

博士（地球環境科学） 中 井 専 人

学 位 論 文 題 名

内陸盆地の降雪機構に関する観測的研究

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

山形県の新庄盆地は、2次元的な形をした出羽丘陵の風下に位置し、それを越えてくる降雪雲により多量の降雪がもたらされる。出羽丘陵が降雪雲に対してどのような影響を与え、その結果、盆地内の降雪量がどう変化するのか、また、風速の大小、気温などが盆地の降雪機構にどのような変化をもたらすのか、これらについて観測的な研究を行った。

日本海上の降雪雲は層厚たかだか4kmの対流混合層内において発達する。稜線標高約600mの出羽丘陵を越えた降雪雲は、出羽丘陵上においてレーダー反射強度、すなわち降雪強度が増加した。また、このレーダー反射強度の増加は、対流混合層下部、稜線風下を中心起こっていた。出羽丘陵の場合、降雪雲出現時の風の流れはフルード数と山の高さで決まる浅水流の振る舞いをし、通常サブクリティカルとなるため、降雪雲上部では上昇流は抑えられる。従って、単なる地形性上昇による雲内部の上昇流の強化がレーダー反射強度増加の主因とは考えられない。一方、対流混合層下部では地形性上昇によって雲が形成されることから、出羽丘陵上から風下にかけての降雪の増加は、移動してくる降雪雲からの地形性の雲に対する種まき効果によって説明される。

出羽丘陵を越える降雪雲は、レーダーエコーパターンによって面状エコーとセル状エコーの2種類に大別される。種まき効果は何れの降雪雲に対しても現れ、降水量の増加をもたらしていたが、互いに異なる微物理過程が働いていた。面状エコーは弱い季節風時に出現し、このとき反射強度の増加と共に風下では雪片が観測された。すなわち、種まき効果の実質は昇華凝結成長である。一方、セル状エコーは強い季節風時に出現し、このとき丘陵風下では、丘陵風上よりも大きい霰が観測された。すなわち、種まき効果の実質は雲粒付着成長である。このことからわかるように、丘陵上では種まき効果により降雪強度の増幅がおこるもの、卓越降雪粒子の種類自体はこの過程で変化せず、風上の降雪雲に依存する。さらに、降雪増幅は地形性雲に対する種まきによるため、増幅量は出羽丘陵による地形性上昇に伴う凝結水量（雲水量）に比例する。

学位論文審査の要旨

主査 教授 藤吉康志

副査 教授 山崎孝治

副査 教授 播磨屋敏男(大学院理学研究科)

副査 助教授 遠藤辰雄

学位論文題名

内陸盆地の降雪機構に関する観測的研究

山形県の新庄盆地は、2次元的な形をした出羽丘陵の風下に位置し、それを越えてくる降雪雲により多量の降雪がもたらされる。出羽丘陵が降雪雲に対してどのような影響を与え、その結果、盆地内の降雪分布がどう変化するのか、また、風速の大小、気温などが盆地内の降雪機構にどのような変化をもたらすのか、これらについて観測的な研究を行った。

日本海上の降雪雲は、層厚たかだか4kmの対流混合層内において発達する。稜線標高約600mの出羽丘陵を越えた降雪雲は、出羽丘陵上においてレーダー反射強度、すなわち降雪強度が増加した。また、このレーダー反射強度の増加は、対流混合層下部、稜線風下を中心起こっていた。出羽丘陵の場合、降雪雲出現時の風の流れはフルード数と山の高さで決まる浅水流の振る舞いをし、通常サブクリティカルとなるため、降雪雲上部では上昇流は抑えられる。従って、単なる地形性上昇による雲内部の上昇流の強化が主因とは考えられない。一方、対流混合層下部では地形性上昇によって雲が形成されることから、出羽丘陵上から風下にかけての降雪の増加は、移動してくる降雪雲からの地形性の雲に対する種まき効果によって説明される。

出羽丘陵を越える降雪雲は、レーダーエコーパターンによって面状エコーとセル状エコーの2種類に大別される。種まき効果は何れの降雪雲に対しても現れ、降水量の増加をもたらしていたが、互いに異なる微物理過程が働いていた。面状エコーは弱い季節風時に出現し、このとき反射強度の増加と共に風下では雪片が観測された。すなわち、種まき効果の実質は昇華凝結成長である。一方、セル状エコーは強い季節風時に出現し、このとき丘陵風下では、丘陵風上よりも大きい霰が観測された。すなわち、種まき効果の実質は雲粒付着成長である。このことからわかるように、丘陵上では種まき効果により降雪強度の増幅がおこるもの、卓越降雪粒子の種類自体はこの過程で変化せず、風上の降雪雲に依存する。さらに、降雪増幅は地形性雲に対する種まきによるため、増幅量は出羽丘陵による地形性上昇に伴う凝結水量(雲水量)に比例する。

出羽丘陵上で増幅を受けた後の内陸降雪分布には、風速場がもう一つの決定要因となる。

出羽丘陵上ではサブクリティカルな流れのため、丘陵上で風速が増加し降雪雲の動きが加速される。また、丘陵風上に見かけの水平発散、その風下に見かけの水平収束が現れる。面状エコーの場合、エコー域内の風速場はほぼ一様である。一方、セル状エコーの場合、海上で発達した対流の循環が残っており、セル中心部では下部で収束、上部で発散となり、それがサブクリティカルな流れに伴う発散、収束に重なっている。丘陵上でセル状エコーは加速するが、セルの周囲の風速はそれよりもさらに速く、セルの間をさらに強い風が吹き抜けている形になる。このような風の場は 2 次元的な出羽丘陵の地形効果として内陸降雪分布の形成に影響すると考えられる。

以上の研究は、内陸盆地の降雪機構に新たな知見を与える研究であり、内陸の豪雪災害の軽減対策にも利用できる大変優れた研究である。

よって、著者は博士（地球環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。