

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	都市熱環境予測のための樹木の蒸散特性の計量化と数値モデル化
Title(English)	Quantification and numerical modeling of tree transpiration characteristics for predicting urban thermal environment
著者(和文)	清野友規
Author(English)	Tomoki Kiyono
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10520号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:浅輪 貢史,田村 哲郎,木内 豪,神田 学,大風 翼,小林 秀樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10520号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

# 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	清野 友規	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	浅輪 貴史	准教授	大風 翼	准教授
	審査員	田村 哲郎	教授	小林 秀樹	特任准教授
		木内 豪	教授		
神田 学		教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「都市熱環境予測のための樹木の蒸散特性の計量化と数値モデル化」と題し、以下の7章から構成されている。

第1章「序論」では、ヒートアイランド現象の一因とされる土地被覆面からの潜熱量の減少が都市熱環境に与える影響を論じた上で、庭木や街路樹、屋上緑化などの、孤立環境にあり土壌容積の小さな都市特有の緑化樹木の蒸散を研究対象として定めている。現状の課題として、緑化空間設計・灌水計画で必要な単木スケールでの蒸散量の定量的実態が明らかでない点、および蒸散の生理的制御を表現するパラメータである気孔コンダクタンスの予測方法が確立されていない点を指摘している。さらに、樹木の熱環境調整効果を評価するには、蒸散に加えて土壌蒸発と放射環境が気温に与える影響を考慮することの必要性を述べた上で、研究目的と論文構成を示している。

第2章「長期的なケヤキの水収支計測に基づく単木の蒸散特性の把握」では、土壌容積の小さい孤立樹木において、蒸散量を決定している環境物理的・植物生理的要因を把握することを目的として、様々な気象・着葉条件を含んだ長期的なケヤキ供試木の水収支計測結果を分析している。まず、ライシメータ法による高木の蒸散計測の課題であった風圧や降雨による誤差の問題を解決するために、時系列解析を用いたデータ品質管理方法を提案し、1時間以下の分解能での定量的評価を実現している。孤立樹木では葉面境界層抵抗の影響が小さいために飽差の影響が卓越すること、経年変化による葉面積の増加が蒸散量の増大につながらなかったことを明らかにし、街路樹のような土壌容積の小さな条件下では樹木の水供給能力が蒸散を制限する可能性が高いことを考察している。

第3章「複数樹種の計測に基づく単木蒸散能力と形態的・生理的特徴の関係分析」では、樹木の形態的・生理的特徴のうち、蒸散予測に利用可能な情報を分類するために、土壌容積を統一した上で、晴天・灌水条件での全11種の供試木の蒸散能力を分析している。まず、短期間での複数個体の蒸散計測を実現するために、手動で操作・着脱可能な吊り下げ式重量計を提案し、時系列解析を用いてこの重量計が1時間単位の蒸散量を十分な精度で推定できることを示している。更に、可能蒸発量比の分析から、供試木のサイズの範囲においては樹冠投影面積や幹直径などの形態的特徴の影響が明確でなかったこと、太い道管径を持つ環孔材樹種の蒸散能力が他に比べて有意に大きかったこと、既往の温帯広葉樹林の結果と比べて、孤立環境にある供試木間では蒸散量の差異が大きかったことを明らかにしている。

第4章「蒸散予測を目的とした簡便な Soil-Plant-Atmosphere Continuum モデルの構築」では、緑化樹木の熱・水収支を予測可能で、かつ省パラメータな土壌-植物-大気系 (SPAC) モデルを構築するため、既存の複数のサブモデルを組合せ、予測能力を比較している。まず、街路樹や屋上緑化の予測では土壌容積・土壌種が既知とみなせること、根の鉛直分布と土壌水理特性は既存のデータベースが利用できる点に着目し、植物体内の水理的・生化学的過程に基づく気孔コンダクタンスモデルと土壌-根の接触界面の効果予測する根の吸水モデルの組合せを提案し、従来の SPAC モデルと比べてパラメータ数を半減出来ることを示している。更に、第2章のケヤキ供試木を対象とした灌水停止実験の再現計算を行い、提案モデルは、気象予測のために簡略化されていた従来の経験的モデルに比べて入力パラメータの不確実性に対する依存度が低いことを明らかにしている。

第5章「気孔コンダクタンスパラメータの実用的な定量化方法の提案」では、経験的校正が必要な気孔コンダクタンスを効率的に定量化する方法を提案している。まず、気孔コンダクタンスパラメータが最大蒸散能力と気象条件への応答特性に分離できることを示し、最大蒸散能力は日単位の蒸散計測から推定可能である点、都市緑化樹木では気象応答特性に関して放射環境の三次元性の影響が顕著となる点を考察している。第2・3章の供試木を対象に、葉面積密度分布の計測結果に基づく樹冠吸収放射量を計算し、複数のパラメタリゼーション方法を比較した結果、最大蒸散能力と樹冠形態を個体ご

とに較正すれば、気象応答特性の個体差は平均化しても蒸散予測への影響は限定的であることを明らかにしている。

第6章「蒸発散による緑化空間の熱環境の予測評価」では、日射・樹木蒸散・土壌蒸発の相互作用を考慮した上で各要因が緑化空間における熱・水収支と気温に与える影響を評価することを目的として、提案モデルとそのパラメータを導入した予測計算を行っている。その結果、日射遮蔽が不十分な条件下で樹木蒸散によって土壌水分が減少した場合には、土壌の高温化によって生活高さの気温が上昇しうることを示し、灌水計画と熱環境を同時に検討することの重要性を論じている。また、気孔コンダクタンスの差異によって樹冠付近の気温が1℃以上変化する予測結果に基づき、樹冠を通過した空気が滞留するような空間配置では孤立樹木に比べて蒸散の影響が増大することを示している。

第7章「結論」では、各章で得られた知見と結果を総括して結論を述べるとともに、今後の課題を示している。

以上要するに、本論文は、緑化樹木の蒸散特性を計量化・モデル化する方法を構築することで、樹木による緑化空間の熱環境調整効果を定量的に予測評価することを可能としている。この成果は、緑化樹木の蒸散研究にとって重要な知見をもたらすとともに、都市の緑化空間設計にも資するものであり、学術上のみならず応用上も貢献が大きい。よって本論文は、博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。