

## 審査の結果の要旨

氏名 井原 智彦

近年、地球環境問題（地球温暖化）並びに都市環境問題（ヒートアイランド現象）が問題となっている。この両者共通の対策として、光高反射熱高放射塗料が挙げられる。光高反射熱高放射塗料は遮熱塗料とも呼ばれ、高い日射反射率と高い長波放射率を持つ塗料である。日射を反射することで建築外表面の吸収日射を減らし、室内温度を低下させることから、冷房需要の削減、ひいては CO<sub>2</sub> 排出量の削減が見込める。一方、地表面の日射を同じく反射することで、地表面温度を低下させ、ひいては地上気温を低下させることから、ヒートアイランド現象の緩和が見込める。

本論文は、光高反射塗料の広域・通年の影響を考慮したシミュレーションモデルの構築と、そのモデルによる光高反射塗料の評価を目的とし、9章から構成される。第1章は序論であり、研究の背景を示すとともに、既往の研究の成果と、それらの問題点を挙げ、本研究の位置づけを明確にしている。

第2章では、光高反射塗料がどのようなものであるか、現実に開発されている塗料を踏まえながら、その特性をまとめている。

第3章では、次の第4章のシミュレーションで用いるための計算条件を整備している。ミクロな建築熱負荷計算の結果を積み上げてマクロな結果とする場合、ミクロな計算において標準的な（マクロ的視野において平均的な）計算条件を用いる必要がある。

第4章では、本研究の目的の一つである建築熱負荷シミュレーションモデルの構築について述べた。建築熱負荷計算モデルとして、初めて明示的に人工排熱の計算を可能にしている。これにより、都市熱環境への影響が考慮できるようになる。

第5章では、試験体実際に塗料を塗装し、長期暴露実験をおこなうことで、塗料の日射反射率の経時変化を計測し、光高反射塗料の日射反射率は、塗料寿命である5年平均で0.75であることを示している。また、同時に計測した気象要素と構成材料を入力値とし、第4章で開発したシミュレーションモデルを用いて、その計算結果は、実測温度と比較して、決定係数は0.988となり、構築したモデルの妥当性も示された。

第7章では、本研究で都市熱環境の計算をおこなうために使用したメソスケールモデルについて、その概要とアルゴリズムを述べている。

第6章および第8章では、建築外表面技術としての光高反射・熱高放射塗料の環境改善効果の評価した。光高反射塗料による環境改善効果には、日射受熱量削減による直接効果と、大規模に導入した場合の気温低下による副次的な効果とがある。まず直接の効果を算出し、次に都市熱環境計算と組み合わせて副次的な効果の評価している。以下にその評価

を列挙する．

- 始めに，第 4 章で開発した建築熱負荷シミュレーションをおこなって，光高反射熱高放射塗料による直接の建築物の CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果を算出している．その結果，CO<sub>2</sub> 排出量ベースでは，業務ビルで 0.6% 増，住宅で 4.5% 増となることを示している．ただし，新しい空調システムが採用されているビルや OA 化が進展したビルに対しては，通年でも CO<sub>2</sub> 排出削減となることを示している．たとえばビルマルチでは 5.2% 排出減，従業員 1 人 PC2 台の OA 化では 14.5% 排出減としている．同時に，得られた時刻別排熱量から，空調開始時刻直後では冷房排熱量は冷房負荷量の 2 倍以上にも達することを示している．（建築：第 6 章）
- 次に，建築熱負荷計算モデルで算出した排熱量を入力して都市熱環境シミュレーションをおこなった．東京圏すべての業務ビルに一律に光高反射塗料を導入した場合，季節を問わず日中で 0.5[K] 程度，夜間でも最大 0.2[K] の気温低下が起こる．計算結果を回帰分析して，光高反射塗料による季節ごとの気温低減効果の推定式を作成し，拡張アメダス気象データの通年気温データに適用することにより，光高反射塗料を大規模に導入した場合の通年気温データを作成している．（都市：第 8 章）
- 最後に，通年気温データを用いて，東京圏すべての業務ビルに光高反射塗料を導入した場合の建築物の CO<sub>2</sub> 排出量を算定した．その結果，直接効果のみ評価では，業務ビルの CO<sub>2</sub> 排出量は 0.6% 増となるが，気温低下も考慮すると，業務ビル，住宅ではそれぞれ 0.8% 増，0.9% 増となり，気温低下による環境改善効果が一定量存在することを裏付けている．（建築-都市連成：第 8 章）

第 9 章は，本論文の結論である．

光高反射塗料に関しては，従来，夏期の建築-都市連成環境あるいは通年の建築環境でしか評価されず，CO<sub>2</sub> 排出削減方策として評価するために必要な通年での建築-都市連成環境での評価がおこなわれていなかった．本論文は，その評価をおこなうために，明示的に人工排熱計算のできる建築熱負荷計算モデルを初めて開発し，そして都市熱環境計算と組み合わせることで，広域-通年にわたる実用的な評価手法を構築した．開発されたモデルおよび手法は，他の建築省エネ技術にも適用可能であり，民生部門のさまざまな対策の効果を評価する上で非常に有効であり，本研究の成果が大いに評価される．

また，本研究では構築したモデルを用いて光高反射塗料を評価しており，その評価結果は，今後，実際に光高反射塗料を導入していく場合の指針となるものである点も評価される．

以上，光高反射塗料の評価手法とその評価に焦点を当てた本研究において得られた成果には大きなものがある．

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．