

社会・生態学的に健全な

植林システムによるタイの緑化

Greening Thailand with a socio-ecologically sound system of silviculture

○櫻井克年*, 飯國芳明**,
ポンサクサフナル*

○Katsutoshi SAKURAI, Yoshiaki IIGUNI,
Pongsak SAHUNARU

*高知大学農学部教授, **高知大学人文学部
教授, *カセサート大学林学部教授

*Professor, Faculty of Agriculture, Kochi

University, **Professor, Faculty of Humanity,

Kochi University, *Professor, Faculty of Forestry,
Kasetsart University

We did the field survey of 19 teak plantations belonging to Forestry Industry Organization (FIO) in Thailand on August, 1999 and 2000 by a mixed team of Japanese and Thai researchers. At each plantation, detailed soil survey were conducted and data on economics and climatological condition were collected, whenever possible. Based on the field observation and analytical data, the best site for teak plantation could be considered as the land with a moderate slope and heavy soil texture in addition to the intrinsically high soil fertility derived from parent materials. Basic algorithm for calculating profitability of teak production was also developed.

1. 研究目的

1960年代からのタイ国の森林面積の急激な減少の原因は、木材の過剰な伐採とそれに続く商品作物栽培のための開墾である。人口の増加と商品経済の浸透が誘発した開発途上国に共通の現象であるが、その変化があまりにも急すぎた。現在、北タイ、東北タイで

は、急峻な山頂付近を除くと、ほとんど自然環境らしいものは消滅してしまった。危急に自然環境の適切な評価に基づいた回復方法を勘案し、実行に移す必要がある。本プロジェクトでは、植林開始後30年以上の歴史をもつチーク植林地の生態環境を科学的に解析し、造林適地の適切な判定基準を作成することを目的とした。また、自然科学的な解析だけでは実際の植林計画が机上の空論に終わるので、収益性についても解析を加え、「国産樹の土壌環境—林木—経済性」を重視した造林システムの設計を行うことにより、今後50年を見通したタイ国の植林システムを設計することを目的としている。

2. 研究経過

2-1. 現地調査

1999年8月、2000年8月に植林地の踏査を行った。また、チークを取りまく自然・社会・経済的要因に関するデータ収集を1999年11月及び2000年8月に行った。カセサート大学・林学部・造林学科・教授のポンサクサフナル氏の手配で、タイ国森林公社を公式に訪問し、長官をはじめ、次官、部長クラスの人々とも直接意見交換をすることができたことは、非常に有意義であった。過去30年間に地道に築きあげられたチーク植林地の土壌の現状はほとんど把握されておらず、われわれへの期待が大きいこともわかった。

林業公社所管の一定規模の植林地は、タイ全土におよそ50ほど存在する。その中でも大規模で、植林木の生育にバラツキのある植林地を、北タイを中心に17カ所、東北タイ、西タイから各1カ所、合計19カ所から選び、調査を行った(図1)。

2-1-1. 土壌環境調査地点および土壌試料分析項目

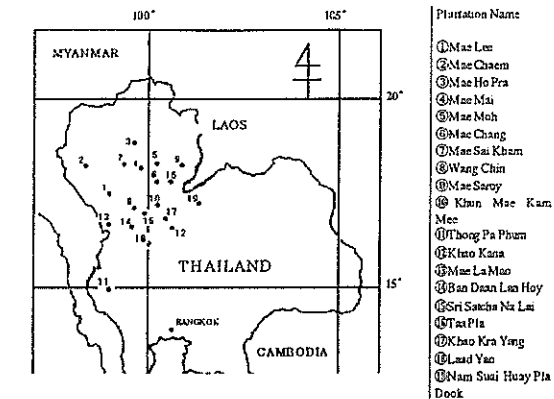


図1. 調査地点

共同研究者のサフナル氏らによって、植林されたチークの生育データのみに基づいた地位指数（以下、サイト・インデックス、SI）が、1995年に策定された。そのデータを元に、各植林地でもっとも古い林班において、土壌試坑を掘り断面調査を行うと同時に、1mの深さまでの土壌試料を採取した。また、その他の林班についても、地位指数の異なる場所を5-12カ所選び、表層土壌の採取と土壌硬度の測定を行った。

採取した土壌は、断面からのものは高知大学農学部において、表層土壌のみを異なる林班から採取したものは、コンケン大学農学部において分析を行った。分析項目は、断面試料については、土壌の化学肥沃度としてpH、電気伝導度、交換性陽イオン、陽イオン交換容量、全炭素・全チッソ、有効態リン酸、荷電特性として荷電ゼロ点、荷電ゼロ点での正味荷電、土壌鉱物性として遊離酸化物（非晶質・結晶質）、粘土鉱物組成、土壌物理性として三相分布、飽和透水係数、pF-水分曲線である。表層土壌は化学肥沃度のみの測定を行った。

2-1-2. 経済分析のための資料収集およびヒアリング

経済分析に必要な資料は関連機関のヒアリ

ングを通して収集した。99年の調査では森林局(RFD)、森林公社(FIO)、タイ合板会社(TPC)およびカセサート大学において森林政策の基本的動向やチーク生産管理の基礎データを収集するとともに、NPOによる植林活動の新たな方向も確認できた。2000年の調査では、土壌調査と平行してチーク生産の施業形態・生産費・木材の規格別価格・金利動向・運賃・市場分布などのデータを収集した。

3. 研究成果

3-1. チーク植林地土壌の特徴

現地での土壌及び地形の観察結果から、チークの生育の良い地点の共通の特徴としてつぎの3つの原因が考えられた。

1) 比較的傾斜がきつい場所では、降雨の大部分が表層を流下する。そのため、粘土含量の高い強風化土壌の分布域が広い山間地では、緩傾斜地より、比較的急傾斜地の方が排水性が良く、植林木の生育も良いという関係が認められた。

2) 粘土含量の高い地点の方が、乾季における土壌水分保持能が高く、水分欠乏ストレスがかかりにくい。また、強風化を受けた結果粘土含量が増加した場合がほとんどであるため、比較的土壌構造の発達が良く、固相率は高いものの、透水係数が中程度と排水不良につながるほどではない。

3) 北タイの土壌母材のほとんどは、古生代から中生代の堆積岩である。そのうち、石灰岩を土壌母材とする場合、交換性Ca量が多くpHが高いことから、その他の母岩が分布する酸性の強い土壌地帯より林木の生育が良好である。

また、調査後に、各植林地のチーフに土壌の現状を伝え、今後の管理の参考にしてもらえるようなコメントを残してきた。景気後退の折、生産性の向上は大いに力強い助けとなる。現場の責任者と土壌管理や植林木管理な

どについて熱のこもったディスカッションができたことも、成果の一つであると考えている。

3-2. サイト・インデックス(SI)とリンクした収益性算出のアルゴリズムの開発

3-2-1. サイト・インデックス(SI)の作成

サイト・インデックス(SI)は、成長直線の推定、平均樹齢樹を持つサイトの SI の決定、その他

サイトの SI の決定という手順で確定される。

以下にその概略を示す。

まず、成長曲線は次式で推計する。

$$\log H = A + B/\text{Age} \quad (1)$$

ここで Age は樹齢、H は樹高を示す。また、B は年間の基本的成長量を規定する係数であり、A は生長段階を規定する係数といえる。各係数は回帰分析等で推定する。

次にサンプルの平均樹齢（以下、基礎樹齢 BaseAge とする）樹を持つサイトの SI を平均樹高(AH)を基準に決定する。平均樹高(AH) は(1)式に基礎樹齢を代入して算出できる。いま、基準樹齢時の樹高が AH m \pm 1.5m の範囲内にあるとき、このサイトの SI を AH とする。AH 以外の SI は AH+1.5m の上と AH-1.5m の下にそれぞれ 3m の幅で設定する。したがって、樹高(h)が AH+1.5m より高いときの SI は、次式で決定できる。

$$SI = AH + 3 * (\text{INT}((h - (AH + 1.5)) / 3) + 1) \quad (2)$$

ここで INT(.)は商の整数部分だけを返す関数である。樹高が AH-1.5(m)より低いサイトについても上記と同様の手順で確定できる。

ところで、実際にサンプリングされたチークの樹齢の全てが基準樹齢と一致するわけではない。樹齢が基礎樹齢と異なるサイトの SI を決定するには、樹齢毎に SI に応じた樹高の上下限を予め決定しておく必要がある。サフナル氏は、(1)式の A の項を $\log SI - B/\text{BaseAge}$ に置き換えて、H を求める形に変形した(3)式をこの計算に用いている。(3)式

に Age に樹齢、SI に $SI \pm 1.5$ の値を代入すれば任意の樹齢・SI に対応した樹高の上下限を求めることができる。

$$H = 10^{(\log SI - B/\text{BaseAge} + B/\text{Age})} \quad (3)$$

95年の研究でサフナル氏はタイ全土のサンプル(283個)から(1)式の B の値を-2.373と推定している。また、基礎樹齢は16年、平均樹高は14mであり、は8,11,14,17,20の5種類のサイト・インデックスで全てのサンプルがカバーされることも明らかにしている。

3-2-2. サイト・インデックス(SI)を用いた収入総額の推計

主伐・間伐によって得られる収入の推計手順と具体的な処理の内容は以下の通りである。

1) 植林密度、間伐時期、間伐率、主伐時期の決定

FIO の資料に従って幹距離を 3m \times 3m、間伐時期を 10,15,20 年の 3 回、主伐を 30 年と仮定した。間伐率は第 1 回目を 50%、2 回目を植林本数の 35%、3 回目を 25% と仮定した。なお、10 年目の間伐材は直径が小さすぎるので切り捨て間伐と見なした。

2) 間伐・主伐期におけるチークの樹高・胸高直径の推定

間伐・主伐期の樹高は(2)式に樹齢 Age、サイト・インデックス SI、単位面積当たりのチーク本数を代入して算出した。なお、チーク本数は 1)の植林密度および間伐率から導出した。また、胸高直径(DBH)はサフナル氏の提示する次式によって算出した。

$$DBH = \exp\{-0.277 + 0.7185 \ln \text{Age} + 0.4749 \ln SI + 0.1875 \ln N\} / \pi \quad (4)$$

3) 樹幹縦断面の形状の推定

樹幹縦断面は Kunze 式に基づく相対曲線式によって推定した。これによると、樹高を H、胸高直径を DBH とするとき、任意の高さ l(m)にある幹の直径 d_l は次

式で算出できる。

$$d_1 = ((H-1)/(H-1.3))^{r^2} * DBH \quad (5)$$

ここで 1.3 は胸高を示す数値であり、 r は形状指数である。現段階では樹幹縦断面の推定は必ずしも十分な精度を確保できていないが、誤差を最小化するように r を調整し 1.2 とした。

4) 材積の推定

立木を 1m 間隔で切断したと仮定して、平均断面式によって各々の丸太の材積を求めた。ただし、地表面に最も近い丸太だけは元口から末口までの長さを 30cm とした。

5) 最も有利な玉切りの特定と総収入額の推定

3) から得た直径の情報と 4) で得た材積の情報を総合して、最も有利な玉切りの組み合わせを決定した。有利・不利の判定は FIO で入手した丸太の価格表によった。同表には丸太の中央径および長さに応じた m^3 当たりの価格が整理されている。SI が 14 の場合、丸太収入の総計は 210,532 バーツと推計された。

3-2-3. 生産費の特定

森林公社本部で入手した生産費データを利用した。データにはいくつかのバージョンがあるが、新植されたチークが 1) で示した栽培方法に対応する費用 (1 ライ当たり 31,385 バーツ) を用いた。なお、北部支局を中心に植林費用をプランテーション毎に収集したので、地域に応じた細かな生産費も可能となっている。

3-2-4. 収益の現在価値の推計

将来に発生する費用や収入を市場貸出金利 (MLD) で割り引いて、収益の現在価値を算出した。バンコク銀行の資料から MLD を 7% と仮定すると、収益の現在価値は 1 ライ当たり 20,663 バーツ (割引前は 179,147 バーツ) と試算された。

貸出金利は植林の収益を規定する最も重要な要因のひとつである。かつては 15% を超える高い水準で推移してきたものの、90 年代末からは 7~8% の水準で安定している。金利の大幅な低下は収益の現在価値を引き上げ、チーク植林の投資を加速している。

4. 今後の課題と発展

当初の予定では、報告書提出期限までにサイト・インデクス(SI)に、土壤環境要因を取り込んでサイトクオリティインデクス(SQI)にする予定であったが、提出期限が大幅に早められたため時間切れでまとめきれなかった。今後、統計解析を進めて、SQI を算出すると同時に、SQI ごとに植林地管理方法を定めた指針を策定したい。

土壤・地形・降雨量などの環境条件によって SI 水準を推定する SQI が確立できれば、3. で提示した収益算出のアルゴリズムを利用して、植林予定地の経済性を事前に推計することも可能となる。30 年以上にも渡る長期投資を必要とするチーク生産の場合、収益性の事前予測によって投資損失の大幅な削減が期待できる。

これら一連の結果は、2002 年にタイで開催される第 17 回国際土壌科学連合会議において発表予定である (研究発表申込済み)。また、英文報告書をタイ国森林公社およびタイ国自然研究機関に提出する予定である。

5. 発表論文リスト

Sakurai, K., Yamada, Y., Tulaphitak, T., Junthotai, K., Watcharintarat, C., Teejuntuk, S., and Sahunalu, P. Evaluation of site quality index for teak plantation in Thailand. Proc. of 17th International Congress of Soil Science. 2002. (Submitted)