

## 審査の結果の要旨

氏名 吉岡 真弓

1970年代ごろから夏季の“ヒートアイランド現象”が日本および世界各国の大都市で顕著化し、都市環境問題の1つと考えられるようになった。これは、都市における舗装面積の拡大による地表での水循環の遮断、人間活動の集中化による排熱の増大、さらには気候の温暖化傾向も加わった問題と考えられその緩和のために様々な方策が研究されてきているが、実対策まで結びついていない状況にある。

本研究は、一つの有力な対策と考えられる“都市内舗装面散水”による緩和効果の基礎的評価手法の確立に焦点をあてたものである。散水は大きな都市改造などを伴わずに実施できること、何より“打ち水”として親しまれてきて市民も直感的に受け入れやすい所がある。しかし、いつ、どこで、どの程度の範囲に散水を行えば、どのような緩和・涼感効果が得られるか（或いは得られないか）、逆効果はないのか、については科学的・定量的に明らかではなく、実システムの設計・施工の評価手法は確立されていない。以上を背景に、本論文では屋外散水実験・気象観測から詳細な数理モデルの開発・解析まで一貫した検討が行われている。

まず、屋外における散水時の気象変化を知るための実験・観測が行われ大量の気象観測データが取得されている。観測システムは100以上の温度センサーを水平鉛直方向に10m程度のスケールで三次元多点に配置したもので、地表面・大気・地下温度・湿度の散水時変化が観測された。その結果、3回行われた実験すべてにおいて、①散水により地表面温度が5~15°C低下し、②内2回の実験では散水範囲内の地表面上1.5m程度の位置でも平均的に0.8°C程度低く測定されたこと、③実験時の風速と気温低下量の間には明らかな相関は認められず、比湿に関しても散水範囲内外で測定精度を上回る差は認められなかったこと、④地下10cm程度の温度は10°C程度低下し、地表面温度より2~3時間程度の遅れを伴って変化したこと、などがまとめられている。

次に、よりダウンスケールした微気象多点観測装置の開発について述べられている。これは温度・湿度・風速センサーを組み合わせ、散水による地表面付近の鉛直微気象変化を捉えるための自立・分散型装置である。この装置を用いて、大学構内のオープンスペースや団地公園内での障害物等の多数存在する空間での微気象観測が行われ、装置の動作・精度などの確認が行われると共に、観測された地表面近傍の温度プロファイルなどの知見は後述の数理モデリングに利用されている。

以上の実測的検討結果を踏まえ、散水効果定量化のための詳細な数理モデリング手法が論じられている。具体的には、①地表面付近大気の接地境界層、地表面（各種舗装面や土壌面）、地下多孔質体を考慮し、②地表面の短波・長波輻射収支、大気中の空気の移動、熱・蒸気の移流拡散（乱流輸送）、地表や地下間隙中での液相・気相間の相変化（蒸発・凝縮）、地下間隙中の2相状態の流れと地下非定常熱伝導、などを考慮した定式化が行われている。プログラムでは、未知状態量として圧力、水飽和率、比湿、大気温度、水相温度、固相温度をとり、全ての支配方程式を完全連成させて解く手法が利用されている。また、開発した数値モデルに対し各種の検証が行われ、解の妥当性が示されている。

次に、開発されたモデルを用いて散水実験観測値の再現計算が行われている。実験をできる限り模せるように周辺気象条件・境界条件を与え、初期化シミュレーション（散水前の状態再現）、散水時再現シミュレーション（非散水地点、散水地点の気温、地表面・地中温度の再現計算）が行われた。その結果、

①非散水地点の地表面・地下温度観測値の変動傾向を微気象学・水理学的に妥当なパラメータにより調和的かつ定量的に良く再現することができること、②間欠散水や連続散水を入力した計算においても、観測された地表面温度・地下温度の変動に追従するよい再現性が得られている。

最後に、開発された数理モデルの適用性を示すため、想定される実用スケールでの散水や、水量、時間、地表面物性などを変化させた場合のケーススタディ（数値実験）が試みられている。例えば、①散水継続時間と地表面温度低下継続時間の関係、②夜間や明け方の散水と日中の散水の効果の違い、③保水性を有する舗装での地表面温度の低下継続時間、④散水の体感効果を考察するための黒球温度、などが考察され、モデルの汎用性、将来の活用の方向性・展望が示されている。

以上のように、本研究では屋外実験から評価手法の開発までが総合的に行われており、ここで提案されている数値モデルは実用散水システムの効果予測・最適設計の上で非常に有用であり、自立・分散型微気象観測装置は予備調査や実施段階の微気象モニタリングに活用できるものと考えられる。また、これらの成果は今後の都市ヒートアイランド対策立案への貢献のみならず、より一般的な都市環境評価の手法としても応用範囲の広いものと考えられる。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。