

樹液流に着目した樹木衰退度診断技術の開発

神戸大学農学部森林資源学研究室

須藤 暁史

摘要

近年、都市において景観形成や暑熱緩和など街路樹の重要性は高まっている。その健康状態の把握に際しては、樹木医らが主観的に判断するが、現状では診断者個人の経験や力量によって基準が異なってしまうため適切な判断ができていないか不明であり、より客観的な診断法の開発が望まれる。そこで本研究では、樹幹-外気間の温度差により生じる熱の移動を熱流束密度として測定でき熱流束計を用いることで樹液流測定を行えるかを検証した。樹液流が活発になると地下水により樹幹が冷やされるといった樹幹内の温度変化をもとに、熱流束密度から樹液流を測定した。樹木にとって水は蒸散や光合成に用いられるなど非常に重要である。水は樹液流として道管や仮道管を通じて樹体内の各組織に輸送されるが、水ストレスやナラ枯れなどの樹木萎凋病による通水障害により樹液流は途切れてしまったり枯死に至ることもあり、樹液流は樹木の健康状態と直結していると言える。本実験では現在主流とされている Granier 法によって樹液流速度を測定し、基準とした。測定は神戸大学構内において、夏期から冬期にかけてメタセコイアなど計 3 樹種で行った。結果から熱流束計は特に夏期と初秋において樹幹-外気間の熱の移動を測定できており、樹液流速度の変化との相関が非常に強かった。また樹液流の活発な晴天日を選択するなど条件を整えることでさらに信頼度が上げることができるとわかった。熱流束密度を測定することで、非破壊的に樹液流を測定することが可能になることがわかった。

次に熱流束計の樹木萎凋病への応用の検証を行った。樹木萎凋病であるナラ枯れは日本の里山二次林を脅かしている樹木萎凋病であり、水分通導の停止により樹木は枯死するため樹液流の推移に熱流束計が反応すると思われた。本研究では兵庫県篠山市にて夏期から冬期にかけてナラ枯れ罹病木の熱流束密度の推移を測定した。期間内の日平均熱流束密度から樹幹内-外気間の熱収支を求めることで、冬期において萎凋木の熱収支はほぼ 0 であったのに対し、生存木では負の熱収支、すなわち期間内で樹幹が外気より冷たいことがわかった。このことから日平均熱流束密度の値から萎凋により樹液流が停止しているか、罹病しているがまだ生存しているのかを診断できる可能性が示唆された。

1.はじめに

近年、都市における街路樹植栽や緑化地造成が活発になっており、街路樹は景観形成や観光資源としての役割に加え暑熱緩和など多面的な役割を担っている。その健康状態の把握に際しては、樹木診断表をもとに葉のつき具合や萎凋などの症状から樹木医らが判断する。一方で現在の手法では診断者個人の経験や力量によって基準が異なってしまうため適切な判断ができていないか不明であり、より客観的な診断法の開発が望まれる。そこで本研究では熱流束計を用いた樹液流測定から、客観的かつ非破壊的な樹木診断の可能性を検証した。熱流束計は樹幹-外気間の温度差により生じる熱の移動を熱流束密度として測定することができる。現在主流であるが破壊的な樹液流測定法である Granier 法による樹液流速度と熱流束密度の推移を比較・検証した。本研究ではまず神戸大学構内の植栽樹木で基礎研究を行い、その後ナラ枯れ罹病木で測定を行うことで衰退木への応用を検証した。

2.調査地

基礎研究は神戸大学六甲台キャンパス（北緯 34 度、東経 135 度、標高約 200m）にて測定を行った。2012 年の年間降水量は 1254mm、年平均気温は 16.6°C（気象庁 2013）であり、クスノキをはじめとした様々な樹種が植栽されている。

衰退木への応用として篠山市矢代（北緯 35 度、東経 135 度、標高約 300m）の青木氏所有の山中にて（以下青木ファーム）測定を行った。2012 年の年間降水量は 1683mm、年平均気温は 14.4°C（気象庁 2013）であり、対象の森林は集落裏側の南側斜面に位置する。コナラ - アベマキ群集の放置二次林で林内は比較的明るく、コバノミツバツツジ (*Rhododendron reticulatum*) といった落葉広葉樹の低木種も多く見られた。当該地域はナラ枯れが蔓延しており、ブナ科樹種の大径木の多くにカシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*) による穿入孔やフラスが確認された。

3.測定方法

調査木において熱流束密度 (W/m^2)、樹液流速度 (m/s) の測定を行った。熱流束密度は熱流束計（汎用熱流センサーシリーズ S11,江藤電気株式会社：センサー面の外形寸法 $10 \times 10 \times 0.6mm$ ）によって測定した。センサーは外樹皮を内樹皮が見えるまで削り、両面テープで貼り付けた。樹液流速度は TDP センサー (TDP-30,Dynamax 社) を用いて測定した。センサー（直径 1.2mm で長さ 30mm）は上下の間隔を 40mm で樹幹に垂直に突き刺した。神戸大学構内の測定では地際 30cm、篠山市青木ファームの測定では胸高である地際 130cm に直射日光を避けるために北向きに設置した。またアルミシートとビニルシートで覆うことで直射日光と雨による影響を防いだ。調査時期と対象木には大学構内ではメタセコイア（7月）、ヒマラヤスギ（7、9、10月）、ケヤキ（10月）で測定を行い、青木ファームでは9月から12月にかけてコナラ3個体で測定した。コナラはい

ずれもナラ枯れ罹病木で、コナラはうち 2 個体で萎凋症状が見られた。

4. 結果と考察

・熱流束密度と樹液流速の相関

熱流束密度は一般に明け方から値が減少し始め（樹幹が外気より温度が低い際は熱流束密度は負の値となる）、昼頃にピークを迎えて夕方に値が上昇し、夜間には正の値となった。この推移は樹液流速の変化と同様であった（図 1）。一方で相関の強さは時期や樹種により異なっていた。最も相関が強かったのは 7 月のメタセコイアであり、樹液流速との時間差もほとんど生じていなかった。7 月ではヒマラヤスギでも高い相関があり、局時的な樹液流の上昇にも熱流束計は反応していた。次に 9 月、10 月のヒマラヤスギでの測定では、熱流束計の感度を上げるため 10 月の測定前に樹皮を 1mm 程度深めに削って測定を行った。すると 9 月よりも 10 月の方が樹液流速との相関が強くなり、時間差も短くなった。このことから感度を上げるために内樹皮も削ることは有効な方法だとわかった。一方で 7 月の測定と比べると相関はやや弱まっており、夏期のような樹液流の活発な時期の方が熱流束計は反応しやすいことが考えられた。次に 10 月下旬のケヤキの測定では相関が弱かった。これはまず測定期間に晴天日が少なく、樹液流があまり起きていなかったことが原因として挙げられ、晴天日のみを選択することで相関は強まった。加えてケヤキの植栽場所が建物や生垣に囲まれているため日中も気温があまり変化せず、樹幹－外気間の温度差が生じにくかったため熱流束計があまり反応しなかったことが考えられた。また温度差が小さかったことから日差しや風などの外的要因の影響が大きく表れたため相関がさらに弱まったことが考えられた。よって熱流束計による測定は樹液流の影響が出やすい時期や環境で行うべきであることが考えられ、できるだけ樹液流の影響が熱流束計に表れるように風などの外的要因を取り除く工夫が必要であると思われた。

総じて夏期・初秋のメタセコイアやヒマラヤスギの測定では十分に相関があり、ケヤキの測定では樹液流の活発な晴天日を選択するなど条件を整えることで相関が強まることがわかった。熱流束密度を測定することで、非破壊的に樹液流を測定することができると言える。

・熱流束計の衰退木への応用

熱流束計の萎凋木・衰退木への応用の可能性を検証した。樹木萎凋病であるナラ枯れは日本の里山二次林を脅かしている樹木萎凋病であり、水分通導の停止により樹木は枯死するため樹液流の推移に熱流束計が反応すると思われた。ナラ枯れ罹病木の実験では 1 日における樹幹－外気間の熱流束密度の平均値、すなわち 1 日の熱の出入りの和である熱収支の観点から解析を行った。Granier 法による樹液流速の測定から、コナラ 3 個体のうち 2 個体が 9 月の時点で樹液流が停止していることがわかった。期間内の日平

均熱流束密度に萎凋木と未萎凋木において有意な差があった。萎凋木の日平均熱流束密度は期間を通じて 0 に近い値、すなわち熱収支はほぼ 0 であったのに対し、生存木では日平均熱流束密度が負の値となっていた。これは萎凋木では樹液流が起きていないため外気との熱交換しか行われなかったため、熱収支が 0 となったのに対し、未萎凋木では外気との熱交換に加え樹液流により樹幹内部が冷やされるため負の熱収支となったと思われる。よって日平均熱流束密度の値から萎凋により樹液流が停止しているか、罹病しているがまだ生存しているのかを診断できる可能性が示唆された。この測定を街路樹や植栽樹に応用することで、樹液流の観点から衰退度を推定することができると思われる。

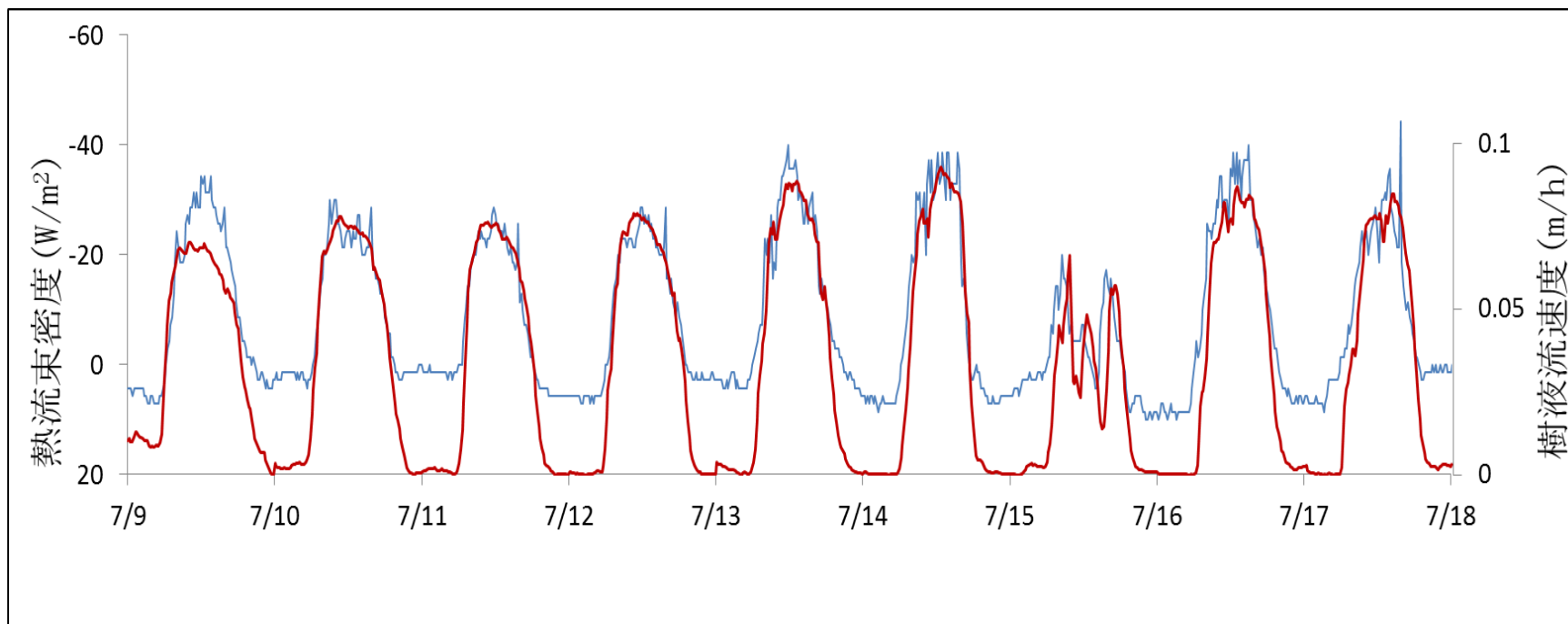


図1.熱流束密度と樹液流速度の推移 (7月メタセコイア)

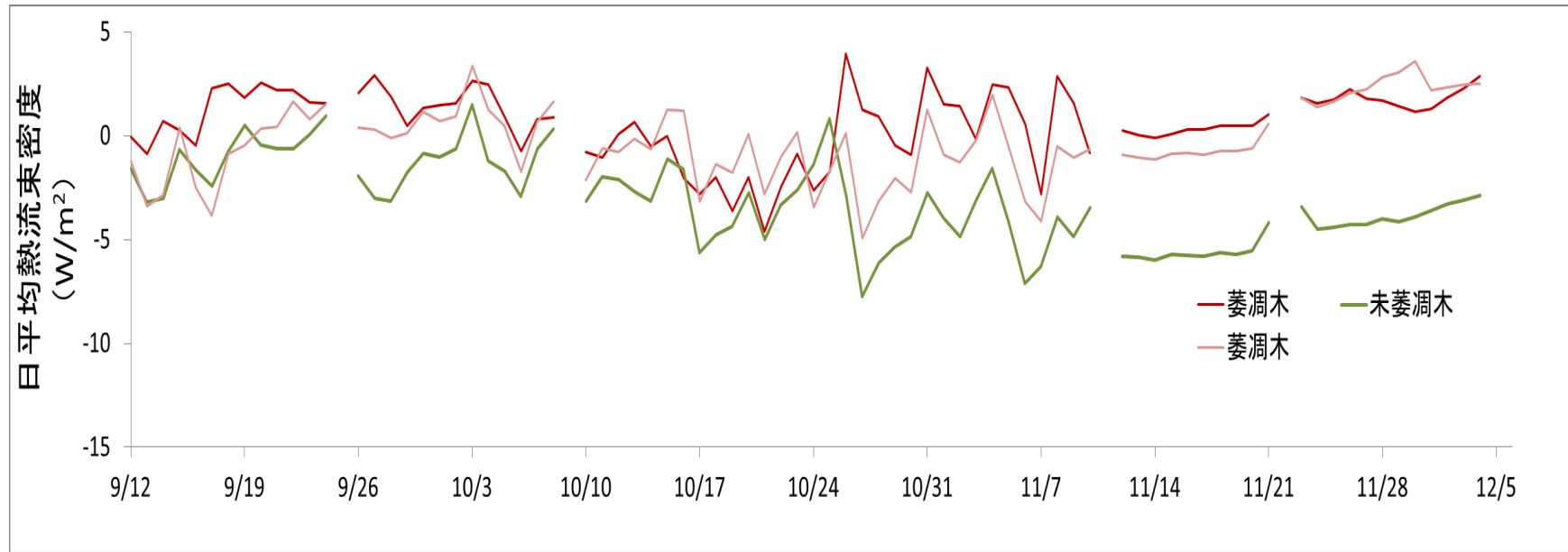


図 2. 日平均熱流束密度の推移 (篠山市コナラ)