例 (Ok-Q. 5)]、オヒルギとメヒルギの地位が逆となる。更に発達するとオヒルギが上層を占め、メヒルギは中層を占めるオヒルギ優占林 [例 (Ok-Q. 8)] となる。

奄美大島の (Am-Q. 3) のオヒルギ林は本来内陸側に生育するオヒルギ林が海岸前面に成立し、密生した林分であること、付近に十分発達したオヒルギ林が存在しないことからみて特殊なオヒルギ林 (前縁型) である。

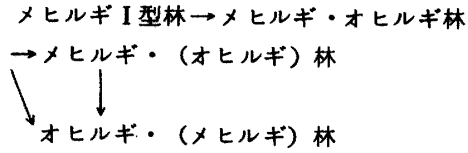
Table 8. Forest type and stand structure of the mangrove forest in *K. candel* dominant area

Forest type	Type of frequency histogram of tree height	Type of frequency histogram of diameter at breast height *	Tree number of upper story ** no./ha	Tree density of upper story ** no./m <sup>2</sup>	Mean tree height m	Crown area m <sup>2</sup>	Basal area * cm <sup>2</sup>
<i>K. candel</i> · I	L, bell,	(L), (bell), (flat)	8000 - 22800	0.80 - 2.28	0.87 - 1.17	10.8 - 36.5	(537) - (1434)
<i>K. candel</i> · II	flat	L	55200 (3200) - 71600(3600)	5.52(0.32) 7.16(0.36)	2.0 - 2.73	13.6 - 66.2	304 - 630
<i>K. candel</i> · III	J	bell, flat	6000 - 27600	0.60 - 2.76	3.63 - 5.98	41.2 - 88.2	536 - 1687
<i>K. candel</i> · <i>B. conjugata</i>			22000 - 59600	2.20(0.20)	1.58 - 3.56	78.9	(2636)
<i>K. candel</i> · ( <i>B. conjugata</i> )		bell	11600	- 5.96(0.20) 1.16	3.20	—	- 1014 428
<i>B. conjugata</i> · ( <i>K. candel</i> )	flat	flat	6800(400)	0.68(0.04)	4.29	79.3	1236
<i>B. conjugata</i>	bell	bell	19600	1.96	1.90	65.5	325
<i>R. mucronata</i>			5200 - 12000 (400)	0.52 - 1.20 (0.04)	1.66 - 3.50	18.4 - 43.7	22 - 600

\* · · parenthesis show diameter at base

\*\* · · parenthesis show dead tree

以上のことからメヒルギとオヒルギの2樹種の生育する場合の推移は次のようになる。



なお、本域の沖縄本島にはヤエヤマヒルギの生育地が数箇所みられるので、本種も含めたマングローブ林の推移についても論及する。ヤエヤマヒルギは本域では分布面積も小さく、他樹種との競合はほとんどみられない。本種はメヒルギと同じく先駆樹種であるが、必ず海岸側前面に侵出する。更新地では本種のみ純林をなし、発達してウツ閉が破れてくるとオヒルギ、メヒルギが侵入しオヒルギ林へと移行する。従って、本種は上記の推移順序ではメヒルギ I 型林と同じ位置を占めている。

VIII) まとめ

メヒルギ優占地域には基本的にメヒルギ林、ヤエヤマヒルギ林およびメヒルギ、オヒルギ混交林の3林型がある。このうちメヒルギ林が更に前縁型、中間型および内陸型の3林型に区分され、メヒルギ、オヒルギ混交林がメヒルギ・オヒルギ型、メヒルギ・(オヒルギ)型およびオヒルギ・(メヒルギ)型の3林型に区分される。これらにオヒルギ林の特殊なタイプであるオヒルギ前縁型が加わって8つの林型に区分された。

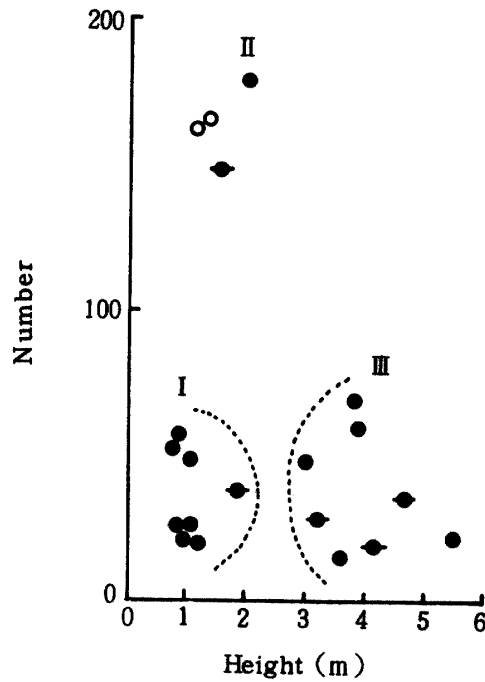


Fig. 13. Forest type classified by relation between average tree height and tree number of upper story in *K. candel* forest

I : *K. candel* I type forest    II : *K. candel* II type forest

III : *K. candel* III type forest

● : *K. candel*    ◐ : *K. candel* · (*B. conjugata*)

○ : investigated by TATEWAKI<sup>50)</sup>

メヒルギ前縁型はメヒルギ林のなかで樹冠層が低く(1~2 m), 断面積合計値が大で生立木密度は中位にある林分である。メヒルギ中間型は樹冠層が比較的高く(3~4 m), 断面積合計値が小さく生立木密度の大なる林分である。メヒルギ内陸型は樹冠層が高く(4~6 m), 断面積合計値が大きく生立木密度の小さい林分である。メヒルギ, オヒルギ混交林の3つの林型の区分は断面積合計と樹冠面積の大きい樹種によって区分されたもので生立木密度は無関係である。これらの林分はメヒルギ林からオヒルギ林への移行相であるが, 本地域では最終相のオヒルギ内陸型がみられないのでオヒルギ・(メヒルギ)林が最も発達した林である。

胸高直径階別本数分布型にはL字型, 山型および平坦型の3型がある。直径分布幅の広いものほど成立後長い時間が経過しているものと考えられる。上記の分布型を分布幅の広さによって並べると, L字型→山型→平坦型の順となる。従って, メヒルギのような先駆的性質をもつ林分ではこの分布型の推移によって群落の発達段階を推定することができるものと考えられる。

樹高階別本数分布型にはL字型, 山型, 平坦型およびJ字型の4型がみられる。上記の直径分布型と同様に考えると, 分布型の推移はL字型→山型→J字型→平坦型となるがメヒルギのような先駆的樹種で耐陰性のないものはJ字型から平坦型へ移行することはなく, J字型が最終分布型である。上記のような推移となっているのはオヒルギが混じているためである。

生立木密度と胸高断面積比との関係をメヒルギ中間型および内陸型, メヒルギとオヒルギ混交林の各型についてみると, 密度ではメヒルギ中間型が7.16, メヒルギ内陸型が0.80, オヒルギ・(メヒルギ)型が0.68, メヒルギ・(オヒルギ)型が1.16である。一方, 断面積比は上記の順に0.12, 0.68, 0.50, 0.17となっている。このことより, メヒルギ単純林では密度の極端に大きい中間型より密度の小さい内陸型が断面積比では逆に大きい値となっている。メヒルギとオヒルギ混交林ではメヒルギが優占の場合, 密度は大きい, 断面積比は小さく, オヒルギが優占してくると密度は小さくなるが断面積比は大きくなって来る。従って, オヒルギが混じた林分ではメヒルギ単純林よりも密度が小さくなり, 断面積比も小さい値となっている。

## 2 オヒルギ優占地域の林分構造

前節で述べたように本地域には石垣島, 小浜島および西表島の各島がこれに属している。本地域には日本に生育するマングローブ構成種の全種, メヒルギ, オヒルギ, ヤエヤマヒルギ, マヤブシギ, ヒルギダマシ, ヒルギモドキおよびニッパヤシの7種が生育している。本地域の優占種であるオヒルギは奄美大島を北限とし, 南下するにつれて発達し日本南端の八重山群島で優占となり, 日本のマングローブ林の極盛相であるオヒルギ林を形成している。

### 1) 構成樹種

本調査で記録されたオヒルギ優占地の構成種はメヒルギ, オヒルギ, ヤエヤマヒルギ, マヤブシギおよびヒルギダマシの5種でヒルギモドキとニッパヤシは含まれていない。これは両種の生育地がきわめて狭い地域に限定されていることによる。

樹種構成は単一種のものがオヒルギ, ヤエヤマヒルギ, マヤブシギのみられ, 46箇の調査区でオヒルギが16箇, 他2種が各1箇である。2樹種で構成されるものメヒルギ・オヒルギ, ヤエヤマヒルギ・メヒルギ, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ, マヤブシギ・ヤエヤマヒルギの4組で調査区は上記の順に1箇, 1箇, 9箇, 1箇と12箇である。3樹種で構成されるものはメヒルギ・オヒルギ・ヤエヤマヒルギが9箇, オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・ヒルギダマシ, オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・マヤブシギが各1箇である。4樹種で構成されるものはメヒルギ・オヒルギ・ヤエヤマヒルギ・ヒルギダマシ, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ・ヒルギダマシ・マヤブシギで各1箇である。上記の5樹種の全てから構成される調査区も1箇ある。以上, 樹種構成には13箇の組み合わせがあり, ヤエヤマヒルギは10箇の組に, オヒルギは9箇の

組に、メヒルギとマヤブシギが各5箇の組に、ヒルギダマシが4箇の組にあらわれている。  
 また、調査区を設定した河川別にみると、構成種のうちヤエヤマヒルギとオヒルギは全河川に生育し、マヤブシギは仲間川と後良川に、ヒルギダマシは後良川とヤシ川に、メヒルギは平久保川、嘉良川、後良川、仲良川およびクイラ川に生育している。

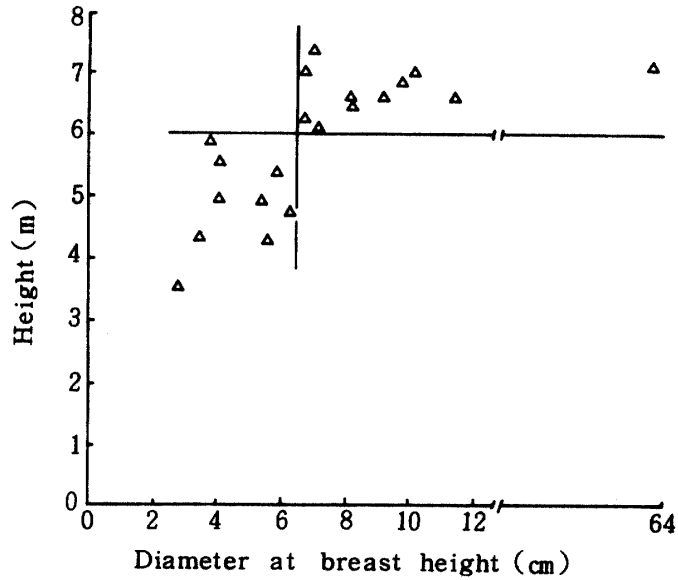


Fig. 14. Relation between diameter at breast height and tree height of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* forest

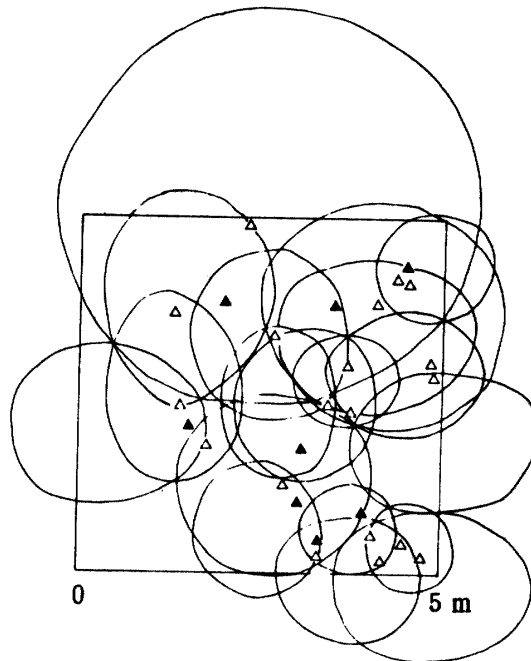


Fig. 15. Tree crown projection map of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* forest

▲ : dead tree

以上のことより、オヒルギ優占地のマングローブ林の樹種構成は優占種オヒルギにヤエヤマヒルギとメヒルギとメヒルギを加わえた3樹種による構成が一般的である。

## ii) 林型

各調査区で樹高による階層区分をおこない、上層で優占する樹種で林型区分をおこなった。その結果、本地域で6つの林型を認めた。それらは1)オヒルギ林(B型) 2)ヤエヤマヒルギ林(R型) 3)ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林(R・B型) 4)マヤプシギ林(S型) 5)メヒルギ林(K型) 6)ヒルギダマシ林(A型)である。46箇の調査区のうち、B型が22箇、R型が9箇、R・B型が3箇、S型が7箇、K型が4箇、A型が1箇である。

## iii) 胸高および根元直径階別本数分布

胸高および根元直径階別本数をヒストグラムで示し、その形状から分布型の区分をおこなった。その結果を各林型別にまとめる。

オヒルギ林分では左偏型のL字型が(Is-Q. 2)にみられるが他は全て不規則な平坦型である。ヤエヤマヒルギ林分では山型、平坦型およびJ字型がみられる。その典型的なものは山型が(Is-Q. 5)、(Ir-Q. 21)に、平坦型が(Is-Q. 1, 2, 6)に、右偏型のJ字型が(Ir-Q. 26)にみられる。ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林分では全てが平坦型であるが、少し右偏傾向がみられる。マヤプシギ林分では不規則な平坦型が(Ir-Q. 15, 16, 25, 28, 29)でみられ、L字型が(Ir-Q. 27)でみられる。メヒルギ林分では平坦型が(Ir-Q. 30)で、および山型が(Ir-Q. 31, 32)でみられる。ヒルギダマシ林分は平坦型(Is-Q. 14)のみである。

以上のように胸高直径階別本数分布型にはL字型、山型、J字型および平坦型の4分布型みられ、分布幅の広がりが大となる。即ち胸高直径が大きくなるほど林分の発達段階はより高いものとする、上記の分布型はその胸高直径の広がりにもなって、L字型→山型→J字型→平坦型の順に変化している。

胸高(1.2m)以上の個体の少ない生育地の調査区7箇で根元直径を測定した。調査区は(Is-Q. 14)、(Ir-Q. 12~15, 25, 29)である。胸高直径階別本数分布では樹高1.2m以下の個体が除外される結果、その分布型をみると強い左偏型は少なくなるが、根元直径階別本数分布ではその調査区の全個体が含まれることになるので直径値の分布幅は広くなり、幼稚樹の数が多いため強い左偏型のL字型および指数分布型となる傾向がみられる[例(Is-Q. 14)、(Ir-Q. 14, 25)]。また、更新中の若い林分では弱い左偏傾向の平坦型もみられる[例(Ir-Q. 12, 13, 15, 29)]。

## iiii) 樹高階別本数分布

直径階別本数分布と同様にして、その分布型を区分した。

オヒルギ林分はL字型が少数の調査区(Is-Q. 12, 13)、(Ir-Q. 23)でみられるが、他は全て平坦型となっている。ヤエヤマヒルギ林分では強い左偏型のL字型(Ir-Q. 1, 3)、(Ir-Q. 20, 25, 26)、平坦型(Is-Q. 4, 6)、(Ir-Q. 21)および右偏型のJ字型(Is-Q. 5)がみられる。ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林分では全てが平坦型である。マヤプシギ林分は全てが不規則な平坦型であり、メヒルギ林分でも同様で全てが不規則な平坦型である。ヒルギダマシ林分は強い左偏型のL字型である。以上のようにオヒルギ優占地域の各林分の樹高階別本数の分布型にはL字型、J字型および平坦型の3つの分布型があり、このうちL字型はオヒルギ林、ヤエヤマヒルギ林およびヒルギダマシ林でみられ、J字型はヤエヤマヒルギ林で一調査区でみられるだけであるが、平坦型は最も一般的で広くみられるものであった。

## v) 階層構造

階層構造は胸高および根元直径一樹高関係より階層区分をおこない類型化した。その結果、本域のマングローブ林はかなり明瞭に1~3層に階層区分ができた。

オヒルギ林では上層のみの単層構造となる林分がみられる[例(Ir-Q. 3~10)]。これらの調査区の

Table 9. Average tree height, average clear length and average crown length of quadrat Ir-Q. 3-10 in *B. conjugata* forest

Quadrat No	Tree height (cm)	Clear length (cm)	Crown length (cm)
Ir-Q. 3	568	263	305
Ir-Q. 4	637	324	313
Ir-Q. 5	512	315	197
Ir-Q. 6	567	342	225
Ir-Q. 7	587	213	374
Ir-Q. 8	626	288	338
Ir-Q. 9	568	311	257
Ir-Q. 10	622	331	297
Average	586	298	288

平均樹高，平均枝下高および平均樹冠長については Table - 9 に示した。

他の林型では上層と稚樹層の2層の2層構造〔例 (Ir-Q. 11, 12)〕の他，林縁部の更新地では上層と下層の2層構造がみられる〔例 (Is-Q. 14), (Ir-Q. 12~15, 29~31)〕。更に下層が幼樹層と稚樹層に明瞭に区分され，上・中・幼樹・稚樹層の4層構造となる林分もみられる。〔例 (Is-Q. 1)〕が，一般的には上層・中層・下層の3層構造となっている林分が多い。

階層構造と関連して林分樹冠面積についてみると，上述の林縁部の更新地で2層構造のみられる調査区は調査区面積の41.6~97.2%を占め，マプシギ林分の (Ir-Q. 11) でも90.2%といずれも調査区面積より小さくなっている。これらを除くその他の調査区では，最小115.6% (Ir-Q. 26) から最大368% (Ir-Q. 21) までいずれも調査区面積より大となっている。更に，林分樹冠面積に占める各層樹冠面積を上層木樹冠面積についてみると林分樹冠面積に占めるその割合はオヒルギ林で50~90%，ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林で40%，メヒルギ林で80%，マプシギ林で80%となり，全体的には上層木の樹冠面積がその林分全体の樹冠面積の大半を占め，その林分のウツ閉度を決定していることがわかった。

#### VI) 生立木本数密度

生立木本数密度は調査区内の生立木本数を調査区面積で除して求めた値であり，樹種別階層別の密度とその合計値である林分密度とを求めた。

林型別に各層および全層の生立木本数密度を各調査区について調べるとヤエヤマヒルギ林は主構成種のヤエヤマヒルギが上層で0.08~1.24，中層で0~1.44，下層で0~4.88 (0.04) (括弧内は枯死木)，全層で0.64~5.68 (0.04) である。オヒルギは上層で0~0.12，中層で0~1.20，下層で0~1.76，全層で0.12~1.88である。また，メヒルギは上層に欠如し，中層で0~0.08，下層で0.04~0.16，全層で0.04~0.16である。ヒルギダマシは上層で0.28，中層で0.28，下層で4.72，全層で5.28となっている。このヤエヤマヒルギ型林分の林分密度は最小値が0.80，最大値が9.12であった。オヒルギ林はオヒルギが上層で0.12~1.20，中層で0~0.92 (0.48)，下層で (0.08)~2.00 (0.40)，全層で0.40 (0.08)~1.36 (0.40) である。ヤエヤマヒルギは上層で0.040~0.20，中層で0~0.04，下層で0~0.16，全層で0.04~0.20となっている。またメヒルギは上層で0~0.04，中層で0~0.04 (0.04)，下層で0~0.12，全層で0.04 (0.04)~0.16 となっている。このオヒ



ルギ型林分密度は最小値が0.40(0.08), 最大値が2.36(0.40)であった。

ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林はヤエヤマヒルギが上層で0.28~0.44, 中層で0.12~0.20, 下層で0.04~0.04(0.04), 全層で0.44~0.60(0.04)である。オヒルギは上層で0.08~0.12, 中層で0.08~0.12, 下層で0.12~0.36, 全層で0.32~0.60である。この林分の最小林分密度値は0.76, その最大値は1.20(0.04)であった。

マヤブシギ林はマヤブシギが上層で0.04~0.34(0.04), 中層で0~0.40, 下層で0.01, 全層で0.04~0.35(0.40)である。オヒルギは上層に欠如し, 中層で0.01~0.16, 下層で0~0.28, 全層で0.02~0.40である。また, ヤエヤマヒルギは上層に欠如し, 中層で0.01~0.44, 下層で0~0.12, 全層で0.01~0.44である。メヒルギは上・中層に欠如し, 下層で0.04である。更にヒルギダマシは上層に欠如し, 中層で0.60(0.04), 下層で0.12~0.44, 全層で0.12~1.04(0.04)である。このマヤブシギ林分の林分密度は最小値が0.15, 最大値が1.32(0.04)であった。

ヒルギダマシ林はヒルギダマシが上層で0.08, 下層で0.24, 全層で0.32である。オヒルギは上層で0.20, 下層で0.28, 全層で0.48である。また, ヤエヤマヒルギは上層で0.24, 下層で2.60(0.08), 全層で2.84(0.08)である。ヒルギダマシ型林分密度は1.92であった。

メヒルギ林はメヒルギが上層で1.00(0.04), 中層で0.08(0.20)~0.72, 下層で0.24~1.72, 全層で0.76~2.20である。オヒルギが上層に欠如し, 中層で0~0.08, 下層で0~0.48, 全層で0.04~0.56である。ヤエヤマヒルギは上層に欠如し, 中層で0.08~0.24, 下層で0~0.60(0.04), 全層で0.16~0.84である。このメヒルギ型林分の

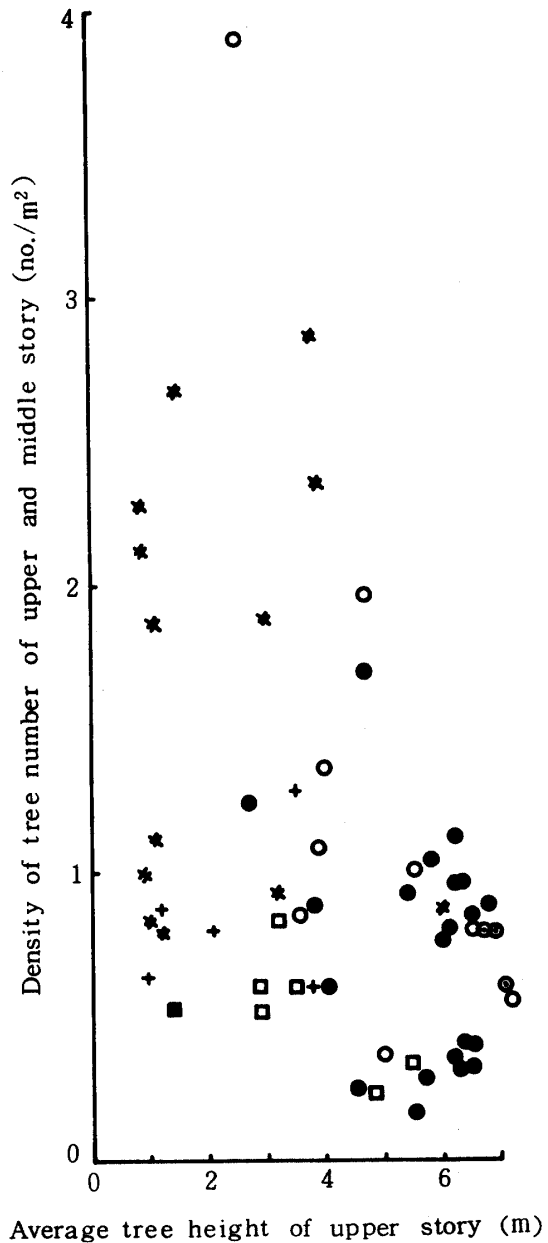


Fig. 16. Relation between average tree height of upper story and density of tree number of upper and middle story

- : *R. mucronata* forest
- : *B. conjugata* forest
- ⊙ : *R. mucronata*·*B. conjugata* forest
- : *S. alba* forest
- : *A. marina* forest
- +
- ✕ : *K. candel* forest in *K. candel* dominant area

の林分密度は最小値が0.96、最大値が3.60であった。

次に以上の各型林の上層を構成する樹種をみると、ヤエヤマヒルギ林はヤエヤマヒルギ、オヒルギおよびヒルギダマシの3樹種があり、オヒルギとヒルギダマシの密度はヤエヤマヒルギに比して非常に小さい値となっている。このことは本林型がほとんどヤエヤマヒルギのみで樹冠層を形成していることを示している。上層木の本数密度の最大は1.64であった。

オヒルギ林はオヒルギとヤエヤマヒルギおよびメヒルギの3樹種が上層を構成している。前述のヤエヤマヒルギ林と同じく、このオヒルギ林でも優占種のオヒルギがほぼ樹冠層の大半を形成している。上層木の本数密度は最大で1.46であった。

ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林はヤエヤマヒルギとオヒルギが上層を構成し、このうちヤエヤマヒルギの個体数がオヒルギのそのほば4倍生立している。上層木の本数密度は最大で0.56であった。

マヤブシギ林はマヤブシギのみが上層を構成し、その本数密度は最大で0.34であった。

メヒルギ林はメヒルギのみが上層を形成し、その本数密度の最大値は1.00(0.04)であった。

以上のように上層木の最大本数密度の値はS型林<R・B型林<K型林<B型林<R型林の順となる。

次に上層木平均樹高と上・中層木密度関係を調べるためにこれをFig.-16に示した。R型林とK型林はばらつきが大きい、B型林は平均樹高6m、本数密度0.8を中心とするグループと平均樹高6m、本数密度0.3を中心とするグループに区分できる。この本数密度の大きいグループが若い林分を、本数密度の小さいグループが内陸側の樹齢の大なる林分を示している。S型林も平均樹高が高く、本数密度の小さいグループと平均樹高が低く、本数密度の大きいグループとがある。前者は樹齢の大きい海岸の帯状林分を、後者は更新中の若い林分を示している。なお、R・B型林は平均樹高7m、密度0.8付近に集中している。

#### VII) 胸高断面積合計および胸高断面積比

各調査区で構成種別に胸高断面積合計 (cm<sup>2</sup>) を算出し、全構成種の合計値を調査区面積で除した値を断面積比 (RBA) とした。

林型別にみると、ヤエヤマヒルギ林では流路側前面に位置する調査区 (Ir-Q. 25) で胸高断面積合計とその断面積比がそれぞれ24 cm<sup>2</sup>, 0.094と最小で、ヤエヤマヒルギからオヒルギへ移行している所の調査区 (Ir-Q. 6) のそれぞれ1348 cm<sup>2</sup>, 0.539が最大である。上層木がヤエヤマヒルギのみの調査区 (Is-Q. 2) では1207 cm<sup>2</sup>, 0.483で、この値がヤエヤマヒルギのみで最大であった。

オヒルギ林の調査区では各々148 cm<sup>2</sup>, 0.059が最小 (Ir-Q. 23) で、3920 cm<sup>2</sup>, 1.568が最大 (Ir-Q. 7) であった。この調査区 (Ir-Q. 7) には胸高直径63.6 cmの老大径木が生育しているため極めて大きい値となっている。この調査区以外では調査区 (Ir-Q. 2) の1,494 cm<sup>2</sup>, 0.598が最大である。

ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林の調査区では各々980 (18) cm<sup>2</sup>, 0.392 (0.007) が最小 (Is-Q. 9) で、1065 cm<sup>2</sup>, 0.426が最大 (Is-Q. 7) である。本林はヤエヤマヒルギとオヒルギの2樹種から構成されているが、前者の胸高断面積合計が大半を占め、後者の2~3倍の値を示している。

マヤブシギ林は調査区的面積が他の林型のそれと異なるので胸高断面積比だけで比較する。海岸の帯状林に設定した調査区 (Ir-Q. 1, 2, 11) では0.013~0.075と小さい値となっている。これは本林の上層を占めるマヤブシギが倒伏状となる性質を有するため、根元直径は大きいのに胸高部 (1.2 m) が極端に小さいためである。また、海岸前面部の更新地の調査区 (Ir-Q. 12~15) では0.014~0.093となっている。上記の帯状林内の調査区よりやや大きい値となっているが、これは上層のマヤブシギの幹が直立しているためである。

ヒルギダマシ林は上層を占めるヒルギダマシが地際で枝別れをして倒伏状に広がる性質を有するため、それぞれ16 cm<sup>2</sup>, 0.064と小さい値となっている。

メヒルギ林は更新地の調査区で各々2 cm<sup>2</sup>, 0.001と小さく、流路沿いの成林している調査区で327

Table 10. Forest type and stand structure of the mangrove forest in *B. conjugata* dominant area

Forest type	Type of frequency histogram of tree height	Type of frequency histogram of diameter at breast height*	Tree number of upper story no./ha	Tree density of upper story no./m <sup>2</sup>	Mean tree height m	Crown area m <sup>2</sup>	Basal area * cm <sup>2</sup>
<i>B. conjugata</i>							
Fore-side	bell	flat	12400	1.24	2.68	61.5	371
In-side	L, flat	L, flat	1200 - 8800	0.12 - 0.88	3.77 - 6.82	31.9 - 92.0	148 - 3920
<i>R. mucronata</i>	L, J, flat	ball, J, flat	800 - 12400	0.08 - 1.24	2.58 - 7.18	23.6 - 78.6	24 - 1348
<i>R. mucronata</i>	flat	flat	4000 - 5200	0.40 - 0.52	6.72 - 7.12	51.8 - 74.3	980 - 1065
<i>B. conjugata</i>							
<i>S. alba</i>	flat	L, flat, (L), (flat)	400 - 3400	0.04 - 0.34	2.88 - 5.46	15.1 - 175.7	24 - (2053)
<i>K. candel</i>	flat	bell, flat (flat)	6400 - 10000	0.64 - 1.00	0.98 - 3.46	10.4 - 32.9	2 - 327
<i>A. marina</i>	L	flat, (L)	5200	0.52	1.37	40.0	16

\* . parenthesis show diameter at base

(41) cm<sup>3</sup>, 0.131 (0.017) であった。

以上のようにオヒルギ優占地の各林型の胸高断面積合計の最大値を比較すると、B型林>R型林>R・B型林>K型林>S型林>A型林の順となる。

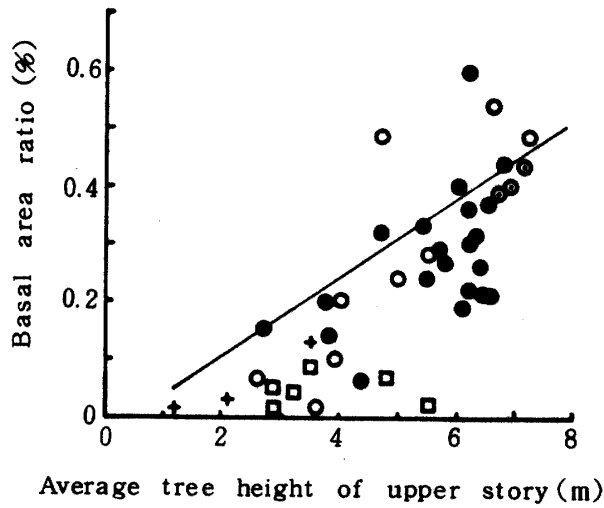


Fig. 17. Relation between average tree height of upper story and ratio of basal area in *B. conjugata* dominant area  
 ○ : *R. mucronata* forest      ● : *B. conjugata* forest  
 ⊙ : *R. mucronata* · *B. conjugata* forest  
 □ : *S. alba* forest      + : *K. candel* forest

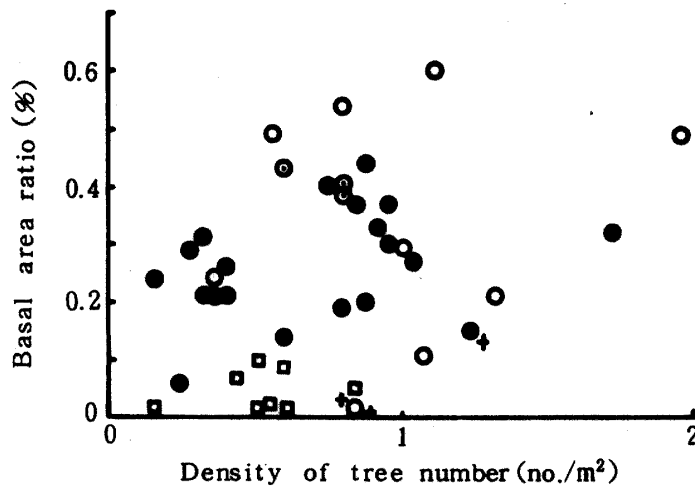


Fig. 18. Relation between density of tree number and ratio of basal area in *B. conjugata* dominant area  
 ○ : *R. mucronata* forest      ● : *B. conjugata* forest  
 ⊙ : *R. mucronata* · *B. conjugata* forest  
 □ : *S. alba* forest      + : *K. candel* forest

次に、上層木平均樹高と胸高断面積比との関係を調べるために、これを Fig. -17 に示した。この図から上層木平均樹高 (H) と胸高断面積比 (RBA) は比例関係にあることがわかり、関係式を求めると  $RBA = 0.0769H - 0.1483$  で示すことができる。オヒルギ林とヤエヤマヒルギ林およびヤエヤマヒルギ・オヒルギ林の各調査区は図上で右上方にプロットされており、これらが発達したマングローブ林であることを示している。

また、同様に上・中層木密度と胸高断面積比との関係を調べるために、これを Fig. -18 に示した。本図から上・中層木密度と胸高断面積比との関係はばらつきが大きい、上・中層木密度 1.0、胸高断面積比 0.6 を頂点とする曲線的関係にある。このことから図上の頂点付近にプロットされたヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林およびヤエヤマヒルギ・オヒルギ林の各調査区は発達したマングローブ林であることがわかる。

以上のように樹高と断面積比とが正の一次関係にあり、密度と断面積比が負の二次関係にある。このことからオヒルギ優占地域のマングローブ林では生立木本数密度が増加するにともない胸高断面積合計も増加するが、ある一定の生立木本数密度で胸高断面積合計が最大となる。この時点を超えるとマングローブ林の発達に伴い生立木本数密度は減少し、胸高断面積合計も減少してゆくものと考えられる。

#### viii) 支柱根高および支柱根占有面積

支柱根はヤエヤマヒルギとオヒルギおよびメヒルギの3樹種にみられ、樹種ごとにその形態が異なる。ヤエヤマヒルギは幹の高い部位から根を出して特異な相観をなし、時には樹冠部の枝から出ることもあり、これは懸垂根と呼ばれる。オヒルギは地際近くから幹に寄りそうように出る。メヒルギは板根状のものが成木にみられるが、若い個体では根元付近が急に肥大して円錐形状を呈する。

各調査区で樹種別の平均支柱根高と変動係数をもとめた。その結果、ヤエヤマヒルギはその最小値が 20.5 cm、最大値が 99.7 cm、変動係数は 23.3 ~ 71.9 間にある。オヒルギはその最小値が 9.9 cm、最大値が 38.4 cm で変動係数は 24.9 ~ 108.7 間にある。メヒルギはその最小値が 15.3 cm、最大値が 20.0 cm、変動係数は 28.4 ~ 54.0 間にある。以上のことより平均支柱根の最大値はヤエヤマヒルギ林がオヒルギ林、メヒルギ林の各々およそ 2 倍、4 倍であり、オヒルギ林はメヒルギ林のおよそ 2 倍となっている。なお、支柱根高は胸高直径が大になるとその値が大となるのははっきりした関係はみられなかった。

支柱根占有面積比についてみると、ヤエヤマヒルギ林では 10.4 から 128.4 までその値に変動があるが、更新地を除くと、その値が 90 以上であり調査林分の地面はほぼ支柱根でおおわれていることを示している。

オヒルギ林では比の値が 4.4 から 91.6 まで変化している。このうち最小値を示す調査区 (Ir-Q. 23) の 4.4 は生立木本数が少ないことに原因があり、最大値を示す調査区 (Ir-Q. 27) の 91.6 はヤエヤマヒルギの成木が混じている結果で、これらの極端な例を除くとオヒルギ林の林分では 10 ~ 30 の値をとっている。

ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林ではヤエヤマヒルギの占有面積が大きい、いずれも比の値は 100 をこえている。

メヒルギ林では比の値が更新地の 2.4 から成木林の 16.0 までとなっている。

以上の結果からヤエヤマヒルギの支柱根 (呼吸根でもある) 高が大きな値をとることは本種が海岸前面および流路側の水深の大なる立地に生育するのに適していることを示している。また、支柱根占有面積の値が大きいことはその林分およびその林分の後背地で生産された胎生芽を捕促する役目を有している [例 (Is-Q. 1)] 反面、林分外からの胎生芽の流入をさまたげる役目をもっている [例 (Is-Q. 4, 5)]。

メヒルギが海岸前面および流路側に生育しているのに支柱根高がヤエヤマヒルギのそれに比して小さい値となっていることは本種の支柱根が呼吸根でないことから、オヒルギ優占地域でヤエヤマヒルギと

メヒルギは生態的地位がほぼ同じであるがメヒルギの方が生育範囲がせまく、水深の比較的浅い立地に生育していることを示している。

IX) 帯状分布

マングローブ大面積生育地では海岸から内陸へ向って帯状分布がみられる。石垣島吹通川のマングローブ林は調査域で大きな生育地の1つである。本地の河口付近に(Is-Q. 4, 5)の2調査区、河口より約400 m上流地点に(Ir-Q. 6~9)の4調査区、これより約250 m上流地点に(Is-Q. 10~13)の4調査区を設定した。(Ir-Q. 4, 5)の2区ではヤエヤマヒルギとオヒルギの2樹種がみられるがオヒルギは中層木のみで、その構成比はわずか4%であるので、この林分はヤエヤマヒルギ林(R型林)である。上木平均樹高は392 cmである。(Is-Q. 6~9)の4区ではヤエヤマヒルギとオヒルギの2樹種がみられ、構成比はそれぞれ60%, 40%であるが、樹冠面積の比は各々43%, 57%と両樹種が半々に生育しているのでヤエヤマヒルギ・オヒルギ林(R・B型林)となっている。上木平均樹高は684 cmである。(Is-Q. 10~13)の4区ではオヒルギのみでオヒルギ林(B型林)である。上木平均樹高は614 cmである。

以上のことから、本地では海岸より内陸へ向って構成種ではヤエヤマヒルギ、(オヒルギ)→ヤエヤマヒルギ、オヒルギ→オヒルギの順で生育し、林型ではR型林→R・B型林→B型林と移行する帯状分布が認められた。

流路から山腹への狭い立地に成立するマングローブ林にも帯状分布がみられる。クイラ川と仲間川に流路から山腹へ連続して調査区を設定した。クイラ川では支流の日取川上流に(Ir-Q. 25~28)、クイラ川上流の新しい泥土堆積地に(Ir-Q. 29~32)を設定した。

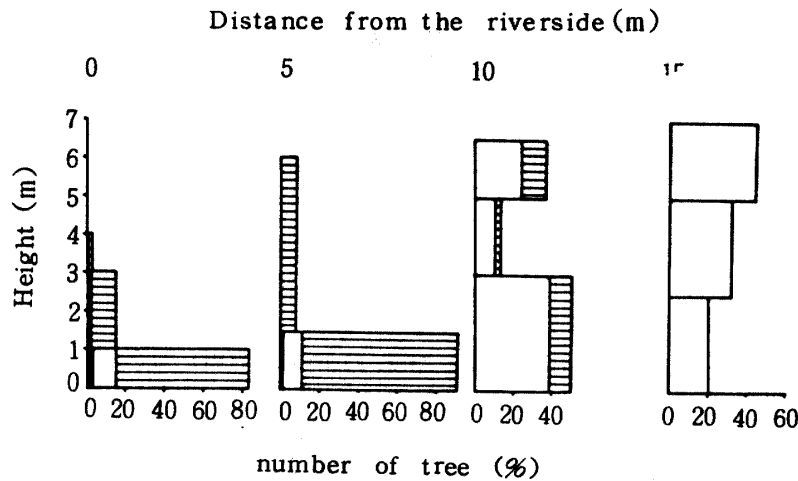


Fig. 19. Transition of forest type and stand structure along the distance from the riverside (Ir-Q. 25-28)

■ : *K. candel*    □ : *B. conjugata*    ▨ : *R. mucronata*

(Ir-Q. 25~28)の階層別樹種構成図をFig.-19に示した。これら4区の構成種はメヒルギ、オヒルギおよびヤエヤマヒルギの3樹種である。メヒルギは(Ir-Q. 25~27)に、即ち流路より10 m間に生育し、いずれも下層木である。オヒルギは(Ir-Q. 25~28)にみられ、流路から15 m離れた(Ir-Q. 27)では上層木となり、その後続く(Ir-Q. 28)では単一構成種となっている。ヤエヤマヒルギは(Ir-Q. 25~27)に生育し、流路に近い(Ir-Q. 25と26)では各々83%, 89%と大きい構成比を占めている。(Ir-Q. 27)ではその構成比が26%と減少し、(Ir-Q. 28)には生

育していない。

以上のことから、本地では流路から山腹へ向って構成種はヤエヤマヒルギ、(オヒルギ、メヒルギ)→オヒルギ、(ヤエヤマヒルギ)→オヒルギの順で生育している。林型ではヤエヤマヒルギ林→オヒルギ林と移行する帯状分布がみられる。また、この帯状分布がわずか20mの狭い範囲で認められることはその移行が生育地よりも種間の関係に起因することを示唆している。

(Ir-Q. 29)はクイラ川本流沿いの流路から約100m離れた新しい泥土堆積地に設定した。この調査区から内陸へ向って20m間隔で(Ir-Q. 30~32)を設定した。海水は最も内陸側の(Ir-Q. 32)まで浸入し、潮干差は50cm程度である。これらの調査区は全てメヒルギ林型で構成種はメヒルギ、オヒルギおよびヤエヤマヒルギの3種である。全ての調査区でメヒルギが優占し、平均樹高は流路側の(Ir-Q. 29)で上層が1m、最も内陸側の(Ir-Q. 32)で上層が4mと内陸へ向うにつれて高くなっている。生立木本数密度は流路から内陸へ向うにつれて減少している。

このことより流路近くの開れた新しい泥土にはメヒルギがはじめに侵入しオヒルギとヤエヤマヒルギも少数更新している。流路から離れると根元直径の大きいメヒルギ個体の間にメヒルギとオヒルギおよびヤエヤマヒルギの稚樹が生育する林分となる。最も内陸側では上層にメヒルギが生育し、中・下層にメヒルギ、オヒルギおよびヤエヤマヒルギの幼稚樹が生育するメヒルギ林となっている。このように同じメヒルギ林型の林分にも流路より内陸へ向って帯状分布が認められた。

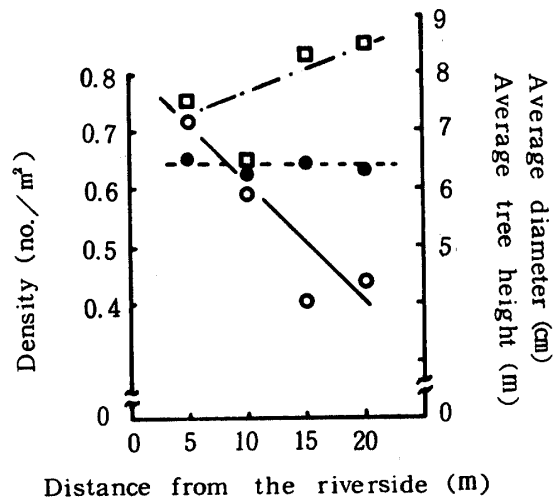


Fig. 20. Transition of stand structure along the distance from the riverside in *B. conjugata* forest (Ir-Q. 3-10)

- : Density of tree number of upper story
- : Average tree height of upper story
- : Average diameter at breast height of upper story

仲間川では河岸のオヒルギ林に(Ir-Q. 3~10)の8調査区を設定した。これらの調査区における生立木密度と上木平均樹高および上木平均胸高直径と流路からの距離との関係をFig. 20に示した。この図から上木平均樹高はほぼ一定で、生立木密度は流路から離れるにつれて明らかに減少している。一方、上木平均胸高直径は生立木密度とは逆にその値が増加している。このことから本地のオヒルギ林では流路側に直径の小さい個体が数多く成立し、流路から離れるにつれ

て成立木の直径が大きくなり、個体数が減少して疎な林分になることを示している。従って、同種林でも林分構造において帯状分布があり、それがわずか20mの狭い範囲であらわれていることが認められた。

#### X) まとめ

オヒルギ優占地域は石垣島と小浜島および西表島でメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤブシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキおよびニッパヤシの7種が生育している。これらの樹種で優占するオヒルギの他にヤエヤマヒルギとメヒルギが各生育地でみられる。

階層構造についてみると、階層区分が明らかで上・中・下層の3層構造をなしている林分が多い。また、下層が幼樹層と稚樹層とに区分され、全体として上・中・幼樹層・稚樹層の4層構造も認められる。オヒルギ単純林では上層のみの単層構造となる傾向がある。

上層で優占する樹種で調査林分を区分すると、1) オヒルギ林 2) ヤエヤマヒルギ林 3) ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林 4) マヤブシギ林 5) メヒルギ林 6) ヒルギダマシ林の6つの林型に区分された。

胸高直径階別本数分布をヒストグラムで示し、その形状から分布型の区分をおこなった。その結果、調査林分ではL字型、山型、J字型および平坦型の4型が認められた。各分布型についてみると、L字型はオヒルギ林とマヤブシギ林で各1箇みられ、山型はヤエヤマヒルギ林とメヒルギ林で各2箇、J字型はヤエヤマヒルギ林で1箇みられ、他は全て平坦型である。このことから調査林分の大部分は胸高直径の異なる個体がほぼ同じ比率で成立している林分であるといえる。

樹高階別本数分布の分布型も直径分布と同様にして区分した。その分布型にはL字型、J字型および平坦型の3型が認められた。各分布型についてみると、L字型はオヒルギ林で3箇、ヤエヤマヒルギ林で5箇、ヒルギダマシ林で1箇みられるほか、他の調査林分は全て平坦型である。

生立木本数林分密度はヤエヤマヒルギ林で0.80~9.12, オヒルギ林で0.40(0.08)~2.36(0.40), ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林で0.76~1.20(0.04), マヤブシギ林で0.15~1.32(0.04), ヒルギダマシ林で1.92, メヒルギ林で0.96~3.60であった。上層木の本数密度の最大値はヤエヤマヒルギが1.64, オヒルギ林が1.46, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林が0.56, マヤブシギ林で0.34, メヒルギ林で1.00(0.04)であり、R型>B型>K型>R・B型>S型の順となっている。

胸高断面積比の最大値はヤエヤマヒルギ林で0.539, オヒルギ林で1.568, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林で0.426, マヤブシギ林で0.093, メヒルギ林で0.131(0.017), ヒルギダマシ林で0.064である。

上層木平均樹高と胸高断面積比との間には右上がりの直線的関係がみられ、上・中層木密度と胸高断面積比との間には負の二次関係がみられる。このことは林分が発達するにともない林分密度と胸高断面積比は増加するが、ある時点で最大となり、それ以後両方とも減少することを示している。

メヒルギとオヒルギおよびヤエヤマヒルギの平均支柱根高は調査林分で各々15.3~20.0cm, 9.9~38.4cm, 20.5~99.7cmであり、また、各調査区での林型別の支柱根占有面積は各々2.4~16%, 4.4~91.6%, 10.4~128.4%であった。

オヒルギ優占地域では海岸または河岸から内陸へ向って帯状分布が認められた。大きな生育地では海岸から内陸へ向って、ヤエヤマヒルギ林→ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林→オヒルギ林の順となっている。河岸の帯状林でも同様な推移がみられる。また、オヒルギ単純林でも林分構造を異にする林分の推移がみられる。



## 第3節 マングローブ林の平面的個体分布の分析

## 1 メヒルギ優占地域の平面的個体分布

## 1) Cλ 指数による調査林分の区分

メヒルギ優占地域は九州本島南部, 種子島, 屋久島, 奄美大島, 久米島および沖縄本島の各島でメヒルギ, オヒルギ, ヤエヤマヒルギおよびヒルギモドキの4種が生育している。

本地域では27箇の調査区を設定したが, 樹種構成はメヒルギのみ11箇, メヒルギとオヒルギの2種で構成される区が11箇, メヒルギ, オヒルギおよびヤエヤマヒルギの3種区が5箇である。上層木優占種

Table 11. Classification of studied mangrove forest by Cλ - value in *K. candel* dominant area

Forest type	Quadrat No.		
<i>K. candel</i>	Ta - Q. 2,	Ta - Q. 4,	Ta - Q. 6,
	Ya - Q. 1,	Ya - Q. 2,	Ya - Q. 3,
	Ok - Q. 1,	Ok - Q. 2,	Ok - Q. 3,
	Ok - Q. 4,	Ok - Q. 6,	Ok - Q. 7,
	Ok - Q. 9,	Ok - Q. 11,	Ok - Q. 15,
<i>K. candel</i> and <i>B. conjugata</i> mixed	Ok - Q. 5,	Ok - Q. 8,	Ok - Q. 13,
<i>B. conjugata</i>	Am - Q. 3,	Ok - Q. 10,	
<i>R. mucronata</i>	Ok - Q. 12,	Ok - Q. 14,	

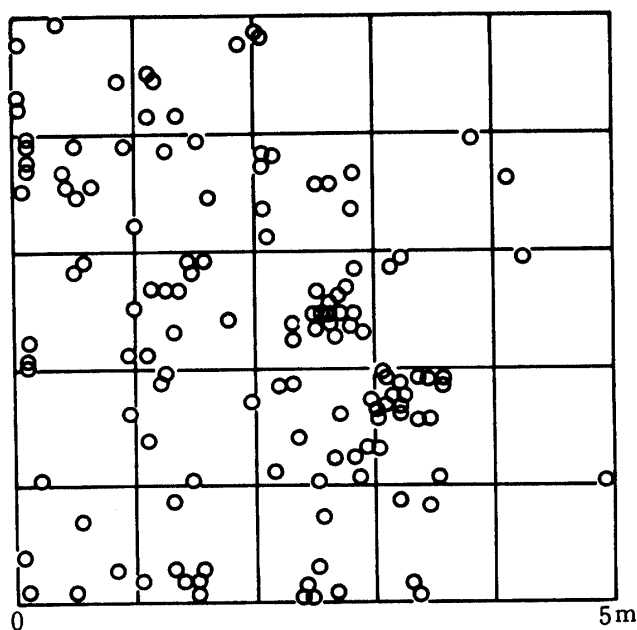


Fig. 21. Distributional map of young growth of *K. candel* in quadrat Ta-Q.1

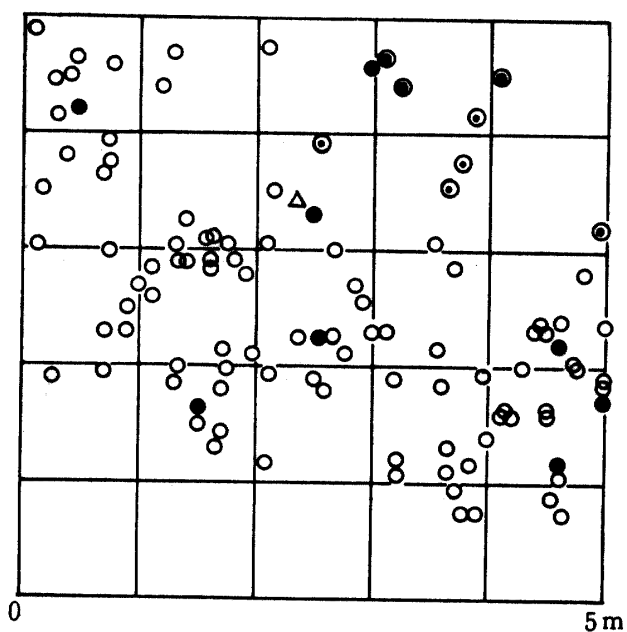


Fig. 22. Distributonal map of trees of quadrat Ok-Q.1 in *K. candel* I type forest  
*K. candel* ⊙: upper story ●: middle story ○: under story  
*B. conjugata* △: under story

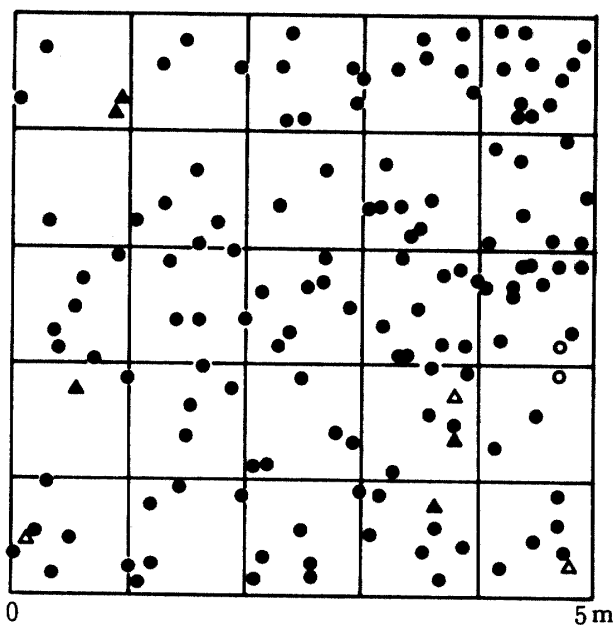


Fig. 23. Distributonal map of trees in quadrat Ok-Q.9 of *K. candel* II type forest  
*K. candel* ●: upper story ○: middle story  
*B. conjugata* ▲: upper story △: middle story

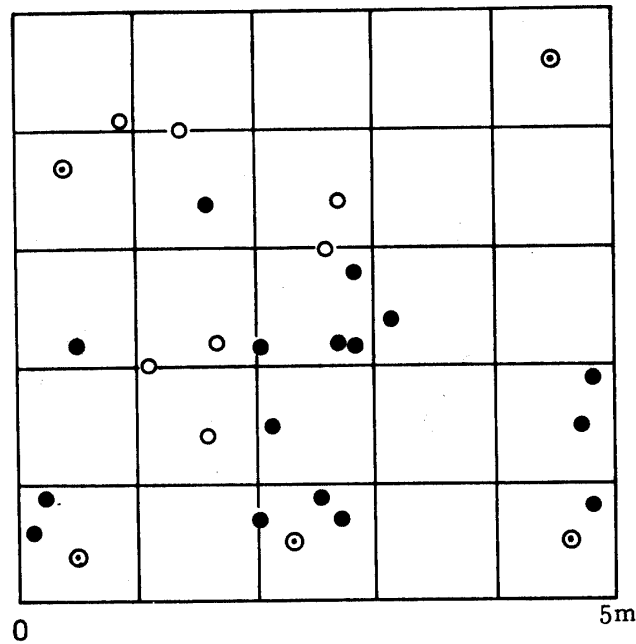


Fig. 24. Distributional map of trees of quadrat Ta-Q. 2 in *K. candel* III type forest  
*K. candel* ⊙: upper story ●: middle story ○: under story

による林型区分ではメヒルギ林が16箇, オヒルギ林が3箇, メヒルギ・オヒルギ林が2箇, ヤエヤマヒルギ林が2個である。

Cλ 指数による類似度から本域の調査区は 1) メヒルギ単一種およびメヒルギを主とする林分 2) ヤエヤマヒルギを主とする林分 3) オヒルギを主とする林分 4) メヒルギ・オヒルギを主とする林分, と4つの林分に区分した。各林分に属する調査区はTable-11に示した。このCλ 指数による林分の区分は上層木優占種による林型区分と一致している。

調査区を設定した各島間の類似度を各島における全調査区を単位として算出した。その結果, 調査区を設定した種子島, 屋久島, 奄美大島, 沖縄本島の各島は相互に高い類似度を示している。生育樹種が異なるのにこのような高い類似度を示しているのは各調査地ともメヒルギが優占していることによるものである。

ii) 平面的個体分布

Cλ 指数により本域のマングローブ林は前述のように4つの林分に区分できた。この林分別に平面的個体分布を解析する。

メヒルギを主とする林分には19箇の調査区が属

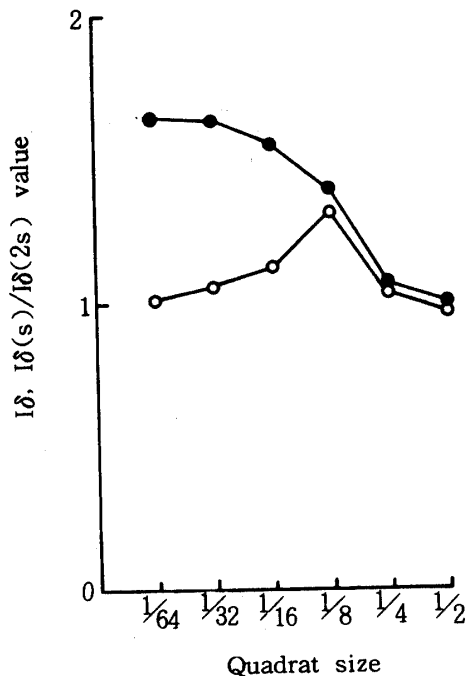


Fig. 25.  $I\delta$  and  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of young growth of *K. candel* in quadrat Ta-Q. 1

●:  $I\delta$  ○:  $I\delta(s)/I\delta(2s)$

している。このうち (Ta-Q. 1) と (Ta-Q. 5) は更新地に設定された。

どちらの調査区も機会分布をなす小集団よりなる集中分布を示し、集団の大きさは  $1/32 \sim 1/8^*$  の不明瞭な集団が  $1/2$  以上の大きさに集団を形成している。従って群落前面部の裸地におけるメヒルギの更新は小面積の集団が成立し、これらの小集団がいくつか集まって更に集団を形成してなされている。

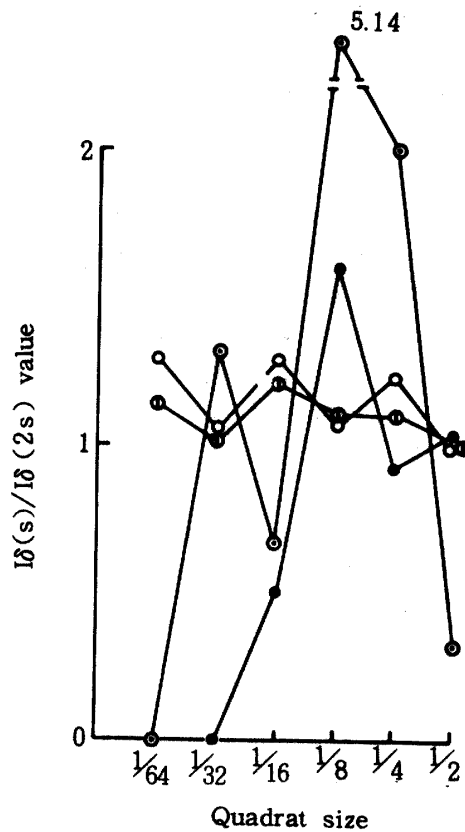
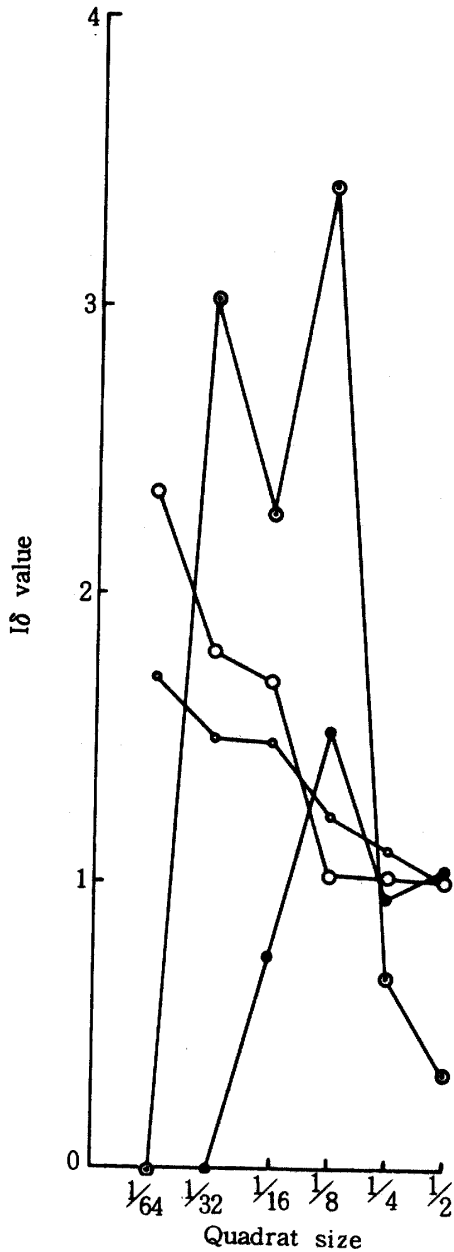


Fig. 26. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat Ok-Q.1 in *K. candel* I type forest  
 ○: upper story ●: middle story  
 ○: under story ○: whole trees

Fig. 26. 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of quadrat Ok-Q.1 in *K. candel* I type forest  
 ○: upper story ●: middle story  
 ○: under story ○: whole trees

\*  $1 = 25 \text{ m}^2$ ,  $1/2 = 12.5 \text{ m}^2$ ,  $1/4 = 6.25 \text{ m}^2$ ,  $1/8 = 3.125 \text{ m}^2$ ,  $1/16 = 1.563 \text{ m}^2$ ,  
 $1/32 = 0.781 \text{ m}^2$ ,  $1/64 = 0.391 \text{ m}^2$

(Ta-Q. 6), (Ya-Q. 1), (Am-Q. 2), (Ok-Q. 1~4)の調査区はいずれも群落の海岸側に位置し、樹高の低い個体で構成されている。即ちメヒルギ前縁型である。これらの調査区内の個体は根元直径により3つのグループに分けられているが、 $D \geq 5$ グループは(Am-Q. 2)の $1/32, 1/4$ , (Ok-Q. 1)の $1/32 \sim 1/8$ を除いて、いずれも機会分布か一様分布型を示し、成立後時間が経過していることを示している。 $5 > D \geq 2$ グループは小面積で集中分布、大きい面積で機会分布か一様分布を示している。このことは小面積の集団で更新したグループがそのまま残って生育してきた個体が次第に消失しつつあることを示している。 $D < 2$ グループは機会分布をなす小集団よりなる集中分布型を示すものが多く、裸地と同じようなパターンで更新している。集団の大きさは $D \geq 5$ グループでは $1/16 \sim 1/32$ の大きさの集団が $1/8 \sim 1/4$ で再び集団をなすものと、 $1/16 \sim 1/32$ の大きさの集団が $1/2$ 以上の大きさで集団を形成するものがある。前者のグループはその根元直径の分布幅が狭いことから比較的若い個体群であるが、これらのグループは小さい面積の集団が集まって比較的小さい集団群を形成し、後者は根元直径の分布幅が広いことから樹齢の高い個体群であることがわかり、これらのグループは若い個体群と同じ小面積の集団が集まって比較的大きい集団群を形成している。 $5 > D \geq 2$ と $D < 2$ の両グループは $1/64 \sim 1/32$ の大きさの集団が集まって $1/16 \sim 1/8$ の大きさの集団をなしているものが多く、小面積で更新した個体群が点在していることを示している。

各グループ間の関係についてみると、 $D \geq 5$ グループと $D < 5$ および $5 > D \geq 2$ グループは“ともずみ”関係を示すものが多く、 $D \geq 5$ グループと $D < 2$ グループは“すみわけ”関係を示すものが多い。なお、 $D \geq 5$ グループは上層木、 $5 > D \geq 2$ グループは中層木および $D < 2$ グループは下層木に対応する。

以上のことより、前縁型のメヒルギ林ではまず小面積の集団で更新し、その集団が比較的多く残存して集団性を保ちながら発達する。発達するにつれて、先に定着した集団の周囲に稚樹が更新するが、後にはそれらの集団の間隙を埋めるように更新してゆくことを示している。

(Ta-Q. 4)と(Ok-Q. 9)の両調査区はメヒルギ中間型に属している。調査区(Ta-Q. 4)では上層、中層、下層および稚樹層に区分した。稚樹層の個体は機会分布、他の階層の個体はいずれも集中分布を示している。調査区(Ok-Q. 9)では上層と中層に区分した。上層は機会分布、中層は集中分布を示している。集団の大きさは両区とも $1/32 \sim 1/16$ の大きさの集団を形成している。各階層間の関係をみると(Ta-Q. 4)ではいずれも“すみわけ”関係を示し、(Ok-Q. 9)ではそれらの関係が明らかでない。

メヒルギ林で最も発達した林分、いわゆるメヒルギⅢ型林に属する調査区は(Ta-Q. 2), (Ya-Q. 2, 3), (Am-Q. 1)および(Ok-Q. 6, 7, 11, 15)の8区である。各調査区で上層木は集中分布を示すものが多いが、(Ta-Q. 2)および(Ya-Q. 2)では一様分布を示している。集

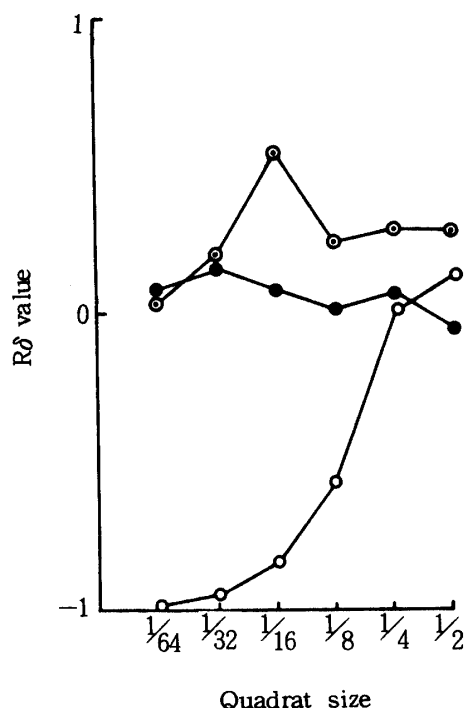


Fig. 26. 3)  $R_0$ -curve of quadrat Ok-Q. 1 in *K. candell* I type forest

- : upper story—middle story
- : upper story—under story
- : middle story—under story

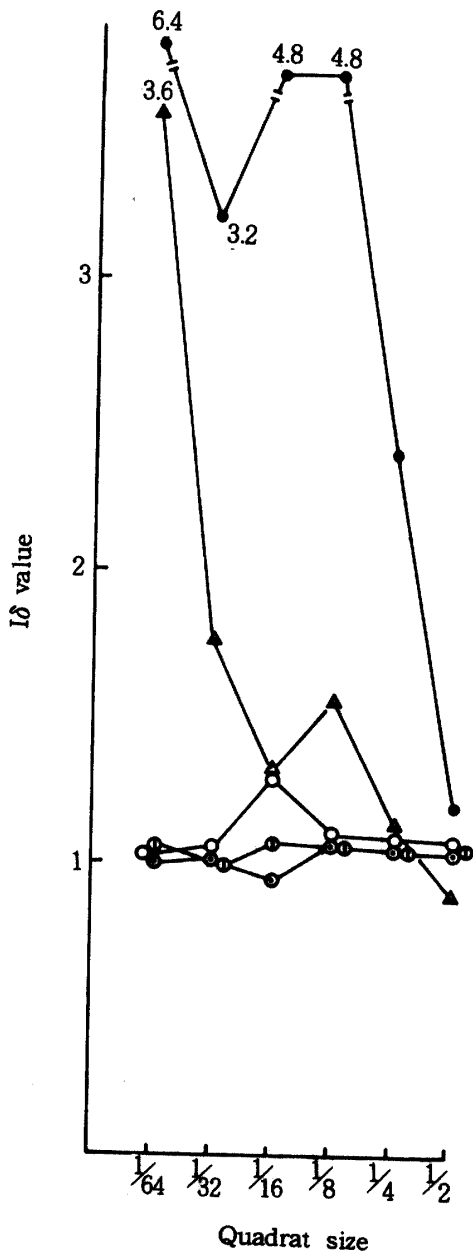


Fig. 27. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat OK-Q. 9 in *K. candel* · *B. conjugata* forest  
 ⊙: upper story ●: middle story  
 ○: *K. candel* △: *B. conjugata*  
 ⊕: whole trees

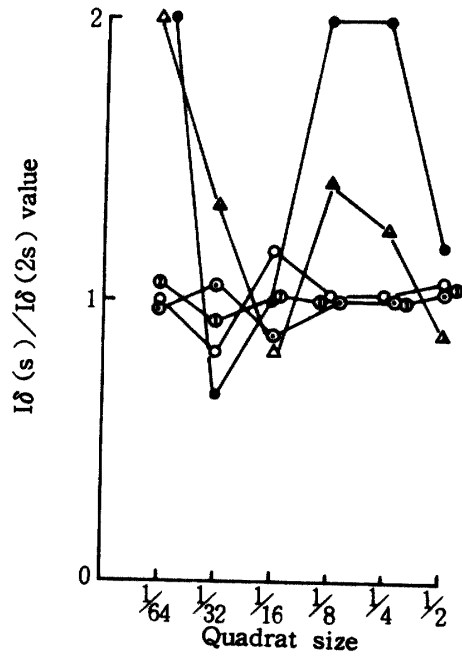


Fig. 27. 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of quadrat OK-Q. 9 in *K. candel* · *B. conjugata* forest  
 ⊙: upper story ●: middle story  
 ○: *K. candel* △: *B. conjugata*  
 ⊕: whole trees

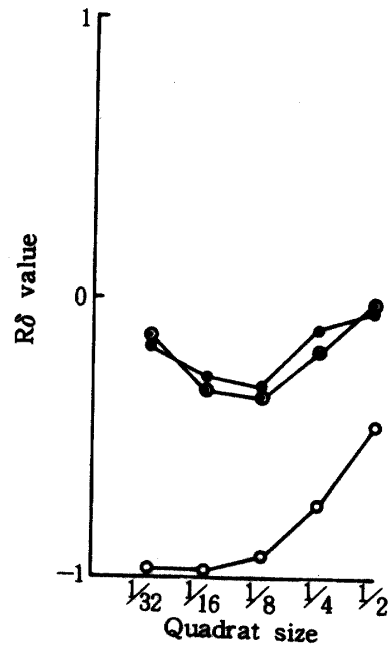


Fig. 27. 3)  $R\delta$ -curve of quadrat OK-Q. 9, 10, 13 in *K. candel* dominant area  
 ●: OK-Q. 9  
 ○: OK-Q. 10  
 ⊙: OK-Q. 13

団の大きさは上層木は1/8の大きさの集団が1/2以上の大きさで再び集団を形成する傾向にある。中層木は1/32以下の大きさの集団が1/8~1/2の大きさの集団を形成している。下層木は1/16以下の大きさの集団を形成している。各層間の関係は上層木と中層木とは“ともずみ”関係を示すものが多く、上層木と下層木とは小面積で“すみわけ”関係、比較的大きい面積で“ともずみ”関係を示し、中層木と下層木とは“すみわけ”および無関係を示している。調査区(Ok-Q. 6, 11, 15)の3区にはオヒルギが小数混じているが、メヒルギとは“すみわけ”関係を示している。

以上のことから、メヒルギⅢ型林ではその林分の発達段階によって上層木が集中分布するものと一様分布するものがある。そして、集団で更新したメヒルギは上層木となってもその集団性を保ち、その集団内に中層木も成立していて、上・中層木の集団を形成し、その面積は小さい。下層木は上・中層木集団の周囲に小面積の集団をなし成立していることがわかる。

ヤエヤマヒルギを主とする林分は(Ok-Q. 12, 14)の2区である。この林分はほぼ上層木のみで構成され、上層木のヤエヤマヒルギは(Ok-Q. 12)で機会分布をなす比較的大きい集団よりなる集中分布を示し、(Ok-Q. 14)では機会分布をなす小集団よりなる集中分布を示している。即ち、ヤエヤマヒルギは集団を形成する集中分布を示し、その集団の大きさは1/4の大きさである。また、本林分にはオヒルギとメヒルギが成立しているが、オヒルギとわはっきりとした“すみわけ”関係を示し、メヒルギは成立個体が少なくその関係は不明である。

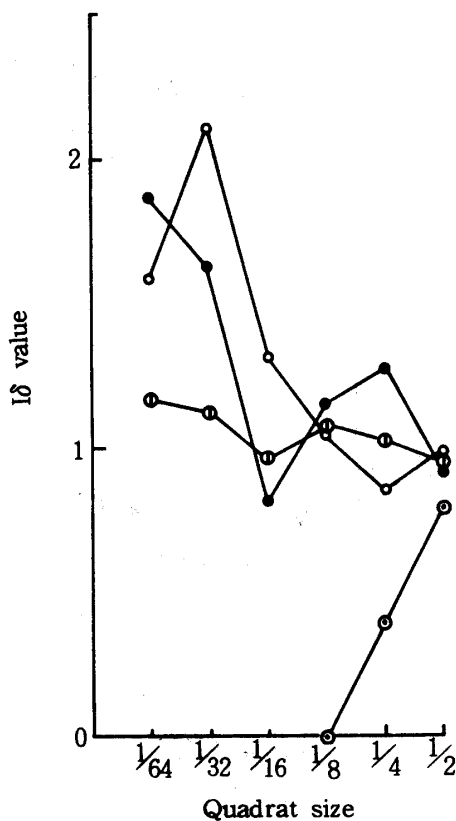


Fig. 28. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat Ta-Q.2 in *K. candell* III type forest  
 ⊙: upper story ●: middle story  
 ○: young growth ⊕: whole trees

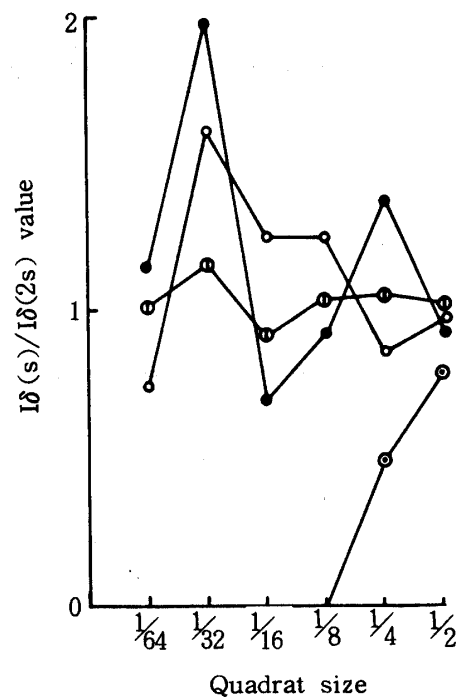


Fig. 28 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve in quadrat Ta-Q.2 of *K. candell* III type forest  
 ⊙: upper story ●: middle story  
 ○: young growth ⊕: whole trees

オヒルギを主とする林分は (Am-Q. 3) および (Ok-Q. 10) である。両区の上層木はほぼオヒルギのみで、機会分布を示している。中層木は集団からなる集中分布、下層木は一様分布を示している。

調査区 (Ok-Q. 8) は C<sub>i</sub> 指数ではメヒルギ、オヒルギを主とする林分に属しているが上層はオヒルギのみのオヒルギ優占林であるので、この林分に含めて考える。この調査区では生立木本数が少ないため、階層別によらず樹種別に区分した。両樹種 (オヒルギとメヒルギ) とも大きい面積で一様分布を示し、全木でも集中分布は示していない。

メヒルギ、オヒルギを主とする林分は調査区 (Ok-Q. 5, 8, 13) であるが (Ok-Q. 8) はオヒルギを主とする林分ですでに述べた。他の 2 調査区では上層木は弱い集中分布または機会分布を示している。中層木は機会分布または一様分布を示し、下層木は集中分布を示している。樹種別にみると、両種とも集団を形成しており、その大きさは 1/4 の大きさである。各層間の関係はいずれも「ともずみ」であり、両樹種間の関係は「すみわけ」関係を示している。以上のことより、メヒルギとオヒルギは別々に 1/4 の大きさの集団をなし、その集団の中に各階層木が含まれていることを示している。即ち、上・中・下層木を含んだおよそ 1/4 の大きさのメヒルギ集団とオヒルギ集団とがパッチ状に成立していることがわかる。

iii) まとめ

メヒルギを主とする林分には前縁型と中間型および内陸型があるが、各林型において機会分布をなす小集団よりなる小面積の集団が更新の単位である。この集団が更に大きい面積で集団を形成して更新している。前節で述べた (Ta-Q. 1) と (Ta-Q. 5) の 2 つの更新型はこの小集団の数の多いのが前者で、その数が少ないのが後者である。更新した小面積の集団はその集団性を保ちながら発達してゆく。その後この集団内では各個体間に相互作用がおきると同時にその集団自体が胎生芽を捕捉するため、一層その集中性を高めてゆく結果となっている。この集中性の高い集団ができてしまうと、この集団自身は胎生芽を捕捉する機能を失し、これらの集団全体が面的に胎生芽を捕捉するため、集団の間隙を埋めるかたちで稚樹が更新している。この更新した稚樹も集団をなしている。更に時間が経過すると小面積の集団が少なく更新した林分は根元直径の大きい、樹高の低い個体からなる前縁型林となる。一方、小面積の集団が数多く更新した林分は本来、小高い場所であるうえに、更にこれらの集団が土砂の堆積を促進するため陸地化がすすみ、それ以後の更新がみられなくなる。そのためこの林分は集中分布または機会分布を示しているがいずれも密度の値が大きく、個体の大きさのほぼそろった林分となっている。この林分がメヒルギ中間型林である。以上の前縁型林のうちの若い林と中間型林は立地環境の変化と個体間の相互作用の結果、一様分布を示すメヒルギ内陸型林へと移行してゆくものと考えている。

ヤエヤマヒルギを主とする林分はマングローブ林の海岸側前面に集団で更新し、この集団はほぼ同種

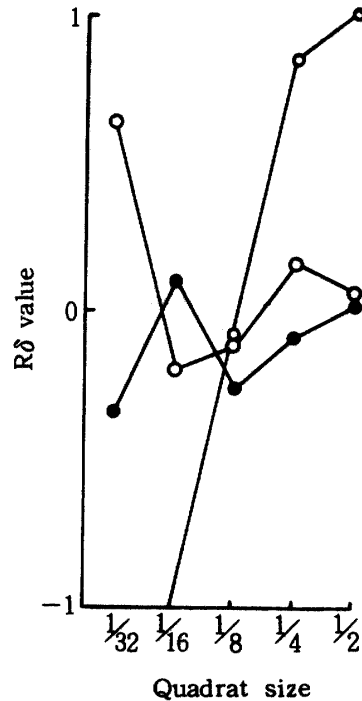


Fig. 28. 3) Rδ-curve in *K. candel* III type forest

- : upper story-middle story
- : middle story-under story
- : upper story-under story



のみで構成され、その集団を保ちながら発達してゆく。その後、この集団の周囲にオヒルギとメヒルギが侵入して競合がおきてくると次第にヤエヤマヒルギは駆逐されてオヒルギ優占林へと移行してゆく。

オヒルギを主とする林分は機会分布および一様分布を示すことから、一時に更新するものと他の林分に侵入した個体が他種との競争に耐えて生育し、最終的に上層を形成するものがある。

メヒルギ、オヒルギを主とする林分は両種が別々に集団をなし、その大きさが1/4であり、その集団内に上・中・下層木が含まれている。オヒルギ集団内の上層木が次第に優勢となり、オヒルギ優占林へ移行するものと考えられるので、メヒルギ林からオヒルギ林への移行する途中相だと考えられる。

Table 12. Classification of studied mangrove forest by  $C\lambda$ -value in *B. conjugata* dominant area

Forest	Quadrat No.
<i>B. conjugata</i>	Is-Q. 2, Is-Q. 10-13, Ir-Q. 3-10, Ir-Q. 16-19, Ir. Q. 22-24, Ir-Q. 27, 28
<i>R. mucronata</i>	Is-Q. 1, Is-Q. 3-6, Is-Q. 14, Ir-Q. 12, Ir-Q. 21, Ir-Q. 25, 26
<i>R. mucronata</i> • <i>B. conjugata</i>	Is-Q. 7-9
<i>K. candel</i>	Ir-Q. 29-32
<i>S. alba</i>	Ir-Q. 1, 2, Ir-Q. 11
<i>A. marina</i>	Ir-Q. 13, Ir-Q. 20
Ecotone	Ir-Q. 14, 15

## 2 オヒルギ優占地域の平面的個体分布

### i) $C\lambda$ 指数による調査分布の区分

オヒルギ優占地域は石垣島、小浜島および西表島の各島でメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、マヤプシギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、ニツパヤシの7種が生育している。調査林分で記録された種は上記7種のうち、後の2種を除いた5種である。本域に設定した調査区は46箇である。

$C\lambda$  指数を用いて各調査区間の類似度をみると、本域の調査区は次の7つの林分に区分できる。即ち 1) オヒルギを主とする林分 2) ヤエヤマヒルギを主とする林分 3) オヒルギ、ヤエヤマヒルギを主とする林分 4) メヒルギを主とする林分 5) マヤプシギを主とする林分 6) ヒルギダマシを主とする林分 7) その他である。この区分は前節で述べた上層優占種による区分のヤエヤマヒルギ林、オヒルギ林、マヤプシギ林、ヒルギダマシ林、オヒルギ・ヤエヤマヒルギ林およびメヒルギ林の6林型と大部分は対応している。

各調査地別の $C\lambda$  指数による類似度を調べた。それによると石垣島平久保川は河良川、吹通川および仲良川と高い類似度を示し、河良川は吹通川とクイラ川と類似度が大きい。吹通川は他の全ての調査地と類似度が大きい。仲間川は仲良川と、後良川は西田川および仲良川と、仲良川はクイラ川と各々その類似度が大きい。即ち、ヒルギダマシとマヤプシギの生育していない調査地間は類似度が極めて大きく、前記2種を含む調査地と他の調査地間もオヒルギとヤエヤマヒルギの占める割合が大であるのでその類似度も大きい。また、石垣島、西表島東部および西表島西部の3地域間の類似度は石垣島と西表島西部

間が大きく、その他の地域間も大なる値を示している。

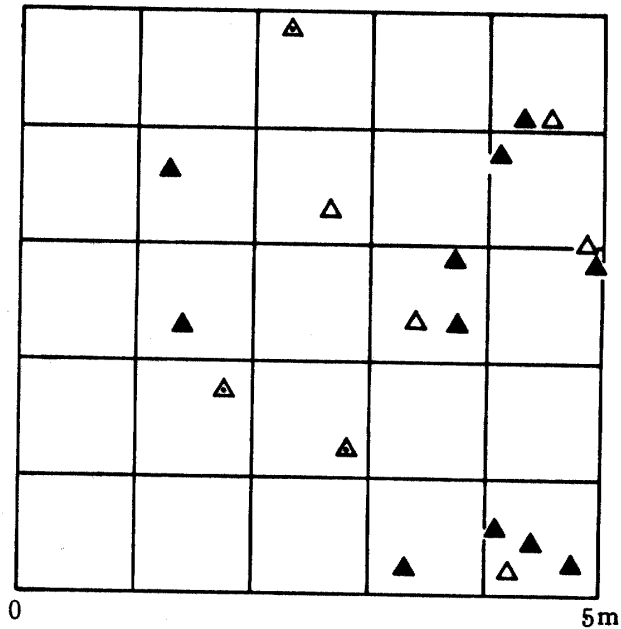


Fig. 29. Distributional map of trees of quadrat Ir-Q.7 in *B. conjugata* forest  
 △ (upper story) ▲ (middle story) △ (under story)

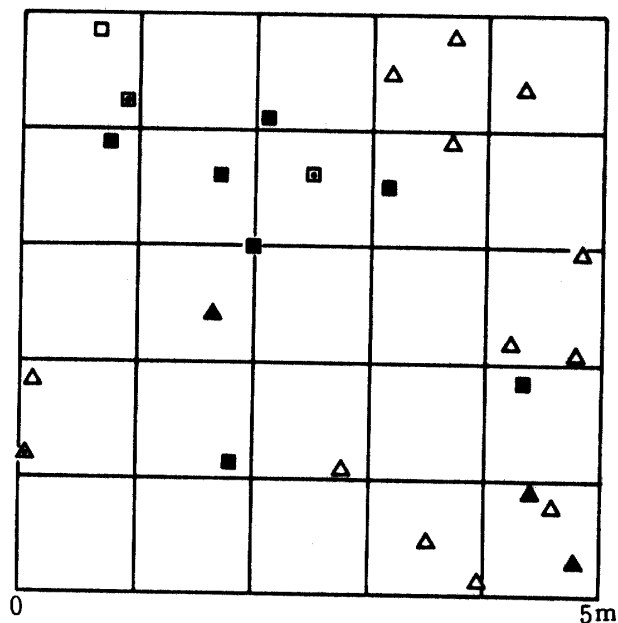


Fig. 30. Distributional map of trees of quadrat Is-Q.8 in *R. mucronata* · *B. conjugata* forest  
*B. conjugata* △ (upper story) ▲ (middle story) △ (under story)  
*R. mucronata* □ (upper story) ■ (middle story) □ (under story)

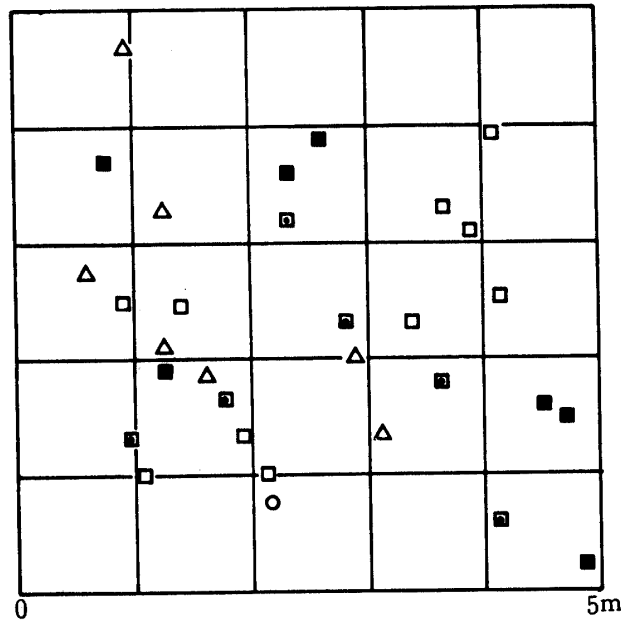


Fig. 31. Distributional map of trees of quadrat Is-Q.3 in *R. mucronata* forest

*R. mucronata*    ◻ : upper story    ■ : middle story  
                   ◻ : under story  
*B. conjugata*    △ : under story  
*K. candei*        ○ : under story

## ii 平面的個体分布

Cλ 指数により本域の調査区は6つの林分に区分でき、これは林分構造から区分した6林型にほぼ対応するものである。しかし、マヤブシギとヒルギダマシを主とする林分においては上層木に重点をおいた林分構造からの区分と全層木を使用して算出したCλ 指数による区分とではそれに属する調査区が若干異なっている。以下、各林分別に検討する。

1) オヒルギを主とした林分には (Is-Q. 2, 10~13), (Ir-Q. 3~10), (Ir-Q. 16~19), (Ir-Q. 22~24), (Ir-Q. 27, 28) の22箇の調査区が属している。このうち (Ir-Q. 10~13), (Ir-Q. 3~10), (Ir-Q. 22~24), (Ir-Q. 28) の16箇の調査区はオヒルギのみの単純林である。(Ir-Q. 17, 18), (Ir-Q. 27) の3箇の調査区はオヒルギとヤエヤマヒルギの2種からなり、(Is-Q. 2) はオヒルギ、メヒルギの2種からなり、(Ir-Q. 16, 19) の2調査区はオヒルギ、メヒルギおよびヤエヤマヒルギの3種から構成されている。このようにこの林分には主構成種のオヒルギの他にメヒルギとヤエヤマヒルギが混じて生育しているが、その構成比に占める割合はきわめて低い。(Ir-Q. 27) はヤエヤマヒルギ林からオヒルギ林への移行地にあり、ヤエヤマヒルギの構成比が大であるが、このような調査区はこれだけである。

Rδ 値からみると上層および中層木は集中分布をしている調査区が多く、一様分布および機会分布を示す調査区もみられる。全木ではほとんどの調査区で集中分布を示している。集団の大きさは各調査区でまちまちであるが、全木では  $1/32 - (1/4) - 1/2$  以上の集団を形成するものが多く、 $1/32$  の面積が基本となっている。

Rδ 値から各樹種間の関係をみると、オヒルギとヤエヤマヒルギは全ての調査区において明らかに「す

みわけ” 関係を示している。また、ヤエヤマヒルギの混交比が小さいことからみて、オヒルギを主とする林分においてヤエヤマヒルギはオヒルギ個体間に少数残存している状態であることを示している。

各階層間の関係をみると、上層木と中層木は大多数の調査区で“すみわけ” 関係を示し、中層木と下層木は方形区が大きくなるにつれて“すみわけ” から“ともずみ” 関係に変化している調査区が多い。上層木と下層木は明瞭な関係はみられない。

オヒルギ単純林では基本調査区を4箇隣接させて3調査地で設定した〔(Is-Q. 10~13), (Ir-Q. 17~20), (Ir-Q. 21~24)〕。4箇の調査区を1単位として平面的個体分布を解析した。方形区の区分は基本調査区と同じである。

$I\delta$ 値からみると各調査区で各階層とも集中分布を示すものが多いが、(Is-Q. 10~13)の中層木と(Ir-Q. 21~24)の上層木は一様分布を示している。集団の大きさは全木で $1/16$ 以下の集団が $1/2 \sim 1$ で再び集団を形成している。

$R\delta$ 値から各階層間の関係をみると上層木と中層木は“ともずみ” 関係、中層木と下層木は弱い“ともずみ” または無関係、中層木と稚樹は“すみわけ” 関係、上層木と稚樹は明瞭な“すみわけ” 関係を示

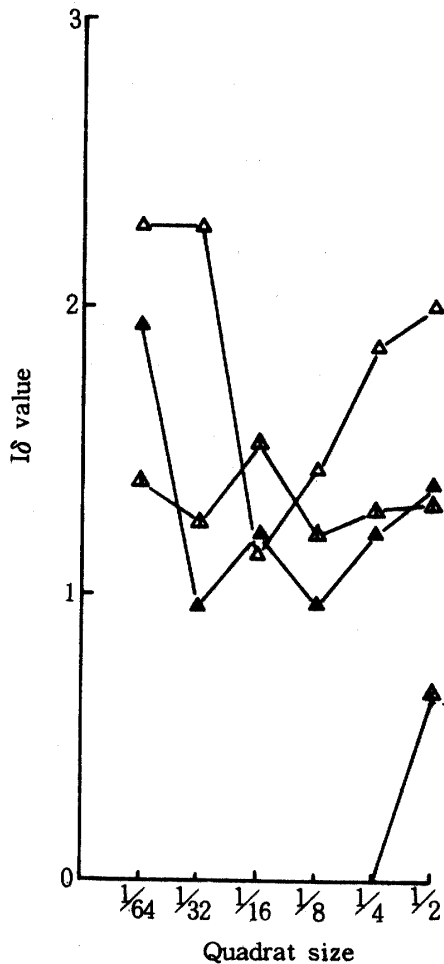


Fig. 32. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* forest

△: upper story ▲: middle story  
△: under story ▲: whole trees

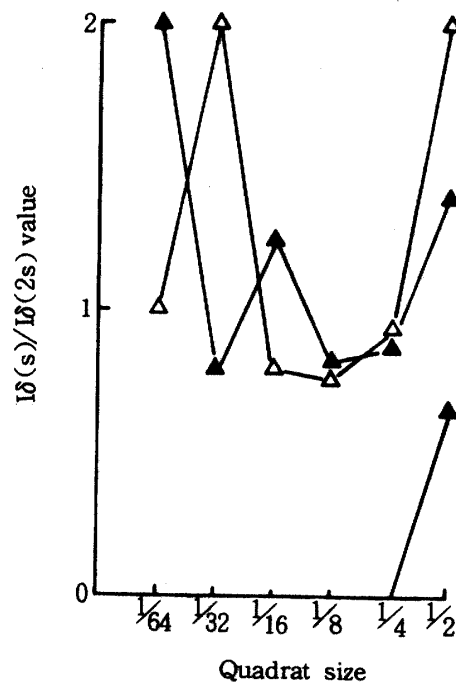


Fig. 32. 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* forest

△: upper story ▲: middle story  
△: under story

している。

以上のことから、オヒルギ林はまずはじめに個々の個体が単木的に独立して定着して成立する。

定着したオヒルギはある時間までは胎生芽を捕促して集中性を持つようになり、その後、最初に侵出した個体が樹冠層を形成するようになると、上層木と中層木の集団の周囲に稚樹が更新するようになり、更に時間が経過すると土砂の堆積がすすみ、同時に集団内の個体間の競争の結果、生立木密度の小さい一様分布をなす林分へ推移するものと考えられる。なお、オヒルギ林のうち特殊なタイプである前縁型は海岸泥土に一時に胎生芽が定着して成立するものであり、林分構造上ではメヒルギ中間型と同様な構造をなしている。この林分では早くから個体間の相互作用がおこり、時間が経過するとオヒルギ内陸型と同じ推移をなすものと考えられる。

2) ヤエヤマヒルギを主とする林分は (Is-Q. 1), (Is-Q. 3), (Is-Q. 4~6), (Is-Q. 14), (Ir-Q. 12), (Ir-Q. 21), (Ir-Q. 25, 26) の10箇の調査区である。このうち (Is-Q. 14) と (Ir-Q. 12) は林分構造による林型区分では各々ヒルギダマシ林、マヤブシギ林と区分されている。構成種は優占するヤエヤマヒルギの他にオヒルギ、メヒルギ、ヒルギダマシおよびマヤブシギが生育している。

$I\delta$  値からみると各階層木とも集中分布を示しているが、上層木では大きい面積で一様分布を示している調査区もみられる。集団の大きさは一定していないが、上層木では  $1/64 \rightarrow 1/16 \rightarrow 1/4$ , 中層木では  $1/64 \rightarrow 1/32$  の集団をなす傾向が認められ、オヒルギより小さな集団をなしている。これはヤエヤマヒルギが支柱根上部で分幹し、この高さが胸高以下であることによるが、上層木が大面積で一様分布していることは分幹した個体間に生長の差が生じることと、支柱根の広がりによって集中性が失われることによるものと考えられる。

$R\delta$  値から各種間の関係を見るとヤエヤマヒルギはオヒルギおよびヒルギダマシとは「ともずみ」関係、メヒルギとは小さな面積で「すみわけ」関係、大きい面積で弱い「ともずみ」関係、マヤブシギとは「すみわけ」関係を示している。前述したようにオヒルギを主とする林分ではヤエヤマヒルギとオヒルギは明瞭な「すみわけ」関係を示していたが、この林分では逆に「ともずみ」関係を示している。このことからオヒルギはヤエヤマヒルギ林内へ侵出し、共存のかたちで生育しているが逆にヤエヤマヒルギはオヒルギ林へ侵入することは少なく、オヒルギ林内のヤエヤマヒルギは残存した個体が小さな群を形成していることがわかる。メヒルギはヤエヤマヒルギ林内ではその個体数が少なく、 $R\delta$  値からみてもヤエヤマヒルギと同じ生態的地位を有するのにも、それより弱い立場にあることを示している。

階層別に関係をみると、上層木と中層木は「ともずみ」関係、中層木と下層木は「すみわけ」関係、上層木と下層木は「すみわけ」関係を示している。このことから上層木と中層木は一つの集団をなし、後に更新した下層木はその集団に含まれていない。即ち、最初に侵出した個体が分幹して上層と中層を

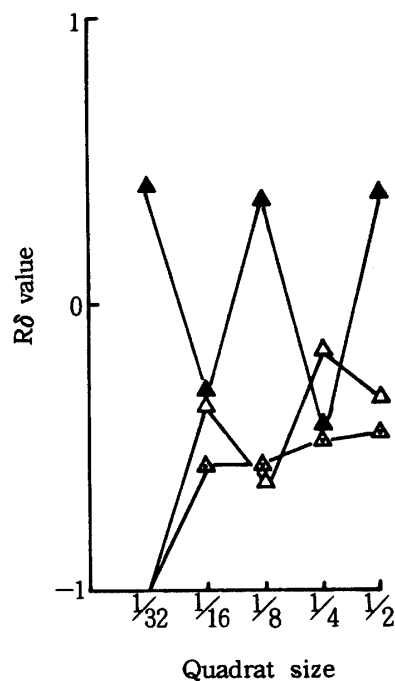


Fig. 32. 3)  $R\delta$ -curve of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* forest  
 △: upper story-middle story  
 △: upper story-under story  
 ▲: middle story-under story

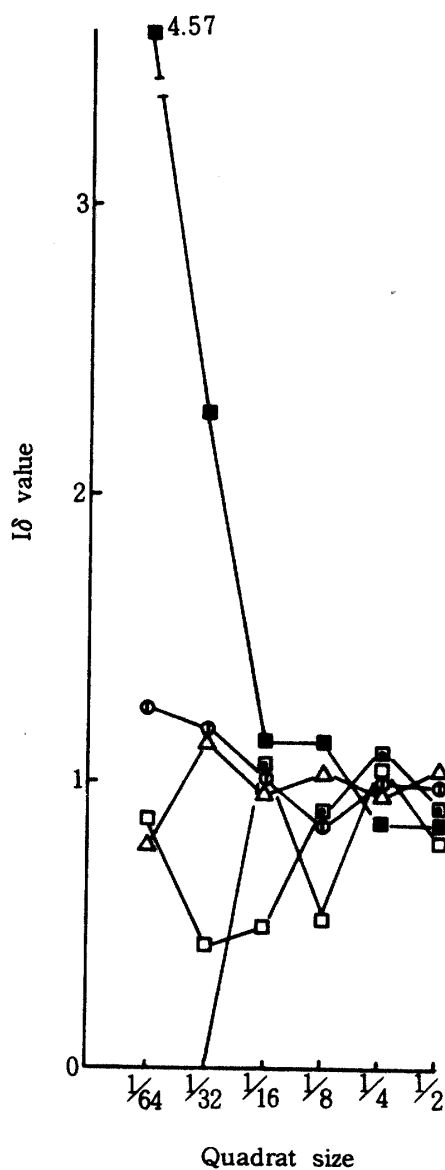


Fig. 33. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat Is-Q. 3 in *R. mucronata* forest  
*R. mucronata* □: upper story  
 ■: middle story  
 ○: under story  
*B. conjugata* △: under story  
 ⊙: whole trees

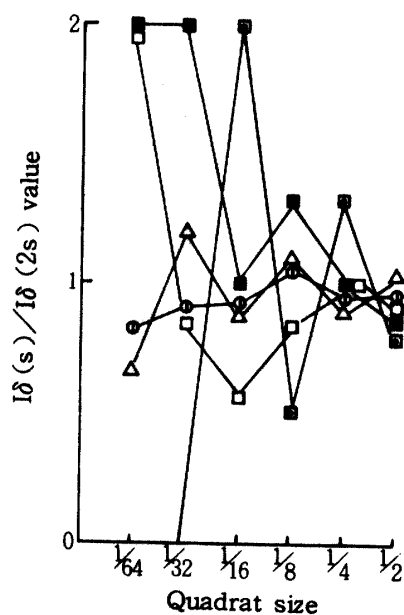


Fig. 33. 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of quadrat Is-Q. 3 in *R. mucronata* forest  
*R. mucronata* □: upper story  
 ■: middle story  
 ○: under story  
*B. conjugata* △: under story  
 ⊙: whole trees

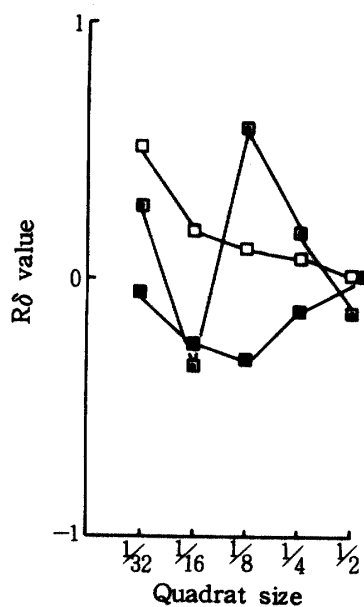


Fig. 33. 3)  $R\delta$ -curve of quadrat Is-Q. 3 in *R. mucronata* forest  
 □: upper story-middle story  
 ○: upper story-under story  
 ■: middle story-under story

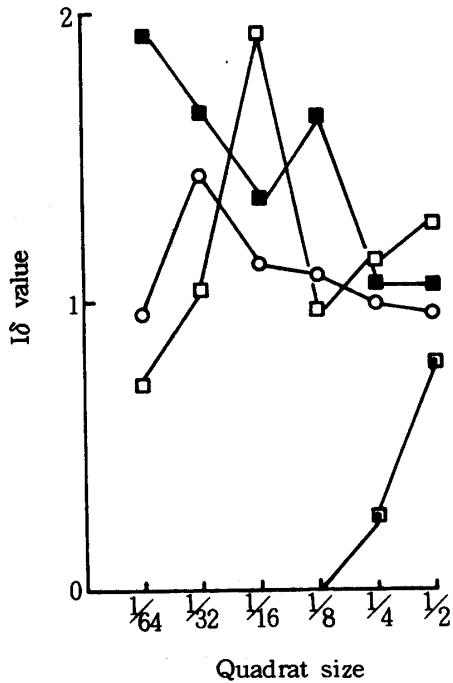


Fig. 34. 1)  $I\delta$ -curve of quadrat Is-Q. 8 in *R. mucronata* • *B. conjugata* forest

□: upper story ■: middle story  
 □: under story ○: whole trees

形成し、この集団の間にその後から侵入した個体が生育していることがわかる。

3) ヤエヤマヒルギ、オヒルギを主とする林分はヤエヤマヒルギ林からオヒルギ林への移行域にみられる両種混交林のうち、両種の優劣がつけがたい林分を示している。したがって、この林分は両種の分布曲線の重なった所にみられる分布範囲の狭い林分である。(Is-Q. 7~9)の3調査区がこれに属している。

$I\delta$ 値からみるとヤエヤマヒルギは集中分布、オヒルギは集中分布と一様分布およびその組み合わせ分布を示している。階層別では上層木は一様分布、中層木は集中分布、下層木は一様分布または集中分布を示し、全層木は小さい面積で集中分布、大きい面積で一様分布または機会分布を示している。集団の大きさは  $1/32 \rightarrow 1/8$  の集団を形成する傾向が強く、ヤエヤマヒルギ林とオヒルギ林との中間の大きさの集団を形成している。

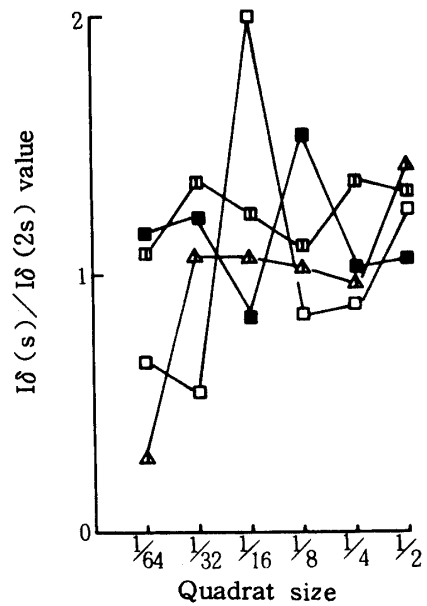


Fig. 34. 2)  $I\delta(s)/I\delta(2s)$ -curve of quadrat Is-Q. 8 in *R. mucronata* • *B. conjugata* forest

■: middle story □: under story  
 □: *R. mucronata* △: *B. conjugata*

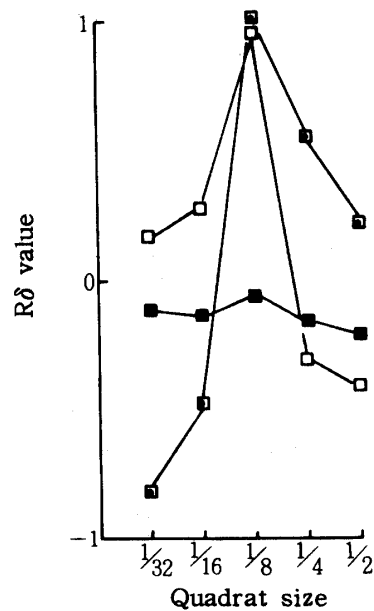


Fig. 34. 3)  $R\delta$ -curve of quadrat Is-Q. 8 in *R. mucronata* • *B. conjugata* forest

□: upper story-middle story  
 □: upper story-under story  
 ■: middle story-under story

R $\delta$  値から両種の間係をみると「すみわけ」と「ともずみ」の両間係を示しており、オヒルギが集中分布を示すと「すみわけ」間係となり、一様分布を示すと「ともずみ」間係となっている。

4) メヒルギを主とする林分は調査区 (Ir-Q. 29~32) の4箇である。この林分はオヒルギ優占地域では林縁部、更新地などの一部にしかみることができない。(Ir-Q. 29~31)が更新地に、(Ir-Q. 32)が林縁部に位置している。構成種はメヒルギ、オヒルギおよびヤエヤマヒルギの3種である。

I $\delta$  値から更新地では上層木は一様分布、中層木は小さな面積で集中分布、大きい面積で一様分布を示し、下層木も中層木と同じ分布様式を示している。林縁部の成林では各階層とも集中分布を示し、全層木でも機会分布をなす小集団からなる集中分布を示している。集団の大きさは1/64→1/16~1/8の集団を形成する傾向にある。

R $\delta$  値から種間の間係をみると、まず更新地ではメヒルギとヤエヤマヒルギとは「ともずみ」間係、メヒルギとオヒルギとは「すみわけ」間係から無関係となり、オヒルギとヤエヤマヒルギとは「すみわけ」間係を示している。成林ではメヒルギとヤエヤマヒルギとは小さな面積で「すみわけ」間係、大きい面積で無関係、メヒルギとオヒルギとは小さい面積で「すみわけ」間係、大きい面積で「ともずみ」間係、ヤエヤマヒルギとオヒルギとは「すみわけ」間係を示している。

階層別の間係をみると、更新地では上層木と中層木は「すみわけ」間係、上層木と下層木は「ともずみ」間係、中層木と下層木は「ともずみ」間係を示している。成林では上層木と中層木および中層木と下層木とはともに「すみわけ」間係を示している。

以上のことより、更新地のメヒルギ林分ではより早く侵入した直径の大きい個体が一様分布し、その近くにメヒルギとヤエヤマヒルギの稚幼樹が成立して集団をなしている。この集団の間隙にメヒルギとヤエヤマヒルギの幼樹が集団を形成している。オヒルギはこの段階では稚樹が上記の集団と無関係に少数成立している。林縁のメヒルギ成林では更新地とは異なり、集中的に侵入したメヒルギが集団をなして上層木および中層木となり、その集団の間隙にヤエヤマヒルギとオヒルギの稚樹が侵入し、オヒルギはメヒルギ集団の近くに、ヤエヤマヒルギはそれとは無関係に成立している。

5) マヤブシギを主とする林分は西表島東部海岸の (Ir-Q. 1, 2), (Ir-Q. 11) の3つの調査区である。構成種はマヤブシギの他にオヒルギとヤエヤマヒルギであるがそれらの混交比はきわめて小さい。

I $\delta$  値からみると各階層とも小さい面積で集中分布、大きい面積で一様分布を示している。集団の大きさは1/64→1/4の集団を形成するものが多い。

R $\delta$  値から種間の間係をみると、マヤブシギとヤエヤマヒルギとは面積が大きくなるにつれて「すみわけ」→「ともずみ」→無関係と変化している。階層別にみると上層木と中層木とは「ともずみ」間係、

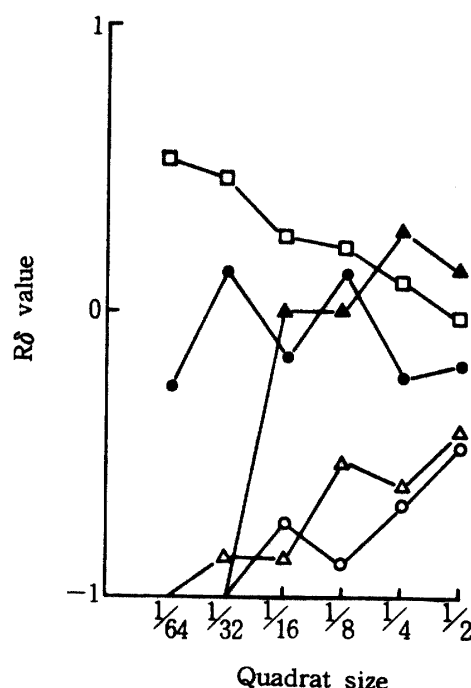


Fig. 35. 1) R $\delta$ -curve of quadrat Is-Q.4, 6-9 in *B. conjugata* dominant area  
*R. mucronata*-*B. conjugata*  
 ▲: Is-Q.4 ○: Is-Q.6 □: Is-Q.7 △: Is-Q.8 ●: Is-Q.9



上層木と下層木および中層木と下層木とはともに小さい面積で“ともずみ”関係, 大きい面積で“すみわけ”関係を示している。

以上のことから, マヤブシギ林は海岸に成立し単純林を形成する傾向が強く, 他種はマヤブシギ集団の縁に成立していることを示している。また, 集中分布をなすのは匍伏した幹が胸高(1.2 m)以下で分幹するためである。集団の大きさが小さいのも上記の分幹が原因で, その集団が1/4で再び集団を形成しているのは分幹したもとの個体の集団を示している。

6) ヒルギダマシを主とする林分は遠浅の海岸または河口付近の干潟に成立している。

(Ir-Q.13)と(Ir-Q.20)の2調査区がこれに属している。これらの調査区は前節の林分構造による林型区分では前者はマヤブシギ林に後者はヤエヤマヒルギ林に区分されている。また, 前節の林型区分でヒルギダマシ林分と区分された(Is-Q.14)はC<sub>i</sub>指数では前述のようにヤエヤマヒルギを主とする林分に区分されている。構成種はヒルギダマシの他にヤエヤマヒルギ, オヒルギ, マヤブシギおよびメヒルギが生育している。

I<sub>δ</sub>値からみると種別および階層別ともいずれも集中分布を示しているが, 稚樹層では一様分布を示す調査区がある。集団の大きさは1/32→1/16~1/8→1/2の集団を形成するものが多い。

R<sub>δ</sub>値から種間の関係をみるとヒルギダマシとヤエヤマヒルギおよびヒルギダマシとオヒルギとは“ともずみ”関係を示している。階層別にみると, (Ir-Q.13)ではヒルギダマシの中層木と下層木とは小さな面積で“すみわけ”関係, 大きい面積で“ともずみ”関係を示している。(Ir-Q.20)では上層のヤエヤマヒルギと下層のヒルギダマシは“すみわけ”関係を示している。

以上のことより, ヒルギダマシを主とする林分ではヒルギダマシの大きい個体の樹冠の周囲にその稚樹が更新して集団をなし, その大きさがほぼ1/32の面積である。そしてこの集団の外側にヤエヤマヒルギとオヒルギが成立してほぼ1/16~1/8の集団をなし, この集団がいくつか集まって1/2の集団を形成している。この両調査区とも上層木にヤエヤマヒルギとマヤブシギが少数成立しているが, これらの樹種と根元直径の大なるヒルギダマシとどちらが早く侵出したかは不明であるが, これらが核となって更新集団を形成し, その後, それらの間隙が稚樹で埋まってゆくものと考えられる。

7) その他の林分は(Ir-Q.14, 15)の2調査区である。前節の林型分布では両調査区ともマヤブシギ林に区分されたが, C<sub>i</sub>指数ではいずれの林分にも属していない。そこで, マヤブシギ, ヒルギダマシ帯からヤエヤマヒルギ, オヒルギ帯への移行帯としてこの両調査区をとらえてみた。構成種はマヤブシギ, ヒルギダマシ, ヤエヤマヒルギおよびオヒルギの4種であるが, 後記2種の比率が大きくなっている。

I<sub>δ</sub>値からみるとヤエヤマヒルギ(中層木に多い)が中程度の面積(1/16~1/8)で集中分布, ヒルギダマシとオヒルギ(下層木)は小さな面積で集中分布, 大きい面積で一様分布を示している。集団

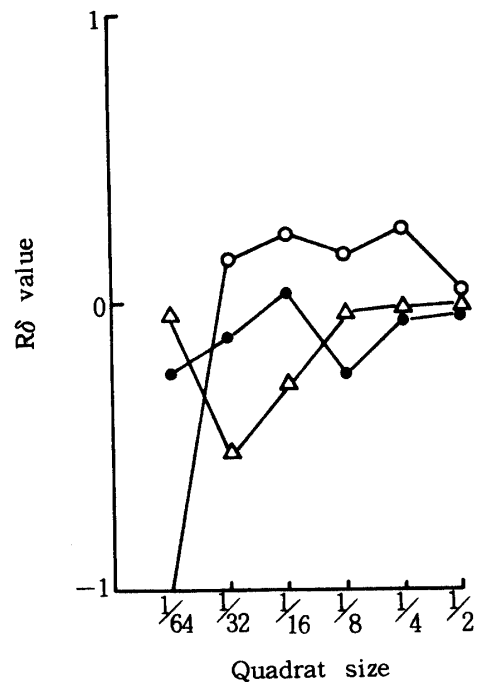


Fig. 35.2) R<sub>δ</sub>-curve quadrat Ir-Q. 32 in *B. conjugata* dominant area

○: *K. candel*-*B. conjugata*

●: *K. candel*-*R. mucronata*

△: *B. conjugata*-*R. mucronata*

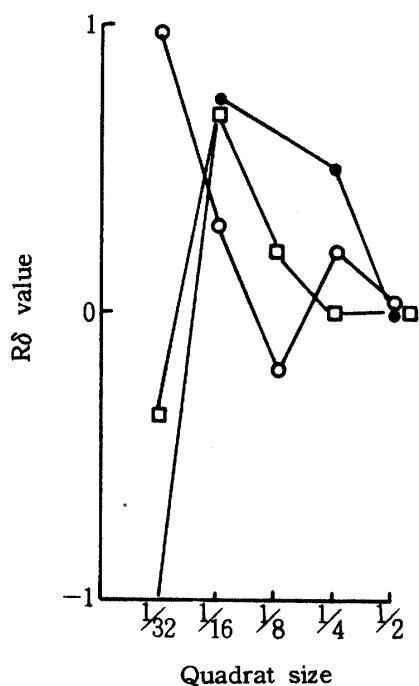


Fig. 35. 3)  $R\delta$ -curve of quadrat Ir-Q. 11 in *B. conjugata* dominant area  
 □: *R. mucronata* - *S. alba*  
 ○: *R. mucronata* - *B. conjugata*  
 ●: *B. conjugata* - *S. alba*

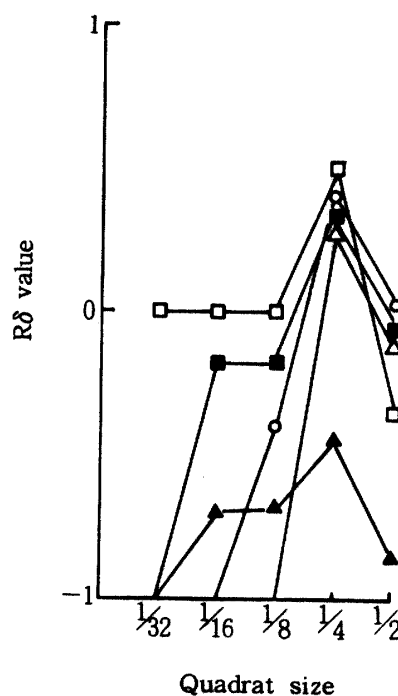


Fig. 35. 4)  $R\delta$ -curve of quadrat Ir-Q. 7 in *B. conjugata* dominant area  
 ▲: *R. mucronata* - *B. conjugata*  
 ■: *R. mucronata* - *A. marina*  
 ●: *R. mucronata* - *K. candel*  
 △: *B. conjugata* - *A. marina*  
 □: *A. marina* - *S. alba*

の大きさは1/16～1/8の集団を形成するものが多い。

$R\delta$ 値から種間の関係についてみると、ヒルギダマシとマヤブシギとは“ともずみ”か無関係、ヒルギダマシとオヒルギとは“ともずみ”関係、ヒルギダマシとヤエヤマヒルギとは“すみわけ”関係を示している。マヤブシギと他種との関係はオヒルギとは“すみわけ”関係、ヤエヤマヒルギとはほぼ“ともずみ”関係を示している。オヒルギとヤエヤマヒルギとははっきりとした関係はみられない。

以上のことから、両調査区は移行帯の中でもマヤブシギ上層木の点在する群落前面部にヤエヤマヒルギが侵入して中層を形成し、そこにオヒルギとヒルギダマシが少数侵入していることを示している。マヤブシギ個体とその付近のヤエヤマヒルギの集団はほぼ1/16の大きさであり、その集団の間隙にヒルギダマシとオヒルギの稚樹が侵入し共存している。

iii) まとめ

本域の調査林分はCλ指数より、1) オヒルギを主とする林分 2) ヤエヤマヒルギを主とする林分 3) ヤエヤマヒルギ、オヒルギを主とする林分 4) メヒルギを主とする林分 5) マヤブシギを主とする林分 6) ヒルギダマシを主とする林分 7) その他の林分、の7つの林分に区分された。この区分と前節で述べた林型区分とは5箇の調査区を除くと各々の樹種で対応している。これらの5箇の調査区はいずれも群落の海岸側前面部にあり、上層木が少なく稚樹が多い調査区である。従って、上層木を基準として区分した林型区分と、全層木を基準として区分したCλ指数区分とに差がでてきている。以下、Cλ指数区分による各林分について記す。

オヒルギ林分は集中分布を示す林分が多く、階層間の関係は上層木と中層木は“ともずみ”関係、上層木と下層木とは“すみわけ”関係を示している。このことはオヒルギ林分では上層木と中層木とが集団を形成し、下層木はこの集団の間隙にこれもまた集団をなして成立していることを示している。オヒルギ林内のヤエヤマヒルギは集団をなし、オヒルギとは明瞭なる“すみわけ”関係を示している。

ヤエヤマヒルギ林分は他の樹種の混じた更新地タイプと本樹種のみで林分を形成するタイプとがある。いずれも集団をなす集中分布を示し、各階層間の関係から、はじめに侵入した個体が分幹して上層と中層を形成し、その後侵入した下層木は上・中層木集団の間隙に成立していることが示されている。この林分のヤエヤマヒルギはオヒルギおよびヒルギダマシとは“ともずみ”関係、マヤブシギとは“すみわけ”関係を示している。

ヤエヤマヒルギ林からオヒルギ林への移行地では両種の拮抗した林分があるが、ここでもヤエヤマヒルギは集中分布を示し、オヒルギは集中分布と一様分布の両分布を示した。上層木は一様分布を示しているが、これは生立木本数の少ないオヒルギとヤエヤマヒルギ集団の中の何本かが上層木となるためである。中層木は集中分布を示しているが、これはヤエヤマヒルギ集団の大部分が中層を占めていることによる。両樹種間の関係はオヒルギが集団をなすとヤエヤマヒルギと“すみわけ”関係、オヒルギが単木的に成立すると“ともずみ”関係を示している。

メヒルギ林分は小集団からなる集中分布を示し、ヤエヤマヒルギとは“ともずみ”関係、オヒルギとは“すみわけ”関係を示した。

マヤブシギは地際で分幹しているため、小さい面積で集中分布を示し、分幹した各個体は一様分布をなしている。マヤブシギ林内に成立する他樹種は個体数が少なく、本林分はほぼ純林を形成しているため、大きい面積でのみ“ともずみ”関係を示した。

ヒルギダマシ林分はマングローブ林の海岸側前面部に成立する林分であるため、他樹種の全てが混じており、小さい面積で“すみわけ”、大きい面積で“ともずみ”関係を示した。即ち、ヒルギダマシは定着すると、他樹種の胎生芽を捕捉する役目をなし、中心にヒルギダマシ、周囲にヤエヤマヒルギ、オヒルギの成立する更新集団を形成している。

マヤブシギおよびヒルギダマシの大きい個体の点在する海岸側前面部にヤエヤマヒルギ、オヒルギおよびメヒルギが侵入してできた林分がみられる。はじめに定着したマヤブシギとヒルギダマシが核となり更新集団を形成している。

## 第4節 現存量

### 1 メヒルギ林

#### 1) 林分概況

沖縄本島北部西海岸の名護市真喜屋の羽地内海に面したメヒルギ林に調査区を設定した。本林分は護岸堤によって海と隔られているが海水は水門より流入している。海岸から内陸へ向って、堤防、モクマオウ防潮林、メヒルギ林、サトウキビ畑の順となっており、メヒルギ林は幅5～10mの海岸に平行した帯状林をなしている。林内には胎生芽の流出がさまたげられるため、稚樹が極めて密に成立している。本地にはオヒルギも分布しているがその個体数はきわめて少ない。なお、本林分は護岸堤ができてから生長が良好となり、個体間の競争がはげしくなり密にウツ閉していた樹冠が破れてメヒルギⅡ型林からメヒルギⅢ型林へ移行している林分である。

水門近くの海水の流入する林分に(5×5)m<sup>2</sup>の方形区を設定した。調査結果はFig. 36に示した。メヒルギの単純林で生立木本数は24(4)本、その密度は0.96(0.16)、平均面積は1.04(6.25)である。胸高直径階別本数分数分布についてみると、分布幅は2～10cmでそのうち3～5cm間に75%

が集中する山型分布をなしている。樹高階別本数分布についてみると分布幅は451～650cmであり、551～650cm間に79%が集中する右偏りのJ字型分布を示している。樹冠面積は15.9㎡で調査区の64%を占め、胸高断面積合計は613cmで調査区の0.245%にあたる。

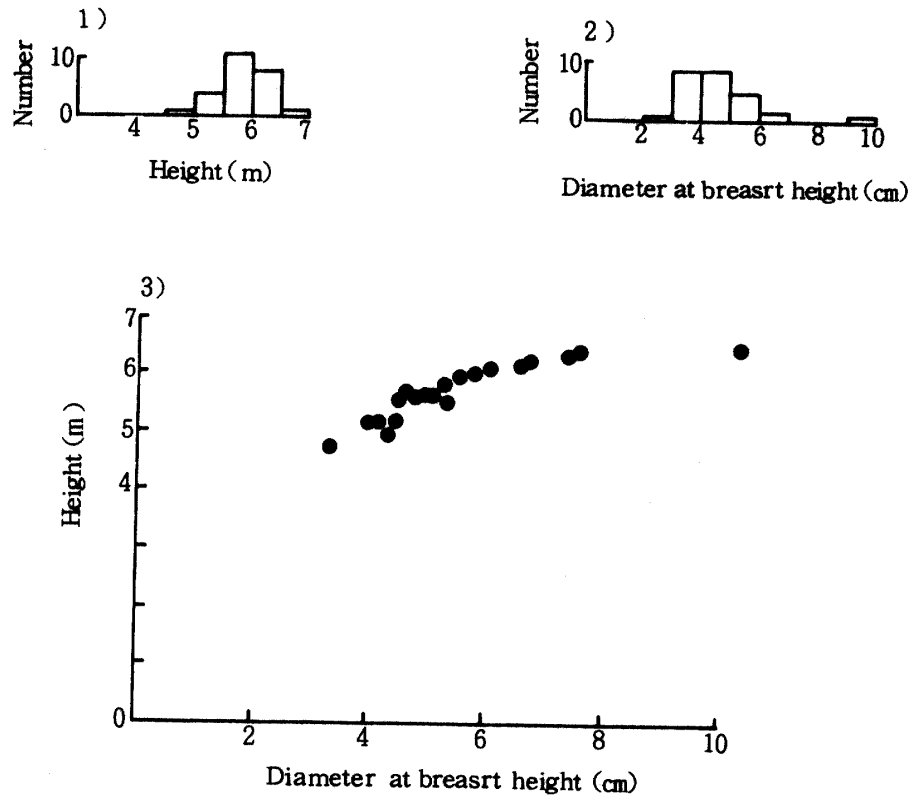


Fig. 36. 1) Frequency histogram of tree height in *K. candel* forest  
 2) Frequency histogram of diameter at breast height in *K. candel* forest  
 3) Relation between diameter at breast height and tree height in *K. candel* forest

ii) 現存量

本林分では4本の供試木を伐倒した。伐倒は地上高0.2mでおこない、これ以上を厚さ1mの層別刈取法によって各部分に区分した。0.2m以下の部分は地際で切断して測定した。供試木の胸高直径(D)と幹(Ws)、枝(Wb)、葉(Wl)、地上部非同化器官(Wtc)および地上部全重(Wt)との関係をFig-37に示した。また地上部全重と幹重、枝重、葉重および地上部非同化器官重との関係をFig-38に示した。

供試木の二つの部分の関係を相対生長関係式にあてはめ、近似式をもとめ上記図中に直線で示した。すなわち、相対生長関係は供試木の二つの部分をX, Yとするととき

$$\log Y = h \log X + k$$

で示されるが各部分間の関係の係数h, kをTable-13 1)に示した。

現存量は断面積配分法を用いたがその結果と調査区の概況をTable-14にまとめた。

幹の現存量は46.8t./haでオヒルギ林およびヤエヤマヒルギ林に比してかなり小さい値となっている。これは本数密度が大きいのに胸高断面積合計が小さいことから本林分が比較的若い林分であるためだと

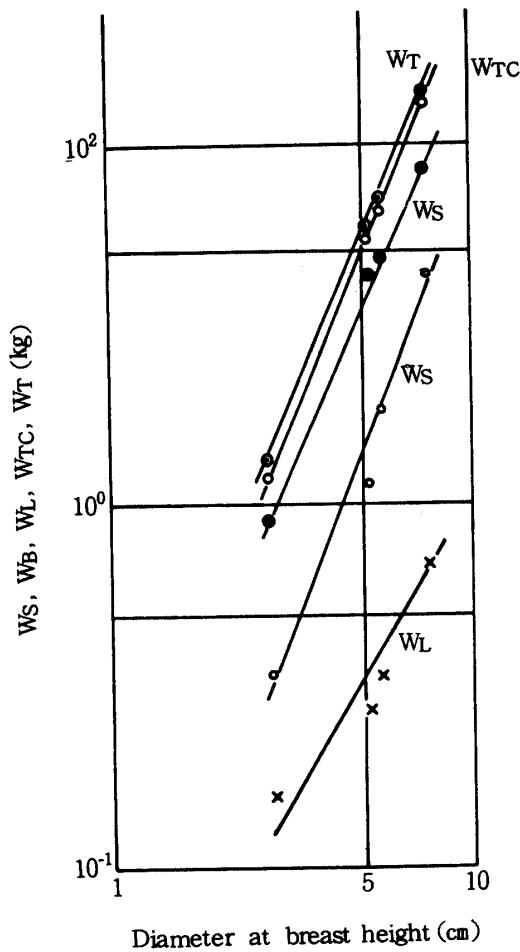


Fig. 37. Allometric relation of stem (Ws), branch (Wb), foliage (Wl), above-ground parts (Wt) and non-assimilation parts (Wtc) to diameter at breast height (D) in *K. candel* forest

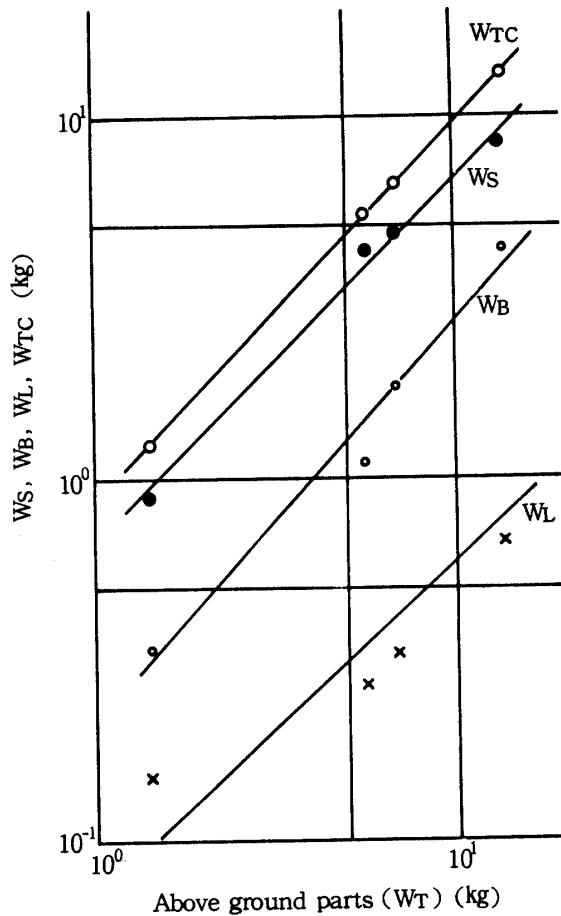


Fig. 38. Allometric relations of stem (Ws), branch (Wb), foliage (Wl) and non-assimilation parts (Wtc) to above-ground parts (Wt) in *K. candel* forest

考えられる。

枝の量は20.0 (4.0) t/ha(括弧内は枯死枝)であり、幹量が他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>の約1/3の値となっているのに比して、枝の量はその最下限値の70%にあたる。枝重は幹重の約43%でその比率は他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>での値のほぼ2倍となっている。また、枯死した枝が多くその量は生枝量の20%を占めている。

葉量は3.5 t/haで他林に比して非常に小さい値となっている。地上部全重の4.8%を占めている。

地上部全重は71.8 (4.0) t/haで他の常緑広葉樹林の約1/3の値となっている。

生産構造図をFig.-39に示した。葉の垂直分布は樹高の上部1/3の部分のみに分布し、最上層は最上層層にみられ、この層にほぼ全葉が分布している。葉面積は0.64 ha/haとオヒルギ林とヤエヤマヒルギ林の約1/10の値である。また、この値は樹冠面積が調査区に占める比と同じ値である。このような小さい値は樹冠がウツ閉していないことと葉層が単層にちかいかことおよび葉量が少ないことによるもの

Table 13. 1) Values of  $h$  and  $k$  in allometric relation in *K. candel* forest ;  $\log Y = h \log X + k$

X	Y	Makiya	
		$h$	$k$
D	Ws	2. 2958	-2. 4319
D	Wb	2. 4836	-3. 6959
D	Wl	1. 9987	-4. 1899
D	WTC	2. 3612	-2. 2079
D	WT	2. 2924	-2. 0308
D <sup>2</sup> H	Ws	0. 9291	-3. 3083
D <sup>2</sup> H	Wb	1. 0005	-4. 6211
D <sup>2</sup> H	Wl	0. 7845	-4. 8333
D <sup>2</sup> H	WTC	0. 9538	-3. 1004
D <sup>2</sup> H	WT	0. 9255	-2. 8951
WT	Ws	0. 9973	-0. 3911
WT	Wb	1. 0942	-1. 5135
WT	Wl	0. 8815	-2. 4349
WT	WTC	1. 0296	-0. 1154
Ws	Wb	1. 0720	-1. 0216
Ws	Wl	0. 6049	-1. 9310
Wb	Wl	0. 5807	-1. 3471

Table. 14. Biomass and other properties of three mangrove forest type

		<i>K. candel</i>	<i>B. conjugata</i>	<i>R. mucronata</i>	
Stand density	no./ha	9600	4644	10400	
Basal area	m <sup>2</sup> /ha	24.5	24.2	26.7	
Mean height	m	5.80	6.30	6.22	
Mean DBH	cm	5.50	5.93	3.50	
Oven dry weight	Stem	t./ha	46.8	61.7	62.9
	Branch	t./ha	20.0	32.2	36.2
			(4.0)	(2.9)	(2.9)
	Foliage	t./ha	3.5	8.2	12.0
	Reproductive Organ	t./ha	1.5	0.6	0.4
Above-ground	t./ha	71.8	102.7	111.5	
		(4.0)	(2.9)	(2.9)	
Stem volume	m <sup>3</sup> /ha	98.3	84.7	78.3	
Leaf area	ha/ha	0.64	6.5	8.7	
Relative light intensity	%	12.0	1.1	0.6	
Light extinction coefficient	(ha/ha)	0.61	0.69	0.59	

DBH : diameter at breast height

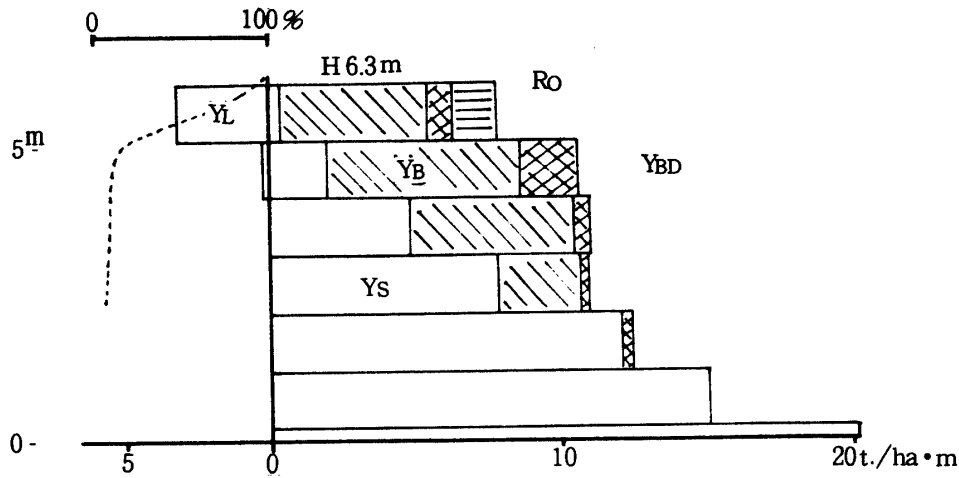


Fig. 39. Vertical distributions of the dry weight of stems (Ys), branches (YB), dead branches (YBD), foliage (YL) and regeneration organ (Ro) per ha. Dotted line expresses the course of extinction of the relative light intensity in *K. candel* forest

である。即ち、メヒルギは耐陰性が弱く葉が上層部に集中することを示している。吸光係数は0.61で他のマングローブ林とはほぼ同じ値となっている。枝の垂直分布は樹高の上部に分布し、上部3層にはほぼ同量の枝が分布している。枯死枝は全層に分布し、特に上層部に多くみられる。生殖器官は最上層にみられ、1.5t/haと大きい値となっている。これはメヒルギの多量の胎生種子生産と多数の稚樹成立をうらずけている。供試木の胸高直径と各部分との比率をFig. -40に示した。この図によると幹、枝の量はばらつきが大きいが葉の量は胸高直径が大きくなるに伴い減少しほぼ5%で一定となっている。

2 オヒルギ林

i) 林分概況

石垣島北部西海岸の嘉良川 (第3節 Is-Q. 2)

および石垣島中部西海岸の吹通川 (第3節 Is-Q.

10~13) の2箇所で調査した。調査地の胸高直径階別本数分布、樹高階別本数分布および胸高直径と樹高関係について既に述べた。吹通川林分においては (30 × 30) mの調査区を別に設定し毎木調査をおこない、林分の胸高断面積合計を算出した。

ii) 現存量

嘉良川林分では7本、吹通川林分では6本の供試木を伐倒した。支柱根高で伐倒し、これより上部を1mの層別刈取法により各部分に区分した。従って支柱根高以下の重量は含まれていない。

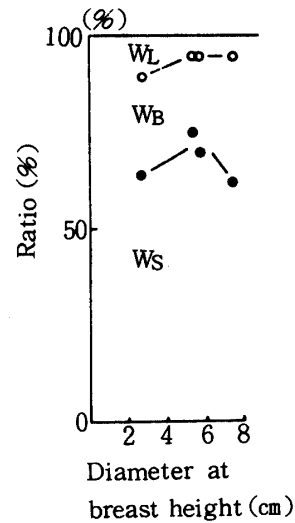


Fig. 40. Ratios of the weight of stem (Ws), branch (Wb) and foliage (Wl) to that of above-ground parts per tree related with diameter at breast height in *K. candel* forest

供試木の胸高直径と幹、枝、葉、地上部非同化器官および地上部全重との関係をFig.-41に示した。また、地上部全重と幹、枝、葉、地上部非同化器官重との関係をFig.-42に示した。供試木の二つの部分の関係を相対生長式にあてはめ、近似式をもとめ図中に示した。前述した相対生長式の係数 $h$ 、 $k$ の値をTable-13. 2)に示した。

現存量は断面積配分法を用いたがその結果と調査区の概況をTable-14に示した。

幹の現存量は62~63 t/haで常緑広葉樹林<sup>44)</sup>の150 t/haに比して半分以下の値となっている。支柱根重は本林分では測定していないが、他の林分で伐倒した供試木の胸高直径と支柱根重量との関係を二次式で示した関係式から算出した支柱根重量を加えると71.4~76.4 t/haとなる。

枝の量は32.2~36.2 t/haで幹重の50%以上の値となり、その値は常緑広葉樹林<sup>44)</sup>の下限値と同じであるが、全体重に占めるその比率が非常に大きいことが特徴である。

葉量は重量で8.2~12.0 t/ha、葉面積で6.5~8.7 ha/haである。これは常緑広葉樹林<sup>44)</sup>の

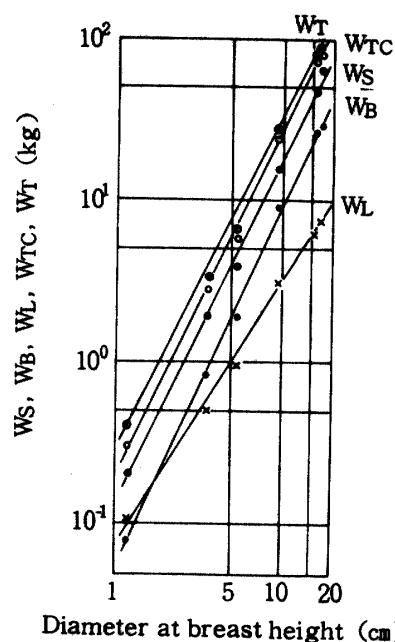


Fig. 41. Allometric relations of stem (WS), branch (WB), foliage (WL), non-assimilation parts (WTC) and above-ground parts (WT) to diameter at breast height in *B. conjugata* forest

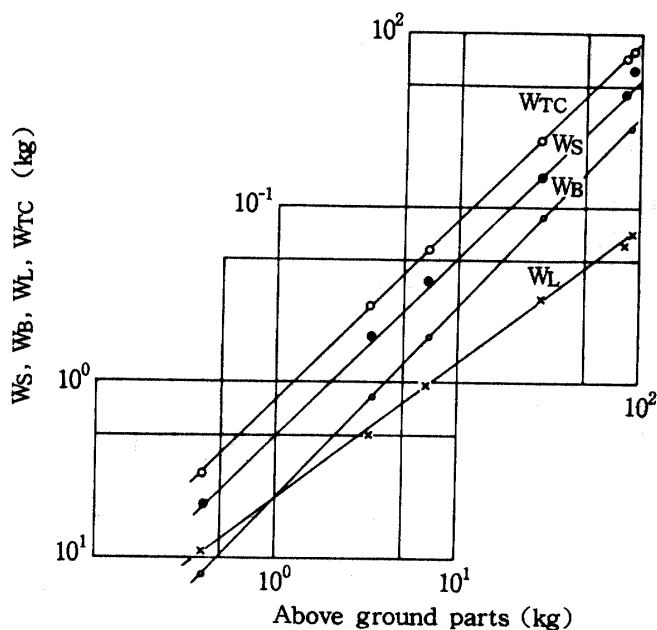
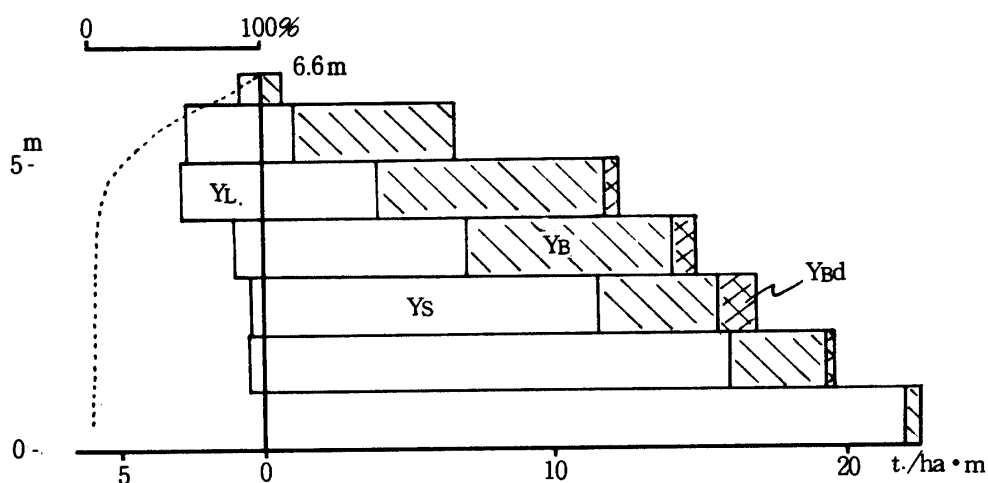


Fig. 42. Allometric relations of stem (WS), branch (WB), foliage (WL) and non-assimilation parts (WTC) to above-ground parts (Wt) in *B. conjugata* forest



Table 13. 2) Values of  $h$  and  $k$  in allometric relation in *B. conjugata* forest;  $\log Y = h \log X + k$ 

X	Y	Fukidogawa		Karagawa	
		$h$	$k$	$h$	$k$
D	WS	2.1542	- 2.0717	1.9644	- 1.6471
D	WB	2.2701	- 3.0077	2.1089	- 2.5288
D	WL	1.6193	- 2.6269	1.9608	- 3.2815
D	WTC	2.1492	- 1.6756	2.0067	- 1.2457
D	WT	2.0698	- 1.3783	2.0030	- 1.1217
<hr/>					
D <sup>2</sup> H	WS	0.8634	- 2.6659	0.8137	- 2.3095
D <sup>2</sup> H	WB	0.9107	- 3.6388	0.8695	- 3.2836
D <sup>2</sup> H	WL	0.6492	- 3.0734	0.8117	- 3.9970
D <sup>2</sup> H	WTC	0.8627	- 2.2706	0.8298	- 1.9741
D <sup>2</sup> H	WT	0.8295	- 1.9483	0.8284	- 1.8494
<hr/>					
WT	WS	1.0404	- 0.6345	0.9816	- 0.4918
WT	WB	1.0966	- 1.4939	1.0492	- 1.3443
WT	WL	0.7831	- 1.5492	0.9783	- 2.1841
WT	WTC	1.0383	- 0.2425	1.0017	- 0.1217
<hr/>					
WS	WB	1.0519	- 0.8212	1.0589	- 0.8050
WS	WL	0.7513	- 1.0691	0.9938	- 1.6892
WB	WL	0.7139	- 0.4822	0.9092	- 0.9225

Fig. 43. Vertical distribution of the dry weight of stems ( $Y_S$ ), branches ( $Y_B$ ), dead branches ( $Y_{Bd}$ ), foliage ( $Y_L$ ) per ha. Dotted line expresses the course of extinction of the relative light intensity in *B. conjugata* forest

葉量 7~13 t/ha, 6~13 ha/ha の値にちかい。地上部全重は 116~127 t/ha で常緑広葉樹林<sup>44)</sup>よりも小さい。

生産構造図を Fig. 43 に示した。葉の垂直分布をみると樹高 2/3 以上に最多層があり、それ以上に全葉量の 75% が集中分布している。吸光係数は 0.69, 0.59 と常緑広葉樹単層林<sup>44)</sup>とほぼ同じ値を示している。

枝の垂直分布についてみると広葉樹林型を示しているが、枯死した枝が樹高の 4/7~5/7 とかなり上層までみられ、その量は生枝量の 8~9% を占めている。

供試木の胸高直径と各部分との比率を Fig. 44 に示した。幹の量は胸高直径が大きくなるに伴いほとんど変化なしに幾分増加する傾向がみられる。枝の量は幹の量と同じ傾向を示し、葉の量は胸高直径の増加に伴い少し減少している。

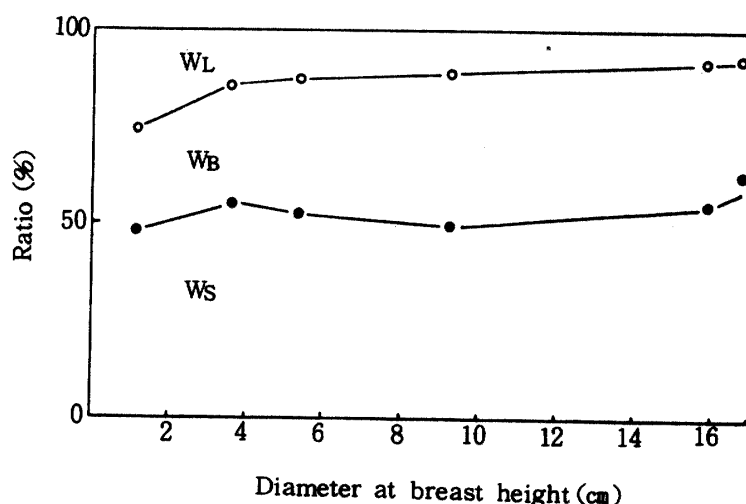


Fig. 44. Ratios of the dry weight of stem (WS), branch (WB) and foliage (WL) to that of above-ground parts tree related with diameter at breast height in *B. conjugata* forest

### 3 ヤエヤマヒルギ林

#### i) 林分概況

石垣島北部西海岸の嘉良川に調査区 (Is-Q. 3) を設定した。調査区の胸高直径および樹高階別本数分布、胸高直径と樹高関係については既に述べた。

#### ii) 現存量

本林分では 6 本の供試木を伐倒した。伐倒は支柱根高でおこない、これ以上を層の厚さ 1 m の層別刈取法によって各部分に区分した。支柱根高以下も地際で切断し、幹と支柱根とを区分して測定した。

供試木の胸高直径と幹、枝、葉、地上部非同化器官および地上部全重との関係を Fig. 45 に示した。また、地上部全重と幹、枝、葉および地上部非同化器官重との関係を Fig. 46 に示した。供試木の二つの部分の関係を相対生長式にあてはめ、近似式をもとめ図中に示した。前述した相対生長式の係数  $h$ ,  $k$  の値を Table 13. 3) に示した。

現存量その他を Table 14 に示した。幹重は 143 t/ha で他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup> とほぼ同じ値を示している。調査林分の林分状況からみて、この値は調査域のヤエヤマヒルギ林の上限値に近いものと考えられる。

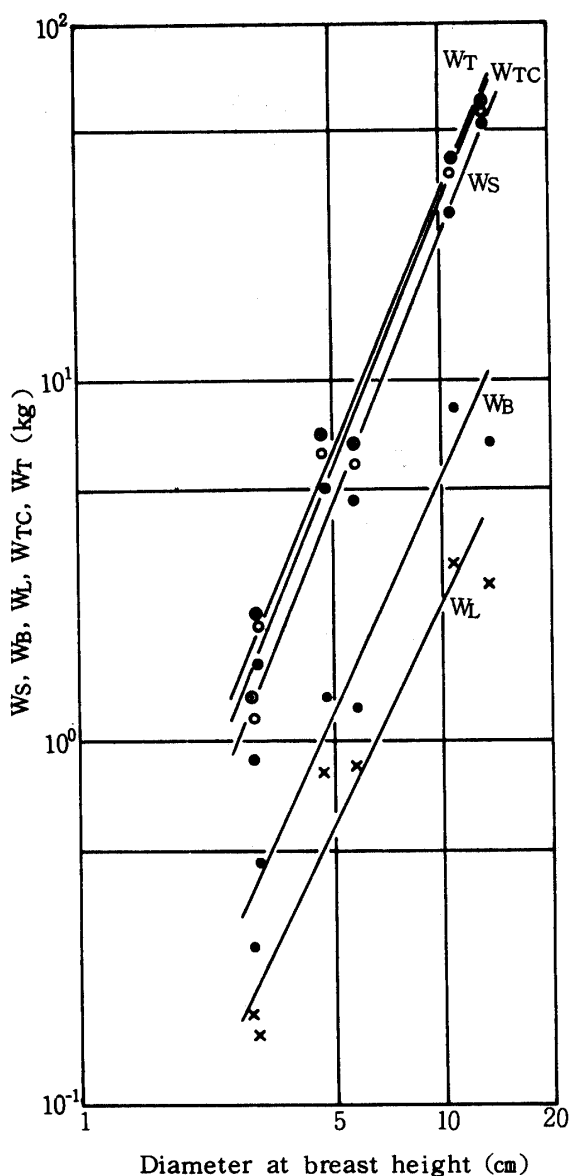


Fig. 45. Allometric relations of stem ( $W_s$ ), branch ( $W_b$ ), foliage ( $W_l$ ), and non-assimilation parts ( $W_{TC}$ ) and above-ground parts ( $W_T$ ) to diameter at breast height in *R. mucronata* forest

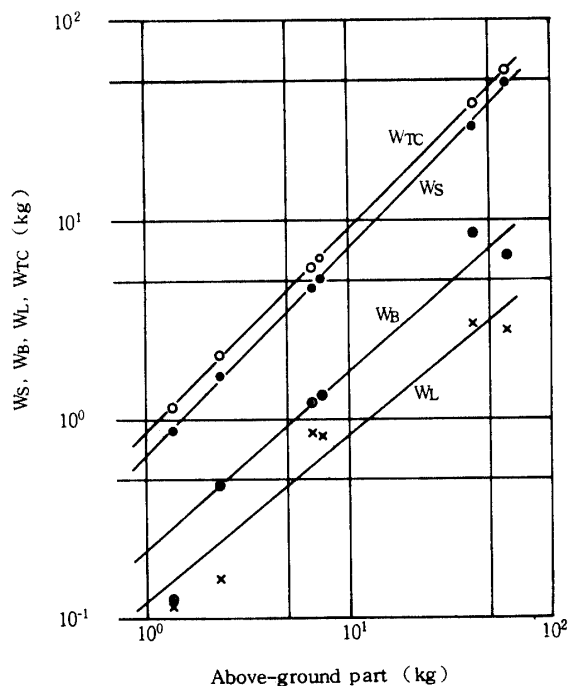


Fig. 46. Allometric relations of the dry weight of stem ( $W_s$ ), branch ( $W_b$ ), foliage ( $W_l$ ) and non-assimilation parts ( $W_{TC}$ ) to above-ground parts ( $W_T$ ) in *R. mucronata* forest

枝重は28.4 (3.5) t/haで他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>下限値と同じ値で、幹重の約20%であり、一般的な比率となっている。

葉の量は重量で13.1 t/ha、葉面積で5.4 ha/haである。葉重は他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>の上限値に近いが葉面積ではその下限値にあたいする。即ち、葉面積比が小さいことを示しており、本種の葉が小さくて厚いことを示している。支柱根重は18.0 t/haで同層にある幹重とほぼ同じ量を示し、全幹重の13%を占めている。地上部全重は188.8 t/haと他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>とほぼ同じ値である。

生産構造図をFig. - 47に示した。葉の垂直分布についてみると樹高の約1/4以上に最多層があり、

Table 13. 3) Values of  $h$  and  $k$  in allometric relation in  $R$ .  
*mucronata* forest ;  $\log Y = h \log X + k$

Karagawa			
X	Y	$h$	$k$
D	WS	2.4905	- 2.5248
D	WB	2.1519	- 3.3204
D	WL	2.0225	- 3.8143
D	WTC	2.4381	- 2.2012
D	WT	2.4043	- 2.0438
D <sup>2</sup> H	WS	0.9622	- 3.0218
D <sup>2</sup> H	WB	0.8310	- 3.7480
D <sup>2</sup> H	WL	0.7867	- 4.2449
D <sup>2</sup> H	WTC	0.9418	- 2.6871
D <sup>2</sup> H	WT	0.9292	- 2.5253
WT	WS	1.0363	- 0.4088
WT	WB	0.8995	- 1.5009
WT	WL	0.8334	- 2.0784
WT	WTC	1.0151	- 0.1310
Ws	WB	0.8630	- 1.1370
Ws	WL	0.7963	- 1.7354
WB	WL	0.9236	- 0.6867

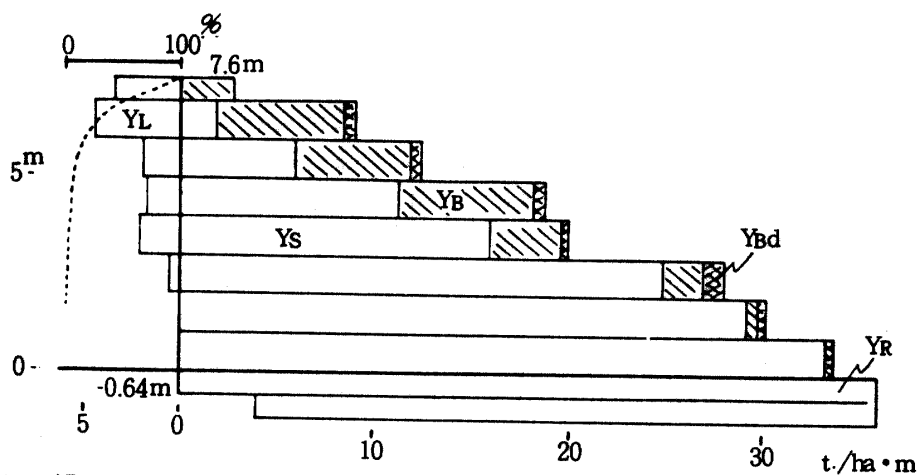


Fig. 47. Vertical distributions of the dry weight of stems (Ys), branches (Yb), dead branches (Ybd) and foliage (YL) per ha. Dotted line expresses the course of extinction of the relative light intensity in *R. mucronata* forest

全葉の50%以上が集中している。この最多層より下の層にもかなりの葉が分布している。吸光係数は0.68でオヒルギ林と同じ値を示している。

枝の垂直分布についてみると樹高の1/3以下で枝が少なくなり、枯死した枝が多くなっているのが特徴である。また、上層部にまで枯死した枝がみられることも特徴である。

本林分の最大の特徴は支柱根の存在と幹の量が樹幹下部で減少していることである。このような構造型を示すものはこれまで報告されていない。

供試木の胸高直径と各部分の比率はFig.-48に示した。幹量および枝量は胸高直径の増加につれて幾分増加している。葉量は逆に少し減少する傾向にある。各部の全重に占める比率は幹が約60%、枝が約25%、葉が約10%で一般的な比率である。

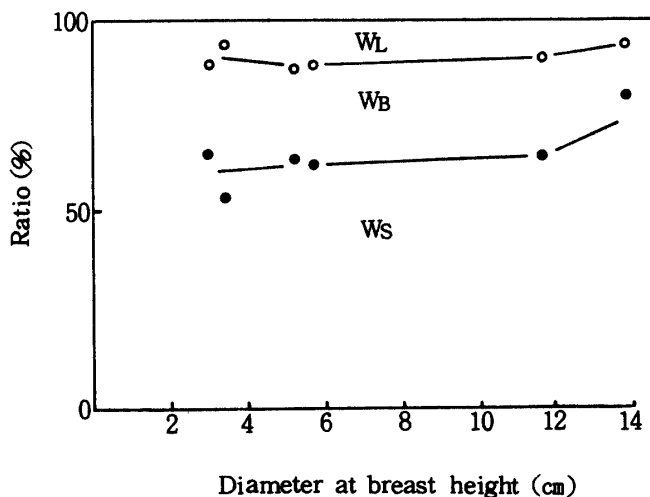


Fig. 48. Ratios of the dry weight of stem (Ws), branch (Wb) and foliage (Wl) to that of above-ground parts per tree related with diameter at breast height in *R. mucronata* forest

#### 4 まとめ

メヒルギ林とオヒルギ林およびヤエヤマヒルギ林において現存量の測定をおこなった。現存量はメヒルギ林で幹重46.8t/ha、枝重20.0(4.0)t/ha、葉重3.5t/ha、生殖器官1.5t/ha、全地上部重71.8(4.0)t/haである。オヒルギ林では幹重61.7~62.9t/ha、枝重32.2(2.9)~36.2(2.9)t/ha、葉重8.2~12.0t/ha、生殖器官0.4~0.6t/ha、全地上部重102.7(2.9)~115(2.9)t/haである。ヤエヤマヒルギ林では幹重143.0t/ha、枝重28.4(3.5)t/ha、葉重13.1t/ha、生殖器官0.8t/ha、全地上部重185.3(3.5)t/haである。ヤエヤマヒルギ林の全地上部重185.3(3.5)t/haはこれらの3林分で最大であり、これは他の常緑広葉樹林<sup>44)</sup>とほぼ同じ値である。枝重の全地上部重に占める比率はメヒルギ林で43%、オヒルギ林で50%とその値がきわめて大きく、ヤエヤマヒルギ林では20%と一般的な値となっている。葉重ではオヒルギ林とヤエヤマヒルギ林では他の常緑広葉樹林とほぼ同じ値であるがメヒルギ林では極めて小さい値となっている。葉量が全地上部量に占める割合はメヒルギ林で5%、オヒルギ林で8~11%、ヤエヤマヒルギ林で7%とオヒルギ林で幾分大きな値となっている。生殖器官はいずれの林分でもみられるが全地上部重に対する比率がメヒルギ林で2%、オヒルギ林とヤエヤマヒルギ林で0.2%とメヒルギ林が他の林分の10倍もの値を示している。

生産構造図からみて、いずれの林分も葉が上層部に集中する型を示しており、いわゆるソバ型であり、樹木でいうと広葉樹林型である。更にこのことについて詳しくみると、オヒルギ林およびメヒルギ林とヤエヤマヒルギ林とは異なる点が見られる。即ち、相対生長式で前者では葉量の係数( $h$ )が他の部分のそれよりも小さく、後者ではそれらの係数がほぼ同じ値であること、前述したように前者で枝重の全地上部重に占める比率が大きいこと、これは枝の直径が大きく樹冠が広がっていることを示している。最後に葉の垂直分布をみると前者で分布層が少なく、後者で多いこと、即ち前者で樹冠層が薄く、後者で厚いことを意味している。これらのことからオヒルギ林およびメヒルギ林は広葉樹型ではあるが

その中でもより上層部に葉が集中する傾向があり、ヤエヤマヒルギ林は同型でも葉の分布幅が広い。以上のことよりオヒルギ林とメヒルギ林では林分が発達してゆくと個々の個体の樹冠が大きく、樹冠層の比較的薄い、生立木密度の小さい林分を形成し、一方、ヤエヤマヒルギ林は個々の個体の樹冠が小さくて厚く、生立木密度がより大きい林分を形成してゆくことを示している。

## 第 6 章 結 論

マングローブ林は熱帯および亜熱帯の海岸および河口の泥土上に生育する特殊な群落である。本群落は日本では九州本島南端の鹿児島県を北限とし、南下するにつれて発達し、南限の西表島で最も発達した群落を形成している。

本論文ではこれまでほとんど明らかにされていなかった日本各地の大小のマングローブ分布地の確認、分布状況の調査をおこない、更に方形区調査も合せておこなった。即ち、九州本島、種子島、屋久島、奄美大島、沖縄本島、久米島、宮古島、伊良部島、石垣島、小浜島および西表島の各島において生育地を確認し、各生育地では生育樹種およびその生育状況（胸高および根元直径、樹高、生殖器官の有無）および生育面積について調査した。次に種子島、屋久島、奄美大島、沖縄本島、石垣島および西表島の各生育地に合計 73 箇の調査区を設定し、マングローブ林の林分構造を明らかにした。また、これらの調査区において生立木の平面的個体分布の解析をおこない、更にこの結果よりマングローブ林の成立および発達過程について考察をおこなった。現存量に関する調査は沖縄本島のメヒルギ林と石垣島のオヒルギ林およびヤエヤマヒルギ林において層別刈取法を使って現存量測定をおこない、これら林分の現存量および生産構造について解明した。

以上のマングローブ林の分布状況と林分構造およびその成立、発達過程、現存量についての調査研究は総合的な観点からの解析、考察より次のようにまとめられた。

1. 日本に分布するマングローブ構成種はメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキ、マヤブシギ、ニツパヤシの 7 種である。

2. 日本におけるマングローブ分布地は九州本島に 3 箇所、種子島に 4 箇所、屋久島に 1 箇所、奄美大島に 3 箇所、沖縄本島に 34 箇所、久米島に 1 箇所、宮古島に 5 箇所、伊良部島に 2 箇所、石垣島に 30 箇所、小浜島に 1 箇所および西表島に 24 箇所、合計 108 箇所である。なお、この他に南大東島に 1 箇所マングローブ分布地がある。

3. 日本のマングローブ生育北限地は鹿児島県川辺郡大浦町である。これは世界的にみても分布北限にあたる。各マングローブ種の自生北限はメヒルギが種子島西之表市湊、オヒルギが奄美大島住用村、ヤエヤマヒルギが沖縄本島東村、ヒルギモドキが沖縄本島金武村、ヒルギダマシが宮古島平良市島尻、マヤブシギが八重山群島の小浜島である。ニツパヤシが西表島の船浦である。

4. 日本における各マングローブ種の生育地を北から南へみてゆくと、九州本島、種子島および屋久島にはメヒルギのみ、奄美大島にはメヒルギとオヒルギ、沖縄本島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギモドキの 4 種、宮古島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシの 4 種、石垣島にはメヒルギ、オヒルギ、ヤエヤマヒルギ、ヒルギダマシ、ヒルギモドキの 5 種、西表島には上記 5 種にマヤブシギとニツパヤシを加えた 7 種が分布している。

沖縄本島以北の生育地ではメヒルギが優占し石垣島と小浜島および西表島ではオヒルギが優占している。宮古島と伊良部島はその中間に位置し、特に優占する種は認められない。従って、日本のマングローブ林は九州本島、種子島、屋久島、奄美大島、沖縄本島および久米島がメヒルギ優占地域、石垣島と小浜島、および西表島がオヒルギ優占地域という 2 つの地域に区分される。また、マングローブ林は林床に他の植生を有せず、既に述べたマングローブ種のみから成りたっている。

5. メヒルギおよびオヒルギはその生育個所から樹形の違いを加えて異なる型に区分された。メヒルギではメヒルギⅠ型は海側前面および流路側林縁に生育するもので矮生で前縁型とした。メヒルギⅡ型はメヒルギⅠ型とメヒルギⅢ型との中間の生育個所を占め、中間的樹形を示し中間型である。メヒルギⅢ型は最も内陸側に生育するもので樹高の高いもので内陸型である。

オヒルギはマングローブ林において普通最も内陸側に生育することが認められたが、海岸側前面に生育する矮生のものも生育している。前者は内陸型、後者は前縁型と区分された。

6. マングローブ林は上層を占める主要種から種々の林分型に区分される。メヒルギ優占地域のマングローブ林は1)メヒルギⅠ型 2)メヒルギⅡ型 3)メヒルギⅢ型 4)メヒルギ・オヒルギ型 5)メヒルギ・(オヒルギ)型 6)オヒルギ・(メヒルギ)型 7)オヒルギ型 8)ヤエヤマヒルギ型の8林分型に区分された。

また、同様にオヒルギ優占地域のマングローブ林は1)オヒルギ型 2)ヤエヤマヒルギ型 3)ヤエヤマヒルギ・オヒルギ型 4)メヒルギ型 5)マヤブシギ型 6)ヒルギダマシ型の6林分型に区分された。

7. マングローブ林において構成種のすみわけが海岸または流路から内陸へ向って認められた。メヒルギ優占地域ではヤエヤマヒルギ・ヒルギモドキ→メヒルギ・オヒルギの順である。前述のメヒルギ区分ではメヒルギはメヒルギⅠ型→メヒルギⅡ型→メヒルギⅢ型の順で出現する。林分型でみると、メヒルギⅠ型・ヤエヤマヒルギ型→メヒルギⅡ型→メヒルギ・(オヒルギ)型→メヒルギ・オヒルギ型→オヒルギ・(メヒルギ)型という基本パターンに従ってこのような順序で出現する。

また、同様にオヒルギ優占地域においてはヒルギダマシ、ヒルギモドキ、マヤブシギ、ヤエヤマヒルギ→(メヒルギ)、ヤエヤマヒルギ→(メヒルギ)、ヤエヤマヒルギ、オヒルギ→オヒルギの順となっている。林分型ではヒルギダマシ型、ヤエヤマヒルギ型、マヤブシギ型→メヒルギ型、ヤエヤマヒルギ・オヒルギ型→オヒルギ型という基本パターンに従ってこのような順序で出現することが明らかとなった。

8. マングローブ生育地は地形的には沈降海岸線の泥浜に属しており、生育個所は河川の河口に分布する河口型と入江に分布する入江型とに区分されるが、マングローブ生育地の多くは入江型であった。

9. マングローブ林の林分構造は一般的に上層、中層および下層の3層をもつ階層構造がその基本をなすことが明らかとなった。更に下層が二分されて上層、中層、幼樹層、稚樹層の4層構造をなす林分もあり、また、内陸側の発達した林分では上層のみの単層構造をなす傾向が認められた。

10. マングローブ林の生立木本数密度を林冠の大半を占める上層木についてみると、各林分型ごとのその範囲はメヒルギ優占地域ではメヒルギⅠ型林分が0.08～2.28、メヒルギⅡ型林分が5.52(0.32)～7.16(0.76)、メヒルギⅢ型林分が0.60～1.20(0.20)、メヒルギ・(オヒルギ)林分が1.16、オヒルギ・(メヒルギ)林分が0.68(0.04)～2.20(0.20)、オヒルギ林分が1.96であった。

同様にオヒルギ優占地域の上層木についてみるとヤエヤマヒルギ林分は0.08～1.24、オヒルギ林分は0.12～1.20、ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林分は0.36～0.56、マヤブシギ林分は0.04～0.34(0.04)、ヒルギダマシ林分では0.08、メヒルギ林分は1.0(0.04)であった。

11. 各調査林分の発達段階を知る手がかりの一つとなる胸高直径階別本数分布は図上に現われた形状から区分するとL字型、山形、平坦型およびJ字型の4つの分布型があった。メヒルギ優占地域ではこのうち山型を示す林分が多く、オヒルギ優占地域では平坦型を示す林分が多く認められた。

12. 同様に樹高階別本数分布にもL字型、山型、平坦型、J字型の4分布型がみられ、メヒルギ優占地域では山型とJ字型を示す林分が多く認められた。オヒルギ優占地域では山型を欠いており、L字型はオヒルギ林分とヤエヤマヒルギ林分で、J字型はヤエヤマヒルギ純林でみられ、平坦型は各林分が多く認められた。

13. 各調査林分の胸高断面積比はメヒルギ優占地域ではメヒルギⅢ型林分で0.22～0.68, メヒルギⅡ型林分で0.12～0.25, オヒルギ・(メヒルギ)林分で0.50, メヒルギ・(オヒルギ)林分で0.17, オヒルギ林分で0.13, ヤエヤマヒルギ林分で0.24であった。メヒルギ優占地域における最大値はメヒルギⅢ型林分の0.68であった。

同様にオヒルギ優占地域ではオヒルギ林分で0.06～0.60, ヤエヤマヒルギ林分で0.10～0.54, ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林分で0.39～0.43, マヤブシギ林分で0.01～0.09, ヒルギダマシ林分で0.06, メヒルギ林分で0～0.13であった。オヒルギ優占地域における最大値はオヒルギ林分の0.60であった。

14. メヒルギ, オヒルギおよびヤエヤマヒルギにみられる支柱根について, その平均高と占有面積を調べた。各調査林分における生立木の平均支柱根高はヤエヤマヒルギ林分で20.5～99.7 cm, オヒルギ林分で9.9～38.4 cmおよびメヒルギ林分で15.3～20.0 cmであった。支柱根占有面積はヤエヤマヒルギ林分で調査区面積の10.4～128.4%, オヒルギ林分で4.4～91.6%, この最大値91.6%はヤエヤマヒルギ成木の混交のためこれを除くと30%が最大である。ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林分で100%以上, メヒルギ林分で2.4～16%であった。

15. 1) メヒルギ優占地域のマングローブ林は類似度を示すC $\lambda$ 指数からメヒルギ, オヒルギ, ヤエヤマヒルギ, メヒルギ・オヒルギの4林分に区分される。

2) 各調査林分について林木個体の平面的分布からその分散構造を解析した。メヒルギ林は機会分布をなす小集団よりなる個体群が更新の単位となっており, この個体群が更に大きい集団を形成している。この集団性は成立後時間の経過とともに強くなるが, これ以後の発達の仕事で前述したメヒルギの3林型へと分れてゆく。

3) ヤエヤマヒルギ林は機会分布をなす集団よりなる集中分布を示し, その大きさは約6 m<sup>2</sup>で同一種による強い集団を形成している。

4) オヒルギ林では上層木はほぼ機会分布, 中層木は集団からなる集中分布, 下層木は一様分布を示している。本林には海側前面部に多数の個体がほぼ同時に侵入してできた前縁型オヒルギ林とメヒルギ林およびヤエヤマヒルギ林へ除々に侵入し, 次第に優占してできたオヒルギ・(メヒルギ)林とがある。後者のオヒルギ上層木は一様分布をなしている。

5) メヒルギ, オヒルギ林は林分構造から3つの林分型に区分されているが, いずれの林分型でも3層構造を有する両種別々の集団があり, この集団がパッチ状に成立している。

16. 1) オヒルギ優占地域のマングローブ林はC $\lambda$ 指数からオヒルギ, メヒルギ, ヤエヤマヒルギ, ヒルギダマシ, マヤブシギ, ヤエヤマヒルギ・オヒルギおよびその他の7林分に区分された。

2) オヒルギ林は大, 小の集団からなる集中分布を示した。この集団は上層木と中層木とからなっており, 下層木はこれらの集団の間隙に成立しており, 下層木はこれらの集団の間隙に成立している。本林に成立するヤエヤマヒルギはオヒルギとは明瞭なる“すみわけ”関係にあり, 小集団で残存している。

3) ヤエヤマヒルギ林にはメヒルギ, オヒルギ, ヒルギダマシおよびマヤブシギを混じている群落前面に成立するものと, 本種にオヒルギとメヒルギが極く少数混入する林分とが認められた。両林分とも集団からなる集中分布をなしている。

4) ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林はヤエヤマヒルギ林よりオヒルギ林への移行地帯にみられる林分である。オヒルギが集団を形成するとオヒルギとヤエヤマヒルギは別々に成立し, オヒルギが集団をなさず単木的に存在すると両種は混じて成立している。

5) メヒルギ林にはオヒルギとヤエヤマヒルギが混じており, メヒルギはヤエヤマヒルギとは“ともずみ”関係, オヒルギとは“すみわけ”関係を示した。メヒルギ林はいずれも小さな集団を形成する集中分布型であった。

6) マヤブシギ林はマヤブシギの他にオヒルギとヤエヤマヒルギからなっているがこの生立木本数



は極めて少なく純林に近い。ヤエヤマヒルギとマヤブシギは大きい面積で“ともずみ”関係を示した。上層、中層および下層木は小面積の集団を形成し、この集団が一様分布をなしている。

7) ヒルギダマシ林は海岸側前面部に成立する先駆的の林分である。この林分はヒルギダマシの他にヤエヤマヒルギ、メヒルギ、オヒルギ、マヤブシギが混じている。ヒルギダマシの成木と稚樹が小面積の集団をなし、その周囲をオヒルギとヤエヤマヒルギの稚樹がとり囲んで更に大きい面積の更新集団を形成し、これらの集団が更に集まって大きい面積の集団を形成している。

17. マングローブ林の発達順序を各調査林分の林分構造および林木個体の平面的分布の解析により明らかにした。これを林型で示すと次のとおりであった。

i) メヒルギ優占地域

イ) メヒルギI - a型林 → メヒルギI - b型林  
(メヒルギI - c型林)

↘ メヒルギIII型林

ロ) メヒルギII型林 → メヒルギIII型林

ハ) メヒルギI型林

↓ ↘  
メヒルギ・オヒルギ林 → メヒルギ・(オヒルギ)林

↓ ↙  
オヒルギ・(メヒルギ)林

ニ) ヤエヤマヒルギ林 → オヒルギ・(メヒルギ)林

ii) オヒルギ優占地域

マヤブシギ → メヒルギ林  
ヒルギダマシ林 → ヤエヤマヒルギ林

↙  
ヤエヤマヒルギ・オヒルギ林

↓  
オヒルギ林

18. 1) マングローブ林の現存量を調べた。地上部全重量はオヒルギ林が116~127t/ha、ヤエヤマヒルギ林が189t/ha およびメヒルギ林が72t/haであった。

2) 葉の垂直分布はいずれの林分においても樹冠上層部に葉量の大半が集中する、いわゆるソバ型分布を示すものであった。葉量はオヒルギ林が8.2~12.0t/ha、ヤエヤマヒルギ林が13.1t/ha、メヒルギ林が3.5t/haであった。葉面積はオヒルギ林が6.5~8.7ha/ha、ヤエヤマヒルギ林が5.4ha/ha、メヒルギ林が0.64ha/haであった。

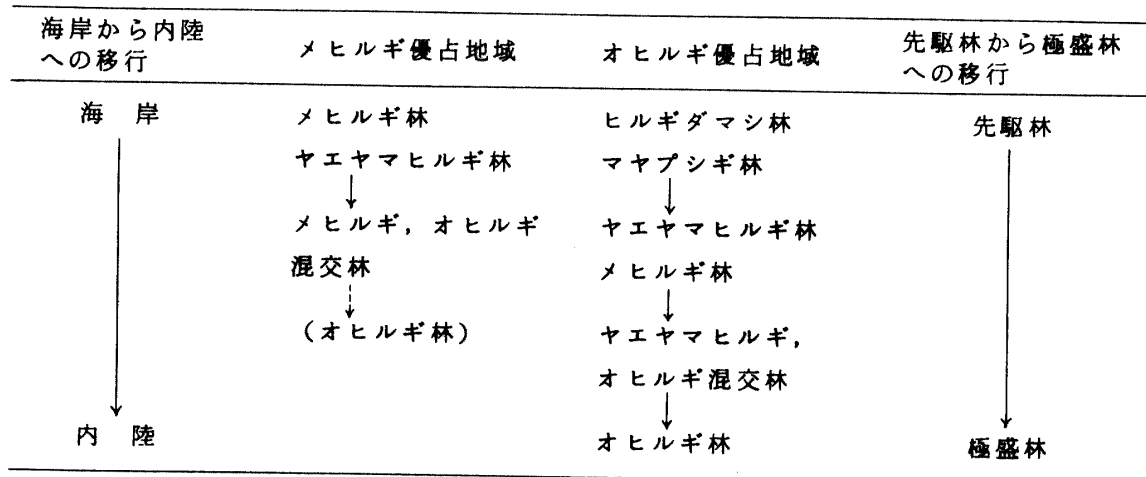
3) 枝量の垂直分布は各林分とも樹冠上層部に最多量がみられ、これは他の常緑広葉樹林においてみられるものと同様の傾向を示すものであった。オヒルギ林とメヒルギ林ではその幹重に対する枝の比率が非常に大きく、また、枯死枝の量が多く林冠上層部まで分布している。

4) ヤエヤマヒルギは根元が支柱根層となり、この層の幹重は上層部のそれより減少している。支柱根重量は18t/haで同じ層の幹重とほぼ同じ値で全幹重に対しその13%にあたる。

19. 日本に生育するマングローブ林の基本的な林型は1) メヒルギ林 2) メヒルギ、オヒルギ混交林 3) オヒルギ林 4) ヤエヤマヒルギ林 5) オヒルギ、ヤエヤマヒルギ混交林 6) マヤブシギ林 7) ヒルギダマシ林であった。このうち、メヒルギ林とヤエヤマヒルギ林およびオヒルギ林が特に重要な位置を占めている。

マングローブ林はその生育地においては極盛林と考えられ、生育地の環境、特に土地的環境の変化に

伴う带状分布の変化そのものが時間的変化に伴うマングローブ林の発達過程をも示している。前述の7林型についてこの推移を示すと次のとおりである。



20. 以上に述べたこの調査研究により日本におけるマングローブ林の分布地が明らかにされ、また生育状況および林分構造の面からその実態が詳細に明らかにされた。著者のこの研究結果はマングローブ林に関する種々の角度からの今後の諸研究の基礎となるとともに現存するマングローブ林の取り扱い上重要な知見を与え得るものと確信する。

### 謝 辞

本論文をまとめるにあたって懇篤なる御指導を戴いた北海道大学農学部教授武藤憲由博士ならびに御校閲を戴いた北海道大学農学部教授東三郎博士および北海道大学大学院環境科学研究科教授伊藤浩司博士に深謝の意を表する次第である。

また、本研究をおこなうにあたり終始御指導戴いた琉球大学農学部教授大山保表博士ならびに諸見里秀幸博士に深謝の意を表する。

調査を実施するにあたり種々の御支援を戴いた関係各市町村教育委員会、林務係および現地の方々に厚く御礼申し上げる。

北海道大学農学部演習林の松田疆氏ならびに北海道大学大学院環境科学研究科の春木雅寛氏、琉球大学農学部の佐藤一紘氏ならびに小田一幸氏には困難なる現地調査に参加して戴き、また、討論をとおして御指導、助言を戴いた。ここに厚く御礼申し上げる。

また、調査およびその調査結果のとりまとめにあたり御協力下さった琉球大学農学部林学科の教官諸氏および同造林学教室の卒業生と専攻生諸君に御礼申し上げる。

### 参考及び引用文献

1. 安里順貴：琉球列島に於けるマングローブの生態学的研究，琉球大学生物学科卒業論文（1961）
2. ASCHSON, P. : Der nordlichste Fundort der Mangrove in Aegypten. Bot. Zeit. Jg. 61, 235 (1903)
3. BENECKE, W. & ARNOLD, A. : Kulturversuche mit Keimlingen von Mangrove-Pflanzen. Planta. Bd. 14, 471 (1931)

4. BRUCE, G. T., WRIGHT, L. D. & COLEMAN, J. M. : Mangrove Ecology and Delta-estuarine Geomorphology, Cambridge Gulf-ord river, Western Australia. J. Ecol. **63**, 203 - 237 (1975)
5. CLARK, L. D. & HANNON, N. J. : Plant growth in relation to salinity and water-logging the Mangrove, swamp and salt marsh communities of the Sydney District. J. Ecol. **58**, 351 - 369 (1969)
6. FABER, F. C. von : Zur Physiologie der Mangroven. Ber. deutsch. Bot. Gesell. **41**, 227 - 234 (1923)
7. FRODIN, D. G., HUXLEY, C. R. & KIRINA, K. W. : Mangrove of the Port Moresby Region. Occasional papers. No. **3**. Dept. of Biol., Univ. of Papua New Guinea (1975)
8. GEOBEL, K. : Ueber die Luftwurzeln von Sonneratia. Ber. deutsch. Bot. Gesell. Bd. **4**, 249 - 255 (1886)
9. 浜田英昭 : 大浦町の植物, 大浦町郷土誌植物編報告書, 鹿児島県大浦町教育委員会 65 pp (1973)
10. 初島住彦 : 琉球植物誌, 沖縄植物研究会, 沖縄 940 pp (1971)
11. HOSOKAWA, T. : Outline of the mangrove strand forest of the Micronecian Islands. Mem. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.) **2**, 102 - 118 (1955)
12. 西表島農業調査団 : 西表島の植生について, 西表島農業調査報告書 66 - 71, 156 - 159 (1960)
13. KARSTEN, G. : Uber die Mangrove-Vegetation in malaschen Archipel. Ber. deutsch. Bot. Gesell. Bd. **8**, 49 - 57 (1890)
14. 金城幸博他 : ヒルギの研究, 沖縄生物教育研究会誌 No. **4**, 81 - 101 (1970)
15. 小谷信矢 : 八重山群島西表島の紅樹林の分散構造の解析, 九州大学海外学術調査報告第2号, 181 - 246 (1964)
16. 黒島寛松 : 沖縄の自然, 植物, 新星図書 那覇 (1975)
17. LAWRENCE, D. B. : Self-erecting habit of seedling red mangroves (*Rhizophora mangle* L.). Amer. J. Bot. **36**, 426 - 427 (1949)
18. 正宗厳敬 : ヒルギダマシの甲析, 植物及び動物 **8** (6), 32 - 34 (1940)
19. MACNAE, W. : Mangrove Swamp in South Africa. J. Ecol. **51** (1), 1 - 25 (1963)
20. 宮田逸夫・小谷信夫・小野勇一 : Id-法によるオヒルギ *Bruguiera conjugata* (L.) Merrill の分散構造の解析, 九大海学報, 43 - 48 (1963)
21. MORISHITA, M. : Measuring of the Dispersion of Individuals and Analysis of the Distributional Patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.) **2** (4) 215 - 230 (1959)
22. MORISHITA, M. : Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.) **3** (1), 65 - 80 (1959)
23. 中野治房 : 蘭牟田池及琉球筭ノ産地ニ関スルモノ, 天然記念物調査報告, 植物之部 第一輯, 78 - 84 (1920)
24. 中野治房 : 沖縄県ニ於ケル植物, 天然記念物調査報告, 植物之部, 第二輯 69 - 96 (1925)
25. 中須賀常雄・大山保表・春木雅寛 : マングローブに関する研究 I, 日本におけるマングローブの分布, 日本生態会誌, **24**, 237 - 246 (1974)
26. 中須賀常雄・大山保表・春木雅寛・吉田守男 : マングローブに関する研究 II, メヒルギ, オヒルギ林の林分構造, 日本生態会誌, **25**, 89 - 100 (1975)
27. 中須賀常雄 : マングローブに関する研究 IV - (1) 鹿児島県におけるマングローブの分布状況, 琉球

- 大学農学部学術報告, **22**, 679-701 (1975)
28. 中須賀常雄・小橋川義博：マングローブに関する研究Ⅳ-(2) 沖縄本島・久米島におけるマングローブの分布状況, 琉球大学農学部学術報告, **23**, 313-337 (1976)
  29. 中須賀常雄：マングローブに関する研究Ⅳ-(3) 宮古・八重山群島におけるマングローブの分布状況, 琉球大学農学部学術報告 **23**, 339-364 (1976)
  30. 新納義馬：西表島東部の植生, 昭和49年度浅海における海の生態系に関する報告書 31-47 環境庁 (1975)
  31. 野村 稔・佐藤治雄：西表島の植物, 大阪市立大学八重山群島調査隊, 八重山学術調査報告 177-195 大阪 (1961)
  32. 小倉 謙：「マングローブ」及湿地産植物ノ異常根ノ諸型ニ就イテ, 植物学雑誌 389-403 (1940)
  33. 小倉 謙：マングローブに関する諸問題, 横浜大学論叢 **10**, 自然科学系列1号, 545-580(1958)
  34. 大野照好：Mangrove 林の植物生態学的研究, 鹿児島大学教育学部教育研究所紀要 **6**, 117-124 (1974)
  35. PERVIVAL, M. & WOMERSLEY, L. S. : Floristics and Ecology of the Mangrove vegetation of Papua New Guinea. Bot. Bull. No. **8**, Dept. of For. Divi. of Bot. Lae. Papua New Guinea (1975)
  36. PHILIP, C. M. : Bioclimate, Leaf Temperature and Primary Production in the Mangrove Canopies in South Florida. Ecology **5** (1), 22-45 (1972)
  37. 酒井 昭：わが国に自生する常緑および落葉広葉樹の耐凍性, 日林誌, **54**, 333-339 (1972)
  38. 佐藤一紘：マングローブ林内の堆積特性に関する研究Ⅰ, 慶佐次川のマングローブ林における堆積表層の粒径分布, 琉球大学農学部学術報告, **22**, 737-743 (1975)
  39. 関塚 正・清水 清：八重山群島のマングローブ, 遺伝 **24**, 37-43 (1970)
  40. 島田 勇：琉球列島に於ける紅樹林の植物生態学考察, 琉球大学生物クラブ誌 **1**, 12-25(1957)
  41. 清水 清：塩沼地の植物-マングローブを見てあるき- 遺伝 **24**, 16-21 (1970)
  42. 下野敏見：タネガシマ風物誌, 未来社 東京 (1969)
  43. STEENIS, C. G. J. van : The Distribution of Mangrove Plant Genera and its Significance for Paleogeography. Koninkel. Nederl. Akademie van Wetwenschappem, Ser. C **65**, 164-169 (1962)
  44. 菅 誠・斉藤秀樹・四手井綱英：常緑広葉樹林の物質生産力について, 京大演報, **37**, 55-75 (1965)
  45. 只木良也：森林の生産構造に関する研究(Ⅵ) 立木密度の高いモリシマアカシア林の生産力, 日林誌, **47**, 384-391 (1965)
  46. 高良鉄夫・東 清二：西表島の動植物相(第1部), 琉球大学農学部学術報告 **17**, p 290 (1970)
  47. 田辺和雄：八重山群島の植物の生態, (渡口 宏編 八重山, 早稲田大学考古学研究室報告 第7冊), 70-75 (1960)
  48. 田辺和雄：原色日本植物生態図鑑 I, 保育社 大阪 141pp (1966)
  49. 田中波慈女他：西表国有林調査報告書 62-66及192-197 熊本営林局 熊本 (1936)
  50. 館脇 操：日本森林植生図譜(Ⅱ) 屋久島の森林植生, 北大農演報 **18** (2), 84-89(1957)
  51. 館脇 操：日本森林植生図譜(Ⅲ) 南九州の森林植生, 北大農演報 **18** (2), 151-153(1957)
  52. 浦崎正美：大浦川におけるマングローブ湿地の研究(Ⅰ) マングローブの分布解析 琉球大学生物学科卒業論文 (1975)

53. 渡辺 光：地形学 p 274 - 302 古今書院 東京 (1967)
54. 山田常雄他編：生物学辞典 p 533, p 967 岩波書店 東京 (1972)
55. YAMASHIRO, M. : Ecological Study on *Kandelia candel* (L.) DRUCE with Special Reference to the Structure and Falling of the Seedling. *Hikobia*. 2. 209 - 214 (1961)
56. 吉田守男：八重山群島西表島におけるマングローブ林の林分構造 北海道大学農学部林学科卒業論文 (1974)

### Summary

Mangrove forest distributes on silt and muddy flat in bays, estuaries, and in lagoons in which tidal invariably salt or brackish water are submerged, in tropical and sub-tropical zone in the world. In Japan, however, mangrove forest distributes from Yaeyama islands in sub-tropical zone to southern parts of Kyushu-honto in temperate zone. The northern limit of distribution of *K. candel*, one of mangrove species, is Kagoshima Pref., southern parts of Kyushu-honto in Japan, and this limit is one of the northern limit of distribution of mangroves in the world. Thus, mangrove forest in Japan has very important situation on mangrove forest in the world from macroscopic view point. By this time, however, small results were obtained for mangrove forest in Japan,

The author carried out this study to obtain fundamental data, tree species, distribution of stands, stand structure and biomass on mangrove forest in Japan. Study area was from Kyushu-honto to Iriomotejima, Yaeyama Islands, and investigation carried out during the period 1973 to 1977.

1) Seven species of mangrove were recognized in this study. These mangrove species are as follows;

*K. candel* (L.) DRUCE, *Bruguiera conjugata* (L.) MERR.,  
*Rhizophora mucronata* LAMK., *Avicennia marina* VIERH.,  
*Lumnitzera racemosa* LAMK., *Sonneratia alba* SMITH and  
*Nypa fruticans* WURB.

2) Location of mangrove forest in Japan showed Table 1-5. In Kyushu-honto, there are 3 stands and 4 stands in Tanegashima, 1 stand in Yakushima, 3 stands in Amami-oshima 34 stands in Okinawa-honto, 1 stand in Kumejima, 5 stands in Miyakojima, 2 stands in Irabujima, 30 stands in Ishigakijima, 1 stand in Kohamajima, 24 stands in Iriomotejima, and total distributional stands in Japan are 108 stands.

3) The northern limit of distribution of mangroves is as follows;

*K. candel*: Minato, Nishinooto-shi, Tanegashima  
*B. conjugata*: Ishihara, Sumiyoo-son, Amami-oshima  
*R. mucronata*: Gesashi, Higashi-son, Okinawa-honto  
*L. racemosa*: Kin, Kin-son, Okinawa-honto  
*A. marina*: Shimajiri, Hirara-shi, Miyakojima

*S. alba*: Kohama, Taketomi-cho, Kohamajima

*N. fruticans*: Funaura, Taketomi-cho, Iriomotejima

4) The author divided mangrove distributional area in Japan into two distinct areas on the basis of their dominant species. One is *K. candel* dominant area, and in this area Kyushu-honto, Tanegahsima, Yakushima, Amami-oshima, Kumejima and Okinawa-honto are included. The other is *B. conjugata* dominant area, and Ishigakijima, Kohamajima and Iriomotejima belong in this area.

5) *K. candel* trees are classified into three type by its tree forms, and these tree type showed Fig. 9.

6) Mangrove forest are classified into several forest type by its dominant species of upper layer. These forest types are as follows;

i) *K. candel* dominant area

*K. candel* I., II and III type forest, *K. candel*·*B. conjugata* forest. *K. candel*·(*B. conjugata*) forest, *B. conjugata* · (*K. candel*) forest., *B. conjugata* forest., *R. mucronata* forest

ii) *B. conjugata* dominant area

*B. conjugata* forest, *R. mucronata* forest, *R. mucronata*·(*B. conjugata*) forest, *K. candel* forest, *S. alba* forest, *A. marina* forest

7) Zonation of mangrove forest from seacoast or riverside to inland is as follows;

i) *K. candel* dominant area

*K. candel* I type forest — *K. candel* II type forest — *K. candel* · (*B. conjugate*) forest —  
*R. mucronata* forest — *K. candel* III type forest —  
*K. candel* · *B. conjugata* forest — *B. conjugata* · (*K. candel*) forest

ii) *B. conjugata* dominant area

*A. marina*  
*R. mucronata* forest — *K. candel* forest — *B. conjugata* forest  
*S. alba* *R. mucronata* · *B. conjugata*

8) Stratification of mangrove forest is three layers in usual, but in case of there is young growth layer, it is four layers. Developed mangrove forest, however, is tending to only one layer finally.

9) Four type of frequency distribution of diameter at breast height are recognized in mangrove forest. These are L-shaped, bell-shaped, flat-shaped and J-shaped type. In *K. candel* dominant area, bell-shaped type is most extensive type, but in *B. conjugata* dominant area it is flat-shaped type. Frequency distribution of tree height of mangrove forest are classified into four types. These are same as types of diameter at breast height. In *K. candel* dominant area, bell-shaped and J-shaped type are most average type, but in *B. conjugata* dominant area, bell-shaped type is not recognized.

10) Distributional pattern of trees in mangrove forest is analysed by Morishita's  $I\delta$  method. In *K. candel* forest, regeneration units are small clumps distributed at random, and these units are make larger clumps further. In *K. candel*·*B. conjugata* mixed forest, there are small clumps of two species respectively, that have three layers and there is hardly negative correlation between *K. candel* and *B. conjugata* clumps. In *B. conjugata* forest, individual trees show contagious distribution in the form of large or small clumps. These clumps are composed of upper and middle layers, and under and

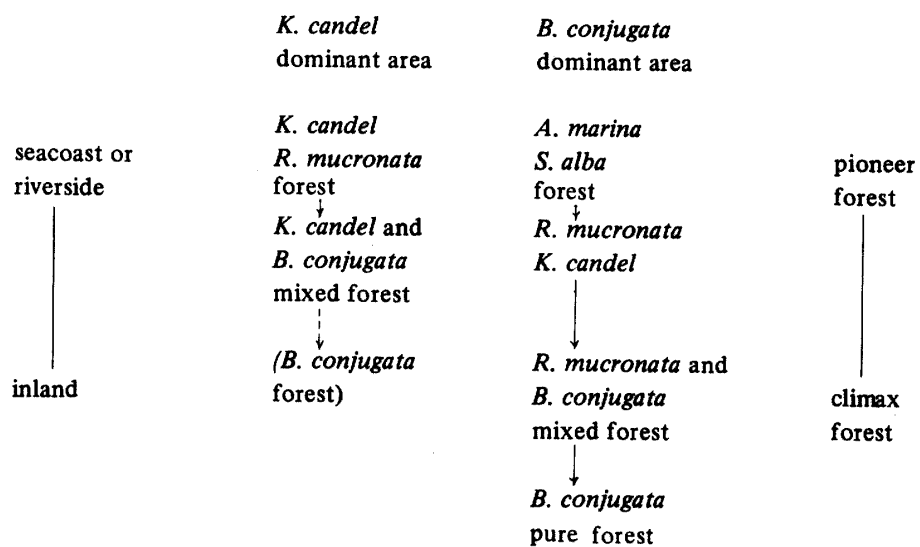
young growth distribute among them. There is negative correlation between *R.mucronata*, that is growing small clumps in this forest, and *B.conjugata*. In *R.mucronata* forest, trees show trend of contagious distribution in the form of large or small clumps. In *R.mucronata*·*B.conjugata* forest, in the case of *B.conjugata* distribute contagiously, there is hardly negative correlation between them. But, *B.conjugata* distribute at random, when two species make mixed group. *S.alba* forest is mixed one composed mainly of *S.alba*, *B.conjugata* and *R.mucronata*. Trees of three layers show contagious distribution in the form of small clumps, and these clumps distribute uniformly. *A.marina* is pioneer species of mangrove and to make pioneer forest in the most seaward fringe. This forest is composed of *A.marina*, *R.mucronata*, *K.candel*, *S.alba*. In this forest, regeneration units are small clumps of adult and young *A.marina* and further regeneration units are large clumps that young growth of *B.conjugata* and *R.mucronata* is growing surrounding these *A.marina* clumps.

11) Biomass was investigated in three mangrove forest types. Dry weight of above-ground part is 116 – 127 t./ha in *B.conjugata* forest, 187 t./ha in *R.mucronata* forest and 74 t./ha in *K.candel* forest. The vertical distribution of leaves are broad-leaved tree type, in other words, leaves distribute contagiously on the upper parts of crown. Dry weight of leaf is 8.2 – 12.0 t./ha in *B.conjugata* forest, 13.1 t./ha in *R.mucronata* forest and 3.5 t./ha in *K.candel* forest, and leaf area index is 6.5 – 8.7 ha/ha, 5.4 ha/ha and 0.64 ha/ha respectively. In *R.mucronata* forest, there is stilt root layer at base, and in this layer, dry weight of stem is smaller than its upper parts, and dry weight of stilt root is 18 t./ha, and this value is same as stem weight of this layer.

12) Forest type of mangrove in Japan is classified into fourteen types described above, these forest types are summarized seven types as follows;

- |   |   |
|---|---|
| i) <i>K. candel</i> type                                | ii) <i>K. candel</i> · <i>B. conjugata</i> mixed type |
| iii) <i>B. conjugata</i> type                           | iv) <i>R. mucronata</i> type                          |
| v) <i>R. mucronata</i> · <i>B. conjugata</i> mixed type |   |
| vi) <i>S. alba</i> type                                 | vii) <i>A. marina</i> type                            |

13) Mangrove forest may be considered edaphic climax forest in its distributional area in Japan. Zonation of mangrove forest is mainly caused of change of edaphic environmental factors, mainly level of ground height. Therefore, this zonation pattern is the succession pattern of mangrove itself. The succession pattern of seven mangrove forests in Japan is shown as follows;



14) Finally, the author obtained the fundamental data in concerning with mangrove forest in Japan that the content became to be the most adequate indicator for conservation and preservation of mangrove forest in Japan.



App. Table 1. Stands structure of mangrove in Tanegashima

K. c : *K. candel*

Quadrat No.	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
Locality	Ootagawa	Ootagawa	Ootagawa	Adakagawa	Oouragawa	Oouragawa
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25	25	25	25	25	25
Species	K. c	K. c	K. c and other sp.	K. c	K. c	K. c
Tree no. upper		22	39	179 (19)		57
young g.	96 (66)	6 (10)	2	42 (3)	25	37
total	96 (66)	28 (10)	41	221 (22)	25	94
Density upper		0.88	1.56	7.16 (0.76)	1.00	2.28
(no./m <sup>2</sup> ) young g.	3.84 (2.64)	0.24 (0.40)	0.08	1.68 (0.12)		1.48
total	3.84 (2.64)	1.12 (0.40)	1.64	8.84 (0.88)	1.00	3.76
Mean upper		1.14	0.64	0.14 (1.32)		0.44
area young g.	0.26 (0.38)	4.17 (2.50)	12.50	0.60 (8.33)	1.00	0.68
(m <sup>2</sup> /no.) total	0.26 (0.38)	0.89 (2.50)	0.61	0.11 (1.14)	1.00	0.27
Mean upper		5.98	4.70	2.00		0.87
height young g.	0.21 (0.15)	0.19		0.21	0.15	0.22
(m)						
Crown area		88.2		13.6		36.5
(m <sup>2</sup> )						
Basal area		1,687	1,881	304		(1,152)
(cm <sup>2</sup> )						

App. Table 2. Stand structure of mangrove forest in Yakushima  
K. c : *K. candel*

Quadrat No.	No. 1	No. 2	No. 3
Locality	Kuriogawa	Kuriogawa	Kuriogawa
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25	25	25
Species	K. c	K. c	K. c
Tree no. upper young g.	28	69	59 (4)
total	28	104	99 (4)
Density upper (no./m <sup>2</sup> )	1.12	2.76	2.36 (0.16)
young g. total	1.12	4.16	3.96 (0.16)
Mean upper area (m <sup>2</sup> /no.)	0.89	0.36	0.42 (6.25)
young g. total	0.89	0.72	0.63 (6.25)
Mean upper height (m)	1.13	3.76	3.85
young g. total		0.08	0.09
Crown area (m <sup>2</sup> )	17.4	43.7	41.2
Basal area (cm <sup>2</sup> )	(537)	826	791

App. Table 3. Stand structure of mangrove forest in Amami-osshima  
K. c : *K. candel* B. c : *B. conjugata*

Quadrat No.	No. 1	No. 2	No. 3
Locality	Yakugachigawa	Yakugachigawa	Yakugachigawa
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25	25	25
Species	K. c B. c	K. c	B. c K. c
Tree no. upper	15	20	48
young g.	27	4	1
total	42	24	48
Density upper	0.60	0.80	1.92
(no./m <sup>2</sup> ) young g.	1.08	0.16	0.04
total	1.68	0.96	1.92
Mean upper	1.67	1.25	0.52
area young g.	0.93	6.25	25.00
(m <sup>2</sup> /no.) total	0.60	1.04	0.52
Mean upper	3.63	1.17	1.90
height young g.	0.23	0.16	0.65
(m)			
Crown area	41.7	19.1	64.1
(m <sup>2</sup> )			1.4
Basal area	548	(940)	325
(cm <sup>2</sup> )			







App. Table 5. 1) Stand structure of mangrove forest in Ishigakijima  
 K. c : *K. candel* B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata*

Quadrat No. Locality	No. 1 Hirakubogawa				No. 2 Karagawa			
	K. c	B. c	R. m	total	K. c	B. c	R. m	total
Quadrat area								
Species								
Tree no. upper		1	10	11		3	1	4
middle	2	2	10	14	1 (1)	23 (12)		24 (13)
under	(2)	44	122 (1)	166 (3)		3 (3)	4	7 (3)
total	2 (2)	47	142 (1)	191 (3)	1 (1)	29 (15)	5	35 (16)
Density (no./m <sup>2</sup> )		0.040	0.400	0.440		0.120	0.040	0.160
upper		0.080	0.400	0.560		0.920 (0.480)		0.960 (0.520)
middle	0.080				0.040 (0.040)			
under	(0.080)	1.760	4.880 (0.040)	6.640 (0.120)		0.120 (0.120)	0.160	0.280 (0.120)
total	0.080 (0.080)	1.880	5.680 (0.040)	7.640 (0.120)	0.040 (0.040)	1.160 (0.600)	0.200	1.400 (0.640)
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)		25.000	2.500	2.273		8.333	25.000	6.250
upper		12.500	2.500	1.786		1.087 (2.083)		1.042 (1.923)
middle	12.500					8.333 (8.333)	6.250	4.167 (12.500)
under	(12.500)	0.568	0.205 (25.000)	0.151 (8.333)		0.862 (1.667)	5.000	0.714 (1.562)
total	12.500 (12.500)	0.532	0.176 (25.000)	0.131 (8.333)				
Basal area (cm <sup>2</sup> )	36.8 (73.4)	95.2	587.7 (7.5)	719.7 (80.9)	4.9	1346.1	143.2	1494.1
Ratio of basal area	0.0147 (0.0294)	0.0380	0.2351 (0.0030)	0.2789 (0.0324)	0.0020	0.5384	0.0573	0.5977
Mean height (m)				5.55				6.22
upper				3.24				2.60
middle								
under								
Crown area (m <sup>2</sup> )	2.5	11.4	41.5	55.4	0.5	58.2	4.3	63.0

App. Table 5. 2) Stand structure of mangrove forest in Ishigakijima  
K. c: *K. candel* B. c: *B. conjugata* R. m: *R. mucronata*

Quadrat No.	No. 3			No. 4			No. 5			No. 6		
	K. c	B. c	R. m	total	B. c	R. m	total	Fukidoogawa	R. m	B. c	R. m	total
Locality	Karagawa											
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25											
Species	Fukidoogawa											
Tree no. upper	6	6	6	10	3	10	10	25	31	3	11	14
middle	6	8	8	14	3	17	17	25	2	1	5	6
under	1	7	124(1)	8(2)	8(2)	8(2)	8(2)	25	2	2	5	6
total	1	7	138(1)	32(2)	3	35(2)	35(2)	25	35	4	16	20
Density upper	0.240	0.240	0.240	0.400	0.120	0.400	0.400	1.240	0.080	0.120	0.440	0.560
middle	0.320	0.320	0.320	0.560	0.120	0.560	0.560	0.080	0.080	0.040	0.200	0.240
under	0.040	0.280	4.96(0.004)	0.320(0.080)	0.320(0.080)	0.320(0.080)	0.320(0.080)	0.080	0.080	0.160	0.640	0.800
total	0.040	0.280	5.52(0.004)	1.280(0.080)	0.120	1.400(0.080)	1.400(0.080)	1.400	1.400	0.160	0.640	0.800
Mean area upper	4.167	4.167	4.167	2.500	8.333	2.500	2.500	0.807	0.807	8.333	2.273	1.788
middle	3.125	3.125	3.125	1.786	8.333	1.471	1.471	12.500	12.500	25.000	5.000	4.167
under	25.000	3.572	0.202(25.000)	3.125(12.500)	0.000	3.125(12.500)	3.125(12.500)	12.500	12.500	6.250	1.563	1.250
total	25.000	3.572	0.181(25.000)	0.781(12.500)	8.333	0.714(12.500)	0.714(12.500)	0.714	0.714	6.250	1.563	1.250
Basal area (cm <sup>2</sup> )	0.8	23.6	1207.2	1231.6	11.8	253.7	265.5	533.2	533.2	507.8	899.9	1347.7
Ratio of basal area	0.0003	0.0094	0.4829	0.4926	0.0047	0.1015	0.1062	0.2133	0.2133	0.2031	0.3360	0.5391
Mean height upper	7.18	7.18	7.18	3.88	3.96	3.88	3.88	3.96	3.96	6.64	6.64	6.64
middle	5.26	5.26	5.26	2.80	2.46	2.80	2.80	2.46	2.46	3.61	3.61	3.61
under	1.42	1.42	1.42	1.42	0.70	1.42	1.42	0.70	0.70	31.2	34.7	65.9
Crown area (m <sup>2</sup> )	0.2	11.8	52.6	64.6	5.5	24.6	30.1	40.4	40.4	31.2	34.7	65.9



App. Table 5. 3) Stand structure of mangrove forest in Ishigakijima  
K. c : *K. candel* B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata*

Quadrat No.	No. 7			No. 8			No. 9			No. 10	
	Fukidoogawa 25			Fukidoogawa 25			Fukidoogawa 25			Fukidoogawa 25	
Locality	B. c	R. m	total	B. c	R. m	total	B. c	R. m	total	B. c	B. c
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	3	7	10	2	11	13	2	9	11	6	
Species	2	3	5	4	3 (1)	7 (1)	4	5	9	2	
Tree no.	3	1	4	9	1	10	5	1 (1)	6 (1)	3 (3)	
	8	11	19	15	15 (1)	30 (1)	11	15 (1)	26 (1)	11 (3)	
Density	0.120	0.280	0.400	0.080	0.440	0.520	0.080	0.360	0.440	0.240	
upper	0.080	0.120	0.200	0.160	0.120 (0.040)	0.280 (0.040)	0.160	0.200	0.360	0.080	
middle	0.120	0.040	0.160	0.360	0.040	0.400	0.200	0.040 (0.040)	0.240 (0.040)	0.120 (0.120)	
under	0.320	0.440	0.760	0.600	0.600 (0.040)	1.200 (0.040)	0.440	0.600 (0.040)	1.040 (0.040)	0.440 (0.120)	
total	8.333	3.571	2.500	12.500	2.273	1.923	12.500	2.778	2.273	4.167	
Mean	12.500	8.333	5.000	6.250	8.333 (25.000)	3.572 (25.000)	6.250	5.000	2.778	12.500	
area	8.333	25.000	6.250	2.778	25.000	2.500	5.000	25.000 (25.000)	4.167 (25.000)	8.333 (8.333)	
(m <sup>2</sup> / no.)	3.125	2.273	1.316	1.667	1.667 (25.000)	0.833 (25.000)	2.273	1.667 (25.000)	0.962 (25.000)	2.273 (8.333)	
Basal area (cm <sup>2</sup> )	340.0	725.1	1065.1	221.9	789.6 (37.4)	1011.5 (37.4)	232.1	748.0 (18.1)	980.1 (25.000)	777.1	
Ratio of basal area	0.1360	0.2900	0.4260	0.0888	0.3158 (0.0150)	0.4046 (0.0150)	0.0928	0.2992 (0.0072)	0.3920 (0.0072)	0.3108	
Mean height (m)			7.12			6.90			6.72	6.30	
			5.47			4.80			5.06	2.48	
			3.42			2.83			2.99	0.31	
Crown area (m <sup>2</sup> )	42.5	31.8	74.3	35.9	25.3	61.2	35.0	16.8	51.8	66.2	

App. Table 5. 4) Stand structure of mangrove forest in Ishigakijima  
K. c: *K.candel* B. c: *B. conjugata* R. m: *R. mucronata*

Quadrat No.	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14			
Locality	Fukidoogawa	Fukidoogawa	Fukidoogawa	Naguragawa			
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25	25	25	25			
Species	B. c	B. c	B. c	A. m	B. c	R. m	total
Tree no. upper	7	4	3				
middle	3	5	1	2	5	6	13
under	(2)	50 (10)	27 (4)	6	7	65 (2)	78 (2)
total	10 (2)	59 (10)	31 (4)	8	12	71 (2)	91 (2)
Density upper	0.280	0.160	0.120				
middle	0.120	0.200	0.040	0.080	0.200	0.240	0.520
under	(0.080)	2.000 (0.400)	1.080 (0.160)	0.240	0.280	2.600 (0.080)	3.120 (0.080)
total	0.400 (0.080)	2.360 (0.400)	1.240 (0.160)	0.320	0.480	2.840 (0.080)	3.640 (0.080)
Mean area upper	3.571	6.250	8.333	12.500	5.000	4.167	1.923
middle	8.333	5.000	25.000	4.167	3.571	0.385 (12.500)	0.321 (12.500)
under	(12.500)	0.500 (2.500)	0.926 (6.250)	3.125	2.083	0.352 (12.500)	0.275 (12.500)
total	2.500 (12.500)	0.424 (2.500)	0.807 (6.250)	3.8	4.2	8.1	16.1
Basal area (cm <sup>2</sup> )	650.8	522.5	606.7	0.0015	0.0017	0.0033	0.0064
Ratio of basal area	0.2603	0.2090	0.2427				
Mean height upper	6.36	6.55	5.48				1.37
middle	3.97	3.31	4.28				
under							
Crown area (m <sup>2</sup> )	71.6	48.7	37.4	26.1	6.2	7.7	40.0

App. Table 6. 1) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candel* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No	No. 1 Nakamagawa		No. 2 Nakamagawa		No. 3 Nakamagawa		No. 4 Nakamagawa		No. 5 Nakamagawa		No. 6 Nakamagawa	
	S. a	R. m	S. a	total	B. c	total	B. c	total	B. c	total	B. c	total
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	100		100		25		25		25		25	
Species												
Tree no. upper	15		34 (4)	34 (4)	18		18		12		18 (1)	
middle		1		1	6 (1)		4 (1)		8		6 (3)	
under					(14)		(11)		(6)		(3)	
total	15	1	34 (4)	35 (4)	24 (15)		22 (12)		20 (6)		24 (7)	
Density upper	0.150		0.340 (0.040)	0.340 (0.040)	0.720		0.720		0.480		0.720 (0.040)	
middle		0.010		0.010	0.240 (0.040)		0.160 (0.040)		0.320		0.240 (0.120)	
under					(0.560)		(0.040)		(0.240)		(0.120)	
total	0.150	0.010	0.340 (0.040)	0.350 (0.040)	0.960 (0.600)		0.880 (0.480)		0.800 (0.240)		0.960 (0.280)	
Mean upper	6.667		2.941 (25.000)	2.941 (25.000)	1.389		1.389		2.083		1.389 (25.000)	
area middle		100.000		100.000	4.167 (25.000)		6.250 (25.000)		3.125		4.167 (8.333)	
under					(1.786)		(2.273)		(4.167)		(8.333)	
total	6.667	100.000	2.941 (25.000)	2.857 (25.000)	1.042 (1.667)		1.136 (2.083)		1.250 (4.167)		1.042 (3.572)	
Basal area (cm <sup>2</sup> )	1343.1	2.8	2052.8	2055.6	913.2 (42.3)		1095.9 (27.4)		464.8 (5.3)		738.5 (29.4)	
Ratio of basal area	0.0134	0.0003	0.0205	0.0206	0.3653 (0.0169)		0.4384 (0.0110)		0.1859 (0.0021)		0.2954 (0.0118)	
Mean upper	5.46		4.09		6.19		6.82		6.14		6.24	
height middle					4.40		4.36		2.83		3.47	
under												
Crown area (m <sup>2</sup> )	175.7	1.0	157.2	158.2	56.0		80.0		46.8		68.0	

App. Table 6. 2) Stand structure of the mangrove forest Iriomotejima

B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candell* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No	No 7	No 8	No 9	No 10	No 11	
Locality	Nakamagawa	Nakamagawa	Nakamagawa	Nakamagawa	Airagawa	
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25	25	25	25	100	
Species	B. c	B. c	B. c	B. c	R. m	S. a
Tree no. upper	11	9	15	7		14
middle	9	1	6 (1)	2 (1)		5
under	1 (7)	(3)	1 (1)	1 (14)	4	1
total	21 (7)	10 (3)	22 (2)	10 (15)	5	20
Density (no./m <sup>2</sup> )	0.440	0.360	0.600	0.280		0.140
upper	0.360	0.040	0.240 (0.040)	0.080 (0.040)	0.040	0.050
middle	0.040 (0.280)	(0.120)	0.040 (0.040)	0.040 (0.560)	0.010	0.010
under	0.840 (0.280)	0.400 (0.120)	0.440 (0.080)	0.400 (0.600)	0.020	0.200
total						
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)	2.273	2.778	1.667	3.571		7.143
upper	2.778	25.000	4.167 (25.000)	12.500 (25.000)	25.000	20.000
middle	25.000 (3.572)	(8.333)	25.000 (25.000)	25.000 (1.786)	100.000	100.000
under	1.191 (3.572)	25.000 (8.333)	1.136 (12.500)	2.500 (1.667)	100.000	100.000
total					20.000	5.000
Basal area (cm <sup>2</sup> )	3920.3 (16.1)	535.2 (6.2)	923.3 (4.2)	556.0 (3.1)	1.5	738.0
Ratio of basal area	1.5681 (0.0064)	0.2141 (0.0025)	0.3693 (0.0017)	0.2224 (0.0012)	0.0001	0.0738
Mean height (m)	6.72	6.48	6.49	6.22		4.80
upper	4.82	4.25	3.66	2.88		3.25
middle						0.82
under						
Crown area (m <sup>2</sup> )	92.0	42.2	64.5	38.6	1.2	85.6
total					3.4	90.2

App. Table 6. 3) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candel* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No Locality	No 12 Airagawa 25					No 13 Airagawa 25					
	K. c	B. c	A. m	R. m	S. a	total	B. c	A. m	R. m	S. a	total
Tree no.											
upper					2	2				1	1
middle		1		10		11	2	15 (1)	3		20 (1)
under	1		3	3		7		11	1		12
total	1	1	3	13	2	20	2	26 (1)	4	1	33 (1)
Density (no./m <sup>2</sup> )											
upper				0.400	0.080	0.080				0.040	0.040
middle		0.040		0.120		0.440	0.080	0.600 (0.040)	0.120		0.800 (0.040)
under	0.040		0.120	0.120		0.280		0.440	0.040		0.480
total	0.040	0.040	0.120	0.520	0.080	0.800	0.080	1.040 (0.040)	0.160	0.040	1.320 (0.040)
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)											
upper				2.500	12.500	12.500				25.000	25.000
middle		25.000		8.333	2.273	2.273	12.500	1.667 (25.000)	8.333		1.250 (25.000)
under	25.000		8.333	8.333	3.571	3.571		2.273	25.000		2.083
total	25.000	25.000	8.333	1.923	12.500	1.250	12.500	0.962 (25.000)	6.250	25.000	0.758 (25.000)
Basal area (cm <sup>2</sup> )											
upper				27.0	96.9	123.9	9.2	34.1 (2.0)	11.4	58.1	112.8 (2.0)
middle				0.0108	0.0388	0.0496	0.0037	0.0136 (0.0008)	0.0046	0.0232	0.0451 (0.0008)
under											
total											
Ratio of basal area											
upper					2.88						3.20
middle					1.72						1.66
under					0.67						0.65
Crown area (m <sup>2</sup> )	0.1		3.1	7.6	18.1	28.9	1.6	27.9	2.0	4.7	35.2

App. Table 6. 4) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima

B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candel* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No	No. 14				No. 15					
	Airagawa				Airagawa					
Locality	25				25					
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	B. c	A. m	R. m	S. a	total	B. c	R. m	A. m	S. a	total
Tree no.										
upper				3	3				1	1
middle	3		9		12	4	9		1	14
under	7	9	1		17	4	2	4		10
total	10	9	10	3	32	8	11	4	2	25
Density (no./m <sup>2</sup> )										
upper				0.120	0.120				0.040	0.040
middle	0.120		0.360		0.480	0.160	0.360		0.040	0.560
under	0.280	0.360	0.040		0.680	0.160	0.080	0.160		0.400
total	0.400	0.360	0.400	0.120	1.280	0.320	0.440	0.160	0.080	1.000
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)										
upper				8.333	8.333				25.000	25.000
middle	8.333		2.778		2.083	6.250	2.778		25.000	1.786
under	3.571	2.778	25.000		1.471	6.250	12.500	6.250		2.500
total	2.500	2.778	2.500	8.333	0.781	3.125	2.273	6.250	12.500	1.000
Basal area (cm <sup>2</sup> )	2.1		18.6	212.2	232.9	2.2	24.0		9.7	35.9
Ratio of basal area	0.0008		0.0075	0.0849	0.0932	0.0009	0.0096		0.0039	0.0144
Mean height (m)										
upper				3.55	3.55					(2.90)
middle				1.71	1.71					1.85
under				0.57	0.57					0.64
Crown area (m <sup>2</sup> )	1.2	0.7	5.8	13.6	21.3	1.8	7.2	2.2	3.9	15.1

App. Table 6. 5) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima

B. c: *B. conjugata* R. m: *R. mucronata* K. c: *K. candel* A. m: *A. marina*  
 S. a: *S. alba*

Quadrat No. Locality	No 16 Shiiragawa			No 17 Nishidagawa			No 18 Nishidagawa			
	R. m	B. c	total	R. m	B. c	total	R. m	B. c	total	
Quadrat area (m <sup>2</sup> )										
Species	K. c	R. m	B. c	total	R. m	B. c	total	R. m	B. c	total
Tree no.										
upper		2	20	22	1	15(1)	16(1)	1	7	8
middle		(1)	21(3)	21(4)		6	6		7	7
under	(3)		5(11)	5(14)	1	15(1)	16(1)		15(3)	15(3)
total	(3)	2(1)	46(14)	48(18)	2	36(2)	38(2)	1	29(3)	30(3)
Density (no./m <sup>2</sup> )										
upper		0.080	0.800	0.880	0.040	0.600(0.040)	0.640(0.040)	0.040	0.280	0.320
middle		(0.040)	0.840(0.120)	0.840(0.160)		0.240	0.240		0.280	0.280
under	(0.120)		0.200(0.440)	0.200(0.560)	0.040	0.600(0.040)	0.640(0.040)		0.600(0.120)	0.600(0.120)
total	(0.120)	0.080(0.040)	1.840(0.560)	1.920(0.720)	0.080	1.440(0.080)	1.520(0.080)	0.040	1.160(0.120)	1.200(0.120)
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)										
upper		12.500	1.250	1.136	25.000	1.667(25.000)	1.563(25.000)	25.000	3.571	3.125
middle		(25.000)	1.191(8.333)	1.190(6.125)		4.167	4.167		3.571	3.571
under	(8.333)		5.000(2.273)	5.000(1.786)	25.000	1.667(25.000)	1.563(25.000)		1.667(8.333)	1.667(8.333)
total	(8.333)	12.500(25.000)	0.544(1.786)	0.521(1.389)	12.500	0.694(12.500)	0.658(12.500)	25.000	0.862(8.333)	0.833(8.333)
Basal area (cm <sup>2</sup> )	(7.1)	57.1(4.2)	746.3(8.1)	803.4(19.4)	31.3	466.1	497.4	22.1	321.2	343.3
Ratio of basal area	(0.0028)	0.0228(0.0017)	0.2985(0.0032)	0.3214(0.0078)	0.0125	0.1864	0.1989	0.0088	0.1285	0.1373
Mean height (m)										
upper			4.73	4.73			3.77			3.78
middle			2.93	2.93			2.21			2.08
under			1.46	1.46			0.98			1.09
Crown area (m <sup>2</sup> )		2.1	89.6	91.7	4.2	59.3	63.5	0.6	54.8	55.4

App. Table 6. 6) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c: *B. conjugata* R. m: *R. mucronata* K. c: *K. candel* A. m: *A. marina*  
 S. a: *S. alba*

Quadret No	No 19			No 20			No 21			
	Maaregawa			Yashigawa			Nakaragawa			
Locality	25			25			25			
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25			25			25			
Species	K.c	B.c	total	K.c	B.c	A.m	R.m	B.c	R.m	total
Tree no. upper	1	30	31		2	7	14	1	29	30 (1)
middle				2	30	7	36	8	11	19 (3)
under	3	17 (1)	20 (1)		6	118	6	2	12	14 (1)
total	4	47 (1)	51 (1)	2	38	132	56	11	52	63 (5)
Density (no./m <sup>2</sup> )	0.040	1.200	1.240	0.080	1.200	0.280	0.560	0.040	1.160	1.200 (0.040)
upper										
middle										
under	0.120	0.680 (0.040)	0.800 (0.040)	0.080	1.200	0.280	1.440	0.320	0.440	0.760 (0.120)
total	0.160	1.880 (0.040)	2.040 (0.040)	0.080	1.520	5.280	2.240	0.440	2.080	2.520 (0.200)
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)	25.000	0.833	0.807	12.500	0.833	3.572	1.786	25.000	0.862	0.833 (25.000)
upper										
middle										
under	8.333	1.471 (25.000)	1.250 (25.000)	12.500	0.833	3.572	0.695	3.125	2.273	1.316 (8.333)
total	6.250	0.532 (25.000)	0.490 (25.000)	12.500	0.658	0.189	0.447	12.500	2.083	1.786 (25.000)
Basal area (cm <sup>2</sup> )	1.1	369.6	370.7	25.3	39.7	102.0	167.0	138.2	1098.4	1236.6 (57.7)
Ratio of basal area	0.0004	0.1479	0.1483	0.0101	0.0159	0.0408	0.0668	0.0553	0.4394	0.4947 (0.0231)
Mean height (m)										
upper			2.68							5.73
middle			1.57							3.94
under			0.75							1.20
Crown area (m <sup>2</sup> )	1.9	59.6	61.5	14.4	24.5	24.3	63.2	12.9	36.6	49.5





App. Table 6. 8) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candel* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No	No. 26			No. 27			No. 28		
	Kuiragawa			Kuiragawa			Kuiragawa		
Locality	25			25			25		
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	R. m			R. m			B. c		
Species	K. c	B. c	total	B. c	R. m	total	B. c	R. m	total
Tree no. upper			9			9			14
middle									5
under	1	11	89 (4)	4	1	101 (4)	15	4 (3)	19 (3)
total	1	11	98 (4)	28	10 (3)	110 (4)	28	10 (3)	38 (3)
Density upper			0.360			0.360			0.560
middle									0.200
under	0.040	0.440	3.560 (0.160)	0.160	0.040	4.040 (0.160)	0.600	0.160 (0.120)	0.760 (0.120)
total	0.040	0.440	3.920 (0.160)	1.120	0.400 (0.120)	4.400 (0.160)	1.120	0.400 (0.120)	1.520 (0.120)
Mean upper			2.778			2.778			1.786
area middle									5.000
under	25.000	2.273	0.281 (6.250)	6.250	25.000	0.248 (6.250)	1.667	6.250 (8.333)	1.316 (8.333)
total	25.000	2.273	0.255 (6.250)	0.893	2.500 (8.333)	0.227 (6.250)	0.893	2.500 (8.333)	0.658 (8.333)
Basal area (cmf)		3.6	591.2	483.6	518.5	1002.1			673.4
Ratio of basal area		0.0014	0.2365	0.1934	0.2074	0.4008			0.2694
Mean upper			5.04			6.01			5.80
height middle						4.63			3.98
(m) under						1.46			1.33
Crown area (m <sup>2</sup> )	0.2	1.4	39.7	52.6	17.3	69.9			57.5

App. Table 6. 9) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c: *B. conjugata* R. m: *R. mucronata* K. c: *K. candel* A. m: *A. marina*  
 S. a: *S. alba*

Quadrat No Locality	No 29 Kuiragawa			No 30 Kuiragawa			No 31 Kuiragawa				
	K. c	B. c	R. m	total	K. c	B. c	total	K. c	B. c	R. m	total
Tree no.											
upper	13	1	2	16	18	4	22	12	2	6	20
middle	6		2	8	10		10	43	12	15	70
under	19	1	4	24	28	4	32	55	14	21	90
total											
Density (no./m <sup>2</sup> )	0.520	0.040	0.080	0.640	0.720	0.160	0.880	0.480	0.080	0.240	0.800
upper	0.240	0.080	0.080	0.320	0.400	0.160	0.400	1.720	0.480	0.600	2.800
middle	0.760	0.040	0.160	0.960	1.120	0.160	1.280	2.200	0.560	0.840	3.600
under											
total											
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)	1.923	25.000	12.500	1.563	1.389	6.250	1.136	2.083	12.500	4.167	1.250
upper	4.167		12.500	3.125	2.500		2.500	0.581	2.083	1.667	0.357
middle	1.316	25.000	6.250	1.042	0.893	6.250	0.781	0.455	1.786	1.191	0.278
under											
total											
Basal area (cm <sup>2</sup> )	0.5		1.5	2.0	28.5	6.2	34.7	54.9	9.3	15.9	80.1
Ratio of basal area	0.0002		0.0006	0.0008	0.0114	0.0025	0.0139	0.0220	0.0037	0.0064	0.0320
Mean height (m)				0.98	1.18		1.18				0.58
upper				0.42	0.39		0.39				
middle											
under											
Crown area (m <sup>2</sup> )	9.7		0.7	10.4	22.6	1.7	24.3	25.0	2.3	3.7	31.0

App. Table 6. 10) Stand structure of the mangrove forest in Iriomotejima  
 B. c : *B. conjugata* R. m : *R. mucronata* K. c : *K. candel* A. m : *A. marina*  
 S. a : *S. alba*

Quadrat No	No 32			
Locality	Kuiragawa			
Quadrat area (m <sup>2</sup> )	25			
Species	K. c	B. c	R. m	total
Tree no.	25 (1)			25 (1)
upper				
middle	2 (5)		5	7 (5)
under	8 (5)	7	15 (1)	30 (6)
total	35 (11)	7	20 (1)	62 (12)
Density (no./m <sup>2</sup> )	1.000 (0.040)			1.000 (0.040)
upper				
middle	0.080 (0.200)		0.200	0.280 (0.200)
under	0.320 (0.200)	0.280	0.600 (0.040)	1.200 (0.240)
total	1.400 (0.440)	0.280	0.800 (0.040)	2.480 (0.480)
Mean area (m <sup>2</sup> /no.)	1.000 (25.000)			1.000 (25.000)
upper				
middle	12.500 (5.000)		5.000	3.572 (5.000)
under	3.125 (5.000)	3.572	1.667 (25.000)	0.833 (4.167)
total	0.714 (2.273)	3.572	1.250 (25.000)	0.403 (2.083)
Basal area (cmf)	316.0 (41.2)		11.1	327.1 (41.2)
Ratio of basal area	0.1264 (0.0165)		0.0045	0.1308 (0.0165)
Mean height (m)				
upper				3.46
middle				2.37
under				0.80
Crown area (m <sup>2</sup> )	29.3		3.6	32.9