

| | | | |
|---------|--|--------|-------|
| 氏名(本籍) | 井上忠雄(東京都) | | |
| 学位の種類 | 博士(理学) | | |
| 学位記番号 | 博甲第4660号 | | |
| 学位授与年月日 | 平成20年3月25日 | | |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 | | |
| 審査研究科 | 生命環境科学研究科 | | |
| 学位論文題目 | Fair-Weather Cumulus Clouds Forming over the Urban Area in Northern Tokyo (東京北部の都市上に生成する晴天積雲) | | |
| 主査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 木村富士男 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 理学博士 | 林陽生 |
| 副査 | 筑波大学教授 | Ph.D | 田中博 |
| 副査 | 筑波大学講師 | 博士(理学) | 日下博幸 |

論文の内容の要旨

この研究は、衛星画像解析、地上写真観測および高解像度数値実験により、夏季の東京周辺の都市域に発生する晴天積雲の発生形態とそのメカニズムを調べ、都市の存在が積雲を発生させるとともに、周辺の郊外における雲の発生を抑制させていることを明らかにした。

まず衛星画像解析では、11年間の7・8月における衛星 NOAA の画像(可視、近赤外、赤外)を用いた。波長帯別の画像データを解析し、植生活性指標 (NDVI) を求め、この値の低い陸域を都市域とした。都市域では郊外に比べ緑が少ないため、NDVI は都市域を適切に把握することができる。つぎに対象地域に大規模な降水システムや雲がない事例、すなわち晴天日を 328 日 (328 画像) を選び、浅い雲の発生頻度を調べた。この結果、関東平野周辺の雲の発生頻度は高い順から山岳域、平野、沿岸および水域となった。山岳域と平野部の雲の出現頻度については過去の研究と同様な結果が得られた。

一方、平野部の内部では、NDVI の低い地域の形状と雲の出現頻度の高い地域の形状がよく一致しており、都市域では郊外よりも雲の出現頻度が高いことが示された。詳細な構造を調べると、雲の発生域と都市部は 2km 程度のずれで一致していることから、都市のサーマルによって発生している雲と推測された。ここでサーマルとは晴れて日射の強い日に、地上から高度 1000m くらいまでの混合層内に生じる局所的な上昇流のことである。

都市の雲の発生頻度が比較的高いことから、現地で雲を直接観測できる可能性が高いことが推測された。そこで、2003 年から 2005 年の 7 月下旬から 9 月上旬にかけて地上写真観測を実施した。デジタルカメラをさいたま市とその西側の郊外の上空が写るようにセットし、2 分間隔で自動撮影した。期間中に 54 日間の観測を行い、このうち 12 日において、都市で雲が発生する一方、郊外では発生しない現象が観測された。地上観測と同時に、小積雲を観測することが可能な 250m という高い解像度を持つ衛星可視画像を入手し、空間分布の特徴を調べた。

12 日間の地上観測を総合すると、都市の雲の発生時間帯は午前 8 時から 11 時半、消滅時間帯は午後 1 時から 5 時の間であった。雲の発生継続時間は 3 時間から 6 時間程度である。都市の雲は気象学的には晴天積

雲に分類される。雲頂が自由対流高度に貫入して鉛直方向に発達することが多く、日によっては雄大積雲まで発達することがあった。

数値実験では、格子間隔 1km の領域気候モデルを用いて、首都圏の土地利用と夏の晴天静穏日における気象条件を入力した。領域気候モデルでは土地利用に応じて、地表面からの顕熱と潜熱が変化するパラメタリゼーションが組み込まれ、都市部と郊外の顕熱・潜熱フラックスの差を再現する。都市の大気に及ぼす影響として熱的な効果だけ取り入れた領域気候モデルにより、関東平野を対象に都市に発生する小積雲は再現できる。このことは、都市の上空に雲を発生させるメカニズムは、都市の熱効果が大きく、都市から排出される大気汚染物質などによる凝結の促進効果は必ずしも重要ではないことを示している。

次に同じ領域気候モデルを用いて、都市の顕熱フラックスを変化させる熱的な感度実験を行い、なぜ都市にだけ雲が発生するのか、そのメカニズムを調べた。その結果、都市では地表面の強い顕熱フラックスによって強い上昇流が発生し、雲を発生させるとともに、その上昇流による補償下降流が都市周辺の郊外全域で卓越し、郊外において混合層の発達を抑え、雲の発生を抑制していることが示された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

この研究は都市と郊外にできる気温差により、夏季の晴天日にしばしば小積雲が発生することを、衛星観測や現地観測により明らかにした。このような雲については、過去にも研究が行われているが、都市の構造をそのまま反映した雲の発生を気候学的に確認できたおそらく世界ではじめての研究と思われる。さらに数値モデルによりこれを再現し、都市の熱が雲の生成ばかりではなく、郊外における雲の抑制効果があることを示したことは、小積雲を生成する混合層内の対流活動の理解に、大きく貢献するものと思われる。これらのことから、この論文は学位論文にふさわしい価値があると判断できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。