

2009年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

受賞者：柳瀬 亘（東京大学海洋研究所）

対象論文：Yanase, W. and H. Niino, 2007: Dependence of polar low development on baroclinicity and physical processes: An idealized high-resolution numerical experiment. *J. Atmos. Sci.*, **64**, 3044-3067.

選定理由：ポーラーロウは冬季の高緯度海洋上に発生するメソスケールの低気圧である。極軌道気象衛星が打ち上げられ、その画像の入手が容易になった1960年代になって初めてその存在が知られた。数時間程度の短い時間に急発達し、激しい風と高波を生ずるため、海上交通や漁船にとっては防災上重要な擾乱である。ポーラーロウはさまざまな形態で出現する。代表的な形態としては、台風に似た目やスパイラル雲バンドを伴うものと、コンマ状の雲を伴うものがあるが、その中間の複雑な形態のものもある。その多様性に応じて、発達機構についてもさまざまな説が提案されている。ポーラーロウは暖かい海面上に寒気が流れ出したときに起きるために、その内部では活発な積雲対流が生じ、それに伴う凝結熱の効果がポーラーロウの発達には重要な役割を演じるということは共通認識としてあり、主な説としては、台風と同様なCISKないしはWISHEによるものと、準地衡風の湿潤傾圧不安定によるものがある。しかしながら、どのような環境場で、どのような形態のポーラーロウが、どのようなメカニズムによって発達するかについては、これまで十分解明されていなかった。

柳瀬氏は、ポーラーロウの環境場と形態・発達機構の関係を出来るだけ統一的にかつ定量的に明らかにするために、理想化実験を行った。用いたモデルは水平間隔5 km ないし2 kmの気象研究所/気象庁の非静力メソスケールモデルである。このモデルは積雲対流による凝結熱の解放をある程度信頼できる形で表現可能と考えられている。理想化実験では、冬季の高緯度海洋上の代表的な環境場において、温度風平衡にある傾圧場を与え、傾圧性の強さ、成層の強さ、平均温度などを表すパラメータの値を少しずつ変え、さらには初期擾乱の大きさや強さを表すパラメータの値も少しずつ変え、系統的に多くの感度実験を行った。

その結果、ポーラーロウの力学には傾圧性の効果が最も大きな影響を与えることがわかった。傾圧性が弱いときには、台風に似た発達機構により、明瞭な目とスパイラルバンドを伴ったポーラーロウが生じ、傾圧性が強いときには、湿潤傾圧不安定によりコンマ雲を伴ったポーラーロウが生ずることが示された。更に、台風に似たポーラーロウは初期擾乱がある程度強くないと発達しないことが示され、傾圧性が弱い場合にポーラーロウが発達するためには、シア不安定ないしは上層擾乱が必要であることが示唆された。一方、傾圧性が強いときには、初期擾乱によらずコンマ雲を伴うポーラーロウが発達することが示された。すなわち、初期に微小なランダム擾乱が与えられても、発達に時間がかかるものの、最終的にはコンマ雲を伴うポーラーロウが発達する。この際、水平面内のトラフの軸は北西から南東に傾いている。これは湿潤傾圧不安定の線形理論（Toikioka 1973; Yanase and Niino 2004）と整合的であり、このことは非地衡風効果による鉛直シアの運動エネルギーから擾乱のエネルギーへの変換が、傾圧エネルギー変換や凝結熱によるエネルギー生成に匹敵する寄与をするために起きることが、詳細なエネルギー収支解析によって示された。ポーラーロウの発達率は傾圧性が強いほど大きいことも分かった。

以上の柳瀬氏の研究は、これまで遅れていたポーラーロウの力学の解明に明確な道筋を与えただけでなく、観測的研究やその予報にも有用な指針を与えるものである。また、非地衡風の湿潤傾圧不安定の線形理論で推定されていた擾乱の構造やエネルギー変換を、積雲対流に伴う凝結熱の効果をある程度信頼できる形で表現できる非線形数値モデルで確認できたことは、湿潤傾圧不安定の理論的研究としても高く評価できる。

以上の理由により、日本気象学会は柳瀬 亘氏に2009年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。

受賞者：宮崎雄三（北海道大学低温科学研究所）

対象論文：Miyazaki, Y., Y. Kondo, S. Han, M. Koike, D. Kodama, Y. Komazaki, H. Tanimoto

and H. Matsueda, 2007: Chemical characteristics of water-soluble organic carbon in the Asian outflow. *J. Geophys. Res.*, 112, D22 S30, doi: 10.1029/2007 JD009116.

選定理由: 大気エアロゾル中の水溶性有機炭素 (WSOC) はエアロゾルの吸湿特性に影響を与え雲凝結核として寄与するなどエアロゾルによる放射影響・気候変動を評価する上で重要な因子である。また、WSOC は大気中で二次的に生成される有機エアロゾル量を反映していると考えられているが、測定困難さ等からこれまで実大気中で同定されてきた WSOC の組成は質量比にして全体の約10-20%に過ぎない。中でも都市域における化石燃料の燃焼は大気エアロゾルの主要な発生源であり、人為起源有機エアロゾルの化学組成や生成過程の理解は、より広域のエアロゾル分布や放射強制による気候影響を正確に理解するために必要不可欠である。しかしながら人為起源エアロゾルの多い東アジアにおいては、有機成分の大部分の化学組成や生成過程等の理解は極めて不十分である。また大気中の有機エアロゾルは化学組成が多様であり濃度の時間・空間変動が大きいため、その化学組成等の理解を進展させる上で、高い時間分解能での測定が鍵となっている。

本論文において宮崎会員は、中国での主要な汚染物質発生源の下流域にあたる韓国・済州島にて自ら取得した WSOC と有機物の揮発特性データを用いた詳細な統計解析から、WSOC 質量濃度に難揮発性有機成分の寄与が支配的であることを新たに見出した。

まず有機成分の揮発特性を利用した統計解析による WSOC 組成群の推定を行った。ここでは有機成分は組成に応じて揮発温度が異なることに着目し、因子分析の1つである Positive Matrix Factorization (PMF) 法を用いることで、エアロゾル中の① WSOC 濃度と②揮発温度の関数として同時測定した有機成分濃度 (サーモグラム) の時間変動を定量的に対応させる統計解析法を考案し、有機成分の水溶性・揮発性という物理・化学特性を定量的に対応させるために観測データに新たに適用させた。これは高時間分解能により得られた測定データ数の多さという利点も有効に活用した統計解析法である。

宮崎会員はこの新たに考案した解析法により、有機成分を独立変数として用いることで観測データから熱特性に基づいて揮発性成分・中間揮発性成分・難揮発性成分を抽出・定義することに成功した。その結果、難揮発性成分群は平均して WSOC 質量濃度の約80%を占めることを発見し、中国から輸送された人為起源の空気塊のみならず海洋性の清浄な空気塊においても寄与が大きいなど、空気塊の起源によらず WSOC への寄与が大きいことを初めて指摘した。

次に揮発特性に基づいた有機成分群の化学組成を解釈するために、多種類の有機標準成分を用いて有機物の極性や官能基、分子量に応じたサーモグラムを系統的かつ丹念に取得する室内実験を遂行した。考えるあらゆる実大気条件についてサーモグラムの取得を行った結果、観測によって得られたサーモグラムは単一有機成分の線形結合で表わされることを実証し、分子量数百オーダーの極性高分子有機成分が難揮発性成分群と対応することなどを初めて系統的に示した。

上記の PMF 解析と室内実験の結果から、観測された難揮発性有機成分の多くは高分子成分で構成されることを初めて指摘した。ここで示された難揮発性有機成分は従来の化学分析手法では同定が困難であった成分である。宮崎会員が指摘した高分子成分群の存在は3次元化学輸送モデル等による二次有機エアロゾル生成の過小評価を改善し、有機エアロゾルが雲粒子生成や光吸収・散乱を通して放射収支に与える影響を正確に評価する上で極めて重要な知見を与えるものである。

以上のように本論文は、高時間分解能の WSOC 観測データ及び系統的かつ緻密な室内実験を統合して解析する独創的な手法を提示している。高精度の野外観測・室内実験データを丹念に精査し、含蓄するエアロゾル中の有機物に関する重要な情報を最大限抽出することにより、東アジア域における有機エアロゾルの化学組成や排出源、生成過程の理解を大きく進展させる新しい知見を得た。

以上の理由により、日本気象学会は宮崎雄三氏に2009年度山本・正野論文賞を贈呈するものである。