

| | | | |
|---------|---|---------|-------|
| 氏名 | 相澤 拓郎 | | |
| 学位の種類 | 博 士 (理 学) | | |
| 学位記番号 | 博 甲 第 | 7964 | 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 28年 12月 31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 | New Perspectives for the Structure and Development Mechanism of the Arctic Cyclones (北極低気圧の構造と発達機構に対する新しい見解) | | |
| 主査 | 筑波大学教授 | Ph. D. | 田中 博 |
| 副査 | 筑波大学教授 | 博士 (理学) | 日下 博幸 |
| 副査 | 筑波大学准教授 | 理学博士 | 上野 健一 |
| 副査 | 筑波大学教授 (連携大学院) | 博士 (理学) | 加藤 輝之 |

論 文 の 要 旨

著者は、北極域で発生・発達する特有の低気圧である北極低気圧について、その3次元構造と発生メカニズムを解明する研究を行った。北極低気圧は、熱帯低気圧や中緯度の温帯低気圧とは異なる構造とライフサイクルを持つ。著者は、2008年6月に発生した北極低気圧、および2012年8月に発生した北極低気圧について、低気圧中心に相対的な円柱座標系にデータを内挿した気象要素を解析し、北極低気圧の特有の構造を明らかにした。北極低気圧は、直径5,000kmに及ぶ順圧的で大規模な低気圧性循環を形成し、対流圏及から下部成層圏をめぐる2次循環を伴う。特に下部成層圏の下降流は、低気圧の緩やかな発達・維持に十分な強さがある。下部成層圏は暖気核、対流圏は寒気核となっており、それぞれ下降流による断熱昇温、上昇流による断熱降温が示唆される。

著者は、全球雲解像モデルNICAMを用いて、2008年の北極低気圧について再現実験を行い、低気圧およびその環境場が再現されていること確かめたうえで、三次元的な構造及び発達機構について詳細な解析を行った。モデルの北極低気圧本体の構造は、観測されるものと一致した。北極低気圧に伴う低気圧性循環が、北極域に存在する北極前線帯に接近すると、局地的に傾圧性が強まりメソ低気圧が発生する。再現実験においては、傾圧的なメソ低気圧は、発達しながら北極低気圧本体と併合することで、強い北極低気圧が形成された。すなわち、北極低気圧とメソ低気圧との併合は、北極低気圧の急発達の要因である。

著者は、北極低気圧の構造解析に加えてライフサイクルの概念モデルを提唱した。概念モデルでは、北極低気圧の発達を5つの段階に分けることができる。第一段階では、下部成層圏が下降流による断熱昇温で暖まり、その渦位偏差により地上に低気圧が形成される。第二段階では、圏界面の断熱昇温がさらに大

きくなり、暖気核が一層強化され、地上の低気圧が強まる。第三段階では、低気圧が励起した二次循環に伴う上昇流により対流圏で断熱降温が生じ、寒気核が強化される。第四段階では、北極前線帯で発生したメソ低気圧、または中緯度から移動してきた温帯低気圧と併合する。第五段階では、併合後の状態として、北極低気圧のバランスした力学的及び熱力学的構造が維持される。この北極低気圧のライフサイクルの概念モデルは、これまでに提唱された中緯度の温帯低気圧のライフサイクルの概念モデルとは一線を画すものであり、大気大循環研究に新たな知見を与える新低気圧モデルである。

審 査 の 要 旨

地球温暖化により北極海の海水融解が進む中、2012年8月に発生した北極低気圧は、直径5,000 kmに及ぶ巨大な低気圧であった。その力学的な摩擦応力は、夏季の海水を記録的に融解させる原因のひとつとなった。海水融解により北極海航路に注目が高まる中、日々の北極海の天候を左右する北極低気圧の理解と予測は、重要な研究課題として注目されるようになってきた背景がある。

著者は、これまでに、地球上で発生する多種多様な低気圧について、包括的な研究を推進してきた。はじめに、全球雲解像モデルNICAMを用いた熱帯低気圧の数値実験に取り組み、台風の目の周辺の軸対称循環に重なるロスビー波の発達機構を研究した。温帯低気圧の成因とライフサイクルの分類なども研究対象に含まれた。本論文で解明に取り組んだ北極低気圧は、これまでに詳しく研究されてきた温帯低気圧や熱帯低気圧とは異なる構造とライフサイクルを持つことが次第に明らかとなった。

著者は、本学の計算科学研究センターの高速計算機を用いて、NICAMモデル大気に現れた北極低気圧の構造とライフサイクルを丹念に分析し、その概念モデルを長期再解析データに見られる北極低気圧と対比させることで、北極低気圧の特有な成因について、新たな知見をもたらした。つまり、大気大循環に伴う極域成層圏内の放射冷却で下降流が生じると、圏界面が垂れ下がり、そこで渦位の正偏差が起こる。その渦位偏差で生じた低気圧性循環が地表にまで達することで、エクマン収束による上昇流が生じて、断熱膨張による対流圏の寒気核が形成される。しかし、このままでは北極低気圧は衰退するのであるが、対流圏の寒気核周辺で強化された温度傾度により傾圧性が高まり、傾圧不安定によりメソ低気圧が発達すると、北極低気圧はその渦度を効率よく本体に併合させるのである。

著者は、北極低気圧とメソ低気圧の併合というメカニズムが、長期間衰退せずに維持されるために重要であることを明らかにした。この成因解明により、北極低気圧は上層の極渦と一体化した、地球上でただ一つ、例外的に発生発達するユニークな低気圧であることを明らかにした。この新たな知見は、低気圧研究において極めて独自性の高いものであり、本学における博士の学位を授与するに十分な研究成果であると判断する。

平成28年11月15日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。