

内 93-28

早稲田大学大学院理工学研究科

2046

# 博 士 論 文 概 要

## 論 文 題 目

東京首都圏のヒートアイランド現象  
低減対策に関する基礎的研究

申 請 者

渡 邊 浩 文

Hironori WATANABE

建設工学専攻・都市環境研究

平成 5 年 12 月

都市のヒートアイランド現象とそれに伴う様々な問題は、都市の熱汚染と呼ばれ、人間にとって根源的な公害とされている。それは人間が集住し都市を建設すると同時に、地表面が自然状態から変化し、地表面からの放熱が増大すること、そして人間が生産活動、消費活動を行うことによりエネルギーが消費され、人工廃熱放出が起こることによる。つまり、今後とも人間が都市に住まい、活動を行う限り、ヒートアイランド現象は発生する。よって、この現象をいかに制御し、都市環境計画していくかが重要となる。比較的高緯度にある欧米の都市と比較して、日本においては夏季の熱ストレス問題が顕著で、夏季のヒートアイランド現象を緩和させることが必要不可欠である。

本研究は、今後とも日本の中心都市の一つとして存在すると考えられる、東京首都圏の住みよい環境を創出し、保全するため、ヒートアイランド現象低減対策に関する基礎的な研究を行ったものである。ヒートアイランド現象の2大要因である土地被覆と、人工廃熱双方について、現況の推定・把握を行うと共に、対策及び効果の定量化を行い、最後に事例研究を行った。

第1章は「従来研究」と題して、本論文の視点である、土地被覆に関する研究報告、人工廃熱に関する研究報告に関して従来研究を行った。土地被覆に関しては近年のリモートセンシング技術により、土地被覆解析、地表面温度解析が進んでいるが、プラットフォームにより解析可能な範囲、時刻に制約が多いことを指摘した。一方で、地理情報と呼ばれる数値情報は、人工衛星データより高精度で、これを用いた都市の熱環境解析も可能であることを指摘した。人工廃熱に関しては、従来から地域冷暖房用の熱源として供給処理施設からの排熱、工場からの排熱の活用に関する研究が多く行われているが、都市のヒートアイランド現象の原因としての人工廃熱を取り上げた研究例は少ない。そして、環境保全型都市計画技術に関する従来研究を行うことにより、気候が比較的寒冷な欧米の都市と比較して、東京首都圏においては、ヒートアイランド現象低減対策などの環境保全型都市計画技術の研究開発が遅れていることを指摘し、本研究の位置づけを行った。

第2章は「東京首都圏のヒートアイランド現象の原因に関する研究」と題して、都市化の問題をまず取り上げ、今後とも世界的に進む都市化に対して都市環境保全が必要不可欠であることを示した。アメダス測定点の気温等により東京のヒートアイランド現象が郊外部においても顕著であることを指摘した後に、東京首都圏の土地利用状況、エネルギー消費状況を総括し、現在でもヒートアイランド現象が確実に進行していることを明らかにした。一方で、日本の47の大小都市を選定し、その環境破壊要因の影響度の比較を行った結果、東京首都圏のような高密度大都市が、その極度な集約化により低人口密度の小都市と比較して、一人当たりの環境への影響が小さいことを明らかにした。

第3章は「数値情報利用による地表面温度分布の変動に関する研究」と題して、土地被覆の改変による影響である、地表面温度分布に関する研究を行った。人工

衛星ランドサットの赤外線波長データだけでは捉えきれない、都市広域の地表面温度分布の日変動に関して研究を行った。まず、土地被覆別地表面温度の地上実測調査を行い、土地被覆別地表面温度日変動データを調査より作成した。土地被覆分類と細密数値情報の土地利用分類との同定を行い、土地被覆別地表面温度実測調査結果を細密数値情報に対応させ、時刻別地表面温度分布図を作成した。数値情報利用による地表面温度分布の検証のため、ランドサットデータによる地表面温度分布と、細密数値情報利用による、ランドサット飛来と同時刻の地表面温度分布との比較研究を行った。その結果、相関係数0.75、標準偏差2.63を得た。

第4章は「都市内緑地の周辺市街地に及ぼす効果に関する実測調査研究」と題して、都市のヒートアイランド現象に対して低減効果が期待されている、都市内大規模緑地が周辺市街地に及ぼす効果を、東京都新宿区と渋谷区にまたがる新宿御苑とその周辺市街地において、熱環境、風環境に関する実測調査を行った。市街地空間内の測定は、低層の戸建住宅の立ち並ぶ低層密集市街地内の街路空間と、中高層建物の立ち並ぶ中高層市街地内の街路空間の、2地点で同時計測を行った。その結果、10時から17時の時間帯では、両街路の各測定点とも、緑地からの距離に応じて気温が上昇する傾向が見られた。18時から23時の時間帯では、緑地からの距離に応じた気温の分布は認められず、地表面・壁面の表面温度による影響が特に強く、緑地の効果は実測データからは認められなかった。0時から5時の時間帯では、緑地からの距離に応じて気温が上昇する結果が得られ、街路形態による影響も小さいことから、緑地の周辺市街地の気温緩和効果が比較的明瞭に現れている。風向・風速の測定結果でも、緑地から街路方向へ恒常的に微風が発生しており、緑地の効果を裏付けていると考えられる。

第5章は、「数値情報利用による民生用エネルギー消費密度分布推定に関する研究」と題して、人工廃熱の問題について、建物用途別延べ床面積の推定を東京首都圏全域について、1kmメッシュ単位に行い、民生用エネルギー消費密度分布の推定を行った。推定は、東京都都市計画局の建物用途別延床面積データと細密数値情報の土地利用分類データを回帰分析し、土地利用面積率から建物用途別延床面積を推定する回帰式を作成した。次いで東京首都圏の206市町村の課税台帳より建物用途別延床面積資料を調査し、回帰式より算定した建物用途別延床面積のメッシュ毎の比率により割り振ることにより、1kmメッシュ建物用途別延床面積データを作成した。これより、東京首都圏の建物床面積の分布状況、建物用途の遍在性を明らかにした。このデータに、各種エネルギー消費原単位を掛け合わせ、東京首都圏の1kmメッシュエネルギー消費密度マップを作成した。

第6章は「環境保全からみた未利用エネルギー活用に関する研究」と題して、未利用エネルギー活用地域冷暖房システム導入による効果を算定し、従来大気へと放出されていた廃熱の捨て場の問題を取り上げた。未利用エネルギーの実態調

査は、調査対象圏域内の全ての河川、下水処理場、清掃工場と、東京湾岸の火力発電所、海水を取り上げ、未利用エネルギー賦存量の調査、算定を行った。その結果、環境保全性を考慮した場合、未利用エネルギー量は、東京首都圏全域で32,779Tcal/yと算定された。また特に河川水未利用エネルギーの活用について、夏の冷熱供給時の河川水温変化による、大気への熱的影響の検討を行った。まず、冷熱発生プラントによる放熱量の相違に関する考察を行い、各種効率により冷房廃熱量の算定式を導いた。冷房廃熱放出方式による空気状態の相違に関する考察を行い、冷却塔からの放熱の場合と、空気対空気熱交換の場合の顕熱・潜熱比はそれぞれ、9:91、92:8と、算定した。次に河川水熱利用地域冷房システム導入の際の、地表面熱収支の変化、特に河川水面からの熱放出変化に関してのシミュレーションを行った。その結果、平衡水温を越えて河川水温を昇温させると、本来都市のヒートアイランド現象に対して河川が保有していた気温緩和効果が失われ、逆に大気へと熱放出し始めてしまうことが明かになり、河川水温の監視、管理の必要性を指摘した。

第7章は「東京都区部のヒートアイランド現象低減対策に関する事例研究」と題して、3つの事例研究を行った。一つは、第2章において調査した東京首都圏に散在する気象観測点の気温変化の原因として、人工廃熱量の増加を取り上げた。ガス消費に伴う廃熱分布、電力消費に伴う廃熱分布、自動車廃熱分布を明らかにし、メッシュ内DID地区面積率の変動の少ない地域は、地表面からの顕熱流による気温への影響に大きな変化はないとし、これらの地域での30年間の1~2℃の気温上昇は、人工廃熱の増加によるものであると結論づけた。二つ目は、東京都区部を対象に、現状の地表面放熱、冷房廃熱の分布状況を算出した上で、ヒートアイランド現象の低減対策として河川や緑地を新たに導入した場合の、熱環境変化に関する研究を行った。屋上緑化とグリーンベルトの2つのケースを設定して効果を比較検討し、その結果屋上緑化の場合は、対象地域全体で若干放熱量が少なくなる傾向があった。グリーンベルト状に緑地を導入する場合では、都心部、副都心地区では放熱量の変化はないものの、緑地帯では非常に放熱量が少なくなり、現在の東京都区部の巨大なヒートアイランドの分断効果が期待できることを明らかにした。最後に、具体的な大規模開発地区として東京湾臨海開発地域を取り上げ、開発前後の土地利用・土地被覆の調査を行い、熱収支計算を行った上で、土地被覆の改変による熱環境変化の効果の算定と、考察を行った。開発前後で臨海副都心開発地区は、造成中の裸地から、建物屋根、舗装面が多くの地表面を占める土地被覆に変化することから、顕熱放出の増大、潜熱放出の低下が計算より導かれた。緑地導入による効果の試算では、舗装面の90%を緑化すれば東京都区部の平均気温レベルにまで、熱環境を緩和することができる結果を得た。

第8章は結論として、各章の結論を総括し、今後の展望を行った。