

小規模施設園芸における簡易設置型
パッドアンドファンシステムの利用法
マニュアル増補版

数値流体力学を用いた シミュレーションによる システム設計



西日本農業研究センター
平成31年3月

簡易設置型パッド&ファンシステム

本システムは、国立大学法人岐阜大学を中心とした研究プロジェクト*で開発された温室用の冷房装置の一種です。

一般的なパッドアンドファンシステムでは、温室の側壁部分にセルローズ紙を積層接着したパッドを取付け、ここに水を滴下してパッドを湿らせた状態にしておきます。その対面の側壁に取り付けた換気扇が温室空気を排気することで、外気はパッドを通過しながら気化冷却され、温室内を冷房します。

簡易設置型パッドアンドファンシステムは、このパッドとファンを一体化した装置です。その特徴と効果、設置方法などは「小規模施設園芸における簡易設置型パッドアンドファンシステムの利用法」として公開されています。

*農林水産省、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（2010～2012年度）
「既存の自然換気型温室に利用可能な簡易設置型パッドアンドファン冷房の開発」

本書について

本書は、簡易設置型パッドアンドファンシステムのうち、ダクト利用型のシステムの送風および冷房の基本性能について、おもに公設試等の研究開発担当者向けに整理したものです。とくに冷却空気の到達範囲について、数値流体力学シミュレーションを用いて可視化することで、導入効果を想定しやすくする情報を提供します。より詳細な情報は巻末の論文を併せてご参照ください。

農研機構 西日本農業研究センター

傾斜地園芸研究領域園芸環境工学グループ

畔柳武司

2019年3月

数値流体力学とは？

数値流体力学とは、任意空間における任意流体の挙動を表現する方程式をコンピュータを使って解くことで、対象とする流体の挙動を推定する手法です。

基礎となっている方程式は、気象庁の数値予報の原理となっている方程式と同じです。対象空間を規則正しく並んだメッシュで分割し、1つ1つの格子点について風速や気温などを計算します。計算には、有償のソフトウェアだけでなく、OpenFOAM®のようなオープンソースプログラムが用いられることも増えてきました。

温室を対象とした場合、空気の流れに注目することが多く、自然換気、換気扇、循環扇、温風ダクトによる気流制御の効果を評価するために用いられています。その他にも、CO₂施用、細霧冷房、本書の対象とするパッドアンドファン冷房のシミュレーションにも行われています。

シミュレーションを行う場合、対象とする温室の詳細な寸法が必要となります。また、作物を考慮する場合には、その群落の外形、葉面積密度、蒸散速度などが必要なため、実験でそれらの数値を得る必要があります。

パッドアンドファンシステムの場合、送風機の性能曲線、パッドによる圧力損失、パッド面における水の蒸発速度（蒸発率）などを実験などで確認し、シミュレーションの入力として用いる必要があります。

本書に記載した数値流体力学解析によるシミュレーションは、農林水産研究情報総合センターの科学技術計算システムのHPCライセンスを用い、ANSYS社のANSYS Fluent Solverによって実行しました。

パッド面における蒸発率の特徴

- ・風速が大きくなるとパッドを流下する水の蒸発量は低下します。そのため、気温を下げる効果は最大限までは得られません。
- ・一方、風速が大きいことは風量自体が大きいことを意味します。これはシステム全体としての冷房能力の向上に繋がります。

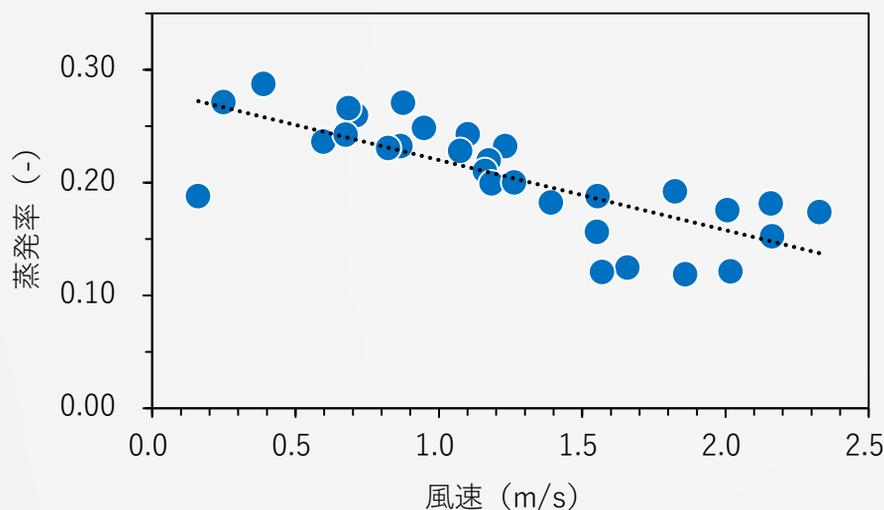


図1 パッドを流下する水の蒸発率とパッド吹き出し風速の関係
(パッド厚さ10cmの場合)

*蒸発率：大気飽差に対するパッド通過後の水蒸気濃度の増分の比

パッドアンドファンや細霧冷房のような蒸発冷房では、計算上、外気の湿球温度まで気温を下げることができます。その時、蒸発率は1.0であり、冷却空気の相対湿度は100%となります。

しかし、その状態に達するには十分な時間が必要であり、空気が常に入れ替わるような状態では、蒸発率や蒸発効率*が1となることは起こりにくいと考えられます。

蒸発効率：パッド通過前後の気温の差をパッド通過前気温と湿球温度の差で除した値。



ダクト利用型システムの特徴

- ・ 風量の確保にはダクト両側にファンを設置する方が効果的です。
- ・ その場合、パッド面における水の蒸発率（前頁）は低下しますがファン1台の場合よりも冷房能力は大きいままです。
- ・ ファン1台の場合、ダクトを絞るとパッドの風量差が減少します。

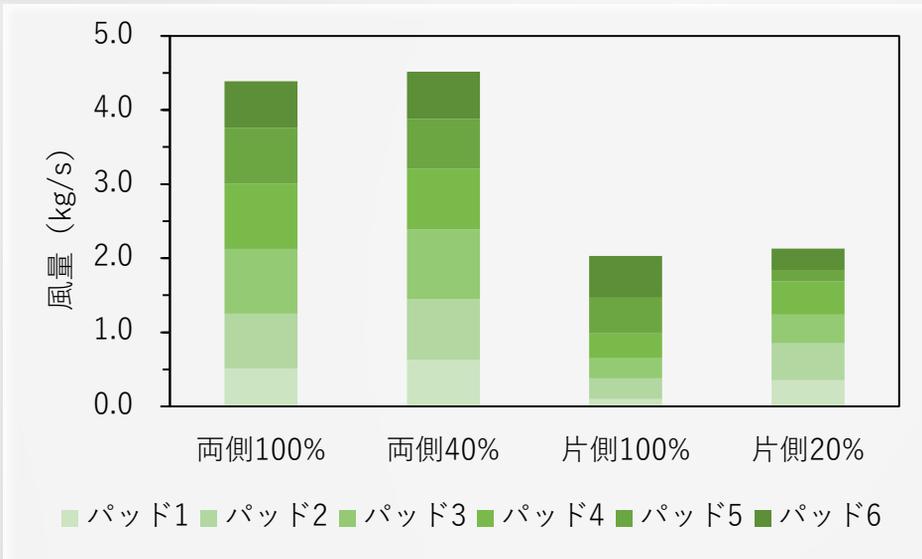


図2 パッドごとの吹き出し風量の実測値（ダクト長17m）

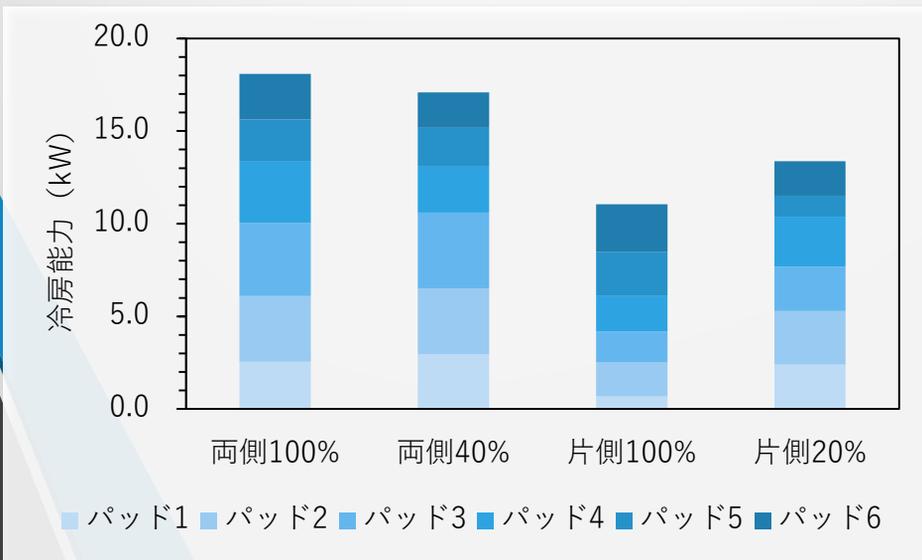
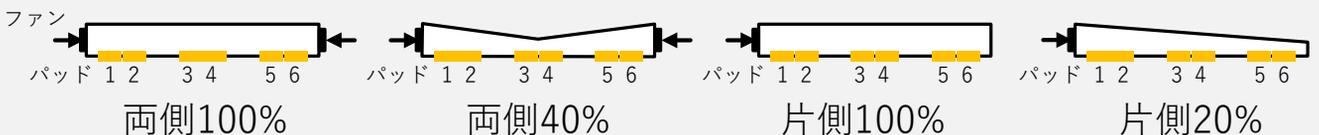


図3 パッドごとの冷房能力の試算値（外気温33°C、相対湿度60%の場合）



「両側」、「片側」の表記は、ファンの設置位置を指しています。「%」は、ファン直径に対するダクトの絞り寸法を意味します。

冷却範囲のシミュレーション

- ・ 冷却空気の到達範囲はパッド近傍に限定される傾向にあります。
- ・ 冷却効果の確保には、遮光や冷却空間のゾーニング*が必要です。

*参考：育苗装置「作物育成システム」（村上ら、2018）参照先は巻末に記載

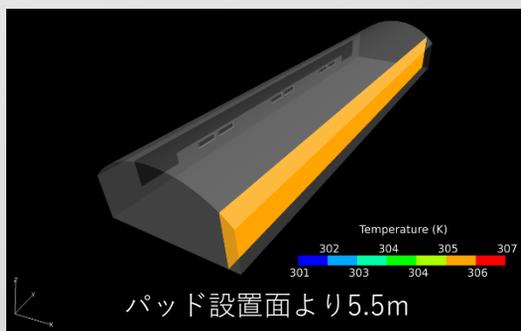
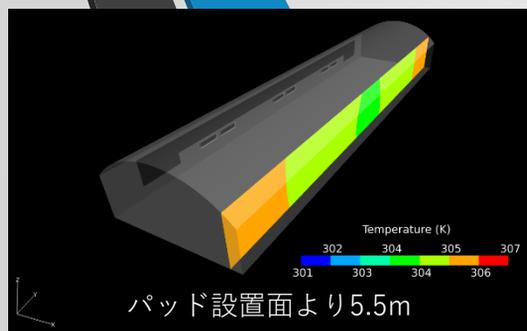
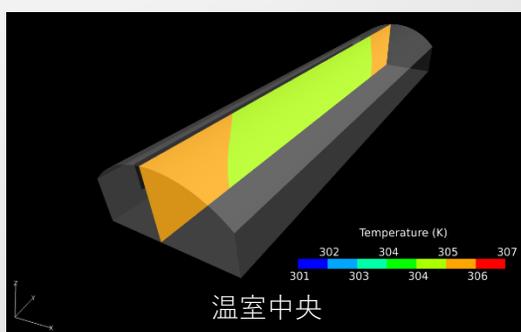
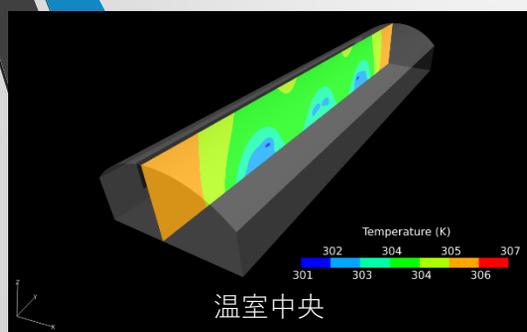
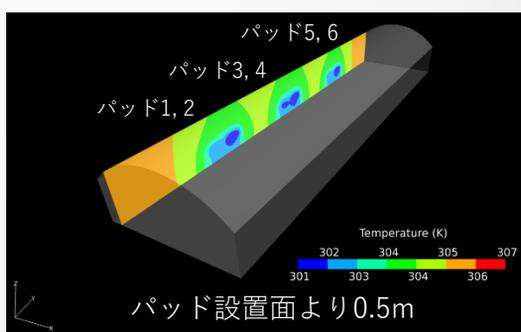
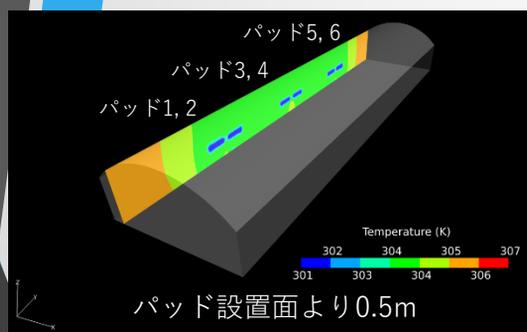
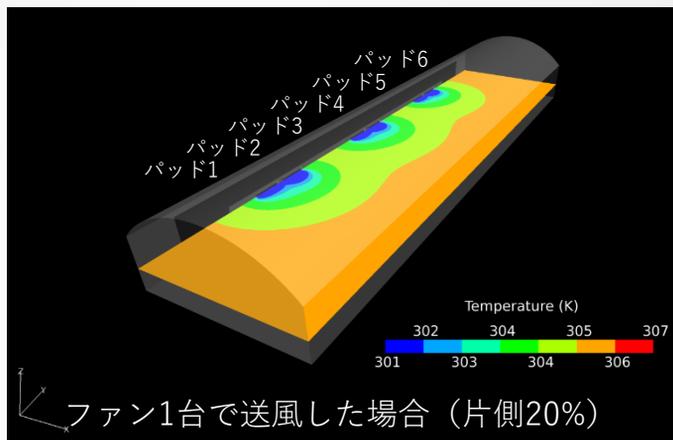
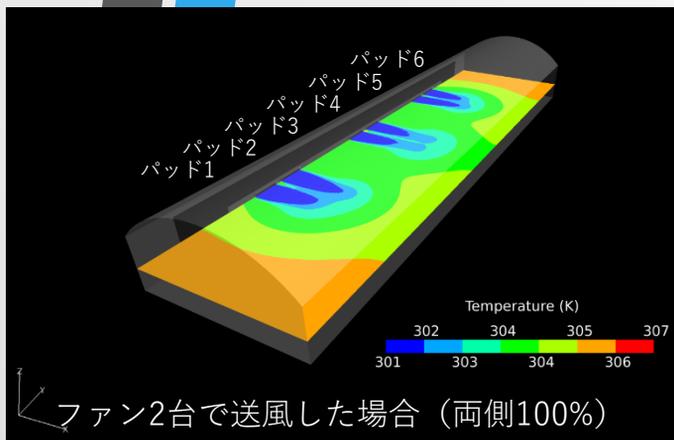


図4 送風冷却開始60秒後の仮想温室内（間口6m、奥行24m）の気温分布シミュレーション値（外気温33°C、相対湿度60%、無植栽、100%遮光を想定）

本書は、2016年に公開された「小規模施設園芸における簡易設置型パッドアンドファンシステムの利用法」について、圃場への配置を検討する際に参考として頂きたい知見を補足するものです。

導入の検討には下記を併せてご参照下さい。

参考文献

渡邊圭太・吉越恆・川嶋浩樹・杉浦誠（2016）

小規模施設園芸における簡易設置型パッドアンドファンシステムの利用法、<http://hyogo-nourinsuisangc.jp/99nouka/PFmanual.pdf>

渡邊圭太・中西幸太郎・光川嘉則・櫻井基生（2014）

簡易設置型パッドアンドファン冷房が高温期のハウス内温度飽差並びにトマトの生育、収量に及ぼす影響、兵庫農技総セ研報（農業）、62:14-18.

村上健二・杉浦誠・川島浩樹・吉越恆・村井恒治・鈴江康文・山崎敬亮（2018）

簡易設置型パッドアンドファンシステム装置を用いたトマト育苗システムの開発、新近畿中国四国農業研究、1:7-19.



ダクト利用型簡易設置型パッドアンドファンシステムの生産現場への導入事例
（プラスチックハウス、床面積2.8a、トマト養液栽培、徳島県東みよし市）

掲載データの参照先

畔柳武司・吉越恆（2019）数値流体力学解析による
簡易設置型パッドアンドファンシステムの基本性能評価、
農研機構研究報告西日本農業研究センター、19:1-11

お問い合わせ先

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
西日本農業研究センター企画部産学連携室

〒721-8514 広島県福山市西深津町6-12-1
Tel. 084-923-5385



農研機構（のうけんきこう）は、国立研究開発法人 農業・食品
産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。