

論文の内容の要旨

森林科学 専攻

平成 22 年度博士課程 入学

氏 名 佐藤 貴紀

指導教員名 鈴木 雅一

論文題目 Studies on transpiration characteristic of teak plantation in northern Thailand based on sap flow measurements

(樹液流計測に基づく、タイ北部チーク林の蒸散特性に関する研究)

本研究は、タイ北部に広がるチーク人工林の蒸散特性を樹液流計測を用いて明らかにしたものである。

第 1 章では、熱帯林及び熱帯落葉林における熱、水、炭素循環研究の重要性と課題を明らかにした。そして、熱帯落葉林を対象とした水循環を評価する手法として、樹液流計測が適切であることを述べた。熱帯林は、潜熱の供給源として地球及び地域規模の気候形成に大きな影響を及ぼす。とくに東南アジアに広がる熱帯落葉林は、アジアモンスーンの影響下にあり、降水の季節変化に対応して樹冠の構造が変化するという特徴を持つ。以上のような熱帯落葉林において、着葉期間及び蒸散期間は降水の年々変動の影響を強く受けることが明らかとなっている。一方、熱帯落葉林のリーフフェノロジーは樹種間及び同種内であっても個体ごとにばらついていることが明らかとなっている。リーフフェノロジーは蒸散活動と密接に関係しているため、熱帯落葉林の水循環を明らかにするためには、個体スケールの蒸散特性に着目する必要がある。個体スケールの蒸散特性を明らかにする手法として樹液流計測が存在する。樹液流計測は、流域水収支法や渦相関法と異なり森林からの蒸散を個体スケール及び日単位から年単位の時間スケールにわたって明らかにすることができる。したがって、本研究ではタイ北部に広がる落葉性樹種であるチークの一斉人工林を研究対象とし、樹液流計測に基づいてチーク林の蒸散特性を明らかにすることを目的とする。均一な植生である人工林を対象とすることで、展葉及び落葉が蒸散特性に与える

影響を明確に示すことができる。また、チークは商用価値が高く、東南アジアを含む熱帯域において広く植栽されている。したがって、人工林施業における適切な水資源管理という観点から、チーク人工林の蒸散特性を明らかにすることは重要である。本研究では日本において重要な植林木であるスギ及びヒノキ人工林を対象とした樹液流計測も行う。スギ及びヒノキを対象とした樹液流計測は広く行われているが、樹幹内における周囲方向の樹液流動の分布についての情報は少ない。特に急傾斜地に生育するスギ及びチークを対象として樹幹内における周囲方向の樹液流動の分布は明らかにされておらず、さらに周囲方向の変動が単木蒸散量の推定に与える影響は検討されていない。

第2章では、本研究で対象とする神奈川県丹沢山地大洞沢流域に生育するスギ及びヒノキ人工林（ $35^{\circ} 28' N$, $139^{\circ} 12' E$, 標高 432-878m; 以下, 大洞沢試験地）とタイ北部ランパン近郊に位置するチーク人工林（ $18^{\circ} 25' N$, $99^{\circ} 43' E$, 標高 380m; 以下, メーモ試験地）の概要を説明した。大洞沢試験地内にある気象観測露場において気象観測が行われている。樹液流計測は北西斜面及び南東斜面（斜度 30° 及び 25° ）に生育するスギ及びヒノキを対象として行われた。メーモ試験地において、気象観測、土壌水分、葉量季節変化の観測、土層厚の計測、そして渦相関法及び熱消散法による樹液流計測について説明した。チーク林の蒸散特性を明らかにするために、2010年から2013年の3年間にわたって熱消散法による樹液流計測を行った。樹液流計測は試験地内に存在する2つのプロット（以下、プロットA、プロットB）において実施された。本試験地内に存在する高さ40mの気象観測タワーにおいて、樹冠上日射 S_d が観測されている。各プロットにおいて土壌水分観測と林床日射 S_b の観測が行われている。土壌水分観測から0-60 cmの相対的な土壌含水率 Θ_{0-60} を、 S_d と S_b から NLR を算出し、葉量の季節変化の指標とした。2つのプロットにおいて土層厚を調べるために貫入試験を行った。プロットA及びプロットBは東西に約400m離れた場所に位置する。プロットAはほぼ平坦であり、プロットBは山の麓に位置しておりやや傾斜している。貫入試験の結果、プロットA及びプロットBの土層厚（ $N_c=30$ に達したときのロッドの貫入量）はそれぞれ150から400 cm, 50 cmから150 cmであった。乾季から雨季へと移り変わる期間において、強い降水による Θ_{0-60} の上昇と、それに伴う NLR の増加が両プロットにおいて同調していた。一方、雨季から乾季へと移り変わる期間において、プロットBにおける Θ_{0-60} の減少がプロットAに比べて早い傾向が見られた。それに対応して、NLRが減少を開始するタイミングもプロットBのほうが早いという結果が得られた。

第3章では、大洞沢流域に生育するスギ及びヒノキを対象として、周囲方向における樹液流動分布を明らかにした。そして、周囲方向の樹液流動分布が単木蒸散量の推定に与える影響についての検討を行った。傾斜地に生育しているスギ及びヒノキの樹冠は斜面方向に偏った形状であることが確認された。また、周囲方向の樹液流動にはばらつきが見られ、特にヒノキにおいて大きな樹液流動のばらつきが見られた。しかし、そのばらつきと樹冠の形状との関係は明瞭ではなかった。周囲方向を考慮せずにスギ及びヒノキの単木蒸散量

を推定すると、最大で 20%及び 40%の誤差が生まることが示唆された。

第 4 章では、環孔材樹種であるチークの樹幹内樹液流動分布を明らかにした。また、露出させた辺材から直接水を吸収させた水量 Q_{act} と、同時に計測された樹液流計測から算出された吸水量 Q_{cal} との比較を行った。染色実験は、プロット A に生育する 3 本のチークを対象として行われた。もっとも高い位置まで染色された円板の観察から、染色された年輪数は 1 から 5 本まで及んでいた。道管径と樹液流速との関係から、年輪内において早材の樹液流速は晩材に比べて速いことが考えられる。さらに、複数の年輪に渡って樹液の流動が見られたことから、チーク樹幹内の樹液流動は軸方向において波状であることが考えられる。吸水実験は、プロット A に生育する 3 本のチークを対象として行われた。 Q_{act} と Q_{cal} を比較した結果、 Q_{cal} は Q_{act} に比べて過小評価であり、過小評価の割合が約 1.5 から 6.0 と個体ごとに異なっていた。また、もっとも過小評価の割合が大きい対象木は、他の対象木に比べて辺材を構成する年輪数が少なかった。樹液流センサーのセンサー幅は一定であるため、辺材を構成する年輪数が異なると、樹液流センサー上に存在する年輪数も異なる。染色実験の結果から考えられるチーク樹幹内の樹液流動分布から、辺材を構成する年輪数の違いが樹液流センサー上の樹液流動分布に大きな影響を与えていることが示唆された。

第 5 章では、樹液流計測及び渦相関法によって推定されたチーク林分蒸散量の差異を明らかにした。プロット A 内に生育している 5 本のチークを対象とした樹液流計測の結果から林分平均樹液流速を算出し、プロット内の総辺材面積を掛けることでプロット平均としての林分蒸散量 E_{sap} を推定した。渦相関法によって得られる潜熱フラックスには、チーク樹冠からの蒸散と林床面蒸発が含まれている。したがって、本調査地によって構築された林床面蒸発量推定モデルから林床面蒸発量を推定し、それを潜熱フラックスから差し引いたものが、渦相関法から推定される広域平均的な林分蒸散量 E_{eddy} であるとした。葉が繁り蒸散活動が活発な期間において、 E_{sap} は約 0.4 mm day^{-1} であり、 E_{eddy} の約 4.0 mm day^{-1} と比較して過小評価であった。しかし、 E_{sap} と E_{eddy} はよい対応を示していた ($R^2=0.71$)。したがって、チークを対象とした樹液流計測は、相対的な林分蒸散量の季節変化を調べる目的において有効であることが示された。雨季から乾季へ移り変わる期間において、 E_{sap} と E_{eddy} の季節変化を比較した。その結果、 E_{sap} が E_{eddy} に比較して相対的に過大となる傾向が見られた。樹液流計測は、チーク個体ごとの蒸散特性を強く反映していることが示唆された。

第 6 章では、土壤水分環境の異なる 2 つのプロットを対象として、個体ごとの相対樹液流速 SF の季節変化を樹液流計測によって明らかにした。プロット A においては熱消散法、プロット B においてはヒートパルス法による樹液流計測が行われた。したがって、プロット A に生育しているチーク 2 本を対象として熱消散法とヒートパルス法による樹液流計測を同時に行った。その結果、異なる 2 つの手法によって計測された樹液流速の相対値を使用して、個体ごとの樹液流動季節変化を比較することができることが明らかとなった。

プロット A において、3 年分の樹液流計測の結果から、展葉及び落葉に伴う SF の季節変化を個体ごとに明らかにした。展葉に伴う SF の増加のタイミングは、すべての個体において同調していた。一方、落葉に伴う SF の停止は、個体ごとに約 30 日間のばらつきが見られた。土壤水分環境の異なる 2 つのプロットにおいて計測された 1 年分の樹液流計測の結果から、個体ごとの SF の季節変化を比較した。SF が増加するタイミングは両プロットともに同調していた。一方、雨季から乾季へと移り変わる期間において、プロット B における SF が減少を開始するタイミング及び SF が停止するタイミングは、プロット A に比べて早い傾向が見られた。チーク樹液流動の季節変化は、チークが生育している場所の土壤水分環境の違いに対応していることが明らかとなった。

本論文を総括して第 7 章とした。チークを対象とした熱消散法による樹液流計測は、個体ごとの樹液流動季節変化を調べる方法として適していることが明らかとなった。土壤水分環境の異なる 2 つのプロットを対象とした樹液流動季節変化の比較から、チークの樹液流動季節変化は、そのチークが生育している場所の土壤水分環境によって制御されていることが明らかとなった。樹液流計測という手法を用いることで、個体及びプロットスケールにおけるチークの蒸散特性を明らかにすることができた。