

共同研究・受託研究・バーチャル研究室等課題名：最適化空調システムの研究
研究代表者（所属）：木下進一（大阪公大・工学研究科）

発表タイトル：植物工場の栽培環境最適化のための 流体解析モデルの構築

○加賀田 翔^{1,2}，寺籠大地²，坂 幸憲³

所属：1 大阪公大・工学研究科，2 大阪工大，3 OGD株式会社

キーワード（5ワード程度）：植物工場，空調，気流，流体シミュレーション，可視化

要 旨（300文字程度）

閉鎖された植物工場では、温度や湿度だけでなく、気流も人工的に制御される必要がある。しかし、植物が密集している状態で均一な気流を確保するのは難しい。また、気流は目に見えないため、その評価や改善には困難が伴う。そこで、本研究では栽培ラック内の気流環境を最適化するための流体シミュレーションモデルを構築している。今回の研究では、個別空調システムを備えた栽培棚に対して、気流可視化技術を活用して気流の特性を観察し、植物が全体の気流に与える影響を明らかにした。そして得られたデータを基に、流体シミュレーションモデルを改善する方法を検討した。

研究背景

人工光型植物工場とは人工的に**環境制御**された屋内で植物を計画的に生産する施設

光，養分，CO₂濃度，温湿度，風

植物の生育には**風**が重要

葉へのCO₂供給・水蒸気の除去・チップバーンの抑制

効果

流速は0.5～0.8m/sが好ましい

目的

設計段階で植物工場内の空気の流れを検討する必要がある

植物工場栽培棚内の気流最適化の検討に利用できる
流体解析モデルを構築する

構築を目指す流体解析モデルのイメージ

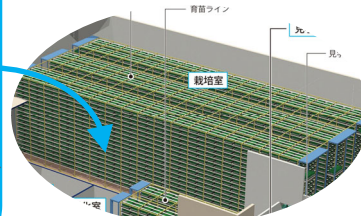


図1 レタス周りの気流



大阪公立大学植物工場研究センター webサイト

図2 栽培棚内の気流



大阪公立大学植物工場研究センター webサイト

図3 工場内の気流

まずはここに取組む

実験装置

Laser

波長 532μm，出力70mw，シート状に照射

Smoke machine

liquid成分：グリコール40%，水分60%

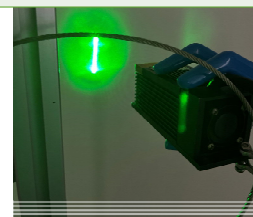


図9 Laser



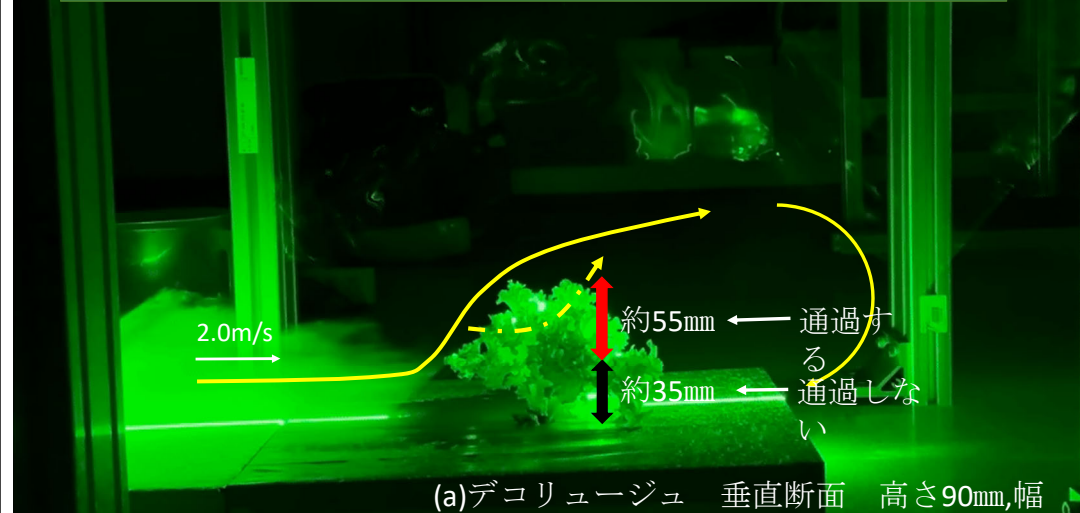
図10 Smoke machine

栽培棚内の気流の可視化



図11 栽培棚内の気流の可視化結

植物1株周り-気流可視化



流体解析による再現方法の検討

レタス周りの流れを再現するには

- ・レタスは気流を通過させつつ、障害物としても作用する
- ・葉の形状や葉の密度によって、気流の衝突、通過の様子が異なる

葉の形状と密集度に応じて異なる流れを再現する必要がある

↓
植物を多孔質体として扱う方法を考案
流動抵抗の分布で再現を試みた

多孔質体の再現方法

Darcy-Forchheimer式

$$\nabla p = \mu U D + \frac{1}{2} \rho F U^2$$

∇p : 圧力損失 [Pa/m] μ : 粘度 [Pa · s] ρ : 密度 [kg/m³]
 U : 速度 [m/s] D : Darcy係数 [1/m²] F : Forchheimer係数[1/m]

今回は $D=0$ とし、 F のみを調整してレタス周りの気流の再現を試みた

解析結果

再現できた点

- 一部はレタスを避けて斜め上方向へ流れ、一部はレタス内部を通過
- 上部は気流が通過し、下部は気流が通過しない
- レタス内部の通過によって減速し、背面で回転する流れに引き寄せら

再現できなかった点

- 点 レタスを避けて右上方へ向かう流れが減速しない

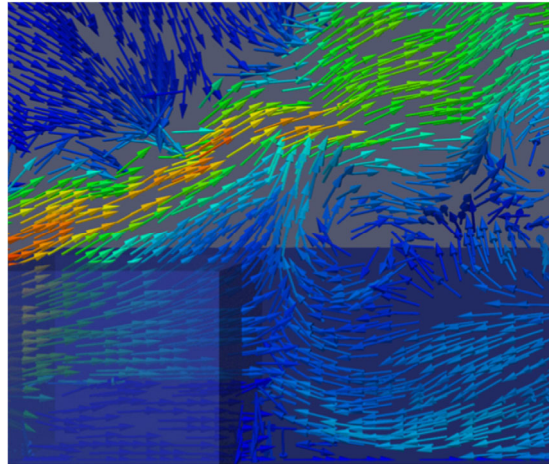


図15 デコリージュ再現モデル周りの流れ

まとめ

・気流可視化実験によって、レタスが気流に対して障害物として作用するだけでなく、葉の密度が低い部分を気流の一部が透過する様子が確認された。

・流体解析においてレタスをDarcy-Forchhihaimer式に基づく多孔質体として扱う方法を考案し、葉の密度に応じて係数を調整することで、レタス内を通過しながら減速する流れを再現できることを示した。