

氏 名	やすなが かずあき 安 永 数 明
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2727 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 地 球 惑 星 科 学 専 攻
学位論文題目	熱帯海洋上の積雲対流による物質の鉛直輸送に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 木 田 秀 次 教授 植 田 洋 匡 助教授 里 村 雄 彦

論 文 内 容 の 要 旨

大気の下層である大気境界層の空気がどのような過程で対流圏上層に輸送されるかという問題について、特に熱帯海洋上の積雲対流による輸送効果に着目し、集中特別観測データを用いた解析と、雲物理過程を表現できる非静力学系の数値モデルを使用した数値シミュレーションとの双方から研究した。空気中に含まれる水蒸気と海洋起源のヨウ化メチルとの混合の割合について、短時間（日から時間程度）の時間スケールの過去に境界層に滞在していた空気塊であるかどうかを判定する基準を設けて、熱帯海洋域での集中観測データの統計的解析をした結果に基づき、大気境界層の空気は、対流圏の3つの高度に輸送されている事実を示した。すなわち、大気境界層の上端と考えられる約 2 km (750-800hPa) の高度、対流圏中層の数 km (350-600hPa) の高度、そして、広く知られている対流圏界面に近い10数kmの高度の3つの高度である。本論文で注目されている対流圏中層への輸送は、従来の断片的な観測から予想されていたが、統計的な解析事実として明瞭に示された。

積雲対流による輸送過程を理解するため、水平方向と鉛直方向の2次元数値モデルにより、その観測時期に対応する積雲対流をほぼ現実的に数値シミュレーションで再現した。この結果を用いて、仮想的なトレーサーを解析し、下層大気の空気の鉛直輸送過程を詳細に調べた。その解析によると、対流圏の圏界面高度付近に達する輸送効果と、それとは別に高度数 km 付近において水平に広がる空気と認められ、後者はライン状に発達する積雲対流の中層に特徴的に見られる顕著な水平過度によって、雲域からデトレイメントして水平方向に輸送されていることが分かった。

さらに、積雲対流の発達に関わる大気安定度や雲微物理過程のような重要なパラメータを変える数値実験を行うことにより、対流圏中層へ大気下層の空気を輸送する上で影響のある水平過度の発達には、大気成層の安定性が不安定であり生じる浮力の寄与とともに、積雲対流中の雲粒や氷晶の成長過程が関与していることを議論し、積雲の氷晶の融解過程による負の浮力が寄与していることを示唆している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

大気中には極めて多くの種類の化学物質が含まれている。その中でも特に水蒸気や二酸化炭素、あるいはエアロゾルなどは、気候の特徴を形成する要因として特に重要な大気組成物質である。これらを代表とする化学物質は、多くは陸上や海上など地表を起源として、大気の下層から次第に大気上層へと輸送され、大気に混合する。その鉛直方向の輸送過程には、積雲対流による上向き輸送効果が重要であると予想されているが、これを正面から総合的に研究された例が少ない。こうした状況の中で、本論文は、積雲対流による鉛直輸送の過程を明確に示したものとして極めて貴重である。

本研究において、大気境界層の空気塊が直接輸送される到達高度としては、対流圏に3つ存在する事実を熱帯海洋上での集中観測で得られた水蒸気とヨウ化メチルの濃度データに関する統計解析から明らかにし、その一方、積雲対流の現実によく再現した数値シミュレーションに基づき、鉛直方向の輸送過程を詳細に且つ明解に示した成果は重要である。さらに、そ

の輸送過程のメカニズムの解釈として、大気の成層安定度と雲物理過程の効果を論じて、氷晶が融解する過程の重要性を示唆した点は貴重な成果である。

従来の研究では、大気における化学物質の鉛直輸送を扱う場合は、鉛直拡散係数というパラメータで表現されてきたが、その輸送過程の力学的メカニズムにまで立ち入ると、単純に拡散係数として表現することが必ずしも相応しくないことを本論文は明解に示した。特に積雲対流の上向き輸送は、極めて局所的に、しかも1時間程度の短時間で大気境界層の空気を対流圏上層あるいは中層に輸送するので、拡散係数としては表現できない。この短時間で輸送する効果は、寿命の短い化学物質でも対流圏上層にまで輸送されうることの意味するので重要である。

上に述べた大気の鉛直輸送過程の問題について、これまでの断片的な認識が本論文によって、観測と数値実験の両面から、一まとまりの描像として知見が集約された点は高く評価できる。

以上の理由から、本論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項についての試問を行った結果、合格と認めた。