

氏 名	か 花 だいら 平 あい 愛
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2724 号
学位授与の日付	平 成 18 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 環 境 地 球 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	樹木の蒸散作用による建物周辺の温熱環境改善予測手法に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 吉 田 治 典	教 授 高 田 光 雄	教 授 中 北 英 一
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、樹木の蒸散作用による集合住宅周辺の温熱環境改善を目指し、樹木の蒸散作用による気候緩和効果の予測手法について検討を行ったものであって、8章から成り立っている。

第1章は序論であり、研究の背景と目的、さらに本論文の構成について説明している。具体的には、集合住宅のようなミクロな空間の温熱環境を緑化により改善することが重要となり、樹木の気候緩和効果を現実的に精緻に定量化するために、植物生理特性を考慮した蒸散作用モデルの重要性について論じ、従来のモデルの問題点および農学や水文学分野との違いについて述べ、建築分野に適応した予測手法について説明している。

第2章では、樹木と建物間の空間に着目し、集合住宅における冬季と夏季の屋外の温熱環境を実測し、樹木が気温、絶対湿度の鉛直分布に与える影響について検討を行い、夕刻になると緑陰周辺においても気温が低くなり、ミクロなスケールにおいても樹木の暑熱緩和効果が緑陰周辺に及ぶこと、および樹木の日射遮蔽が土壌の蒸発を抑制し、地表面の昇温と若干の湿度の上昇を緩和することを見出した。

第3章では、樹木の蒸散が樹木と建物の間の温熱環境に与える影響の実態把握を目的とし、気温、湿度、蒸散量や葉の量について実測し、建物近くの気温は、地表面付近で最も高く、高さとともに下がる分布を示し、樹木によって冷えた空気が樹木側から建物側へ流れることにより建物近くの気温力場位置で低下し、降雨後の気温低減効果が大きいという結果を得た。

第4章では、列植された樹木の中の単木を対象とし、隣木と対象木および葉と建物の画像の分離方法を開発した。そして、直接法で求めた葉面積密度と比較して、改良した間接法の推定精度を検討し、単木の葉面積密度の間接法が妥当であることを示した。

第5章では、様々なパターンで植栽した緑化の気候緩和効果を評価することを目的として、常緑樹（モッコク、サザンカ）、落葉高木（ケヤキ）の気孔コンダクタンスモデルのパラメータを決定した。既往研究と比較して各樹種の同定したパラメータが妥当であることを確認し、ケヤキとサザンカは7～10月、モッコクは7～11月の間で同一のパラメータに集約できることを示した。

第6章では、市街地の土壌水分状態が気孔の開閉度合いにどの程度影響を及ぼすのかを検討し、土壌の乾燥によるストレスを考慮した気孔開閉のモデル化を行っている。常緑樹を対象に、土壌の乾燥時と湿潤時における気孔コンダクタンスと土壌体積含水率の日変化を実測した。土壌水分特性曲線を求め、この関係を用いて、土壌体積含水率をマトリックポテンシャルに変換し、これを環境因子として気孔コンダクタンスモデルの土壌の水分ストレス関数のパラメータを決定した。このパラメータを用いて推定した結果、土壌の水分ストレスによる気孔コンダクタンスの低下をおおむね再現できることを示した。また、土壌が乾燥すれば気孔が1/2程度に閉じるのは1カ月のうち15日であるという結果を得た。

第7章では、自然環境条件で生育した樹木を対象として蒸散量を実測し、既往のモデルを用いて植物生理特性を考慮した樹木の蒸散作用モデルを構築した。そして、植物生理特性を考慮した樹木モデルと濡れ面モデルによる樹木モデルをそれぞれ

れ CFD 解析に組み込み、樹木周辺の気流、気温、湿度分布の予測を行い、実測結果と比較・検討した。その結果、植物生理特性を考慮した樹木モデルでは、実測結果と同様の気温鉛直分布や時刻時に蒸散量が減るという生理現象をシミュレートできることを示した。このモデルと 5～6 章で得たパラメータを用いて、樹木のサイズや樹種、配置を変えてシミュレーションを行い、樹種の違いによる気温低減効果を示した。

第 8 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、樹木の気候緩和効果による集合住宅周辺の温熱環境改善を目指し、蒸散作用による気候緩和効果の定量的な予測手法に関する研究成果をまとめたものである。以下に得られた成果の概要を示す。

1. 樹木の蒸散が、樹木と建物の間の温熱環境に与える影響の実態を把握することを目的として、気温、湿度、蒸散量を実測し、その結果、樹木によって冷やされた空気が建物近くの気温低下に深く関与していることなどを示した。
2. 植物生理特性や葉面積密度の分布を考慮した樹木モデルを CFD シミュレーションに組み込み、シミュレーション結果と実測値とを比較して予測精度を検討した。その結果、シミュレーションは実測で得られた鉛直気温分布や日射の減少にともなう蒸散の低下を再現し、様々な環境条件における樹木の気候緩和効果を精度よく予測できることを示した。
3. 植物—大気間の水蒸気交換過程で重要なパラメータとなる葉面積密度を既往の推定法を基に、間接的に求める方法を提案した。
4. 様々な樹木を配置した場合の気候緩和効果の評価を行うことを目指し、植物生理特性のパラメータを代表的な樹種について求め、既往研究と比較してその妥当性を示した。また、窓をよく開放し、樹木の緩和効果を享受できる夏期と中間期（7～10月）の温熱環境改善予測には近似的に同じパラメータ値を用いてよいことを示した。
5. 従来モデルでは考慮されていなかった土壌の水分欠乏が蒸散作用に与える影響を考慮して、気孔の開鎖機構を組み込んだモデルを同定し、実測値と比較してモデルの妥当性を示した。

以上、本論文は、植物—大気間の水分交換過程を 3 次元解析に組み込むための様々なモデルを実測を基に構築し、緑化による集合住宅周辺の温熱環境を予測し改善するために利用可能な手法を提案したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。