

筑波森林水文試験地のスギ林分における樹幹流量の個体間差

飯田真一（森林総研）・清水 晃・壁谷直記（森林総研九州）
・延廣竜彦・玉井幸治・清水貴範（森林総研）

Abstract: To evaluate tree-to-tree variations in stemflow, we measured it for 14-trees of mature Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) during the period from July 2007 to December 2008. The maximum of accumulated amount of stemflow was 2379 L, which was about 14 times as large as the minimum value. There was the positive linear relationship between the diameter at breast height and the amount of stemflow with the coefficient of determination of about 0.5, indicating larger trees can yield larger amount of stemflow. We found that higher correlation between amounts of stemflow and crown lengths rather than between amounts of stemflow and crown projection areas or tree heights. The higher correlation implies that a cedar tree having larger number of branches can collect larger number of drips from leaves and can yield larger amount of stemflow.

Key words: Mature Japanese cedar, stemflow, tree-to-tree variation, tree size, crown length

要旨：筑波森林水文試験地内のスギ壮齢林分に生育する14個体について2007年7月から2008年12月に渡り樹幹流量を連続測定し、樹幹流量の個体間差を評価した。積算樹幹流量の最大値は2379Lであり、最小値が観測された個体の約14倍に達した。一方、樹幹流量は胸高直径との間に決定係数約0.5の正の相関を有しており、樹体が大きいほど集水機能が高い傾向にある。樹幹流量は樹冠投影面積あるいは樹高よりも樹冠長との相関がより高いことから、枝の数が多い個体において滴下雨を捕捉しやすく、樹幹流の集水機能が高い可能性が示唆された。

キーワード：スギ壮齢林、樹幹流、個体間差、樹木サイズ、樹冠長

I はじめに

森林にもたらされた降雨の一部は林冠によって遮断され、樹冠通過雨、樹幹流および遮断損失へ配分される。遮断損失量は林外雨量の10~30%に相当し（4）、森林における水循環過程の重要な要素である。遮断損失量は林外雨量から樹冠通過雨量と樹幹流量を差し引いて求められるため、林分スケールの樹幹流量の測定例は多数存在する。

林分スケールの樹幹流量は樹冠通過雨量よりも小さいものの（4）、樹冠通過雨量は面的な林床面への水分供給経路であるのに対し、樹幹流は樹木地際周辺の極めて狭い範囲に集中して流下する特徴を有する。このため、樹幹流の発生しやすい樹木の周辺では、発生しにくい樹木と比較して土壤水分量が大きい傾向が観測されており（5）、樹木の水利用特性にも影響を及ぼしうるものと推察される。さらに、樹幹流の点的な浸透によって地下水涵養が効果的になされるという報告も存在する（2）。したがって、樹幹流は森林水文過程において無視することのできない重要な要素である。

国内の山地森林ではスギとヒノキが大規模に植栽さ

れており、ヒノキ林分についての樹幹流量を含めた降雨遮断過程の観測例は多数存在する。しかし、特にスギ壮齢林の観測例は少ない現状となっている（10）。スギ・ヒノキ壮齢林では、風速が大きい降雨イベントにおいて樹幹流量が約2倍になることが報告されている（7）。しかしながら、樹木個体の特徴を表す胸高直径(DBH)や樹高(TH)、樹冠投影面積(CPA)といったパラメータと樹幹流量の関係については検討例が少ない。

本研究では、茨城県筑波山系に生育するスギ壮齢林分を対象として14個体の樹幹流量を個別に連続観測を行い、樹幹流量の個体間差とそれを規定する要因について検討を行うことを目的とする。

II 観測方法

1. 研究対象地 東経140度18分、北緯36度20分に位置し、流域面積3.8haを有する筑波森林水文試験地内のスギ壮齢林（林齢：56年生）を対象として降雨遮断プロットを設定し、観測を行った。なお、本プロットでは過去にも降雨遮断観測が行われている（3、9）。

観測対象としたスギ林分の林冠はほぼ閉鎖しており、2007年に実施した毎木調査によれば、立木密度1115本

Shin'ichi IIDA (FFPRI, Ibaraki 305-8687, Japan), Akira SHIMIZU, Naoki KABEYA (FFPRI-KYS, 860-0862 Kumamoto, Japan), Tatsuhiko NOBUHIRO, Koji TAMAI and Takanori SHIMIZU (FFPRI, Ibaraki 305-8687, Japan)
Tree-to-tree variations in stemflow amounts of Japanese cedar in Tsukuba experimental watershed

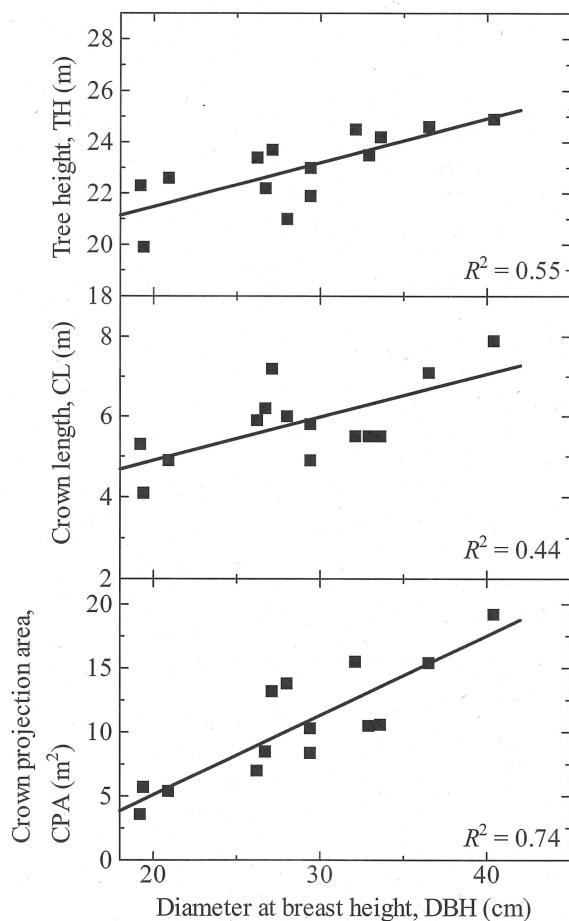


図-1. スギ供試木 14 個体における胸高直径 (DBH) と樹高 (TH), 樹冠長 (CL), 樹冠投影面積 (CPA) の関係

/ha, 平均 DBH 28.6cm, 平均 TH 23.0m である。本林分は高密度であり、樹木も大きいことが分かる。

2. 風速、林外雨量および樹幹流量の観測 林外雨量は試験地の尾根部において 1 転倒 0.2mm の転倒マス型雨量計 (Onset 社製 RG-2M) を用いて測定した。また、観測プロットに隣接する観測塔を用いて、高度 25.3m における風速を計測した。

観測対象プロット内には 14 個体のスギが存在しており、それらすべての個体についてウレタンマットを樹幹に巻きつけ、樹幹流を集水した。集水された樹幹流は、転倒マス型流量計 (1 転倒 15.7ml : 大田計器製作所製 (34-T (RA-1)) および 1 転倒 200ml : 池田計器製作所製 (TXQ-200) ならびにウイジン製 (UIZ-TB200)) を用いて計量し、発生したパルスをデータロガー (Campbell 社製 CR10X 及びマルチプレクサー SDM-SW8A) を用いて 10 分間隔で記録した。高強度の樹幹流量が発生した場合の転倒

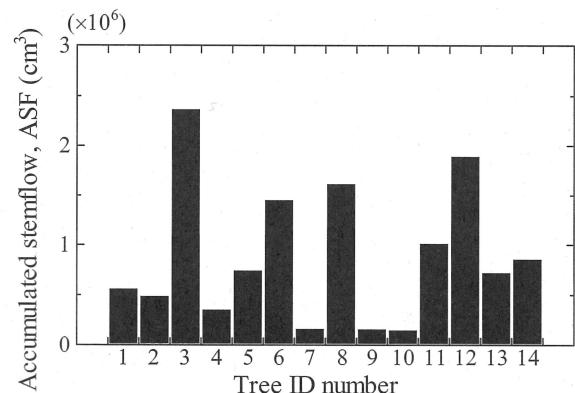


図-2. スギ供試木 14 個体の積算樹幹流量 (ASF)

マス型流量計の過小評価を既報 (6) による結果を用いて補正した。なお、降雨記録後より 12 時間が経過しても次の降雨が観測されなかった場合に、その降雨は終了したとみなした。また、2007 年 7 月～2008 年 12 月の期間を解析対象とした。

III 結果および考察

1. 供試木の樹体サイズと供試木間の樹幹流量差 観測プロット内に存在するスギ 14 個体における DBH と TH, 樹冠長 (CL), CPA の関係を図-1 に示す。なお、CL は、TH から生枝下高を差し引いた値である。DBH と樹体サイズを表す 3 つのパラメータの間には正の相関が認められる。本林分は人工植栽によるものであるが、50 年を越す年月を経て個体間競争が生じた結果、DBH は 19.4～40.4cm の範囲に分布し、最も大きな個体は最も小さい個体の 2 倍以上となっていることが分かる。更に、CPA では、その差は 5 倍以上となっている。こうした樹体サイズの違いを反映して、観測期間中に発生した積算樹幹流量にも大きな個体間差が観測された (図-2)。最も多量の樹幹流量を発生させた番号 3 の個体は、実に 2379L の雨水を集めたことになる。この量は、最も樹幹流量の小さかった個体番号 10 の 165L の約 14 倍に相当する。14 個体の積算樹幹流量の変動係数は 73% であった。

ここで、これまでの研究例を参照しながら (1, 8), 樹幹流量の個体間差に影響を及ぼす樹体サイズと気象要因を列挙する：

- ・ CPA 樹冠に遮断された雨水の一部が樹幹流となるため、CPA が大きいほど樹幹流量は大きくなる。
- ・ 枝の数と角度 枝の数が多いほど滴下雨を捕捉しやすい。また、枝葉に付着した雨水は主に重力によって移動する。したがって、鉛直に近い角度の枝を多く持つ個体で樹幹流量は大きくなる。

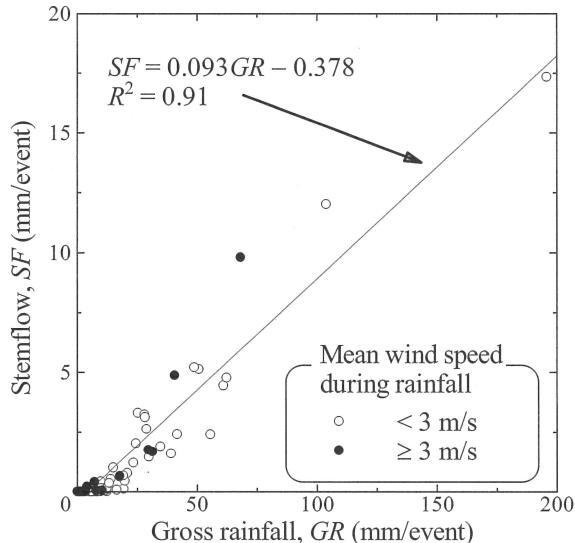


図-3. 林外雨量 (GR) と林分スケールの樹幹流量 (SF) の関係

- ・TH 同一林分を構成する樹木を比較した場合、TH が高い個体ほど雨水が到達しやすく、樹幹流量は大きくなる。
- ・降雨中の風速 風速の大きい降雨イベントでは、降雨は横殴りの雨となり、弱風時の鉛直に近い角度で落下してくる雨滴と比較して直接樹幹に到達しやすい。したがって、風速の大きい降雨時に樹幹流が大きくなる場合がある。

スギ・ヒノキ壮齡林において風速が大きい場合に約 2 倍の樹幹流量が報告されていることから (7), 本観測データについて同様の解析を行ったところ (図-3), 降雨中の平均風速が 3m 以上の場合、かつ降雨量が大きいイベントにおいて樹幹流量が大きくなる傾向がわずかながら見られた。しかし、観測プロットが位置する斜面では元来風速が小さい傾向にあり、風速との関係を結論付けるだけのサンプル数が得られなかった。今後も観測を継続し、風速の大きい降雨イベント時のデータを蓄積して検討する必要があろう。ところで、14 個体の供試木が含まれる林分スケールでは横殴りの雨が樹幹に到達しやすい傾向は認められたが、本林分の林冠はほぼ閉鎖しているために、供試木の各個体の樹幹に対して雨滴の到達度が大きく異なる可能性は低いものと推察される。以上のことから、本研究が対象とする期間については、風速による樹幹流量の個体間差への影響はほぼ無いものと考えることができる。したがって、図-2 で見られる樹幹流量の個体間差は主に樹体サイズの個体間差によって生じているものと考えられる。

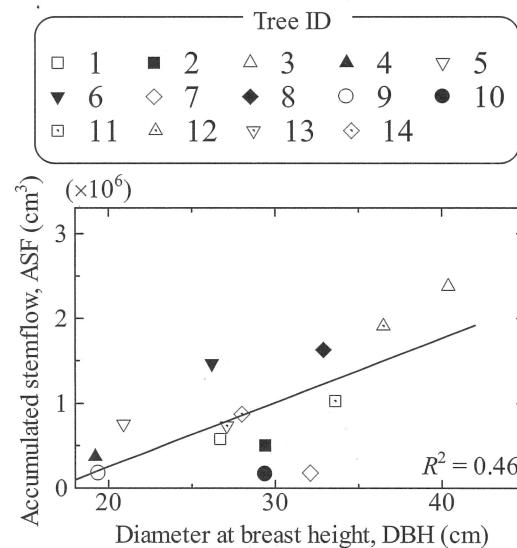


図-4. 胸高直径 (DBH) と積算樹幹流量 (ASF) の関係.

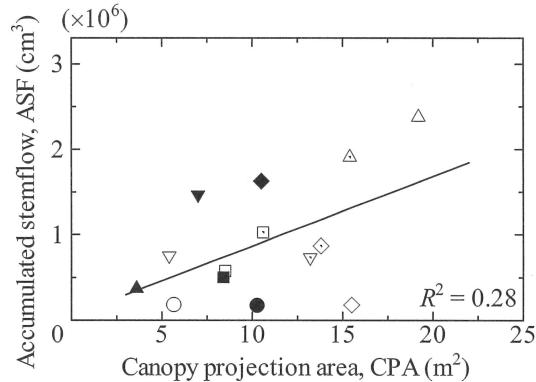


図-5. 樹冠投影面積 (CPA) と積算樹幹流量 (ASF) の関係. 凡例は図-4 と同じ

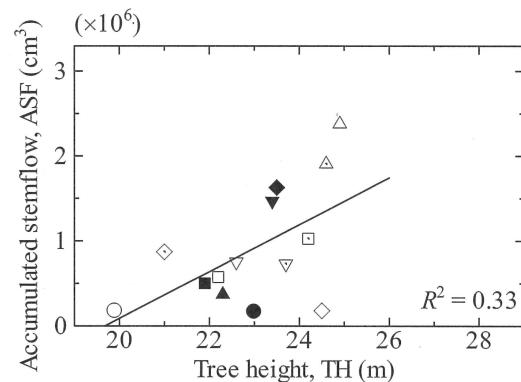


図-6. 樹高 (TH) と積算樹幹流量 (ASF) の関係. 凡例は図-4 と同じ.

2. 供試木間の樹幹流量差と樹体サイズの関係

前節において列挙した同一林分内の樹幹流量の個体間差に影響を及ぼしうる樹体サイズと積算樹幹流量との関係を検討

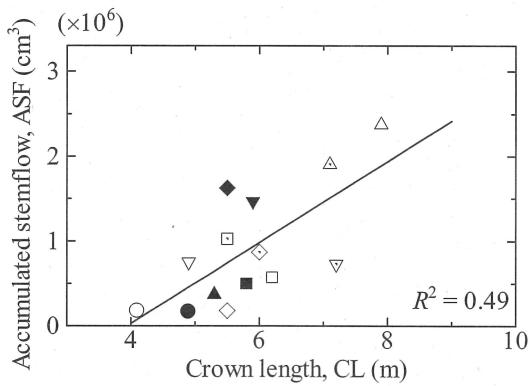


図-7. 樹冠長 (CL) と積算樹幹流量 (ASF) の関係. 凡例は図-4と同じ

する。なお、枝の数については実測値が無いため、CL が大きいほど枝の数が増えると仮定して以下の考察を行う。

まず、CPA や TH, CL と良好な相関関係を有する DBH (図-1) との関係を見てみると、決定係数 0.46 の正の相関が得られた (図-4)。このことは、林分スケールの樹幹流量を評価するための供試木の選定時において、DBH を判断材料とすることの妥当性を確認するものである。積算樹幹流量は CPA, TH, CL とも正の相関を有していたが (図-5, 6, 7), 決定係数は CL との相関において 0.49 と高く、CPA と TH との相関では約 0.3 と低い結果となつた。

樹幹流量が極めて大きい個体番号 3 と 12 は、樹木サイズパラメータがいずれも 1 番目か 2 番目に大きくなっている (図-5, 6, 7)。この原因は、CL が小さいためであると考えられる (図-7)。CL が小さい個体では枝の総数が少なく、枝葉で遮断され滴下する雨水を効率的に捕捉できないことが原因の一つと考えられる。

IV まとめ

筑波森林水文試験地のスギ壮齢林分の 14 個体を対象として樹幹流量の個体間差を測定し、その要因の推定を試みた結果、樹冠投影面積 (CPA) や樹高 (TH) よりも樹冠長 (CL) と樹幹流量の相関が高いことが明らかとなった。CL の小さい個体では枝の数が少ないと予想され、滴下雨を効率的に捕捉できない可能性がある。CL は枝の本数を反映するものとして考察を行ったが、CL は枝の本数以外にも、枝の角度や樹冠の三次元的な形状等を反映している可能性もある。測定は容易ではないが、別途、これらのデータを収集する必要があろう。また、今回考察

に用いた樹木サイズを表現するパラメータ (CPA, TH, CL 等) を組み合わせて樹幹流量を推定するモデルを構築することも視野に入れ、解析を継続する予定である。

引用文献

- (1) CROCKFORD, R. H. and RICHARDSON, D. P. (2000) Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrol. Process.*, 14 : 2903-2920.
- (2) DUROCHER, M.G. (1990) Monitoring spatial variability of forest interception. *Hydrol. Process.*, 4 : 215-229.
- (3) 細田育広・坪山良夫・志水俊夫 (1991) スギ人工林における樹冠遮断の季節変化. 日林関東支論 42 : 133-134.
- (4) 飯田真一. (2009) 植生による降雨の分配. 杉田倫明・田中 正 編著, 筑波大学水文科学研究室 著 *水文科学*. 103-117, 共立出版株式会社, 東京.
- (5) 飯田真一・角張順一・田中 正・濱田洋平・林 敦史 (2008) アカマツ・シラカシ二次林において観測された樹木の吸水深度. 関東森林研究, 59 : 261-264.
- (6) 飯田真一・玉井幸治・延廣竜彦・清水貴範・坪山良夫・壁谷直記・清水 晃・阿部俊夫 (2009) 林分の遮断損失量測定に用いる転倒マス型流量計の測定誤差とその補正. 水文・水資源学会 2009 年度研究発表会要旨集, 230-231.
- (7) 蔵治光一郎・田中延亮・白木克繁・唐鎌 勇・太田猛彦 (1997) 風速がスギ, ヒノキ壮齢林の樹幹流下量に及ぼす影響. 日林誌, 79 : 215-221.
- (8) LEVIA JR. D. F. and FROST, E. E. (2003) A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems. *J. Hydrol.*, 274 : 1-29.
- (9) 延廣竜彦・清水 晃・壁谷直記・張健軍・細田育広 (2004) 筑波森林水文試験地における遮断量の変化について—1990 年と 2003 年の比較—. 日林関東支論, 55 : 261-262.
- (10) 田中延亮・蔵治光一郎・白木克繁・鈴木祐紀・鈴木雅一・太田猛彦・鈴木 誠 (2005) 袋山沢試験流域のスギ・ヒノキ壮齢林における樹冠通過雨量, 樹幹流下量, 樹冠遮断量. 東大演報, 113:197-240.