

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18380150

研究課題名 (和文) アクティブ緑化技術を用いた「緑の都市風」創生構想

研究課題名 (英文) Active Bio-greening Technology to create "Green Wind" in a Megacity.

研究代表者 村瀬 治比古 (MURASE HARUHIKO)

大阪府立大学 生命環境科学研究科 教授

研究者番号：20137243

## 研究成果の概要：

緑化パターンと温度差による20種類のCFDシミュレーションパターンとそれから周辺の温度と気流変化に対する結果をニューラルネットワークの逆解析モデルのトレーニングのための入力と出力データとして使用した。ニューラルネットワークの逆解析モデルから0.3m/sの上昇気流を誘導することができる壁面緑化パターンを予測した。モデル実験の結果、ニューラルネットワークの逆解析モデルが与えた3m/sの風速に近い0.29m/sの上昇気流が実際に測定された。このように研究目的はほぼ達成できた。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	9,700,000	2,910,000	12,610,000
2007年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
総計	15,700,000	4,710,000	20,410,000

## 研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：環境変動予測 都市緑化 コケ緑化 蒸発散 気流 対流

## 1. 研究開始当初の背景

都市大気空間下層郊外風により都市ドームと呼ばれる大気塊が形成されすっぽりとビル群を中心に都市を包み境界層の内側はヒートアイランドになる。ビル群では大気の流れが途絶え熱汚染の状況に改善の余地はない。都市ドーム内の部分々々で効果的に水ポテンシャル勾配とそれに伴う圧力ポテンシャル勾配を人為的に発生させることで空気の流れが生ずることを示す。

課題は、いかに効果的に水ポテンシャル勾配を発生させるかである。ハードウェアは最

新のコンクリート構造物表面の薄層緑化(高速応答性潜熱冷却)、広域緑化対応バイオマス資材および広域環境計測制御ネットワークシステム等である。

## 2. 研究の目的

- ①3D 熱流体シミュレーションおよびエアドームによる模型緑化ビル群都市実験より Green Wind 生成に至る諸条件を特定する。(H18～19)
- ②模型都市にフィールドサーバー(ネットワーク型計測制御ロボット)を分散配置

し、Green Wind によるヒートアイランド現象緩和効果を実証する。(H20)

### 3. 研究の方法

#### 3.1. 実験施設の建設 (担当: 研究代表者)

- ① エアドーム設置現場の整備 (電源給排水 ネットワーク)
- ② エアドームの設置 (太洋工業 7m × 7m 空調 照明)
- ③ スケールダウンビル群モデル作成 (着脱型モス緑化パネル対応)
- ④ 灌水設備設置
- ⑤ フィールドサーバー設置 (E-1 a b o 社 10台 赤外カメラ, 風速センサー付加)

#### 3.2. コケパネル準備 (担当: 研究分担者)

- ① コケパネル発注 (協和物流)
- ① コケパネル保存・順化用 大型人工気象気調達 (生物資源開発センター)
- ② コケパネルの養生

#### 3.3. スナゴケ生理活性モニタリング (担当: 研究分担者)

- ① 堀場製作所コケ光合成評価システム整備
- ② コケパネル表面可視画像による光合成活性度のソフトセンシング用データ収集

光合成活性度のソフトセンシングシステム作成 (養生制御系のパラメータ決定)

#### 3.4. 熱流体解析システムの導入 (担当: 研究代表者)

- ① ソフトウェアシステムのインストール (Esim 社 DFEMモデル仕様)
- ② ビル群模型のデータ作成

### 4. 研究成果

都市化は都市内の温度を周辺より増加させヒートアイランド現象 (Urban Heat Island Phenomenon, UHIP) を起こすようになる。都市化がもう終わったり進んだりしている地域の増加とともに UHIP も大都市なら世界どこでも悩んでいる都市の環境問題の一つになった。

UHIP の特性がさまざまな研究から報告されている。その中で UHIP の強度と UHIP を持っている都市だけの気候状態との関係についても報告されている。都市内平均風速と雲量、湿度は UHIP の強度と半比例関係である。先に行われた多くの研究から都市の換気、風速の増加そして緑化などの方法が UHIP を緩和させるのに良い方法であると報告されている。

風は地球表面の不均等な加熱によって起こられた気圧の差による空気の流れである。空気は気圧が高いところから低いところへ移動する。それで郊外風は UHIP の緩和に良い方法の一つになる。しかしビルの森のような大都市の中心へは郊外風が吹いてはいることがなかなか難しい。一方、緑化が行われたところでは行われていないところより温度が低くなる。植物は昼間蒸発散をしながら多くの熱を吸収し、周辺の温度が増加することが抑える効果があるため、緑化の効果は大きい。それで壁面緑化はすでに密集化されている大都市の緑化率の増加のため時間、空間、経済的な限界を解決することができる良い方法だと思う。更に緑化を用いて緑化を行っていないところとの温度差を誘導することができる。それで壁面緑化を用いて都市内の緑化率の増加とともに緑化による温度差を用いて風を起こすことができる。

本研究では温度差を用いた気流の発生のため壁面緑化を使用する“Active greening”に焦点を合わせている。Active greening において計画された温度差は都市内の停滞されている空気を物理的な力で動かす資源の一つとして壁面緑化を使用した。更に本研究では物理的な力の資源として使われた緑化による風を“グリーン・ウィンド”と言う。本論文では Computational fluid dynamics (CFD) と逆解析を用いて壁面緑化による気流の発生と制御を目標とした。垂直状態でのスナゴケ (*Rhacomitrium japonicum*) マットの蒸発散効率についても調査調した。

蒸発散効率は UHIP と冷房負荷の緩和程度を計算及び予測するのに必要である要素の一つで、この蒸発散効率が高ければ高いほど緑化素材の蒸発散量が多いである。従って潜熱効果の増加のために蒸発散効率を高める緑化方法と緑化素材において多くの研究が行われている。しかし、垂直と水平状態での緑化素材による蒸発散効率は違うことである。それで壁面緑化のために生きている緑化素材としてスナゴケマットの蒸発散効率について垂直での研究及び評価が必要である。

スナゴケマットを14日間Chamberで純化させた後、垂直状態に設置しコケマットの蒸発散効率を計算するため48時間間コケマットの重量と表面温度を測定した。

実験が始まってから3時間と7時間目の間で蒸発散効率は1以上であって、最大の蒸発

散効率は 1.65 であった。他の研究から測定された水平状態での芝生とセダムと垂直状態でのイングリッシュアイビー (*Hedera helix*) とツルマサキ (*Euonymus fortune var.*) の最大上発散効率は垂直でのスナゴケマットより低かった。コケマットの含水量が 30%と 70%の間では蒸発散効率が 1 以上で表面温度は 38 度に分布されていた。しかし含水量が 30%以下では表面温度が増加し始めた。従って垂直状態では継続的な水分の供給によって含水量を最低 30%以上になるように維持することはより高い蒸発散効率の維持とともに重力水の量を減らして水の節約もできる効果がある。

垂直状態においてもスナゴケマットは高い蒸発散効率とそれによる温度上昇を緩和した実験の結果からスナゴケマットは壁面緑化の素材として適合であると判断される。

CFD シミュレーションを通じて温度差を用いたグリーン・ウィンド発生について、モデル実験を通じて CFD シミュレーションの結果と比較し、CFD シミュレーションのこの研究での信頼度について調査した。CFD シミュレーションとモデル実験で使われた緑化パターンは非緑化 (NG)、50%上部緑化 (50UG)、50%下部緑化 (50LG)、2 つに分けられた 50%上部緑化 (25G) の 4 つで、緑化の有無と空間によって違う温度 (緑化面は 31 度、非緑化面は 50 度、空間は 33.5 度) を設定した。

CFD シミュレーションとモデル実験の結果を比較して、気流のパターンについて類似していた。NG の場合、モデルに近づいてから上昇するパターンの気流が観察された。50LG では二種類の上昇気流のパターンが観察された。50UG では温度差による上昇と下降している気流パターンが観察された。25G の場合、50UG より多様な上昇と下降気流のパターンが観察された。緑化パターンによる気流の変化から温度差を用いて停滞されている空気を不安定化して周辺に気流を起こすことが可能であることが認められた。更に、風を起こすことができる緑化条件をグリーン・ウィンドを起こすことができる条件と認めることができる。本実験の結果より緑化パターンが周辺の気流に影響を与えることができるのが分かり、CFD シミュレーションを用いて多様な緑化パターンによる周辺の気流の変化を緑化前に予測ができて CFD シミュレーシ

ョンの使用が効果的ということが認められた。

CFD シミュレーションを用いて多様なパターンによるビル周辺の垂直と水平状態での気流と温度の変化について調べた。実験では 6 つの緑化パターン (全体緑化-WG、非緑化-NG、50%上部緑化-50UG、50%下部緑化-50LG、2 つに分けられた 50%上部緑化-25UG、2 つに分けられた 50%下部緑化-25LG) が温度パラメータとして使われた。CFD シミュレーションの後、垂直と水平状態での温度と風速の分布を測定及び分析した。

シミュレーション結果、NG では低い風速と一番高い温度分布観察された。WG では低い風速と温度分布が観察された。緑化パターンを適用した場合、色んなパターンの風速と分布が示された。その中で 25LG の場合モデル周辺で速い風速と低い温度分布が観察された。シミュレーションを用いて緑化パターンによる温度差で風速と風向に影響を与えられるのが認められた。更に CFD シミュレーション上でも周辺の温度と気流に影響を与えられる Active greening とグリーン・ウィンドのアイデアが認められた。

ニューラルネットワークを用いた逆解析を通じて緑化パターンによる周辺の気流の制御について調べた。

緑化パターンと温度による 20 種類の CFD シミュレーションパターンとそれから周辺の温度と気流変化に対する結果をニューラルネットワークの逆解析モデルのトレーニングのための入力と出力 データとして使用した。18 個のデータセットをトレーニングに使われ、2 個データセットをモデルの検証に使われた。トレーニング結果構築されたニューラルネットワークは 3 層の構造で 2 つの入力 (x と y 軸に分けたベクトル) と 4 つの出力 (壁面とコケマットモデルの温度)、そして 16 個の隠れ層で作られた。学習係数と慣性係数は 0.8 で学習回数 10 万回後収斂された。

選択されたニューラルネットワークの逆解析モデルから 0.3m/s の上昇気流を誘導することができる壁面緑化パターンを予測した後、逆解析モデルの検証のため予測された温度と緑化パターンと同じモデル実験が行われた。モデル実験の結果、ニューラルネットワークの逆解析モデルから目標した 3m/s

の風速に近い0.29m/sの上昇気流が測定された。

本研究で使われたCFDシミュレーションとニューラルネットワークの逆解析モデルによる気流の制御に関するアイデアは実用的であるのが認められた。従ってUHIP緩和を目的とする壁面緑化のパターンを設計するのにおいてCFDシミュレーションとニューラルネットワークの逆解析モデルを使用することはより効果的であると判断されら。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1.Jai-Eok Park, Tsuyoshi Okayama and Haruhiko Murase, Modeling of Forced Convection Airflow Driven by Thermal Gradient caused by Evaporation from Cover Plant, Journal of Institution for the Synergy of Arts and Sciences, Journal of Institution for the Synergy of Arts and Sciences, 13(1);In press, (2009) 査読あり

2.Jai-Eok Park, Tsuyoshi Okayama and Haruhiko Murase, Local Wind Control Near the Wall Greening by Using a Neural Network, Environment Control in Biology, 47(2) In press (2009) 査読あり

3.Jai-Eok Park and Haruhiko Murase, Simulation of Relief of Urban Heat Island Effect by “Green Wind” with Temperature Gradient, Journal of Institution for the Synergy of Arts and Sciences, 12(1): 127-136 (2008) 査読あり

[学会発表] (計 1 件)

1.Jai-Eok Park, Haruhiko Murase, Relieving urban heat island effect through the Green Wind by moss greening: Computational approach for identifying active greening and generating of green wind, American Society for Agricultural and Biological Engineers, Jun 29-July 2, 2008, Providence Convention Center, Providence, Rhode Island, USA.

[その他]

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

村瀬 治比古 (MURASE HARUHIKO)

大阪府立大学 生命環境科学研究科 教授  
20137243

(2)研究分担者

福田 弘和 (FUKUDA HIROKAZU)

大阪府立大学 生命環境科学研究科 助教  
90405358

建山 和由 (TATEYAMA KAZUYOSHI)

立命館大学 理工学部 教授 10179731