

## E-3. 熱帯林の環境形成作用の解明に関する研究

### E-3 (1) 植物群落の微気象改変作用に関する研究

研究代表者 国立環境研究所 古川昭雄

環境庁 国立環境研究所

生物圏環境部 上席研究官

古川昭雄

地球環境研究グループ 森林減少・砂漠化研究チーム

可知直毅・藤間 剛

(委託先)

愛媛大学

荻野和彦

マレーシア森林研究所

H. T. Chan Kheong Son Yap

Nor Azman Hussein

マレーシア農科大学

Muhammad Awang

平成2～4年度合計予算額 21,484千円

〔要旨〕熱帯林生態系の生物種を調査し、生息密度や樹種構成、植物の生理機能等を調査、測定して熱帯林生態系の有する特有な現象を把握するには、そこでの環境特性を的確に把握する必要がある。一方、熱帯林を構成する林冠木は、森林内の微環境を生み出す最大の要因であると同時に、個体周辺の環境に反応して成長速度を変化させる。計測機器によって測定される物理的な環境要因のなかで何がどのように生物個体の成長に反映するか知ることは、生物種自身が自己の生存に好適な環境を作り出しているとする適応論的な仮説の検証のためにも不可欠である。そこで、熱帯林内外の微気象要因の測定を行うと共に、熱帯林構成樹種の成長過程のモニタリングとして、デンドロメータをもちいた直径成長の継続測定、林床部および林冠部のシュートの伸長成長、葉の展開・脱落過程に関する調査を行った。

本研究では、林冠部の葉群動態についても研究を行なった。葉量と能率はトレードオフの関係にあるために、どの程度の能率の葉をどの程度の期間つけているかは、その種の生存戦略と密接に関わっているとされている。熱帯においても葉の展開と落葉については調査されてきているが、主として双眼鏡による地上からの観察をもとにしたものである。そのような地上からの観察では、一年のうちどの時期に葉が展開するか、落葉するかは把握できても、一枚の葉がどれだけ生存しているかを明らかにすることはできない。そこで、バナーに建設されたCanopy Walkwayを利用して、個葉レベルで葉の消長を追跡した。

〔キーワード〕環境形成、Canopy Walkway、直径生長、樹冠部、フェノロジー

#### 1. 序

熱帯林の急激な減少が地球環境に多大な影響を与えているとの考えがある。すなわち、熱帯林の年間降水量は温帯林の4倍以上にもなり、その約半分が蒸発散によって大気中に放出

されている。さらに、熱帯林の伐採や焼払いによって熱帯林がCO<sub>2</sub>のシンクではなくソースになっているとの見解もある。

一方、熱帯林生態系の生物種を調査し、生息密度や樹種構成、植物の生理機能等を調査、測定して熱帯林生態系の有する特有な現象を把握するには、そこでの環境特性を的確に把握する必要がある。熱帯林を構成する林冠木は、森林内の微環境を生み出す最大の要因であると同時に、個体周辺的环境に反応して成長速度を変化させる。物理的な環境要因のなかで何がどのように生物個体の成長に反映するかを知ることは、生物種自身が自己の生存に好適な環境を作り出しているとする適応論的な仮説の検証のためにも不可欠である。

そこで、本研究では熱帯林内外の微気象要因の測定、熱帯林構成樹種の成長過程のモニタリングを行ない、熱帯林及びそれを取巻く周辺地域の気候に対する影響と周囲環境の熱帯林生態系への影響を明らかにすることを目指している。

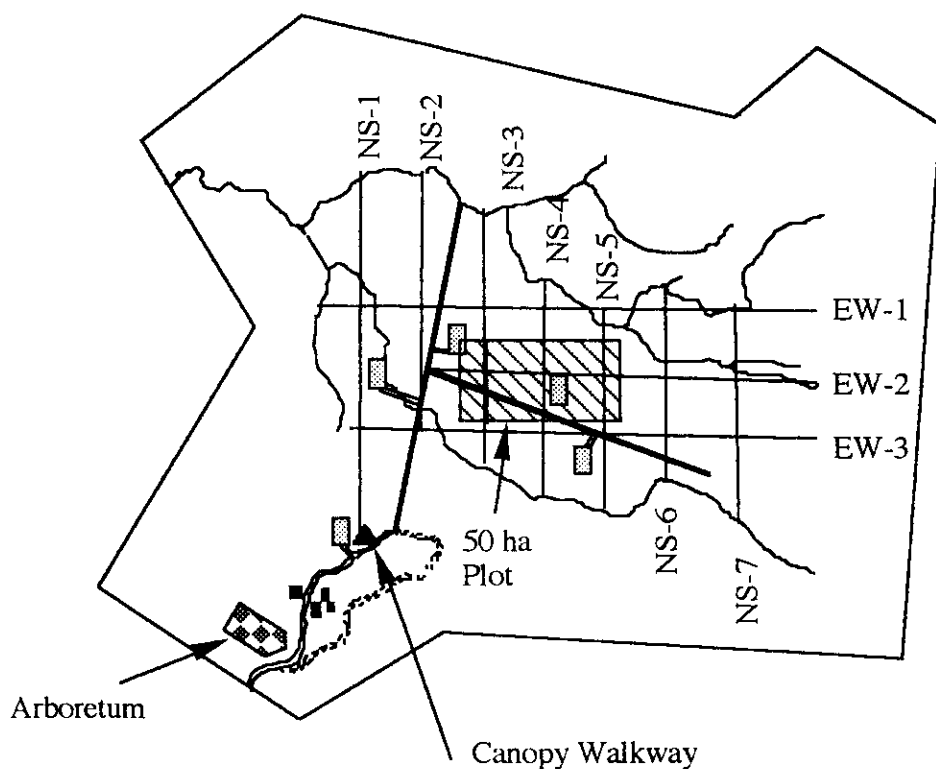


図1. パソ保護林の概略図.

## 2. 調査方法

### (1) 調査地

本研究は、マレーシア森林研究所が有するパソ森林保護区 (Pasoh Forest Reserve) を調査対象地として行なっている (図1)。パソ森林保護区は、半島マレーシアの南西部ネグリ・センビラン (Negri Sembilan) 州のシンパン・ベルタン村 (Smpang Pertang) から6 km入った、面積2450 haの森林保護区である。保護区の大部分は低地フタバガキ林であるが、北東部は約600 mの標高があり、丘陵フタバガキ林になっている。保護区の約800 haほどは

1954年に択伐された後の再生林であるが、中心部の約600 haは人間活動の影響がきわめて少ない熱帯低地林である。現在、保護区は南北と西の3方向をアブラヤシのプランテーションによって囲まれている。そのためか、最近ギャップの形成頻度が高まってきたようである。

## (2) 観測塔

熱帯林の気象観測と樹冠部の動植物の動態の研究の目的のため1992年4月にパソー森林保護区内(図1参照)にアルミ合金製のTree Tower-Canopy Walkway Systemを建設した。熱帯林内外の微気象要因の計測やガスフラックスの測定には観測塔が必要不可欠である。また、熱帯樹の樹高は高く、林冠部における生物の挙動、樹木の生理活性等を測定することは、これまでほとんどなされてこなかった。最近、世界の熱帯林の各地で様々な手法を用いた熱帯林の林冠部の調査が開始されている。バロコロラドアイランドにおいては米国スミソニアン研究所によってクレーンを用いた林冠部の観測が行われ始めている。また、フランスによってネットシステムによる林冠部の調査がアフリカで行われている。種の多様性が最も高いと言われているアジアの熱帯林において、林冠部でどのような生物がどのような行動をしているのかを知ることは、世界の他の熱帯林における調査との比較や新知見の収集といった観点から、緊急に行うべきものと考え、観測塔の建設を計画した。

観測塔を建設するにあたり(ア)安全性が高いこと、(イ)微気象測定用測器が設置できること、(ウ)他の課題でも使用できるように樹冠の上を面的に観察できること、の3点を最重要に考えた。その結果、1本のタワーでは気象観測の他には利用価値が少ないので、複数本のタワーを建設してその間を橋で連結する方法を考えた。これは、上述の(ウ)の目的のために必要不可欠である。このような考えに立ち、タワーを3本建て、その間を橋で連結するのが最良であるとの結論に達した。観測塔は30mのタワーが2本と気象観測用の40mのタワー1本から構成されており、タワーとタワーの間は橋で連結されている。各タワーの間に架けられた橋の長さは20mで、真上から見れば正三角形になっている。

## (3) 熱帯林内外の環境要因の日、季節変化

低地林が保全されているパソーのマレーシア森林研究所試験林で1991年8月8日から、ギャップサイズを異にする4地点とオープンエリアで光量子密度の日変化を測定した。光量子密度の測定には小糸工業製のカンタムセンサーを用い、出力をコーナースステムの1チャンネル、データロガーに集録した。さらに、観測塔の上部で温度、飽差、光量子密度の日変化を乾季と雨季に測定した。なお、この時に使用したカンタムセンサーはLI-COR社製のものを用いた。

## (4) 直径成長の季節性

気象観測塔に隣接するマレーシア森林研究所の永久方形区(2ha)内で毎木調査データをもとに、個体数の多い樹種をえらんでデンドロメータを装着した。デンドロメータは38樹種197個体に装着した。装着時には、その個体の樹冠が林冠上部にとどいているか、林冠内にあるか、林冠下部にあるのかを記録した。デンドロメータの装着は1991年8月におこない、1991年11月より2週間間隔で継続測定を行った。

## (3) 葉群動態の調査方法

葉群動態の調査は、各個体から数本の枝を選び、最下位葉にマークをつけ頂端までの長さを測定し、葉数および葉痕を定期的に調べることで行なった。林床稚樹については、1991年

8月よりマレーシア森林研究所構内の先駆性樹種の *Macaranga* 属の稚樹 (*M. gigantea*, 1個体; *M. hypoleuca*, 7個体; *M. recurvata*, 1個体) および、パソ保護林内の樹高0.5~3mの *Shorea* 属の稚樹 (*S. obaris*, 7個体; *S. accuminata*, 1個体; *S. pauciflora*, 5個体) を対象に、葉群動態の測定を行なった。林冠部の葉群動態については、Canopy Walkwayに隣接する4樹種 *Ptychopyxis caput-medusae* (Euphorbiaceae), *Xanthophyllum amoenum* (Polygalaceae), *Dipterocarpus sublamellatus* (Dipterocarpaceae); *Neobalanocarpus heimii* (Dipterocarpaceae)各4個体を対象として調査を1992年8月から開始した。

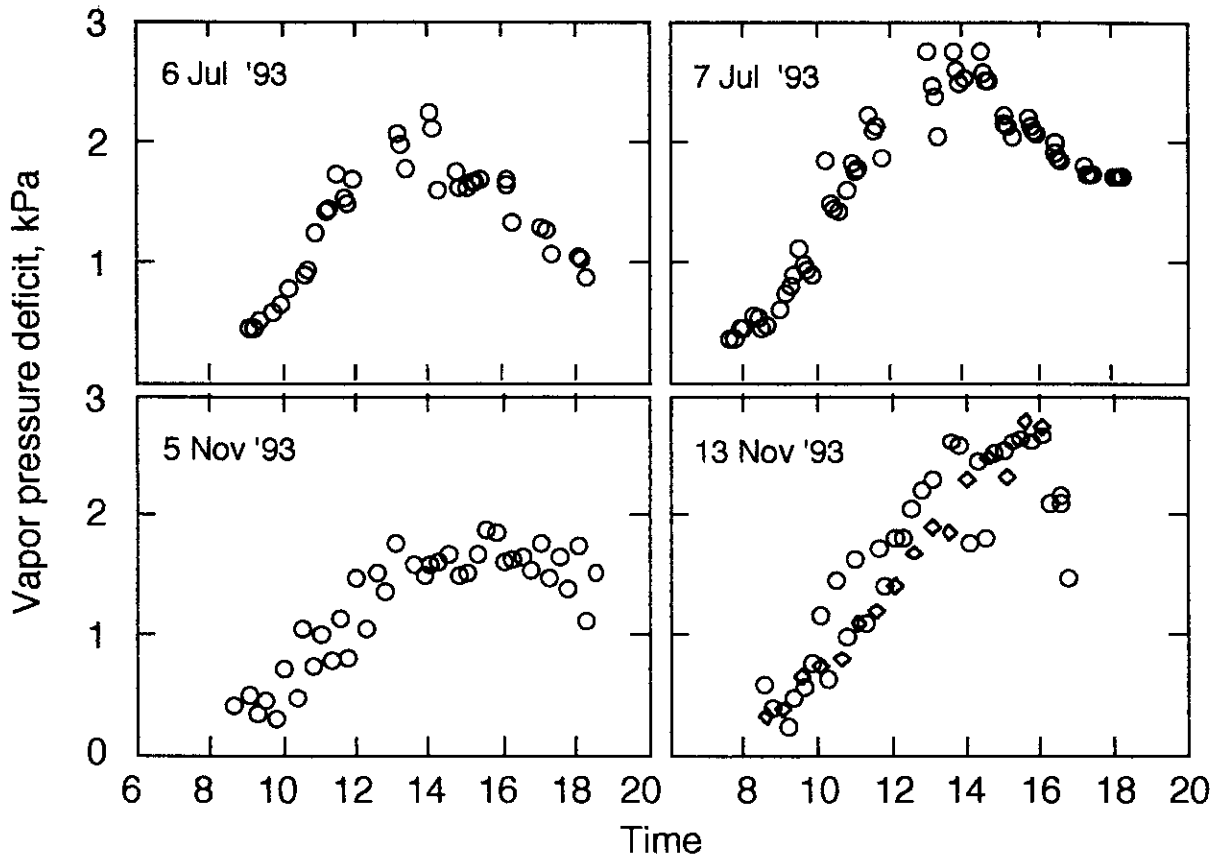


図2. 乾季(7月)と雨季(11月)の水蒸気飽差の日変化. Canopy Walkwayの渡り廊下で測定した。

### 3. 結果および考察

#### (1) 熱帯林内外の微気象要因の日、季節変化

乾季と雨季の水蒸気飽差を図2に示した。図からも明らかなように、季節による飽差の違いよりも日による飽差の違いが大きかった。湿潤な熱帯林においても、日中の飽差の増大は著しく、林冠部の植物葉は高さによる水ポテンシャルの低下と大きな飽差によって水ストレスの影響を受けているものと思われる。すなわち、湿潤な熱帯林においても植物にとっては水分が成長の限定要因の一つになっていると考えられる。

気温の日変化について乾季と雨季に測定した一例を図3に示した。水蒸気飽差と同様に、季節変化よりも日による最高温度の差の方が大きかった。図に示した測定例は、いずれも晴れた日に測定したものである。雨季には、ほとんど毎日降雨があり、朝方は霧がかかって乾季よりも涼しく感じられたが、それでも朝方の気温も乾季と雨季で違いが見られなかった。

熱帯に分布する森林は物質生産量が温帯林と比較して高いと言われている。温帯林と熱帯林との生産量の差を決めている微気象要因として、光、温度、湿度、降雨量が考えられる。光は植物の成長に第一義的に作用する環境要因であり、熱帯地域は赤道に近いこともあり、温帯地域と比較して光強度が高いものと考えられる。そこで、熱帯林内外の光環境を調べた。

オープンエリアでの光量子密度の変化から、最大光量子密度は $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ を超えることもある(図4)が、15時頃には降雨のために光量子密度が著しく低下し、低下が最も顕著であった日には、14時以降は光量子密度が $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下にまでなった。

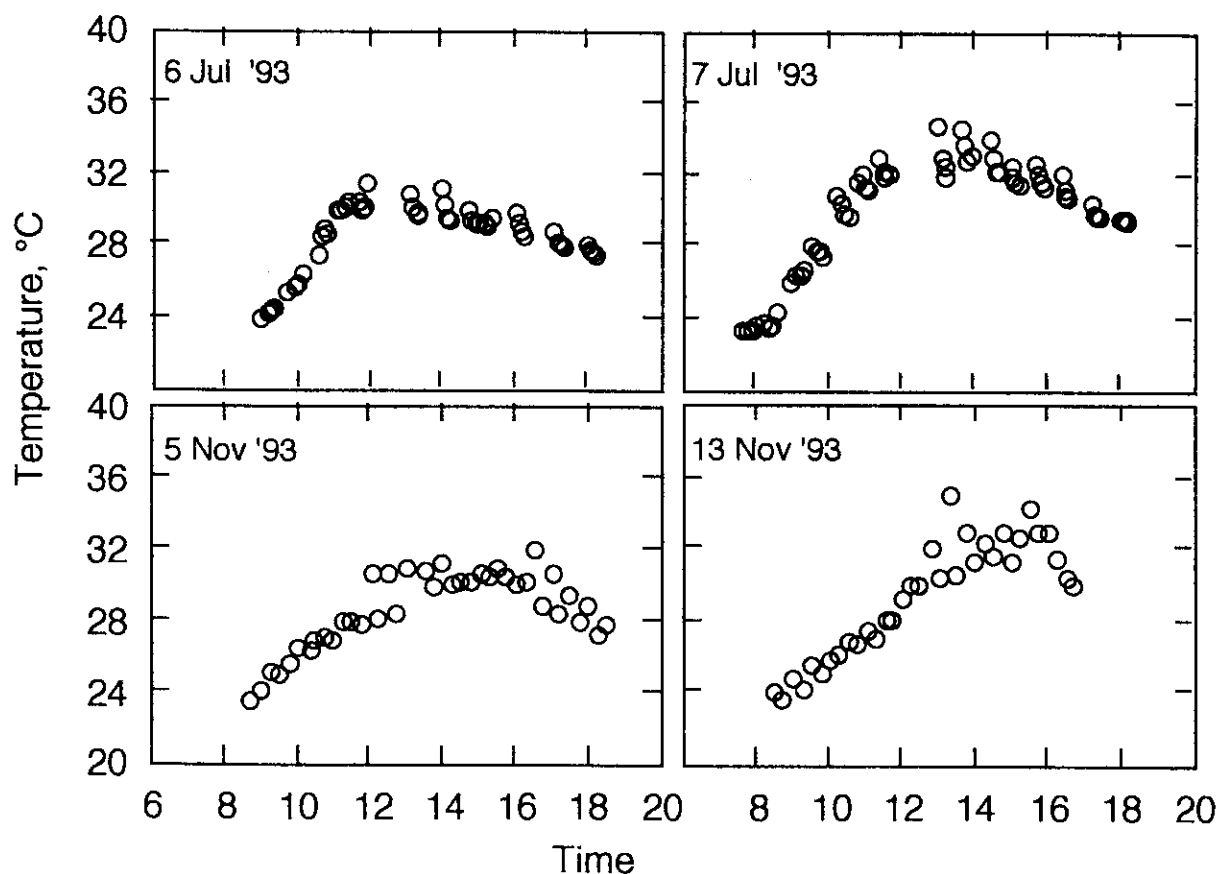


図3. 乾季(7月)と雨季(11月)の気温の日変化。Cnaopy Walkwayの渡り廊下で測定した。

## (2) 直径成長の季節性

直径成長量が大きい樹種の直径成長経過、および期間成長速度の変化を比較したところ、同種内では直径成長が同調している傾向が認められ、直径成長速度が大きい個体でより顕著

であった。また、期間成長速度の変化を比較したところ、異なる樹種間でも期間成長速度の変化が同調していた。このような直径成長速度の変化は降水量の変化に影響されており、降水量の少ない時期に成長速度が低下するものと考えられた。

直径成長量が小さい個体について、直径成長が起こる時期を比較したところ、多くの個体が集中して直径成長をしている時期と直径成長の認められない時期が認められた。成長量が小さい個体が成長するのは、降水量が多い時期に一致していた。図4にフタバガキ科のショレア属3種の直径生長量の経時変化を示した。図からも明らかなように、成長のよい個体の成長速度の変化、成長の悪い個体の成長する時期はともに降水量の多寡を反映しており、直径成長は季節的な変化をしめすものといえた。しかし、温帯の冬、モンスーン熱帯の乾季のように、すべての個体の直径成長が完全に停止する時期は認められなかった。

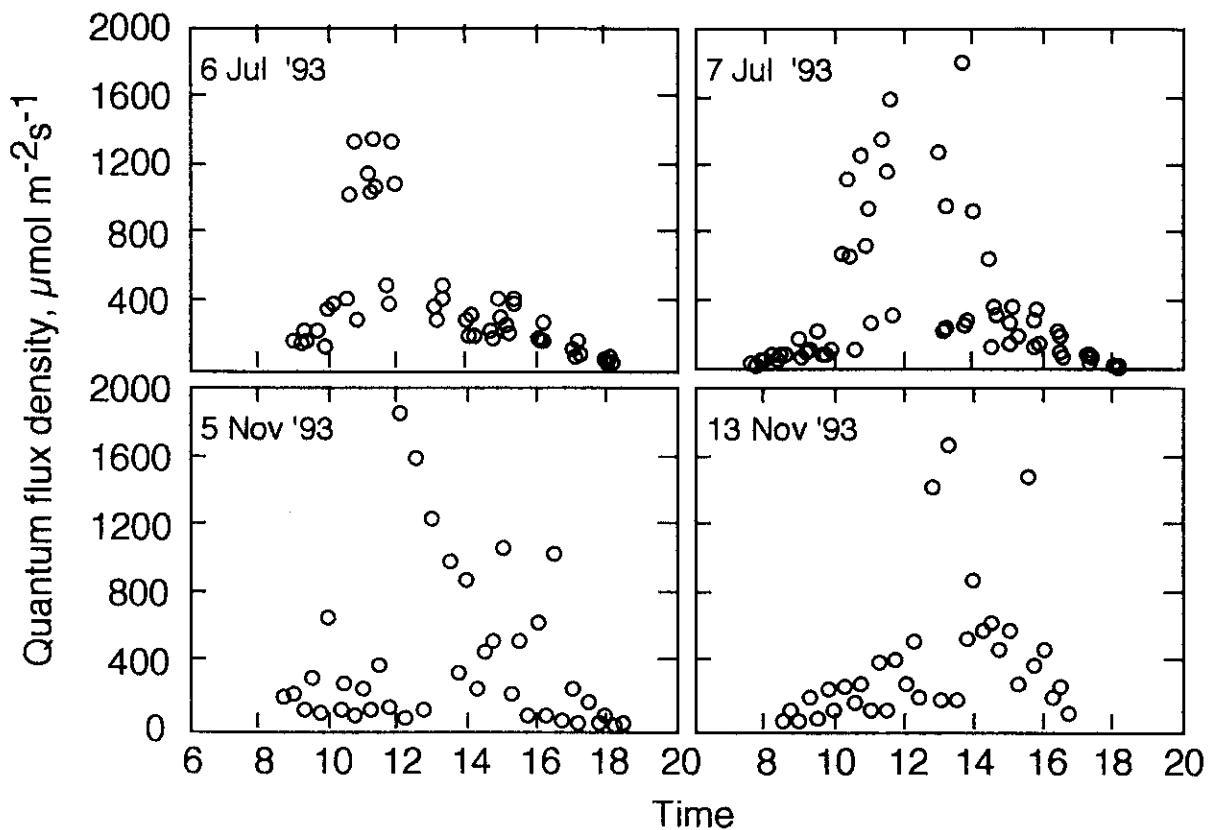


図3. 乾季（7月）と雨季（11月）の光量子密度の日変化. Cnaopy Walkwayの渡り廊下で測定した。

## (2) 熱帯樹の葉群動態

葉量と能率はトレードオフの関係にあるために、どの程度の能率の葉をどの程度の期間つけているかは、その種の生存戦略と密接に関わっているとされている。熱帯においても葉の展開と落葉については調査されてきているが、主として双眼鏡による地上からの観察をもと

にしたものである。そのような地上からの観察では、一年のうちどの時期に葉が展開するか、落葉するかは把握できても、一枚の葉がどれだけ生存しているかを明らかにすることはできない。そこで、バナーに建設されたCanopy Walkwayを利用して、個葉レベルで葉の消長を追跡した。

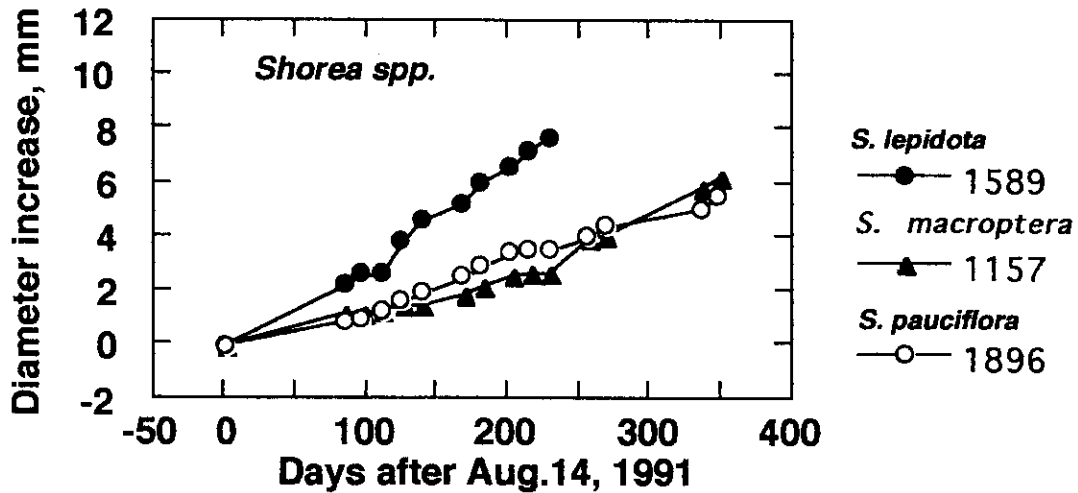


図4. フタバガキ科ショレア属3種の直径成長の変化。

*Macaranga*属では各測定個体で、年間を通じてシュートの伸長成長、葉の展開および脱落が起こっていた。測定期間中に展開した葉で着葉期間が特定できる葉の平均寿命は、*M. gigantia*では260日、*M. hypoleuca*では245日、*M. recurvata*では250日であった。温帯林で生育期間（春～秋）を通じてシュートの伸長および葉の展開・落葉を行なうことが、先駆性樹種の適応的特徴であると言われている。*Macaranga*も東南アジア熱帯の代表的な先駆性樹種であるが、温帯林の先駆性樹種と同様の成長様式を取っていることが分った。

*Shorea*属の測定個体で、シュートの伸長および葉の展開が認められたのは個体上部の枝に限られていた。また葉の脱落は展開直後に脱落したものをのぞけばほとんどおこらず、測定開始以前に展開していた葉の大半が現在も着葉している。展開直後に一部の葉が脱落する理由は不明であるが、その時期を通過した葉はその後数年にわたって着葉しつづけるものといえる。このように同一の葉が長い期間着葉していることは、利用できる光の少ない林床の環境に適した性質であり、測定した*Shorea*属の3樹種は耐陰性を有するものと考えられる。

### (3) 林冠部の葉群動態

*P. caput-medusae*では測定枝の頂端から2次的な分枝が認められた。この分枝は1992年8月から9月にかけて起こっていた。分枝後のシュートの伸長および葉の展開は短期間で終了し、その後はシュートの伸長、葉の展開はほぼ停止していた。*X. amoenum*では測定枝の途中からの2次的な分枝が見られた。この分枝は1992年9月から11月の間に起こっていた。分枝後のシュートの伸長および葉の展開が短期間で終了する点は、*P. caput-medusae*と同様である

が分枝もとの枝の葉が、2次的な分枝の終了時に脱落している点が異なっていた。*N. heimii*の各測定枝は1992年7月に新葉と旧葉が入れ替わった直後に測定を開始したもので、その後1993年3月に至るまでの間にシュートの伸長、新葉の展開はほとんど認められなかった。*D. sublamellatus*の測定枝のうち4本は、Canopy Walkway建設のため末端部を切断された直径約10cmの枝に新たに形成されたものである。これらの枝は以前からあった他の測定枝の伸長量が7ヶ月間で数cmのオーダーであるのに対して、数十cmのオーダーで伸長していた。また、シュートの伸長にともなう葉の展開も継続的に起こっている点が、他の枝と異なっていた。このように枝の末端を切断することにより特殊な成長が引き起こされることは、同樹種の成長が周囲の環境のみではなく、それ自身のもつ内生的要因によって支配されていることを示唆するものである。

#### 4. 国際協同研究等の状況

この研究は、マレーシア森林研究所 (FRIM) とマレーシア農科大学 (UPM) との共同研究の一環として進められている。本研究は、FRIMが有するパソー保護林において、各研究機関との共同で研究を進めている。

#### 5. 研究発表

なし