

【派遣支援期間中の研究計画】 図表を含めてもよいので、わかりやすく記述してください。2 ページ以内で記述して下さい。

### (1) 研究目的・内容

①図表を含めてもよいので、研究目的、研究方法、研究内容についてわかりやすく記述して下さい。

②どのような研究で、何を、どこまで明らかにしようとするのか記述して下さい。

北極域においては厚さ数百メートルの過冷却水滴層が雲頂部に存在する層状の雲が頻繁に観測される。液相（過冷却水滴）と固相の粒子が共存する雲（混層雲）では、同じ温度における液相と固相の飽和混合比が違うことから液相粒子が蒸発、固相粒子が成長する（Wegener-Bergeron-Findeisen 過程）ため、過冷却水滴は絶えず消失する傾向にある。しかしながら、北極域では時に数日にわたって雲頂部の過冷却水滴が消えずに維持されることがある。このように北極域混層雲は、雲微物理学的に興味深い雲システムであることに加えて、雲頂部が液相か固相かによって放射は大きく異なるため、地球の放射収支、しいては気候システムを知る上でその理解が重要な雲システムでもある。

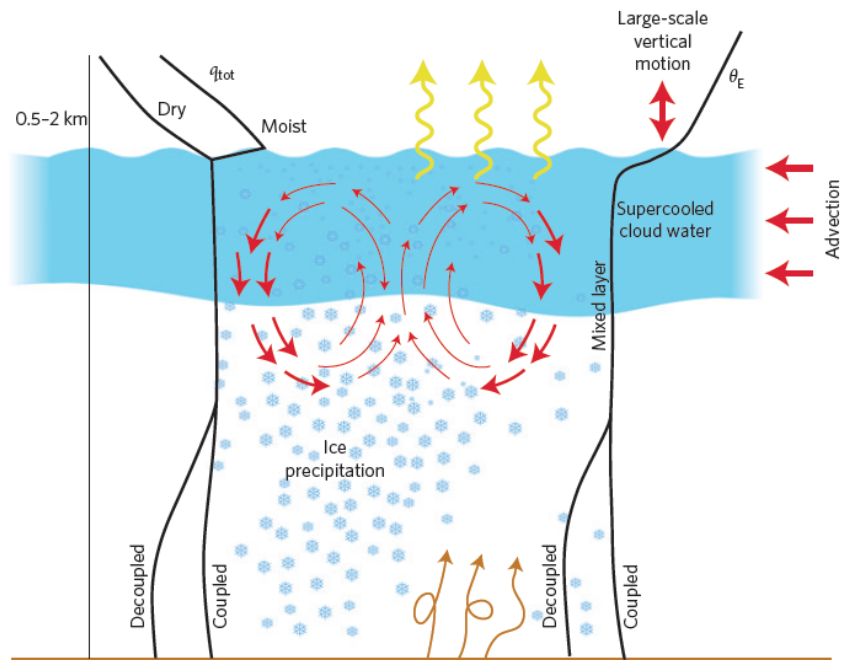


図 2：長時間維持する北極域の混層雲の構造と主要な過程を示した概念図（参考文献[1], Fig. 3 より転載）。

次節(2)で説明するように、これまでの研究では雲微物理の量的観測が行われ、これと主に理想実験などを組み合わせることで図2に示されるような雲の維持過程については理解が進んでいる。しかしながら、北極域混層雲はいつも生じているわけではなく、晴天日もある（参考文献[1]）ことから、その発生に関しては十分な理解がされていない。また、北極域ではないが申請者の「現在までの研究状況」の項目で述べたように、冬季北海道東部ではよく似た維持過程をもつ雲が形成されることがわかってきた。その水平スケールは50km未満であるが、Verlinde et al. (参考文献[2])は低気圧後面における海面からの強い加熱によって駆動されるような雲において数百km以上のスケールをもつ混層雲が形成されていたことを示唆している。しかしながら、どのような水平スケールをもつかに着目した研究は少ない。このことは、水平スケールを決定づける混層雲の発生に都合のよい環境場が理解されていないことを意味している。これらのことから、本申請課題においては北極域混層雲の継続時間と水平スケールの特徴、および発生環境場を明らかにすることを目的とする。

この研究を実施するためには、混層雲とそうではない雲を識別することが可能であり、また高頻度に観測されたデータを使用する必要がある。アメリカ合衆国エネルギー省では **Atmospheric Radiation Measurement (ARM) Program** において、北極域を含む地域に観測サイトを設け常時運用している。本申請課題では、これらのうち異なる周波数をもつレーダーのデータを使用し、各周波数のレーダーによる見え方の違いから液体である過冷却水滴と、固体である氷晶の領域を区別する方法を確立させる。この解析結果から、北極域混層雲の特徴として継続時間を明らかにし、また、衛星データと組み合わせることでこれに対応する水平スケールを明らかにする。発生の環境場についても現場による観測データに基づくことが望ましいが、北極域における観測点の密集度では現状難しいことから、研究の第一歩として客観解析を用いること

でその発生環境を明らかにする。

## (2) 研究の特色・独創的な点

① これまでの先行研究等があれば、それらと比較して、本研究の特色、着眼点、独創的な点を記述して下さい。

② 国内外の関連する研究の中での当該研究の位置づけ、意義を記述して下さい。

これまでの先行研究として、混層雲中の雲粒・氷晶粒子の雲微物理量（粒径分布、混合比、数密度）、および混層雲出現中の大気状態の観測的把握、これらを入力・参照値とした理想的な数値実験における混層雲状態の維持メカニズムの理解のための研究が実施されてきている。これらの研究の結果、**基本的には雲頂部に存在する液相粒子が強い放射冷却を起こし、ごく薄い層で鉛直循環が生じることで雲頂部の過冷却水滴が維持されていることが分かっている**（図2）。したがって、北極域混層雲の維持メカニズムについては理解が進んでいる。一方で、北極域の混層雲は絶えず存在しているわけではないため、維持メカニズムの理解だけでは、発生に関しては何も答えられていない。本申請課題においては、この部分に着目し研究を実施する点が**独創的**である。

発生に関して、その過程やメカニズムを明らかにするために、現実大気におけるシミュレーションを実施することは現状まだ難しいと思われる。北極域混層雲に関しては、理想実験によるモデル間比較実験が何度も実施されてきているが、モデル間のばらつきがまだ大きいからである（参考文献[3, 4, 5, 6, 7]）。維持過程の理解からは混層雲の理解において雲微物理過程が非常に重要な役割を果たしていることが推測されるが、現在の数値モデルではこのように強い外力の無い現象の雲微物理過程を十分に表現できない。特に、**初期の氷晶が形成される過程（氷晶の核形成過程）**は、数十年にわたって研究がなされているが、氷晶の核となる有効なエアロゾルや、氷晶が壊れて増殖するような過程（二次氷晶過程）がどの温度帯でどの程度量的に効いているのかについては、いまだによくわかっていない。このように大気中で水が凍る素過程が十分に理解されていないため、どれくらいの量の過冷却水滴が凍らないで存在しているのかをモデルで表現することも難しい。これらのことを考慮して、本申請課題では観測データを元に、発生を特徴づける環境場を明らかにする方針をとる点に**特色**がある。

気候の観点からは、大気大循環モデルにおける混層雲アルゴリズムに起因する雲水量の違いが、モデル間における雲-アルベドフィードバックの違いを生じる主要因であることが示されている（参考文献[8]）。したがって、本申請課題において北極域混層雲の発生環境場を理解することは、大気大循環モデルにおいて表現が重要である混層雲を検証するための観測的根拠を与えることができるという意義がある。この検証は大気大循環モデルの表現を向上させ、**地球温暖化時の北極環境の予測の向上に寄与**することが期待できる。

## 参考文献

- [1] Morrison, H., et al., 2011: *Nature Geosci.*, **5**, 11-17.
- [2] Verlinde, H., et al., 2007: *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **88**, 205-221.
- [3] Morrison, H., and J. O. Pinto, 2006: *Mon. Wea. Rev.*, **134**, 1880-1900.
- [4] Klein, S. A., et al., 2009: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **135**, 979-1002.
- [5] Morrison, H., et al., 2009: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **135**, 1003-1019.
- [6] Morrison, H., et al., 2011: *J. Adv. Model. Earth Syst.*, **3**, M05001.
- [7] Ovchinnikov, M., et al., 2014: *J. Adv. Model. Earth Syst.*, **6**, 223-248.
- [8] Tsushima, Y., et al., 2006: *Clim. Dyn.*, **27**, 113-126.