学位論文題名

STUDIES ON THE CHARACTERISTICS AND
SEASONAL VARIATIONS OF
PRECIPITATION PHENOMENA OBTAINED BY
RADAR OBSERVATIONS
AT SYOWA STATION, ANTARCTICA

(南極昭和基地のレーダー観測からみた降水の特徴と季節変動に関する研究)

学位論文内容の要旨

1989年の南極昭和基地の「雲と降水」の研究観測は世界気候変動研究計画(World Climate Research Program)の一環として南極域の気候変動研究計画(Antarctic Climate Research, 1987~1991)の重点項目の一つとして行われた。これまで南極域の降水の観測は、大型観測資材の輸送が困難なことや低温強風の自然条件が厳しいことから十分行われてきたとは言えず、降雪量の観測に限らず降雪の実態すら十分に観測されていないのが現状である。本論文は申請者が1989年の越冬観測中に昭和基地で行ったレーダーやマイクロ波放射計を使った総合的な「雲と降水」の観測を基に、昭和基地付近の降水量及び降水をもたらす雲について解析し、その特徴と季節変化について述べたものである。

得られた結果から次のことが明らかになった。まず第一にレーダーによる降水量の見積もりについてである。南極氷床をかん養する降水量の見積もりは、地球全体の気候を支配する要因の一つである冷熱源として振る舞う南極氷床の消長を調べる上で重要で、これまで雪尺法や水蒸気輸送の観点から多くの観測が行われている。しかし、これまでの方法はレーダー観測に比べ時間分解能が悪く個々の降水をもたらす雲に対応した観測ができていない。さらにレーダー観測から降水量を見積もる利点としては強風下でも欠測なく測定ができることが上げられるが、その反面、間接法であるため粒子の形状が異なると降雪量の見積もりの誤差が大きくなることがある。そこで本研究ではレーダー反射強度から降雪強度に変換する際、気温をパラメーターとした変換式を精密な降水強度とレーダー反射強度の観測から導き、粒子の形状の違いから起こる誤差が小さくなるようにして降水量を見積もる方法を採用した。その結果、1989年の昭和基地の年降水量は204mmと推定された。

次にこの降水をもたらす雲の特徴についてである。昭和基地付近の南極沿岸部の降水に大きく寄与する雲は、NOAAの画像から低気圧に伴う渦状の雲で

あることがわかった。この渦状の雲は中緯度で発生した低気圧に伴い、南極沿岸部で最盛期から消滅期を迎え、最盛期にはスパイラル状の構造を持つことが多いことが知られている。観測からその鉛直構造が明らかになり、渦状の雲の外側は南極沿岸を西向きに周回する低温かつ水蒸気の少ない気団の上に低緯度側からの暖気が入り、温暖前線状の層状の構造を持つことが分かった。また、その内側は良く発達した渦に一回りした寒気が入り込み、寒冷前線性の対流性の雲を形成していた。従ってこの渦状雲の断面は寒冷前線が温暖前線上に滑昇して形成された閉塞前線状の構造であると考えられる。昭和基地の北西の海上で低気圧が停滞して発達した場合、この閉塞前線の断面を横切ると考えられる降雪がしばしば観測された。また、低気圧が昭和基地沖を東進するときは、渦の南縁の降雪を伴わない上層の雲が観測された。従って沿岸部に多量の降水をもたらされるためには低気圧がその北西あるいは西北西に停滞し、低気圧に伴う渦状の雲が沿岸部をスweepするような条件が必要であることが分かった。その顕著な例として北西にある低気圧が停滞から西進し、昭和基地上にかかった渦状の雲の走行と昭和基地上の風向が一致した場合には、長時間にわたって多量の降水をもたらすことがわかった。

最後は雲と降水の季節変化についてである。気温の変化や海水域の消長に伴って、雲と降水の季節変動が見られた。先に述べた渦状の雲の外側にみられた層状の高い雲の雲頂は、 -40°C の高度変化に対応した季節変化が認められた。一方、対流性の低い雲の割合は海水域が広がり低温になる冬から春にかけて減少し、海水域の消長に対応した関係が見られた。また、雲水量にも海水域の消長に対応した関係が見られ、開水面が近くにある秋には雲水量の多い雲が多く観測されたが、冬、春の海水域が拡大した季節には雲水を多く持った雲が少なかった。このように水蒸気や熱の供給が少ない海水域の消長は個々の雲システムに影響を与えていたが、雲だけでなく雲を伴う低気圧の経路にも影響を与えていた。低気圧活動は従来から言われている環南極低圧帯 (Circumpolar trough) が強まる春、秋に強まるため、昭和基地に降水をもたらす渦状の雲の頻度も春、秋に多くなっていた。しかし、個々の渦状の雲の強さは海水が張り出す春の方が秋に比べ弱まることが多く、水蒸気や熱の供給が少ない海水上で低気圧の活動度が弱まることがわかった。従って秋と春を比較すると、秋は数多く沿岸に近づく低気圧によって降水をもたらされるのに対し、春は数少ない低気圧から降水をもたらされていることがわかった。従って、個々の低気圧によってもたらされる降水量が大きく異なる場合、春の降水量は秋の降水量に比べ年々変動が大きく現れると考えられる。1989年の春は数回の低気圧で大量の降水があったため、数多く低気圧が近づいた秋に匹敵する量が春にも観測された (秋80mm、春60mm)。また冬にも60mmの降水があり、昭和基地の降雪量については夏を除く季節に大きな差は現れなかった。しかし、沿岸部で発達する雲は雲水量の多い背の高い雲であることが多く、その条件をみたま雲が秋に多いことから沿岸から南極大陸内部に多くの降水をもたらす雲は、秋に多いと考えられる。

以上のことから南極沿岸部に降水をもたらす原因は、南極沿岸で発達する低気圧に伴う渦状の雲であることがわかった。また、雲や低気圧の季節変化から降雪の頻度が多い秋に比べ降雪の頻度の少ない春の降雪の有無がその年の降雪量の特徴を決めていると推定される。

学位論文審査の要旨

主査 教授 菊地 勝弘
副査 教授 金成 誠一
副査 助教授 上田 博
副査 講師 遊馬 芳雄
副査 助教授 遠藤 辰雄 (大学院地球環境科学研究科)

学位論文題名

STUDIES ON THE CHARACTERISTICS AND SEASONAL VARIATIONS OF PRECIPITATION PHENOMENA OBTAINED BY RADAR OBSERVATIONS AT SYOWA STATION, ANTARCTICA

(南極昭和基地のレーダー観測からみた降水の特徴と季節変動に関する研究)

南極域はその広大な雪氷面積から、地球上の冷源として、気候変動に大きな影響を及ぼしている。しかし、南極大陸氷床の涵養源としての降雪の観測は、大型観測機器の輸送の困難さや、低温強風といった自然条件の厳しさから、今日まで、通年にわたる詳細な観測は行われてこなかった。

本論文は、世界気候変動研究計画 (World Climate Research Program) の中の、南極域気候変動研究計画 (Antarctic Climate Research, 1987-1991) の一環として、1989年南極昭和基地で越冬観測が行われた「雲と降水」の研究観測の結果から、新たに得られた知見をまとめたものである。

本論文は7章から構成されている。第1章は序文であり、今日まで南極域で行われた研究を総括している。第2章は観測方法の概略である。すなわち、昭和基地に設置されたXバンドのPPIレーダーと鉛直レーダー、それにマイクロ波放射計や地上での降水量を時間分解能を上げて精度よく観測するため新たに開発した電子天秤型降雪量計などである。

第3章は第2章で述べた機器を使った降水量の見積りについてである。レーダー反射強度から降雪強度に変換する際に、降雪粒子の形状による誤差を少なくするために気温をパラメータとした関係式を導入し、それをを用いて1989年の昭和基地の年降水量を204mmと算出した。この値は、従来の推定値が、地吹雪による影響や、降雪の継続時間の不確かさを除去したものと、今後基準として使われるはずである。

第4章は、昭和基地周辺の雲と降水の特徴について述べたものである。昭和基地周辺の

降水は、NOAA衛星とレーダーデータの解析から、多量の降雪をもたらす擾乱は、温帯低気圧に伴う渦状の雲によるものであることを明らかにした。この渦状の雲は、寒冷前線が温暖前線上に滑昇して形成された閉塞前線の構造をしていることを明らかにした。また、昭和基地の北西の海上で低気圧が停滞して発達した場合、この閉塞前線によると考えられる降雪のあることを確かめた。

第5章は昭和基地周辺の降水雲の季節変動について述べたものであり、気温や海水域の季節変化に対応して雲のタイプや出現頻度が変動することを明らかにした。特に対流性の雲や雲水量の多い雲は、海水域がまだ拡大しない秋に多かったが、海水域が拡大する冬や春は、大気中に水蒸気や熱の供給を妨げるために減少することを明らかにした。また、低気圧に伴う渦状の雲は、環南極低圧帯が強まる春と秋に増加したが、海水域のより拡大する春の方が秋に比べて少なく、氷海上で低気圧の活動度が弱まることを示唆した。

第6章は昭和基地周辺域に降水をもたらす条件と季節について論じたもので、特に低気圧に伴う渦状の雲の相対的な位置関係とその雲の走向が昭和基地に多量の降雪をもたらすことを明らかにした。第7章は結論である。

このように、著者は南極越冬という極めて厳しい条件のもとで、2種類のレーダーを使った世界ではじめての通年観測を成功させ、南極昭和基地周辺の降雪量や降雪機構を明らかにした点は、南極域の気候学や、極域の降水物理学、レーダー気象学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。