

## 「冬季日本海メソ対流系観測-2003 (WMO-03)」の速報\*

吉崎正憲<sup>\*1</sup>・永戸久喜<sup>\*1</sup>・林修吾<sup>\*1</sup>・加藤輝之<sup>\*1</sup>・  
青梨和正<sup>\*1</sup>・村上正隆<sup>\*1</sup>・黒岩博司<sup>\*2</sup>・民田晴也<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

冬の日本海を対象に、1963年から1967年まで気象研究所を中心に行った北陸豪雪調査(気象庁, 1968), 1984年冬と1985年冬の北陸地方の豪雪観測 (Sakakibara *et al.*, 1988a, 1988b; Ishihara *et al.*, 1989), 1991年冬と1992年冬の石狩湾・石狩平野の豪雪観測 (菊地, 1993), 1988年冬から1992年冬にかけての庄内平野周辺の降雪に関する集中観測(松尾, 1992), 1994年から現在までの新潟県・群馬県の山岳性降雪雲の人工調節に関する実験的観測 (村上, 2000) など, 数多くの観測が行われてきた。そうした活動等を通じて, JPCZ(八木ほか, 1986; メソ気象調査グループ, 1988; Nagata, 1987; Lee *et al.*, 1998), JPCZに見られるメソ $\beta$ スケール渦(黒田, 1992; Nagata, 1993), LモードやTモードの対流雲(八木, 1985), 中規模擾乱(Matsumoto *et al.*, 1967; Matsumoto and Ninomiya, 1969) など冬季特有の擾乱の実態が明らかになった。しかしながら, その多くの事例が日本海上で発生・発達するためその構造や発生・発達のメカニズムについてまだわからない点が多い。

近年雲解像非静力学モデル (NHM; 水平解像度が“ $n$ ” km の場合は“ $n$ ” km-NHM と書くことにする。) が発展して実際のメソスケール現象をうまく再現する

ようになった。そこで NHM と野外観測を組み合わせ、メソ対流系(冬の日本海の降雪系や梅雨期の九州・東シナ海における降水系) に関してその構造と発生・発達の解明を研究しようと戦略的基礎研究 (研究代表者, 吉崎正憲) が平成10年度から始まった。冬の日本海の観測として, 吉崎ほか (2001) が WMO-01, 小林ほか (2003) が WMO-02 についてまとめた。しかし, こうした一連の観測も2003年1月における冬の日本海観測 (今後 WMO-03 と呼ぶ) が最後の観測になった。したがってこの報告が最後となる。(ほかにこのプロジェクトでは梅雨期の九州・東シナ海の観測も行っていて, 吉崎ほか(2000)が X-BAIU-99, 吉崎ほか(2003b) が X-BAIU-01 と X-BAIU-02 について報告した。)

WMO-03の目的は, WMO-01や WMO-02と同様に, 冬季日本海における気象擾乱およびそれに伴う降雪系を高層ゾンデ, ドップラーレーダー, ウィンドプロファイラーなどで力学的・熱力学的・雲物理的な観測をして, その実態や構造を調べることである。また数値モデルを用いて, 再現実験や感度実験により擾乱の発生・発達のメカニズムを調べることでもある。今回は, AMSR 降水検証グループの若狭湾特別観測(東大, NASDA, 気象研など)と共同して福井空港で高層ゾンデ観測と地上観測(雷の電場なども含む)を行った。AMSR 降水検証グループの目的は, 降雪系に見られるあられ・雪の固相の実態を Aqua 衛星で捉え, それを飛行機観測や陸上観測と比較しようというもので, マイクロ波放射計等による観測が行われた。

## 2. WMO-03の観測体制

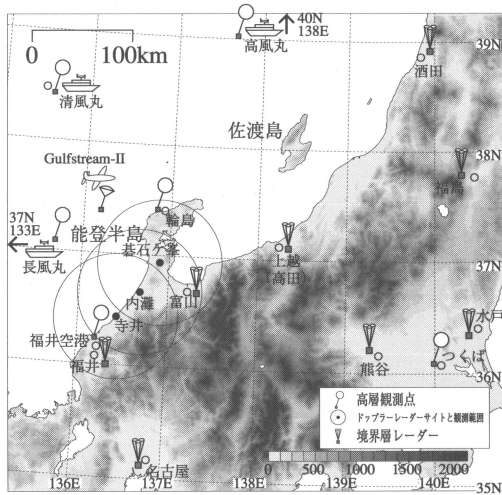
第1図は WMO-03の観測地図である(吉崎ほか, 2003a)。通常観測は1月13日から2月1日まで行った。この期間ドップラーレーダーによるデュアル観測を内灘と寺井で行った。また富山地方気象台ではウィ

\* A report on “Winter MCSs (mesoscale convective systems) Observation over the Japan Sea -2003 (WMO-03)”.

<sup>\*1</sup> Masanori YOSHIKAZI, Hisaki EITO, Syugo HAYASHI, Teruyuki KATO, Kazumasa AONASHI, Masataka MURAKAMI, 気象研究所.

<sup>\*2</sup> Hiroshi KUROIWA, 通信総合研究所.

<sup>\*3</sup> Haruya MINDA, 名古屋大学地球水循環研究センター.

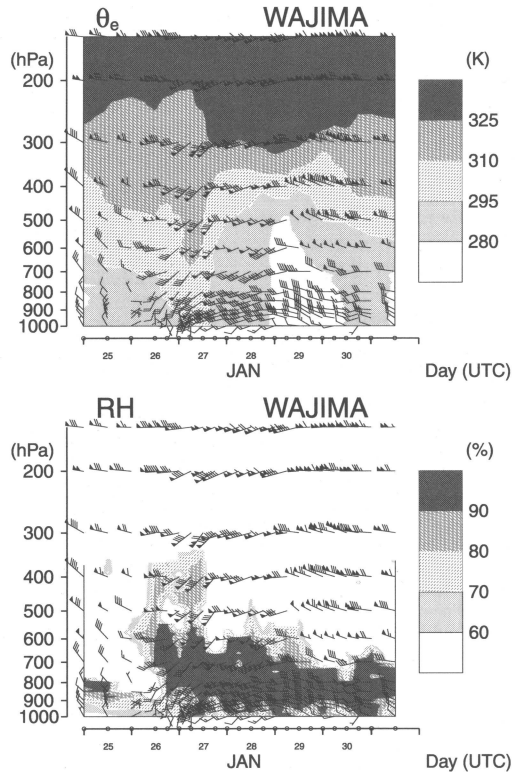


第1図 WMO-03の観測体制(吉崎ほか, 2003). 通常観測網と海上観測網を示す. 強化観測においては船(高風丸, 清風丸, 長風丸)と陸上高層観測点(秋田, 輪島, 米子および福井空港)では1日4回(場所によっては8回)の高層観測を行った.

ンドプロファイラーによる観測を2002年12月から実施した. また強化観測は1月13日~1月20日(IOP1)と1月25日~2月1日(IOP2)の2回行った. この時に福井空港と海洋気象観測船3船(長風丸, 清風丸, 高風丸)は1日4回(場合によって8回もある)の高層ゾンデ観測を行った. また気象庁の秋田地方気象台, 輪島測候所, 米子測候所ではIOPのうち5日間1日4回の高層ゾンデ観測を行った. 航空機(G-II)は雲レーダーやドロップゾンデによる観測と雲内部のプロープ観測を実行した. G-IIが飛ぶ時には, NASAのP-3 Orion(AMSR降水検証グループ)が同期観測をした. さらに小松でもIOP2だけだが小型ドップラーレーダーによる観測を行った.

3. 寒気吹き出し時の観測と数値実験—1月29日の事例

1月になって観測開始までいくつかの低気圧や寒気の吹き出しがあり, 日本海側では顕著な降雪があった. しかし, 1月中旬のIOP1には北陸地方では顕著な擾乱もなく比較的穏やかな天気が続いた. ところが1月下旬後半(IOP2)になると寒気が入ってきて, 日本海側で再び多くの降雪が見られた. 特に1月27日からは低気圧が日本海上で発達して29日にはサハリン付近で974 hPaとなった. その後低気圧は南側のものと合

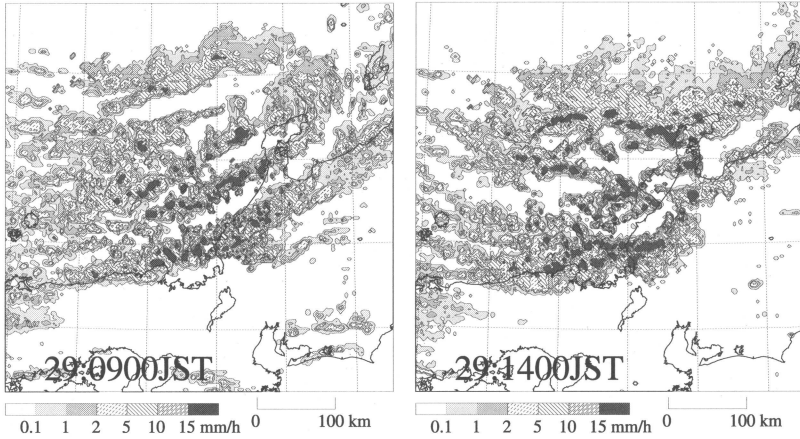


第2図 輪島における相当温位と湿度の時間—高度断面図.

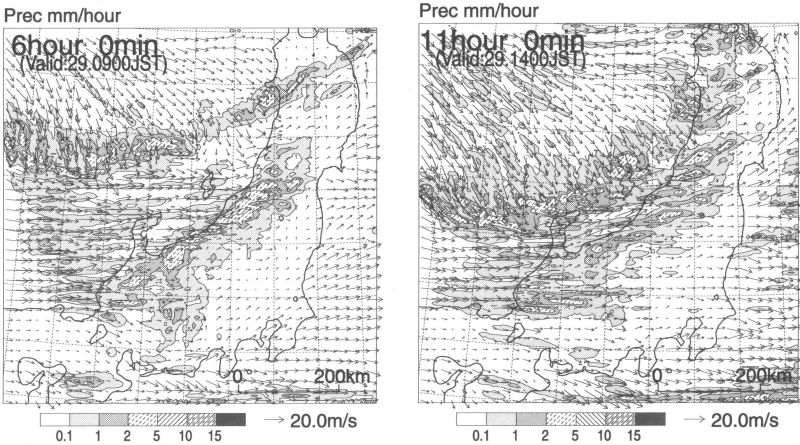
体して, 31日にはカムチャツカ半島の南で964 hPaまで発達した. このために, 日本海上は寒気が強く吹きつける状況が続いて, 海洋気象観測船は定点から一時退避したりした.

第2図に輪島における1月25日から31日までの高層ゾンデによる相当温位と湿度と風の時間—高度断面図を示す. 26~27日には南西風が吹いて暖かかったが, その後27~28日には北寄りの風となって寒気が入ってきた. 湿度に関しては26日以降高い状態が続いた.

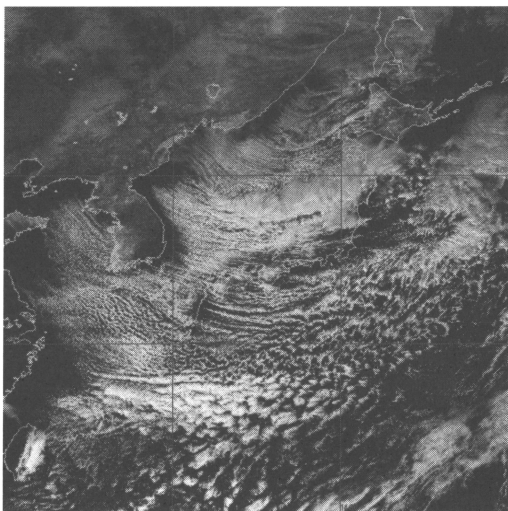
これから1月29日の寒気吹き出しについて詳しく見てみる. まず第3図に09(日本)時と14時のレーダー図を示す. 最初雪雲が何本か小さなスケールで見られたが, 時間とともに大きな帯状雲にまとまってゆくのが見られた. 5 km-NHMで見ると(第4図), 輪島沖に東西に太い帯状の降雪系があり, レーダーで見たようなパターンの変動が再現された. 次にもっと広くこの帯状雲を見るために, 13時における気象衛星(GMS-5)可視画像を第5図に示す. 日本海, 東シナ海, 太平洋まですべての領域で寒気の吹き出しパターンが見ら



第3図 2003年1月29日09時(左)と14時(右)のレーダー図。



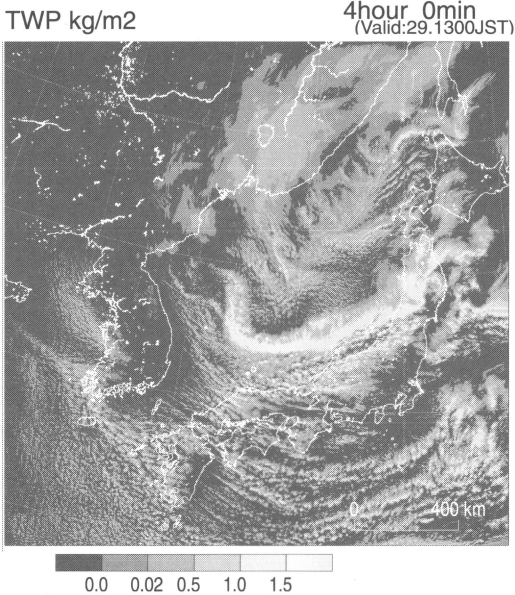
第4図 5 km-NHMでみた地上風と1時間降水量 (mm/h) の結果。



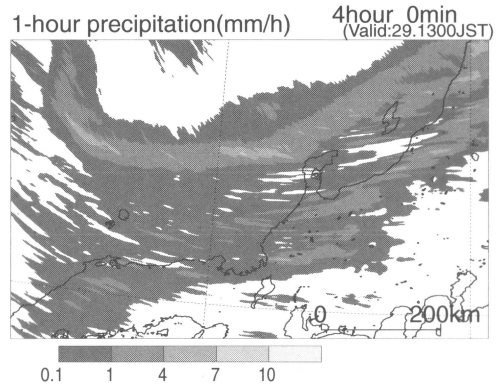
第5図 2003年1月29日13時の衛星 (GMS-5) 可視画像。

れたが、その中でも日本海では朝鮮半島の付け根から輪島の沖合にかけて帯状雲が顕著であった。第6図に1 km-NHMの同時刻の全水量にあたる鉛直積算量 (TWP; Total Water Path) の分布を示す(永戸ほか, 私信)。この1 km-NHMのシミュレーションは地球シミュレータ上で行われたもので、2000 km四方の水平領域をカバーしている。これから、帯状雲や筋状雲などをより細かく見ることができた。しかし、帯状雲の始まりの様子などまだ完璧に衛星画像と合わないところもあり、まだ検討する必要がある。

NASAのAqua衛星は2002年5月4日に打ち上げられて日本付近を毎日13時すぎに通過する。今回その検証・比較のため、AMSR降水検証グループによる若狭湾特別観測が2003年1月3日から2月14日まで実行された。ここでは、1月29日にその衛星のマイクロ波放射計AMSR-Eの89 GHzで測定した輝度温度の



第6図 2003年1月29日13時における TWP (Total Water Path) の分布 (永戸ほか, 私信). 地球シミュレータ上で1 km-NHM により2000四方の領域で計算した.



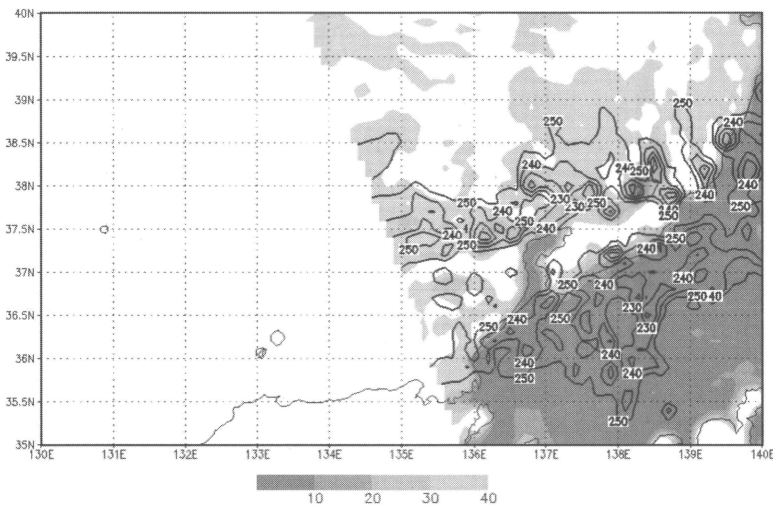
第8図 1 km-NHM から得られた1時間降水量の分布(永戸ほか, 私信). 降水域はほとんど雪からできていた.

動が激しかったことがわかる. また日本海側の陸上でも散乱の大きなところがあった. 同じ時刻の1 km-NHM によって再現された1時間降水量の分布を見ると(第8図), 輪島沖に強い降水域があり観測とよく一致するのがわかる. また日本海側の陸上でも強い降水

域が見られた. ここで, 衛星の PCT の低温域のうち陸上のは山に降った積雪による散乱もあるので, その解釈に注意が必要である.

航空機の G-II を用いて, 東経135.5度線に沿って, 北緯36.5度と38.5度の間で带状降雪雲の鉛直断面観測を実施した. 高度7.5 km で北上中に3個のドロップゾンデを投下しながら雲レーダ観測を実施した(村上ほか, 私信). その後4.9 km, 3.0 km, 2.1 km, 1.2 km, 0.5 km の5高度でレベルフライトを行い, 带状雲付近の熱力学, 風, 雲の微物理的

な構造を調べた. ドロップゾンデ観測の結果から, 混合層の高さは36.5 N 付近で4 km, 37.5 N 付近で5 km, 38.5 N 付近で4.5 km で, CAPE も150 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>から200 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>程度で冬の日本海としては比較的高い値を示した. また, 高度7.5 km から W-band ドップラー



第7図 2003年1月29日13時における Aqua 衛星から求められた PCT (等値線) と偏光度 (shade) の分布 (青梨ほか, 2003).

偏光度 (消散の指標) と PCT (散乱の指標) の分布を示す(第7図; 青梨ほか, 2003). PCT は温度スケールで示してあり, 低温ほどあられのような大粒の固体粒子による降水を表すといわれている. これを見ると, 輪島沖にほぼ東西に低温域があって, そこでは対流活



レーダで観測した降雪雲の鉛直分布を第9図に示す。

中央付近(37.5 N)に5 km程度の高背の対流雲が鉛直に立っており、それより南側では所々に4 km程度の対流雲が見られた。北側では約3.5 kmの対流雲の上に中央付近の高背の対流雲から吹き出した層状性の雲が見られた。航空機観測から得られた水平風の鉛直断面(第10図)から、1.2 kmより下層では北側の北西風と南側の西北西風の強い収束により対流が発達

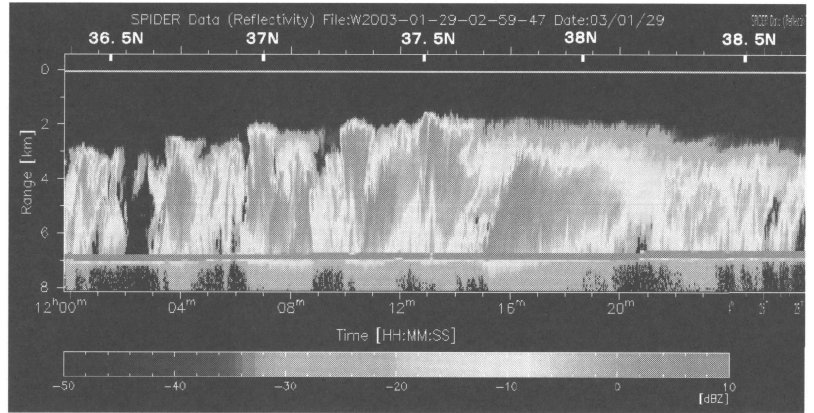
し、下層の運動量が上空に輸送されているのが見られた。南側の西北西風は高度ともに次第に西風に変ったが、北側の北西風との収束は高度3 kmまで見られた。高度5 kmでは南側の西風と北側の南西風の間に顕著な発散が見られた。また熱力学場の南北のコントラストはそれほど強くなく、相当温位の水平傾度で2~3 K/200 km程度であった。さらに高度4.9 kmでは中央~北側で数100/lの氷晶雲(数100 $\mu$ m以下の氷晶)、高度3 kmより下方では北側で雪片・雲粒付き雪粒子、中央~南側でアラレ・雲粒付き雪粒子と所々に0.1~0.3 g/m<sup>3</sup>の過冷却雲粒が見られた。下層では5 mm程度のアラレも見られた。

最後に、こうした寒気が一体どうしてできるのか見てみる。この寒気の動向を等温位面(この場合300 K)の渦位を見ると、寒気の吹き出しとは、極ほど大きくまた高いほど大きい渦位の基本場が崩壊して渦巻いてゆく過程ということがわかる(吉崎ほか, 2003a)。これは実況であるが、同様にGSMでこうした変動の予報を見ると、少なくとも一週間前ぐらい予測できることが明らかになった。

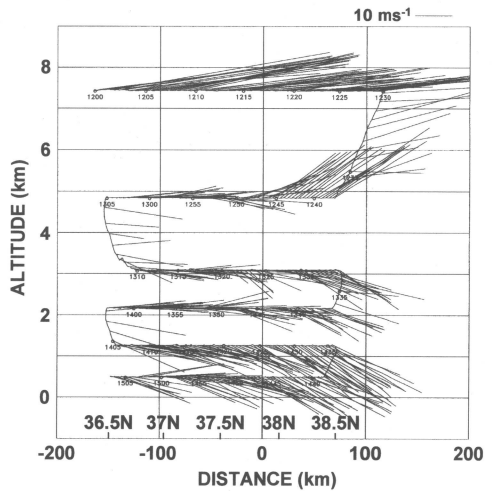
4. まとめ・議論

WMO-03の観測体制と1月29日の寒気吹き出しについて現在の成果を紹介した。その中でAMSAR降水検証グループによる若狭湾特別観測、地球シミュレータ、航空機等の結果も簡単に紹介した。

一連の我々の観測によって、数多くの擾乱が観測されまた解析や数値実験によってその内部構造や発生・



第9図 東経135.5度線に沿った北緯36.5度と38.5度の間の高度7.5 kmにおける W-band ドップラーレーダで観測された降雪雲の鉛直分布(村上ほか, 私信)。

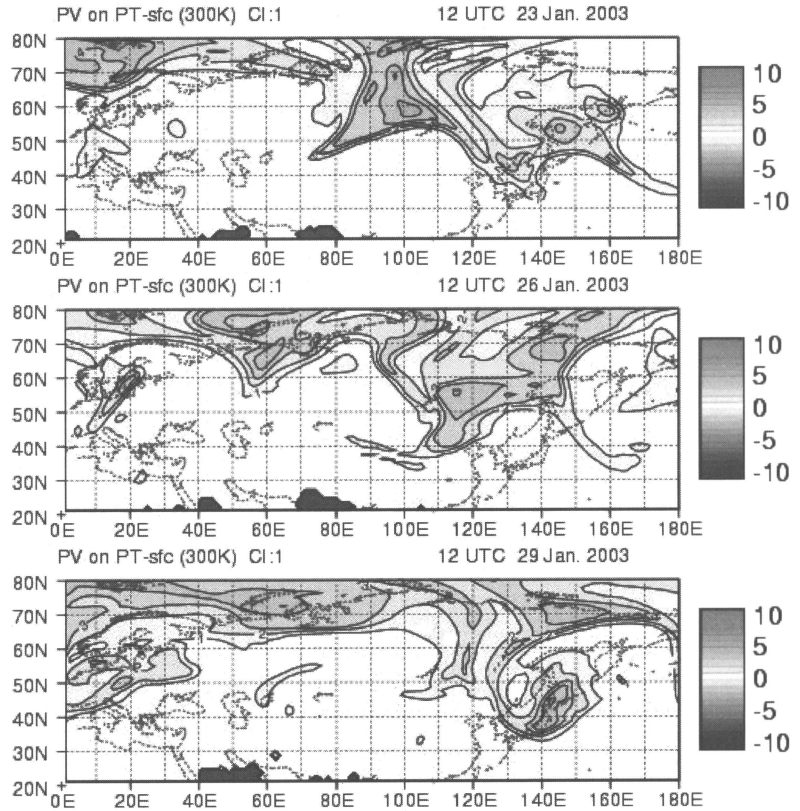


第10図 航空機観測から得られた水平風の鉛直断面(村上ほか, 私信)。

発達メカニズムが明らかになった。例えばJPCZに関しては、航空機による観測(Murakami *et al.*, 2002)によって新しい流れの概念図が作られた。またNHMによってその詳しい動態が明らかになった(加藤ほか, 2001)。メソ渦列の解析(Kobayashi *et al.*, 2002)や熱・水蒸気収支の解析(Yoshizaki *et al.*, 2003)も行われた。またポーラーローに関しては、航空機による観測(村上ほか, 2001)によって3次元の詳しい解析がなされた。また船による観測と数値実験(Yanase *et al.*, 2001; Hayashi *et al.*, 2002)等もあり、ポーラーローの発達には海上からの熱補給が重要であるこ

とが明らかになった。さらに、北陸海岸線に沿った降雪系のドップラーレーダー解析 (Ohigashi and Tsuboki, 2002) や上越地方の降雪系のドップラーレーダー解析 (Kusunoki *et al.*, 2002; Yoshihara *et al.*, 2002), ウィンドプロファイラーによる降雪系の観測および解析 (足立ほか, 2001) では、新しい測器のデータを使って擾乱の内部構造を明らかにした。またこの降雪バンドに関する数値実験から、この維持のためには降雪の冷却効果が効く場合もあることなどがわかった (Eito *et al.*, 2002)。今後もこのような事例解析と数値実験を持続して、冬季のメソ対流系の実態とその発生・発達メカニズムの解明を図るつもりである。

少なくとも寒気吹き出し時の数値実験によるパフォーマンスは、他の時期 (例えば暖候期など) と比べてその結果は良いように思われる。その理由として、1) 雨の強さは弱く降雪系を伴う擾乱もドライに近い、2) 日本海上の大気成層を見ると、降雪系の背は低くてせいぜい500 hPa以下の高さである、3) そのために山岳による地形効果が表れやすい、等があげられよう。JPCZ に関していえば季節風の北西風が朝鮮半島の付け根の山を迂回することによって日本海上で収束するように、日本海上から山陰～若狭～北陸まで決まった場所に現われやすい。収束を作る流れはNHMの親モデルであるRSMやMSMでも表現されるから、NHMの初期値や境界値に反映されやすいということだろう。しかし、冬の日本海に見られる降雪系は必ずしも地形性収束だけによって決まっているわけではない。総観規模の擾乱に伴ってもたらされるものもあり、その場合積乱雲は背が高いし降雪も多かったりする。こうした時はやはりNHMでうまく再現できない場合もあって、冬の日本海のメソスケール現象に関して



第11図 2003年1月23日21時、26日21時、29日21時における等温位面 (300 K) の渦位の分布 (吉崎ほか, 2003)。

は今だやるべきことが多く残っている。

## 謝 辞

この観測を遂行するにあたって、科学技術振興事業団・戦略的基礎研究 (CREST) から多くのサポートを受けた。気象庁予報部、観測部、気候・海洋気象部、気象研企画室、気象庁観測船には観測に協力していただいた。また福井空港においては AMSR 降水検証グループと福井空港建設調査事務所にも観測に協力していただいた。さらに第6図と第8図は地球シミュレータの結果を利用したものである。以上の諸機関には心より感謝したい。また WMO-03 観測メンバーにはいろいろとお世話になった。メンバーリストをあげて謝意を表したい。吉崎正憲・加藤輝之・永戸久喜・林修吾・笹岡雅宏・山内洋・村上正隆・折笠成宏 (気象研)・林和彦・茂林良道 (気象庁)・川野哲也・渡辺啓倫・川口和哉・上野直子 (九大)・鈴木賢士 (山口大)・上田博・坪木和久・民田晴也・野村光春・佐野哲也・

清水健作・坂下佳一郎・中村綾子・大東忠保・茂木耕作・服部美紀・高橋千陽(名大地球水循環)・小林文明・菅原広史・石渡宏臣(防衛大)・黒岩博司・亀井秋秀(通総研)・近藤里恵(科学技術振興事業団)

### 参考文献

足立アホロ, 小林隆久, 中川清隆, 福田正人, WMO-01 観測グループ, 2001: 境界層レーダーによる北陸不連続線の観測, 日本気象学会春季大会講演予稿集, (79), 155.

青梨和正, 柴田 彰, 小司禎教, 藤井秀幸, 小池俊雄, 今岡啓治, 佐々木政幸, 那須彰一, AMSR 降水検証グループ, 2003: 若狭湾特別観測(WAKASA2003)の固体降水の構造と雲物理量の特徴(その1), 日本気象学会春季大会講演予稿集, (83), 229.

Eito, H., T. Kato and M. Yoshizaki, 2002: Structure and maintenance mechanism of the snowband on the southern coastal area of Sea of Japan on 16 January 2001, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 427-430.

Hayashi, S., M. Yoshizaki, T. Kato and CREST observation group, 2002: Observational and numerical studies of a polar low formed over the Japan Sea on 27 January 2001, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 407-410.

Ishihara, M., H. Sakakibara and Z. Yanagisawa, 1989: Doppler radar analysis of the structure of mesoscale snow bands developed between the winter monsoon and the land breeze, J. Meteor. Soc. Japan, 67, 503-520.

加藤輝之, WMO-01観測グループ, 2001: 2001年1月に観測された豪雪の非静力学モデルでの予想可能性-15日, 23日に観測された $\beta$ スケール渦を中心として-, 日本気象学会春季大会講演予稿集, (79), 114.

菊地勝弘, 1993: 都市の豪雪災害の予測と軽減・防除に関する研究, 文部省科学技術研究費重点領域研究「自然災害の予測と防災力」研究成果, 609pp.

気象庁, 1968: 北陸豪雪調査報告, 気象庁技術報告, (66), 481pp.

小林文明, 吉崎正憲, 柴垣佳明, 橋口浩之, 手柴充博, 村上正隆, WMO-02観測グループ, 2003: 冬季日本海メソ対流系観測-2002(WMO-02)」の速報, 天気, 50, 385-391.

Kobayashi, F. and WMO-01 Observation Group, 2002: Structures of winter mesoscale convective systems during heavy snowfall period around Ho-

kuriku coast, Japan, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 540-545.

黒田雄紀, 1992: 日本海の収束雲と海難, 海と空, 67, 261-279.

Kusunoki, K., K. Iwanami, M. Maki, R. Misumi and WMO-01 Observation Group, 2002: A dual-Doppler analysis of the mesoscale snow bands under the winter monsoon. Part 1: Band regeneration, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 Oct., 2002, Tokyo, 546-550.

Lee, T.-Y., Y.-Y. Park and Y.-L. Lin, 1998: A numerical modeling study of mesoscale cyclogenesis to the east of the Korean Peninsula, Mon. Wea. Rev., 126, 2305-2329.

Matsumoto, S., K. Ninomiya and T. Akiyama, 1967: Cumulus activities in relation to the mesoscale convergence field, J. Meteor. Soc. Japan, 45, 292-305.

Matsumoto, S. and K. Ninomiya, 1969: On the role of convective momentum exchange in the mesoscale gravity wave, J. Meteor. Soc. Japan, 47, 75-85.

松尾敬世, 1992: 日本海の雪雲と人工調節, 気象, 36, 11864-11869.

メソ気象調査グループ, 1988: 冬期日本海における帯状雲のメソ構造-一啓風丸の特別観測の解析-, 天気, 35, 237-248.

村上正隆, 2000: 人工降雪による水資源確保の可能性について, 気象, 44, 16462-16468.

村上正隆, 折笠成宏, 星本みずほ, 堀江宏昭, 岡本創, 民田晴也, 航空機観測グループ, 2001: 航空機による日本海小低気圧の内部構造観測(速報). 日本気象学会春季大会講演予稿集, (79), 158.

Murakami, M., M. Hoshimoto, N. Orikasa, H. Horie, H. Okamoto, H. Kuroiwa, H. Minda and K. Nakamura, 2002: Inner structures of snow bands associated with the Japan Sea polar-airmass convergence zone based on aircraft observations, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 522-527.

Nagata, M., 1987: On the structure of a convergent cloud band over the Japan Sea in winter; a prediction experiment, J. Meteor. Soc. Japan, 65, 871-883.

Nagata, M., 1993: Meso- $\beta$ -scale vortices developing along the Japan-Sea Polar-airmass Convergence Zone (JPCZ) cloud band: Numerical simulation, J. Meteor. Soc. Japan, 71, 43-57.

- Ohigashi, T. and K. Tsuboki, 2002: Structure and maintenance process of stationary snowfall system along coast in the Hokuriku District, Japan, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 392-397.
- Sakakibara, H., M. Ishihara and Z. Yanagisawa, 1988 a: Classification of mesoscale snowfall systems observed in western Hokuriku during a heavy snowfall period in January 1984, J. Meteor. Soc. Japan, 66, 193-199.
- Sakakibara, H., M. Ishihara and Z. Yanagisawa, 1988 b: Squall line like convective snowbands over the Sea of Japan, J. Meteor. Soc. Japan, 66, 937-953.
- 八木正允, 1985: 冬期の季節風の吹き出し方向に対して, おおよそ直交する方向にロール軸をもつ大規模な雪雲—対流雲の走向についての解析と理論的な検討—, 天気, 32, 175-187.
- 八木正允, 村松照男, 内山徳栄, 黒川信彦, 1986: 大陸沿岸の地形の影響を受けた日本海上の'带状収束雲'と'Cu-Cbライン', 天気, 33, 453-465.
- Yanase, W., H. Niino and K. Saito, 2001: A numerical study on structure of a polar low over the Japan Sea, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 416-421.
- Yoshihara, H., M. Kawashima, Y. Fujiyoshi and WMO-01 group, 2002: A Doppler radar study on the successive development of snowbands in the Japan Sea coastal region, Int. Conf. Mesoscale Convective Systems and Heavy Rainfall/snowfall in East Asia, 29-31 October, 2002, Tokyo, 402-406.
- 吉崎正憲, 瀬古 弘, 加藤輝之, 小司禎教, 永戸久喜, 別所康太郎, 郷田治稔, X-BAIU-99観測グループ, 2000: 1999年東シナ海・九州梅雨特別観測 (X-BAIU-99) 報告, 天気, 47, 217-224.
- 吉崎正憲, 加藤輝之, 永戸久喜, 足立アホロ, 村上正隆, 林 修吾, WMO-01観測グループ, 2001: 「冬季日本海メソ対流系観測-2001 (WMO-01)」の速報, 天気, 48, 893-903.
- 吉崎正憲, 加藤輝之, 永戸久喜, 林 修吾, 笹岡雅宏, 山内 洋, 村上正隆, 折笠成宏, 川野哲也, 鈴木賢士, 上田 博, 坪木和久, 民田晴也, 小林文明, 黒岩博司, 亀井秋秀, WMO-03観測グループ, 2003a: 冬季日本海メソ対流系観測-2003 (WMO-03) の概況報告, 日本気象学会春季大会講演予稿集, (83), 221.
- 吉崎正憲, 加藤輝之, 室井ちあし, 永戸久喜, 林 修吾, 柴垣佳明, 荒木浩輔, 鈴木賢士, 村上正隆, 黒岩博司, 民田晴也, 2003b: 2001年と2002年に行われた東シナ海・九州における梅雨観測の報告, 天気 (投稿中).
- Yoshizaki, M., T. Kato, H. Eito, S. Hayashi, W.-K. Tao and WMO-01 observation group, 2003: An overview of the field experiment "Winter MCSs (Mesoscale Convective Systems) observations over the Japan Sea in 2001", and comparisons of the cold-air outbreak (14 January) case between analysis and a non-hydrostatic numerical model Submitted to J. Meteor. Soc. Japan.

#### 略語の解説

- AMSR-E: Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth 高度マイクロ波放射計
- CREST: Core Research for Evolutional Science and Technology 戦略的創造研究推進事業
- GMS: Geostationary Meteorological Satellite 静止気象衛星
- GSM: Global Spectral Model 全球スペクトルモデル
- IOP: Intensive Observation Period 強化観測期間
- JPCZ: Japan Sea Polar airmass Convergence Zone 日本海寒帯気団収束帯
- MSM: Mesoscale Model メソスケールモデル
- NASA: National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局
- NHM: Non-Hydrostatic Model 非静力学モデル
- RSM: Regional Spectral Model 領域スペクトルモデル
- X-BAIU: East China Sea (ECS)/Kyushu-BAIU 東シナ海・九州梅雨特別観測
- WMO: Winter MCSs Observation 冬季日本海メソ対流系観測