内学21-28

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

都市のヒートアイランドと大気汚染の評価
に関する研究

URBAN HEAT ISLAND AND AIR—POLLUTION
EVALUATION

申 請 者

李 海峰

Haifeng LI

建設工学 都市環境工学

2001 年 12 月

学位論文
3333

理 2667 (3333)

地球や都市環境問題への関心が高まる中で、ヒートアイランド現象や大気汚染等の都市問題が都市の重要な課題として注目を集めている。都市化に伴い、緑の減少や人工排熱の増加のみならず、コンクリートやアスファルトからなる土木・建築構造物の蓄熱・放熱現象も、ヒートアイランド現象形成の大きな原因になっている。一方、緑と水には都市気候を調整するクールアイランド効果があり、ヒートアイランド現象の緩和に大きな役割を果せる。ヒートアイランドによって、都市の気温上昇のみならず、大気汚染やエネルギー消費の増加をもたらす原因となっている。さらに近年では省エネルギーの観点からコージェネレーションシステムや地域冷暖房などの分散型エネルギーシステムの都市への導入と伴い、従来の集中化した電力供給システムに比べ、排気・排熱が都市の局所的に集中し、その周囲の環境に影響を与えることが心配され、都市域における二酸化硫黄や窒素酸化物の大気拡散評価の必要性も高まる一方である。このような背景の元、今後は地球環境問題の観点から都市のヒートアイランド現象及び大気汚染を数値計算より、定量的に予測する必要性が高まると思われる。

そこで本研究では、都市のヒートアイランドと大気汚染の評価手法を提案し、地理情報、細密数値情報、都市地図などの様々なデータを活用することにより、データベースの作成から数値シミュレーションまで、効率的なヒートアイランドと大気汚染評価システムを構築する。さらにケーススタディを通じて、評価システムの有効性を検討しながら、実用的な都市のヒートアイランドと大気汚染評価システムの構築を目的とする。

第 1 章「従来研究と本研究の位置付け」では、都市のヒートアイランドに関する従来研究、都市の大気汚染に関する従来研究、都市環境計画に関する従来研究を通じて、これまでの都市ヒートアイランド現象及び大気汚染に関する研究成果を分析した。その結果、都市のヒートアイランド現象及び大気汚染評価に関する検討では、様々な角度において行われたが、多くの評価モデルは複雑であり、データベースの構築や数値シミュレーションに多くの時間を要する。そのため、現実の都市環境計画に求められている幅広い評価に適用しにくい面があり、都市レベルにおける実用的なヒートアイランドと大気汚染の評価手法の研究及びその応用の必要性を指摘した。

第 2 章「都市のヒートアイランドと大気汚染評価システムの構築」では、都市のヒートアイランドと大気汚染評価手法に関する理論検討を通じて、土地利用変化、人工排熱及び汚染物発生によって、都市のヒートアイランドと大気環境にどのような影響を与えるかを考察するため、流体運動方程式である Navier-Stokes 方程式を、満度法を用いて差分近似し作成した拡散シミュレーションモデルを検討した。さらに、現実の都市環境計画に適用しやすいため、国土細密数値情報、地理情報などの既存数値データの活用方法を検討した一方、データが入手しにくい海外の都市において、都市地図によるデータベースの作成方法を提案した。それらのデータベース作成方法の比較によって、その適用範囲と作成精度を検討し、効率的な都市のヒートアイランドと大気汚染評価システムを構築した。

第 3 章「地域計画におけるヒートアイランドの事前評価」では、地域計画における土地利用及び人工排熱は都市のヒートアイランドにどのような影響を与えているかを、2km×3km 範囲の北九州学術研究都市計画のヒートアイランド評価において検討した。本研究では地理情報システムを用いて、土地利用及び人工排熱データベースの自動作成を試み、地域のヒートアイランド評価システムを構築した。構築したシステムを用い、北九州学術研究都市計画を対象にしたシミュレーション評価を行った結果、地域計画における合理的な緑地配置はヒートアイランド現象の防止や緩和効果を確認した。さらに、地域のヒートアイランドをシミュレーションによる評価の際、計算時間がメッシュサイズに多く左右されていることが確認され、利用目的及び時間条件に応じて、適切なメッシュサイズ及び精度を検討し、効率的に使い分けることが重要であることを指摘した。

第 4 章「東京都区部の地域における大気環境の影響要因に関する研究」では、近年の都市における自動車の増加や清掃工場の建設等に伴う NOx、SOx、ばいじん等の大気汚染問題に対して、地域の土地利用や人工排熱などの地域特性を考慮し、自動車の移動発生源及び清掃工場などの固定発生源を併せた大気環境への影響を総合的に評価できる手法を確立した。具体的に東京の世田谷区・杉並区にまたがる 5km×6km 地域を対象に、固定発生源と移動発生源の排出源毎の影響度を比較評価した結果、現時点では清掃工場などの固定発生源に比べ、幹線道路周辺における自動車などの移動発生源の影響が大きいため、今後は自動車の交通量や排気ガスの削減が地域の大気環境の改善に効果的であることを明らかにしている。一方、清掃工場や地域冷暖房プラントなどの固定発生源は排出濃度によって、地域局部の大気環境への影響も無視できないため、都市に工場などを設置した場合、その立地場所や排出濃度の考慮も必要であることを指摘した。

第 5 章「分散型エネルギーシステムの導入に伴うヒートアイランドと大気環境評価」では、近年では省エネルギーの観点から、コージェネレーションシステムや地域冷暖房などの分散型エネルギーシステムの都市への導入に伴い、都

市域におけるヒートアイランド及び大気環境への影響評価を行った。本研究では、北九州市の小倉地区の10km範囲を対象とし、分散型エネルギーシステムを導入した場合、局所的にプラント周辺の最高気温は高くなっているが、全体的な熱環境の視点から見ると、分散型エネルギーシステムはヒートアイランドの緩和に貢献していることがわかった。また、分散型エネルギーシステムを導入した場合、地域のNOx濃度は平均的に高くなる傾向があるが、地球環境の保全や自己完結した都市環境づくりを考えた場合、分散型エネルギーシステムの都市への導入は大気環境面にも効果的である。

第6章「世界巨大都市におけるヒートアイランドの比較評価」では、近年のアジア都市の急激な巨大化に伴う熱環境の変化を背景に、土地利用図を用いた都市のヒートアイランド評価手法を開発し、ニューヨーク、ロンドン、東京、上海、バンコクの5つの巨大都市を取り上げ、50km圏におけるアジアと欧米の巨大都市の都市化及び土地利用の変化によるヒートアイランドへの影響を比較評価した。その結果、上海やバンコクなどのアジア発展途上国の巨大都市では、市街地の広がりが現時点では東京の三分の一にすぎないが、今後の急激な成長が予測される。今後のアジア巨大都市は都市周辺の水域や緑地を十分考慮しながら、適切な間隔に緑地や水面を配置することによって、都市のスプロール化に伴う気温の急激な上昇を防ぐ都市計画が必要であることを指摘した。

第7章「アジア巨大都市におけるヒートアイランドの改善策に関する検討」では、6章の問題を改善するための提案を行った。具体的にアジア巨大都市の上海とバンコクを取り上げ、ヒートアイランド評価を通じて、アジアの高密度化した都市の熱環境の改善策を提案した。まず中国上海市の都市化による都市気候変化とクラスター化の提案において、上海市の急激な都市化は、都市気候へ大きな影響を与えていることを指摘し、その改善策として、都心部のクラスター化を提案し、建物を高層化と緑地のネットワークによって、ヒートアイランドへの緩和効果を検討した。さらに、熱環境からみたバンコクの河川復活効果に関する研究において、バンコクの急激な都市化に伴う河川の減少は都市の熱環境へ大きな影響を与え、河川には都市のヒートアイランドへの緩和効果があり、特に地域レベルにおいてその影響が強いことから、都市熱環境の観点からバンコクの中心市街地における有効な河川復活の提案を行った。

第8章「結論と展望」では、各章における結論を総括するとともに、今後の都市環境計画のあり方を展望した。