

氏 名（国籍）	趙 淑 梅（中 国） <small>ちょう しゅう ばい</small>
学 位 の 種 類	博 士（農 学）
学 位 記 番 号	博 甲 第 3729 号
学位授与年月日	平成 17 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	大型温室のパッドアンドファン冷房システムに関する基礎的研究

主 査	筑波大学教授	農学博士	前 川 孝 昭
副 査	筑波大学教授	農学博士	佐 竹 隆 顕
副 査	筑波大学助教授	博士（農学）	山 口 智 治
副 査	筑波大学教授	農学博士	宮 本 邦 明

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、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基礎資料を提出することを目的として、中国および日本の大型温室における現地計測実験とパッド冷房温室の熱的環境に関する定常熱収支解析と CFD（Computational Fluid Dynamics）解析を行い、本システム設計上の課題について考察を行った。

- 1) 中国の北部乾燥地域にある北京市及び東部沿海湿潤地域にある上海市において、大型パッド冷房温室の熱環境に関する計測実験を行った。冷房中、北京温室では、室内空気冷却度は最高 10.0℃、平均 3.6℃であり、上海温室では、室内空気の冷却度は最高 4.2℃、平均 2.7℃であった。両地域とも本冷房方式を用いることにより、室内気温を温室栽培上限温度とされる 30 ～ 32℃ 以下に維持することが可能であることを示した。
- 2) 日本の東南沿海部の愛知県渥美町にある大型パッド冷房温室において、本冷房方式の適用性について計測実験を行った。海洋性の高温湿潤地域気候特徴を示した愛知温室では、室内空気の冷却度は最高 5.3℃、平均 2.3℃であり、気流方向の室内平均昇温度は 2.0℃であった。パッド冷房温室と自然換気温室における対照実験から、昼間の両温室の気温差は最高 5.0℃、平均 3.0℃、葉温差は最高 5.7℃、平均 3.0℃であり、基本的に、日本の湿潤地域においてもパッド冷房による良好な冷却度が得られることを示した。
- 3) 定常熱収支解析モデルにより、パッドアンドファン温室に固有の問題である温室内気流方向の昇温度予測を行い、その信頼性を実測結果により検証し、次に、本解析法によりパッド冷房温室の昇温度に影響する要因および温室の最大長さについて検討した。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、生産上の安全性を考えた大型パッド温室の最大長さは、外気温度 35℃、湿度 60% の高温・湿潤条件および遮光率 80% の遮光条件の場合、65m であることを示した。
- 4) CFD 法により、パッド冷房温室内の 3 次元気流速及び温度分布についての解析を行った。CFD による温室内気流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た。開発した CFD 計算モデルを使って、非栽培条件下のパッド冷房温室内の 3 次元気流速分布及び温度分布を予測した。気流分布に関する計算結果から、①主流域と還流域が存在すること、②気流分布に密接に関係

する温度分布に関して、水平及び垂直方向に不均一があることが明らかになった。

- 5) 最後に、1971～1990年の20年間にわたる日本各地の気象データならびに本研究における実験データに基づき、日本海側と太平洋側に位置する8地域及び内陸の3地域、計11地域を対象とし、本冷房方式の気候適応性に関する検討を行った結果、内陸3地域、沿海4地域ではパッド冷房方式が適用できることを示した。

## 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、中国および日本の大型温室における現地計測実験とパッド冷房温室の熱的環境に関する定常熱収支解析とCFD（Computational Fluid Dynamics）解析を行い、本システム設計上の課題について総合的な考察を行ったものである。

中国の北部内陸乾燥地域にある北京市、中国沿海高温湿潤地域にある上海市および日本の東南沿海湿潤地域にある愛知県渥美町に実在する大型パッドアンドファン温室における熱的環境計測実験から、各地域において本冷房方式を用いることにより、温室内気温を暑熱期の温室栽培上限温度とされる30～32℃以下に維持することが可能である比較的高い冷却能力を持つことが認められ、夏季高温期における実際の作物栽培について有効な冷房方式であることを実験的に示した。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、外気温35℃、湿度60%の高温・湿潤条件および遮光率80%の遮光条件下で、生産上安全と考えられる温室最大長さは65mであることを示した。また、CFD法により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た。気流分布に関して、室内の主流域と還流域の存在すること、気流分布に密接に関係する温度分布に関して、水平及び垂直方向の不均一が明らかになった。さらに、日本各地の20年間の気象データと本研究で得られたデータからパッドアンドファン冷房方式の地域適用性を検討している。

以上のように、パッドアンドファン冷房システムに関する熱環境解析の基礎的研究は、本冷房システムの気候・地域適用性と温室内の熱環境形成要因の相互関係を明らかにし、大型温室におけるパッドアンドファン冷房方式の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。