

熱帯季節林域の常緑・落葉林の分布と立地環境

鳥山淳平

1. はじめに

インドシナ半島に広く分布する熱帯季節林は明瞭な乾季を特徴とする熱帯林である。流域の高い人口密度と関連し、熱帯季節林が供給する森林、水資源は多くの人々の生活基盤となっている。また熱帯季節林は東南アジアにおける森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減メカニズム (REDD) の重要な対象地である。この為、熱帯季節林の消失および劣化を抑え、持続的に管理する手法の確立が求められている。

ところで近年、熱帯林域では乾季の長期化など降雨パターンの変動が指摘されているが¹⁾、熱帯多雨林と熱帯サバンナ林の間の気候下にある熱帯季節林域では、森林が降雨パターンの変化により敏感にตอบสนองし、地域内の森林タイプの分布が将来的に変化する可能性がある。熱帯季節林の持続的管理を行う為には、気候変動下における森林タイプ毎の脆弱性を評価し、施業・保全計画を策定することが求められる。その為にまずは、現在の森林タイプの分布を規定する立地要因を明らかにする必要がある。

本稿では熱帯季節林域における代表的な森林タイプ区分である常緑・落葉性に着目し、両者の立地環境の違いに関する最近の研究から得られた知見を紹介する。

2. 熱帯季節林域における常緑林と落葉林

熱帯季節林の森林タイプは、常緑樹と落葉樹の割合により特徴づけられる。例えば吉良²⁾は熱帯多雨林と熱帯サバンナ林の間の森林タイプを、常緑樹が優占する森林から順に常緑季節林、半落葉季節林、落葉季節林として区分している。森林の常緑・落葉性に基づく類似の森林タイプ分類は複数示されているが、本稿では吉良の常緑季節林から半落葉季節林に相当する常緑樹を含む森林を常緑林とし、落葉季節林のように専ら落葉樹から構成される森林を落葉林としてまとめ、熱帯季節林における常緑林と落葉林との比較を行う。一般に常緑林は落葉林と比較し、多くの階層をもち (3-4層)、林冠高が高く (20-50 m)、樹種の多様性が高い。一方落葉林は階層が単純で (1-2層)、低い林冠高 (5-25 m) と低い樹種多様性に特徴づけられる。このように常緑林と落葉林は生態的特性が大きく異なるため、熱帯季節林を常緑・落葉性に基づき比較研究するアプローチは、バイオマス推定、水文観測、植物生理生態研究など広く行われてきた。その一方で常緑林と落葉林の立地環境に関する研究は多くない。

常緑林と落葉林の立地環境の特徴のひとつは、両者が様々なスケールで混在分布することである。常緑林と落葉林の分布は広域的に降水条件と対応しており、乾季が短く年間降水量の多い地域に常緑林が成立する。また比較的湿潤な条件にある山地や丘陵

地では常緑林が卓越する傾向がある。一方低地では降水条件が類似する地域であるにもかかわらず、常緑林と落葉林が混在分布することがある。カンボジアを例にとると、メコン河の西岸と東岸域は年間降水量が同等で（図1）共に5カ月程度の乾季を含むが、西岸に常緑林、東岸に落葉林が卓越している（図2）。より狭いスケールでは、メコン西岸の常緑林帯の中にもパッチ状の落葉林が存在する。

このような類似降水気候下において、常緑林、落葉林の混在分布は何によって決まるのだろうか？ひ

とつの仮説としては、乾季における土壌の水分供給能の違いが関与すると考えられる。すなわち、乾季の蒸発散を維持する水分を土壌が供給できるならば常緑林が成立し、できないならば落葉林が成立するという仮説である。カンボジアとタイの研究事例では、乾季における土壌の水分供給能に関わる土壌特性の常緑・落葉林間の違いを実証的に示している^{3, 4, 5}。そこで次に土壌水分供給能に係る土層の厚さと土壌孔隙特性の常緑・落葉林間の違いについて述べる。

3. 土層厚と土壌孔隙特性の常落間差

土層の厚さは土壌の水分供給能を規定する重要な要因である。大貫らはカンボジアの熱帯季節林域において土壌貫入試験による土層厚の調査を行い、土層厚はメコン西岸の常緑林帯では480-1500 cm（平均930 cm）であるが、メコン東岸の落葉林帯では190-360 cm（平均260 cm）であることを明らかにした³。また村田らはタイのサケラート環境ステーションにおいてより狭い範囲に混在する常緑・落葉林下の土壌貫入試験を行った⁴。このとき平均土層厚は常緑林では135 cm、近接する落葉林では79 cmであり、常緑林下で有意に大きかった。以上の結果はいずれも、落葉林が常緑林に比べより土層厚が小さく、水分保持容量が著しく制限される土壌に分布している可能性を示している。

土層厚とともに、土壌水分の貯留、移動の場である土壌孔隙の特性も土壌の水分供給能を規定する。鳥山らはカンボジアの15の土壌断面から得た孔隙データを用い、土壌孔隙を植物に利用可能な水を保持する有効孔隙と、より粗大な粗孔隙に区分し、常緑・落葉林間で比較した⁵。その結果、有効孔隙率は常緑林、落葉林でそれぞれ0.11, 0.15 m³ m⁻³で有意差はなかった（図3）。粗孔隙率は常緑林（0.23 m³ m⁻³）が落葉林（0.12 m³ m⁻³）より有意に高く、落葉林下では明瞭に低い層位が存在した。

上述の土層厚、土壌孔隙特性の常落間差は土壌の発達程度の違いと関連している。カンボジアではメコン西岸の常緑林帯にアクリソル、フェラルソルに

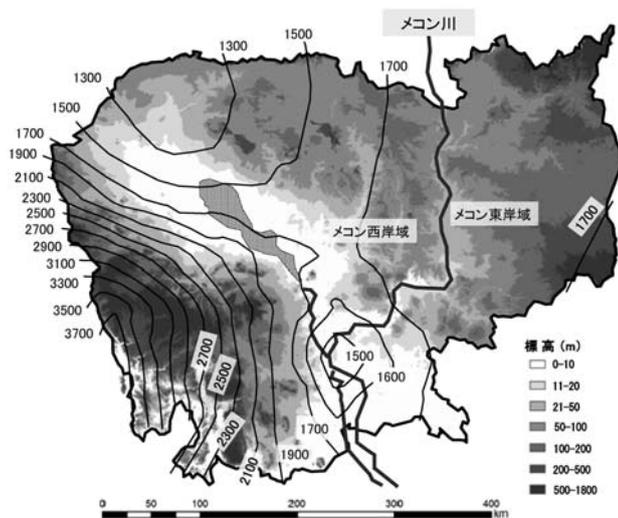


図1 カンボジアの年間降水量と標高の分布 荒木ら⁸⁾の図を改変

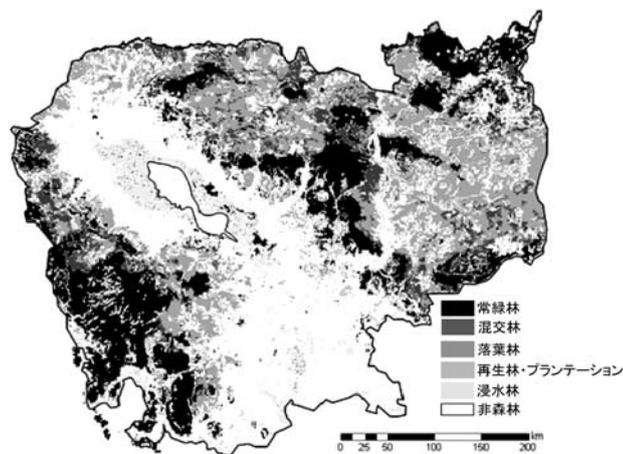


図2 カンボジアの森林タイプ分布 荒木ら⁸⁾の図を改変

代表される，石礫の少ない土層から構成された，深く発達した（200 cm 以上）土壌群が広域的に分布するが（写真1），メコン東岸の落葉林帯には石礫が多い，堅密な土層が浅い深度（70 cm 以下）に出現するプリンソソルなどの土壌群が分布する（写真2）。

4. 土壌の水分供給能と常緑林の蒸発散の関係

このように常緑林土壌は落葉林土壌と比較し，土層が厚く，粗孔隙が多い，より発達した土壌群から構成されることが明らかになった。土壌特性の違い

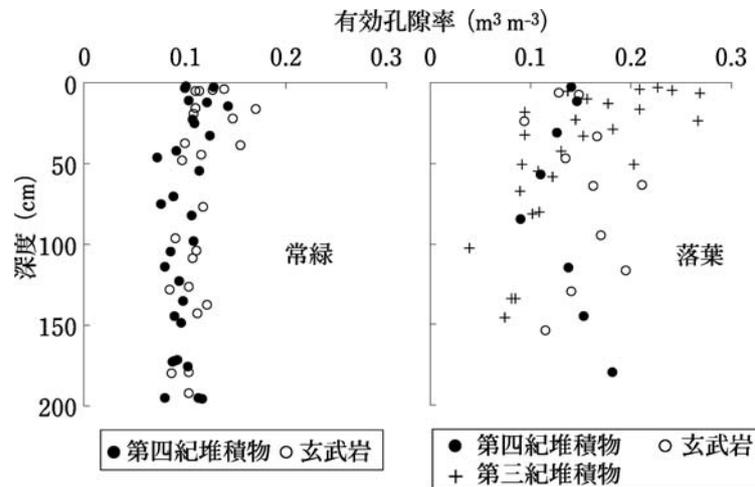


図 3 土壌の有効孔隙率の常落間比較
Toriyama *et al.*¹²⁾ の図を改変，凡例は土壌群の分布する地質タイプ



写真 1 常緑林土壌（メコン西岸のアクリソル）

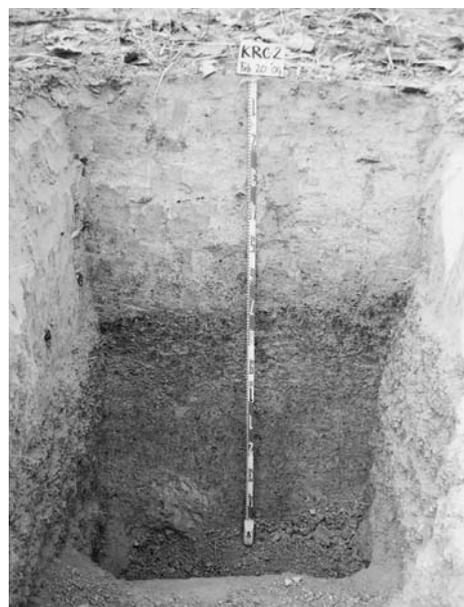


写真 2 落葉林土壌（メコン東岸のプリンソソル）

は常緑林の乾季の蒸発散に対し、どの程度の影響があるのだろうか。

ここで再びカンボジアの低地常緑林について考えてみる。同域において、降雨の全くない乾季を150日間とし、常緑林の乾季蒸発散量を観測データから 3.5 mm day^{-1} と仮定すると⁶⁾、常緑林は乾季全体で525mmの水分を土壌から得る必要がある。上述したように、メコン西岸と東岸の土層厚はそれぞれ480-1500cm, 190-360cmであり、有効孔隙率はそれぞれ0.11, $0.15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ であるから、両者を積算した有効孔隙量はそれぞれ528-1650mm, 285-540mmとなる。同様のタイ・サケラートの計算結果とあわせ表1に示した。カンボジア、タイ共に落葉林下の土壌の積算有効孔隙量は、同地域の常緑林土壌より低い傾向があり、常緑林の乾季蒸発散量を上回っていない。加えて、落葉林土壌では粗孔隙率が低い為に、乾季の進行に伴い有効孔隙へ土壌水分を再供給する能力が低くなっていることが考えられる⁵⁾。

ところで、ここまで示した森林の土層厚はすべて土壌貫入試験の結果に基づいている。カンボジアの常緑林帯では、大型土壌断面の観察も行っており、土壌の根系は深さ0-380cmで多かった⁷⁾。また同森林では深さおよそ0-400cmの土壌水分が明瞭に季節変化した⁷⁾。これらの観察結果からも、同域の

常緑林が実際に0-400cm程度の深度の土壌水分を有効に利用していると考えられる。

5. おわりに

本稿では熱帯季節林域の常緑・落葉林混在分布に対して、乾季の土壌水分環境が常緑林の分布を規定するという仮説に基づき、同域の土壌水分環境に関する研究成果を紹介した。しかし常緑・落葉林の境界域では、「土壌水分環境は常緑林の蒸散維持に必要な条件をみたしているが、実際には落葉林が成立している」というケースも存在するであろう。この場合にはおそらく、森林の常緑・落葉性決定には、蒸発散による水分損失と光合成による純生産のバランスが重要である。そこには個別の樹種の蒸散特性に加え、光合成特性、また土壌栄養塩環境など新たな要因が関わってくるであろう。気象観測タワーを用いた水循環と炭素循環の同時測定はこの課題に対する有効なアプローチである。

ところで、近年熱帯季節林域ではゴム林経営の急速な拡大に伴う森林の減少が問題となっている。この為、同域における天然生林の立地環境を広域調査により解明する機会は今後多くないかもしれない。また研究成果を気候変動下の将来予測に反映させる為の時間はもっと少ない。今後植生、気象観測、土壌などの専門家グループが現地研究者と協力し、

表1 常緑林の蒸発散量と土壌の水分貯留量

	カンボジア・メコン流域		タイ・サケラート	
	常緑林	落葉林	常緑林	落葉林
乾季の期間 (day)	150		150	
常緑林の蒸発散速度 (mm day^{-1})	3.5		0.6	
常緑林の乾期蒸発散量 (mm)	525		90	
土層厚 (cm)	480-1500	190-360	135	79
有効孔隙率 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	0.11	0.15	0.06-0.16	0.07-0.20
積算有効孔隙量 (mm)	528-1650	285-540	123	78

常緑林の蒸発散速度はNobuhiro *et al.*⁶⁾ とTanaka *et al.*⁹⁾ による。
タイの有効孔隙率、積算有効孔隙量はMurata *et al.*⁴⁾ による。

現在残っている貴重な熱帯季節林の成立機構を明らかにするとともに、その成果を速やかに現地社会に還元することを期待する。本稿を執筆するにあたり森林総合研究所の荒木誠博士に作図に関するご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表する。

〔参考文献〕 1) 吉藤奈津子ら (2009) カンボジアの在来樹種と外来樹種の蒸散特性の解明に向けて。日本熱帯生態学会ニューズレター 74: 7-11. 2) 吉良竜夫 (1983) 熱帯林の生態。人文書院。 3) Ohnuki, Y. *et al.* (2008) Distribution and characteristics of soil thickness and effects upon water storage in forested areas of Cambodia. *Hydrol. Process.* 22: 1272-1280. 4) Murata, N. *et al.* (2009) Comparison of soil depths between evergreen and deciduous forests as a determinant of their distribution, Northeast Thailand. *J.*

For. Res. 14: 212-220. 5) Toriyama, J. *et al.* (in press) Soil pore characteristics of evergreen and deciduous forests of the tropical monsoon region in Cambodia. *Hydrol. Process.* 6) Nobuhiro, T. *et al.* (2009) Evapotranspiration characteristics of a lowland dry evergreen forest in central Cambodia examined using a multilayer model. *J. Water Res. Prot.* 1: 325-335. 7) Ohnuki, Y. *et al.* (2008) Seasonal change in thick regolith hardness and water content in a dry evergreen forest in Kampong Thom Province, Cambodia. *Geoderma* 146: 94-101. 8) 荒木誠ら (2009) カンボジア中央部の平坦な低地に成立する乾燥常緑林とその立地環境。森林立地 51 (1): 1-11. 9) Tanaka, N. *et al.* (2008) A review of evapotranspiration estimates from tropical forests in Thailand and adjacent regions. *Agric. For. Meteorol.* 148: 807-819.

木材の樹種・産地識別技術シンポジウム

表記シンポジウムを下記のとおり開催しますので、皆様のご参加をお待ちしております (参加費無料)。

— 記 —

日時：平成 23 年 2 月 23 日 (水) 13:00 ~

会場：木材会館 ホール (7 階) 東京都江東区新木場 1-18-8 (新木場駅より徒歩 3 分)

主催：独立行政法人 森林総合研究所

協賛：全国木材組合連合会・木材表示推進協議会、日本木材学会

問い合わせ先：森林総合研究所 木材特性研究領域 安部 久

E-mail: woodid2011@ffpri.affrc.go.jp, TEL: 029-829-8301

発表演目

- 1) 違法伐採対策の現状と今後の取り組み 林野庁木材貿易対策室長 小澤眞虎人
- 2) 木材の樹種・産地に関する木材調達面からの企業の取り組み
双日建材株式会社経営企画室長 熊谷正二
- 3) 木材の樹種・産地判別技術の研究の現状 森林総合研究所木材特性研究領域 安部 久
- 4) DNA 分析による樹種・産地判別 森林総合研究所森林遺伝研究領域 津村義彦
- 5) 年輪幅・安定同位体比を用いた木材の産地判別 森林総合研究所木材特性研究領域 香川 聡