

## 一 気象講演会内容②一

### 札幌周辺の雪の降りかた積りかた

菊地 勝弘（北海道大学理学部）

#### ❄ はじめに

北海道で、最も早く初雪のニュースが告げられるのは、きまって北海道の中央部、大雪山国立公園の中でも最も高い旭岳（海拔2,290m）です。山の初雪は、初冠雪といわれ、それから雪の便りは、1日に約60mの速さで山の斜面を下りてきて、麓まで達し、そこから日本列島を1日約25kmの速さで南下するといわれています。札幌では、手稻山の初冠雪がテレビ等で報じられます。

春の桜前線は、いつ頃到着するかといった期待感を持たせ、秋の紅葉前線は、そろそろ冬支度をといった何となくわびしい思いがする。そして初雪前線は、とうとう来るべきものが来たといった何か開き直りの感じさえ抱かせる。

札幌の初雪の日を気候表から調べてみると、10月31日だが、それからは、降っては消え、消えては降ったりして、実際に根雪になるのは、11月29日である。札幌を含む石狩平野の雪の降り方にはどんな特徴があり、また積り方はどうなのかを紹介しよう。

#### ❄ 天からの手紙

石狩平野の降積雪分布を理解するためには、先づそれぞれの雪の結晶の成長する温度や湿度、それに降ってくる速さ（落下速度）を知らなければならない。

雪の結晶が今日のように分類されたのは、1954年ハーバード大学から出版された北海道大学理学部の中谷宇吉郎先生の「Snow Crystals -natural and Artificial-」からである（図1）。中谷先生は、天然で観測される雪の結晶の多くを北大に設置された常時低温研究室の中で、兎の毛を核として人工的に成長させることに成功した。図2には代表的な雪の結晶の顕微鏡写真を示してある。その結果、結晶の形を決めるものは、主として温度と飽和度（湿度）であり、その組み合わせによって結晶が樹枝状六花のような板状になるか、角柱結晶のような柱状になるかを示すダイヤグラムを完成させた。

「雪は天から送られた手紙である」という中谷先生の言葉は、このダイヤグラムをもとに作られたものである。その後、このダイヤグラムは北大低温研の小林禎作先生によって温度と飽和水蒸気密度（湿度）による方がよいとされた（図3）。それによると、まず結晶が板状に成長するか柱状に伸びるかは、温度によって決まることを示している。つまり、

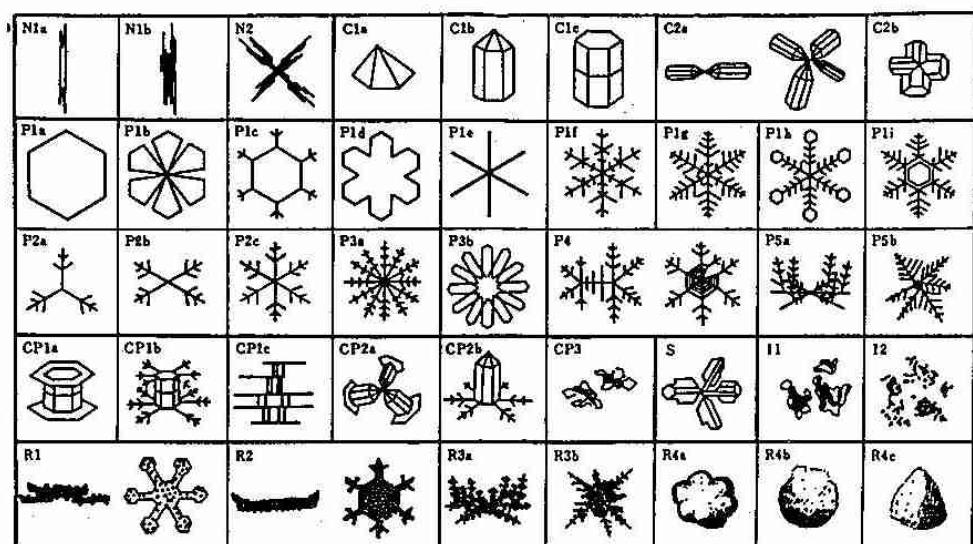


図 1. 雪の結晶の一般分類  
(Nakaya, 1954).

0 °C ~ -4 °C (板状)  
-4 °C ~ -10 °C (柱状)  
-10 °C ~ -21 °C (板状)  
-21 °C ~ -40 °C (柱状)

と変化する。

次に、湿度が高くなるにしたがって、成長は  
次のように変化する。例えば、-15°C付近では、

厚角板→骸晶厚角板→角板

→扇形→樹枝状六花

のように、厚い角板から、骨格だけからなる  
厚い角板、そして薄い角板となって、その角  
から扇形の成長がみられ、さらに湿度が高  
くなると、先端は樹枝状に変わるのである。一  
方、-5°C付近では、

角柱→骸晶角柱→鞘状→針状結晶

のように、小さな角柱の氷晶が、骨格が成長した角柱になり、さらに細長い鞘状や針状結  
晶に変わるのである。

I 針 状 結 晶 N	1. 単なる針	a. 基本の針
	2. 針組合せ	b. 基本の針の束
II 角 柱 状 結 晶 C	1. 単なる角柱	a. 角錐
	2. 角柱組合せ	b. 隠密型 c. 角柱
III 板 状 結 晶 P	1. 正規六花	a. 隠密組合せ b. 角柱組合せ c. 角板
	2. 三花四花系	d. 扇形 e. 広幅六花 f. 星状 g. 樹枝 h. 羊齒状 i. 樹枝付角板
IV 角 柱・板 状 結 晶 CP	3. 十二花	j. 三花 k. 四花 l. その他 m. 羊齒状十二花 n. 広幅十二花
	4. 異形	
V 側 面 結 晶 S	5. 立体集合	a. 立体六花 b. 立体放射状
	1. つづみ型	c. 角柱と角板 d. 角柱と樹枝 e. 複合つづみ
VI 雲 粒 付 結 晶 R	2. 平板付砲弾	f. 砲弾と角板 g. 砲弾と樹枝
	3. 不規則集合	(粉雪)
VII 無 定 形 I	1. 各種雲粒付結晶	
	2. 厚板	
VIII 疊 状 雪	3. 疊 状 雪	a. 六花状 b. 塊状
	4. 疊	c. 六花状 d. 塊状 e. 角錐状
IX 氷 片 状	1. 氷片状	
	2. 雲粒付無定形	

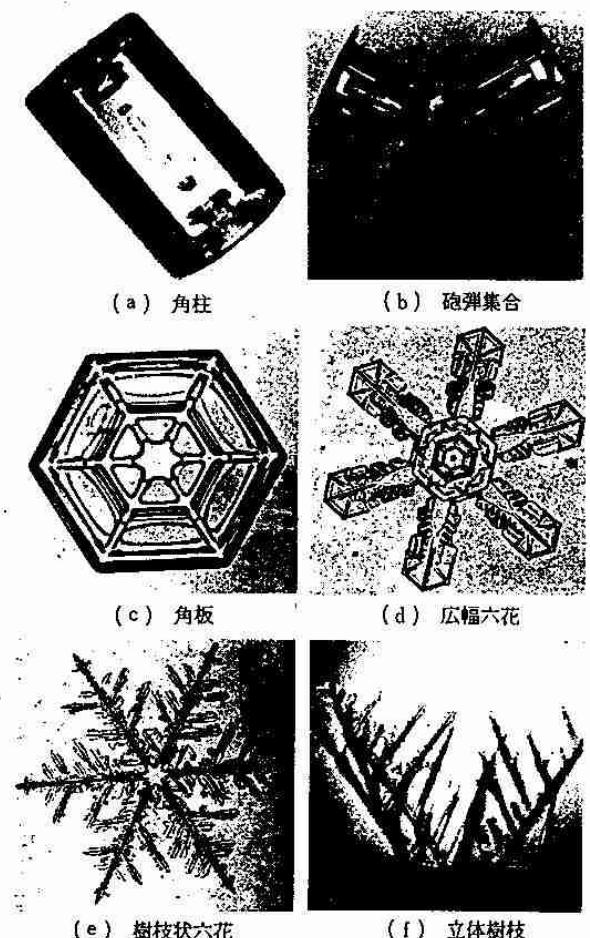


図 2. 代表的な雪の結晶の顕微鏡写真(菊地).

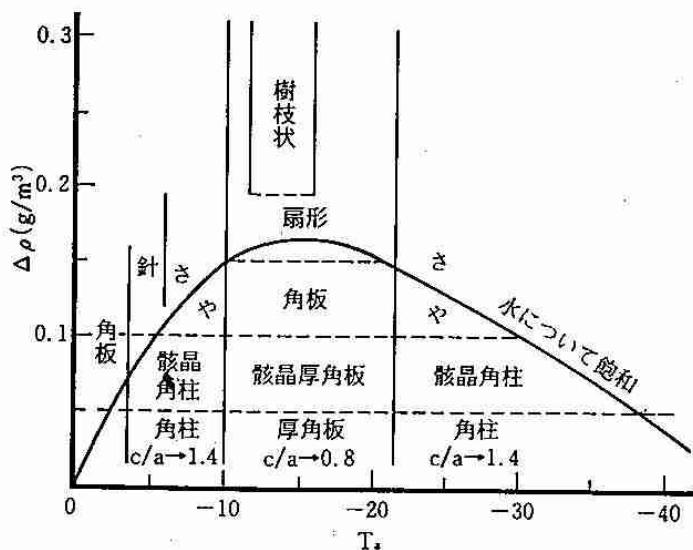
図 3. 温度( $T_a$ )と過飽和量( $\Delta \rho$ )ダイヤグラム(Kobayashi, 1961).

図 4. 「人工雪誕生之地」の碑.

中谷先生が世界で初めて人工雪の生成に成功した常時低温研究室は、1941年北大低温科学研究所設立の契機となった。目的を果たし終えた常時低温研究室は、1978年取り壊され、その場所には、「人工雪誕生之地」の記念碑が理学部北側に、雪の結晶の「角板」を型どった御影石で建てられ、北大の観光名所の一つになっている（図4）。

さて、それぞれの雪の結晶はどの程度の速さで降ってくるのだろうか。当然結晶形や質量によって変わるが、樹枝状六花で30~50cm/秒、霰では5m/秒以上にもなる。冬の季節風は雪雲が成長する上空3kmでは20m/秒以上にもなるので樹

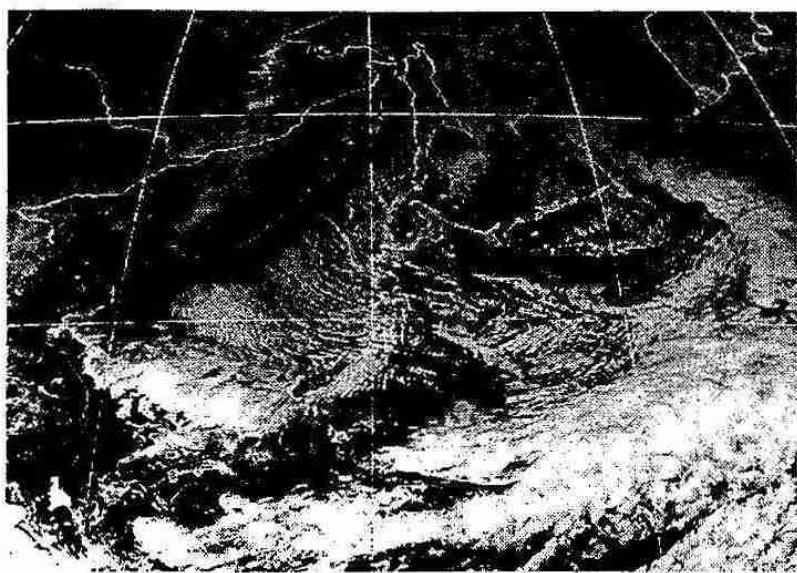


図 5. 1981年1月25日12時の静止気象衛星「ひまわり」の可視画像（気象庁）。

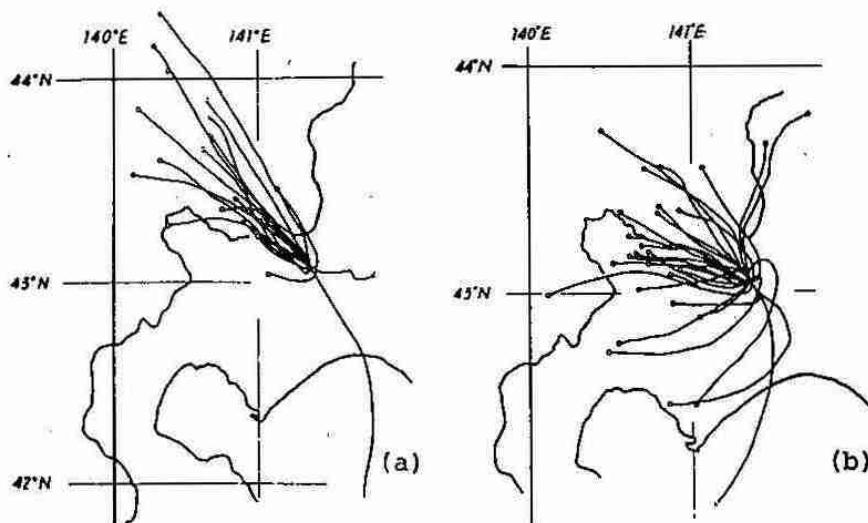


図 6. 札幌で日降水量5mm以上を記録した日の降雪粒子の発生点とその落下径路（1962年～1965年）（李等, 1972）。

- (a) 日降水量10mm以上  
(b) 日降水量5mm以上、10mm以下

が局地的大雪に見舞われることになる（図5）。

さて、札幌に降る雪は一体どの辺りから降ってくるのであろうか。先に述べたように、雪の結晶形は温度と湿度によって決まり、落下速度もその結晶形と質量によって決まるから、地上で観測された雪の結晶形から、上層の風向、風速のデータを使って、雪の結晶が成長したところの温度、つまり高度とその水平位置を決めることができる。図6はそのようにして求めた札幌に降る雪の発生点からの径路を降水強度で分けてみたものである。明らかに、降水強度の強い時は、ほとんどが北西方向の日本海上からだということがわかる（降水量10mmは積雪の深さにして15～20cmに相当する）。また、上空

枝状六花の結晶が1km落下するためには40kmも風下に流れてしまうことになる。上空は雲一つない青空なのに雪が降って来るのは、こんなことによるのである。



### 石狩平野の降積 雪分布の特徴

日本海上を東進してきた低気圧が、北海道東方に去って、西高東低の気圧配置になると、きまって日本海上に筋状の雲が現れることを、今では誰もが気象衛星からの画像で知っている。そして日本列島周辺の等圧線の間隔が狭くなればなるほど筋状雲の間隔もせばまり、時にはそれと同時に、サハリンの西岸からストレートに石狩湾に、また朝鮮半島のつけ根から弧状を画いて、北陸から山陰に向かう、一際、幅の広い、そして長さ数100kmに及ぶ帶状の雲が現れることがあり、この帶状雲の上陸したところ

の雪の結晶をプラスチックのレプリカにとって、その結晶形と大きさから雪の発生した位置を推定する「雪結晶ゾンデ」によってもその位置や経路が明かにされた。図7,8はそれぞれ雪の径路の鉛直および水平位置を表したものである。

発生源を石狩湾上、又はその風上側の日本海上にもつ雪は、石狩平野にどのような積雪分布をもたらすのであろうか。札幌市を含む対象域を石狩湾に沿って間口20km、奥行き40kmとすると、この範囲に積雪深を観測する気象台や測候所は札幌管区気象台と岩見沢測候所しかない。これだけでは石狩平野内の詳細な積雪分布はわからないので、私達は、この地域内の道路に沿って並んでいる電柱を「雪尺」（積雪の深さを測るために立てた5mm毎に目盛りをつけた2mの棒）の代わりにすることにした。どんな電柱にも番号札がついているので、雪の降る前に地面から番号札までの高さと、番号札の長さを測っておけば、月に1~2回好天の時に車で巡回して、それらの電柱を写真に撮れば、それらの比から容易に積雪の深さ求めることができる。

このようにして、選ばれた100本以上の「電柱雪尺」から求めた積雪深の分布の一例が図9である。この

図で注目すべきことは、積雪分布は北西方向から南東方向にかけて帯状になっていること、また、札幌市に限ってみると、1971年3月11日は市内中心部では65cmなのに、北東の郊外では、181cmと僅か10km離れただけで、実に1m以上も差のあることがはっきりした。

それでは、一雪毎の降雪分布も帶状をしているのだろうか。このことをはっきりさせるためには、やはり、毎日午前9時に雪尺を読みとらなければならない。幸い、対象地域に選んだ105校の小・中学校がこの観測に協力してくれたので詳しい降雪分布を知ることができた。図10は1973年1月10日の低気

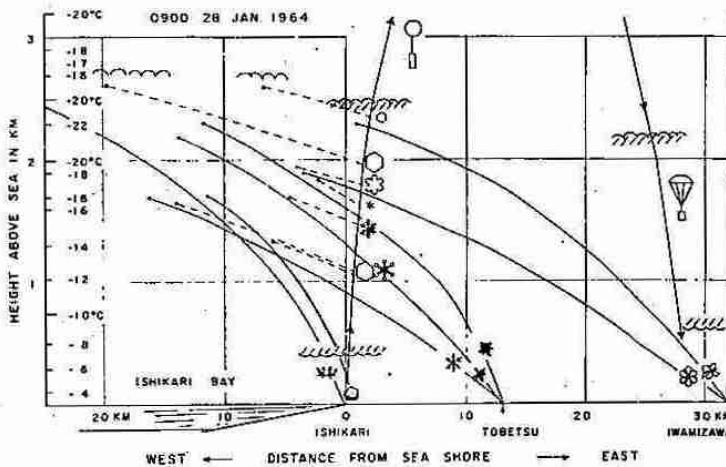


図 7. 降雪粒子の落下高度(Magono et al., 1966).

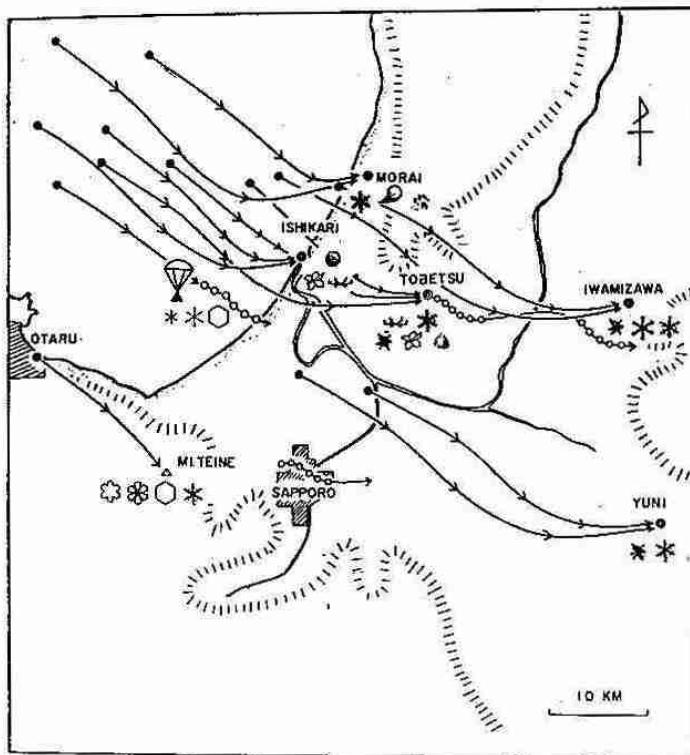


図 8. 降雪粒子の水平径路(Magono et al., 1965).

庄による日降雪量分布である。季節風の場合は勿論のこと、一雪毎の降雪量も北西から南東方向に伸びた幅約5km、長さ約10kmのきれいな帯状の分布をしており、また帯状降雪域の間隔が6~10kmの特徴的な分布をしていることもわかった。したがって、これを国道12号線の札幌一江別一岩見沢、また国道275号線の札幌一当別一月形に沿って降雪深をみてみると、場所毎に大変な差があることがわかる（図11）。

このような帯状の降雪量分布に対して、レーダーエコーも帶状を示し、そのエコーの走向は、札幌市の上空約1,300mの風向に平行であることもわかった。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、気象衛星写真やレーダーエコーとともに、北西から南東方向にかけて帶状をしており、それからの降雪量分布、および積雪深分布も帶状といった、いくつかのはっきりした特徴があり、これらのこととは降雪分布を予測するために大変重要なことである。



#### 降雪強度や水平視程の時間変化

降雪分布が一様ではないということは、降雪強度も一様ではないということが推定される。また一方、通勤時や、車を運転していて急激な視程を悪くするような強度の降雪や、あっという間に視程が回復したという経験は多くの方が持っている筈である。このことは、場所的な違いなのか時間的な違いなのかは同じ場所での降雪強度や水平視程の同時観測が必要になってくる。観測の結果、降雪強度の増大と水平視程の減少がよく対応しており、またその周期はほぼ10~15分であることがわかった。このように季節風に伴う降雪の強度は強弱の繰り返しなのである。

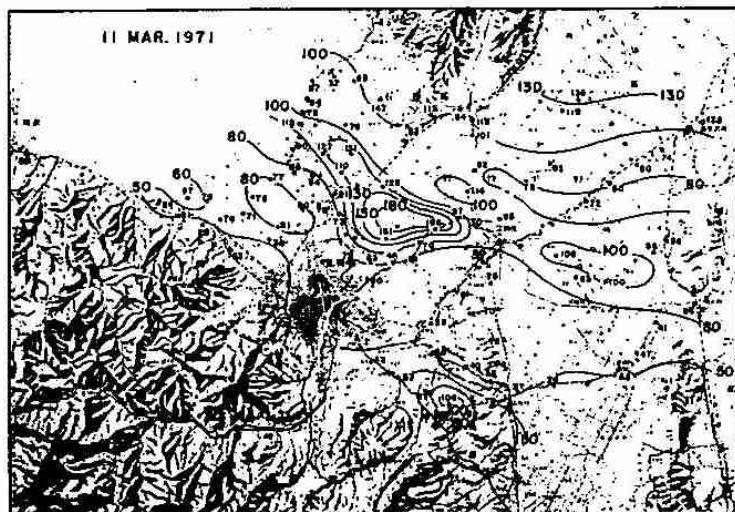


図9. 石狩平野の積雪深分布（単位：cm）（1971年3月11日）  
（菊地他, 1972）.



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

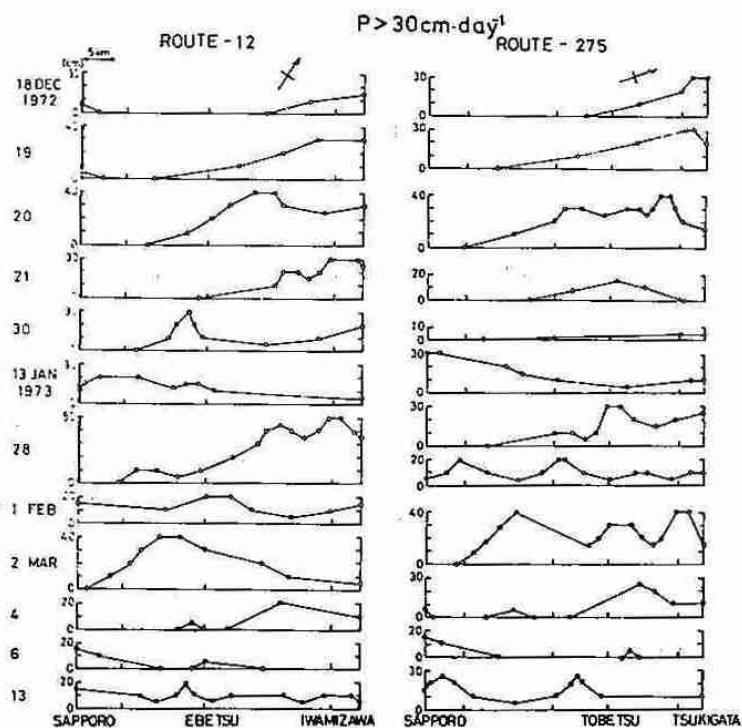
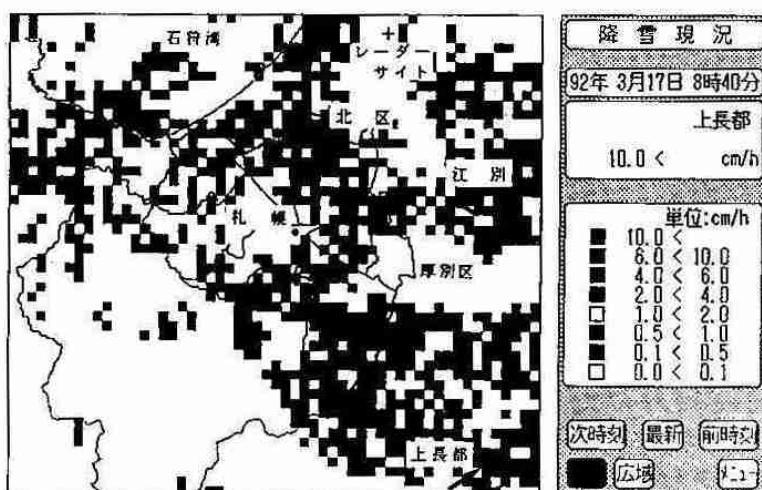


図11. 国道12号、275号線に沿った日降雪量分布（菊地他, 1975）

図12. 札幌市気象レーダーエコー（1982年3月17日 08時40分）  
(菊地他, 1993).

### 1992年3月17日道央自動車 道玉突衝突事故時の気象 特性

1992年3月17日8時40分頃千歳市上長都付近の道央自動車道で発生した車両約160台の玉突衝突事故は、死者2名、重軽傷者73名という大惨事になった。この日の札幌市レーダーの1kmメッシュの10分毎の時間変化を見ると、事故現場の上長都付近（図12の矢印）は、日本海から南東進するエコーの先端近くに位置しており、8時30分の降雪強度は1cm/時以下であったが、事故が発生した8時40分には突然10cm/時以上に達し、その10分後には0.5cm/時以下となって衰弱した。

新聞記事等によると、前日来の降雪に対する除雪が完了し、速度規制が50km/時から80km/時に緩和されたことによる各車両のスピードアップに伴う雪煙も視程を悪化させていたであろうし、僅か10分以内とはいえ、10cm/時以上という降雪強度の急激な変化が更に視程を悪化させたことが容易に想像される。冬期の道路状況と交通問題は、これから益々重要な課題となるであろう。



### あとがき

札幌周辺の雪の降り方・積り方について、中谷ダイヤグラムから雪結晶ゾンデ、電柱雪尺から道央自動車道衝突事故時の気象特性等の概略を紹介した。本格的な冬に向かって何がしかのお役に立てば幸いである。