

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 10 月 1 日現在

機関番号：82677
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2012～2014
 課題番号：24580062
 研究課題名(和文) ライシメーター法による実大樹木の蒸散量計測によるヒートアイランド対策への展開

 研究課題名(英文) Development to reduction of heat island phenomenon by measuring real large tree transpiration rate by lysimeter method

 研究代表者
 手代木 純 (TESHIROGI, JUN)

 公益財団法人都市緑化機構・都市緑化技術研究所・主任研究員

 研究者番号：70537026

 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：都市部のヒートアイランド対策に有効な樹木，とりわけ単木の温熱環境改善効果を客観的に明らかにし，正しく評価していく必要がある。

本研究は，実大高木の蒸発散量の測定が可能な新たな重量計(最大秤量3t,測定精度100g)を考案し，直接重量変化を計測して蒸散量を正確に把握できるライシメーター法により樹木単木の蒸発散量を長期にわたって計測した。

夏季のケヤキ単木の測定では，日中の12時間で最大44.6kg蒸散が行われた。また年間を通じた蒸散量の傾向を把握したほか，現場における個葉レベルの蒸散量測定法として広く用いられているポロメーターを用いて，重量計と同時に同一樹木を測定し比較した。

研究成果の概要(英文)：Urban forestry plays a major role in the mitigation of hot urban environments. This research has developed a new type of weight scale able to measure the amount of evapotranspiration from a large, full-sized tree (maximum weighing capacity 3t, measurement precision 100g), and is using the large-sized scale to carry out long-term measurements comparing the evapotranspiration of individual trees and those located in forests.

Measurements of the individual Zelkova serrata tree specimen in a temperate region of Japan during the summer season showed a maximum evapotranspiration of 44.6kg within a 12-hour daytime period. The trend of transpiration rate through the year has been shown, and the study compares the data with the previous data were further considered for the cause of the low value. Furthermore, we measured transpiration by Lysimeter (L) and Porometer (P) in 12 hours of daytime in mid-summer.

研究分野：環境農学(含ランドスケープ科学)，都市緑化樹木，緑地評価

キーワード：ヒートアイランド対策 蒸発散量 蒸散量 都市緑化樹木 実測 ライシメーター法 ポロメーター ケヤキ

1. 研究開始当初の背景

都市の低炭素化の促進に関する法律やヒートアイランド対策大綱などにおいて、緑化の推進が国の施策に位置づけられ、こうした分野への調査研究が推進されている。中でも、樹木には蒸発散作用による潜熱消費により気温を低減させる効果があり、そのため緑化により地表面や建築外装材料を被覆することは都市のヒートアイランド現象の緩和対策として有効とされている。また、都市内の緑地は夏季において潜熱の発生に相当程度効果を発揮していると考えられている。しかし、庭木のような単木は森林の木の動きとは異なり、そのメカニズムの詳細は把握されておらず、都市樹木の温熱環境改善効果については、客観的なデータが非常に不足している状況であった。

2. 研究の目的

本研究の目標は、成木の単木スケールでの蒸発散量測定データを、特に夏季の効果を重視しつつ通年で計測すること、緑によるヒートアイランド緩和効果に効果のある配置や密度を推計する基礎データとして活用することの2つである。

緑化植物による蒸発散量の推定や放射熱量の定量的な緩和効果について、基礎的データの蓄積を図ることは大変重要な課題であるが、高木を単木で蒸発散量を実測した研究成果はこれまで見られなかった。そこで、重量法による高木の蒸発散量の実測を通年で行うとともに、これまでに行われてきた推計法などの手法との比較を行い、実測値とどの程度の差があるかについて、検証した。

3. 研究の方法

本実験の供試木は、ケヤキ (*Zelkova serrata*) を用いた。設置時点での供試木は、樹齢約 10 年、総重量は 774kg (根鉢部分を含む)、樹高 7.0m、枝張り幅 3.4m、目通り周 50cm、根鉢深 0.8m であり十分に生長した成木状態であった。

本実験では、ケヤキを植栽したコンテナ樹木の試験区 (以下、ケヤキ区) と、土壌のみを充填した、土壌からの重量変化を量るための同一のコンテナ (以下、対照区) を設置した。(写真 1、2、図 1)

重量計は、定格荷重 1t、精度 100g のロードセルを 3 基用い、その合計の 3t を最大積載荷重とした。また、周辺環境測定として、気温、湿度、日射量、コンテナ内の土壌水分量等を計測した。

これまでに行われてきた蒸発散量の推計手法として、ポロメーターによる個葉の測定を行い、全葉面積量を測定して樹木全体の蒸発散量を推定した。



写真1 試験体(ケヤキ区) 写真2 試験体(対照区)

No	植栽内容	設置場所
1	ケヤキ(樹高7m, 目通周 50cm 以上)	周辺樹木なし
2	樹木なし(土壌の充填のみ)	周辺樹木なし

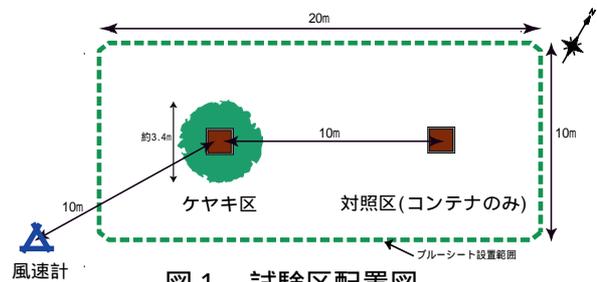


図1 試験区配置図

4. 研究成果

(1) ケヤキの年間蒸散量

本実験において樹木の呼吸による蒸散量を求めるため、コンテナ土壌面からの土壌水分の蒸発量を測定した。本実験では小野ら(2006)の既往研究にならい、対照区による計測結果を差し引くことで供試木の蒸散量とした。なお、重量測定値に関して風圧による影響が考えられたが、計測時の値の変化を確認した結果、大きなばらつきは見られなかったことから、記録値の結果を採用した。

年間の測定結果のデータを確認した結果、樹木の蒸散による重量変化は午前7時頃より19時頃まで一時間あたり2~6.5kg程度減少し、日没以降は蒸散による減少は無くなり、翌朝7時頃まで変化がほとんど見られなかったため、計測期間中の当日7時の値から19時までの値を引いた値を当日の樹木の蒸散量とした。日中に降雨や灌水を行った場合は7時の値が19時より軽くなりマイナスとなる。季節変動について、樹木の着葉期間は 2012

年が11月末まで、2013年は4月初旬から芽吹いており、この間の落葉期間中の蒸散量はごく少ない。

一日の蒸散量について、着葉期の晴天日における蒸散量は、秋季：10kg以上20kg以下、春季：20kg以上25kg以下、夏季：25kg以上45kg以下であった。気象庁によれば2013年の当該地方は7月6日ごろに梅雨明けしたと見られると発表され、それ以後7時-19時の蒸散量が30kg以上を記録した日は21日あった。期間中通しての蒸散量の最高値は2013年8月14日の44.6kgであった。

年間の土壌水分量の傾向は、対照区は年間を通じて35%前後で推移しており、40%を超えることは稀であった。一方、ケヤキ区は秋季においては対照区よりもやや多い40%を超える範囲で推移し、冬季は40%でほぼ横ばいであった。ケヤキ区、対照区とも降雨による影響で一時的な増加が見られるが、1.で述べたように降雨後の重量増加後には、重力水が落ちてからの測定値を用いて考察した。

一方、芽吹き期になると一時的に水分が減り、3月の後半からは10%以下で、4月は10~25%の幅で変化した。5月後半以降は降雨などの影響で40%の値を回復し、6月以降の夏季は、30~40%の範囲で推移していた。

年間傾向を一覧にすると、表-1の通りとなった。

表-1 ライスメーターによる供試木(ケヤキ)の季節毎の蒸散量

時期	供試木の蒸散量 (kg/day)	樹冠面積あたり蒸 散量(mm/m ²)
夏季(猛暑日)	36~44	4.0~4.8
夏季(梅雨明け後)	30~40	3.3~4.4
梅雨期	25~30	2.7~3.2
春季	20~25	2.2~2.7
秋季	10~20	1.1~2.2
冬季	0~5	0~0.5

(2) 夏季のケヤキの蒸散量の変化

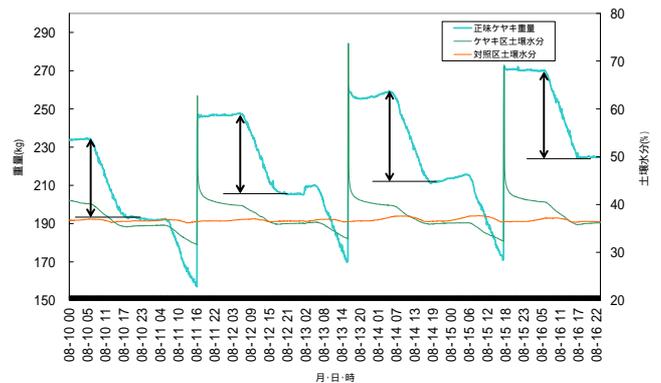
2013年夏季において、もっとも気温の高かった8月11日(現地測定値で最高気温41.8)および前後の期間の試験区の重量変化および土壌水分の状況を図-2に示す。図中の矢印部分が蒸散による重量減少分である。

この期間中、11日、13日、15日と1日おきの夕方にケヤキ区へ200リットルずつ灌水を行っており、重量および土壌水分の値が跳ね上がっていることから確認できる。灌水を行うまでの二日分の変化量は、10日から11日までに76kg、12日から13日までに77kg、14日から15日までに86kgあり、含水率が30%以上あればコンスタントに蒸散が行

われていることが確認できた。

また日射量との関係では日射量の増加に伴って蒸散量が増加していくことが示唆された。(図-3)

図-2 蒸散量および含水率の変化



(2013.08.10 ~ 2013.08.16)

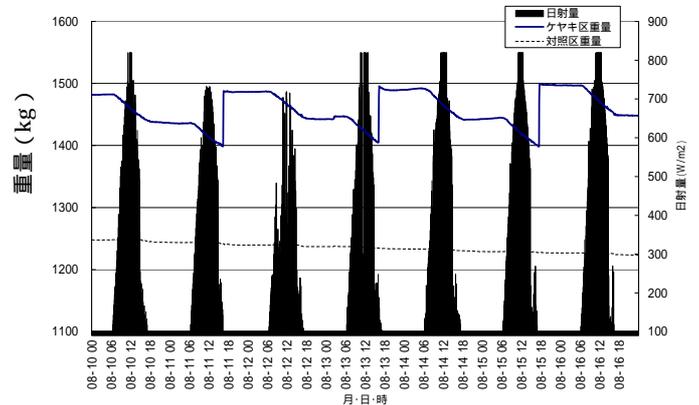


図-3 重量変化と日射量

(2013.08.10 ~ 2013.08.16)

(3) 蒸散量の時間別変化

一例として、2013年夏の測定において、蒸散量が30kg日-1本-1以上を記録した現地の最高気温が35.0以上の猛暑日を記録した7日分を抽出して、蒸散量、気温、飽差の1時間毎の平均をとったグラフを図-4に示す。

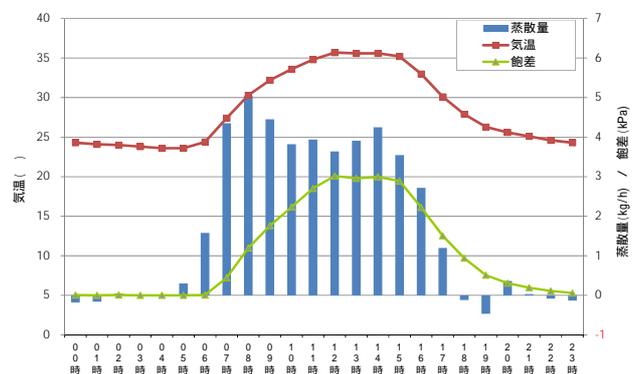


図-4 猛暑日における蒸散量、気温、飽差(VPD)の一

時間毎のアンサンブル平均(2013年8月)

蒸散量は、午前8時台に一日のピークがあり、12時頃に落ち込むが午後再び活発になる状況で、一日の蒸散量の変化は一定ではなかった。既往研究で報告されている「昼寝現象」や「日中低下」といわれる状況が確認できた。

気温と飽差の関係は、上昇と下降の関係が揃っているほか、気温が35を越えて維持する11時台から15時台にかけて、飽差も3kPa前後を維持する。その間の蒸散量は12時台から15時台にかけて増加している。このことは、供試木は猛暑日であっても通常に植栽された状態と同様の水分供給が、根から幹、枝葉になされていたものと考えられる。

(4) ポロメーター法とライシメーター法の測定値の比較

ポロメーター法による蒸散量は、測定した四方向全ての蒸散量の値を平均し、その値と供試木の総葉面積を掛け合わせ、供試木全体の蒸散量を推計した。

全葉面積量を測定するため、総葉枚数およびサンプル葉による平均葉面積を求めた。総葉枚数の調査方法は、落葉前に樹冠外周に竹で作成した支柱に寒冷紗で作成した幕を逆円錐形に取り付け、落葉後に下部に溜まった葉の枚数をカウントすると共に、幕の設置時に落葉している葉を回収しカウントした。

供試木の総葉面積量は18.37m²であった。

ポロメーター法の3回の測定日のうち、最高気温が35以上の猛暑日となった8月7日の測定結果について、同じ猛暑日のライシメーターの値との比較を行った。

8月7日の測定は、午前が9:30~11:30、午後が14:00~16:00の間に行った。これらの時間帯における1時間あたりの蒸散量は、午前2,964g/h、午後2,881g/hであった。

これを、それぞれ午前(6~12時)、午後(12~18時)の代表値として6倍し、ライシメーター法による蒸散量の各時間帯の積算値と比較した。比較の結果、午前と午後を合計した全日(6~18時)の12時間のポロメーター法による推計値とライシメーター法による実測値は、0.83:1.00となった。(表-2)

表-2 ポロメーター法の推定値とライシメーター法の測定値の比較

単位:kg/本

時間帯	午前	午後	全日 (12h)	比率
	(6-12)	(12-18)		
ライシメーター	23.18	19.29	42.47	1.00
ポロメーター	17.78	17.26	35.04	0.83

5. まとめ

本研究により、当初の目標であった成木の単木スケールでの蒸発散量測定データを、特に夏季の効果を重視しつつ通年で計測し、基礎データが収集できた。今後の、緑によるヒートアイランド緩和効果に効果のある配置や密度を求めていく際に応用することが可能である。

本研究は、様々な植物の有する温熱環境改善機能を、環境性能を評価するシステムに適切に採り入れられることを念頭に、樹木単木による蒸発散効果を実大高木により把握した。これにより、客観的なデータに基づいた都市の樹木の温熱環境改善効果の定量的な説明に道筋が示せた。さらに単木の蒸発散機構において、隣接樹木が存在しない、例えば森林の条件下とは異なる量であることを説明する有力な基礎データとしても役立つ。

今後、ライシメーター法による季節毎、時間帯毎の蒸散量の測定データの蓄積を進め、ポロメーター法による測定時刻との関連性をより明らかにすれば、瞬間値であるポロメーター法の値から、正確な樹木全体の蒸散量を推計できる可能性が示された。

今後は単木の状態だけでなく、複数による樹木の樹木群の場合での効果の違いを同時に測定し、比較できるようにする予定である。

また本実験は地上に植栽した成木レベルを想定したライシメーター法による結果であるが、一定の植栽基盤を持つ人工地盤や屋上緑化における湿潤重量の変化や灌水適期の把握にも発展できる可能性が考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5件)

手代木 純・柳 雅之・内田 大貴(2015). "ライシメーター法とポロメーター法を用いた単葉からの実大樹木蒸散量推定の可能性の検討." 日本緑化工学会誌第41巻1号: 181-186

手代木 純. (2014). "ライシメーター法による実大高木樹木等の蒸発散量の把握." 環境情報科学学術研究論文集 (28): 143-148

手代木 純, 内田, 大貴, 弓野, 沙織, 柳, 雅之, 持田, 灯 (2014). "40548 実測に基づく実大高木樹木の蒸散量の評価(その1): 長期測定結果に基づく各季節の蒸散量と日射量と風速の影響の検討(緑化・生態系(2), 環境工学 1, 2014 年度日本建築学会大会(近畿)学

術講演会・建築デザイン発表会)." 学術講演梗概集 2014: 1137-1138.

手代木 純, 弓野, 沙織, 市林あゆみ, 柳, 雅之, 内田, 大貴, 持田, 灯 (2015). "40354 実測に基づく実大高木樹木の蒸散量の評価(その2) 夏期短期実測に基づく蒸散量と気象条件の測定結果), 環境工学 1, 2015 年度日本建築学会大会(関東)学術講演会・建築デザイン発表会)." 学術講演梗概集 2015

市林あゆみ, 弓野, 沙織, 内田, 大貴, 持田, 灯, 手代木 純(2015). "樹木の蒸散による気温低減効果の影響範囲の分析." 環境工学 1, 2015 年度日本建築学会大会(関東)学術講演会・建築デザイン発表会)." 学術講演梗概集 2015

〔学会発表〕(計 4 件)

手代木 純・柳 雅之・内田 大貴(2015). "ライシメーター法とポロメーター法を用いた単葉からの実大樹木蒸散量推定の可能性の検討." 日本緑化工学会第 46 回大会 (20150927)日本大学生物資源学部

手代木 純, "ライシメーター法による実大高木樹木等の蒸発散量の把握." 環境情報科学センター(20141216)日本大学会館

手代木 純, "実大高木の蒸発散量の把握研究." 都市緑化フォーラム 2014 ~ 都市緑化の未来に向けて ~ (20141212) 日比谷コンベンションホール

手代木 純, 内田, 大貴, 弓野, 沙織, 柳, 雅之, 持田, 灯 (2014). 実測に基づく実大高木樹木の蒸散量の評価(その1): 長期測定結果に基づく各季節の蒸散量と日射量と風速の影響の検討, 2014 年度日本建築学会大会(近畿)学術講演会(20140912)神戸大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

手代木 純 (Jun TESHIROGI)

都市緑化機構・都市緑化技術研究所・主任研究員

研究者番号: 70537026

(2) 連携研究者

輿水 肇 (Hajime KOSHIMIZU)

明治大学・農学部・教授

研究者番号: 60012019