

半島マレーシアにおけるフタバガキ科植栽苗の光環境と成長

米田令仁・田中憲蔵 (森林総研)・松本陽介 (森林総研九州)

Mohamad Azani Alias・Nik Muhamad Majid (マレーシアプトラ大学林学部)

Abstract: Tree growth and the architecture were studied on the planted seedlings at enrichment plantation site, Peninsula Malaysia. Two dipterocarp species, *Dipterocarpus baudii* (Db) and *Neobalanocarpus heimii* (Nh) were selected. Tree growth of the both species was no differences between dark (canopy openness < 25%) and open site (canopy openness > 25%) at the 31 months after planting. However, there were significant differences on the growth and crown shape when we compared the data with canopy openness in the begging of planting (canopy openness: <15%, 15-25%, >25%). Db and Nh showed high growth rate in the middle light level. And Db had flatter crown in the dark and blight light level. These results indicated that light environment in the beginning is important for the tree growth and the architecture.

Keywords: Dipterocarpaceae, Enrichment planting, Growth, Architecture

要旨: マレーシア, Selangor 州 Ayer Hitam 森林保護区内の二次林において, 林冠に達した二次林樹種を伐採した後に植栽したフタバガキ科樹種 *Dipterocarpus baudii* (Db) と *Neobalanocarpus heimii* (Nh) の 2 種について, 植栽苗の光環境, 樹高成長, 直径成長, 樹型を調べ比較した。植栽 2 年 7 ヶ月後 (2008 年 6 月) の光環境で苗の成長を比較したところ, Db, Nh では有意な差は見られなかった。幹を比較した場合 Db, Nh ともに暗い光環境になるほど細長い幹になったが, 樹型に違いは見られなかった。しかし, 植栽初期の光環境で解析した結果, Db, Nh ともに中間的な光で厚い樹冠になった。Db は暗い光環境と明るい光環境の苗が横に広がる樹冠になったが, Nh では光環境によって樹冠が広がることはなかった。これらの結果から Db, Nh ともに植栽初期の光環境がその後の成長や樹冠のかたちに影響していることが示唆された。

キーワード: フタバガキ, エンリッチメント植栽, 成長, 樹型

I. はじめに

熱帯地域ではこれまでに様々な目的で樹木の植栽が行われてきた。その多くが択伐後の劣化した森林に対して, 択伐後に天然更新がみられなかった場所に補植として行われてきたエンリッチメント植栽であった。熱帯地域の裸地は高温や乾燥等により植栽苗にとって劣悪な環境であると言える。一方, 林内に植栽するエンリッチメント植栽は成功例も多いことから, 熱帯地方ではこの方法が多く採用されてきた。これまでにエンリッチメント植栽に関する研究は多く行われており, 伐開の幅や方角を変えることによる植栽苗の生長量や生存率を調べる事例が多かった。近年では生理生態特性も含めた研究がおこなわれてきたが (1, 4), 未だに十分なデータが集まっている状態では無いと言える。

熱帯地域で多く植栽されているフタバガキ科は 17 属, 約 500 種あると報告されており (3), その特徴は異なり先駆的な樹種から遷移後期種まで様々あり, フタバガキ科樹種の中でも光要求度の異なる樹種ではその樹型

は異なるとされている (10)。樹木はより光を効率よく受けるために, その樹型や着葉パターンや葉の大きさや構造を変えるとされている。エンリッチメント植栽のような, 植栽地に成木が残っているところでは, 場所によって光環境が異なるため, 植栽された光環境に適した樹型や葉の形態に変化させることができる可塑性が高い樹種ほど, 植栽樹種として適していると言える。

本研究では遷移段階の異なるフタバガキ科 2 樹種について, 様々な光環境下に植栽された苗の成長量を比較することで, それぞれの樹種について適切な光環境を明らかにする。また, 異なる光環境下でどのように成長様式を変えているか明らかにする。

II. 調査地の概況および調査方法

本調査はマレーシア, Selangor 州 Ayer Hitam 森林保護区 (年降水量: 約 2700mm, 年平均気温: 約 25 度) 内の *Macaranga* 属など先駆性の樹種が優占する二次林で調査をおこなった。林内に 70×80m の調査区を設定し,

Reiji YONEDA, Tanaka KENZO (Forestry and Forest Products Research Institute, (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687), Yoosuke MATSUMOTO (Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute), Mohamad Azani ALIAS and Nik Muhamad MAJID (Faculty of Forestry, Universiti Putra Malaysia). Tree growth and crown architecture in different light condition at enrichment plantation forest, Peninsula Malaysia.

2005年9月に林冠に達した先駆性樹種を伐採し、様々な大きさの人工ギャップをつくった(5)。伐採後、郷土樹種15種を2mの格子状に植栽し、その中からフタバガキ科の *Dipterocarpus baudii* (Db) と *Neobalanocarpus heimii* (Nh) の2樹種を測定対象樹種とした。Db, Nhともに高木種で、Dbはタイ、カンボジアからマレーシアまで広く分布するのに対し、Nhはマレーシアとタイの国境付近のKangar-Pattani線以南のみ分布する(8)。

各樹種において光強度の異なる条件下にある個体を測定個体として12~13個体を選定して各個体について、樹高(H)、地際直径(Dc)、樹冠長(Lc)、樹冠幅(Wc)を測定した。それぞれの相対成長速度(RGRh, RGRd)をもとめた。植栽苗の光環境は魚眼レンズ(Coolpix 5400, Nikon; Fisheye Converter FC-E9, Nikon)を用いて苗木上部の撮影をおこない開空度をもとめ光環境とした。

成長速度の比較は分散分析をおこないTurkey-Kramer検定で多重比較した。

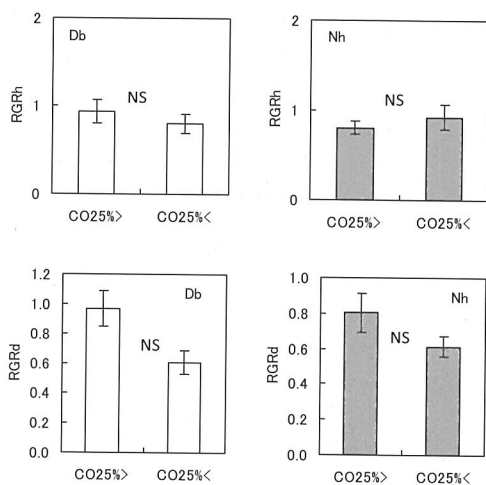


図1. 異なる開空度での Db と Nh の樹高と直径の相対成長速度 (RGRh, RGRd) の比較. (平均±SE)

Figure -1. Comparison of relative growth rate of height (RGRh) and diameter (RGRd) under different canopy openness. (Mean ± SE)

III. 結果と考察

1. 林内の光環境の変化 苗を植栽した2005年9月の開空度は Db で6.6~50.4%, Nh では8.3~52.1%であった。植栽2年7ヶ月後の2008年6月には Db で4.5~10.5%と28.7~37.4%, Nh では1.9~8.6%と25.5~38.0%となり、植栽2年7ヶ月後の光環境は開空度25%を境に2つの光環境に分かれた。

2. 苗の成長速度 植栽2年7ヶ月後の全ての Db と Nh の樹高の相対成長速度 (RGRh) はそれぞれ 0.79 ± 0.08 , 0.87 ± 0.08 cm/cm/year となり、樹種間での有意差は無かった。地際直径の相対成長速度 (RGRd) についてもそれぞれ 0.70 ± 0.08 , 0.69 ± 0.06 mm/mm/year で有意差は無く、樹高、直径ともに樹種間での成長速度に差は見られなかった。

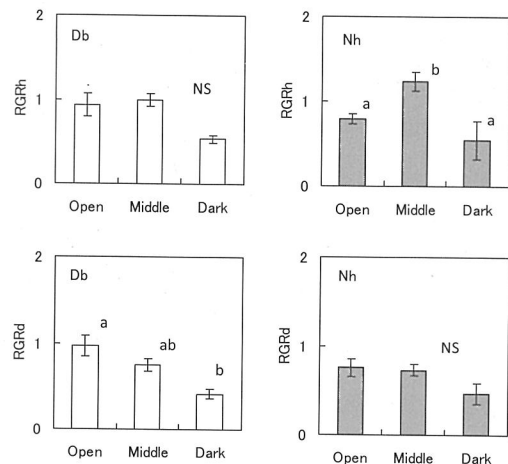


図2. 植栽当初の開空度による Db と Nh の樹高と直径の相対成長速度 (RGRh, RGRd) の比較. (平均±SE)

Figure-2. Comparison of relative growth rate of height (RGRh) and diameter (RGRd) under different canopy openness in the beginning of planting. (Mean ± SE)

植栽苗の成長速度を光環境で比較すると、植栽2年7ヶ月後の開空度を25%以下と25%以上で比較した場合、RGRhでは Db と Nh ともに開空度による有意差は無かった(図1)。RGRdでは Db, Nh ともに明るい環境で高い直径成長になる傾向がみられたが、有意差はなかった(図1)。植栽2年7ヶ月後の光環境で Db と Nh の成長速度を比較すると直径成長では差が見られるが、樹高成長では差が見られなかった。しかし、フタバガキ科樹種を様々な光環境下で生育させると、異なる樹高成長を示すと報告されている(1, 2, 10)。Kenzo らの実験では林内に植栽をおこなった場合、Dbは開空度20~40%, Nhでは開空度20%より低い場所で高い光合成速度を示すとされている(5)。そのため、植栽初期の開空度で Dark (15%以下), Middle (15-25%), Open (25%以上)と分けて、苗の成長速度を比較した。その結果、Dbでは明るい光環境ほど高い RGRd を示し、Nhでは中間的な光環境の

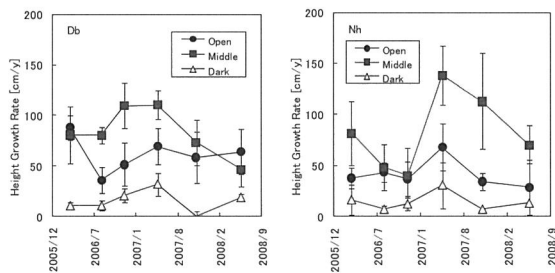


図 3. Db と Nh の樹高成長速度の変動. (平均±SE)
Figure-3. Fluctuation of tree height growth rate under different canopy openness. (Mean ± SE)

下で高い RGRh を示した (図 2)。Db は先駆的な特徴を持ち、逆に Nh は遷移後期種であると言われており (4)、本研究の光と成長速度の結果はこれに一致し、Db は明るい光環境、Nh は中間的な光環境で高い樹高成長を示した。

樹高成長速度の変化では、植栽後 1 年 6 ヶ月後 (2007 年 5 月) から中間的な光環境に植栽した苗の樹高成長が減少し、Db では植栽 2 年 7 ヶ月後に有意差がないものの、中間的な光環境の苗は明るい光環境の苗よりも低い樹高成長を示した (図 3)。植栽当初 20% 前後であった Middle の開空度は周囲の樹木の成長によって 10% 以下になってしまったため、先駆的な樹種である Db の成長速度が落ちたことが考えられた。

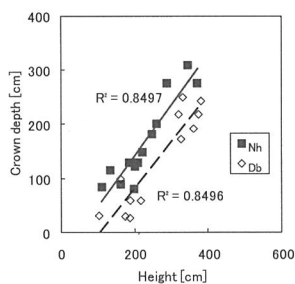


図 4. 樹高と樹冠の深さの関係.
Figure-4. Relation between tree height and crown depth.

3. 苗の樹型 直径に対する樹高の割合(H/D)を植栽 2 年 7 ヶ月後の光環境で比較した場合、開空度 25% 以下では Db, Nh はそれぞれ 11.21 ± 0.42 , 12.63 ± 0.76 となり、25% 以上の場合はそれぞれ 8.27 ± 0.28 , 8.34 ± 0.36 となった。同種間で比較した場合、Db, Nh ともに暗い環境に生育している苗は明るい環境に生育する苗より

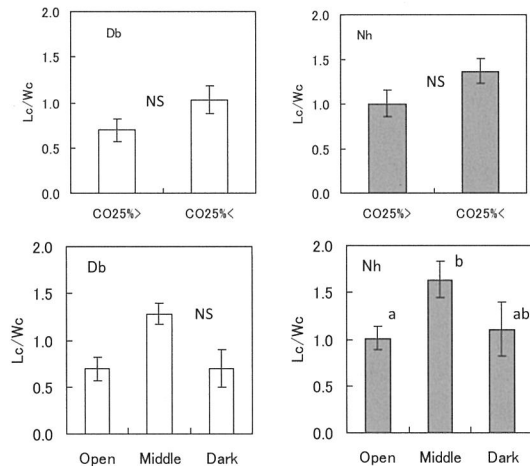


図 5. 異なる開空度における樹冠の幅(Wc)と樹冠の深さ(Lc)の関係. 上: 植栽 2 年 7 ヶ月後, 下: 植栽直後の開空度. (平均±SE)

Figure-5. Relation between crown width (Wc) and crown depth (Lc). Upper: Comparison by canopy openness at 31 months after planting. Lower: Comparison by canopy openness in the beginning of planting. (Mean ± SE)

有意に高い H/D であった。H/D を植栽時の開空度に分けて比較すると、Db では Dark, Middle, Open でそれぞれ、 8.34 ± 0.36 , 11.80 ± 0.52 , 10.42 ± 0.42 , Nh で 8.72 ± 0.51 , 14.39 ± 0.38 , 10.83 ± 2.62 となった。Db では植栽時に開空度 25% 以下の苗は明るい光環境より高い H/D 値を示し、Nh では植栽時の開空度 15-25% で最も高い H/D 値を示した。このことから、Db では暗い光環境で、Nh では中間的な光環境で細長い幹になった。

苗の樹高(H)と樹冠長(Lc)の関係は Db と Nh 共に正の相関をとり、H と樹冠幅(Wc)の関係においても両樹種とも正の相関を示した (図 4)。この結果から、樹高の高い個体ほど Lc, Wc 共に大きくなり、大きな樹冠になった。

樹冠長と樹冠幅の割合(Lc/Wc)を植栽 2 年 7 ヶ月後の光環境で比較した場合、Db, Nh ともに開空度 25% 以上の苗のほうが 25% 以下よりも高い値を示す傾向であったが有意差はなかった (図 5)。しかし、植栽当初の開空度で比較した場合、Db, Nh ともに中間的な光環境で高い値を示した (図 5)。Db では Open と Dark で Lc/Wc 値が約 0.7 の値を示し、Middle で約 1.3 の値を示した。Nh では Open と Dark で Lc/Wc 値が約 1 を示し、Middle で約 1.3 の値を示した。この結果から Db では明るい環境、暗い環境下では横に広がる樹冠で、中間的な光環境

で縦長の樹冠になった。それに対して Nh では明るい環境、暗い環境下では縦横均等の樹冠で中間的な光環境で縦長の樹冠になった。Db, Nh ともに中間的な光環境で高い成長速度を示したのは、他の光環境と比べ、より深い樹冠を持ち、多くの葉をつけていることが要因の一つになると考えられる。暗い光環境のもとに生育する樹木は、より光を取得するため、また自己被陰を避けるために横に広がる樹冠を形成すると言われおり(6)、暗い環境で生育した Db が横に広がる樹冠になった一因と考えられる。しかし遷移後期種であり、Db よりも暗い光環境で高い光合成能力をもつ Nh は(5)、暗い光環境下でも横に広がる樹冠を持たなかった。フタバガキ科で耐陰性の高い樹種は横に広がる樹冠を持つと言われていることから(6,10)、Nh はそれらの樹種とは異なる成長様式をとることになる。Nh は暗い光環境の下では比較的長い葉寿命をもつとされており(9)、暗い光環境の下で葉寿命が長くなることから、深い樹冠になったと考えられる。

IV. おわりに

Db, Nh ともに開空度が 20%前後の場所に植栽した場合に高い成長を示し、それぞれの光環境にあった樹冠を持つことがわかった。以上の結果から、エンリッチメント植栽で Db や Nh を植栽する場合、開空度を 20%前後に設定することで植栽初期の成長量を高くすることができると考えられる。ただし、エンリッチメント植栽を行う場合、本研究と同様に周辺の樹木によって植栽苗の光環境は大きく変化するため、長期でモニタリングをおこなうことで、樹種ごとに適切な管理法を確立する必要がある。

引用文献

- (1) ÁDJERS, G., HADENGGANAN, S., KUUSIPALO, J., NURYANTO, K. and VESA, L. (1995) Enrichment planting of dipterocarps in logged-over secondary forest: effect of width, direction and maintenance method of planting line on *Shorea* species. *Forest Ecology and Management* **73**: 259-270.
- (2) ASHTON, M.S. (1995) Seedling growth of co-occurring *Shorea* species in the simulated light environments of a rain forest. *Forest Ecology and Management* **72**: 1-12.
- (3) ASHTON, P.S. (2004) Dipterocarpaceae. In SOEPADMO, E. et al. (edt) Tree flora of Sabah and Sarawak. Forest Research Institute of Malaysia. Vol.5 pp.63-388.
- (4) ISHIDA, A., NAKANO, T., MATSUMOTO, Y., SAKODA, M. and ANG, L.H. (1999) Diurnal changes in leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence in tropical tree species with contrasting light requirements. *Ecological Research* **14**: 77-88.
- (5) KENZO, T., YONEDA, R., MATSUMOTO, Y., AZANI, M.A. and NIK MUHAMAD, M. (2008) Leaf photosynthetic and growth responses on four Malaysian tree species to different light conditions of degraded tropical secondary forest. *Japan Agricultural Research Quarterly* **42**: 299-306.
- (6) KOHYAMA, T. and HOTTA, M. (1990) Significance of allometry in tropical saplings. *Functional Ecology* **4**:515-521.
- (7) STERCK, F.J., BONGERS, F. and NEWBERY, D.M. (2001) Tree architecture in a Bornean lowland rain forest: intraspecific and interspecific patterns. *Plant Ecology* **153**: 279-292.
- (8) SYMINGTON, C.F. (2004) Foresters' manual of Dipterocarpaceae. 2nd Edition. 519pp. Forest Research Institute Malaysia.
- (9) 田中憲蔵・米田令仁・MOHAMAD ALIAS AZANI・NIK MUHAMAD MAJID (2009) 半島マレーシアにおける熱帯樹木稚樹の光環境と葉の寿命. 関東森林研究 **60**:125-128.
- (10) ZIPPERLEN, S.W. and PRESS, M.C. (1996) Photosynthesis in relation to growth and seedling ecology of two dipterocarp rain forest tree species. *Journal of Ecology* **84**: 863-876.