

1. 豪雪の実態と予報の現状*

村松 照 男**

1. 豪雪の実態

冬季シベリヤ大陸からの大規模な寒気の氾濫が起ると、日本海上で気団変質による対流雲が発生し、広範囲に季節風タイプの筋状雲が現れる。それと共に①“日本海西部の収束雲”：日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)型および②“北海道西岸小低気圧型”の特徴のある带状雲や渦状雲の発生がしばしば見られ、日降雪量が平野部で50cmを超え、時には1mを超す局地的な豪雪となることもある。これらに関して、坪木(1992)は最近の知見を含めて詳しく総合報告を行っている。第1図は気象衛星『ひまわり』の可視画像と日本列島における最高積雪深の平均の分布図を合成したものである。これら带状雲の風下側に位置する北陸地方および北海道西岸地方では、富山県の真川での最深積雪7m50cmの記録があり、気象官署では新潟県高田(上越市)における3m77cm、札幌の西60kmの倶知安における3m12cm、富山における2m08cm、札幌においても1m69cmの記録がある。累積の降雪量の記録では高田においての17m29cm、札幌では1991年の冬の6m37cmの記録があり、北陸地方から北海道西岸地方にかけては、緯度的には地中海と同じ位置にありながら世界でも有数な豪雪地帯となっている。

これら豪雪地帯には富山、青森、札幌などの主要都市が含まれており、豪雪は交通機関を始めとした都市機能を直撃し大きな影響を与えている。周辺地域を含めて人口200万余の都市の札幌では、市の予算計上のみで年間の除排雪の経費が80億円を越え、防災および都市機能の維持対策上、降雪予測観測システム作りが進められている。北陸各県ほかの諸都市でも同様なシステム作りが急速に進捗している。

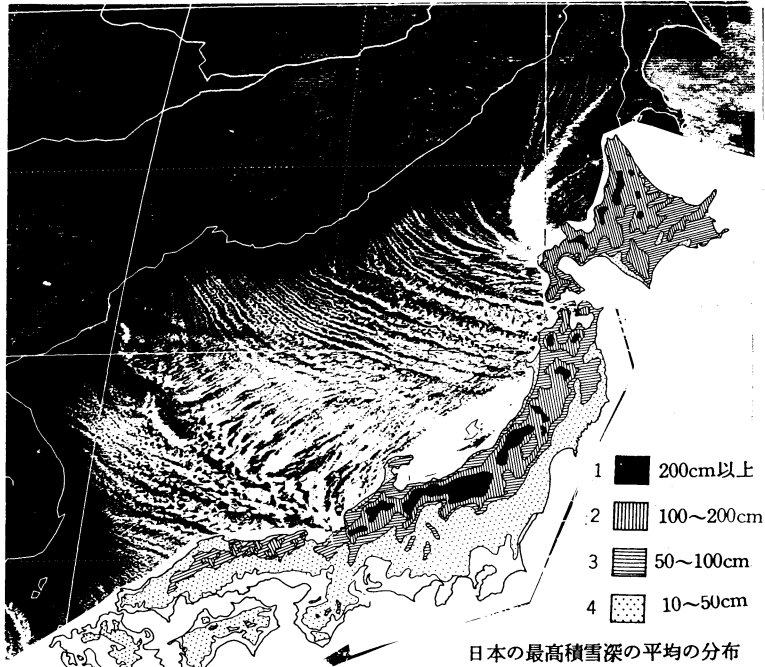
2. 石狩湾小低気圧による局地的な大雪

降雪予測に関しては局地的な集中降雪域の位置と量を正確に予想することが焦眉のテーマとなっている。とりわけ札幌周辺を含む石狩平野に局地的大雪をもたらす現象は、北海道西岸小低気圧のなかでも、とくに石狩湾付近に発生する小低気圧によることから『石狩湾小低型の大雪』と呼ばれている。この局地的な大雪現象は700~500hPa高度に上面をもつ、300~1000kmスケールの寒気ドーム下の条件付不安定湿潤領域における200~500kmスケールの α スケールの現象である。寿命は数時間からおよそ1日、下層収束帯が局地的に存在し、带状雲もしくは渦状雲が形成されており非対称構造が特徴の一つとなっている。

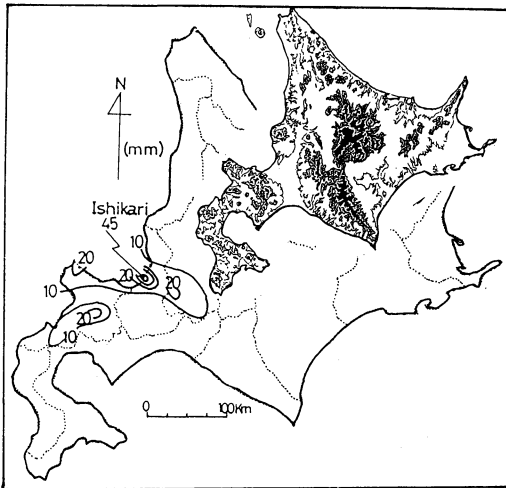
この石狩湾小低型の大雪は後述するように総観スケールの主低気圧の位置で分類されるが、最も典型的なカムチャッカ型の大雪例となった1992年1月23日00時~24時(22日15Z~23日15Z)の24時間降雪量分布(相当水量)を第2図に示す。降雪域の幅は10km程度と带状に集中するのが特徴であり、札幌市内では気象台と数km先の郊外では24時間の降雪量が8cmと46cmというように1オーダー違うほどの局地性が観測されていた。第3図にこの事例の最盛期におけるメソスケール場の天気図とレーダーエコー分布を示す。西海岸付近に2hPa毎の等圧線で袋状、1hPa毎では閉曲線が描ける程度の小低気圧が解析され、典型的な孤状のエコーが観測されている。下層の温度場は、サハリンからオホーツク海南部へ伸びる寒気軸と沿海州から北海道南部に伸びる2寒気軸という特徴構造を有し、700~500hPaに上面を持つ明瞭な寒気ドームが存在していた。この型の大雪発生モデルに関しては、海水域の拡大を含む海陸分布と寒気場、総観場とメソ場の構造の特徴的な変化が明らかにされている(村松, 1975)。この大雪例では複数のドップラーレーダーの観測、気象庁の観測船の啓風丸、高風丸および

* Forecast for the heavy snowfall caused by the meso-scale cyclone in the Bay of Ishikari.

** Teruo Muramatsu, 札幌管区気象台(現気象大学校)。



第1図 気象衛星「ひまわり」の可視画像(1983年2月13日03Z)と最高積雪深の平均の分布 (cm).



第2図 石狩湾小低気圧による局地的な大雪, 1992年1月22日15Z~23日15Z の24時間降雪量(相当水量)分布.

は、大雪時の総観スケールでの主低気圧の位置によって分類されている。発達中の低気圧がエトロフ付近を通過し、循環後面の強い北から北西の流れの中で発生するもの(エトロフ型)と、低気圧がカムチャッカ半島付近に進み、季節風末期の気圧傾度のゆるんだ時に上空に寒気核が侵入し下層温度場が2寒気軸という特徴的な場となった時に発生するカムチャッカ型に大別されており、詳細な構造の報告がされている(村松, 1976)。

一方、衛星画像上の雲型やレーダーエコーから見た小低気圧の分類という形態的分类と総観場の特徴との関連、およびそれによる多様なメソ α スケール現象としても多く研究されている。札幌管区气象台では過去の調査研究を整理し、このメソスケール現象を衛星画像上で帯状雲(孤状もしくは曲折状を含む)および渦状雲の7種類に分類して、それぞれのメソスケール場の特徴と、地上、および500 hPa, 850 hPaの高度場、温度場の特徴という総観スケールの場での明確な分類が図られている(札幌管区气象台「技術時報」, 1989)。なお八木, 他(1979)で報告されている強い循環をとまなう渦状エコー、メソサイクロンはこの技術時報の報告の中で渦状雲A型に分類されており、今回のシン

札幌、稚内の高層観測などによる詳細な特別強化観測が実施されており、今回のシンポジウムにおいても解析結果が報告されている。

石狩湾小低気圧を含む西岸小低型の大雪に関して

ポジウムで報告されているポーラーローに対応していると考えられる。

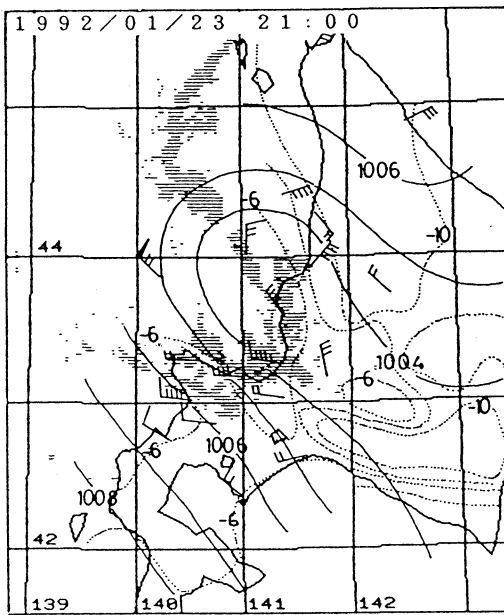
3. 局地的大雪の予想の現状

前述のように総観スケールの場の特徴やそれに対応するメソスケール場の変化が分類されているので、これに基づいて数値予報資料により小低型の大雪の発生ポテンシャルが高いとの予想をすることが可能となっ

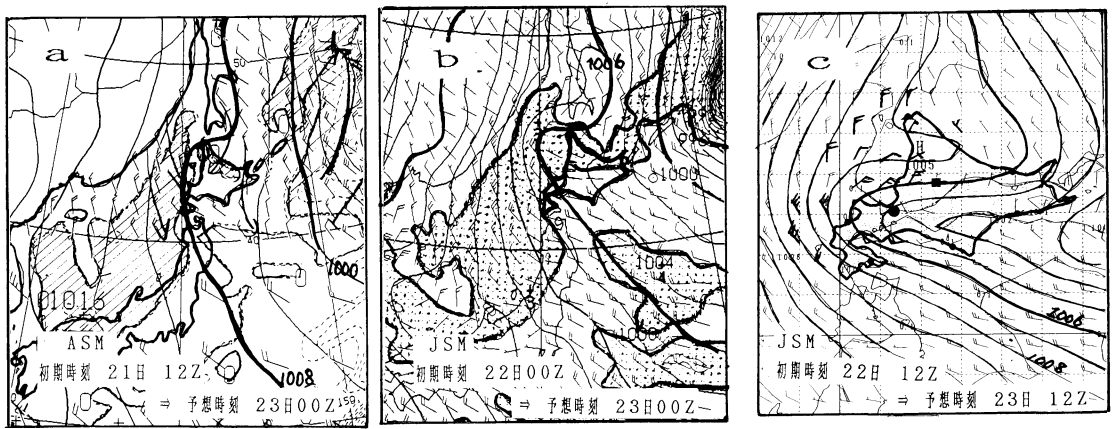
た。さらに MOS 手法による降水量予想(ガイダンス)および過去から積み重ねられた統計的な結果を利用することで降雪量の二次細分予報区内での 10 cm 単位程度の量的予想を行うことが図られつつある。第2図および第3図で示した大雪の例において現行の予報手法でいかに予想され得たかを報告する。予測の手順としては、まず第1段階において、予想期間が 192 時間の全球スペクトルモデル (GSM) で、むこう 1 週間の下層・中層寒気の動きと 500 hPa のトラフの動向、大規模な寒気氾濫の後の地上総観場を検討し、数日前の時点において小低型大雪のポテンシャルが高い日を予想する。

第2段階として、アジアスペクトルモデル (ASM, 格子間隔 75 km (60N), 予想期間 48 時間) をもとに中層寒気ドームの追跡, 下層 850 hPa のマイナス 18 ~ 21°C 線の変形, 下層風の収束場の特徴, 凝結量などを 6 時間単位で検討し降雪の強さ, 位置, 継続時間を予想する。第4図 a は, 小低気圧の発生時点の 23日 00Z を予想した 21日 12Z 初期値の 36 時間後の予想図である。地上では袋状の低圧部で表現されている風向のシアアが, また図は省略するが 2 寒気軸型の特徴と上層には 500 hPa でマイナス 42°C の寒気核の侵入が予想されていた。大雪の分類ではカムチャッカ型の南北帯状雲 A 型 (技術時報, 1989) の大雪発生条件を満たしており, この型が約 1 日継続するというポテンシャルが高いことが予想されている。

第3段階では, 日本域スペクトルモデル (JSM, 格子間隔 40 km, 予想期間 24 時間) をもとに, 北海道付近のより詳しい高度, 気温, 風の場の予想を検討し, さ



第3図 最盛期におけるメソスケール場の天気図とレーダーエコー分布, 1992年1月23日 12Z. 実線は 2hPa 毎の等圧線.



第4図 小低気圧の発生期 (23日00Z), 最盛期 (23日12Z) を予想時刻とした ASM, JSM の予想結果。
a : ASM, 36時間予想, b : JSM, 24時間予想, c : JSM, 24時間予想.

らに1時間ごとの時系列予想を検討する。第4図b, cは22日00Zおよび12Zを初期値とする24時間予想である。第4図bでは小低気圧の位置が実況解析より沖合に予想され、第4図cでは西から南西に予想されていた。また図は省略するがJSMの23日00Z初期値の24時間予想では、23日18Zの前後6時間の凝結量(降雪)は6mm/6hr程度で、その中心域が札幌から約100kmほど西方向に予想され、量的な集中度はなかった。

この例を含み2年間の小低発生による大雪例での9例を検討した結果、1992年冬季の現用JSMモデルでは、1) 2hPa毎の等圧線では閉じた小低気圧が表現されていない。2) 量的な集中性がない。3) 降雪域の位置は平均でおよそ100kmほど南西方向に予想されている、等の特徴が明らかとなり、降雪の集中性、位置はなお十分表現されていない。

最終段階では、局地豪雪をもたらす現象は本質的にはメソ現象であるとの基本的な立場に立ち、気象衛星、レーダー、アメダス、地上等の実況資料を十分に監視検討し、メソスケール構造が今後どう構造変化していくかを判断し予想を行う必要がある。この現象把握に加えて数値予想資料を利用しつつ必要に応じて予想の修正を行う。加えてメソ天気系概念モデルによる現象のステージの把握も重要である。

4. 今後の大雪予想の展開

現在の数値予想の予想精度において、少なくとも大雪のポテンシャルが高くなるか、どの小低型の降雪になるかは1~2日前の時点で総観スケールの場合では十分に予想されている。さらに1992年3月にJSMモデルの改良が実施されており、メソスケール現象についても精度の改善が期待される。いずれにしてもメソスケール現象である局地的な豪雪において最終的に、どこに(少なくとも5km格子)、どの程度の降雪量か(5~10cmオーダー)、どの程度の継続時間(数時間から12時間位)があるか等を予想するには、モデルの解像

度や物理過程が不十分であるとともに、メソ現象の本質的な理解が十分でない。さらに降雪の集中化、局在化を支配する1時間~数時間、10km~100kmオーダーのメソ β スケールの構造の理解が必要であり、メソ α スケールとの相互関係、周辺地形との関係がどうなっているかの研究が必要である。これには数kmメッシュのリアルタイムの観測網と気象レーダー及びドップラーレーダーでの観測がより重要となる。

札幌市では現在、防災システムの構築を図りつつあり、雪観測用レーダーおよび平均5kmメッシュとなる約50箇所程度の降雪強度、積雪の深さ、気温、風などの観測センサーを設置し実用段階となっている。札幌総合情報センターにおいて降雪予測観測システムのオンライン稼働と降雪予測システムの情報提供が1993年に開始された。一方、気象庁においてはメソ量的予報技術を開発中であり、平成8年を目途として向こう12~24時間、3~6時間単位、20kmメッシュの降雪量予想を面的に実施する計画となっている。メソ現象の本質的な理解を進め、数値予報の格子の細密化を含む精度向上、小低型のメソ天気系概念モデルの精密化、ナウキャストの技術開発等が図られることにより、より詳細な降雪量予想が可能となっていくであろう。

参考文献

- 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, 1-137.
 坪木和久, 1992: 冬冬季節風卓越時の日本海上に発生する帯状雲と渦状擾乱について, 月刊海洋, Vol. 24, No. 6, 350-358.
 村松照男, 1975: 北海道西海岸小低気圧型の大雪, 天気, 22, 369-379.
 村松照男, 1976: 石狩湾小低気圧による大雪, 札幌管区气象台100年記念論文集, 31-49.
 八木正允, 由田健勝, 前田紀彦, 鴨志田章, 田中康夫, 菊地弘明, 中島尚, 1979: 北海道西岸に出現した小低気圧の解析, 天気, 26, 87-97.