

# タイ国での早生樹林の生産力測定例

加 茂 皓 一

## はじめに

成田を飛び立った飛行機がインドシナ半島に入り、東北タイ上空にさしかかると眼下には二次林や疎林あるいは赤茶けた大地が広がり、乾季には所々で煙が上がっている。かつて森林国といわれた面影はそこにはほとんどない。1961年にタイ全土の53%を覆っていたと推定される森林は1988年には19%まで減少したとされている。1973年から1985年までの12年間に消失した森林面積は過去81年間の全造林面積の実に7倍にも達する。このような森林の著しい減少はチークの輸出で知られたこの国を木材の輸入国に転落させてしまった。現在、森林の再生がこの国の社会経済政策の中で最重要課題の一つであり、王室林野局は積極的にこの問題に取り組んでいる。国際協力事業団によるタイ造林研究訓練プロジェクトはタイ国の森林造成を支援するため、実際の森林の造成を通してその技術開発と造林訓練をおこなうことを目的に1981年から東北タイのサケラートで始まった。そして1986年からは日本の無償供与でバンコクに建設された中央造林研究訓練センターを拠点にして造林に関わる基礎的分野での研究協力が開始された。筆者は1987年3月から1989年8月まで本プロジェクト造林長期専門家としてタイ王室林野局に派遣され、中央造林研究訓練センターでカウンターパートとともに有用樹種の育苗技術、植栽方法、人工造林樹種の成長特性、早生樹林の保育、更新試験およびアグロフォレストリーに関する調査、研究をおこなった。現在熱帯地域では森林の再生をはかるため、伐採跡地や草地に早生樹が広く植栽されているが、その生産力についてはフィリピンでの調査事例<sup>2)~4), 10)</sup>はあるが、まだ十分明かにされていない。ここでは長年無立木地であった所に植栽された早生樹林の生産力がどれぐらいあるかを王室林野局のラチャブリ試験地で調べた結果について報告する。また現在まで知られていないそれらの樹種の季節的成長についてもふれる。

この研究は筆者のカウンターパートである Bopit KIATVUTTINON 氏, Chingchai VIRIYABUNCHE 氏とともに行ったものである。本調査、研究を実施するに当たりラチャブリ試験地主任である土壌研究室長 Bunyarit PURIYAKORN 氏には種々の御支援、御便益をいただいた。また本プロジェクトに対し、Bunchoob BUNTAWEE 氏、

---

KAMO, Koichi : Productivity of Fast-growing Species in Thailand  
農林水産省森林総合研究所関西支所

Vichien SUMANTAKUL 氏および Pin KUERKOOL 氏をはじめとするセンターの多数の方々には御支援、御協力を賜った。筆者のタイ国在任中、加藤亮介氏（チーフアドバイザー）、斉藤実氏（現国際協力事業団）、吉岡二郎氏、田淵隆一氏（現森林総合研究所）、川端省三氏、三島征一氏（現林野庁）をはじめとする日本側プロジェクトメンバーの方々および国際協力事業団の担当者の方々には公私にわたりお世話になった。これらの方々に対して心から感謝の意を表す。

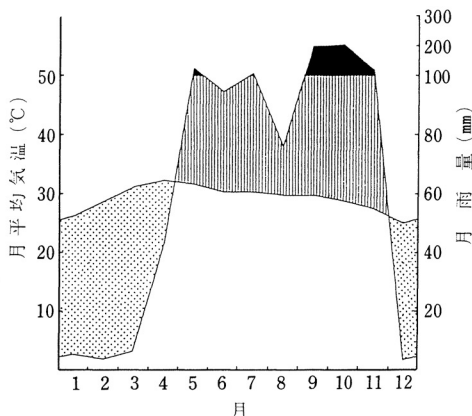


図-1 ラチャブリの気候図<sup>13)</sup>  
(1978年から1987年の平均値)

### 試験地の概要

ラチャブリ試験地はバンコクの南西 110 キロ、メナム平原の南西端近くに位置し、典型的な熱帯モンスーンの気候下にある。1978年から1987年までの年平均気温は 29.3°C で、平均年雨量は 982 mm である。11月から4月までは乾季、5月から10月までは雨季であるが、7月から8月の降水量は比較的少ない(図-1)<sup>13)</sup>。土壌はラテライト性土壌である。この地域は陶器の生産で知られ、タイで庶民生活の必需品になっている水瓶の一大産地である。地域一帯はかつて *Dipterocarpus tuberculatus*, *Shorea obtusa*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Dalbergia* spp. 等からなる乾性フタバガキ林に覆われていたとみられるが、これらの森林は、長年にわたる陶器生産のための燃材の対象となり、ほとんど伐り尽くされてしまった。ラチャブリ試験地はそのような荒廃した地域で主に早生樹種による森林の造成試験をおこなうことを目的に王室林野局によって1981年に設置された。その面積は約 100 ha である。現在、この試験地では王室林野局による森林造成に関する試験の他に、タイ国カセサート大学や外国の機関との共同研究による森林の造成試験や樹種成長比較試験および密度試験等のプロジェクトが実施されている。それらのプロジェクト名と外国側参加国を参考までに以下に掲げる。

「熱帯荒廃地の植生管理、農業、造林の活用に関する研究：カセサート大学・大阪市立大学（日本）」、「燃材生産のためのオーストラリア産広葉樹の植栽試験：王室林野局・ACIAR, オーストラリア」, 「多目的樹種の植栽試験：王室林野局・F/FRED（アメリカ）」, 「タケ研究：カセサート大学・IDRC（カナダ）」

これらに私たちの王室林野局と国際協力事業団の共同研究である造林樹種の成長特性に関する研究と早生樹林の更新・保育試験を加えれば、外国が参加している共同研究

プロジェクトは6件になる。タイ国でラチャブリ試験地以外にこのような諸外国の研究プロジェクトが一堂に会している所を筆者は知らない。ラチャブリ試験地はタイ国においてあたかも国際林業研究プロジェクトの一大展示場の様相を呈しているといえよう。

## 調査結果と考察

### (生産力)

熱帯地域に広く植栽されている早生樹種といわれる先駆樹種は驚異的な成長をすると思われているが、現在まで早生樹人工林の成長量測定例はそれほど多くない。とりわけ純生産量の測定例は少ない。ラチャブリ試験地に *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia auriculiformis* および *Azadirachta indica* のまとまった林があったので、各々の林分に方形区を設定して、毎木調査および伐倒調査を行うとともにリタートラップを設置し、月2回落葉量を測定し、現存量、純生産量を推定した。ここでは1年間の成長量測定結果を述べる。なお *E. camaldulensis*, *A. auriculiformis* はオーストラリア原産の常緑広葉樹でモンスーン熱帯で早生樹として広く植栽されている。タイでは *E. camaldulensis* の造林地が多い。*A. indica* はインドからインドシナ半島に分布する常緑広葉樹である。ただしラチャブリに人工植栽された *A. indica* は乾季の中葉、2~3週間葉が極端に少なくなる。

3林分の林分概況と現存量を表-1に示した。*E. camaldulensis* 林, *A. auriculiformis* 林および *A. indica* 林の調査開始当初の林齢は各々3.3年, 6.3年, 4.3年

表-1 林分概況と現存量

項目	樹種		
	<i>E. camaldulensis</i>	<i>A. auriculiformis</i>	<i>A. indica</i>
平均樹高 (m)	9.9	8.5	6.0
平均胸高直径 (cm)	5.8	5.8	5.6
立木本数 (no./ha)	3625	5275	4725
胸高断面積合計 (m <sup>2</sup> /ha)	10.3	15.2	13.2
林齢	3.3	6.3	4.3
現存量 (ton/ha)			
葉	2.5	2.9	2.4
枝	3.3	6.8	4.1
種子	0.036	0.057	—
幹	29.6	42.0	23.3
合計	35.5	51.8	29.8
幹材積 (m <sup>3</sup> /ha)	59.4	84.0	55.4
幹材積増加量 (m <sup>3</sup> /ha·yr)	16.3	9.5	19.9

であった。平均樹高は *E. camaldulensis* 林が約 10 m でもっとも大きかったが、平均胸高直径は 5.6~5.8 cm でおおきな違いはなかった。

#### (現存量)

まず光合成の担い手である葉の現存量をみると、3 樹種の林分葉量は樹種間の違いは少なく、2.4~2.9 ton/ha であった。これらの値はフィリピン、ミンダナオ島の *Leucaena leucocephala* 林の 2.0~3.6 ton/ha<sup>3)</sup>、*Albizia falcataria* 林、*Gmelina arborea* 林の 1.4~1.7 ton/ha<sup>4)</sup>、ルソン島の *G. arborea* 林、*Anthocephalus chinensis* 林、*A. auriculiformis* 林の 0.7~4.6 ton/ha<sup>2)</sup> と同じ範囲にあった。これを熱帯の天然林と比較すると、マレーシアの熱帯多雨林の林分葉量が 8.6 ton/ha<sup>12)</sup>、タイ南部の熱帯常緑季節林の林分葉量が 7.8 ton/ha<sup>8)</sup> であるからこれらの値は、熱帯のよく発達した天然林よりかなり少なく、林冠が閉鎖していないタイ北部のサバンナ林(乾性フタバガキ林) (2.1 ton/ha)<sup>8)</sup> をわずかに上回る程度しかない。これは温帯でもっとも林分葉量の少ない落葉広葉樹林の林分葉量 (3.1±1.5 ton/ha)<sup>11)</sup> に相当し、種々のタイプの森林の中ではもっとも少ない林分葉量といえる。ところで3林分の落葉の季節変化をみると、ミンダナオの *A. falcataria* 林、*G. arborea* 林<sup>4)</sup> および *L. leucocephala* 林<sup>10)</sup> と異なり、落葉に明瞭な季節変化が認められた。3 樹種とも一年中落葉しているが、*E. camaldulensis* 林は乾季に入った直後の11月に、また *A. auriculiformis* 林と *A. indica* 林は乾季前半の1月に各々落葉のピークがあった。これはミンダナオの調査地では乾季でも多少の降雨がある<sup>3),4)</sup> のに対し、ラチャブリでは乾季にはほとんど降雨がないため(図-1)、乾季の厳しさの違いが影響していると思われる。現存量は11月に測定したので、*E. camaldulensis* の林分葉量は他の樹種に較べて少し過小に見積られているかもしれない。ある時間断面をとればこのように3樹種の林分葉量は少ないが、落葉量は4~7 ton/ha あったので、それらの葉の回転率は高い。葉の平均的な寿命を一年間の落葉量と葉の現存量から調べたところ、*E. camaldulensis*、*A. auriculiformis*、*A. indica* の葉の平均寿命は5~7か月となった。これは温帯の常緑広葉樹の1/2から1/4の値である。同様の事実はミンダナオの *A. falcataria*、*G. arborea*<sup>4)</sup> および *L. leucocephala*<sup>10)</sup> でも認められ、葉の回転率が高いのは熱帯地域に成立している早生樹といわれる樹種の特徴ではないかと考えられる。

3林分の幹材積は55~84 m<sup>3</sup>/ha で、これを林齢で除した年平均材積成長量は13~20 m<sup>3</sup>/ha・yr となった。現在まで測定された早生樹林の年平均幹材積成長量の中で大きなものはミンダナオの *A. falcataria* 林(3~9年生)の32~67 m<sup>3</sup>/ha・yr<sup>4)</sup>、*L. leucocephala* 林(3~4年生)の35~41 m<sup>3</sup>/ha・yr<sup>3)</sup> あるいはブラジルの *G. arborea* 林の30~40 m<sup>3</sup>/ha・yr<sup>1)</sup> 等であり、ラチャブリの3樹種はこれらより成長は落ちる。幹材積と林齢との関係をフィリピンでの測定結果とともに示したのが図-2である。ほぼ同じ林齢どうしを比較すると、ラチャブリの早生樹林の幹材積はフィリピンのパンタバンガンの草生地に植栽された *A. auriculiformis* 林を少し上回る程度で、ミンダナオ島東部で測定された *A. falcataria* 林の半分以下であった。以上

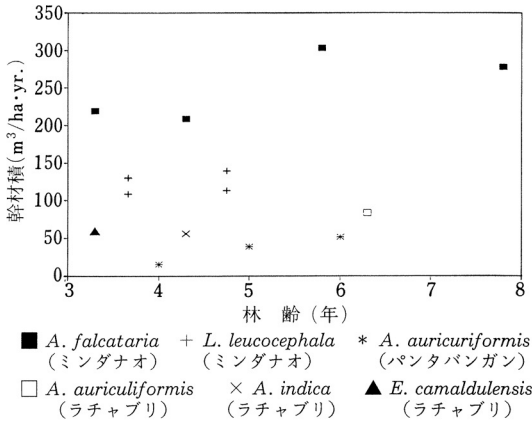


図-2 早生樹種林の幹材積と林齢との関係

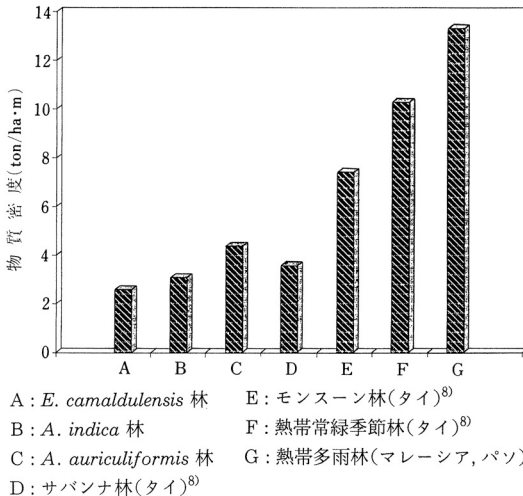


図-3 熱帯の森林の物質密度

物質密度は単位面積当たりの現存量を林分の最大樹高で除して得られる森林の占有空間当たりの平均現存量密度で、空間内の植物体の詰まり具合をあらわす。3林分の物質密度を熱帯の種々の天然林と比較した。図-3にラチャプリの3早生樹林と4つのタイプの天然林の物質密度を示した。物質密度は今までの測定から十分閉鎖した森林では森林のタイプが異なっても10~13 ton/ha・mの値<sup>8)</sup>をとるとされている。ここでは熱帯常緑季節林と熱帯降雨林がこの範囲にはいる。早生樹3林分とサバンナ林(乾性フタバガキ林)の物質密度は3~4 ton/ha・mで通常の閉鎖した林分よりかなり低かった。早生樹3林分はほぼ閉鎖しているが、サバンナ林は疎開している。

のデータからラチャプリに植栽されている早生樹林の成長は今まで測定された熱帯の早生樹の中では下位に位置することがわかる。ラチャプリでは先に述べたように早生樹の植栽当初、無立木地で林木の生育条件は不良であったと思われる。このような立地条件が3樹種の成長に影響していると考えられる。早生樹はこれまでの調査結果からみて、一般に立地の選択性が強く、早生樹の驚異的な成長は立地条件が満たされてはじめて実現されるのであろう。ただしこれらの早生樹の幹材積成長量は成熟した天然林に較べたらかなり大きいとみられる。資料数は少ないがラチャプリ地方に分布していた天然林と同じタイプの森林の連年成長量は4.9 m<sup>3</sup>/ha・yr<sup>9)</sup>であったからラチャプリの早生樹林の連年成長量(表-1)はその1.9~4.0倍あることになる。

(物質密度)

このことはこれらの人工林は熱帯モンスーン地帯の疎開した天然林と同じ程度の物質の詰まり方しかしていないことを示し、すこぶる“疎な”林であるといえよう。早生樹3林分の中では *E. camaldulensis* 林の物質密度がもっとも低かった。これは *E. camaldulensis* が枝の張らないロウソクを立てた様な樹形をしていることと関係がありそうである。葉量が少ないこととこのような樹形のため、*E. camaldulensis* 林の林床は陽光が入りやすく農作物等の間作に適している。そのため *E. camaldulensis* は東北タイを中心にアグロフォレストリーによく使われている。

(地上部純生産量)

1年間の地上部純生産量を3林分で推定した。林分葉量はほぼ一定に達し、増加しなかったと仮定して、林分成長量に枯死脱落量を加え、純生産量を求めた(表-2)。その結果、純生産量は *E. camaldulensis* 林で 15 ton/ha・yr, *A. auriculiformis* 林で 16 ton/ha・yr, *A. indica* 林で 17.5 ton/ha・yr となり、その差は小さいが、*A. indica* 林がもっとも大きな値を示した。現在まで測定された温帯から熱帯の色々な森林の平均純生産量を図-4 に示した。ラチャブリの3樹種の純生産量はミンダナオの *A. falcataria* 林, *G. arborea* 林<sup>4)</sup>と同程度であるが、ミンダナオの *L. leucocephala* 林<sup>10)</sup>よりは小さかった。熱帯の天然林と較べるとこれらの林分の純生産量は乾季のほとんどない湿潤熱帯の多雨林 (10~22 ton/ha・yr)<sup>7)</sup>の中程度の値であるが、乾季のはっきりしたモンスーン熱帯の季節林 (6~16 ton/ha・yr)<sup>7)</sup>の上位にあるかそれよりやや大きかった。ただしこれらの熱帯の季節林は年雨量が 500~2,000 mm の範囲に入る林分で、ラチャブリ地方よりは降水量が多い所に成立している林分も含まれているので、ラチャブリの3樹種林の純生産量はラチャブリと同じ気象条件にある天然林と比較すれば多くなるのではないかと推測される。なお3林分の純生産量は温帯の大多数の森林よりは大きい、常緑広葉樹林の平均値よりは少なかった。以上の結果からラチャブリの3林分の純生産量は、ミンダナオの早生樹林<sup>4)</sup>と同程度かあるいは少ないが、同じ熱帯モンスーン地帯に成立している天然林よりは大きいとみられる。この結果とこれまで測定された早生樹広葉樹林の純生産量に関する限りでは、熱帯の早生樹人工林の純生産量が同じ熱帯の天然林や温帯の森林に

表-2 地上部純生産量 (ton/ha・yr)

項 目	樹 種		
	<i>E. camaldulensis</i>	<i>A. auriculiformis</i>	<i>A. indica</i>
成 長 量			
幹	8.0	4.7	8.7
枝	0.9	0.8	1.5
葉	0.0	0.0	0.0
枯 死 脱 落 量	6.1	10.5	7.3
純 生 産 量	15.0	16.0	17.5

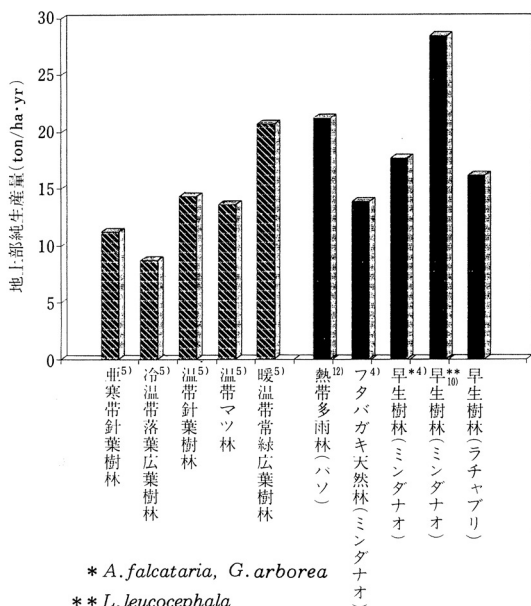


図-4 森林の地上部純生産量 (平均値)

ほとんどない。樹木の季節的成長パターンを正確に把握することは、樹種の成長機構を明かにするためにもまた森林の成長量調査や間伐、枝打ち、施肥等の保育作業の適期を知るためにも基礎的な研究項目である。そこでラチャブリの3樹種の立木の幹部にデンドロメータを装着して、月2回成長量を測定した。この調査は現在も継続中であるが、ここでは1.5年間の測定結果を述べる。図-5には3樹種の直径成長の季節変化と月雨量を示した。3樹種の直径成長の季節変化は、図-5から認められるように降水量の季節変化と関係があった。乾季の中期から終期(3, 4月)に止まっていた成長は5月の雨季の始まりとともに増え始め、雨季の間増加した。ただし7~8月には成長が減少する傾向がみられた。特にこの傾向は *E. camaldulensis* で明かであった。これは6~8月の降水量がやや減少し、とりわけ7月の降水量が熱帯の多くの植物で成長に水不足の影響が現れ始めるといわれる月雨量 100 mm<sup>6)</sup> に近づいたことと関係がありそうである。次に乾季の始まりとともに3樹種の成長がどう変化したかをみると、1988年の乾季の始まりとみなされる11月の降水量は10月に比べて著しく減少し、熱帯で多くの植物の成長が停止すると考えられている月 50 mm<sup>6)</sup> を割ったが、3樹種の生長は持続し、生長が著しく減少したのは12月中旬以降で、降水量の減少と成長量の減少との間には時間的ずれが認められた。生長がほぼ完全に休止するのは2月に入ってからで、生長の休止は5月初旬まで続き、5月の降水とともに生長が始まった。ここで注視すべきことは、1989年1月に月 50 mm に満たない降雨

較べて破天荒に大きいとはいえないようである。ただし早生樹の成長には先に述べたように土地的条件が一般に強く影響し、また年成長量は勾配の大きな成長曲線を描くとみられるので、立地条件に恵まれた林分の成長最盛期のデータをとればかなり大きな純生産量が期待できるかもしれない。

#### (成長の季節変化)

タイの主要部分が含まれる熱帯モンスーン地帯に生育している樹木は雨季、乾季という明瞭な季節変化となんらかの関係を持ちながら成長していると思われるが、定量的に樹木の成長の季節変化を調べたデータは

があったが、これに対し3樹種とも敏感に反応し、直ちに生長量を少しではあるが増やしたことである。このことは3樹種が乾季に強い水分ストレス下に置かれていることを示している。以上からごく大雑把に直径生長が全体の生長を反映していると仮定するとラチャブリの3早生樹種は2月から5月初旬までの約3か月間生長を休止するといえよう。したがってこの地域ではこれらの樹種の1年の成長の区切りを3~4月とし、この時期を目度に成長に関わる各種の調査、保育作業を実施するのが適当であると考えられる。なお雨季と乾季の明瞭な東北タイ南部で同じようにマツ類(*Pinus kesiya*, *P. caribaea*, *P. merkusii*)の成長の季節変化を調べたが、年によっては乾季にほとんど成長が停止しないことと成長量が増え始める時期が雨季に入って少し時間がたってからであったことから、同じ熱帯モンスーン地域に成立している樹種でも成長の季節のパターンは多少異なると考えられる。成長パターンは立地条件によっても影響される筈で、今後多くの場所で造林の対象となる種々の樹木についてこのような調査を実施することが望まれる。また上の結果からラチャブリの早生樹種の年成長量は年雨量の多少によって影響されると推測される。ラチャブリの1978年から1987年までの年雨量は615 mmから1,386 mmの範囲を変動し、その季節的配分にも違い<sup>13)</sup>が認められた。モンスーン熱帯では一般にこのように雨量の年変動が大きいとみられるので、生産力は立地等以外にも年によっても変動する可能性が強い。現在も調査が続けられているので、今後このことが明らかにされるであろう。

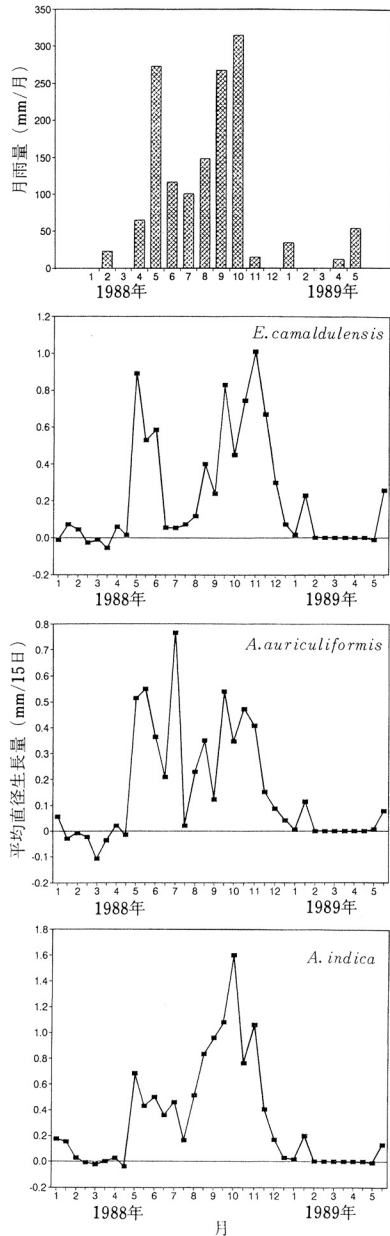


図-5 直径生長の季節変化と月雨量



## おわりに

限られた1年間の調査結果ではあるが、3樹種林の純生産量はミンダナオで測定された早生樹林と大体同じかもしくは少なかったが、熱帯の同じ様なモンスーン地域に成立している天然林よりは大きいとみられる。これらの早生樹林は驚異的な生長はしていなかったが、試験地が長年無立木地であったという土地的条件の悪さと、11月から4月までの間は水分ストレスの影響を受けやすい状態にあり、その内約3か月間は成長を休止することを考えれば、造林樹種として物質生産能力は高いといえよう。また現在タイ国で広く植栽されているオーストラリア産の *E. camaldulensis* は他の2樹種と較べて樹高成長は早い、幹材積の連年成長量(表-1)や純生産量ではタイの郷土樹種である *A. indica* より少なかった。これは1年間の結果であるが現在も調査が継続されており、今後3樹種の生産力の違いがよりはっきりするに違いない。

〔参考文献〕 1) JOHNSON, N.E.: Biological opportunities and risks associated with fast-growing plantation in the tropics. *J. For.* 74, 206~211 (1976) 2) 加茂皓一他: 早生樹種林とマツ林の生長解析, 熱帯農研集報 No. 65, 65~79 (1990) 3) KANAZAWA, Y. *et al.*: Above-ground biomass and the growth of giant ipil-ipil plantation in northern Mindanao island, Philippines. *JARQ* 15, 209~217 (1982) 4) KAWAHARA, T. *et al.*: Biomass and net production of man-made forests in the Philippines. *J. Jpn. For. Soc.* 63, 320~327 (1981) 5) 吉良竜夫: 陸上生態系一概論一, 共立出版 (1976) 6) 吉良竜夫: 熱帯林の生態, 人文書院 (1983) 7) MURPHY, P.G. and LUGO, A.E.: Ecology of tropical dry forest. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17, 67~88 (1986) 8) 小川房人: 熱帯の生態1—森林—, 共立出版 (1974) 9) 荻野和彦他: タイ国森林の第一次生産力, 東南アジア研究 5, (1967) 10) 佐藤 明他: ジャイアントイピルイピルの生産構造と成長解析 熱帯農研集報 No. 65, 80~93 (1990) 11) SHIDEI, T. and T. KIRA: Primary productivity of Japanese forests. *JIBP SYNTHESIS* Vol. 16 (1977) 12) TOMLINSON, P.B. and ZIMMERMANN, M.H.: Tropical trees as living systems. Cambridge University Press (1976) 13) VIRIYABUNCHA, C. and K. PITPREECHA: Climatic data and diagram of station under Silvicultural Research Subdivision, Division of Silviculture, Royal Forest Department (1989)