

熱帯人工林の在来種侵入に対する触媒効果

—タイ東北部サケラートにおける調査から—

加茂皓一^{*1}・Sirin Tiyanon^{*2}

1. はじめに

少し以前のことであるが、東北タイの王室林野局サケラート野外センターで、草原、人工林、天然林の生産力の調査をしていた時、興味深い事実に行き当たった。人工林内に多数の下層植生が成立しており、草原ではほとんど見られなかった木本類が天然更新していたのである。タイの他の地域の早生樹人工林とくに産業造林が行われている大規模な人工林ではこのような豊かな下層植生は見られなかったから、天然林が残存し、本来の自然植生がまだ部分的に残っているサケラートの人工林に特有の現象かと思っていたが、帰国して文献を調べてみると、人工林とくに早生樹人工林への下層植生の侵入は天然林が断片的に残っている熱帯の各地で見られ、人工林の触媒効果¹⁰⁾と呼ばれていることが分かった。荒廃草地における二次遷移は野火や草本が密生することにより進まないことが多いが、人工林を造成することにより人工林があたかも化学反応における触媒のように、在来樹種の天然更新を促し、二次遷移を促進することからこの名が付けられた。1996年には熱帯人工林の触媒効果に関する国際シンポジウムが開かれ、Forest ecology and management 99号にまとめられている。本稿ではサケラートにおける人工林内の在来種天然更新の実態と天然更新促進のためおこなった施業試験の一部を紹介し、どのような樹種が触媒樹種に適しているかを検討した。

本稿は、主にタイサケラートでのJICAの「タイ造林研究訓練プロジェクト」アフタケアプログラムにおける調査結果^{3,4,11)}に基づいている。サケラートでの

Koichi Kamo and Sirin Tiyanon : Tropical Tree Monoculture as a Facilitator for Indigenous Tree Species Regeneration —Case Study in Northeastern Thailand—

*¹(独)森林総合研究所四国支所, *²タイ国立公園野生生物・植物保護局

調査、研究には王室林野局の多数の方々の全面的な協力があった。またプロジェクトを進めるに当たり JICA の関係各位に多大なご支援を頂いた。記して感謝の意を表する。

2. 調査地

調査地は、タイ東北部のサケラート（北緯 14 度 12 分、東経 101 度 50 分）にある王室林野局フィルドステーション実験林である。サケラートの年平均気温は 26.5°C で、年平均降水量は 1,030 mm 年⁻¹であるが、雨量の年変動は大きい。5 月から 10 月までが雨季、11 月から 4 月までが乾季の熱帯モンスーン気候である。調査林分は実験林内の外来樹種人工林 (*Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*)、在来樹種人工林 (*Xylia xylocarpa* var. *kerrii*, *Dalbergia cochinchinensis*, *Pterocarpus macrocarpus*)、及び実験林に隣接する乾生常緑林および草原（ヤーカ、ヤーポン）である。各人工林は調査開始時 12 年生で、植栽間隔は *X. kerrii* が 2 m × 2 m, *P. macrocarpus* が 2 m × 4 m、他の樹種は 2 m × 3 m である。各林分は植栽後下刈り等の初期保育はおこなわれたが、その後は放置状態にある。調査した人工林は天然林の近くに位置する。乾期に短期間葉量が著しく減少するものがあるが、何れも常緑樹である。各調査地では調査区 (575 m²) 内に成立している全ての植物種の種名を記録し、種数を調べた。また各調査林分の現存量も同時に調べ、林内相対照度を測定した。

3. 下層植生の種多様性

草原と各種人工林、乾性常緑林の林内に出現した植物種数（種数 575 m⁻²）は、草原では 16~21 種、人工林では 35~59 種、乾性常緑林では 114 種であり、人工林内には天然林に及ばないがヤーカやヤーポンの草原よりも多くの植物種が生育していた。その中で、樹木（稚樹、幼樹）とツル植物が各々 29~40%, 34~40% を占めた。植物種数は、*D. cochinchinensis* 林と *A. auriculiformis* 林では、他の樹種林より多かったが、各林の平均樹高、平均直径、断面積合計、現存量など林分パラメターと植物種数との間には有意な関係はなく、また外来樹種林と在来樹種林との間にも違いはなかった。

高木性樹木の中で、各樹種林に広く成立していたのは、*Xerospermum intermedium*, *Melia azedarach*, *Hopea ferrea*, *Vitex pinnata*, *Shorea henryana* などで、個体数が多かったのが *S. henryana* であった。この樹種は過去に、小規模

な製材所では製材しにくい樹種であったため、切り残され、サケラート近辺には随所に母樹となる大径木が見られる。

人工林の造成時には、火入れと土壤の耕耘が行われ、下層植生が取り除かれたため、林内の植物は、埋土種子によるか、他の場所から種子が供給され、定着したと推測される。各人工林内下層に生育していた樹木と乾性常緑林の高木性樹木の類似度が高く、共通した樹種が多く認められたので、乾性常緑林の高木性樹種の種子が風や鳥類によって人工林の林床に運ばれ、発芽した可能性が高い。鳥類は人工林でよく見かけた。そして、稚樹が発生した後、林内で生育できたのは、人工林内の陽光量と関係がありそうである。調査した人工林の林内平均相対照度は、*A. auriculiformis* 林でもっとも暗く(2.6%)、他の外来樹種林で10.5~27.6%，在来樹種林で6.4~30.6%あり、一般に下層植生が貧弱になると言われている相対照度1~2%より明るかった。乾性常緑林内の相対照度は1.4%であった。他の熱帯天然林では、林分葉量が8.3, 8.5 t ha⁻¹のタイ南部の常緑季節林で、林内相対照度は1.9, 0.6%⁸⁾、林分葉量が7.8 t ha⁻¹のマレーシアの熱帯雨林で、林内相対照度が0.5%である⁶⁾。サケラートの人工林では、林分葉量がもっとも多い*A. auriculiformis* 林で5.9 t ha⁻¹で、それ以外は0.6~4.2 t ha⁻¹という低レベルにあり、林内が比較的明るかったことも、下層植生を成立しやすくなっていたと推定される。

次ぎにこの地域の繁茂する2つの草原種、ヤーカとヤーポンについて述べる。両種は強い陽性の草本であるので、林内では通常生育できない。サケラートではヤーカとヤーポン、とくにヤーカ草原は乾期に火災が発生しやすい。ヤーカ、ヤーポンはいわば野火の発生源になっているが、人工林の林冠が閉鎖するとヤーカとヤーポンが消え、その結果地表火が入りにくくなる。このため、人工林の生育が進むにつれてサケラートでは野火が著しく減少した事実が認められている

なお、頻繁に野火が発生するところではヤーカが優占し、野火の頻度が少なくなった所ではヤーポンが多くなっていた。そして野火の発生が極めて少なかった個所にはヤーポンが優占し、その中に灌木類が成立しているのが認められた。このことは、野火が発生しなくなると、時間はかかるけれども二次遷移が始まる事を示している。

以上の結果から、人工林が造成され、林冠が閉鎖すると、陽性のヤーカ、ヤーポンが林内に侵入できず、その結果地表火の発生が抑制され、上層の被陰がそれほど強くないため、各種の植物が生育できるようになり、さらに下刈り等の

保育が行われなかつたことが、要因となり、人工林内に各種の植物が生育できたと考えられる。

そして、人工林内に多様な植物が生育できるもう一つの重要な要因は、種子散布との関係で天然林と人工林の隣接程度⁹⁾である。そこで、次に乾性常緑林に隣接した人工林の下層植生を調査した。

4. 天然林に隣接した人工林における下層植物多様性と天然更新作業

天然林に隣接している *A. mangium* 林、*A. auriculiformis* 林、*Leucaena leucocephala* 林で、計 10 個の方形区 (400 m^2) を設定し、下層植生の大きさ、種構成、種多様度を調べた。その結果、上の林分と同じように樹木と蔓植物が多く、各々 33~45%、26~44% を占めた。また樹木の個体数は、樹高が 30 cm ~130 cm の幼樹と樹高が 130 cm 以上で胸高直径が 4.5 cm 以下の小木が各々 39~70%、19~53% を占め、樹高 30 cm 以下の稚樹は 3~23% で、比較的生育段階が進んだ個体が多かった。多様度指数（フィッシャーの α ）は全植物種で 12~21、樹木で 4.6~9.7、蔓植物で 4.4~8.3 となった。樹木の多様度指数は乾性常緑林では 24 であったから隣接した人工林の下層植物種多様性指数はその 20 ~40% 程度に相当した。小川らの調査によればタイの他の地域の天然林の多様度指数 (α) は南部の常緑季節林で 30、北部のモンスーン林で 14、サバナ林で 5.9、10.3 であった⁷⁾。したがって、これらの人工林内下層植生の多様度指数はサバンナ林と概ね同程度であるとみられる。このように天然林に比べれば、これらの人工林の種多様性は高いとは言えないが、高木性の用材樹種 (*Cratoxylum formosum*, *Shorea henryana*, *Millettia Leucantha*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Lagerstroemia macrocarpa*, *Vitex pinnatat* 等) 以外に薬用植物 (*Croton oblongifolius*, *Baccaurea sapida* 等) や果樹 (*Nephelium hypoleucum*) など多様な用途が期待される樹木が含まれていた。一方、マレーシア国サバ州東部の *A. mangium* 林 (1.6 ha) で下層植生を調べたところ、86 種が出現し、その内樹木は 30 種であったが、高木性の極相種は全くみられなかった（加茂ほか 未発表）。天然林は比較的近くにあったが、フタバガキ科樹種など用材樹種が抜き切りされた二次林であったため、極相樹種が天然更新していなかったと推測される。残存している天然林の搅乱の程度も人工林内の高木性樹種の天然更新に關係しそうである。

次にこのように人工林内に天然更新している稚樹、幼樹を在来樹種林に誘導することが施業上の大きな課題であるが、その施業事例はまだほとんどない。

そこで一つの方法として上木をそのままにして、下層植生だけを処理することにより天然更新木の成長が促進されるかどうかを調べた。

乾性常緑林に隣接した *A. mangium* 林と *A. auriculiformis* 林内には多くの植物が生育していた（写真1）。林床は上層林冠とともに下層植生による被陰を強く受けていたので、下層植生の整理伐を実施することにより林内の光条件が改善され、天然更新木の成長が促進されるかどうかを、樹木以外の灌木、草本、ツル植物などを全て刈り取り、刈り取りしなかった調査区と比較して調べた。刈り取りは年4回行った。その結果、下刈後3.5年間の平均相対照度は、*A. mangium* 林と *A. auriculiformis* 林の無刈り取り区で、それぞれ5.5%，4.0%，刈り取り区でそれぞれ9.5%，6.7%となり、刈り取り区の方が無刈り取り区より1.7倍高くなった。多くの稚樹が生育していた *S. henryana* について下刈り後3.5年間の成長を *A. mangium* 林と *A. auriculiformis* 林で調べた。測定開始時に刈り取り区と無刈り取り区で個体の大きさに違いがみられ、個体が大きくなるほど成長量が増加する傾向があったので、測定開始時の稚樹高が同じ範囲にあるものの平均値を比較した。その結果 *S. henryana* の平均成長量は *A. mangium* 林、*A. auriculiformis* 林とも刈り取り区の方が無刈り取り区より有意に大きかった。無刈り取り区に対する刈り取り区の平均成長量増加割合は、*A. mangium* 林で3倍、*A. auriculiformis* 林で2倍であった（図1）。この結果から、上木の蓄積を維持しながら下層を整理することにより下層天然更新木の成長を促進させることが可能であると考えられる。ただし、下層樹木と灌木や草本、ツル類など他の植生との構成状態によって刈り取りの効果が異なることも考えられるので、施業技術としての有効性を確かめるためには今後さらに調査を進める必要がある。また、天然性下層木を上層木に仕立てるためには、上層林冠の除去が必要であり、その時期を見極めることも今後の課題である。なお、人工林内の下層の刈り取り作業は、皆伐地と比べて作業時間が少なく作業強度も低い⁵⁾ので皆伐地ほどの重労働にならないし、また下刈り経費の節減が可能であり、労働条



写真1 *Acacia mangium* 林内の下層植生

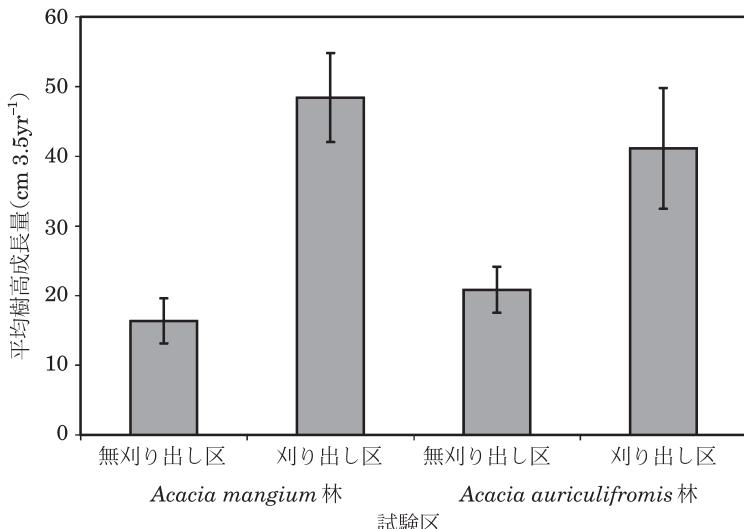


図 1 下層刈り取り区と無刈り取り区における *Shorea henryana* の成長

件と経費の面からも一つの有効な方法であると考えられる。

5. 触媒樹種の選択

通常の荒廃地における早生人工林の造成は、緑化と森林資源の造成を通して、環境保全と材の収穫、利用を目的としているのに対して、二次遷移を促進する触媒として考えた場合には、この人工林は在来の植生を誘導することが主目的になる。この二つの人工林の利用方法は二律背反的¹⁾にとらえられがちであるけれども、植栽上木を収穫、利用しながら、自然植生の修復や在来有用樹種混交林への誘導は可能であろう。そのためには、適切な触媒樹種の選択が必要である。そこで今回調べた人工林樹種の中でどの樹種がこのような触媒樹種として利用できる可能性が高いかを、林内での天然更新と人工林の造成のしやすさ、利用価値の面から検討した。

天然更新に関わるもっとも重要な要件は上層林冠による被陰が強すぎないことであるが、各人工林は *A. auriculiformis* の林分葉量がやや多く、林内が幾分暗かったものの、いずれの人工林も各種林内植物の成立を阻害しない程度の林内光環境を提供していた。次に外来樹種については、天然更新木と競合し、遷移を遅らせないため実生更新や萌芽更新力が低いことが望ましい。*A.*

mangium は開放地では野火の後一斉に天然更新し、旺盛な成長をするが、野火がない所や暗い林内は、稚樹を見かけることはほとんどなかった。またその他の外来樹種の実生も林内や林外で天然更新していなかった。一方上木の間伐や皆伐後、更新木との競合が問題になる萌芽更新については、資料数は十分とは言えないが、現存量調査のため伐採した切株の 7 ヶ月後の萌芽枝の発生、生育状態を調べた。その結果、萌芽の発生数、成長量は *E. camaldulensis* では大きかったが、*A. mangium* と *A. auriculiformis* は萌芽枝を出している切株はなかった。これらアカシア 2 樹種については小径木からは萌芽しても、根株が大きくなれば、萌芽力が低下するようである。マレーシアのサバ州では 14 年生の *A. mangium* 林 (1.6 ha) を間伐した後伐根から萌芽が発生したものはなかった。また下層天然更新木を上木に仕立てるためには、人工林の間伐や皆伐が必要であるが、その際下層木の損傷を少なくするために樹冠があまり広がらない樹種が有利である。各林分で樹冠直径を測定したところ、胸高直径に対する樹冠直径の平均値は、*D. cochinchinensis*, *Xylia kerrii* で各々 48 cm cm^{-1} , 35 cm cm^{-1} で他の樹種より有意に大きく、*A. mangium* は 18 cm cm^{-1} でもっとも小さく、その他の樹種は $24\sim25 \text{ cm cm}^{-1}$ であった。

次に荒廃草地での人工林造成については、草との競争を考えただけでも、やはり早生樹種が有利である。サケラートでは在来種も調査林分のように一部残存していたが、植栽後広く成林していたのは、*A. auriculiformis*, *A. mangium*, ユーカリ類、*Leucaena leucocephala* などの外来早生樹種であった。成長速度は *A. auriculiformis* と *A. mangium* がもっとも大きく、次いで *E. camaldulensis*、在来樹種の順であった。成長速度が速ければ、林冠の閉鎖が早くなり、ヤーカ、ヤーポンの侵入が早くから抑えられるし、また早期の材の収穫が可能である。製材の利用価値は在来種 3 種がいずれも高いが、*A. mangium* はある一定以上の大きさになれば、材としての利用が可能で、家具材としても使われている。*E. camaldulensis* は現在パルプ材としての需要が高い。ただ *A. auriculiformis*だけは現在のところあまり用途が無いようである。

以上の結果から材の利用では在来種に劣るもの、総合的に *A. mangium* が触媒樹種として優れているのではないかと考えられるが、さらに調査が必要である。調査した樹種以外では、サケラートでアカシア類、ユーカリ類に次いで広く成立していた *L. leucocephala* は、林内に多数の植物種が成立していたが、根萌芽によって萌芽枝が多数発生し、天然更新木と競合していたことと、樹冠が広がりやすいこと、また多目的樹種とは言いながらも、用材としての価値が

低いこと等から、触媒樹種としては劣っていると考えられる。良質材の生産が期待できるチーク (*Tectona grandis*) もサケラートで植栽されていたが、生育状態がそれほど良くなく、またコスタリカにおける調査では、大きな葉による被陰や土壤が流失しやすいことなどから、下層の在来種天然更新が少なく、触媒樹種として期待できない²⁾とされている。

なおサケラートでも熱帯の他の地域と同様、多様な下層植生が生育している人工林は無手入れの放置林であったが、上木の利用価値を維持あるいは向上させるためには、最低限つる切りは必要である。サケラート人工林にも多くのツル類が侵入し、熱帯の森林植生の一つの特徴を示していたが、ツルによって成長が減退したり、枯死した植栽樹が数多く認められた。人工林の生産力と個体の形質を低下させないためには、ツル切りの必要性が高い。

6. おわりに

産業造林が行われているような、母樹となる天然林が近くに残存しない、熱帯人工林地帯では、触媒効果によって人工林の多様性を高めることは期待できないが、サケラートのように天然林が一部残り、荒廃草地が広がっているところでは、草地への植林により、人工林の触媒効果を利用して、多様性の高い在来樹種の森林を造成できる可能性は高い。ただし人工林内における在来種天然更新のメカニズムについてはまだ十分解明されていず、今後さらに調査研究が必要である。また天然更新木を混交林に仕立てる施業についても、上木の取り扱いを含めて今後さらに試験研究を進めなければならない。

- 〔参考文献〕 1) Haggar, J. et al. (1997) The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. For. Ecol. Manage., 99, 55–64. 2) Healey, S.P. and Gara, R.I. (2003) The effect of a teak (*Tectona grandis*) plantation on the establishment of native species in an abandoned pasture in Costa Rica. For. Ecol. Manage., 176, 497–507. 3) Kamo, K. (1999) Ecological and silvicultural study on man-made and natural forests for developing sustainable forestry in Sakaerat, Thailand (2). A technical report of JICA. 4) Kamo, K. et al. (2002) Plant species diversity in tropical planted forests and implication for restoration of forest ecosystems in Sakaerat, Northeastern Thailand. JARQ 36, 111–118. 5) Kamo, K. and Jamalung, L. (2005) Facilitating indigenous tree species establishment on degraded land in Sabah, Malaysian Borneo. Abstract of The Japan Society of Tropical Ecology 15 International symposium Ecol-human interactions in tropical forests, 52. 6) Kira, K. (1978) Community architecture and organic matter dynamics in tropical lowland rain forests of Southeast Asia with special reference to Pasoh forest, West Malaysia. In Tropical trees as living

systems (Edited by Tomlinson, P.B. and Zimmermann, M.H.). 7) Ogawa, H. *et al.* (1965^a) Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. I. Structure and floristic composition. *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 13-48. 8) Ogawa, H. *et al.* (1965^b) Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 49-80. 9) Parrotta, J.A. *et al.* (1995) Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined sites in Amazonia. *For. Ecol. Manage.*, 99, 21-42. 10) Parrotta, J.A. *et al.* (1997) Catalysing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management*, 99, 1-7. 11) Tiyanon, S. *et al.* (2002) Natural regeneration and growth of some native species understory in man-made forest. *Proceedings of the forestry conference 2002*, 43-60.

“熱帯林業” 誌発行の目的と規約

- ・本誌は海外林業研究会会員並びに海外における森林・林業（林産業を含む）に関する事業に参画あるいは関心のある方々に、海外の森林・林業に関わる広範な情報を提供することを目的とする。また、本誌は林野庁の補助金による国際林業協力情報事業の一環としても発行している。
- ・本誌への投稿原稿は、本誌発行目的に沿った内容であると本誌編集委員会が判断する、一般海外森林・林業記事、森林・林業に関わる国際会議やシンポジューム等の案内・報告、熱帯林業講座（技術解説）、その他（図書紹介、会員の広場等）などに限る。また、本誌は、“熱帯林業”と称しているが、国際的に重要な問題であれば、温帯林や北方林の話題についても掲載できる。
- ・投稿者の資格は特に規定しないが、海外林業研究会の会員の投稿は優先的に採用する。
- ・本誌は年3回（1月、6月、9月）に発行する。発行月の2ヶ月前までに受理された原稿の中から編集委員会で掲載原稿を決定する。
- ・本誌掲載原稿の版権は国際緑化推進センターに属する。
- ・著者から請求があれば、別刷りあるいはPDFファイルを実費で提供する。
- ・本誌編集事務局は国際緑化推進センターに置く。
- ・投稿者は別に定める執筆要領にそって原稿を仕上げ、“熱帯林業”事務局に送付する。執筆要領は編集事務局に請求ください。
- ・連絡先住所：国際緑化推進センター 热帯林業編集係

112-0004 東京都文京区後楽1-7-12 林友ビル3F

電話：03-5689-3450 Fax：03-5689-3360

e-mail : tokunori@jifpro.or.jp