

## 数値流体力学モデル(CFD)による都市緑地の冷気にじみ出し現象の解析

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 木林 芳樹  
豊橋技術科学大学 正会員 東海林 孝幸

### 1. 緒言

都市緑地の気候緩和効果について、特に緑地近傍の市街地に対する高温化抑制効果が明らかになりつつある<sup>1)</sup>。大気・熱環境システム研究室では2009年に愛知県豊橋市内の中規模緑地(高師緑地:24ha)を対象に、緑地内外に多数の温度計を設置し緑地冷気による周辺域の冷却効果を調べ、静穏な夜間は「冷気にじみ出し」と呼ばれる現象が発現することを確認した<sup>2)</sup>。また、2010年に行った観測結果からは冷気のにじみ出しの発生、及び緑地内に生成される冷気の厚さは樹林の物理的、熱的な要因と関連があることが示唆され<sup>3)</sup>、2012年の研究では多地点での観測から冷気のにじみ出し到達距離と冷気層の厚さを確認した<sup>4)</sup>。

しかし、緑地から冷気のにじみ出しが起こるメカニズムを観測だけから明らかにするのは一般的に困難である。そこで本研究ではCFD(Computational Fluid Dynamics)モデルを用いて冷気のにじみ出しシミュレーションモデルを構築し、精度の検証を行い、冷気のにじみ出し現象の再現および解析を目的とする。

### 2. 解析方法

解析ツールとして熱流体解析ソフトウェア(Phoenix Ver.2020)を用いた。

三島の研究結果<sup>3)</sup>をもとに作成した2次元のシミュレーションモデルを図-1に示し、そのメッシュ図を図-2に示す。また、本研究における境界条件、初期条件をそれぞれ表-1、表-2に示す。

シミュレーションは2時間の非定常計算、層流、反復計算回数5000回の条件で行った。

本研究ではモデルの上面に26.3℃、緑地底面に25.3℃を与えた。これらは実際に観測された値である。

また、緑地底面と市街地底面のオブジェクトは厚さ0.003mあり、その物性値は表-3に示す土壌とコンクリートの物性値を与えた。

シミュレーションモデルのサイズは観測値から求められたレイリー数 $2.23 \times 10^7$ に合わせるため相似則を用いて緑地は0.58m、市街地は0.644m、上面までの高さは0.0966mと設定した。

### 3. 結果・考察

#### 3.1 冷気層の厚さ

図-3は地表面から30mまでの鉛直方向の気温分布図を示している。

図-3からはグラフの勾配によって冷気層の厚さを確認することができる。冷気層の厚さは鉛直方向の気温勾配がほぼ無くなる高度とした。



図-1 冷気のにじみ出しモデル図(m)



図-2 モデルのメッシュ図

表-1 境界条件

	熱	風速
上面	一定温度	non-slip 条件
両端	流束なし	流束なし
緑地底面	一定温度	non-slip 条件
市街地底面	断熱	non-slip 条件

表-2 初期条件

	熱(℃)	風速(m/s)
大気	27.9	0
市街地底面	30.0	—

表-3 物性値

	熱伝導率(W/mK)	粗度
土壌	1.0	0.04
コンクリート	1.13	—

図-3 から観測による冷気層の厚さは 22 時で 15m, 0 時で 20 m となることが確認できる。

それに対してシミュレーションによる計算結果は冷気層の厚さが約 20m, 気温差は約 1°C となった。冷気層の厚さや気温差は観測された値と非常に近いものとなり、グラフの形も 22 時, 24 時の観測値と近い値となった。また、緑地内の風速も観測値と概ね同程度であった。

よって、シミュレーションにおける鉛直方向の気温分布は実際の現象を再現できたと考えられる。

また、本シミュレーションでは緑地の樹林帯を取り入れていないが気温分布が再現できた。よって、樹林帯と冷気層厚さに対する影響はないと考えられる。

### 3.2 冷気のにじみ出し距離

図-4 は水平方向の気温分布図を示している。ここで、図-4 は緑地と市街地の間にある道路を 0m とし、緑地を-方向に市街地を+方向に取っている。

気温が市街地の地表面温度とほぼ等しくなる距離まで緑地の冷気のにじみ出していると考えられ、観測では 22 時では確認されず、24 時では緑地境界から 50m, 図示していないが 2 時では約 120m まで冷気が流出していると観測されている。

また、緑地と市街地の気温差から算出されるクールアイランド強度は 22 時で 1.9°C, 0 時に 1.6°C と求められている。

シミュレーションにおいても約 100m まで気温が上昇し、その後大きな変化がなくなることから約 100 m まで冷気のにじみ出していると考えられる。そして、そのクールアイランド強度は約 2°C と考えられる。

グラフの比較から、シミュレーションは緑地と緑地境界から約 50m 離れた市街地の気温を再現できていると考えられる。

シミュレーションと観測値の違いとして観測値は緑地境界付近で温度が急激に上昇していることがわかる。この原因として実際の緑地境界には 1 車線の市道があり、そこから放熱が発生することや、付近の建物からの放熱で緑地からの冷気が急速に暖められることが考えられる。

## 4. 結言

本研究では上空と地表面に温度を与えたシミュレーションモデルで冷気のにじみ出し現象が再現可能であることが明らかとなった。しかし、現段階では市街地に存在する建物や道路からの放熱を考慮していないため水平温度分に差が生じたと考えられる。

よって、それらをモデルで再現することで高師緑地の冷気のにじみ出しに近づけることができると考えられる。

### 参考文献

- 1) 成田健一：新宿御苑のクールアイランド，空気調和・衛生工学，第 8 号，p.663-668，2009 年
- 2) 高野啓太：高師緑地のクールアイランド効果，豊橋技術科学大学卒業論文，2009 年
- 3) 三島浩敬：高師緑地における冷気層と”冷気のにじみ出し”の関係，豊橋技術科学大学，卒業論文 2010 年
- 4) 三島浩敬：高師緑地における冷気層と”冷気のにじみ出し”の関係，豊橋技術科学大学修士論文，2012 年

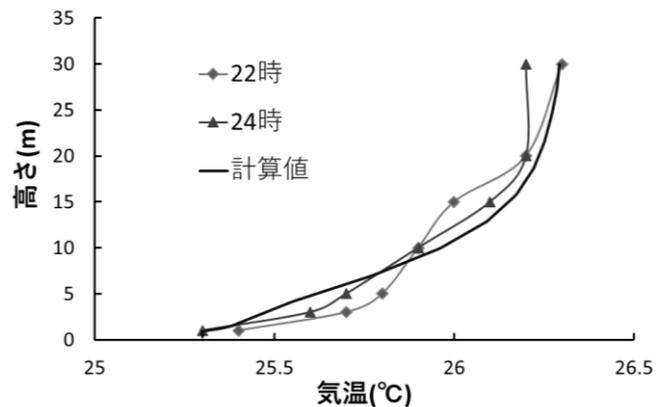


図-3 鉛直気温分布図 (三島,2010,図 16 を改変)

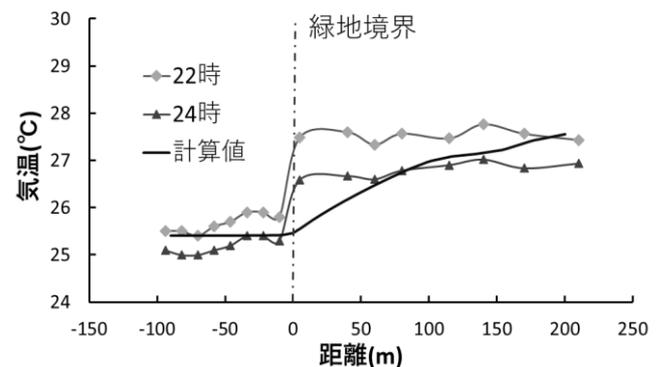


図-4 水平温度分布図 (三島,2010,図 15 を改変)