

呈している。海上において気団変質を受けた気塊の収束も、この気流の成因に寄与しているかも知れないが、主低気圧をめぐる暖気流の役割も重要だと思われる。これについてはなお検討を要する。

第13図の点線は $-5^{\circ}\text{C}$ の等温線で $C_1$ ,  $C_2$ , および $C_3$ は主要な内陸の寒気域であり、短い矢印は、寒気流を示す。寒気域から流出した寒気は、meso- $\alpha$ -scale lowの低気圧性循環に巻きこまれ、前記の強い暖気流と合流収束し、強い降雪(\*で示した)をもたらしている。強い降雪は激しいガストを伴っているが、それに伴う気温下降は必ずしも認められない。ガストが低温な接地境界層を破壊するからではないかと思われる。

## 6. むすび

北海道西部(石狩平野など)に降雪をもたらす擾乱の一つとして寒気内 meso- $\alpha$ -scale low をとり上げ、特に次の3点に注目した。

第1の問題は、寒気内 meso- $\alpha$ -scale low の発生発達の状況である。対流圏下層で大きな気温傾度が維持されているアジア大陸東岸で large-scale low が発達すると、その循環に伴う frontogenesis によって meso- $\alpha$ -scale low の発生発達到に適した条件が生じ、上層寒冷渦の影響下、meso- $\alpha$ -scale low が発達する。この冬期日本海北東部における parent large-scale low 内の meso- $\alpha$ -scale low の発達状況は暖候期(例えば梅雨前線帯など)の小低気圧の状況とは非常に異なるものである。

第2の問題は、これによってもたらされる降雪の発生状況である。meso- $\alpha$ -scale low に伴う secluded warm airflow と meso- $\alpha$ -scale low の接近によって北海道内陸部からひき出された寒気との合流収束によって強い降雪が発生している。

第3の問題は、様々なスケールの現象が関与し合っで進行する一連の過程のなかで meso- $\alpha$ -scale low が発生し、降雪がもたらされている事実である。多くの降雪のケースについての multi-scale process を正確に理解することが、今後の課題である。

## 参考文献

- Bond, N. A. and M. A. Shapiro, 1991: Polar lows over the Gulf of Alaska in conditions of reverse shear, *Mon. Wea. Rev.*, 119, 551-572.  
 Ninomiya, K., 1989: Polar/comma-cloud lows over the Japan Sea and the northwestern Pacific in winter, *J. Met. Soc. Japan*, 67: 83-97.

Ninomiya, K., 1991: Polar low development over the east coast of the Asian Continent on 9-11 December 1985, *J. Met. Soc. Japan*, 69, 669-685

二宮洸三, 1991: 寒気内の mesoscale 低気圧, 気象研究ノート, 172, 211-251

Ninomiya, K. and K. Hoshino, 1990: Evolution process and multi-scale structure of a polar low developed over the Japan Sea on 11-12 December 1985. Part II: Meso- $\beta$ -scale low in meso- $\alpha$ -scale polar low, *J. Met. Soc. Japan* 68, 307-318

Ninomiya, K., K. Wakahara and H. Ohkubo, 1993: Meso- $\alpha$ -scale low development over the north-eastern Japan Sea under the influence of a parent large-scale low and a cold vortex aloft, (*J. Met. Soc. Japan* 投稿)

札幌管区气象台, 1989: 北海道西岸に発生する小低気圧の研究, 技術時報別冊38号, 137 pp

Tsuboki, K. and G. Wakahama, 1992: Mesoscale cyclogenesis in winter monsoon air streams, *J. Met. Soc. Japan*, 70, 77-93

## 討論

### 1. 村松氏に対して

竹内(北大・低温研): JSM モデルで帯状雲が再現可能であるということであったが、帯状雲は JSM モデルくらいのスケールの現象が本質的であると考えて良いのか?

村松: 現在のルーチン的に使われている JSM モデルは 30 km メッシュであるので、それで表現できる現象であると考えている。もっと格子を細かくすれば地形が強調されるのでより現実的にはなるが、どこに降るかはまだ難しい。

山田哲二(Yamada Science and Art, Co.): 局地性の強い降雪量を予報するためには格子を細かくする必要があるが、それ以外に、微物理過程のパラメタリゼーションが重要な課題となると思うがどの様に予報に取り入れられているのか? あるいは、レーダーの観測データなどを使ってナウキャスト的に取り入れるのか?

村松: これからの講演で議論されると思うが、微物理過程のパラメタリゼーションを議論する前に格子を細かくして地形による降雪の集中性を調べる必要がある。それよりも細かい現象に対しては観測システムも考えに入れた予報をする必要がある。微物理過程の問題は今後の研究課題である。

## 2. 藤吉氏に対して

**高橋** (北大・理): 地形の効果による吹き出しや吸い込みがある場合とない場合があったが、その原因は何か?

**藤吉**: シノプティクな状況が関係しているので、一概にはいえない。今後の研究課題である。

**村上** (気研): 下層の風系により収束場ができ、降水域ができるのと立場の講演であったが、逆に降水域があり下層の風系を決めることは考えられないか?

**藤吉**: 1 ケースだけ非常に強い対流性のエコーの前後に自己維持的なフロントを作っている観測例があった。しかし、ほかの例はかなり広い領域で陸地からの乱れのない流れが観測されているので、雲自体がつくる流れと言うよりも、もう少し大きなスケールがつくる流れと考えられる。

## 3. 浅井氏に対して

**加藤** (名大・水圏研): 海からの熱補給がメソ低気圧に重要なことがわかったが、収束帯よりもっと広い領域で海からの熱補給を受けていると理解しているのか? また、収束帯の存在がメソ低気圧形成にどのような役割をしているのか?

**浅井**: 収束帯自身よりもむしろその周辺で熱の補給が多い。周辺で補給された熱が収束帯の方に寄せ集められ、そこで一旦上層に熱(潜熱)が運ばれ、潜熱が解放される。ヒーティングをローカライズさせるという意味で収束帯が大切である。

**三浦** (東理大): 带状収束域の西側の潜熱の供給量が東側に比べて多いのはどの様に考えれば良いのか?

**浅井**: 西側では風が強いと海水温が若干高いために潜熱の供給量が大きくなっているが、それほど一般的ではないし、それほど重要ではない。

**木田** (気研): 日本で降る雪を考える場合、収束帯の雪はどの様な位置付けにあるのか?

**浅井**: 一般的に日本海側での降雪には2つのタイプがある。1つは、季節風卓越時に山岳部に大雪をもたらすものと、季節風が緩んだときに海岸付近の平野部に大雪をもたらすものがある。後者を理解するときに日本海にある種の中小規模擾乱が発達して、それが山岳とは関係なく平野部に大雪をもたらす重要なファクターとなることがある。ここでは、日本海西部または北海道西岸域にしばしば観測される带状の雲あるいはそれに伴う渦状の擾乱に焦点を当てて議論している。

**山田** (YSA): 带状収束雲をシミュレートするためにはどのくらいのモデルの分解能が必要か?

**浅井**: 40 km 相当の水平分解能の JSM モデルを使っているので、数 10 km の現象を調べるのは無理であるが、現在 10 km から数 km の分解能を持つモデルでの研究を進めている。それによると数 10 km 程度の渦がバンド状の構造の中に埋没している様子がみられた。

## 4. 二宮氏に対して

**柘原** (気研): 主低気圧の北西側のフロントジェネシスのなとところにメソ  $\alpha$  スケールの低気圧ができることのであったが、今までそのあたりにフロントが解析された解析例を見たことがないがそれはなぜか?

**二宮**: ビヤクネス以来の伝統的な概念でルーチン的な解析図が描かれているので解析図上に現れないのは当然である。新しい現象を捕えようとする研究目的では伝統的な概念のルーチン目的の解析図から離れて現象を見る必要がある。

**浅井**: 親低気圧の後面にできるメソ低気圧の北西の暖気流はごく下層に見られるものであると思うが、どのくらいの高さまで暖気流がみられるのか? 親低気圧の前面から北を回る気流は下層ではなくて上層につながると思うが下層の暖気流とつながることはどの様に理解すれば良いのか?

**二宮**: 850 hPa 面での話をしている。さらに、下層で起きているかは吟味する必要がある。暖気の回り込みは親低気圧と関連したスケールの気流の動きも考えなくてはいけない。アラスカ湾やベーリング海での解析が多く行われているが、大きなスケールでの暖気の回り込みが見られる。日本海でどの様なことが起こっているかは、今後の研究課題である。

## 総合討論

**播磨屋**: 総合討論に入る前に最初に質問を受けます。

**中沢** (気研): メソ低気圧の講演がいくつかあったが、二宮さんの寒気の吹き出しが強いときの話で、浅井先生のは吹き出しが弱まる時の話であった。村松さんも3から4種類の分類をしていたが、整理をお願いしたい。

**二宮**: いろいろなスケールの現象があるが、私の話したのはメソ  $\alpha$  スケール(水平波長にして 1000 km 位)の話をした。他のスケールの現象が異なった起き方をしているとは思っていない。

**村松**: 石狩湾に大雪をもたらす場合は主に3種類ある。1つは、主低気圧がエトロフ付近を通るとき後面流の閉塞的な暖気流が北を回って(収束帯が)西海岸に入

り、上層のコールドローと関連してメソ低気圧をつくる場合(二宮さんと同じ場合)。2つ目は、主低気圧がカムチャッカ付近にある季節風末期に、ダイレクトに弧状の帯が札幌に入ってくる場合。3つ目は、先ほどと同じように主低気圧がエトロフ付近を通ったときオホーツク海側から道北を回って石狩湾に入ってくる時にも札幌に多くの雪をもたらす弧状の帯状エコーが観測される。これらは上層での渦度移流が強いかどうかで決まるようである。

**松野**(東大・気候セ)：上層の渦度移流が大きいかどうかとはどのような意味か？

**村松**：上層の渦度移流が大きいと弧状の帯状エコーが渦状エコーに変化する。

**浅井**(東大・海洋研)：いろいろなスケールのメソ低気圧があるが、3つくらいのスケールのグループに分けられると考えられる。小さいグループは数10 km程度のもの、大きいグループは数100 kmから1000 km程度のものに分けられる。主要な成因は数10 kmのものは水平シアーが重要な役割を果たすし、1000 km近くのものには傾圧性が重要な役割を果たす。その途中のものは熱帯低気圧的な性格を持って発達するのではないかと思われる。

**播磨屋**：日本海西部では山岳が収束帯をつくるとのことだったが、北海道の場合の収束帯は何がつくるのか？

**浅井**：やはり地形がつくる。日本海西部では凹凸としての地形が効くが、北海道の場合は海陸分布として日本海をはさんで東と西に陸地があること地形が効く。

**播磨屋**：上田さんと藤吉さんはもっと小さいスケールの現象の話をしたが、地形の凹凸が効くのか温度差としての地形が効くのか。

**藤吉**：両者が効く。地形がウェーク流のように、トリガーとして働く場合もある。冷気流が流れ出る場合は温度差が必要である。どこから流れ出るかは地形の凹凸が効いてくる。

**上田**：スケールが小さいので、地形がシアーを強めることが効いている。

**播磨屋**：メッシュを細かくするとどの様なことが見えてくるのかのコメントをもらえないでしょうか？

**永田**(気研)：最も細かい格子間隔で6 kmの格子間隔のモデルを動かしている。日本海西部の収束帯にできる帯状の雲の中の渦状の擾乱はシアー不安定であり、北海道西岸沖の帯状の雲については海陸風の温度差が主に効いているとの結論を得た。北海道西岸沖の帯状雲は日本海西部のものに比べるとスケールが数分の1位と小さく、6 kmの格子間隔では再現性の限界を感じた。

**山田**：雪の予測として再現できたのか、それとも、収

束領域をシミュレートできたとのことか？

**永田**：降水の物理学は非常に単純なルーチンモデルとほとんど同じものを使っている。

**山田**：小さいスケールで雪の降るところと降らないところの再現ができたのか？

**永田**：観測で現れた渦状の擾乱に伴う降水域の構造がでてきた段階である。雲物理過程が入っていないので、見事に観測と合うところまでには達していない。

**小倉**(日本気象協会)：現在の80 kmメッシュのMOSガイダンスを将来は20 kmメッシュにしたいとのことであるが、現在のメッシュでどのくらいの精度で予測できるのか。

**村松**：現在の80 kmメッシュでは雪がどこに集中して降るかという要求には答えがたく、統計的な予報も取り入れて行っている。将来的にはメソ量的予報として20 kmメッシュモデルに期待したい。

**小倉**：20 kmメッシュモデルと比較、あるいは、初期条件として使うために現在の観測体制は十分か？予報の精度を上げるためにいろいろな努力をなされているが、研究と業務の相互関係をどのようにするとよいのか。

**二宮**：きめ細かい予報は使用目的も考えなくてはいけない。現在の観測体制は20 kmメッシュのモデルを動かすのにも十分対応できると考えられる。また、直前の予報にはナウキャストも有効であると考えられる。研究者にはいろいろな現象に対するきちんとしたレポートを書いてもらうのが大事である。業務としてはそれを参考とする。

**三浦**：メッシュを細かくすれば細かい現象が再現できるとの印象を得たが、もっと物理的なプロセスを議論する必要があるのではないか？

**浅井**：その通りである。

**松野**：メッシュを細かくさえすればモデルの方では、観測が今の状況であっても、十分に現象を再現できるとの印象を得た。ただし、これはメソ $\alpha$ スケールまでで、メソ $\beta$ スケールよりも小さなスケールでもっと物理を考慮する必要がある。ナウキャスト的なものも取り入れた新しい観測体制も含めて、モデルと観測をマッチさせた予報体制をとる必要があるのではないか。

**播磨屋**：いろいろなご議論ありがとうございました。残念ですが、時間になりましたのでこのへんで総合討論を終わります。

記録：遊馬芳雄(北大理)

大橋雅寿(札幌管区気象台)