

氏 名（国籍）	おう 王	るい 蕊（中 国）
学 位 の 種 類	博 士（農 学）	
学 位 記 番 号	博 甲 第 5034 号	
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当	
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科	
学 位 論 文 題 目	Evaluation of Cooling Performance and Characteristics of Air-Distribution in a Pad and Fan Cooling Greenhouse （パッドアンドファン冷房温室の冷房性能および室内空気分布特性の評価）	
主 査	筑波大学教授	博士（農学）
副 査	筑波大学教授	農学博士
副 査	筑波大学教授	農学博士
副 査	筑波大学教授	博士（農学）
		山 口 智 治
		佐 竹 隆 顕
		杉 浦 則 夫
		張 振 亜

論 文 の 内 容 の 要 旨

大型温室におけるパッドアンドファン冷房システムの設計資料を提出することを目的として、大型野菜栽培温室における現地計測実験と冷房温室の熱的環境に関する定常熱収支解析ならびに CFD（Computational Fluid Dynamics）解析を行い、総合的に本システム設計上の課題について考察を行った。

- 1) パプリカを栽培する大型パッドアンドファン冷房温室において気象条件、換気量、室内温度分布、気流速分布などの実測を行い、冷房効果および室内空気分布について検討を行った。夏季晴天日において、パッド冷房実施中の温室内平均気温は 28℃ 以下であり、また実際のパッド冷却効率は 0.7 ～ 0.8 であり、パッド冷房効果は比較的良好なものと考えられた。温室内気流速分布は排気ファンの運転条件によって変化するが、室内気流速は最大 1.0m/s と緩慢であった。温室内には、パッドからファンまでの水平方向および床面から植物群落頂部までの垂直方向共に温度上昇があり、それぞれ、2 ～ 5℃、0.8 ～ 5℃ であった。
- 2) パッドアンドファン冷房温室に固有の問題である温室内気流方向の昇温度の簡易予測を行うため、定常熱収支解析モデルを導入し、外気温、日射量、換気量などの要因による温室内昇温度予測計算を行った。導入した解析モデルの検証結果では予測値は実測結果とよく一致した。また、種々の換気量の下で、日射量の変動は温室内のパッドーファン間の昇温度に大きく関与し、外部日射量が 100W/m² および 600W/m² の時、昇温度は各々 1.5℃ および 4.5℃ であった。換気量が 0.2m³/（m²・min）から 1.0m³/（m²・min）に増加するとき、作物栽培空間での最高気温の低下度は最大であり、1.0m³/（m²・min）より換気量が増える場合では温室最高気温に与える換気量の影響は顕著でないことを示した。また、温室上部空間では、冷房空気の流動が緩慢であり、空間気温は 55℃ 以上にあることを示した。
- 3) CFD 法により、パッドアンドファン冷房温室内の 3 次元気流速及び温度分布についての解析を行った。解析モデルは、植栽層が存在しない場合と存在する場合について作成し、両者における温室内気流速および温度分布について比較解析を行った。開発した CFD 計算モデルにより予測したパプリカ植栽層が

存在する条件下の気流速および温度分布は実験値を良好に再現した。植栽層の存在による温室内気流分布パターンは、非植栽条件と異なり、流入側上部空間のみに2次気流域を形成し、大部分の空間ではパッド側からファン側への低流速一様流の様相を示し、温度分布は植栽層の気流抵抗の影響を受け排出ファン側に低温域が進入せず、水平及び垂直方向の温度不均一性を明示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

パッドアンドファン冷房システムは、1950年代に開発されて以来、世界的規模で温室や畜舎などの生物生産施設に応用され普及してきている。本論文は、大型温室におけるパッドアンドファン冷房方式の設計基礎資料を提出することを目的として、実際的大型野菜栽培温室における現地計測実験と、パッドアンドファン冷房温室の熱的環境に関する定常熱収支解析およびCFD（Computational Fluid Dynamics）解析を行い、総合的に本システム設計上の課題について考察を行ったものである。

これまで、パッドアンドファン冷房温室の冷却効果について多くの研究がなされ、その効果が確認されている。しかしながら、実際にパッドアンドファン冷房システムを利用した大型温室内の空間的気流速度分布、温度分布など空気分布特性についての実測・検討例は少ない。そこで本研究では、まず、パブリカを栽培する大型パッドアンドファン冷房温室において気象条件、換気量、室内温度分布、気流速分布などの実測を行い、冷房効果および室内空気分布について検討を行った。パッド冷房温室内には、水平および垂直方向に大きな温度分布・昇温が存在することを定量的に示し、温室冷房設計においてこれら空気分布性への対策の重要性を示唆した。パッドアンドファン冷房方式に固有の温室内昇温について定常熱収支解析を行い、昇温に与える外部日射量および温室換気量の影響について定量的解析が加えられた。次いで、CFD法によりパブリカ植栽層の存在を想定したパッド冷房温室内の気流速及び温度分布について解析を行った結果、温室内気流速及び温度の計算結果は実測データとよく一致し、CFD解析の妥当性が認められ、温室内環境解析の有効な手法であることを示した。

以上のように、パッドアンドファン冷房システムとそこでの空気分布特性に関する基礎的研究は、本冷房システムの適用性ならびに外部気象条件と温室内の熱環境形成要因の相互関係を明らかにし、大型温室における冷房設計指針を提示する成果であり、農業工学や施設園芸工学などに関連する分野に貢献する。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。