

消雪，除雪の立場からみた道央主要地点 の降雪，積雪特性

福 沢 義 文* 竹 内 政 夫**

目 次

まえがき

1. 積雪特性
2. 1時間降雪量
3. 1回降雪量と1日降雪量
4. 降雪時の気温と降雪強度

5. 消雪に必要な熱量

6. 異常気象による交通障害の例

あとがき

参考文献

まえがき

本文は，道央主要国道における道路除雪を能率的かつ合理的に行なうために必要と思われる基礎的な気象資料を提供することを目的とするものである。

通常，自動車交通における雪害の形態としては路面積雪による走行不能，吹雪，地吹雪のための視程障害，吹雪，地吹雪の結果による路上吹溜りなどが考えられる。事実，道内主要道路の冬期の交通マヒはこれのいくつかが重なった形で生じている。

一方，降雪，吹溜りなどによって発生した路面積雪は主に機械によって除雪するのが現状である。この機械除雪を能率的かつ合理的に行なうためにはその地域における降雪，積雪特性を十分把握しておく必要がある。ここでは道央主要国道沿線のいくつかの代表地点（札幌，岩見沢，旭川，苫小牧，室蘭）における降雪，積雪特性を明らかにし，さらに，消雪を考えた場合の所要熱量の算出と冬期間道路交通にかなり大きな影響を与えたときの異常気象についても若干の考察を試みた。

なお，用いた資料は気象台の普通気象日原簿および札幌管区異常気象報告である。

1 積雪特性

除雪計画を立てる場合，まず最初に考えなければならぬのがその地域の年最深積雪や積雪深の進行の型などでいわゆる積雪特性について十分把握しなければならない。ここでは，年最深積雪の経年変化とその平均および年最深積雪の場所ごとの相関や異常な積雪深の進行の型などについて考察してみる。

本道の平地部で積雪の多い地方としては天塩川中流域

（常盤村：平均年最深積雪 150 cm，最深記録 260 cm），雨竜川上流（幌加内町：同 170 cm，同 263 cm），羊蹄山麓（倶知安町：同 180 cm，同 230 cm），などが知られている。他方太平洋岸は内陸および日本海岸に比較して一般的に積雪深は小さく日高，胆振の海岸地方や十勝地方では年最深積雪が 10 cm 程度の年もある。

図-1.1 は北海道における年最深積雪の平均（10 年）的分布を示したものであるが，一般的に年間総降雪量と年最深積雪の相関が大きいことから図-1.1 は道内における年間総降雪量を定性的に示していると考えることができる。

図-1.2 は札幌，岩見沢，旭川，苫小牧，室蘭における年最深積雪の経年的変化とその平均および偏差を示したものである。これによると各地点とも年最深積雪は年によって著しく変動していることがわかる。しかし，平均的に見るならば苫小牧，室蘭と札幌，岩見沢，旭川との間に大きな異差を認めることができる。また，偏差について見ると苫小牧，室蘭に比べて札幌，岩見沢，旭川は若干大きな値になっているのがわかる。したがって札幌，

表-1.1 各地点間の年最大積雪深の相関係数

	室 蘭	苫小牧	札 幌	岩見沢	旭 川
旭 川	-0.100 (0.388)	0.59 (0.404)	0.273 (0.361)	0.173 (0.433)	
岩見沢	-0.177 (0.433)	-0.064 (0.433)	0.419 (0.444)		
札 幌	0.065 (0.396)	0.173 (0.396)			
苫小牧	0.579 (0.388)				
室 蘭					

注) () 内は 5% の臨界値

* 応用理化学研究室員 ** 同室主任研究員

無印	統計年数 10 年
()	統計年数 9 ~ 5 年

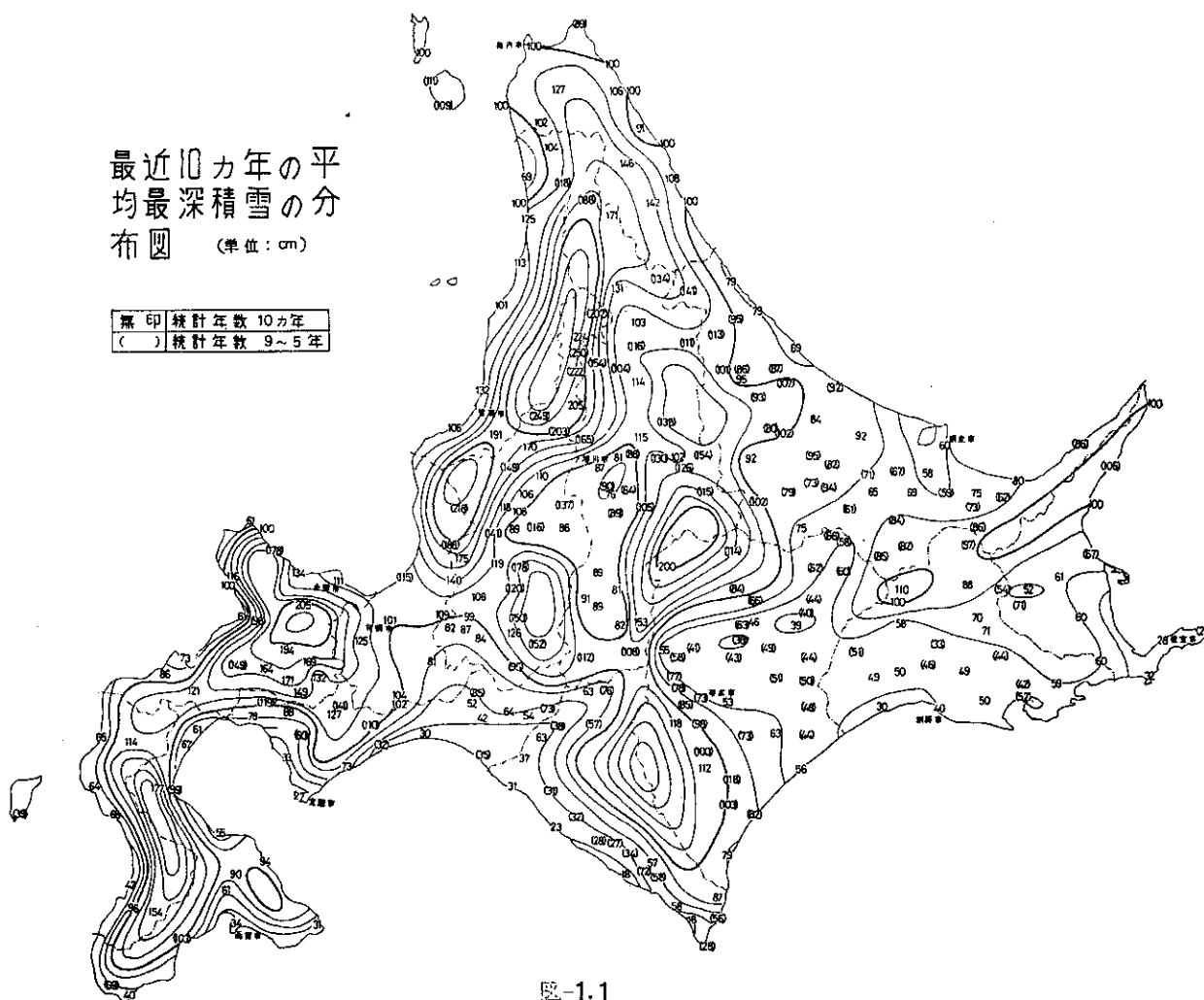


Figure 1 is a line graph titled "年最深積雪の平均 (mm)" (Average Annual Maximum Depth of Snow in mm). The Y-axis represents the depth in cm, ranging from 10 to 150. The X-axis represents the year (年), ranging from 1940 to 1965. The graph displays the annual maximum depth of snow for five locations: 室蘭 (Muro), 釧路 (Kushiro), 石狩 (Ishikari), 十勝 (Sorachi), and 十勝 (Sorachi). The data shows significant interannual variability, with peaks often exceeding 140 cm and troughs falling below 20 cm. To the right of the graph, a summary table provides the average annual maximum depth (平均年最深積雪の平均) for each location, represented by a dot and a vertical error bar indicating the range.

Location	Approximate Average (cm)	Range (cm)
室蘭 (Muro)	28	15 - 42
釧路 (Kushiro)	32	18 - 48
石狩 (Ishikari)	105	80 - 128
十勝 (Sorachi)	118	95 - 140
十勝 (Sorachi)	98	82 - 115

— 2 —

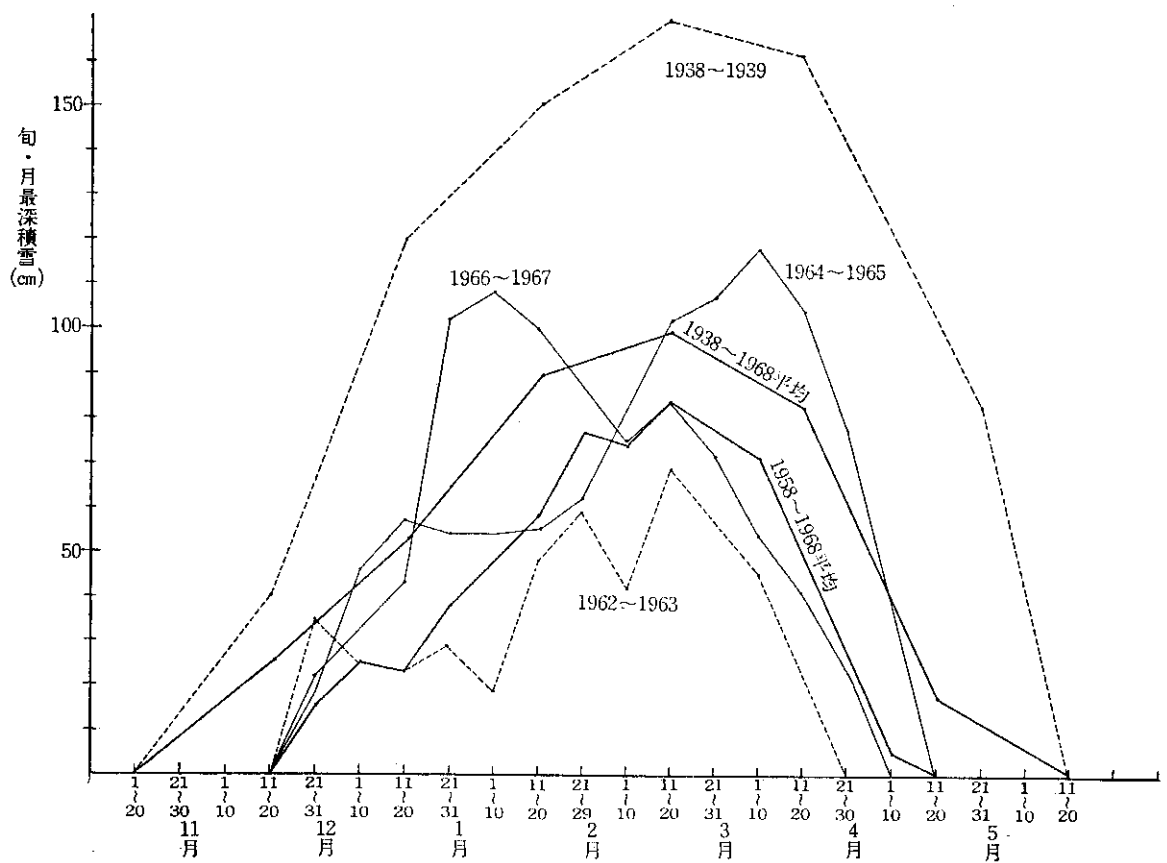


図-1.3 旬・月最深積雪進行図（札幌）

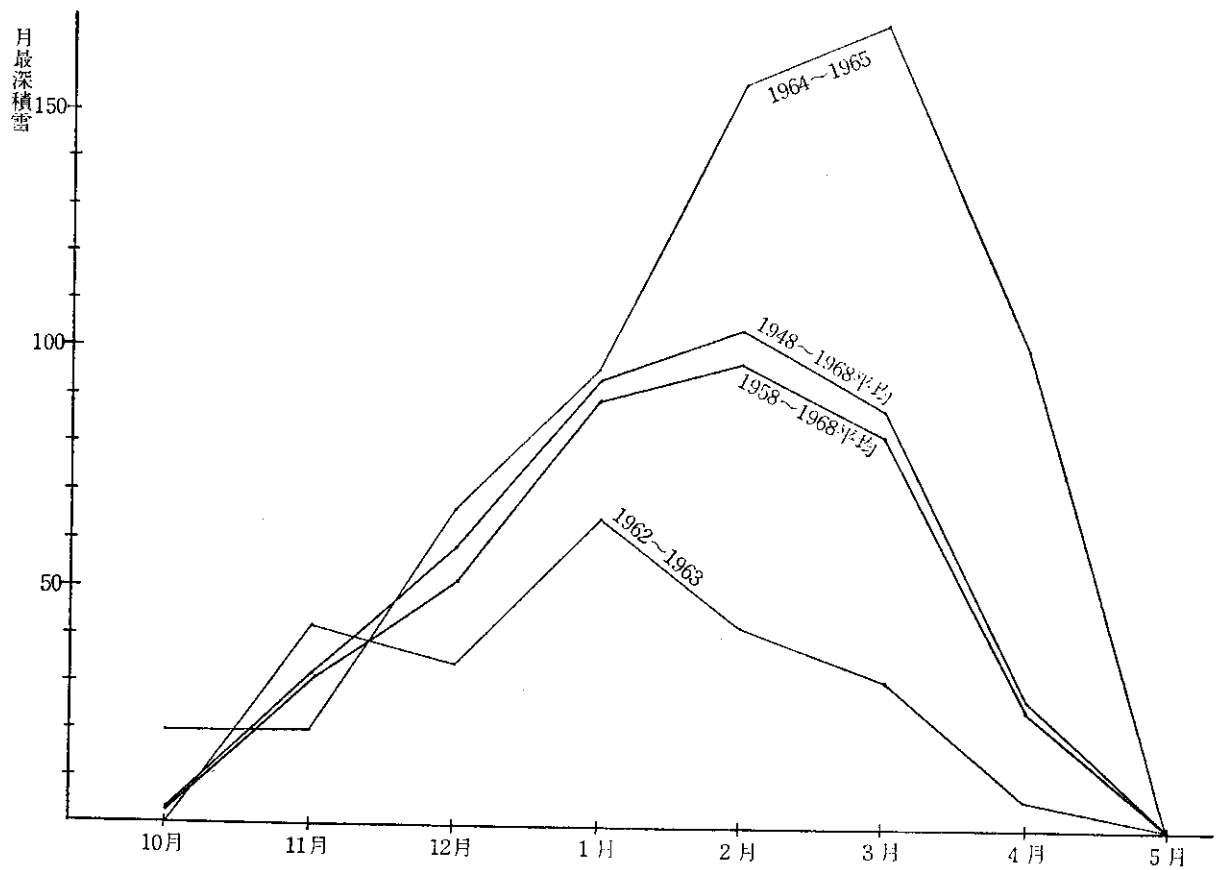


図-1.4 月最深積雪進行図（岩見沢）

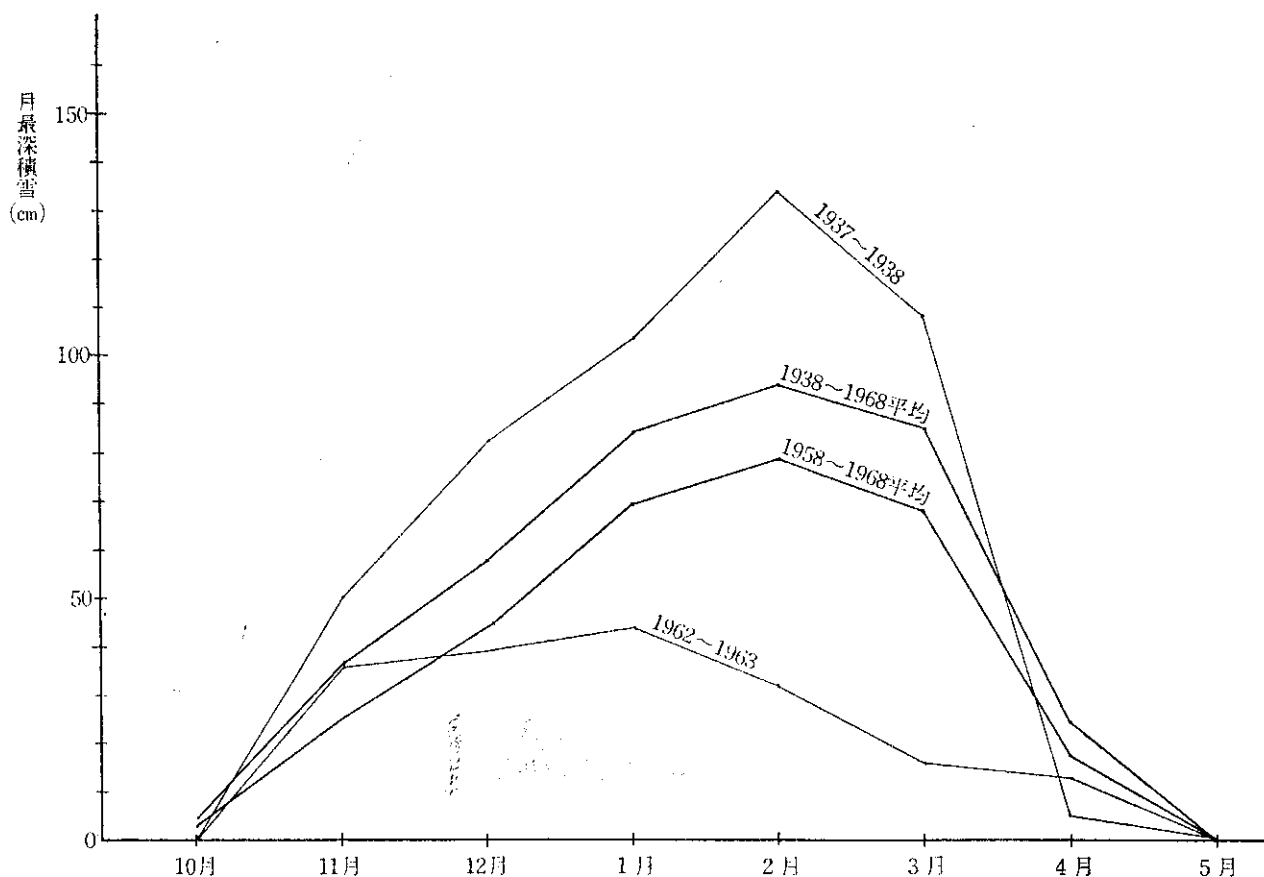


図-1.5 月最深積雪進行図（旭川）

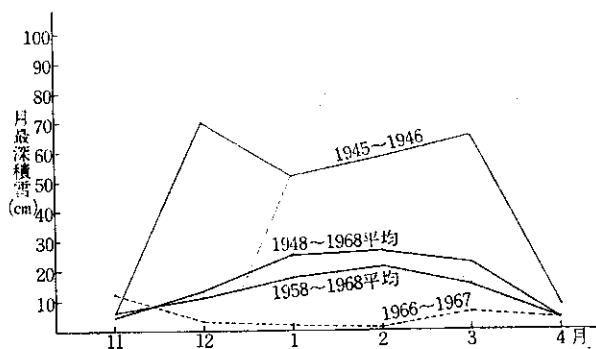


図-1.6 月最深積雪進行図（苫小牧）

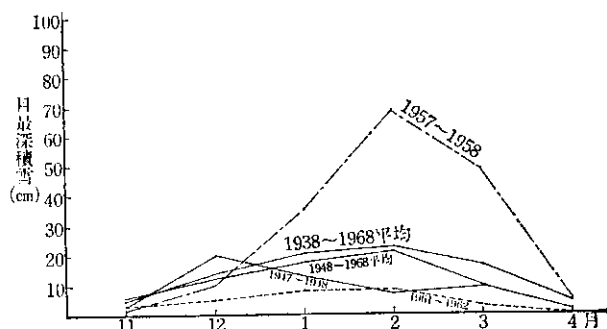


図-1.7 月最深積雪進行図（室蘭）

岩見沢、旭川の除雪計画を立てるにあたっては年最深積雪の変動が大きいことを十分考慮しなければならないものとする。

次に、年最深積雪の場所的な相関をみると表-1.1に示したようになる。これを見ると、とくに苫小牧と室蘭の間の年最深積雪に比較的高い相関を見ることができるが、それ以外の地点での年最深積雪の間にはほとんど有意な相関を見ることができなかった。一般に札幌と岩見沢の相関がかなり高いのではないと思われるが、実際には有意な相関が見られなかった。このことから札幌と岩見沢の除雪を考える場合同一に考えることはできない

ようである。

また、除雪計画を立てる場合無視することのできない異常な積雪深の進行の型などについて見よう。図-1.3～1.7は旬間（札幌）および月間（室蘭、苫小牧、岩見沢、旭川）における最大積雪深進行曲線を示したものである。個々にみると旭川（1962～1963年）、札幌（1966～1967年）などのように、1月に年間の最大積雪深を記録しそれ以後は一方的に減少するタイプおよび岩見沢（1964～1965年）、札幌（1964～1965年）などのように3月に入ってから年最大積雪深を示すタイプもある。一方、苫小牧（1966～1967年）のように早くも11月に年最大

積雪深を記録し、統計的に最大積雪深を記録する2月には、積雪深わずか1cmというタイプがあったり、苫小牧(1945~1946年)、室蘭(1947~1948年)のように12月に年最大積雪深を記録する年もある。さらに、これらの図のうち札幌(1938~1939年)、旭川(1937~1938年)、岩見沢(1964~1965年)、苫小牧(1945~1946年)、室蘭(1957~1958年)の進行曲線はいままで観測された記録のうちで各地点ともかなり積雪量の多かった年と考えられる一つを選びだして示したものである。また、逆に旭川(1962~1963年)、札幌(1962~1963年)、岩見沢(1962~1963年)、苫小牧(1966~1967年)、室蘭(1961~1962年)では積雪量がとくに少なかったと思われる年の記録である。このように各地点とも積雪深の進行状態に異常な型の年がまれにあって、除雪対策の上からも注意を要するものと思われる。さらにこれらの図にはそれ

ぞれ最近10年平均および30年平均(室蘭、苫小牧、岩見沢は20年)による月最深積雪の進行状態を示した。これら両者を観測値だけで比較して見ると、最近10年は最大積雪深が若干小さくなっているのがわかり、5地点とも最近積雪量は少なくなっているようである。

次に、積雪深と気温の関係はかなり重要であると考えられるので5年平均(1963~1968年)による積雪深、平均気温の毎日の変化の様子を図-1.8~1.12に各地点ごとに示してみた。これを見てわかるように平均積雪深の進行の型に札幌、岩見沢、旭川の群と苫小牧、室蘭の群の2つ異なるタイプが見られ、これら2つの群の進行状態を比べてみるとまったく異なった型をしているのがわかる。さらに、平均気温の変化の様子を見ると各地点とも日によって著しく変動しながらゆっくり下降する。一方、旭川、岩見沢、札幌の積雪は平均気温が0℃ぐらい

表-2.1 1時間降雪量頻度(統計期間1963~1968年)

(12~2月の3ヵ月間)

時間区分	降雪量 (mm)	札 幌			岩 見 沢			旭 川			苫 小 牧			室 蘭		
		12	1	2	12	1	2	12	1	2	12	1	2	12	1	2
早 朝 (0~6h)	0.1~1.0	164	170	157	216	204	183	247	201	205	40	64	52	76	40	35
	1 ~3	38	31	28	47	40	44	27	26	10	15	11	6	17	7	14
	3 ~5	10	40	6	3	—	2	2	—	—	6	4	1	1	1	1
	5 ~10	6	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	2
午 前 (6~12h)	0.1~1.0	128	148	122	199	216	159	225	203	158	23	41	38	49	37	37
	1 ~3	28	34	32	36	31	28	23	15	9	7	6	4	6	3	3
	3 ~5	4	2	6	—	1	5	1	—	—	3	—	—	1	1	1
	5 ~10	2	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
午 後 (12~18h)	0.1~1.0	145	137	134	160	169	158	240	171	121	29	56	42	54	37	34
	1 ~3	32	31	21	27	30	9	18	18	6	4	2	7	3	2	1
	3 ~5	3	1	4	—	—	5	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	5 ~10	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
夜 (18~24h)	0.1~1.0	137	155	148	166	156	154	224	192	156	34	—	—	61	45	39
	1 ~3	29	44	28	40	33	25	14	14	3	4	—	—	3	5	3
	3 ~5	3	7	2	1	2	—	—	—	—	1	—	—	1	1	—
	5 ~10	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1	—
全 日	0.1~1.0	574	610	561	741	745	654	936	767	640	126	161	132	240	159	145
	1 ~3	127	140	109	150	134	106	82	73	28	30	19	17	29	17	21
	3 ~5	20	50	18	4	3	12	4	—	—	10	4	1	3	3	3
	5 ~10	13	4	2	—	—	2	1	—	—	0	—	1	—	1	2
0.1 mm/hon 以上の降雪回数(5年平均)		445.6			528			509			100			125		
3.0 mm/hon 以上の降雪回数(5年平均)		21.4			4.5			1.0			3.2			2.4		

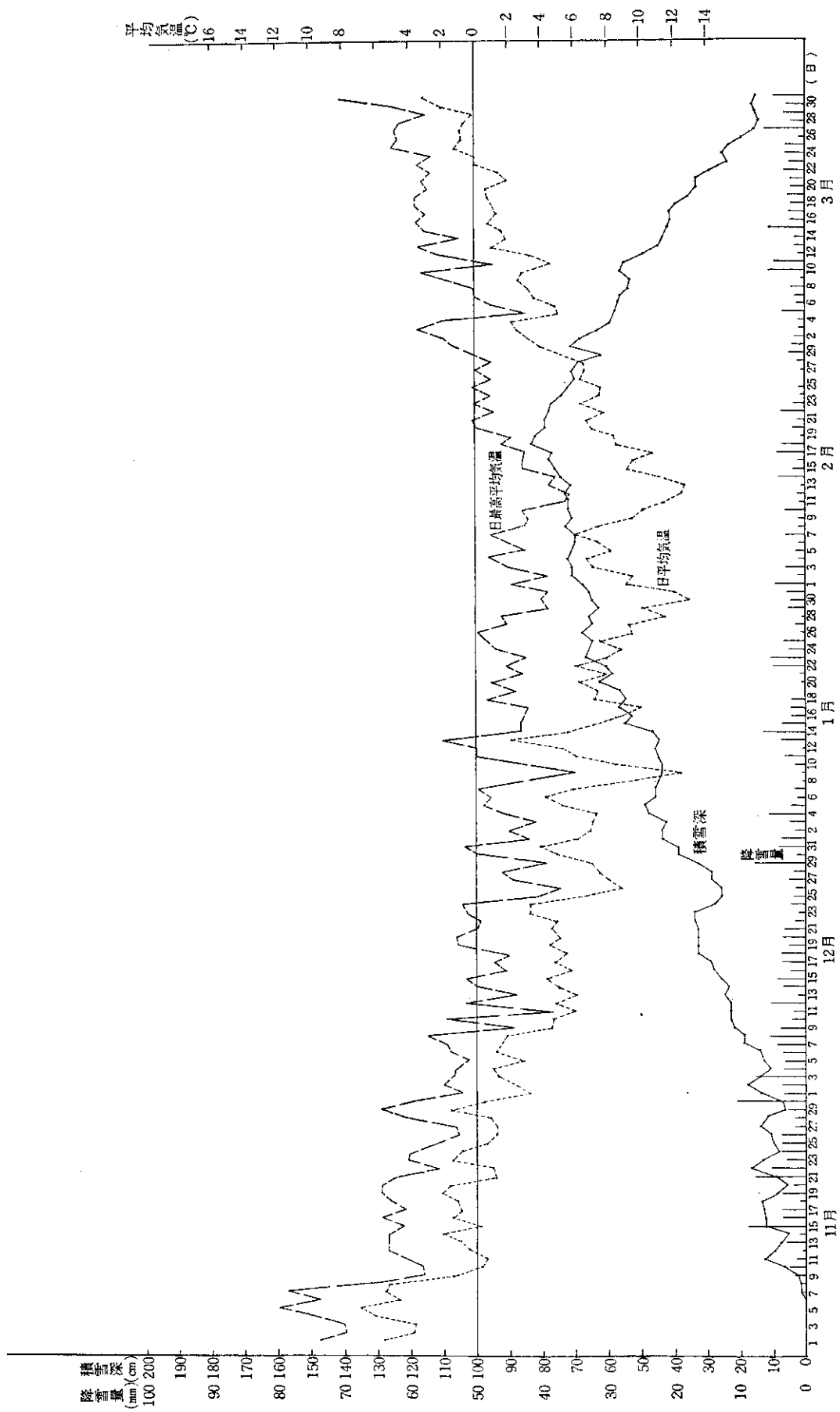


図-1.8 積雪, 降雪量, 平均気温, 進行図 (旭川) 1963~1968 (5ヵ年平均)

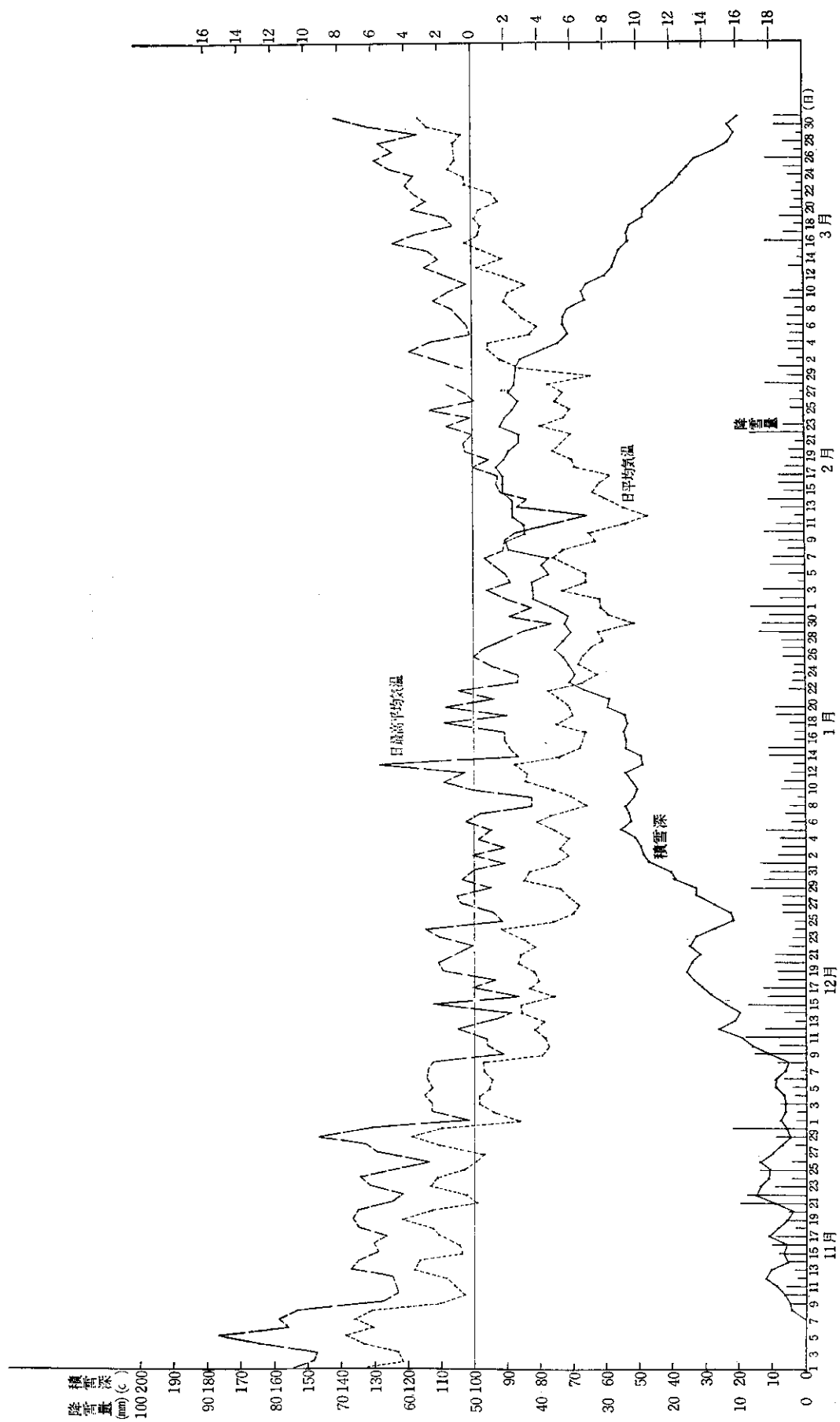


图-1.9 積雪, 降雪量, 平均気温進行図 (岩見沢) 1963~1968 (5年平均)

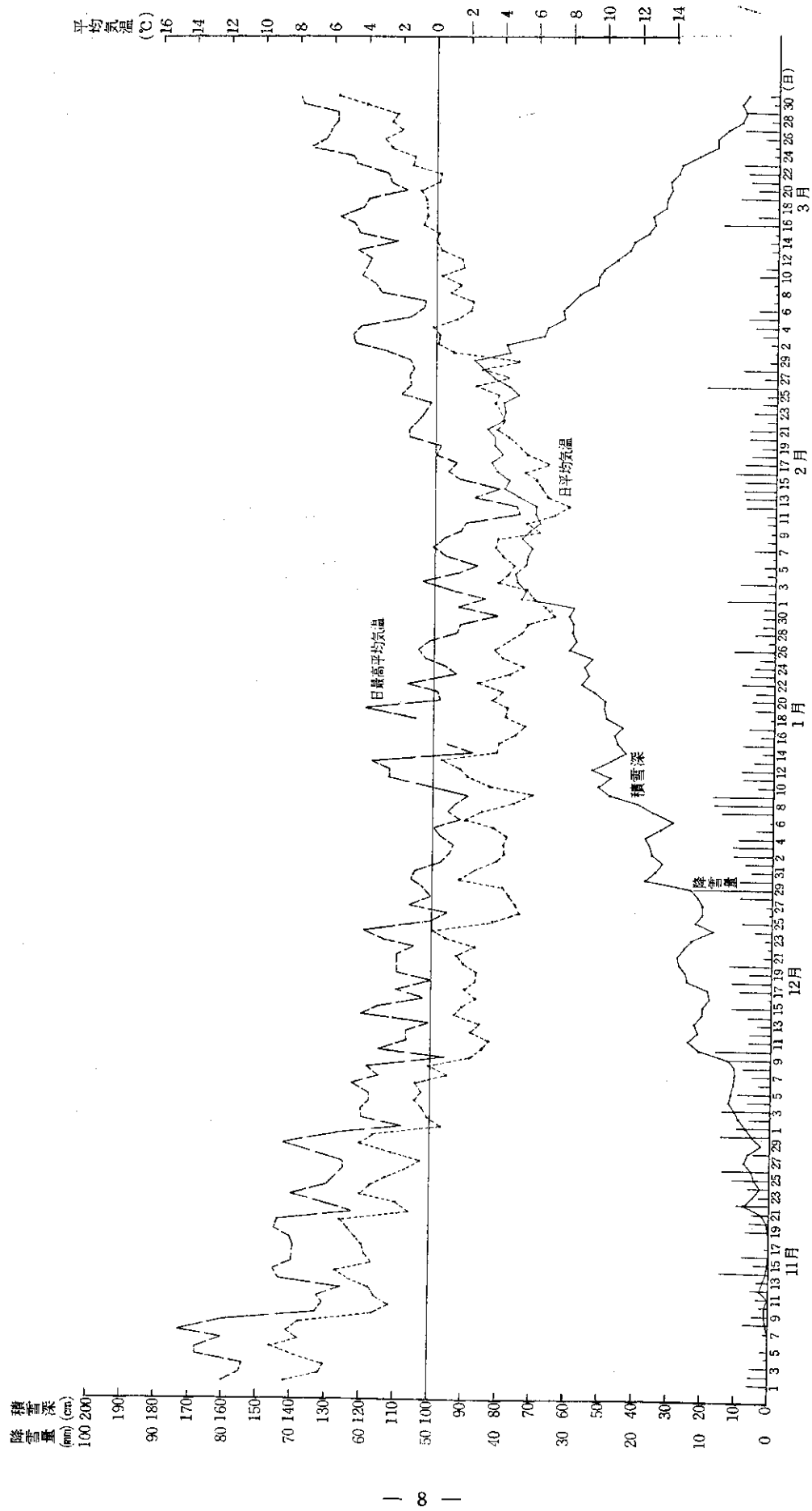


図-1.10 積雪, 降雪量, 平均気温進行図 (札幌) 1963~1968 (5ヵ年平均)

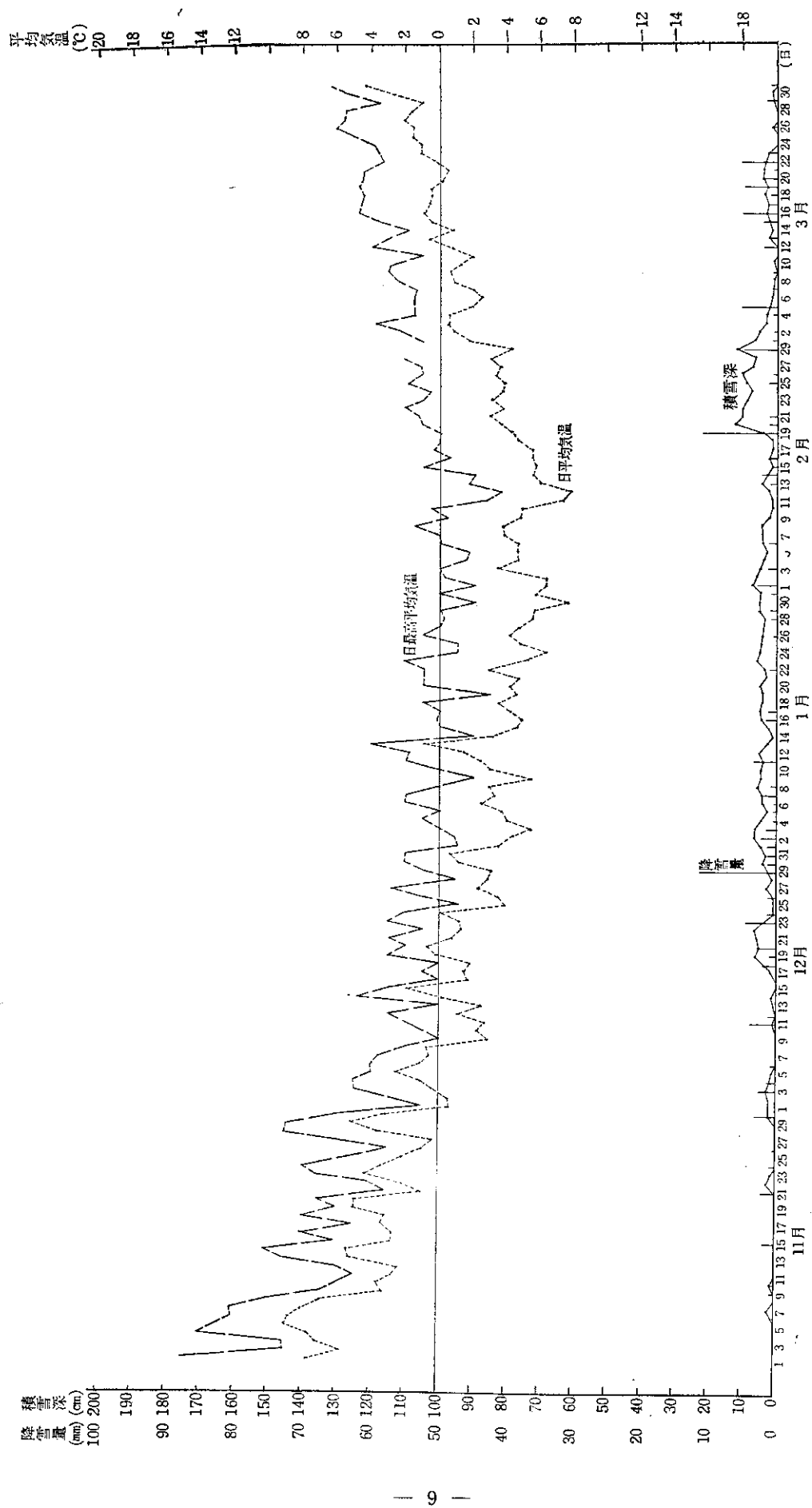


図-1.11 積雪，降雪量，平均気温進行図（苫小牧）1963～1968（5年平均）

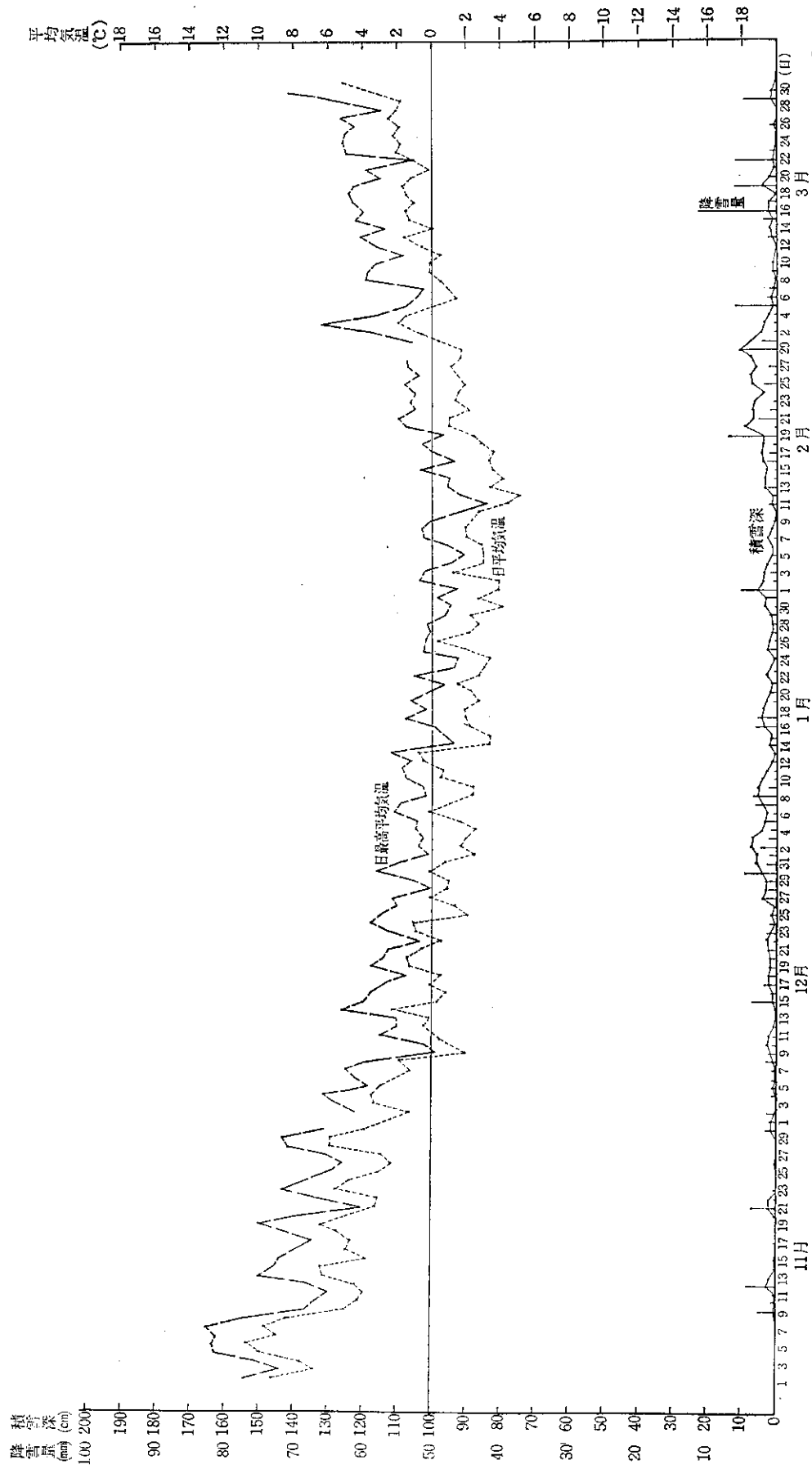


图-1.12 积雪, 降雪量, 平均气温进行图 (室蘭) 1963~1968 (5年平均)

になるころから急に増大していく、そして1月末から2月中旬ぐらいになって平均気温は最低となり、3月初旬から急に上昇しはじめるのである。この平均気温上昇とともにこれまでの積雪が1ヵ月余りの短期間で急速に融解してしまうのがわかる。だが、苫小牧と室蘭の様子をみると平均気温が0℃以下になって2月の最低平均気温を記録する時期になっても積雪深の増大をほとんど見ることとはできず積りはじめてから同じくらいの積雪深で進行しているのがわかる。このように最深積雪はほぼ同じくらいの時期に記録されるようであるが、積雪深や平均気温の進行の型などにそれぞれ特徴があって各地点ごとに若干相違が認められる。

2 1時間降雪量

1時間以内に降る雪の量とその頻度などを知ることは除雪計画を考える場合除雪機械の出動台数の決定にぜひ必要なものであると考える。

1時間以内の降雪量が0.1mm（以後降雪量は水換算量mmをもって表わす。）を越える降雪について1963～1968年の5ヵ年間の1時間降雪量（1日を1時間間隔の24個に区分し、区分されたそれぞれの時間内における降雪量）の頻度を示すと表-2.1のようになる。この表を見ると12～2月の3ヵ月間に1時間降雪量0.1mm以上の降雪回数は岩見沢、旭川で5ヵ年平均528回、509回あり、札幌では若干少なく446回となっている。しかし、苫小牧、室蘭をみると100回と125回しかなく札幌、岩見沢、旭川に比べてかなり少ないことがわかる。さらに、除雪作業にかなり影響を与えるだろうと考えられる降雪強度の高い1時間降雪量3.0mm以上の5ヵ年平均降雪回数をみると、旭川で3ヵ月間に年平均高々1回しかなくかなり少ない。また、札幌になると年平均約21回もあって、他地点から見て目立って多いことがわかる。しかしこれは札幌の1964～1965年に異常なほどの降雪があった年が含まれているためと考えられるので最近9ヵ年の統計を調べると、3mm/hour以上の平均降雪回数は年12回となっており、異常な降雪のあった年の影響をかなり受けているのがわかる。だが、それにしても札幌は他地点に比べて3mm/hour以上の降雪回数がかなり多いことがわかり、除雪対策の上からこの点を十分考慮しなければならないものとする。

また、表-2.1には時間区分ごとに降雪量頻度を調べた。これについてみると、旭川で降雪が0～12時ぐらいの間に、すなわち午前中に比較的多くの降雪が見られるが、岩見沢と札幌では早朝（0～6時）に苫小牧と室蘭では夜から早朝（18～6時）にかけて降雪が集中している

と考えてよいようである。除雪作業はこの降雪の集中する時間に行なわれることになるので、日中の交通量の多い時間帯をほぼ避けることになり自然に都合よくできているようである。

3 1回降雪量と1日降雪量

過去の例からみてもドカ雪によって起こる交通障害はかなり大きい。次々に降り積る雪や視程の悪化によって除雪作業は追いつかずに自動車は走行できなくなったり、また、除雪作業や路側の堆雪量が多くなり道路の有効幅員が狭くなるために車の渋滞をきたし、最悪の場合は除雪作業が完了するまで交通が完全にストップしてしまうことさえある。ここでは各地点ごとに、いわゆるドカ雪といわれる大雪のときの積算降雪量やその平均降雪量別頻度、さらに、1日降雪量についても調べた。

各地点における1回および1日降雪量を分類区間とした頻度分布および各区分別積算量を1963～1968年（12～2月の3ヵ月間）の5ヵ年間の平均して図-3.1と図-3.2にそれぞれ示した。ここで、1回に降る雪の量とは連続して12時間以上降雪のないときを区切として、その時間内にあった積算降雪量を1回に降った雪の量とした。

まず、図-3.1から5ヵ年平均の1回降雪量15mm以上の大雪のときの積算量と頻度、さらに、3ヵ月間の平均合計量に占める割合をわかりやすいようにまとめて示すと表-3.1のようになる。これを見ると札幌と岩見沢は

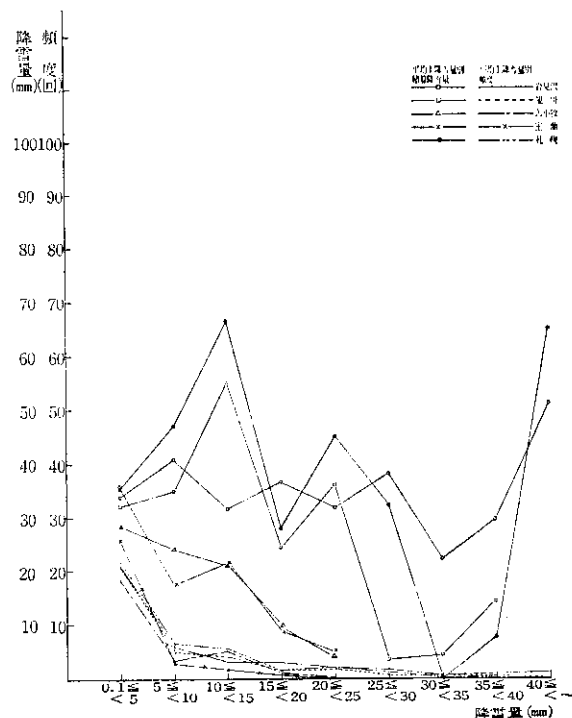


図-3.1 1回降雪量別頻度 および1回降雪量別積算量（1963～1968年5ヵ年平均）

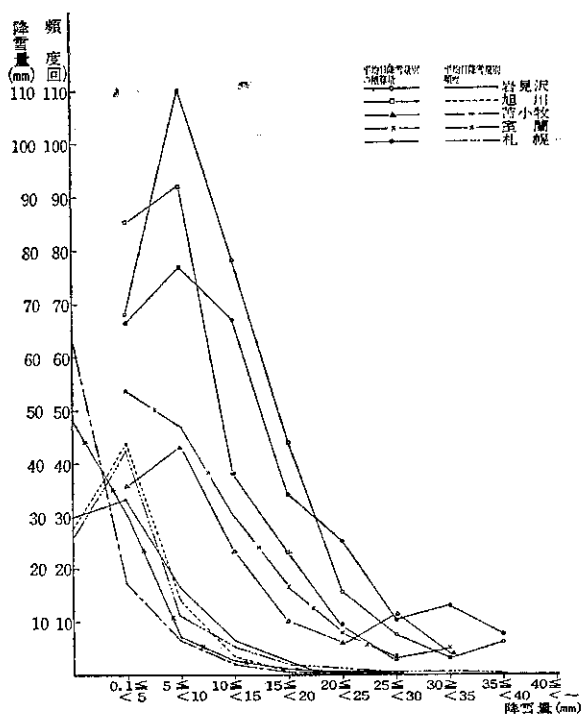


図-3.2 日降雪量別頻度および日降雪量別の積算量 (1958~1968年10ヵ年平均)

表-3.1 1回降雪量15mm以上の5ヵ年平均積算量と頻度

地名	1回降雪量15mm以上の平均合計量	平均頻度	3ヵ月間の平均合計量に占める割合
札幌	164 mm	6.0 回	52 %
岩見沢	217 //	6.8 //	67 //
旭川	94 //	3.8 //	45 //
苫小牧	10 //	0.8 //	13 //
室蘭	22 //	0.8 //	29 //

表-3.2 1963~1968年のうちで最も降雪量の多かった年の1回降雪量15mm以上の積算量と頻度

地名	1回降雪量15mm以上の合計量	頻度	3ヵ月間の合計量に占める割合	年
札幌	322 mm	9 回	72 %	1964~1965
岩見沢	283 //	10 //	71 //	1964~1965
旭川	170 //	6 //	56 //	1965~1966
苫小牧	21 //	1 //	14 //	1965~1966
室蘭	15 //	1 //	15 //	1965~1966

1回に降る雪の量15mm以上(積雪にして約30cm)が年平均約6~7回あり、さらに、この積算量は3ヵ月間合計量のなんと52~67%をも占めている。また、旭川は4回あって札幌などに比べて若干少ない。さらに、苫

小牧と室蘭になると平均高々1回ぐらいしかなく、その積算量も3ヵ月間合計量の13~29%を占めているのにすぎない。このことと、5ヵ年間(1963~1968年)のうちで最も降雪量の多かった年を選んで3ヵ月間(12~2月)の1回降雪量15mm以上の頻度と積算量を各地点ごとにまとめた表-3.2とを考えあわせると、札幌と岩見沢では年間総降雪量の約50%から降雪量の多い年で約70%もの降雪がドカ雪のときの降雪で占められているものと考えられることから、除雪作業は年平均7~10回くらいあるこのドカ雪を、いかにして単時間で除雪処理するかがとくに重要な問題であると考ええる。

次に、図-3.2には10ヵ年間(1958~1968年)資料によって3ヵ月間(12~2月)の年平均1日降雪量頻度および1日降雪量別の積算量をそれぞれ調べた。3ヵ月間の合計日数は90日あるが各地点ごとに1日に0.1mm以上の降雪があった合計日数は札幌、岩見沢、旭川で年平均61~65日間もあるのに、苫小牧と室蘭ではわずか28~43日間しかなく、札幌などに比べてかなり降雪日数の少ないことがわかる。また、1日の降雪量が15mm以上の大雪のあった日は旭川、苫小牧、室蘭で年平均1~2日、札幌で約4日と少なく、その積算量をみると、旭川、苫小牧、室蘭に比べて札幌では2倍以上もの量になっており、かなり多いことがわかる。このように、旭川の3ヵ月間合計降雪量とその降雪日数は札幌、岩見沢にほぼ等しいのに、15mm/日以上降雪のあった日数と積算量は室蘭、苫小牧とそれほど大きな違いは見られない。このことは冬期間を通して1日に多量の雪が降ることはかなり少なく、1日の降雪量のほとんどが15mm以下の少ない降雪で終わっていると考えられ、旭川の降雪状態

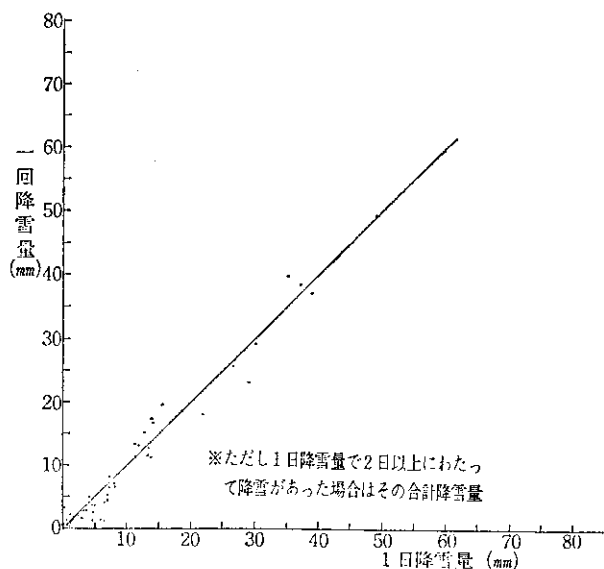


図-3.3 1回降雪量と1日降雪量の比較
(岩見沢1964~1965年)

の特徴として考えることができる。

次に、先に述べた1回に降る雪の量を知るのに、かなり時間がかかるので、1日降雪量（当9時～翌9時）を使って概略的に1回降雪量を知ることができないものか

と、1964～1965年の岩見沢の測候所の資料によって、1回降雪量とその引続いて降雪のあった日の日降雪量の合計との関係を調べたのが図-3.3である。これを見ると、少ない降雪のときよりも比較的降雪量の多いほうの相関

旭 川

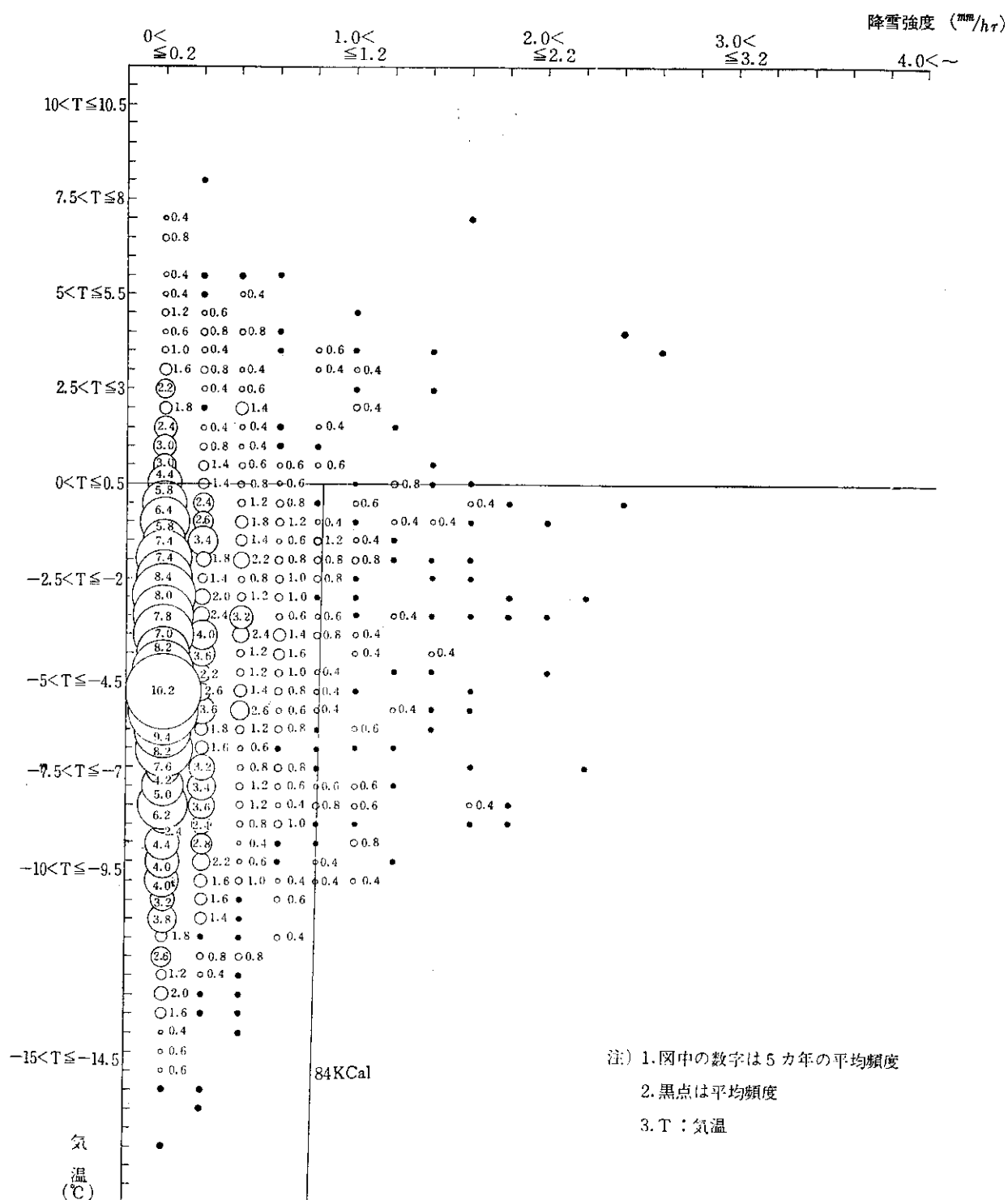


図-4.1 気温-降雪強度（3時間平均）5ヵ年平均（1963～1968年）

が良いようである。実際に現場などではそれほど正確な量を知る必要がないものと考えられるので、日降雪量を調べて降雪が引続いてある場合はその日までの日降雪量を合計して、それを1回降雪量として用いても、それは

ど大きな違いはなく、この方法で十分利用できるものとする。ただし、この比較した資料は岩見沢のわずか1ヵ年だけであるが、全体としてこの傾向は変わらないものと考えられる。

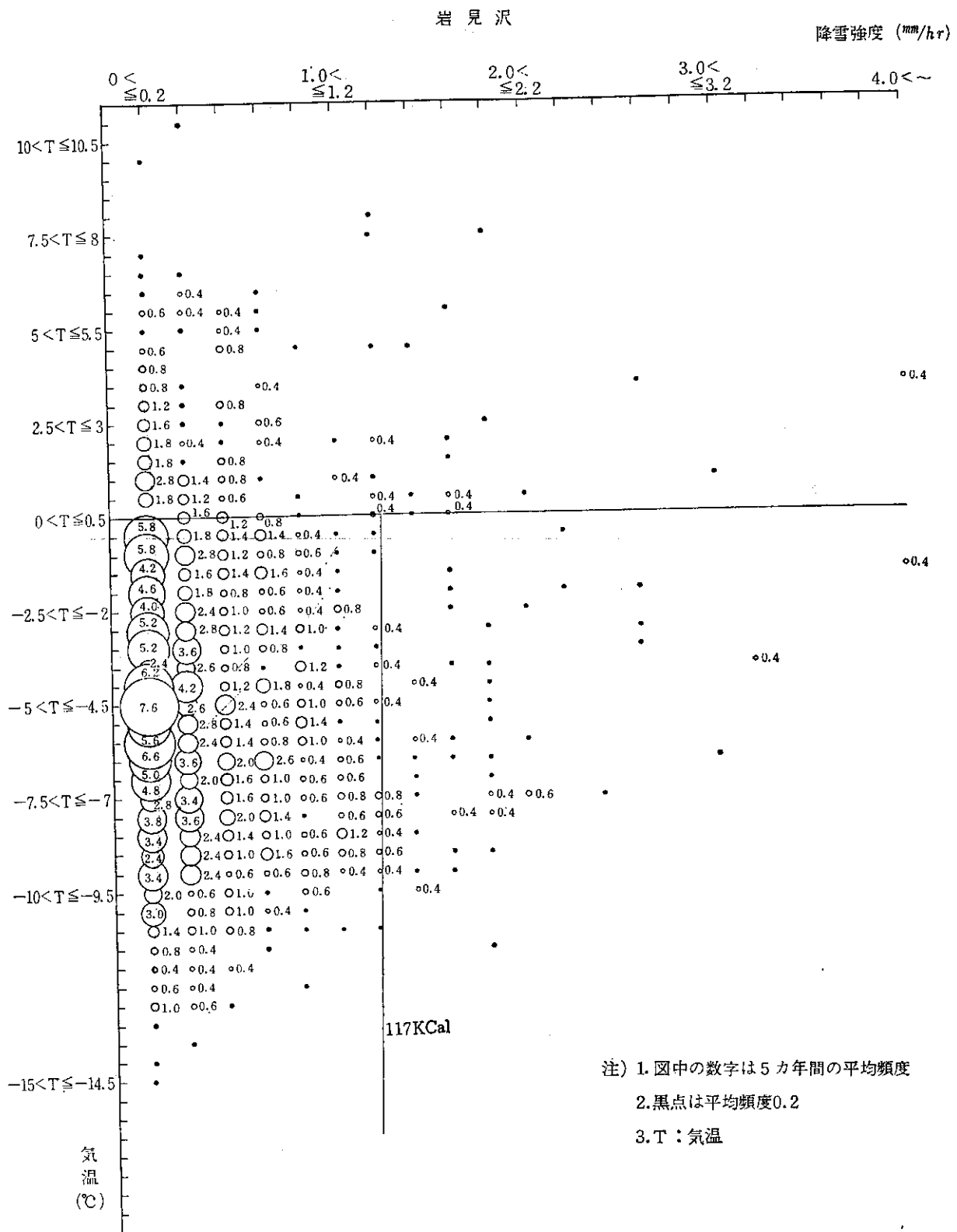


図-4.2 気温-降雪強度 (3時間平均) 5ヵ年平均 (1963~1968年)

4 降雪時の気温と降雪強度

気温と降雪強度の関係は消雪を考える場合非常に重要な意味をもつ。例えば、薬剤散布法における散布量の見

積りや、路面加熱法における所要熱量および加熱時間の算定などにきわめて有効に役立つのである。消雪の熱量計算などは §5 で行なうので、ここでは降雪強度の高い降雪の持続時間や降雪中の気温などについて若干検討す

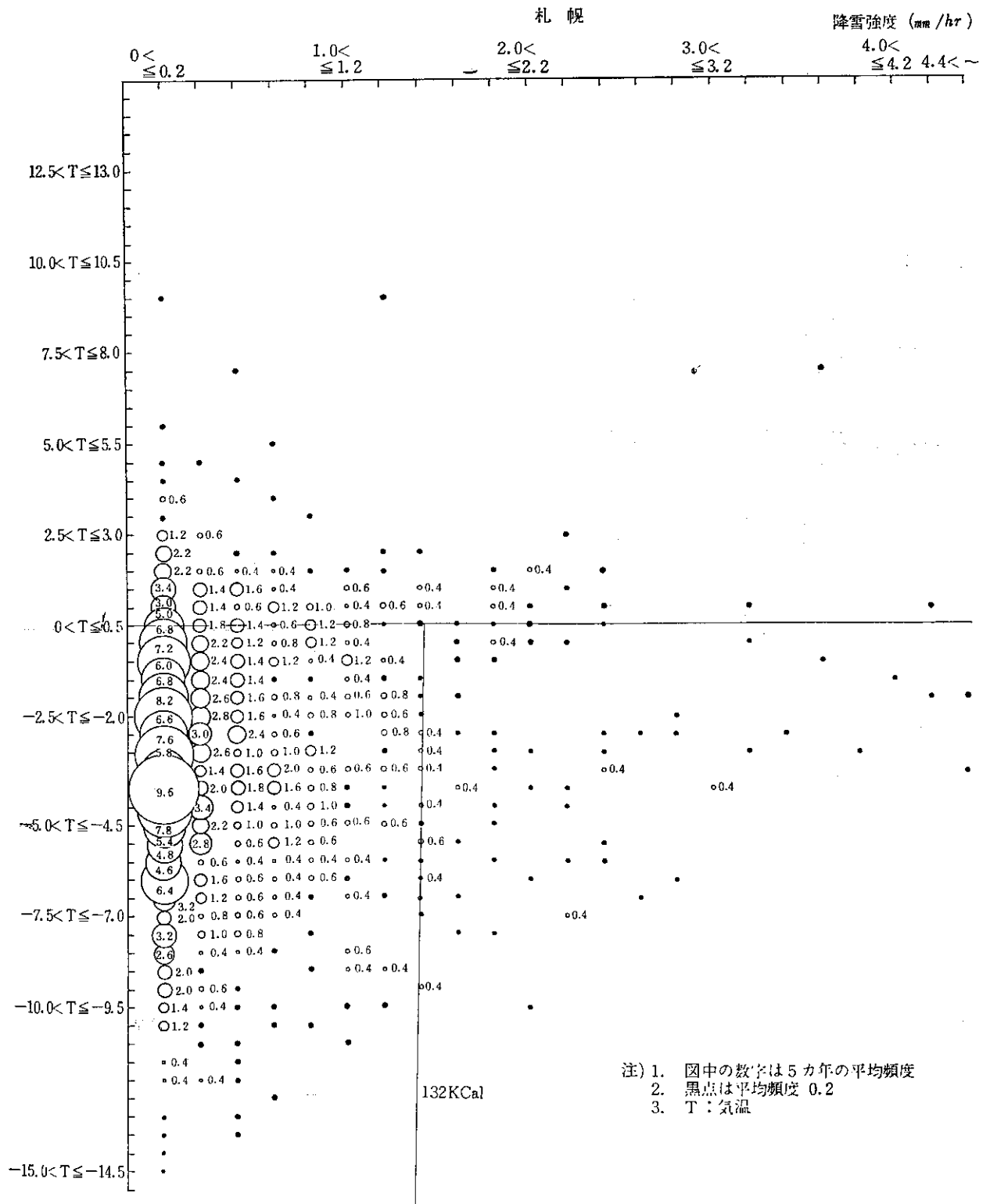
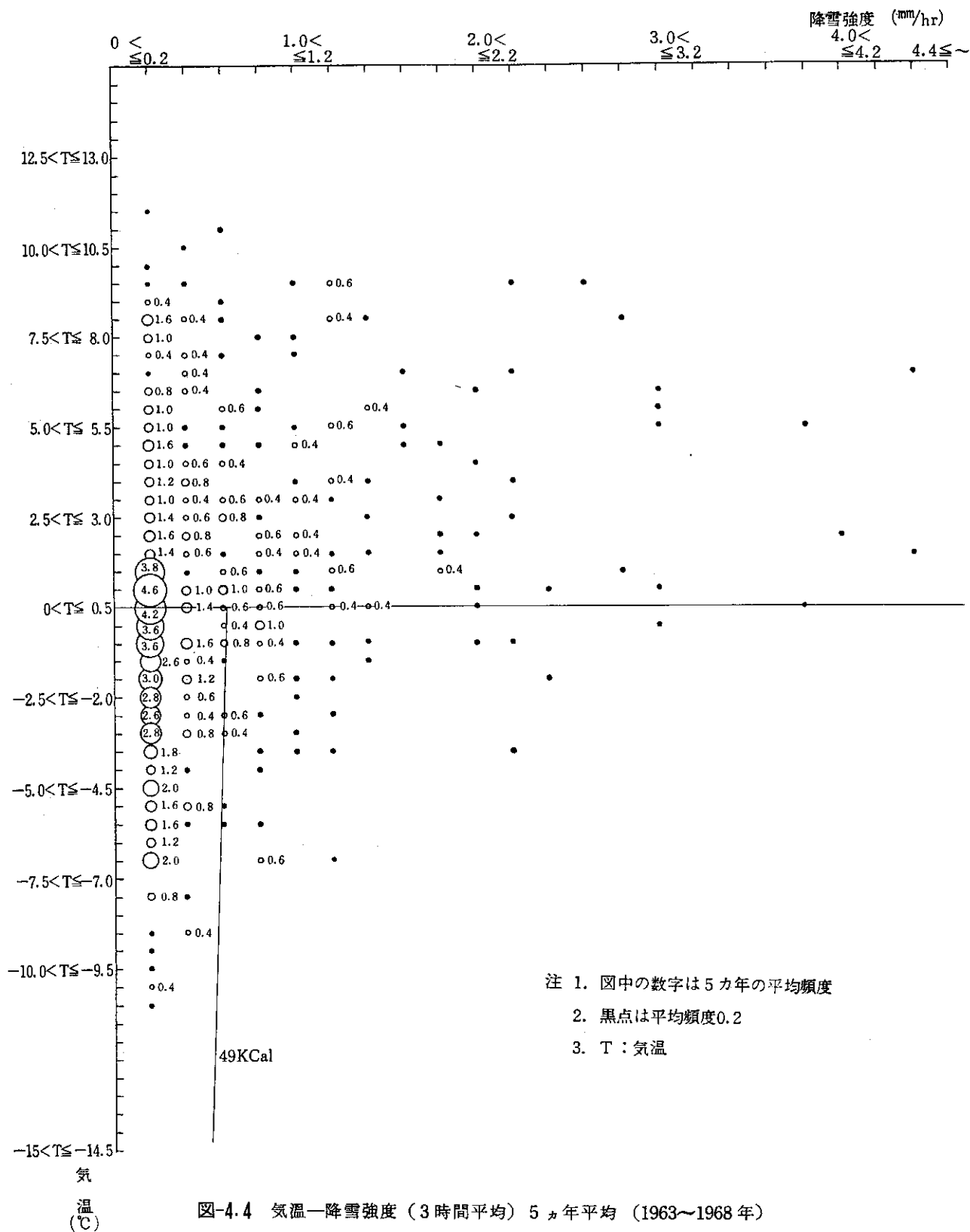


図-4.3 気温—降雪強度 (3時間平均) 5カ年平均 (1963~1968年)

る。

各地点ごとに雪が降り始めてから後の期間、降雪中の気温と3時間平均の降雪強度 (mm/hr) (気温の観測値と消雪との関係から降雪強度 (mm/hr) として3時間

で平均した量を用いることにする。) を頻度別にそれぞれ図-4.1~4.5に示した。さらにこれらの図から各地点の平均降雪量別頻度をわかりやすくまとめたのが図-4.6である。図-4.6などから、除雪を行なうのに大きな影響
苦小牧



があると考えられる除雪強度の高い降雪の持続時間を考えてみると、旭川と岩見沢で3時間平均の降雪強度(mm/hr)が2mmを越す回数は、年平均2回と4回(合計回数の約1%)しかなく、また、苫小牧と室蘭でそれ

ぞれ4回、札幌では他地点よりかなり多いけれども年平均10回(合計回数の4%)しかない。これらのことから各地点とも強い降雪は長い時間続かないものと考えられる。

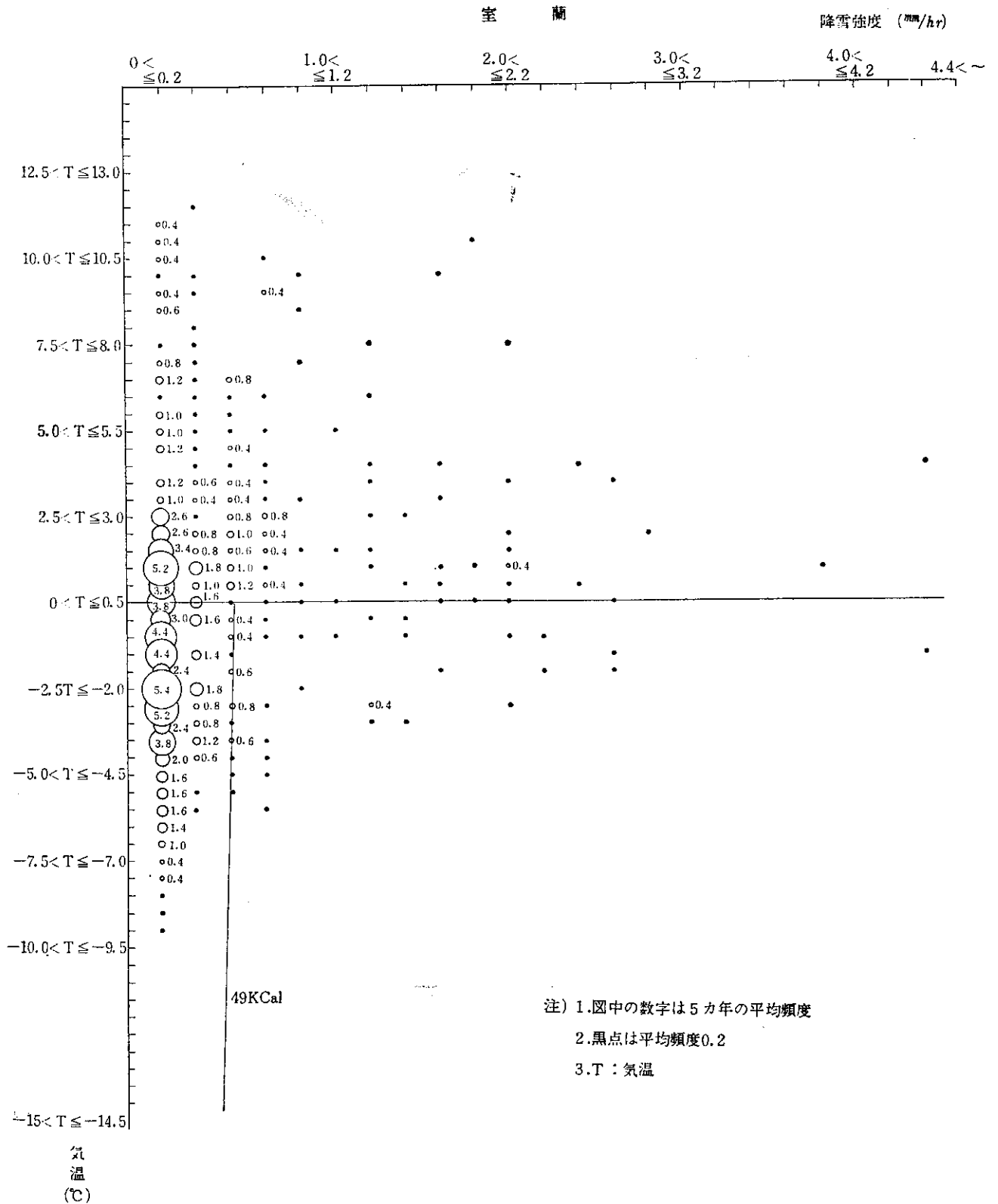


図-4.5 気温—降雪強度 (3時間平均) 5ヵ年平均 (1963~1968年)

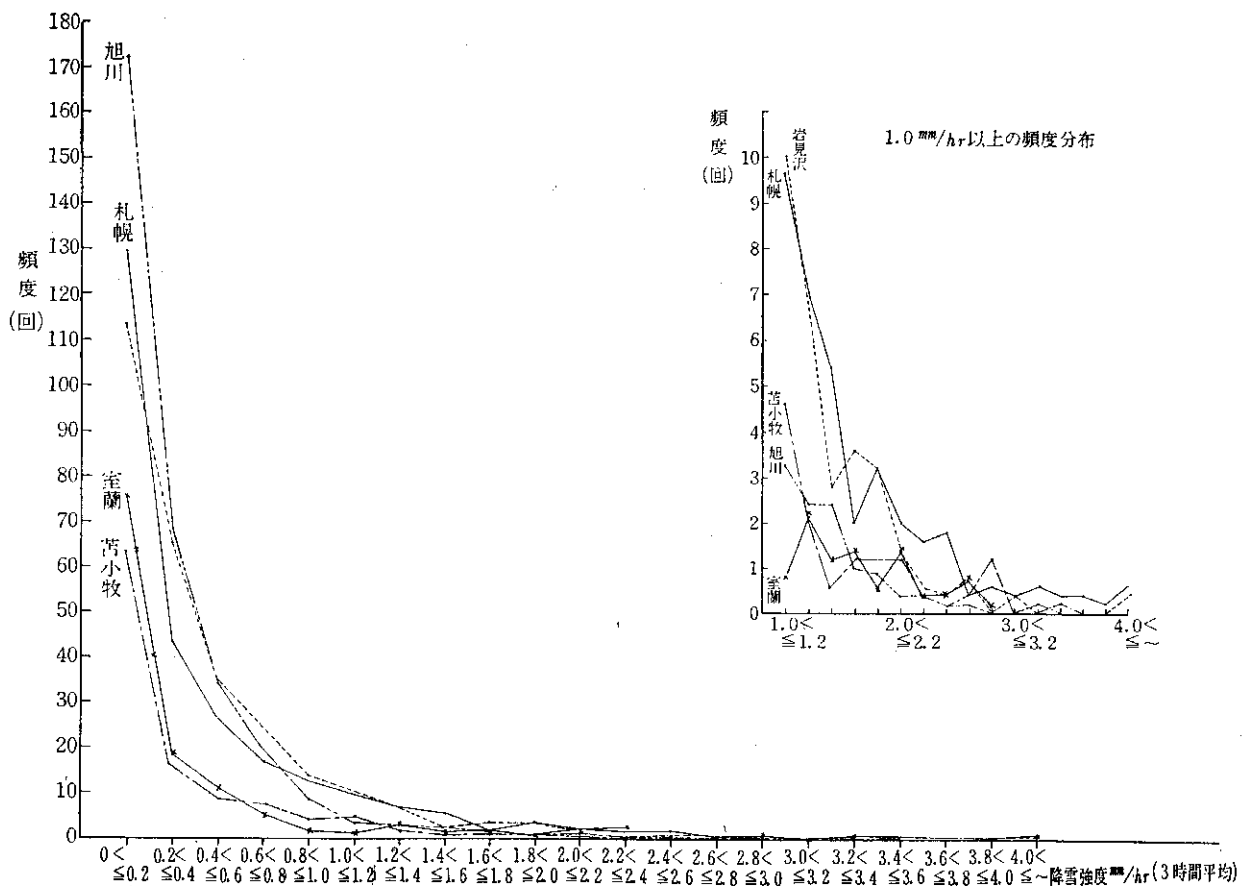


図-4.6 降雪強度の頻度分布 (5 ヵ年平均)

また、これらの図を見てわかるように降雪強度の比較的高い降雪がおのおの表-4.1に示した気温の範囲におおむね集中しているようであり、その気温の範囲は各地点ごとに若干異なっているように思われる。さらに、各地点とも $-7 \sim -8^{\circ}\text{C}$ 以下になると強い降雪はほとんど見られず、さらに低く -10°C 以下での降雪はかなり少なくなっていることがわかる。このことから気温の低いときの降雪が大雪になることはまず考えられないようである。

表-4.1 強い降雪が集中していると考えられる
気温の範囲

地	名	気 温 $^{\circ}\text{C}$
札	幌	$-7.5^{\circ}\text{C} \sim 2.5^{\circ}\text{C}$
岩	見 沢	$-7.5 \text{ } / \sim 1.0 \text{ } /$
旭	川	$-7.5 \text{ } / \sim -0.5 \text{ } /$
苫	小 牧	$-2.0 \text{ } / \sim 9.0 \text{ } /$
室	蘭	$-2.5 \text{ } / \sim 4.0 \text{ } /$

5 消雪に必要な熱量

最近札幌などで、歩道や歩道橋、また、道路の坂の部

分などに絶縁電熱線によるロードヒーティングを施設してあるのがかなり見られる。ここでは各地点ごとに図-4.1～4.5を利用して、ロードヒーティング法による消雪を考えた場合の所要熱量とそれに必要な電力を計算する。

熱効率や大気などへの熱損失量など一切考えずに 1 m^2 の面積に降った雪を融かすのに要する熱量は次式により示される。

$$Q = \{80 + C(0 - t)\} q \times 10^4$$

Q : 所要熱量 Cal

80 : 氷の融解潜熱 Cal/g

C : 氷の比熱 Cal/g $^{\circ}\text{C}$

t : 氷の温度 $^{\circ}\text{C}$

q : 降雪量 cm

上式に氷の温度として表-5.1の平均気温を入れて計算すると、平均年間降雪量の約80～90%の降雪を降雪ごとに3時間かけて融かすには1時間当たり表-5.2に示した熱量がそれぞれ必要になる。この熱量曲線は図-4.1～4.5に書き入れてあり、これと両座標軸とに囲まれた範囲の降雪が3時間以内に融けることになる。また、表-5.2の熱量を電力で得るとして、その電力量を求めてみる。埋設電熱ケーブルを用いた場合熱効率は札幌などで

表-5.1 降雪中の平均気温

札幌	-3.8 °C	1966~1967年	176 例
岩見沢	-5.9 //	//	243 //
旭川	-6.0 //	//	263 //
室蘭	-1.1 //	//	71 //
苫小牧	-0.7 //	1965~1966年	47 //

表-5.2 年間総降雪量の約80~90%の降雪を3時間かけて融かすのに必要な1時間当たりの所要熱量

	計降雪量	安全を見込んだ気温	1時間当たり必要熱量
札幌	1.6 mm	-5 °C	132 Kcal/m ² hour
岩見沢	1.4 //	-7 //	117 //
旭川	1.0 //	-7 //	84 //
苫小牧	0.6 //	-2 //	49 //
室蘭	0.6 //	-2 //	49 //

は50~70%となっているが、旭川では寒さが厳しいため大気やアスファルトなどへの熱損失量が多くなり熱効率が悪くなると考えられる。そこでここでは旭川について便宜上熱効率をさらに10%下げて40~60%として発熱体

の所要熱量を計算し、さらに必要電力を計算すると1m²当たり表-5.3に示した電力がそれぞれ必要である。したがって、表-5.3に示された電力を降雪ごとに与えることによって、各地点とも年間降雪量の約80~90%の消雪を期待することができる。しかし、これは年間降雪量の80~90%の降雪を融かすことを前提として計算したのであるが、道路では頻繁に往来する自動車のタイヤの熱や太陽の輻射熱などが、融雪作用に拍車をかけるものと考えられるので、実際には路面に雪が融けずに残ることはほとんどないものと思われる。また、各地点ごとの必要

表-5.3 埋設電熱ケーブルを使用した場合に表-5.2の熱量を得るための1m²当たり所要電力（電熱ケーブルの効率は50~70%、ただし、旭川は40~60%）

	効率を考えた場合の所要熱量	所要電力
札幌	264~189 Kcal/m ² hour	308~221 w/m ²
岩見沢	243~167 //	273~195 //
旭川	210~140 //	245~163 //
苫小牧	98~70 //	114~82 //
室蘭	98~70 //	114~82 //

表-6.1 異常気象時の岩見沢での気象資料

	1969年2月					1970年3月				1969年11月				
日 時 項 目	4	5	6	7	計	16	17	18	計	23	24	25	26	計
日降水量(mm) 当9~翌9	43.0	30.5	6.0	8.0	87.5	35	27	11	73.0	6.0	8.0	16.0	3.5	33.5
最大風速(10分間) (m/s)	5.0	13.3	13.5	9.3	—	6.0	17.3	14.2	—	6.2	8.0	14.5	8.8	—
瞬間最大風速(m/s)	8.3	19.7	21.8	15.7	—	11.6	28.3	23.9	—	12.0	12.8	25.3	14.7	—
日平均風速(m/s)	2.3	6.3	8.9	4.4	—	3.1	9.7	9.1	—	1.7	2.8	6.6	3.2	—
新積雪深(cm) 当21~翌21	2	46	17	14	79	11	4	25	40	8	5	18	8	39
日平均気温	-8.4	-2.3	-6.3	-7.1		0.1	-1.1	-2.8		-0.7	-1.3	-3.1	-5.1	

	1969年12月				1970年1月				1970年1~2月				1970年3月				
日 時 項 目	25	26	27	計	12	13	14	計	30	31	1	2	計	5	6	7	計
日降水量(mm) 当9~翌9	11.0	6.9	2.5	20.4	2.5	6.5	0	9.0	12.0	2.0	19.0	1.0	43.0	4.5	2.5	4.5	11.5
最大風速(10分間) (m/s)	5.7	9.5	11.0	—	3.3	10.8	7.5	—	5.8	11.2	11.7	10.7	—	4.8	7.5	10.0	—
瞬間最大風速(m/s)	12.6	19.1	20.7	—	6.4	16.9	11.3	—	10.7	19.2	20.8	16.4	—	13.8	20.2	13.5	—
日平均風速(m/s)	1.9	2.9	4.6	—	1.3	4.5	3.2	—	2.4	5.8	6.8	5.5	—	3.0	6.1	3.0	—
新積雪深(cm) 当21~翌21	37	11	4.0	52	10	10	0	20	0	8	9	12	29.0	19	5	4	28
日平均気温	-6.1	-7.7	-9.4		-1.1	-5.9	-8.6		-10.7	-10.9	0.3	0.1		-9.2	-7.6	-1.5	

電力を比べて見ると、札幌は図-4.6でわかるように降雪強度の高い降雪回数が多いため、岩見沢に比べて必要電力が若干多くなっている。旭川では熱効率の悪化を考慮して実際に計算しても札幌と比べて少ない電力でよいことになる。このことは、図-4.1、図-4.6を見るとわかるように降雪強度の高い降雪は少ない、降雪強度の小さい降雪がかなり多いためである。

ロードヒーティングを施設することにより、スリップによる交通事故が減少することや、冬期間の走行スピードがアップされることなど考えると、都市では今後ますますロードヒーティングを施設する道路が多くなるものと思われる。

6 異常気象による交通障害の例

気象台より発表された異常気象の中から道路交通に大きな影響を与えた1969年2月4～7日、1970年3月16～18日岩見沢～江別間の国道12号線で発生した大雪吹雪による交通障害について道路気象の立場から検討してみる。その実態を1969年に起こった例で示すと、1台の車が吹雪による視程障害のため雪堆に突き込み後続車、対向車とも前進も後進もできなくなり、そのため車両約500台延々3km以上にわたって連なり完全な交通不通のまま一夜を過している。これは二つ玉低気圧のもたらした風雪によるものであるがその時の気象状態をみると表-6.1から知られるように1両日の短い時間に60～70mm(水換算)の降雪(新積雪深では70cm以上)があり、引続く降雪を伴う強い風のため吹雪による飛雪量が非常に多く視程は瞬間的にホワイトアウトと呼ばれるような白い雪のほかにはなにも見えない状態になり交通マヒの原因になったものである。

新積雪は地吹雪発生のための好条件をもつが、吹雪発生条件はこれら積雪の性質にもよるが便宜上風速と気温との関係で表示できる。図-6.1は平坦地での吹雪の観測から得た吹雪発生条件を示す図である。曲線Ⅰはいわゆる低い地吹雪の発生限界、Ⅱは雪が日の高さ以上に達するいわゆる高い地吹雪発生限界、ⅢはⅡでは高い地吹雪にならない積雪状態でもほぼ例外なく高い地吹雪を記録している限界を示す。吹雪はこれらの曲線を越えた範囲でそれぞれの形の吹雪になる。なお、これらの曲線はいずれも降雪時のものである。表-6.1からそれぞれ日平均気温、10分間最大風速を図-6.1にプロットしてみると、上記の例のように交通障害を与える気象状態ではほとんど曲線Ⅰを越えている。冬期の道路では路側の堆雪が高くなるため、低い地吹雪でも道路上の車や歩行者の視程を悪くする。

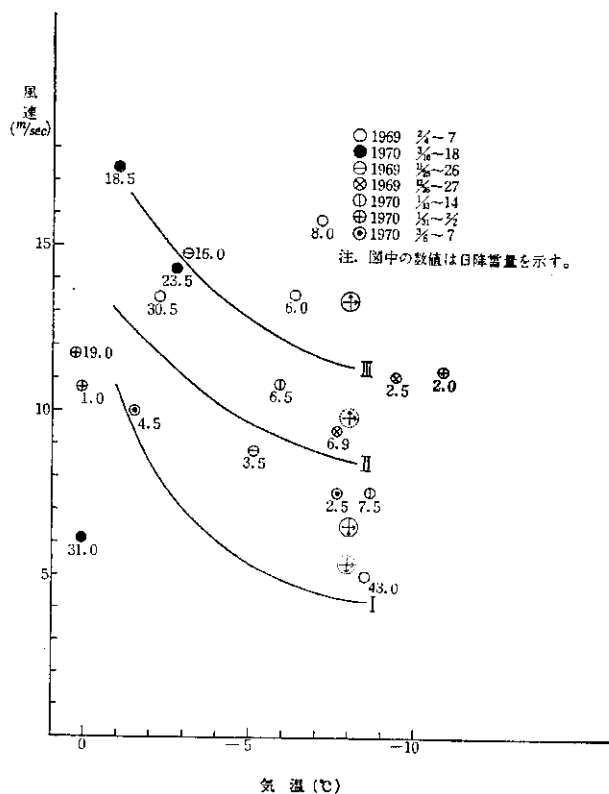


図-6.1 吹雪発生限界と異常気象時の気温と10分間平均最大風速(岩見沢)

また、図の○印は1969年2月4～7日●印は1970年3月16～18日はいずれも1晩以上にわたって交通が完全にマヒしたときであるが、これらはほぼ曲線Ⅲを越えており、強い降雪を伴う吹雪のため視程ゼロを記録したことがよくわかる。この他に路上にはかなりの量の吹溜りができたため交通が再開するまでの降雪作業も難航しその影響は数日継続した。

このような気象現象はこの地方では2年連続して起こったことから見てもわかるようにめったに起こらないものでない。また、北海道ではこれ以上の風雪が記録される地方は少なくない。

このような大きな交通災害になったのは交通量が非常に多いため、一時の視程障害のため短時間の交通停止によっても車の混雑が大きくなり事後処理を不可能な状態にしたためと思われる。

このように今後考えられる交通量の増大、車両の高速化は吹雪などによる視程障害の影響を大きく受けることが考えられる。

あとがき

以上は当該地点における降雪、積雪特性などについて、気象台の過去のデータに基づいてそのいくつかを明らかにした。

平常時における除雪対策はとくに問題はないと思うが、しかし、ドカ雪時にはほとんど強い吹雪を伴うことが多く、交通がマヒしたり、かならず自動車交通に大きな影響を与える。さらに、ドカ雪の合計量が年間総降雪量の約50～70%をも占めていることなどを考えると、吹雪に対する有効な対策と同時に、このドカ雪時の路面積雪をいかにして短時間で除雪処理することができるかが重要な問題であると考えらる。

なお、本報文をまとめるにあたって、前土木試験所第1研究部長村木義男氏（現北海道工業大学教授）ならびに前応用理化学研究室副室長鎌田新悦氏（現富山県技術短期大学教授）に種々の御指導を賜った。ここに深く謝意を表する。

参考文献

- 1 気象協会；北海道の気候，1964年
- 2 気象協会；北海道の気象，第2巻1958年1月第13巻1968年3月
- 3 鷹田吉憲，堂垣内尚弘；道路の除雪，1962年3月
- 4 村木義男，竹内政夫；札幌の降雪，積雪特性と消雪，除雪についての2，3の考察，土木試験所月報第173号1967年10月
- 5 鎌田新悦，福沢義文；旭川と岩見沢の降雪，積雪特性（国土開発幹線自動車道調査報告1970年）
- 6 北海道開発局；北海道における道路除雪の基礎資料，1969年12月
- 7 札幌管区气象台；札幌管区異常気象，1969年5月

士試ニュース

役職員の異動

昭和48年11月1日付

新 役 職	旧 役 職	氏 名
営繕部建築課建築工務係長	企画課施設係長	佐 藤 孝
企画課施設係長	留萌開発建設部企画課建築係長	大 崎 正 彦

昭和48年11月30日発行 編集兼 相 田 俊 郎
発行人

発行所 北海道開発局土木試験所
062札幌市豊平区平岸1条3丁目2番地
電 話 (841) 1111 (代表)

印刷所 興国印刷株式会社
札幌市中央区大通り西8丁目
電話 (241) 4323 (代表)