

## 第15回メソ気象研究会報告

## 1. 主旨説明

小林文明 (防衛大学校地球科学科)

2000年春のメソ気象研究会は気象学会春季大会前日(5月23日)に気象研究所講堂で開催されて、約100名が参加した。

今回のテーマは「冬季日本海上の擾乱—JPCZ から冬季雷まで—」であり、冬季日本海で発生する降雪雲に伴うさまざまな現象について議論することを目的とした。

冬の日本海では、帯状雲やメソ低気圧などさまざまな擾乱が発生するがその実態はよくわかっていない。今冬、日本海中部で総観測が計画されていることもあり、観測課題を整理するよい機会である。研究対象が“winter thundercloud”という点は共通しているが、日本海中央部以西という未知の領域の観測が鍵になりそうである。そのために、さまざまなスケールの擾乱構造を理解し、全体像を捉えるための共通の理解が得られれば幸いである。

話題提供は、近年観測、解析を行い、今冬の観測にも参加されるであろう若手研究者の方をお願いした。講演者の方をはじめ、3時間熱心に議論して頂きました皆様に感謝いたします。

## 2. 日本海のポーラーロウについて

柳瀬 亘・新野 宏 (東京大学海洋研究所)

ポーラーロウの定義には様々なものがあるが、ここでは「寒帯前線より高緯度側の寒気内に発生する低気圧で、水平スケール200~1000 km のコマ状またはスパイラル状の雲を伴うもの」と定義する。冬季日本海に発生するポーラーロウは豪雪・強風・波浪などによる気象災害を引き起こす為、社会的な影響も大きい。初めにまず世界各地の海洋上に発生するポーラーロウの特徴と、これまでの研究についてレビューした。ポー

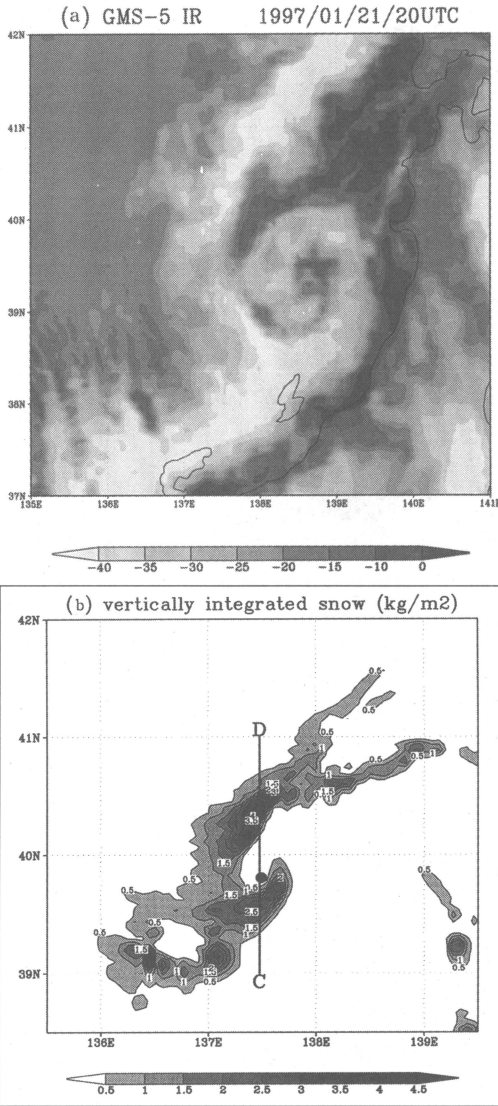
ラーロウの形成機構は実に多様で、CISK, WISHE, 傾圧不安定, 順圧不安定などが、事例毎や発達段階毎に寄与の割合を変えて作用する。日本海の特徴は比較的低緯度に位置し、周囲を陸地に囲まれているため、豊富な観測データが利用できる点にある。しかしながら陸地や山岳の熱的・力学的な効果は、その発生機構を複雑化する要因でもある。続いて発表者達が解析した1997年1月22日の事例(第1図a)について、格子間隔5 km の気象研究所非静力学モデル(MRI-NHM)で再現実験を行った結果について紹介した。その結果、ポーラーロウの発生と移動はある程度予測可能であり、目やスパイラルバンド、暖気核構造を良く再現できること(第1図b)、感度実験を行ったところ、発達機構としては、凝結熱の効果と海面を通しての熱フラックスが重要であることがわかった。本年度の戦略基礎研究(研究代表者:吉崎正憲)による冬季日本海の観測では、ドロップゾンデなどによるポーラーロウの構造や発生環境の把握が進むことを期待する。

## 3. 季節海水域における気団変質

猪上 淳・藤吉康志 (北海道大学低温科学研究所)

寒気吹き出し時のオホーツク海上の気団変質について、特に海水の状態により大気がどの程度変質されるのかを調べた。海水は大気-海洋間の断熱材として作用するが、その効果を定量的に見積もるには実際の観測が極めて重要である。

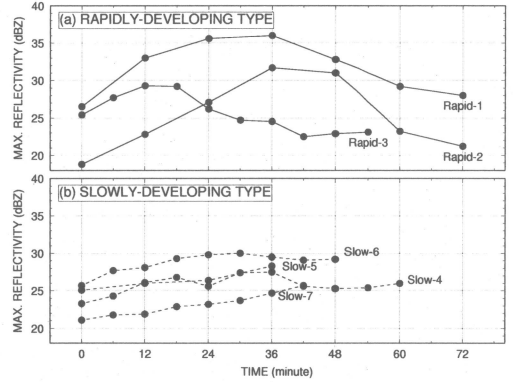
まず、1998年2月に砕氷船『そうや』で観測された気象・海水データを用いてバルク法により海水上の乱流フラックスを求めた。海水の表面温度は観測が困難であるため、潜熱・顕熱・放射・海水の熱伝導の各フラックスが海水表面上でバランスするような熱力学海水モデルを使用して表面温度を求めた。寒気吹き出し時の海水上の乱流フラックスは海水の厚さに関わらず大気を加熱し、海水密接度(海面が海水に覆われている割合)を70%と仮定した場合には80 W/m<sup>2</sup>であっ



第1図 (a) 1997年1月22日05時のGMS-5赤外画像(グレイスケールは等価放射温度; °C) (Fu, 1999). (b) 1997年1月21日09時を初期値とする気象研非静力学モデル(MRI-NHM)による18時間予報の結果(同じ初期値による気象庁領域モデル(RSM)の3時間毎の予報値を境界条件として与えた). グレイスケールは雪の混合比の鉛直積分 (Fu et al., 2000).

た. しかしながら海水の断熱効果は大きく, 海面で出すべき乱流フラックスを半減させることも明らかとなった.

次にロシア航空機を使用した2000年2月の観測結果



第2図 各事例における, 対流セルを取り囲む領域内での, 最大反射強度の時間変化.

から海水の分布が大気どのような影響を与えるのかを調べた. 高度100 mの気温や絶対湿度は氷縁域よりも風上の海水上ですでに増加し始めていた. 海水上でもその密接度が周囲に比べて低い領域では, 顕熱・潜熱フラックスはそれぞれ50 W/m<sup>2</sup>を上回る場合があった. 航空機には赤外線カメラと可視ビデオカメラが搭載されているため, そのビデオ画像から海水の表面温度や密接度の情報が取得可能である. 表面温度が高く密接度が低い水平スケール10 kmくらいの海水面が存在すると, そこでは気温や風速が増加することから, 比較的小さなスケールの海水分布の変動でもその影響が大気へ及ぶことが明らかとなった.

#### 4. レーダーでみた対流セルの発達過程

山田広幸 (北海道大学大学院理学研究科, 現所属: 地球観測フロンティア研究システム)

寒気吹き出し時に日本海上で発生する降雪雲の多くは, 筋状に構成された背の低い対流雲であり, その多くは水平スケールが10 km程度の対流セルによって構成されている. またこのセルから強い下降気流が発生する場合があることが, 近年のドップラーレーダーを用いた観測研究で指摘されている. 降雪雲の発達・維持機構を理解する上で, 個々の対流セルの発達機構の理解, 特に下降流の発生メカニズムの解明は重要であり, 対流セルの発達過程に着目した観測研究が必要である. そこで, 1995年および1996年の冬期に北海道石狩湾で2台のドップラーレーダーを用いた観測を行い, 得られた膨大なデータの中から, 対流セルの3次元構造を詳細に調べることが可能であった7つの事例を選び出し, 対流セルの発達過程を調べた.

対流セル内の最大反射強度の時間変化を調べたところ(第2図), セルの発達は, 急激に増加した後減少するタイプ(Rapid 1~3)と, 緩やかな増加が続くタイプ(Slow 4~7)という, 異なる2つのタイプに大別できることがわかった。最大反射強度の増加・減少は, 各事例においてセルの発達・衰退とおおよそ一致しており, 発達過程の違いを表していた。このような発達過程の違いをもたらす要因を明らかにするため, 各事例について3次元構造の時間変化に着目した事例解析を行った。

前者では, 急激な発達から衰退へ転ずる時に, セルの中心で上昇流の衰退・下降流の発生が見られた。下降流の発生要因は, 30 dBZ以上の反射強度を示した事例(R1とR2)では, 霰粒子の落下に伴うローディング(周りの空気を引きずりおろす力)と考えられ, また非常に強い鉛直シアを持つ対流混合層内で発生した事例(R3)では, 雲頂付近での蒸発冷却と考えられた。一方後者(S4~S7)では, セル中心での下降流発生はみられず, 上昇流が持続していた。最大反射強度が30 dBZ以下と小さく, 強エコー域の形成・降下が不明瞭なことから, 霰粒子の形成が未熟でローディング効果が小さく, また雲頂付近の蒸発冷却に伴う下降流がセル中心の上昇流に形成されなかったことで上昇流が持続したものと考えられた。

このように降雪雲を構成する対流セルの発達過程は, セル中心での下降流発生の有無で大きく変化することがわかった。その発生要因として, 霰粒子によるローディングと, 雲頂付近での蒸発冷却の2つが考えられた。霰粒子の存在を示唆する最大反射強度と, セル内気流構造を決定づける混合層内鉛直シアとの2つを用いて, 各事例を比較すると, 2つの発達タイプを分類することが出来たので, これらのパラメータは対流セルの発達過程を調べる上で有用だと考えられた。

## 5. 日本海上の降雪雲の内部構造

村上正隆(気象研究所)

研究観測用航空機単独あるいはデュアルドップラーレーダと組み合わせることによって, 雲・降水のマイクロスケールからメソスケールの構造がどの程度わかるかを, 1993年1月29日の日本海降雪雲の事例を取り上げ紹介した。この事例は科学技術振興調整費「降積雪対策技術の高度化に関する研究」の一環として山形県酒田市沖で実施した集中観測期間中に得られたもの

である。

この日, 観測領域には, 孤立した対流性降雪雲や弱くバンド状に組織化した対流性降雪雲が出現した。航空機観測から, 以下のような降雪雲の内部構造と降水機構が明らかとなった。

沖合い約100 kmでは, 雲頂高度(温度)が1.8 km(-12°C), 雲底高度(温度)は1.0 km(-8°C)で, 対流混合層は最下層の超断熱減率層, 500 m以下の対流不安定層, 雲頂付近の逆転層で特徴づけられていた。鉛直流の絶対値は雲底より下方では高度とともに増加し, 雲内で最大上昇流は7 m/s程度であった。最大雲水量は断熱凝結量とほぼ等しく, 降雪粒子の数濃度は10個/l程度であった。対流セルは一過性のもので, 雲頂付近でオーバーシュートした後, 降雪粒子の成長とともに上昇流がつぶされていた。雲底下では降雪粒子の急速な昇華蒸発があった。

雲雲は約100 km吹走した後, 日本列島近海では雲頂高度が2.5 kmまで上昇し, 雲層の気温も約1°C上昇した。また対流性の降雪雲も緩やかにバンド状に組織化した。その走向は2通りあって, 卓越していたのは混合層内の平均風向から右に40°ずれたもので, 平均風向に平行な走向も, 時空間的に所々見られた。バンドを構成する対流セルは鉛直に立っており, セル内の雲システムに相対的な気流構造は最下層を除くと軸対称になっていた。発達期には上昇流コアは降水コアと一致し, 降水コアは大粒のアラレ粒子から構成されていた。雲底下の上昇流コア中に多数の降雪粒子が存在し, このような粒子が再度上昇流中(高濃度雲水域)で成長することが浅い雪雲中で大粒のアラレ生成に重要な役割を果たしていることが示唆された。

## 6. 冬季雷活動とその観測

河崎善一郎(大阪大学大学院工学研究科)

北陸地方は, 冬季にしばしば発生する特徴的な雷活動により良く知られている。そしてその雷活動は, (a)寒冷前線の通過に伴うもの, (b)寒気場内で散発的に発生するもの, (c)日本海に発生するポーラーロウに伴うもの, に大別できるとされている。

ところで「特徴的な」雷放電の性質を列記すると, 以下ようになる。

- (1) 降雪に先行する雷放電(俗称:雪起こし)
- (2) 間欠的な雷放電活動(俗称:一発雷)
- (3) 相対的に高い正極性落雷の頻度(対負極性落雷頻度比)

- (4) 上向き放電で開始する落雷の相対頻度の高さ
- (5) 多地点への同時落雷の相対頻度の高さ
- (6) 水平に延びる放電路の長さ
- (7) 持続する放電継続時間（連続電流）

言い換えると上記の性質は、従来から良く知られている夏季の雷放電には、「希な性質」ということになる。

今雷活動、雷放電の研究の最終目標を、「雷防護」と考えるなら、上記の特徴的性質を全て説明できる、雷放電機構の物理モデルが必要ということになる。このような観点から、大阪大学大学院・雷研究グループは、VHF/UHF 波帯干渉計雷放電観測（可視化）装置を設計・製作し、福井県坂井郡三国町に置いて、防衛大学校、関西電力、北陸電力と共同で雷観測を実施している。近年の成果として、電波干渉計による正極性落雷の三次元可視化の達成が特筆でき、その結果、正極性落雷に寄与する電荷位置の理解が得られつつあり、今後のデータ蓄積が期待されている。

## 7. 冬季雷雲構造とその観測

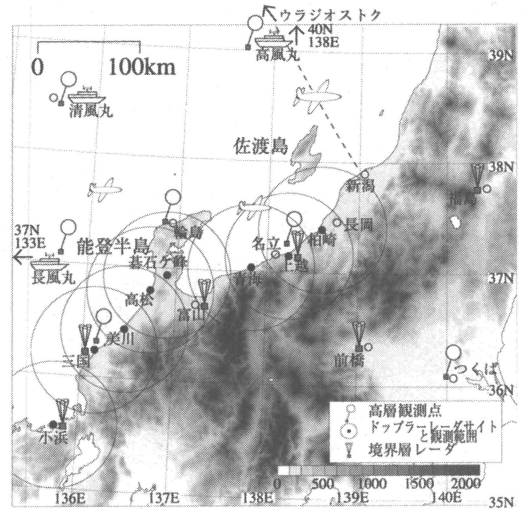
紫村孝嗣（防衛大学校地球科学科）

北陸地方において運用されている、落雷位置標定システム（以降、LLP と呼ぶ）のデータを用いて落雷分布の統計的解析を行った。その結果、気象擾乱のタイプにより落雷の分布状況が大きく異なっていることがわかった。すなわち寒冷前線通過時は海上で、北西季節風卓越時は山岳域に落雷が集中していた。また、寒冷前線通過時には正極性落雷が約6割を占めていたのに対し、季節風卓越時には4割程度となっていた。以上のことから冬季雷雲の構造は、周囲の環境条件によって、大気電氣的に大きな違いを持っていると考えられる。98年度から99年度にドップラーレーダーおよびUHF 波帯干渉計を用いて行った観測の結果、雷雲下部に形成されるアラレによる電荷領域は周囲の気温によってその極性が異なることがわかった。今後はさらに多くの気象擾乱について観測を行いレーダーによる雷雲の構造と放電の進展について議論していく必要がある。

## 8. 2001年1月の日本海観測計画について

吉崎正憲・加藤輝之（気象研究所）

冬の日本海では、大規模場の総観低気圧の通過や寒気の吹き出しに応じて、带状雲（JPCZ）、小低気圧（polar lows）、メソ渦擾乱、筋状雲、冬季雷などさまざまな降雪系（＝メソ対流系）が発生・発達する。こ



第3図 2001年1月の日本海特別観測の概要図。

れらの擾乱によって日本海側に社会的・人的に大きな影響をもたらす豪雪が発生する。したがって、こうした擾乱の解明および予測は緊急なものである。ところが、こうした擾乱は海上で発生・発達することが多く、その実態は良くわかっていない。そこで、2001年1月に日本海側でメソ対流系を対象とする特別観測を行おうとしている。

観測目的は、带状雲、小低気圧、海岸線に沿った収束線などの擾乱を観測対象として、ドップラーレーダー、境界層レーダー、高層ゾンデ、航空機などによる特別観測によってその実態を調べることである。そして、多くの事例を観測して数値実験などを通して、その発生・発達メカニズムを明らかにしたいと考えている。

全体の観測体制は以下の通りである。通常観測は2001年1月上旬から2月上旬まで、強化観測は1月12日～1月19日、1月25日～2月1日の2回である。観測は地上観測と航空機観測の2つからなる。第3図は特別観測の概要図である。地上観測では、北陸地区と上越地区で、ドップラーレーダー、境界層レーダー、高層ゾンデ、雷などの観測を行う。また、海上では強化観測時に秋田沖、輪島沖、隠岐沖で気象庁観測船により高層ゾンデ観測を行う。また、強化観測時に、航空機によるドロップゾンデ、降雨レーダー、雲レーダー、プローブによる観測、およびロシア機による新潟ーウラジオストク間の境界層観測を行う予定である。

冬のメソ擾乱は今まで研究されてきたが、このよう  
な大がかりな観測は初めてである。

<http://www.mri-jma.go.jp> のホームページで戦略  
的基礎研究“メソ対流系の構造と発生・発達メカニ  
ズムの解明”を見ると、このプロジェクトの最新の情  
報を入手することができる。多くの人に関心を持って  
いただくことを希望している。

#### 参 考 文 献

- Fu, G., 1999: An observational and numerical study  
on polar lows over the Japan Sea, Doctoral disser-  
tation, Univ. of Tokyo, 109pp.
- Fu, G., H. Niino, W. Yanase and T. Kato, 2000: An  
observational and numerical study of a polar low  
over the Japan Sea on 22 January 1997, Mon. Wea.  
Rev. (in preparation).



### 教官（弘前大学）の公募

このたび弘前大学理工学部地球環境学科では、自然  
防災工学講座の助教授と助手を以下のように公募する  
こととなりました。この講座は地球環境学科の理工融  
合を目指して、発足したものです。地域特性などを考  
慮した今までにない新しい特徴を持った工系分野の充  
実をはかりたいと考えております。

**所 属**：地球環境学科自然防災工学講座（大講座）

**募集人員**：助教授1名と助手1名

**専門分野**：地球環境学科の中で自然防災をあつかう、  
広い意味での土木系・建築系の工学分野。

**応募資格**：助教授は工学系の博士学位を取得済みの  
方、年齢は四十代前半まで。助手は工学系  
の博士学位を取得済みもしくは博士学位を  
取得見込みの方、年齢は三十代前半まで。

**公募期限**：平成12年10月末日

**就任時期**：平成13年4月までの出来るだけ早い時期

**応募書類**：

1. 写真を添付した履歴書
2. 業績概要（2000字程度）
3. 着任後の教育・研究計画と抱負（2000字程度）
4. 発表論文リストと主要論文別刷5編以内

5. 推薦書、または本人について意見を述べられ  
る方2名の氏名と連絡先

**書類送付先**：〒036-8561 青森県弘前市文京町3  
弘前大学理工学部地球環境学科

学科長 鶴見 実

封筒の表に応募書類在中と書き、書留で郵送  
のこと。応募書類は返却しません。

**問い合わせ先**：〒036-8561 青森県弘前市文京町3  
弘前大学理工学部地球環境学科

学科長 鶴見 実

e-mail: [tsurumi@cc.hirosaki-u.ac.jp](mailto:tsurumi@cc.hirosaki-u.ac.jp)

（参考）

弘前大学理工学部地球環境学科は、理学部地球科学  
科と物理学科の一部を母体として4年前に発足いたし  
ました。学科の構成は他大学にないユニークなもので  
す。宇宙論、宇宙線物理学、気象学・海洋学、環境化  
学、地質学、地震学などを研究する3つの理系大講座  
と今回公募する自然防災工学講座からなります。詳し  
くは下記のホームページをご参照ください。

<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~earthenv/>