

温暖化が急速に起こっている北極では、雲が時空間的に広く分布しており、地表面のエネルギー収支に影響を与えている^[1]。また、混合相の雲が高頻度で発生している^[2]。しかし、混合相状態は液相と固相の飽和水蒸気圧の違いから雲が消滅しやすいため、予測が困難となっている^[1]。本研究では、北極の長寿命の混合相雲 (P-MPCs) に着目し、その中でも地表面とのエネルギー収支の観点から、下層の単層雲に焦点を当てて、雲物理量、雲の形態、環境場、これらの関係を調査する。

観測実験 MOSAiC の雲微物理、大気プロファイル、雲底高度、地表面温度、ドップラーレーダーのデータを用いた。そのプロファイルから、低層単層で 12 時間以上持続した混合相の雲イベントを抽出する。また、gradient Richardson number のプロファイルから、境界層、温位のプロファイルからカップリングの高さを算出する^[3]。さらに、その境界層の高さと Obukhov length^[4]を組み合わせた指標を用いて、セル状とロール状の判別を試み、事例解析を行う。

上記の指標と閾値^[5]からロール状 (10 月: 18 時間持続) とセル状 (11 月: 72 時間持続) の 2 事例を抽出した。この 2 事例から、ロール状はセル状に比べて、(1)全粒子に対する氷粒子の割合が大きいことと(2)雲中の水平風が強いことが判明した。先に挙げた 2 事例において、ロール状の事例では、レーダー反射因子が-20dBZ よりも大きい領域にもピークが存在し、平均ドップラー速度は上昇と下降で対照的な分布をしていた。これらの結果と(1)の結果の組み合わせより、ロール状の雲はセル状の雲よりも、氷粒子が大きく成長するような強い対流が存在することが分かる。(2)の結果を他の事例でも確認するため、P-MPCs が存在する時間における水平風の鉛直プロファイルを雲頂高度で正規化し、EOF 解析を行なった。その結果、第一、第二主成分の負荷因子に、データセット全体のセル状とロール状で違いが見られた。この結果は、ロール状の P-MPCs の事例数は夏季に多くなり、かつ夏季は雲頂が低いことが原因であると考えられる。また、上記の 10 月の事例においても、負荷因子で同じ傾向が見られたが、ロール状の中でも比較的雲頂が高く、対流が他の P-MPCs と比べても強いことから、特異的な事例であることが分かる。

P-MPCs の季節性については、秋頃は特に寿命が長く、夏は雲頂が低く比較的寿命が短い傾向が見られた。ここで、温度逆転層の存在割合が夏季に下層で最も顕著になることから、この傾向は温度逆転層に由来したものであると分かる。加えて、P-MPCs のレーダー反射因子と平均ドップラー速度の特徴より、夏季は他の季節に比べて雲粒が小さく対流が顕著である。このことから季節によって、雲頂高度のみならず雲の構造が大きく異なることが示唆される。

[1] Morrison, H., G. D. Boer, G. Heingold, J. Harrington, M. D. Shupe, and K. Sulia, 2011: *Nature Geoscience.*, 1332, 1-7

[2] Gierens, R., S. Kneifel, M. D. Shupe, K. Ebell, M. Maturilli, and U. Lohmert, 2020: *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 3459-3481

[3] Gina, J., J. Cassano, S. Dahlke, and G. D. Boer, 2022: *Atmos. Meas. Tech.*, 15, 4001-4022

[4] Garratt, R. J., 1992: J. T. Houghton, M. J. Rycroft, and A. J. Dessler, the Press Syndicate of the University of Cambridge, USA, 15-39

[5] Christian, W. T., and R. M. Wakimoto, 1989: *Mon. Wea. Rev.*, 117, 1530-1544