

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・大学院工学研究科）

植物生理を考慮した熱・物質収支解析モデルに基づく人工光型植物工場の熱環境および生産性予測

○木下進一¹，鈴木優希也¹，瀬戸口悠¹，吉田篤正²

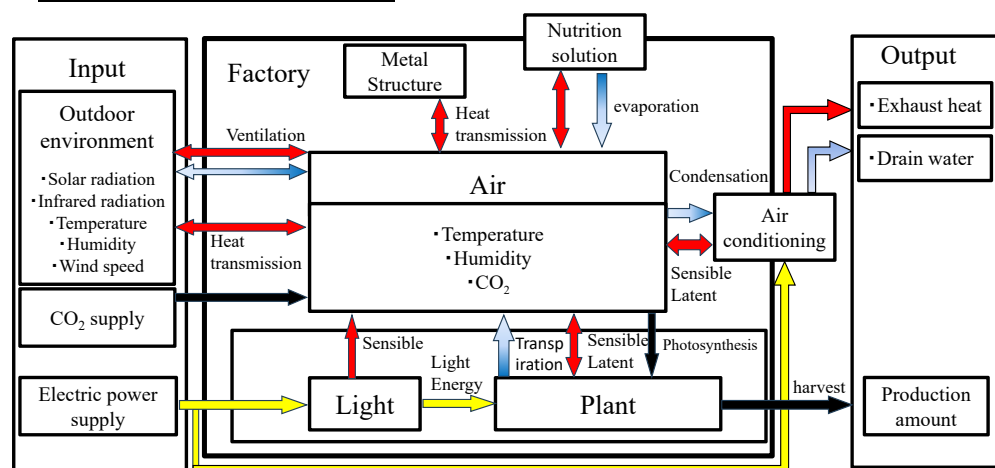
所属： 1 大阪公大・大学院工学研究科， 2 大阪公大・現代システム科学研究科

キーワード：植物工場，熱環境，生産性，数値解析モデル，消費電力，空調，植物生理

要 旨

人工光型植物工場を対象に，外気環境や建物構造などから工場全体の消費電力量や生産量を予測することができる熱・物質収支解析モデルを構築し，熱環境及び生産性解析を行った。解析では外皮熱貫流，照明・空調設備，植物生理などをモデル化し，栽培環境の温湿度や二酸化炭素濃度，消費電力量，作物の生育量を算出する。実際の植物工場の運転結果との比較により本モデルの適応性を評価し，さらに年間を通じた生産性の評価，設備の改善の検討を行った

植物工場全体のモデル



3

研究目的

植物工場の
照明や空調による
高い運転コスト

熱・物質収支解析

消費電力と生産量の
効率を最大化する
最適な設備条件

研究目的

外気環境，建物構造から工場内の温度，湿度，CO₂濃度，生産性などを計算する，熱・物質収支解析を構築

研究手法

モデリング

- ・外皮，金属構造物，養液
- ・空調機
- ・植物の成長

予測

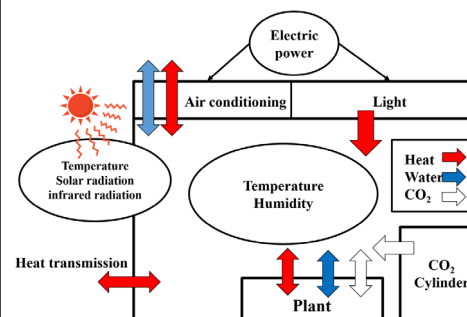
- ・温度，湿度，CO₂濃度
- ・熱収支，水分収支，CO₂収支
- ・消費電力，生産量，生産性

妥当性確認

大阪公立大学内 植物
工場の実測値と比較

熱・物質収支

ボックスモデル



・熱収支

$$c_p \rho V \frac{dT}{dt} = \sum_i A^{(i)} \alpha^{(i)} (T_w^{(i)} - T) + Q + c_p \rho V_{ac} (T_{ac} - T)$$

外皮，養液，金属構造物 照明，植物 空調

・水分収支

$$\rho V \frac{dW}{dt} = W_{pl,nut} + \rho V_{ac} (W_{ac} - W)$$

植物，養液 空調

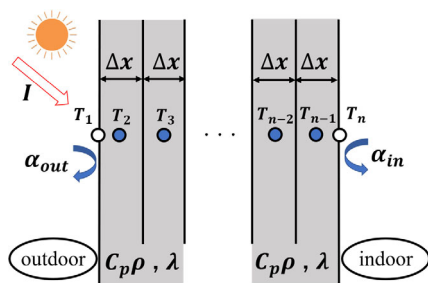
・CO₂収支

$$\rho V \frac{dCO_2}{dt} = CO_{2mec} + CO_{2photo}$$

ポンプ供給 光合成

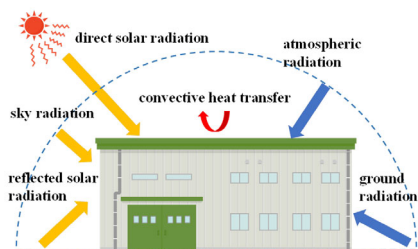
4

外皮モデル



一次元非定常熱伝導方程式

$$C_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$



・東西南北の壁面と天井では以下の6つの項目

を考慮する

短波: 直達日射, 天空日射, 反射日射

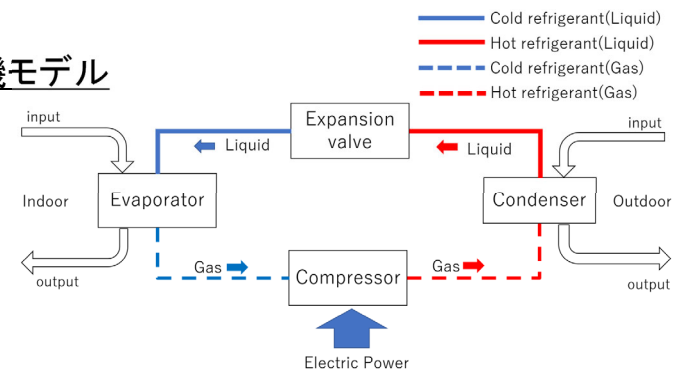
長波: 大気放射, 反射放射

対流熱伝達

・床下地中の温度を18℃で一定とし, 熱伝導で熱が伝わるモデル

5

空調機モデル



・冷媒はR410Aを使用

・冷媒の熱物性値 : h, T, など ← CoolProp (<http://www.coolprop.org/>)

・蒸発温度, 過熱度, 過冷却度 : 固定値

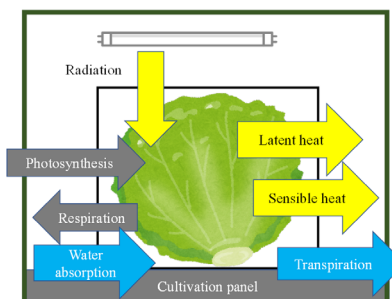
・凝縮温度 : 外気温度 + 20℃

・他のモデルへの影響 : 蒸発器吹き出し出口空気

・ドレン排水 : 蒸発器の吸い込み口と吹き出し口の絶対湿度の差に風量を掛けて算出

6

植物モデル(蒸散モデル)



・正味放射 R_n [kW/m²]

・顕熱 H [kW/m²]

・潜熱 LE [kW/m²]

$$f(T_{pl}) = R_n - (H + LE)$$

葉温
 T_{pl}
収束計算

・潜熱
・顕熱
・蒸散量

7