



# 天 気

1988年3月  
Vol. 35, No. 3

## 昭和62年度日本気象学会秋季大会シンポジウム「“どか雪”—日本海 における中小規模じょう乱」の報告

まえがき

シンポジウム企画委員会

花房龍男 (札幌管区気象台)

昭和62年度日本気象学会秋季大会のシンポジウムとして「“どか雪”—日本海における中小規模じょう乱」を取り上げた。

今回は気象学会員以外の人たちにも参加を呼びかけたところ、26人の参加があった。講演者を5人準備し、充分な討論をしていただくためシンポジウムの時間をドカ

ットと取る予定であったが、急きよ臨時総会が持たれたため、時間が必ずしも充分でなかったのは残念であった。しかし、講演に先立ち、講演者と座長団との間でキーワードの選択、各講演者の内容の検討を数回行い、シンポジウムの円滑な運営に努力した。その結果、“どか雪”に対する現状と問題点がいくらかでも明らかになったことは主催者の一人として満足している。シンポジウムの講演を快く引き受けて下さった講演者の皆様とその円滑な運営に努力された座長団の皆様に感謝する。

1051 (降雪)

### 1. 石狩平野の降雪の特徴\*

菊地勝弘\*\*

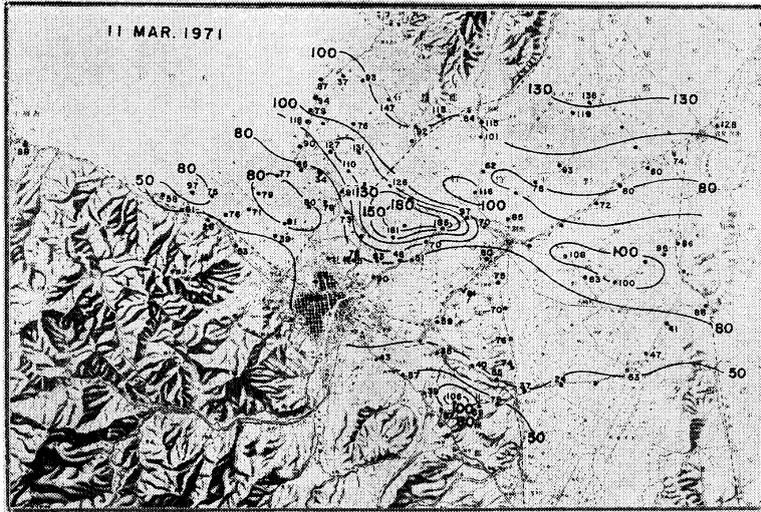
#### 1 はじめに

北大における降雪に関する組織だった観測は、1959年1月から始まった。この時の主な目的は、Harvard Univ. Press から出版された、“Snow Crystals, natural and artificial” (Nakaya, 1954) に公表された「Ta-S ダイアグラム」の天然への適用であった。海拔1,024mの手稲

山頂の北大雲物理観測所まで、高度250m毎に設けた5ヶ所の観測点で雪の結晶形とその成長条件に注意が払われた。観測は4冬期にわたって行われ、その結果、気温はよく対応していたが、湿度は札幌管区気象台のラジオゾンデとも必ずしも対応はよくなかった (Magono *et al.*, 1962, 1963)。これらの観測から、特に季節風時は、ラジオゾンデの軌跡は降雪雲を代表していないことが明らかになった。これを解決するためにUD-Sonde (Magono *et al.*, 1963)、Snow Crystal Sonde (Magono and Tazawa, 1966) の開発が進められ、風上側から両者を

\* Characteristic feature of snowfalls in the Ishikari Plain, Hokkaido.

\*\* Katsuhiro Kikuchi, 北海道大学理学部地球物理学教室。



第1図 石狩平野の積雪深分布 (単位: cm) (1971年3月11日)  
(菊地他, 1972)

同時に飛揚させることによって湿度の不一致が解決し、同時に、石狩平野に降る雪の結晶の鉛直、水平方向の軌跡が明らかにされた (Magono *et al.*, 1965). この時点で、季節風時の降雪雲が帯状をしていることが示唆されたが、1961、62年札幌管区気象台が行った石狩平野の局地的大雪調査や、Higuchi (1963) の航空機による降雪雲の観測から、降雪の帯状分布は帯状の雲からであり、また TIROS の雲写真との対応も初めてつけられた。

この報告では、主として私達の研究室が行ってきた結果について紹介する。

## 2. 石狩平野の降積雪分布

石狩平野の降積雪分布は、その後いろいろな方法で観測され、また解析された。石狩湾沿岸から、季節風の主風向に沿って平野部に 20 km 入った、間口 20 km の 20 km × 20 km の 17ヶ所の観測点間相互の降雪量の相関係数を求める方法、さらに対象域を拡げて、40 km × 40 km 内の 100本の電柱を雪尺代りに使用して毎月の積雪深分布が測定された (第1図) (菊地他, 1972, 1973). その結果、最深積雪域は札幌市の中心から北東約 10 km で 185 cm を記録したが、市の中心部では僅か 63 cm であった。しかも、最深積雪域を含む地域は西北西から東南東にかけて、幅 5 km の帯状の分布を示した。さらに、一雪毎の降雪量を、この範囲内の 105 校の小・中学校に依頼した雪尺による観測でも、典型的な帯状分布を示

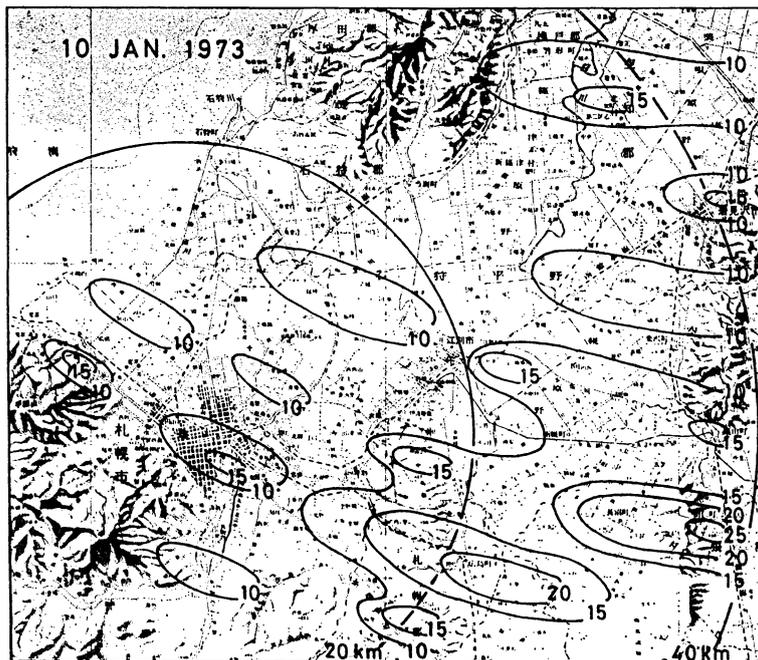
し、1本の帯状降雪域の幅は約 5 km、長さ約 10 km で、1本の帯状降雪量分布に対して約 10 km 毎に降雪量の増減が認められ、また、帯状と帯状との間隔は 6~10 km であった (第2図) (菊地他, 1975).

このような帯状の降雪量分布に対して、レーダーエコーも帯状を示し、そのエコーの走向は札幌の上空 850 mb の風向にほぼ平行であった。このように、札幌市を含む石狩平野に降雪をもたらす雪雲は、気象衛星からの画像やレーダーエコーともに、ほぼ北西から南東にかけて帯状をしており、それからの降雪量分布、および積雪深分布も帯状といったいくつかのはっきりした特徴がある。

## 3. 札幌市の降雪の短時間予測

札幌の1985年度の一冬の総降雪量は約 5.3 m、最深積雪は約 1 m であった。これに対応する1986年度の除雪費用は50億円を超え、郊外の宅地化がさらに進み、車粉公害を最小限にするための徹底した除排雪は、その費用をうなぎのぼりにさせているのが現状である。

1970年12月から1980年3月までの10冬期間で札幌で日降雪量 20 cm 以上の日の地上風向を見直してみると、北西風の場合が52%、西から北の成分では実に75%を占めている。したがって、全ての方位の、全ての擾乱による降水を対象とするのではなく、季節風および季節風末期の降雪に限定すれば、札幌市の降雪の予測は、第2象限からの風向のみを考慮して、そのモデルが気象学的



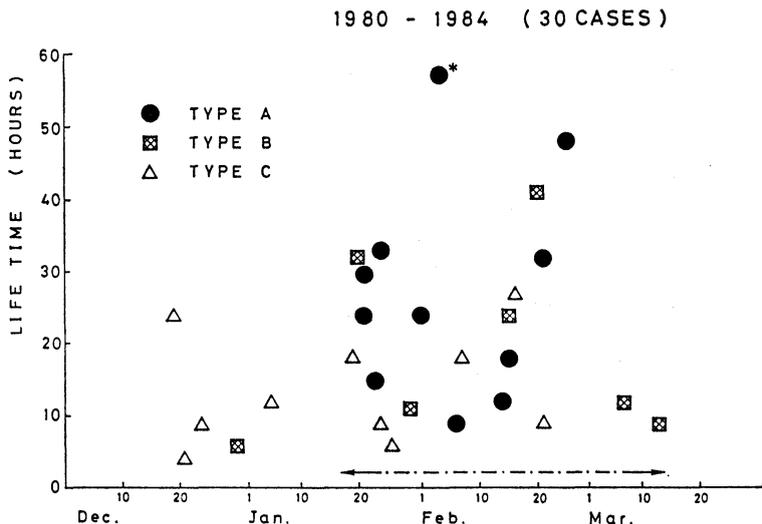
第2図 石狩平野の日降雪量分布 (単位: cm) (1973年1月10日)  
(菊地他, 1975)

に厳密性に欠けていたとしても、運動学的な取扱いでも実用面からみて十分可能であろうと考えられた。石狩湾から石狩平野に侵入する雪雲に対しての平野への間口は約20 kmであり、北側に暑寒別山系(1,500m級)、北西方向に積丹半島(1,000 m級)といった地形をみる時、降雪雲に対する地形の効果を把握する必要があり、1983, 84年の厳冬期に積丹半島先端に北大理学部レーダーを設置し、観測が続けられた。その結果、降雪雲は、その走向にもよるが、半島先端付近と、途中の高島岬で約10~20度東に偏向されることが明らかになった(Kikuchi *et al.*, 1987)。

札幌市の東に札幌市青少年科学館があり、その展示物のなかに気象レーダーと気象衛星「ひまわり」の受画装置がある。気象レーダーは、リアルタイムで15分毎に1 kmメッシュの降雪強度をMTに収録しており、札幌市の除雪関連業務を担当する土木部では、このデータを有効に使用して、降雪費用の効率化を計画し、降雪の短時間予測実験が始められた。この方法では、エコーの補外を主としているので、15分毎のエコーを用いて、移動速度の計算、成長率の計算、地形の補正を考慮した簡単

なものであるが、しかし、前述の通り、札幌市の降雪には地域性が非常に強いので、このような方法で得られた予測降雪域と実測はかなりよく一致した(遊馬他, 1984 a・b)。

また、このレーダーで得られた石狩湾上の降雪雲の特徴が、Radar Echo Climatologyの観点から調べられた(Kikuchi *et al.*, 1985)。それらは、季節風、季節風末期、低気圧による降雪雲に伴うエコーの個々のサイズ分布、総エコー面積の出現頻度や時間変化、最大エコー面積の出現位置、個々のエコーの中の強エコー域の面積比や平均寿命等であり、また、対象域 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 内に $5 \times 10^2 \text{ km}^2$ 以上のエコーが現われると札幌市内に降雪があるといった傾向が得られた。さらに、風向によって石狩湾上の降雪エコーがどのように分布するかが16599画面について解析され、西北西、北西風に対する高島岬の影響が、積丹岬で行われたレーダー観測とよく対応していることがわかった(遊馬・菊地, 1987)。これらの統計的な傾向、また気象衛星のデータを、レーダーデータとどのように組み合わせて短時間予測に取り入れるかが今後の課題である。



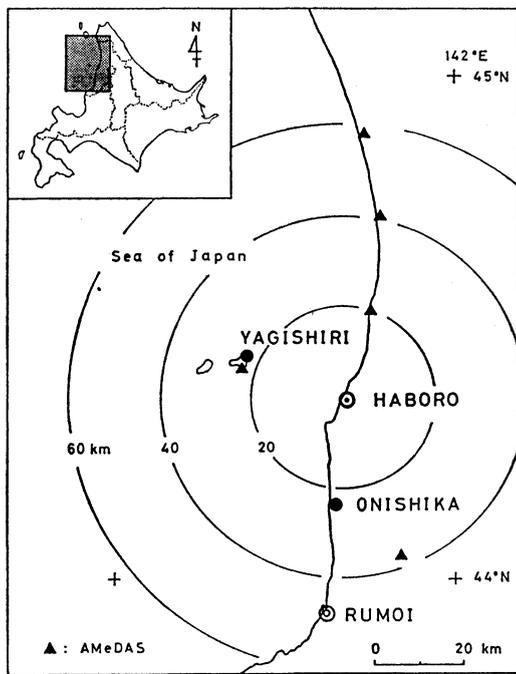
第3図 収束雲の発生機構と寿命の関係 (小林他, 1987 b)

4. 北海道西岸の帯状収束雲と小低気圧の形成過程

“どか雪” (局地豪雪) のメカニズムに必ず引き合いに出されてきたのが、北海道西岸の収束雲であり、石狩湾不連続線石狩湾小低気圧や留萌沖小低気圧である。しかし、降雪を伴う収束雲が、NOAA や GMS の画像に可視化されて捉えられたのに対して、不連続線や小低気圧は、日本海上ということもあって、必ず「どか雪」の事後解析の形で議論されるに過ぎなかった。

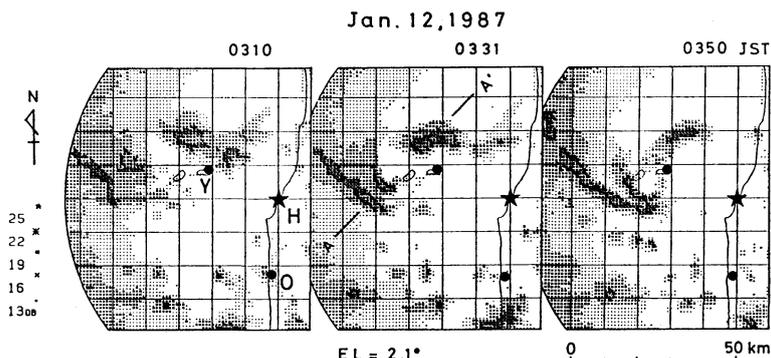
4.1 収束雲の特徴

北海道西岸の (帯状) 収束雲については、いろいろな見方がされてきた。今回は1980年から84年までの5冬期30例の収束雲を対象として、その発生機構と寿命との関係を調べた (第3図) (小林他, 1987 b)。図中 Type A, B, C はそれぞれ中規模擾乱を伴った場合、主低気圧の循環内すなわち低気圧の後面への流れの場合、北海道内陸部からの吹き出しによって維持されている場合、を示している。また、1点鎖線は、北海道オホーツク海側の流水接岸期間を示しているが、特に、A, Bの発生が流水の接岸期間とよく対応していることがわかる。また、これらA, B, Cをレーダーエコーからみると、Aではエコーセルは北西風と北東風のバランスで形成され、常に南端に新しいセルの発生が認められ、Bは低気圧の後面への流れに平行な単純な吹込みのエコー、そしてCは、北西風と南東風とのバランスにより東西方向に移動するエコーで特徴づけられた。この内、特に Type A は、



第4図 観測点位置図 (小林他, 1987 a)

一般に寿命が長く、それが上陸すれば必ずどか雪と結びつくことがわかっている。この Type A に相当する1982年2月4日から6日にかけてのケースを調べてみると、



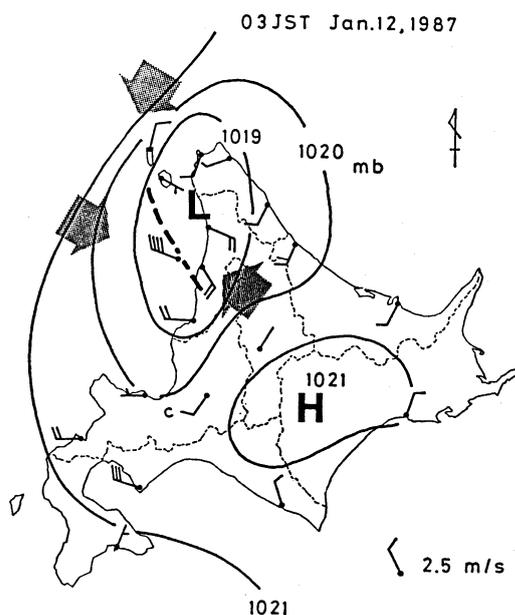
第5図 北大理学部レーダーによって捉えられた焼尻島付近のメソサイクロンの形成過程のレーダーエコー (小林他, 1987 a)

Stage I～Ⅲのような特徴的な過程に分けることができる。Stage Iは、 $\theta_e$ は時間高度断面図解析等から、北海道北部は主低気圧通過後、冬型の気圧配置に変わり、背の高い寒気の侵入と北部での北東風 (Developing Stage) で、Ⅱは、北海道中央部に寒気ドームの形成 (Mature Stage) で、そしてⅢは、寒気ドームの崩壊 (Dissipating Stage) で特徴づけられることがわかった。

#### 4.2 メソサイクロンの形成

一連の収束雲をその形成過程とメソサイクロンの関連でみるためには、収束雲の Mature Stage が観測される現場近くにレーダーを持ってゆく以外に方法はない (小林他, 1987 a)。第4図は北大理学部レーダーを設置した留萌管内羽幌町と、風向風速計および微気圧計を設置した。焼尻島と鬼鹿の観測点を示している。観測は1986年12月中旬から87年1月中旬までの1か月間行われた。一般に、北海道西岸に発生するメソサイクロンは総観場で明瞭に認められるもの、収束雲の形成初期に発生するもの等が従来注目されてきたが、今回のレーダー観測では、GMS にはまったくその形跡がないのに、直径 20 km, エコーフリーの直径 7 km のメソサイクロンの形成過程を捉えることができた (第5図)。このメソサイクロンは、焼尻島付近でエコーとして低気圧性循環を示し、東に進んで羽幌に上陸し、約2時間で消滅したが、0.8 mb の気圧降下、 $3^{\circ}\text{C}/100\text{ min}$  の気温上昇、北大焼尻島観測点では風向の急変 (SE→W)、最大瞬間風速 17 m/sec の突風を記録した。今回の観測期間中にレーダーや気象衛星で認められた20～50 km 直径のメソサイクロンは5例にも達し、その頻度は想像以上に多いことが明らかとなった (小林・菊地, 1987)。

1988年3月



第6図 第5図のメソサイクロン形成時の地上風系 (小林他, 1987 a)

今回のレーダー観測から得られた特徴は次のようにまとめることができる。

- (1) メソサイクロンの寿命は数時間で、約 1 mb の気圧降下を示し、収束量、渦度はいずれも  $5 \times 10^{-4}/\text{sec}$  程度である。
- (2) 風の場合は非対称で、突風通過時には一種の前線通過の様相を呈する。
- (3) 収束雲などに伴って発生する 경우가多く、異なる

気流系の合流するシアライン上で発生しやすい。

(4) メソサイクロン通過時の温度変化は、上昇下降の両方の傾向が認められた。これは、シアラインを境にして相対的に温度の異なる気塊へ推移したことを意味している。

## 5. まとめ

これらの観測結果を総合すると、北海道西岸の(帯状)収束雲とそれに伴って発生する小低気圧の形成過程は、第6図に示されるように、一般場としての北西風に対して、収束雲の発達過程での稚内付近での顕著な北東風、それに最盛期に対応する内陸からの南東風の三つの気流系が関与していることが明らかとなった。今回北大理学部レーダーによって羽幌付近で観測された小低気圧は、直接“どか雪”を伴ったわけではないが、その後が続く収束雲の上陸地点は“どか雪”に見舞われるので、今後、“どか雪”発生メカニズムやその短時間予測等に新たな情報を与えるものと思われる。

## 文 献

- 遊馬芳雄・菊地勝弘, 1987: レーダー・エコーの進入方向別にみた札幌市内域の降雪特性とエコーの出現頻度特性について. 北大地球物理学研究報告, 49, 317-330.
- 遊馬芳雄・菊地勝弘・今久, 1984a: 簡易気象レーダーによる降雪の短時間予測実験(その1). 北大地球物理学研究報告, 44, 35-51.
- 遊馬芳雄・菊地勝弘・今久・谷口恭, 1984b: 簡易気象レーダーによる降雪の短時間予測実験(その2). 北大地球物理学研究報告, 44, 53-65.
- Higuchi, K., 1963: The band structure of snowfalls. *J. Meteor. Soc. Japan*, 41, 53-70.
- 菊地勝弘・播磨屋敏生・石川照高・足立俊三, 1973: 石狩平野における積雪分布の観測(II). 北大地球物理学研究報告, 30, 1-14.
- 菊地勝弘・石川照高・七沢謙・由田建勝, 1975: 豪雪(台風集中豪雨雪の防災計画モデルに関する研究). 文部省科研費自然災害特別研究研究成果, A-50-8, 77-111.
- 菊地勝弘・孫野長治・播磨屋敏生・梶川正弘・石川照高, 1972: 石狩平野における積雪分布の観測. 北大地球物理学研究報告, 27, 1-12.
- Kikuchi, K., Y. Asuma and O. Nakahira, 1985: Radar echo climatology of snow clouds in the winter monsoon season over Ishikari Bay, Hokkaido, Japan. *Proc. Int'n'l Conference on Monsoons in the Far East. Ocean Res. Inst., Univ. of Tokyo*, 118-122.
- Kikuchi, K., S. Azumane, M. Murakami and T. Taniguchi, 1987: Precipitating snow clouds during winter monsoon seasons influenced by topography of the Shakotan Peninsula, Hokkaido Island, Japan (SHAROP). *Environ. Sci. Hokkaido Univ.*, 10, 109-128.
- 小林文明・菊地勝弘, 1987: レーダーから見た北海道西岸羽幌沖の小低気圧の形成過程(2)—冬のメソサイクロンの特徴—. 日本気象学会秋季大会講演予稿集, 52, p. 136.
- 小林文明・菊地勝弘・上田博, 1987b: 北海道西岸帯状収束雲のライフタイムとレーダーから見た特徴. 日本気象学会秋季大会講演予稿集, 52, p. 137.
- 小林文明・菊地勝弘・上田博・谷口恭・加藤聖治・城岡竜一・藤井雅晴, 1987a: レーダーから見た北海道西岸羽幌沖の小低気圧の形成過程. 日本気象学会春季大会講演予稿集, 51, p. 135.
- Magono, C., K. Higuchi, K. Orikasa, T. Takahashi, K. Kikuchi, T. Nakamura, T. Kimura and K. Sakurai, 1962: Investigation on the growth and distribution of natural snow crystals by the use of observation points distributed vertically, III. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 7, 1*, 373-391.
- Magono, C., K.K. Kikuchi, T. Kimura and S. Lee, 1963: Investigation on the growth and distribution of natural snow crystals, IV. *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 7, 2*, 49-78.
- Magono, C., K. Kikuchi, S. Lee, T. Endo and T. Kasai, 1965: An observation of snow crystals and their mother cloud (Investigation of natural snow crystals, V). *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 7, 2*, 123-148.
- Magono, C. and S. Tazawa, 1966: Design of "Snow Crystal Sondes". *J. Atmos. Sci.*, 23, 618-625.
- Nakaya, U., 1954: *Snow Crystals: natural and artificial*. Harvard Univ. Press, Cambridge, 510 pp.