

## 北海道西海岸の小低気圧と局地的豪雪\*

杉 中 誠 一\*\*

### 1. はしがき

北海道で冬季注意報(または警報)を出すような大雪を降らす気圧配置は大別して二つに分けられる。

(1) 低気圧によるもの。北海道付近を日本海または三陸沖より北上して千島列島へ発達しながら通過する低気圧性循環内の風系による雪で、雪の量は低気圧の発達程度に比例して多く、一般には中心気圧が千島付近で990~980 mb 程度のものであれば注意報、970 mb 前後であると警報クラスになる。このうち特に注意すべきは、北海道の南側を低気圧が通る場合で最初は暖気流により太平洋側が南よりの風で、つづいてオホーツク海側が東よりの風で、いずれも海上より吹いてくる風により、反時計廻りに多雪域が北海道を移動し、最後に寒気流により北西乃至西よりの季節風で、日本海側が風雪と変る時で、北海道としては数日にわたって地域をかえて警戒しなければならない。

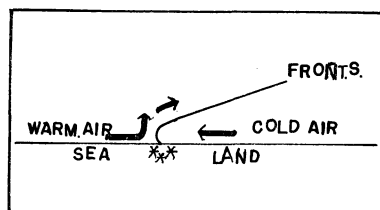
(2) 北海道西岸の小低気圧によるもの。一般の発達して通る低気圧とは異なり、雪の多い区域は非常に狭く北海道西部に限られ、上層のコールド・ロウ(またはトップ)と関連している時は局地的豪雪または突風を伴ないラ予報上非常に大切である。以下本州ではしられていないこの小低気圧について述べる。

### 2. 小低気圧とは

冬季、西高東低の気圧配置となった時、北海道付近を1 mb (中心部を0.6 mb) 毎に解析すると、留萌・羽幌沖・石狩湾などに直径100 km 前後の泡状小低気圧が解析され、低気圧の南半分特に南象限で北西~西の風により局地的豪雪を見ることがある。この小低気圧について古くから多くの調査<sup>1), 2), 3)</sup> がなされている。西海岸の小低気圧といっても日本海から進んで来た低気圧が停滞衰

弱したものや日本海から進んで来た閉塞低気圧の一部が西海岸に残り小低気圧として残る時もあるが、このほかに次の場合が考えられる。

(1) 長谷川<sup>1)</sup>(1945) は、優勢な低気圧が千島東海上に去り、高気圧が満州・華北方面で発達し、冬型気圧配置になると、夜間北海道の内陸では輻射冷却により著しく気温が低下し気圧が増大するため、陸から海に向う低温乾燥気流を生じ、これと海上から吹いて来る温暖多湿な西乃至北西の気流とがぶつかり、不連続面ができ、その不連続線に沿って小低気圧が発生するとし不連続線と小低気圧の関係を指摘した。計算によれば、気温の日変化がおよぶ高さを500 m とすれば、内陸の気温降下により気圧上昇は約1.2 mb となり、風速10 m/sec として前線面の傾斜より求まる降水量は1.6 mm/hr で一般的にはあうが、時には札幌で3~4 mm/hr の量が観測されるのは第1図のように前線付近にある暖気の強制上昇によるもので、降水区域も狭少になると述べている。



第1図 長谷川のモデル \*\* 強雪域

(2) 杉中<sup>2)</sup>(1952) は、このように小低気圧は気温の日変化に応じて現れるほかに、気温の日変化に平行しないで発生する時もあるので、このほかに次の場合を考えたい。小低気圧は西海岸の羽幌沖、石狩湾など対岸に島のある所や湾にでき、その付近に定着し易いのは内陸の輻射冷却による熱的原因ほかに、岬の風下によくできる渦のように、ある気圧配置により適当な風向が地形に与えられると力学的に渦ができるのではないかと考え、風向は個々の場合で違うから別にして、どの程度の風速でど

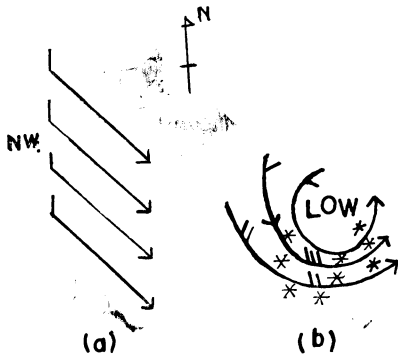
\* Small Low and Local Heavy-Snowfall around the West Coast of Hokkaidō.

\*\* Seiichi Suginaka, 札幌管区気象台予報課  
—1964年2月24日受理—

の位の強さの渦ができるかを計算してみた。これによると低気圧中心の気圧降水量は渦周辺の風速が 10 m/sec のとき、0.4 mb、15 m/sec のとき 0.9 mb 位になることがわかり、熱的原因によるのと同程度の小低気圧は昼夜に無関係に発生、消滅しうる可能性を示した。

(3) 小低気圧に対する上記の考えは大気下層におこる現象として取扱ったのであるが、柿崎は小低気圧付近に観測される背の高い積乱雲の観測報告より、小低気圧はかなり上層にまでおよぶものではないかと指摘しており、杉中<sup>3)</sup>(1958)は上層天気図との対応より、小低気圧は下層だけでなく、例えば 500 mb のコールド・ロウ(またはトラフ)の動きに関連させて考えると予報上有効であることを示した。すなわち 500 mb のコールド・

風の場合であるが、小低気圧の発生により気圧傾度に変化を生じ海上からの寒湿気流が収束して北西～西の風となつて、陸地に流入してくるのをモデル化したものである。また 500 mb (または 300 mb) のロウヤトラフの通過と共に小低気圧が動いたり消滅したりするため、小低気圧前面の海岸側で弱い南よりの風が吹いていたのが急に後面の強風域が雪を伴った突風として吹いてくるので海岸近くの漁船にも大きな災害をもたらすことがあり、このように上層と関連し小低気圧が発現している時は北海道西岸だけでなく、小低気圧の通る所で、短時間であるが北西から西の風雪が強まる。串崎、菅原<sup>4)</sup>(1961)小低気圧とそれに伴う天気について統計的にまとめたが、このなかで昭和32～35年の寒候期(11～3月)の30期について、発生時のパターンは季節風の時、15例その他は低気圧通過に伴ないできている。継続時間は1日以内のもの19例で長い場合には4日位強まったり弱まったりして持続すると述べている。上記のことよりわかるように、海上に発生するものなので資料が不足であり、立体構造を始め、多くの点について未解決のままである。



第2図・小低気圧形成による風の強まり  
\*は強雪域

ロウ(またはトラフ)がやってくると小低気圧が発生したり、始めから存在している場合には重なってくると小低気圧は活動的になって中心気圧が下ったりして小低気圧周辺の風速をより一層強める。第2図は一般流が北西

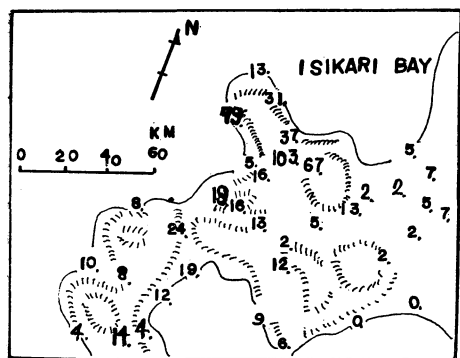
3. 1963年2月18日後志地方の局地的豪雪と西岸低気圧

1963年1～2月の測候所・区内観測所の資料を用い北海道西部で日降水量 50 mm 以上のあった日は第1表の通りであるが、いずれも 500 mb ではコールド・ロウ(またはトラフ)があり、地上では西海岸に発生した低気圧か、閉塞した低気圧の一部がある。4例のうち雪の量をもっとも多かった2月18日は西海岸に発生した典型的な小低気圧によるもので、これについての気象経過は次の通りである。

(1) 降水量の分布

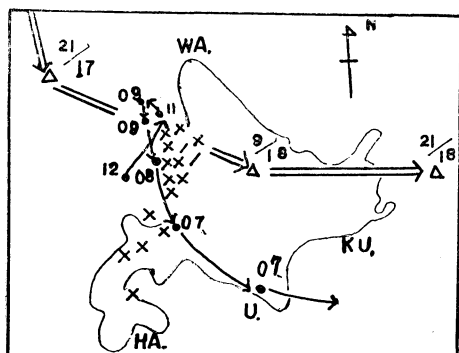
第1表 50 mm/day 以上降水のあった日

月 日	場 所	日降水量 (mm)	地上天気図	500 mb 天気図
1月21日	湯袋 松前	93 (45)	20日北海道西岸に発生した低気圧が21日東北地方を通った低気圧と共に釧路方面に動く。	北海道は -37°C 位の寒気場であり、5,100 m の低気圧が北海道南と樺太にある。
1月28日29日	柱岡 湯袋	66 53	北海道西岸に発生した小低気圧が常時解析され位置不定。	北海道西岸に28日 5160 m, -30°C 29日 5040 m, -40°C のコールド・ロウがある。
2月12日	鹿部 鉛三 森	60 (58) (41)	11日に日本海より渡島半島に北東進してきた 1012 mb の低気圧が12日には 1004 mb となり北海道南側を通る。	沿海州南部より -40°C を寒気中心を持ったトラフが、12日には樺太中部の 5100 m, -43°C の低気圧よりのびるコールド・ロウ通過。
2月18日	仁木 神威内 赤井川	103 79 67	北海道西岸に発生した低気圧が18日に 1007 mb に深まって石狩湾より釧路沖に進む。	沿海州より南下して 5100 m, -44°C のコールド・ロウ北海道上空を18日中通る。



第3図 1962年2月18日の降水量 (mm/日)  
////// 地形

2月18日の降水量の分布は第3図に示すように神威内から仁木、赤井川を結ぶ非常に狭い区域にわたって大雪が降っており、その他の区域は雪の量として経験的に予想される程度のものであり、雨同様に局地性が強く現れている。この多雪域は小低気圧の経路を第4図に示すが南から西象限に位置した時で西から北西の風系が強まって流入した時におきたと推定されるが日雨量の資料しかないので今後の調査によらねばならない。



第4図 500mb コールド・ロウ (△), 地上小低 (×, ●), 9/18: 18日9時, 07: 1007mb

(2) 地上の気圧配置

2月16~19日にかけて地上の気圧配置は、北海道付近を通る発達した低気圧もなく、西高東低の一般の冬型である。

北海道西岸はこの期間、常時小低気圧が解析され、第4図に3時間毎のローカル天気図よりきめた位置(●×印)を記入してある。16日頃から留萌・羽幌付近に解析され始めた小低気圧(×印で示したものは大気下層に起因するので、中心気圧 1013 mb 前後のものが、その付近をでたらめな振動をするような経過をとってゆっく

り動いており、中心気圧の変化は小さい。17日21時から18日15時までの間の小低気圧中心を(●印)で3時間毎に追跡してあるが、この時は上層低気圧が地上に重なって通過していった時である。上層コールド・ロウによる場全体の一様な気圧下降はあるが、18日3時には17日21時の 1012 mb から 1009 mb の低気圧が稚内南西海上に解析さる。その後、徐々に深まりながら南下して18日12時に 1007 mb となって札幌の北側を通り日高より釧路沖に動き札幌付近を通って行く時、最も低気圧性循環が強まっており、大気下層の輻射冷却、風向と地形の組合せにより予想される渦形成だけで説明は十分でせず、普通の低気圧の発達と同様に大気中層以上に原因を求めねばならぬ。

(3) 上層天気図の特徴

500 mb 天気図で、16日にアラスカ方面から西進してきたブロッキング・ハイがオホーツク海北部に入り18日まで停滞した。また高緯度をヨーロッパより東進してきたトラフはコールド・ロウを形成し、16日21時には中心高度 5100 m, 気温  $-42^{\circ}\text{C}$  のコールド・ロウが、アムール河下流より南下して沿海州中部にあり、その一部は東にのび、アリューシャン南の低気圧に連なる東西の谷をオホーツク海北部のブロッキング・ハイの南側に当る北海道上空に形成している。この谷に沿って 500 mb コールド・ロウが17日遅くから18日中にかけて北海道上空を通過しているのであるがコールド・ロウの中心高度は実況より 5100 m でおとろえることはなく、気温場の中心は高度場中心の少し南西にずれ、第7図に示されるように18日9時に  $-44^{\circ}\text{C}$  と却って低くなっており、コールド・ロウは活動的である。

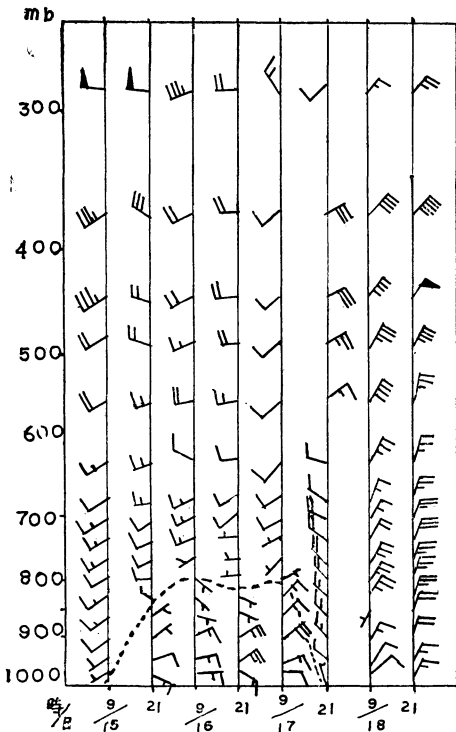
700 mb は 500 mb と同じく等高線と等温線は、ほぼ同じような状態でコールド・ロウを形成していたが、850 mb では寒気中心が西から南西方向に可成りずれており傾圧性が強く沿海州から北海道を通過して行く時寒気中心が  $-24^{\circ}\text{C}$  から  $-16^{\circ}\text{C}$  と昇温している。300 mb では沿海州を南下して来る時、低気圧中心から少し離れた所に  $-46^{\circ}\text{C}$  の暖気中心を持つウォーム・コアであり、北海道を通過する時、暖気中心は南に少しずれ全層にわたり南から南西側で傾圧性が強い。上層低気圧が北海道を通る前は地上から 300 mb までの低気圧の軸は、始め進行方向の後面に傾いていたが 850 mb 以下でおそく、それより上層では独自に速く移動をしているので北海道通過時には一時鉛直に近づきながら通ったと考えられ、このことは第4図の 500 mb 地上低気圧の経路よりも知

れる。

(4) 鉛直断面図に現れた特徴

(a) 鉛直方向の風の変化

稚内・札幌・根室の鉛直方向の風の変化を見ると、地上の小低気圧と上層低気圧の軸の傾きが示される。第5図は稚内の鉛直風の変化を示したものであるが、稚内では15日遅くから下層に東よりの風が入り、その頃より留萌沖に小低気圧が解析され始め稚内・札幌の風向から見て、極下層の風系による現象と推定される。その後、東よりの風の層は次第に厚くなり、16日9時から17日9時までは800 mb位高度まで達したが、それ以上の高度では西よりの風である。小低気圧の成因を大気下層にのみ求めるならば、鉛直方向の軸の伸びは、この程度が限界で日変化しているとみなされる。17日21時には寒冷前線



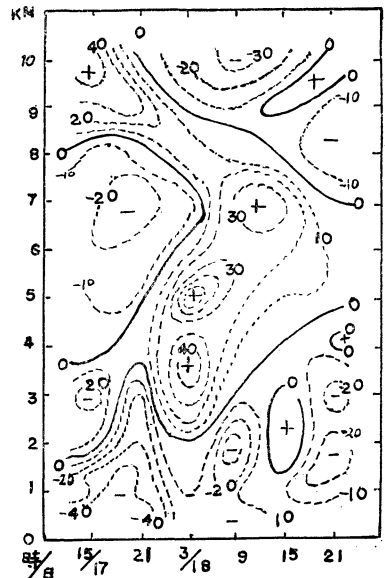
第5図 稚内の上層風の変化

の通過により下層では北西の風に変っているが、小低気圧も第4図から分かるように稚内より遠ざかっている。しかし中層では東よりの風となってきているのは上層の低気圧が北海道西岸に近づいているためである。このように小低気圧が南下し海岸より離れたのは、寒冷前線の通過により北面流が入ったためと沿海州から進んで来ている上層低気圧の中心部へ補足された為で、18日9時には

全層が北北東から北東の風になっているので、地上から上層に達する背の高い低気圧性循環となって再び接岸し、以後第4図のように下層の低気圧は上層とは別に石狩湾より石狩平野の低地を通り南東進し、上層は北海道上空を通過している。札幌では17日9時に950 mb以下に南よりの風が入っているが、それより上層は西の風であり、17日21時に全層にわたり西南西から南南西の風となり18日9時には950 mb以下で南東風になっているが、それより上層では西北西～北北西の風に変わり極く下層を除いて低気圧が通過している。根室では18日21時には風向は北よりになっており、全層に渡り低気圧は通過している。

(b) 鉛直方向の集束・発散の分布

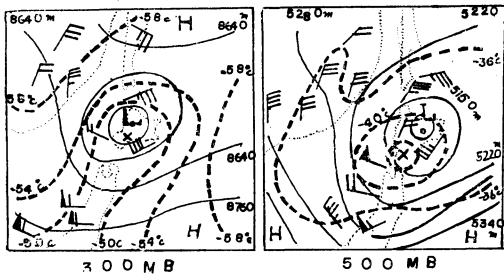
地上低気圧および北海道全体の場の気圧低下に対する上層の低気圧の役割を見る為、札幌・稚内・根室の上層風を用いてペラミーの方法により上層低気圧通過前後における北海道上空の鉛直方向の収束・発散の分布を計算したが第6図である。－は収束、＋は発散で  $10^{-5} \text{sec}$



第6図 北海道上空の収束・発散の分布 ( $10^{-6} \text{sec}^{-1}$ )

間隔で等値線を引いてある。17日21時までは下層と対流圏上部に収束域があり、上層コールド・ロウが小低気圧に接近し北海道を通過して行く。18日3～15時には対流圏中部から上部にかけて非常に顕著な発散域があり、通過した18日21時には、中層の発散域が弱まりもとにかえりつつある。これは北海道全体の気圧場の低下に対して

のコールド・ロウの役割の一つとしていえることで、小低気圧だけの中心気圧の低下を説明するものではないが、§3. の等圧面解析で述べたように、低気圧中心に対し、温度場の中心が南西へ南方向にずれており、これは小低気圧の上層付近当り、最も収束・発散の変化が複雑で大きいことが定性的に言える。これは18日の場全体の気圧降下 3 mb であったのに比べ、低気圧中心が通った所では 6 mb 位も気圧降下している事実と一致する。第7図は18日9時の 300 mb, 500 mb, の低気圧付近の状態を示したものであり、低気圧付近の高度・温度場の位相のずれを示してある。



第7図 2月18日9時の上層天気図  
● 低気圧中心, × 寒気中心

(5) 安定度の変化・湿舌について

(a) 安定度の変化について

低気圧通過後の北西～西の季節風や小低気圧による雪は沿海州方面により日本海を通過して来る寒冷気塊によるものであるが、経験によれば気温の平年値よりの偏差が雪の多少の目安となる。札幌1, 2月の月平均 (1956~1960年) は 850 mb で  $-13^{\circ}\text{C}$ , 700 mb で  $-21^{\circ}\text{C}$ , 500 mb で  $-35^{\circ}\text{C}$  であるが、日本海側においては、第1表で例数は少ないが、4例のうち3例は 500 mb では平年値より低く、 $-40^{\circ}$  位の寒気が北海道に入って来ている。

第2表 札幌の気温・露点 ( $^{\circ}\text{C}$ )

高度 月日時	1000mb		850mb		700mb		500mb	
	気温	露点	気温	露点	気温	露点	気温	露点
2月17日9時	-4	-9	-13	-17	-23	-27	-38	×
21時	-5	-10	-15	-21	-28	-32	-42	×
17日9時	-6	-10	-12	-16	-24	-27	-43	×
21時	-3	-6	-12	-12	-23	-24	-39	×
19日9時	-4	-7	-13	-15	-20	-23	-36	×

第2表は2月17日から19日にかけての札幌上層の気温変化である。500 mb で  $-42.3^{\circ}\text{C}$  という平年値からの負偏差としては大きく、一冬に現れる度数も少いので、

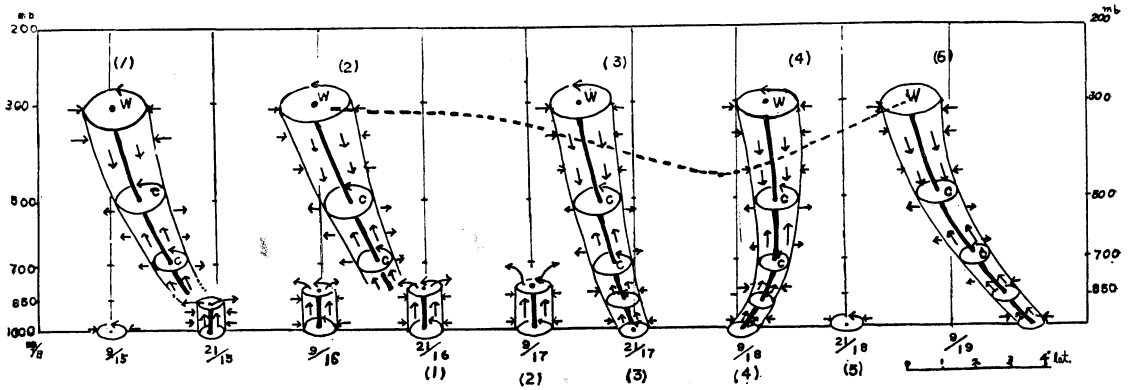
変わった状態として天気図を再吟味し要注意となるわけであるが、この程度の寒気が入ると沿海州より流入して来る下層の寒気は日本海の影響を受けて変形するので、上層と同じ速度で北海道では気温が下らず、状態曲線は大気中層で絶対不安定またこれに近い状態が部分的に現れる可能性大きい。§4の(イ)で述べた如くコールド・ロウの収束・発散の鉛直分布より予想される鉛直流が下層の地形収束によるほか不安定解消における中層の引金作用の一因として働くので局地的豪雪も生ずると考えられる。今回の例の場合でも18日9時の 850 mb から 500 mb までの平均気温の減率は略  $0.9^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  であり札幌の状態曲線を見ると 600 mb から 650 mb にかけて乾燥断熱減率になっており不安定である。気温負偏差の大きい場合、雪の量が多くなるのは日本海岸について傾向的にいえるが、正偏差の大きくなる時は問題になるのは低気圧前面で特に太平洋側、オホーツク海側では低気圧の発達による南から東よりの風と関連して雪の量は多くなる。

(b) 湿舌について

北海道西岸では北から入って来る湿舌(日本海よりの水蒸気補給は別として)本州における南方または西方から移動して来る湿舌と同じく重要である。これについては夏の大雨と同様に太平洋岸やオホーツク海岸の大雪は厚い層に亘って湿っているが沿海州方面より流入して来るコールド・ロウ(またはトラフ)の場合も 500 mb 時には 300 mb まで飽和しており、地上実況でも強い雪が降っていなければ大雪になる可能性は少い。この上層の水分はヨーロッパ方面より高緯度を通して沿海州より南下して来る場合の二つがあり予報には数日前より追跡でき有利である。しかしこれは沿海州方面で降っている降雪が移ってくるのではなく、雪を降らせる機構が日本海上より水分の補給を受けてやって来る為と解釈するのが正しいのかも知れぬが、大雪には湿った厚い層が雨の場合同様必要である。

(7) 2月16日から19日にかけての小低気圧モデル

これまで色々述べてきたが、以上のことに基づきモデルを作ってみると第8図のようになる。15日から16日にかけて上層の低気圧性渦が沿海州方面より南下して来ており、他方方北海道西海岸ではこの上層の渦とは別に前日より下層で低気圧性が成長し始めてきている、17日21時には上層・下層を結ぶ西にかたむいた一本の渦管となり、18日9時には上層は普通に進み中層はやや遅れ下層は可成遅れ乍ら東に動いている。上層低気圧が下層低気



第8図 1963年2月15～19日にかけての小低気圧

—— 低気圧軸    - - - - 札幌のトロポポーズ

庄の上を通る傾上層の強い傾圧場の下に位置した小低気圧は中心示度が深まり、低気圧性循環が強まっている。18日21時には上層低気圧性渦は北海道を通り、下層の低気圧部が弱まったが、その後再び西海岸で下層でのみ低気圧が形成され始めている。第8図はコールド・ロウで作ったモデルであるが、コールド・ロウの時はトラフで置換えるとよく、小低気による気象変化の激しさは、このように上層のじょうらんが重なる頃に、下層の収束、不安定の増大、解消によりおきると考えられる。

4. むすび

この調査は昭和38年度全国予報検討会資料としてなされたものであるが、日頃いろいろと御指導をいただく台

長北岡竜海氏、技術部長日下部正雄氏、予報課長田中文字治氏にあつく感謝します。

文 献

- 1) 長谷川徳太郎 1945: 北海道西岸に発生する副低気圧について、北海道気象要報、特別号第3号、札幌管区気象台、11°～8.
- 2) 杉中誠一 1952: 北海道西岸に発生する低気圧について、北部気象研究会誌、第4号、札幌管区気象台、1°41～44.
- 3) 杉中誠一 1958: 北海道西海岸の低気圧、技術時報付録、予報メモ第6号、札幌管区気象台.
- 4) 串崎利兵衛・菅原正信 1961: 日本海岸に発生する小低気圧について、技術時報付録予報メモ第16号、札幌管区気象台.

1965年国際雲物理会議について

国際雲物理会議は1961年濠洲における会合について、明1965年日本で開催されることになった。今回からは、IUGG (国際地球物理学及び測地学連合)、実際にはその下部組織の IAMAP (国際気象学及び大気物理学連合)、更に WMO との国際連帯が強調され、これに日本気象学会、日本学術会議が加わって、四者の共催として会が開かれる。その要目は次の通りである。

a) 会議に含まれる学術分野

1. 降水物理学 (Precipitation physics)
2. 凝結及び水晶核の物理学 (Physics of condensation and ice nucleation)
3. 雲の気象力学 (Cloud dynamics)
4. 下の分野で、特に雲物理と関連の深い題目  
レーダー気象学 (Radar meteorology)  
気象電気学 (Atmospheric Electricity)  
大気化学 (Air Chemistry)  
人工降雨 (Weather modification)

b) 期日と開催地

5月24日(月)～5月28日(金): 東京学会 (Tokyo scientific session)

- 5月29日(土)、5月30日(日): 遠足その他の行事 (Excursion and extrascientific activity)
- 5月31日(月): 東京より札幌への空路旅行、北海道大学見学
- 6月1日(火): 降水物理に関する札幌セミナー (Sapporo seminar on precipitation physics)

c) 会議開催迄の諸日程

- (1) 参加申込と論文題目の通知 1964年10月31日
  - (2) 英文アブストラクト提出締切 1964年1月31日
  - (3) 英文論文原稿提出締切 1965年3月31日
- アブストラクト及び論文原稿は英文とする。論文原稿は複写を一括仮綴し、会議前に参加者に配布する。

d) 出席者

会議には全世界から、多数の第一線雲物理学者、及びこの分野での大家の出席が予想され、参加者は日本側出席を含め150名以上に及ぶ見込である。

e) その他の通知、問合せ

今度会議開催の細目は決定次第発表、通知する。この学会についての通信、問合せは下記に寄せられたい。1965年国際雲物理学会組織委員会幹事

高橋喜彦  
東京都杉並区馬橋 4-499 気象研究所