

土 木 研 究 所 資 料

第 1 9 5 7 号

積雪地域における道路標識に関する調査研究 (その1)

道路標識の着雪とその防止対策

湿雪地域における道路標識の着雪観測実験

標示板の傾斜角と視認性に関する実験

昭和58年3月

建設省土木研究所交通安全研究室

建設省土木研究所新潟試験所

ま え が き

道路標識は道路交通の安全，円滑を図るための施設として設置されているが，積雪地においては標示板への着雪により，道路標識としての機能を損い，道路利用者に大きな不安を与える結果となっている。

このような着雪現象の解明と着雪防止対策に関する調査研究は，まず北海道開発局土木試験所，東北地方建設局東北技術事務所によって行われ，その対策は実際に現道においても実施されてきている。しかし，標示板への着雪状況は，雪質，温度および風向風速などの気象条件により異なっており，雪質を乾き雪，湿雪に分類すると，前述の調査を行った2機関の場合は何れも乾き雪の着雪を対象としているものであり，北陸地方特有の湿雪を対象とした，着雪現象および防止対策については，いまだ検討されていない。

土木研究所では，この湿雪地域における着雪防止対策について検討する資料を得る目的で，昭和54年度より調査研究を行っている。ここでは，これらの結果をとりまとめて以下の項目について報告するものである。

- ① 道路標識の着雪とその防止対策
- ② 湿雪地域における道路標識の着雪観測実験
- ③ 傾斜角と視認性に関する実験

昭和 58 年 3 月

交通安全研究室 室 長 満 田 喬

主任研究員 梶 太 郎

(現中国地方建設局 道路計画第二課長)

大 友 恭 也

新潟試験所 所 長 江 口 正 紀

主任研究員 下 村 忠 一

研 究 員 石 平 貞 夫

松 野 敏 行

目 次

ま え が き	
I 道路標識の着雪とその防止対策	1
1. 道路標識の着雪	1
2. 道路標識の着雪防止対策の現状	1
II 湿雪地域における着雪観測実験	3
1. 実験目的	3
2. 実験方法	3
3. 実験結果	5
3.1 湿雪地域の着雪特性	5
3.1.1 着雪発生と地域特性	5
3.1.2 着雪発生時と剥離時の気象	5
3.1.3 風向と着雪形状	9
3.2 標示板の形状と着雪	11
3.3 標示板の大きさと着雪	11
3.4 傾斜法による着雪特性	12
3.5 表面処理材による着雪防止効果に関する室内実験	12
3.6 着雪予測に関する一つの考え方	15
4. ま と め	15
III 標示板の傾斜角と視認性に関する実験	16
1. 実験目的	16
2. 実験方法	16
3. 実験結果	17
4. ま と め	18
あ と が き	19
参 考 文 献	19
資 料 編	
1) 調査データ	
2) 写真集	

I 道路標識の着雪と着雪防止対策

1. 道路標識の着雪

積雪地における道路標識は、写真－1 および写真－2 に示すように、標示板への着雪によって、道路標識本来の機能が損われてくる。標示板の着雪は、雪質、温度および風向風速などの気象条件により、その発生機構、継続時間などが異なっている。着雪の発生に影響する要因の一つである雪質を湿り雪、乾き雪に分類した場合、着雪の発生機構は、通常次のようにいわれている。

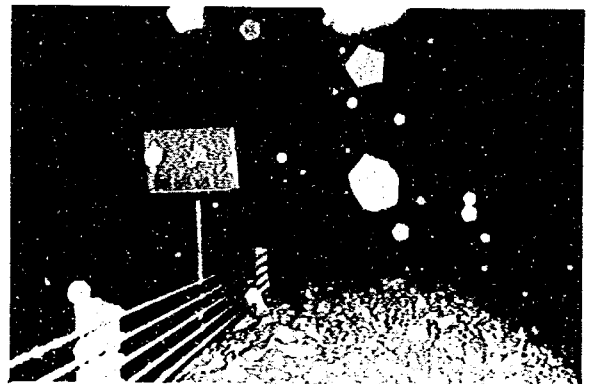
- 1) 湿り雪：0℃前後の比較的暖い時の雪はその中に含まれる水の表面張力によって着雪する。この場合の付着力は雪の重さに比べてかなり大きいので風の有無に関係なく着雪する。氷点下の水分を含まない雪の場合で昼間日射などで標示板が暖められている時には雪の一部が溶けて同じように水の表面張力によって付着する。
- 2) 乾き雪：氷点下の水分を含まない乾いた雪の場合には湿り雪の場合とは異なり、氷点下の温度でも氷の表面に存在するといわれる。薄い液状膜による接着力や雪と標示板との摩擦力などによって着雪するものと考えられる。乾いた雪は軽いためにこれらの小さい力でも着雪するものと思われるが、量的に正確なところはまだよくわからない。乾いた雪は湿雪に比べて付着力が小さいため雪が標示板に触れただけでは着雪しない。一般に4～5 m/sec以上の風速の時に乾いた雪が標示板に衝突すると着雪する。

(出典：新防雪工学ハンドブック、(社)日本建設機械化協会)

このように標示板の着雪は、雪質、風向風速などの気象条件によって大きく左右されるため、雪質と気象条件の違いによる着雪現象を把握したうえで、着雪防止対策を検討する必要がある。



写真－I.1 着雪状況
(国道41号，中部地方建設局提供)

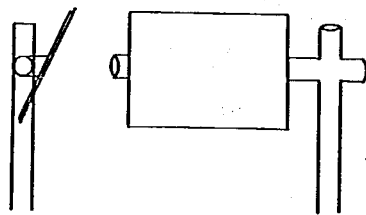
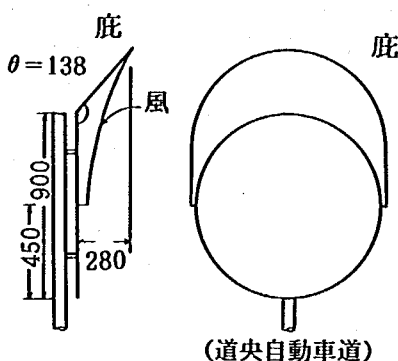
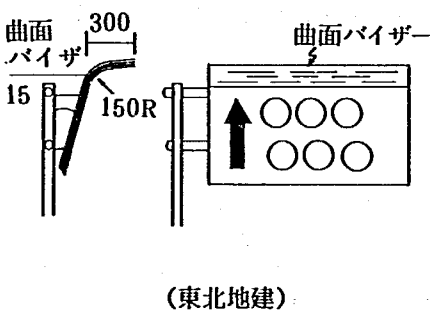
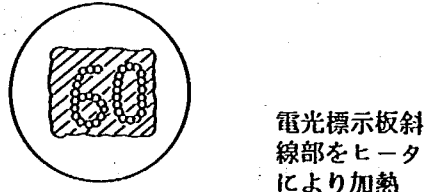


写真－I.2 着雪状況
(北陸自道車道，日本道路公団提供)

2. 着雪防止対策の現状

道路標識の着雪防止対策としては、北海道開発局土木試験所、東北地方建設局東北技術事務所、日本道路公団等によって検討され、現在までに表－I.1に示す種類のものが実用化されているが、この中でも底をつけたバイザー方式が、北海道、東北地方などの乾雪地帯では比較的效果があるとされている。しかし、この方式はバイザー、基礎などの改良によって施設費が増加することから、経済的な面で問題があるようである。また、着雪防止の最も経済的な方法として、風の流れを変えるために、

表-I.1 着雪防止対策(例)

	方 法	概 略 図
① 標示板のまわりの風の流 れを変える方法	a) 標示板を下向きに傾斜させる方法 (傾斜法) 標示板が垂直に立てられている場合に標示板の中心に位置するよどみ点を傾斜させることにより、上部に移動させ、着雪を防止しようとするものである。完全な防止は出来ないが、かなりの効果が期待できる。	
	b) 底による方法(バイザー式) 標示板に右図のような底をつけ、風を底で受け標示板に沿う風の流を強くして、着雪を防止する。	
	c) 底による方法(バイザー式) a) およびb)の方法を併用した方法で、風の流を変えて着雪を防止する。	
② 熱による方法	面発熱体、電熱ケーブルなどで標示板を加熱し、雪を融解する。	

標示板に傾斜角を付する方式もあるが、この方式については、近年、案内標識に10～15度の傾斜角を付している例が多く見られる一方で、案内標識以外の標識(規制、警戒など)に採用されている例は少ない。その他の着雪防止方法として、高速道路などの主要幹線の一部で、着雪した雪を解かすため表示部に電熱線等を封入している例があるが、高価であり一般道路ではほとんど行われていない。このように、現在のところ着雪防止対策として、経済性等を考慮した最も効果的な方法は、まだ確立されているとはいえない状況にある。

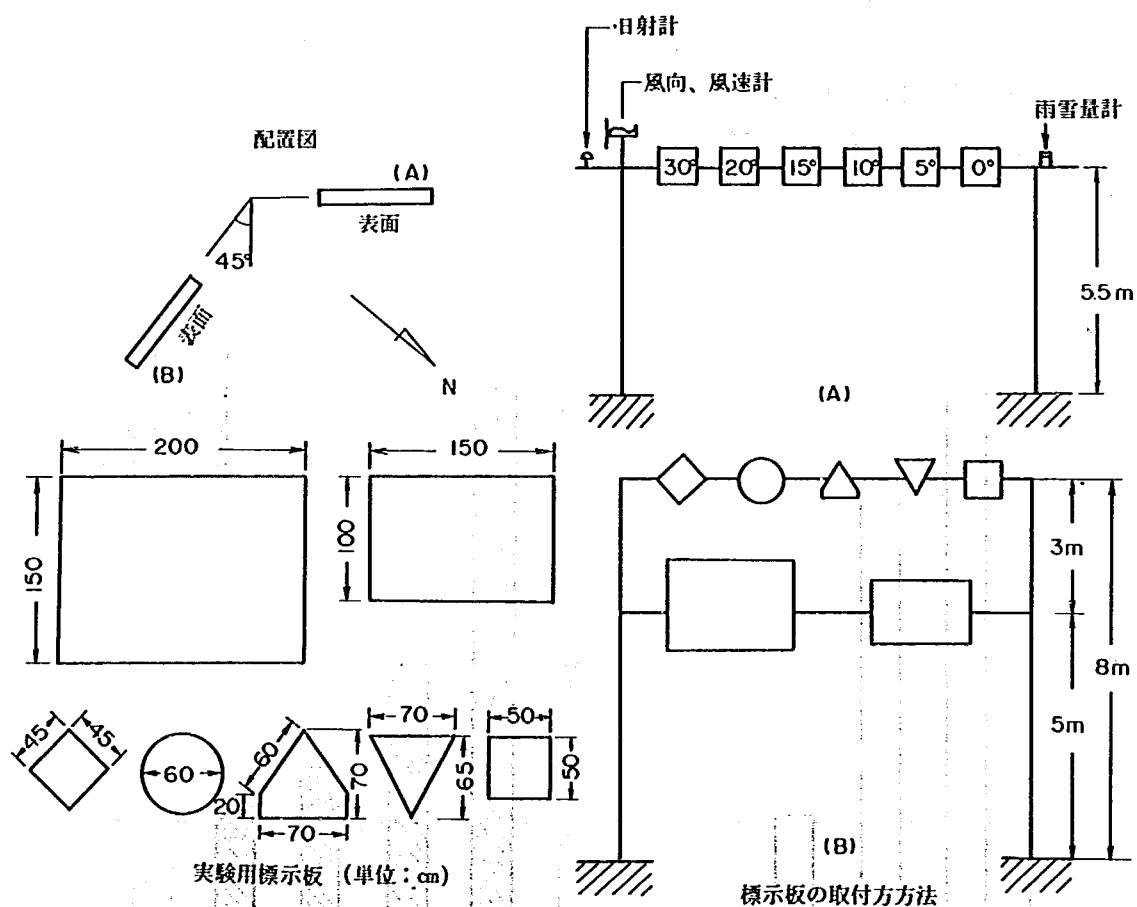
II 湿雪地域の着雪観測実験

1. 実験目的

湿雪地域の標示板に発生する着雪、冠雪現象を自然気象条件で実態観測をすることにより、その特性を把握し、北海道、東北地方の乾雪地方の道路標識における着雪実験と併せて、雪寒地域に適した道路標識の着雪防止対策の基準化および設置工法の基準化を図ることを目的として、実施したものである。

2. 実験方法

本調査は、昭和54年度に新潟県新井市大字土田地先の上新バイパス予定地（北陸地方建設局高田工事事務所管内）にまず図－Ⅱ・1に示す(A)タイプの門型柱を設置し、傾斜角別の着雪状況を把握するとともに、共に風向に対する着雪状況の調査を行った。さらに、昭和55年度は(B)タイプに示すように54年度設置した門型柱に対し、約135度の開き角度を付けた門型柱を追加設置し、風向と着雪特性に関する調査および標示板の大きさ、形状別による着雪状況調査を行った。



図－Ⅱ・1 着雪観測施設の概要

2.1 観測方法

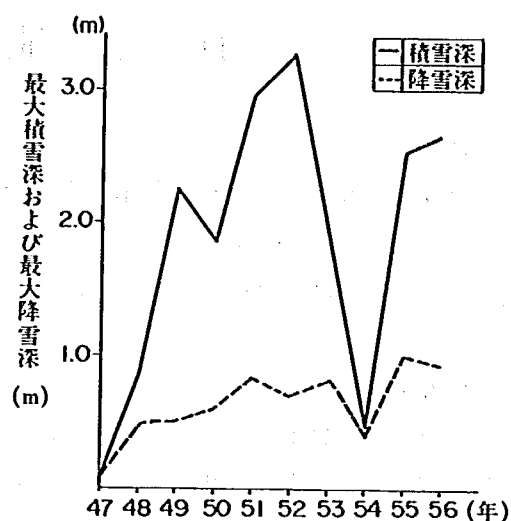
観測項目としては、吹雪もしくは降雪開始時から着雪の剥離終了までを1回の観測工程として下記

項目について1～2時間間隔で測定を行った。

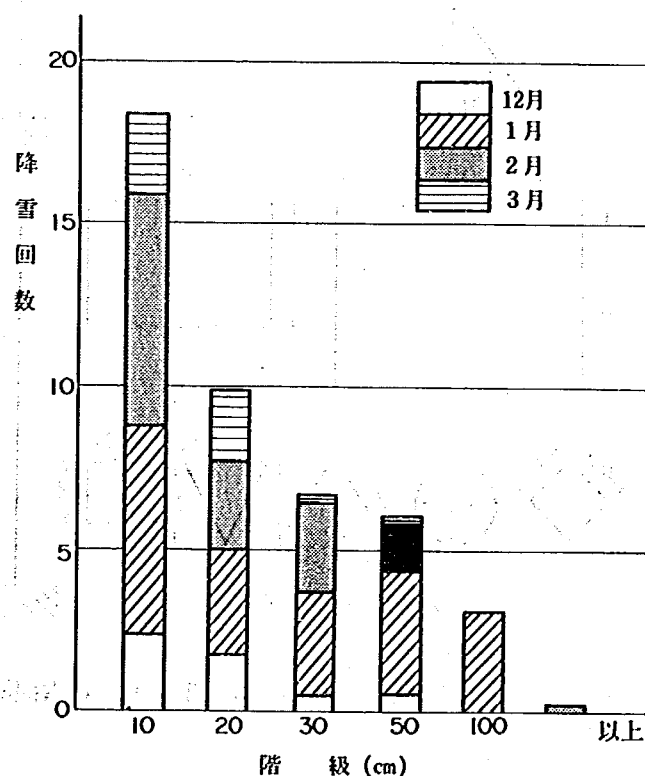
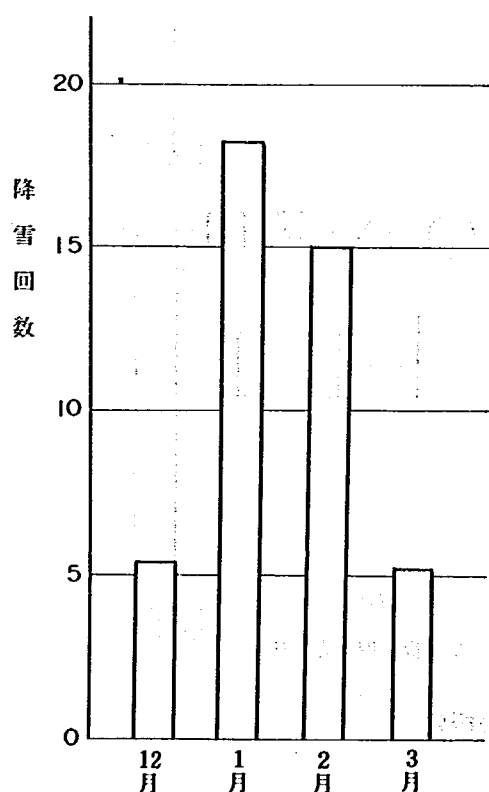
- ①着雪状況：着雪量，着雪形状等を調べるために，35mmカメラにより正面から撮影
- ②風向，風速：標識柱の上部に設置した自記風向，風速計により測定
- ③温度：気温と標示板の裏側の温度をC，C熱電対により連続測定
- ④熱量：エコ型日射計を用いて，熱エネルギー量の連続測定
- ⑤吹雪の結晶：飛散してくる雪結晶のマクロ写真撮影

2.2 観測地の降雪概況

この地域における積雪の深さは，図－Ⅱ・2に示すように雪の少ない冬を除いては平年の積雪の最大深さは2～3mである。根雪期間は12月末から4月上旬までとなっているが，豪雪時には4月中旬まで雪が残ることもある。また，着雪回数に影響する降雪日数は過去5年間の平均を求めると，図－Ⅱ・3に示すように1，2月が最も多く，降雪深をみても20cm以上の日が多くある月も1，2月となっている。このように着雪から見た場合も着雪が発生する条件は，1，2月に集中しているものと思われる。



図－Ⅱ・2 試験地付近の10年間の最大積雪深と年最大降雪深（新井公民館）



図－Ⅱ・3 5ヶ年平均降雪回数（新井市）

3. 実験結果

3.1 湿雪地域の着雪特性

3.1.1 着雪発生時の地域特性

着雪する雪の地域的特徴を表わす乾き雪，湿り雪の分類基準は，気温が 0°C 以下の氷点下では乾き雪，気温が 0°C の雪の融点付近では湿り雪とされているが，この地域的な気象の特徴を気温で比較すると，表-Ⅱ・1に示すように，北海道，東北と北陸とでは明らかに地域差がみられる。

このように，降雪の雪片形状等は気温に支配されるため，着雪状況は当然異なってくるものと思われる。これらの気温概況からの推察より，実際に着雪が発生した時の気象条件¹⁾と北陸の観測結果から気温と風速により地域的な特性を求めると，図-Ⅱ・4に示すように地域分布特性が得られた。この結果から気温等の地域性について見ると，北海道，東北における着雪時の平均気温は -5°C とほぼ同じであるが，平均風速は，北海道 10m/s ，東北 $7\sim 8\text{m/s}$ となって差は見られる。このようにいずれも風が強く，気温が低いことからこの場合の雪は明らかに乾き雪で，標示板に雪片が衝突する形式の着雪であることがわかる。これに対し，北陸の場合は気温が -0.8°C ，風速が 2m/s となり，雪の融点付近の微風に近い状態で雪片が標示板に付着する着雪が多く現われていることから，北海道，東北の場合に比べ着雪の形態が異なるものであることがわかる。これに対し北海道，東北地域においても 0°C 付近での着雪は発生するが，降雪量が多くなれば風が強いいため，すぐに剝離して障害になるようなものではないようである。また，新井における観測の中で，昼間時の着雪の発生は，気温がプラスの場合が多いことから標示板に雪が付着しても，その雪は間もなく融解されるため持続性はない。このため，視認性から見た場合，標示板の機能は損われない。これら，地域的特徴を現わす着雪状況の一例を写真-Ⅱ・1・2に示す。

3.1.2 着雪開始と剝離時の気象

図-Ⅱ・5の例から着雪の開始と剝離について，その概要を以下に述べる。

(1) 着雪開始

図-Ⅱ・5(a)は着雪の開始についてみるために各気象との関係を15分単位にプロットしたものである。着雪率については1時間に1回の測定であったため，温度等からの直接的解析は困難である。し

表-Ⅱ・1 日最低気温の月平均比較

地名 \ 月	1	2	3	平均
札幌	-9.5	-9.0	-4.3	-7.8
盛岡	-6.7	-6.3	-2.9	-5.3
高田	-1.4	-1.8	0.0	-1.1

55年度版理科年表(1941~1970)

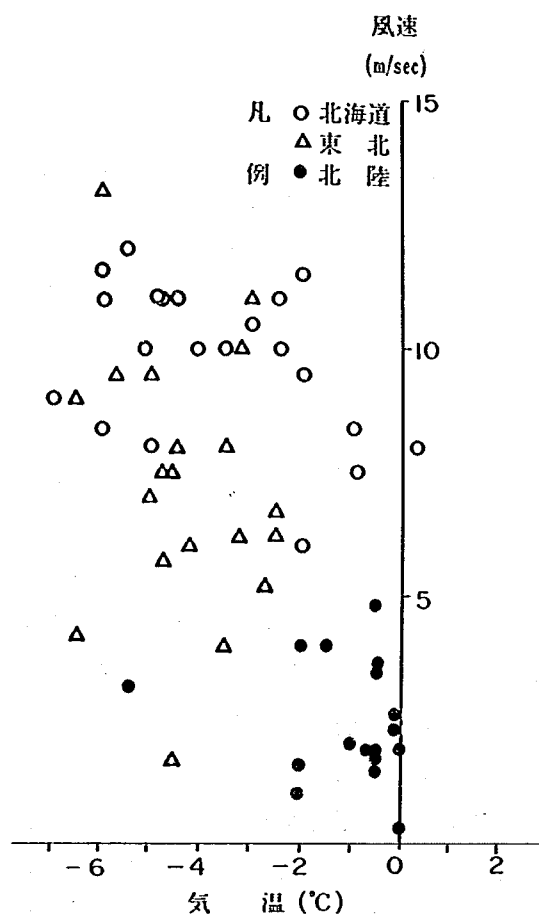
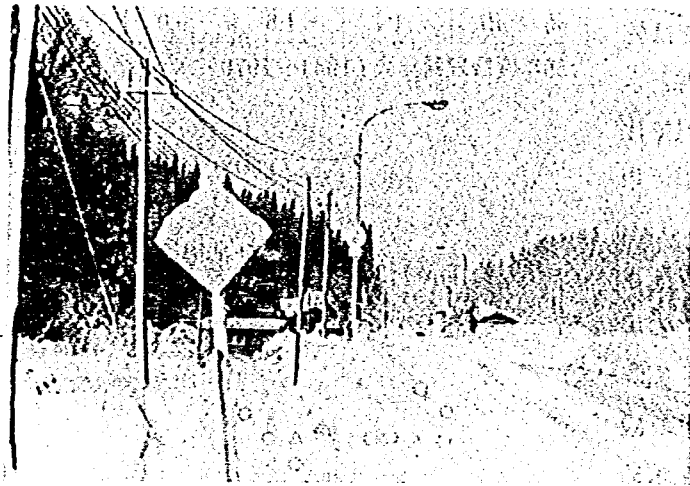
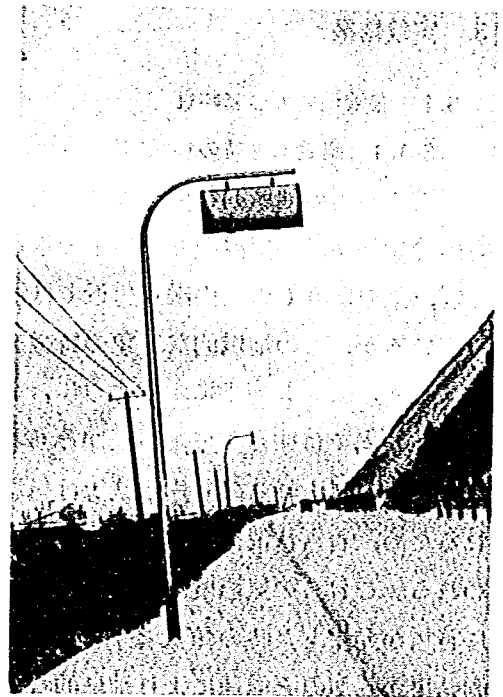


図-Ⅱ・4 気温，風速からみた着雪の地域性
凡 ○ 北海道
△ 東北
● 北陸



写真－Ⅱ・１ 北陸の着雪例



写真－Ⅱ・２ 北海道の着雪例

かし、傾向としては気温が氷点下になり、標示板の温度が下降する時点において一定の風速があれば着雪するものと推定される。着雪開始時の気象と、着雪率の関係を表－Ⅱ・２に示している。次に個々の気象因子と着雪については図－Ⅱ・６，Ⅱ・７に示すように 0°C 以下の気温であることが必要であることがわかり、気温が -3°C 以下では着雪率が非常に低い。そして、 $-1^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$ の間での着雪率が最も高く、気温がこの範囲だと着雪しやすいことがわかる。

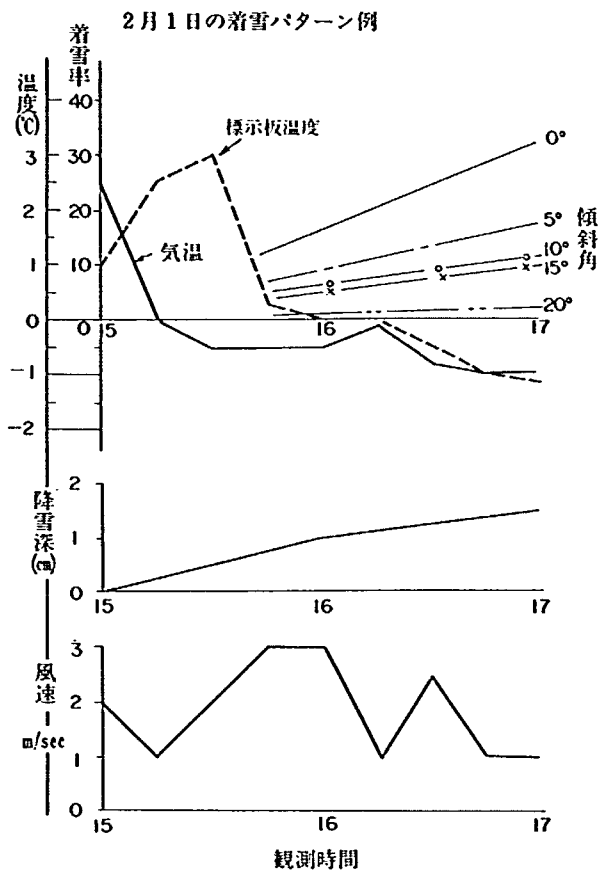
また、風速が弱いからといって必ずしも着雪率が低いとは限らず、風速が $0\sim 1\text{ m/s}$ の範囲でも着雪率が 100% の場合もある。

同様に標示板温度から見ると、温度が 1°C 以下になると着雪が始まり、 $-2^{\circ}\text{C}\sim 1^{\circ}\text{C}$ の間で着雪率が最も高く、雪温については、 -1°C 以上のときに着雪しやすいことがわかる。

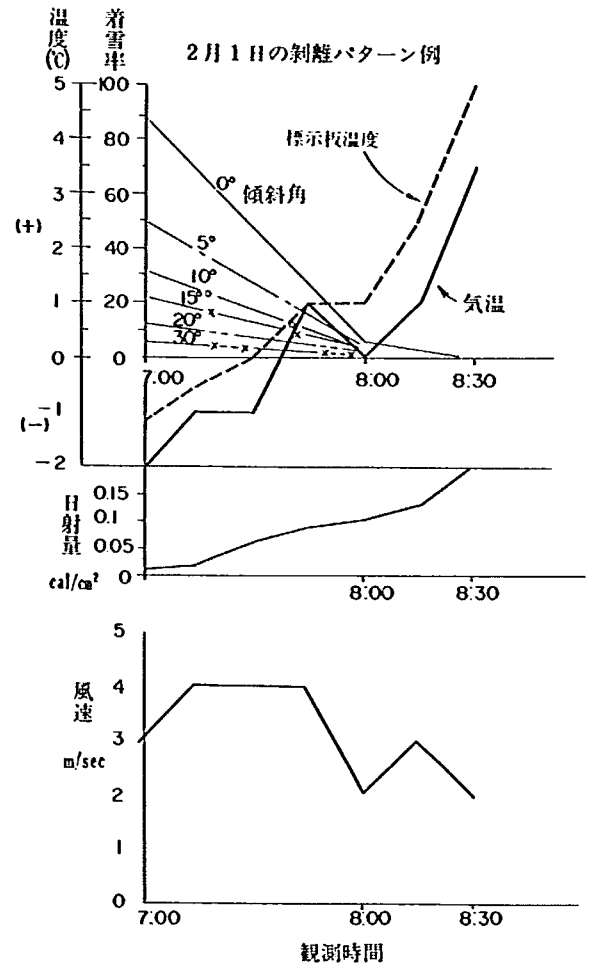
降雪深と着雪にはあまり関係がみられないが、降雪深が 3 cm/h 以上になると、着雪率の増加が 100% にな

表－Ⅱ・２ 着雪開始時の気象と着雪率

日 時	($^{\circ}\text{C}$) 気 温	($^{\circ}\text{C}$) 雪 温	($^{\circ}\text{C}$) 標示板 温 度	(m/s) 風 速	風 向	(cm/h) 降雪深	(%) 着雪率
2/26 22:00	-5.4	-2.5	-4.7	3.2	WNW	0	4.9
23:00	-6.4	-4.3	-5.3	3.3	WNW	0	4.9
3/6 14:10	-0.1	0.2	-0.5	2.6	NE	7.2	68.4
14:20	-0.1	0.2	-0.5	2.9	NE	9.0	93.2
14:30	-0.3	0.2	-0.5	3.7	ENE	8.4	96.2
15:00	-0.4	0.2	-2.2	2.6	NE	4.5	96.4
3/10 16:40	-0.7	0.2	0.3	2.1	WNW	3.0	6.6
3/11 1:10	-1.0	-0.8	-0.8	4.9	NNW	0	89.1
1:20	-1.0	-0.8	-0.8	5.4	NNW	0	89.1
3/16 20:00	-0.5	-0.5	-0.3	4.8	ENE	3.0	100
20:10	-0.5	-0.5	0.2	3.3	NE	3.0	100
1/26 18:00	-2.2	-1.0		2.8	N	1.0	0
1/27 1:00	-2.9	-1.5		2.5	NW	0.5	0
2/19 15:00	0.4	0.3	1.5	3.3	NE	0.5	0
16:00	0.4	0.2	0	2.7	ENE	0.5	0
2/27 0:00	-7.2	-4.2	-6.4	1.2	SSE	1.9	0
2:00	-6.5	-4.2	-7.0	0.9	SSW	1.1	0
4:00	-8.0	-5.5	-6.8	2.6	W	0.8	0



(a) 着雪開始



(b) 剥離開始

図-Ⅱ・5 着雪開始時および剥離時の気象条件

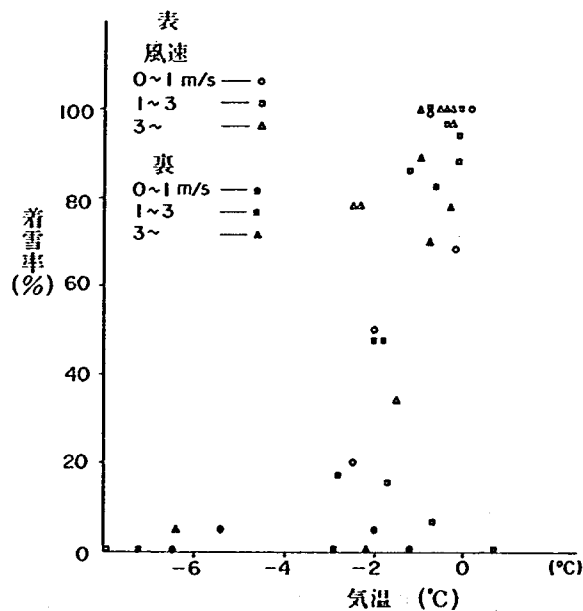


図-Ⅱ・6 気温と風速と着雪率

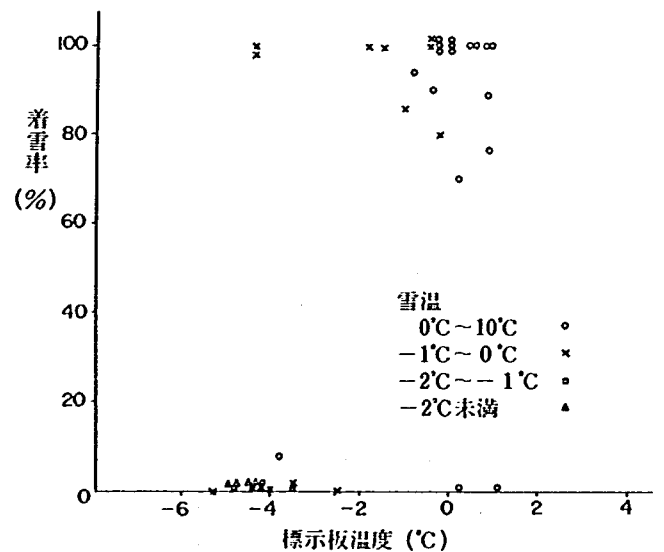


図-Ⅱ・7 標示板温度と雪温と着雪率の関係

るものがでてくることから、降雪深が3 cm/h の状態が続くと短時間でも着雪率が増加することがわかる。以上個々の因子と着雪の関係について考察したが、着雪開始時の気象と着雪率との関係は降雪があり気温が下がって氷点下となり、それと同時に標示板温度が1℃未満となると着雪が始まる。このとき雪温が-1℃以上の湿雪で、雪片状の雪だと一層着雪が起こりやすく、降雪量が3.0 cm/h 程度以上で風向が標示板に直向しているときの着雪率は短時間（10分間位）で60%以上の高い値となる。

また、標示板温度が0℃～1℃の間では、標示板と雪との間の付着力があまり大きくないので、着雪が進み着雪重量が大きくなり、雪の重力が板と雪の付着力より大きくなると雪は落下するが、この場合標示板温度が0℃未満になると、雪が板に凍着する状態となって付着力が大きくなるので、雪の剥離落下が起こらなくなる。しかし、降雪があっても、気温が低く粉雪が降るような場合、または、あられ状の雪が降るような場合には着雪はほとんどみられない。

以上の点から単純に言えば、北陸地方のような気温の高い湿雪地域において、着雪が始まるのに必要な条件は、降雪が3 cm/h 以上でかつ気温が0℃に近い温度であるということになる。

(2) 剥離パターン

剥離についても着雪の観測が1時間に1回のため、図-Ⅱ・5(b)に示すように剥離過程を直接的に示さざるを得ないが、その傾向としていえることは日射と同時に気温等も上昇し、標示板の温度がプラス側になると板との付着部が融解され、自然落下あるいは風の振動によるきっかけを得て剥離が分単位あるいは瞬時に終了することが推定される。以上のように着雪と剥離特性については、現象の実態を連続的に観測することによって、気象との関連からパターン別に明らかにすることが可能であろう。これまでに述べたこのような概観的な特徴から剥離が終了（着雪率が0%となったとき）したときの気温、標示板温度についてみると、表-Ⅱ・3より気温では最低が-1.9℃であるが、ほとんど

表-Ⅱ・3 剥離と気象状況

(剥離して着雪率が0%になったとき)

日	時	天候	気温 (℃)	風速 (m/s)	風向	標示板 温度(℃)	雪温 (℃)
1/14	9:00	晴	-1.9	-	S	-	0
1/20	9:30	晴	1.7	0	N	-	0.2
1/21	11:30		1.0	-	-	-	0
1/30	10:00	晴	4.0	0.9	W	-	0.1
3/7	9:10	晴	1.6	1.1	S	2.7	-0.6
3/11	7:00	雲	0	0.6	ESE	0.1	0
1/17	9:30		-0.5	0	S	0.1	0
1/20	10:00	晴	2.1	0	N	2.5	0.2
1/21	11:45		3.0	-	-	-	0
1/30	11:00	晴	6.2	1.1	NNW	13.6	0
3/7	9:00	晴	0.2	2.2	S	2.9	-1.2
3/11	6:00	雲	-0.5	2.5	ENE	0.5	-0.2
3/16	22:00		-1.0	2.1	NE	1.5	-

表-Ⅱ・4 剥離と気象状況

(着雪率が急激に減少したとき)

日	時	気温 (℃)	気温の 上昇(℃)	風速 (m/s)	標温 (℃)	標温の 上昇(℃)	雪温 (℃)	着雪率の 減少(%)
1/20	9:00	-1.0	0.5	0.1	-	-	0.1	85.2
1/21	11:30	1.0	1.2	-	-	-	0	79.8
1/30	10:00	4.0	5.3	0.9	-	-	0.1	100
3/7	8:50	0.2	0.4	2.6	1.6	0.4	-1.8	78.9
3/11	7:00	0	0.5	0.6	0.1	0.8	0	70.0
3/16	22:00	-1.0	0	2.1	1.3	1.5	0	70.9
1/30	10:00	4.0	5.3	0.9	12.8	18.0	0.1	63.0
3/7	8:40	-0.2	1.3	3.2	0.9	0.9	-1.8	67.4
3/16	22:00	-1.0	0	2.1	1.5	0	-	83.4

がプラスでかつ、そのときの標示板温度も全てプラスである。このことから気温が上昇し、標示板温度がプラスになると完全に剥離が終了することがわかる。これは、板と接触している雪が融けて、水分が潤滑材となって落下するものである。また、表-Ⅱ・4、図-Ⅱ・8より着雪率が急激に減少する場合は、気温か標示板温度のどちらかが大きく上昇したときか、2つの温度がマイナスからプラスにな

ったときであることがわかる。このようなことから剥離時の気象状況をまとめると、気温が上昇するか、日射により標示板温度が -1°C 以上になると剥離の可能性が高くなり、標示板温度がプラスになると着雪はほとんどなくなるといえる。このとき、標示板温度がマイナスからプラスに急激に上昇した場合や温度上昇がほとんどなくても突風により標示板が振動した場合には、短時間あるいは一瞬に着雪が落下するが、温度上昇が遅い場合には剥離もゆっくりで、雪が徐々にすべり落ちて行く形態となる。

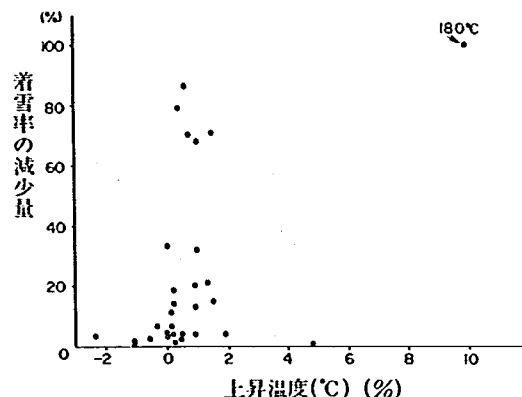


図-Ⅱ・8 着雪率の減少量と標示板の温度上昇の関係

3.1.3 風向と着雪形状

これまでに行なわれた研究例から風向と着雪形状の特徴として、吹きつける風向によって標示板によどみ点（風の滞留）が発生し、そこを中心として着雪するという風洞実験の報告がある²⁾。この現象が実際の気象下で、風向によってどのように変化するかについて調査した結果の一例を図-Ⅱ・9に示す。図-Ⅱ・9は着雪開始時（1時間以内）の着雪形状を模写したものである。この場合標示板に直向する風向はN方向であり、傾斜をつけていないので全面に着雪する。しかし、NE方向では、標示板に約45度の斜め方向から風が流れるために図中に示されるような着雪形状となって、風速のよどみ点が発生していることがわかる。また標示板の裏方向のE, S, W方向からの風向による着雪は、標示板を通過した風が板面付近で滞留して、よどみ点が発生するため、雪片の付着による着雪の成長で、山岳等の稜線に発生する雪庇の成長過程と同じであろうと思われる。

観時 測間	A						B							風 向 (候時)	風 速 (候時) (m/s)	気 温 (候時) (℃)
	A (30°)	B (20°)	C (15°)	D (10°)	E (5°)	F (0°)	大 板 (案内)	中 板 (案内)	ア	イ	ウ	エ	オ			
1/19 20:00														NE	3.1	-1.5
21:00														NE	3.0	-1.8
22:00														N	4.1	-1.9
23:00														NNE	2.5	-2.0
0:00														N	0.2	-2.0
1:00														WNW	0.1	-2.0
2:00														N	0.1	-2.0

図-Ⅱ・10 設置位置と着雪形状

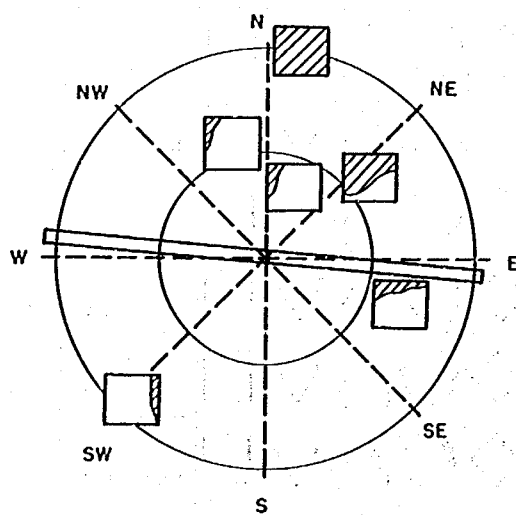
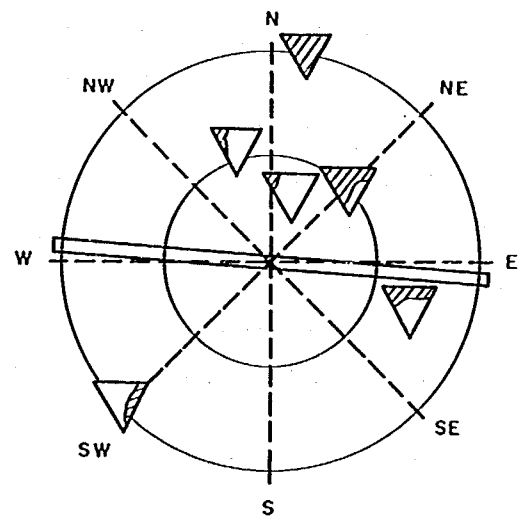
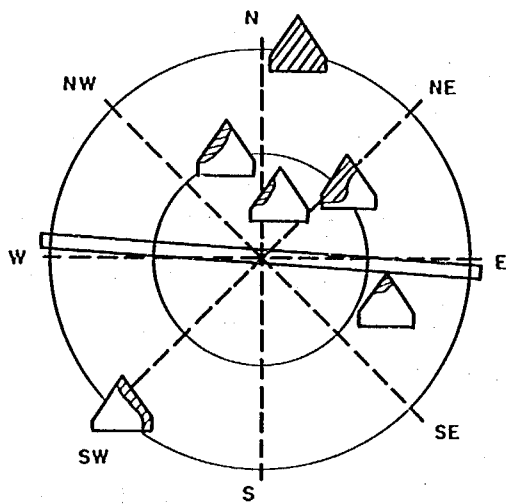
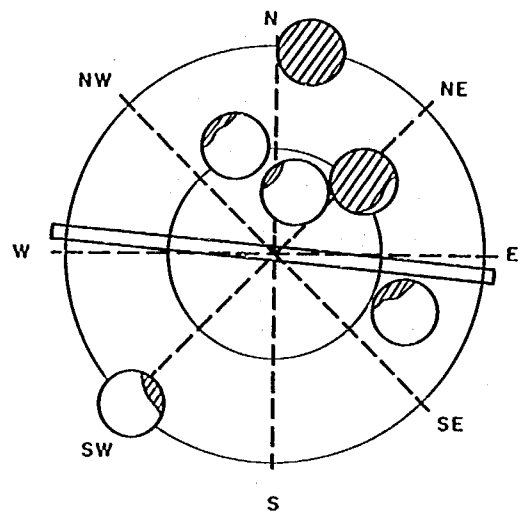
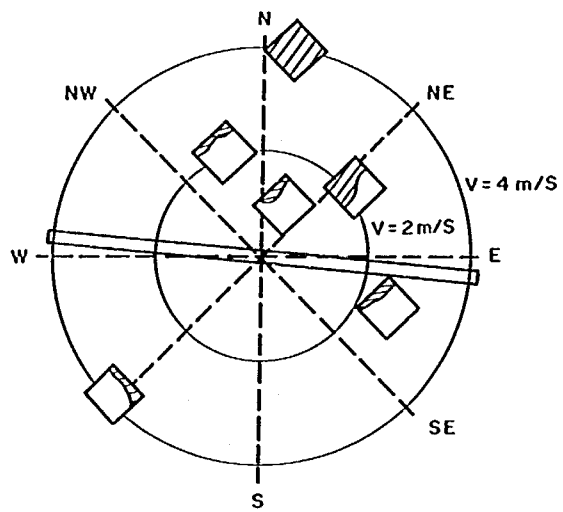


図-Ⅱ・9 板形状と風向別着雪形状 (着雪開始時)(着雪形状は正面から見た模写)

このような実態観測の結果から前述の風洞実験の現象が自然気象下でも起ることが実証されたといえるが、着雪にはこれ以外のいろいろな気象要素が関係するため、同じような風向によってもこのような着雪形状にならない場合もある。また、実際の気象下では風向あるいは風速が変化するにもかかわらず、着雪開始後最大着雪率になるまでの着雪形状は着雪開始時の風向によって決まる例が非常に多いが、このことは湿雪地域の風速が弱いため雪片の付着によって着雪率が増加するという湿雪地域特有の特性を示しているといえる。

以上のように風向と着雪形状の特性から、標識の設置位置が異なる場合の着雪形状を図-Ⅱ・10に示す。図-Ⅱ・10は、図-Ⅱ・1の実験施設に設置されている標示板に対して、同時刻に着雪した形状を示したものである。この結果からみると、北方向からの風は施設(B)に正対するが、北東方向からの風は(B)に概ね45度の角度で標示板に吹きつけることになる。この時の北東方向の風は、(A)の施設に正対するので風向による着雪特性が計測でき、着雪成長時の風向変化の影響はあまり受けないことになる。このように、設置位置が変わることによって、着雪率が異なることから標識を設置する場合、その地域の平均風向を考慮することによって、着雪が軽減できると考えられる。

3.2 標示板の形状と着雪

板の形状と着雪率の関係を示したのが表-Ⅱ・5である。この表から形状による着雪率の差はあまりはっきりでていないが、五角形の板の着雪率がやや少なく、逆三角形の板の着雪率がやや多くなっており、他の3枚はほとんど同じである。

これは湿雪地域で風も弱い場合には、着雪は標示板の上部から成長し始め、板の上方で着雪が止まる場合も多いため、標示板の上方が大きい逆三角形の板の着雪率がやや多く、板の上方に頂点のある五角形が、着雪率が全体的にやや少ない結果となっている。

規制標識については、逆三角形のものが2種類あるので、これらの設置の向きについて考慮することも必要であろう。

3.3 標示板の大きさと着雪

標示板の大きさと着雪率についての解析結果を、図-Ⅱ・11に示す。この図は、55、56年度の着雪観測データにもとづいて、着雪発生時から大きさの異なる標示板が最大着雪率となったときの着雪率（面積率）より、平均値と標準偏差の分布を表わしたものである。この図より、着雪率は着雪時の気象が異なるため、全体の分布範囲がかなりの幅を持っているが、標示板の大きさが小さい場合（50×50 cm）に比べ、大きい方が着雪率が少ないことがわかる。また、小さい標示板の着雪率が最大となったときの時刻における他の2枚についてみれば、着雪率の差はさらに大きくなっている。また、この上下限值よりはみ出している場合の着雪は、気温0℃、風速0m/sで降雪量が2cm/hの場合と、気温が-1℃以下、風速が2m/s以上で、降雪量が4cm/hというような降雪量が多い場合に発生するもので、標示板の大きさによる差がない場合の着雪の例を示している。

表-Ⅱ・5 板の形状による着雪率の違い

(上, 最大値)
(下, 平均値) (着雪率 %)

観測日 \ 形状	◇	○	△	▽	□
1/12~1/13	100	100	100	100	100
	90.1	72.8	64.6	82.9	74.3
1/13~1/14	70.6	44.7	40.3	73.4	48.9
	65.7	36.8	27.1	58.5	36.0
1/19~1/20	17.7	18.8	20.1	28.5	25.0
	7.7	6.8	6.9	5.9	6.5
1/29~1/30	100	100	100	100	100
	76.4	75.4	75.2	76.6	74.9
2/25~2/26	40.4	27.8	18.9	32.0	32.8
	14.8	12.5	8.3	17.4	13.9
2/26~2/27	9.1	18.0	22.2	8.5	4.9
	5.9	11.8	7.8	4.3	2.6
3/6~3/7	100	97.5	91.9	99.4	96.4
	80.4	77.8	70.9	85.2	82.1
3/10~3/11	75.7	87.4	70.2	87.8	89.1
	26.1	21.3	17.4	21.0	19.6
3/16~	100	100	100	100	100
	53.4	53.0	51.4	56.4	54.7

3.4 傾斜法による着雪特性

3.4.1 着雪防止効果

着雪を防止する方法として、標示板に傾斜角をつけると効果があるといわれているが、それらの特性を求めると図-Ⅱ・12、写真-Ⅱ・3に示す結果が得られた。図-Ⅱ・12は、1回の着雪時の各々の傾斜角における最大着雪率を表わしたもので、54年度から56年度までの3冬期間のデータであり、その着雪回数は26回となっている。この図から見ると、傾斜角別には一般に傾斜角に応じて着雪率が減少する気象と破線で示されているような傾斜角の大きい30度の場合でも標識板面積50%以上もの着雪率となる場合のあることが明らかとなっている。この傾斜法が効果の得られない30度近くで着雪する時の気象は、湿雪地域特有の気象条件で3.3.3で述べた条件と同様気温0℃以上か0℃に近いマイナス気温、風速が0 m/sか2～3 m/sの微風時で降雪量が2～4 cm/hの場合であって、3冬期間の観測回数の中では20%弱を占めている。しかし、気温が0℃付近の多着雪を除けば、一般的な傾向としては傾斜角に応じて着雪率が減少することからその特性を回帰式で求めると、平均的な傾斜角別の着雪率として次のようになる。

$$Y = 82.4 e^{-0.07X} \quad \text{相関係数 } 0.84$$

但しここで Y：着雪率（％）

X：傾斜角（度）

この式から、マイナス気温の条件で発生する着雪の最大値の目安を推定することもできる。しかし、風の弱い気象の時には、傾斜角が増すことによって標示板の裏側に雪をためる受皿となり冠雪になる可能性があるため、これらの点を考慮した最適傾斜角を選ぶ必要がある。

3.5 表面処理材による着雪防止に効果に関する

室内実験

標示板の着雪は板の表面を加工することによって、防止効果が期待できるのではないかという考えから、表面処理の材質と着雪について実験を行った。実験に使用した材質を表-Ⅱ・6に示すが、この着雪防止材としての供試体には塗料およびフィルム of 2つがあり、前者は屋根雪がトタンと凍着するのを防止するために開発されたもので、雪や氷の表面の水と板との表面張力を小さくして、凍着を

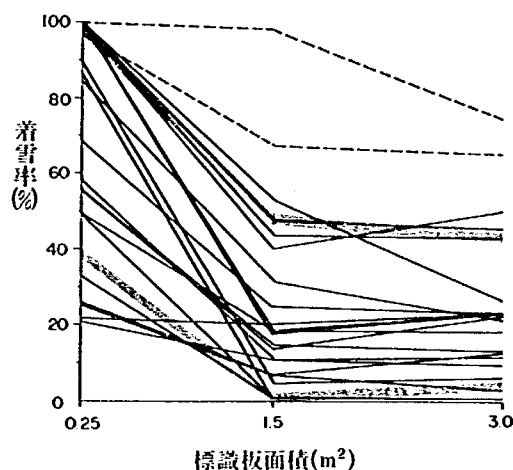


図-Ⅱ・11 標識板面積別最大着雪率

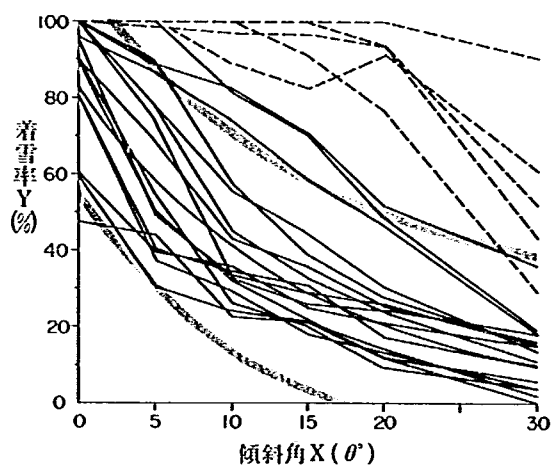


図-Ⅱ・12 傾斜角別着雪率

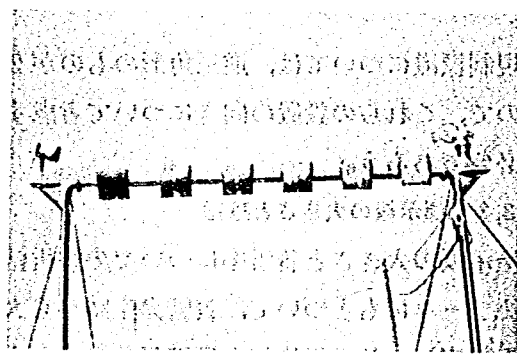


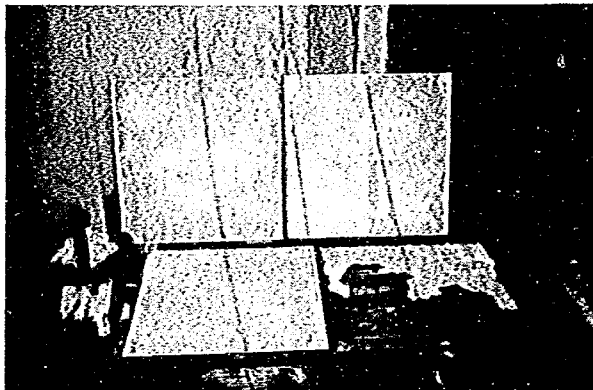
写真-Ⅱ・3 傾斜角別着雪状況

表－Ⅱ・6 実験に使用した標示板の材質

板の番号	板 の 材 質	備 考
1	アルミ合金板に普通輝度反射シートを貼付したもの	
2	アルミ合金板に半分だけ普通輝度反射シートを貼付したもの	2-A 2-B 2-C
3	基板(アルミ合金板)に高輝度反射シートを貼付したもの	
4	1の表面に着雪防止塗料を塗ったもの 塗料：フリーズノン(雪・氷の離型，凍結防止剤) 成分……トルエン，キシレン	
5	3の表面に着雪防止塗料を塗ったもの 塗料：同 上	
6	1の表面にフッ素系樹脂を貼付したもの フッ素樹脂：4フッ化エチレン，6フッ化プロピレン共 重合樹脂	
7	アクリル板にフッ化ビニールフィルムを貼付したもの	
8	アルミ合金板	

防止しようとするものである。また，後者はフッ素系樹脂およびフッ化ビニールフィルムがあり，一般的に表面エネルギーが低く優れた離型性，非粘着性を示し，やはり水と板の表面張力を小さくして着雪防止するために開発されたものである。

これらの種類の標示板と雪の付着性を調べるために，板上50 cmの位置から400 gの粉碎した雪をふり落とし，雪が全部ふり落ちたところで板を裏返してみると，写真－Ⅱ・4のような結果となり，着雪防止塗料を塗った板は，雪との付着力が非常に小さいことがわかる。また，同じような実験で400 gの雪をふり落とし，板を裏返したあとで板を約2 cmの高さから10回落下させると，塗料を塗布した板は雪が剥れたことから，着雪防止措置をしていない板に比べて，雪との付着力が小さいことがわかる。



写真－Ⅱ・4 防止材による着雪効果



写真－Ⅱ・5 屋外実験(防止材の着雪防止効果)

以上のように板に防止措置を施すと，雪との付着力が小さくなるようであるが，さらに室内で風を送って雪を吹きつけたときにおける着雪防止効果については，図－Ⅱ・13からわかるように，防止材の中でもフィルムを貼付する場合より，塗料の方が着雪重量が少なく，特に高輝度反射シートに塗料を塗ったものは着雪しにくいという結果が得られた。他の板についてみると，アルミ合金板と半分

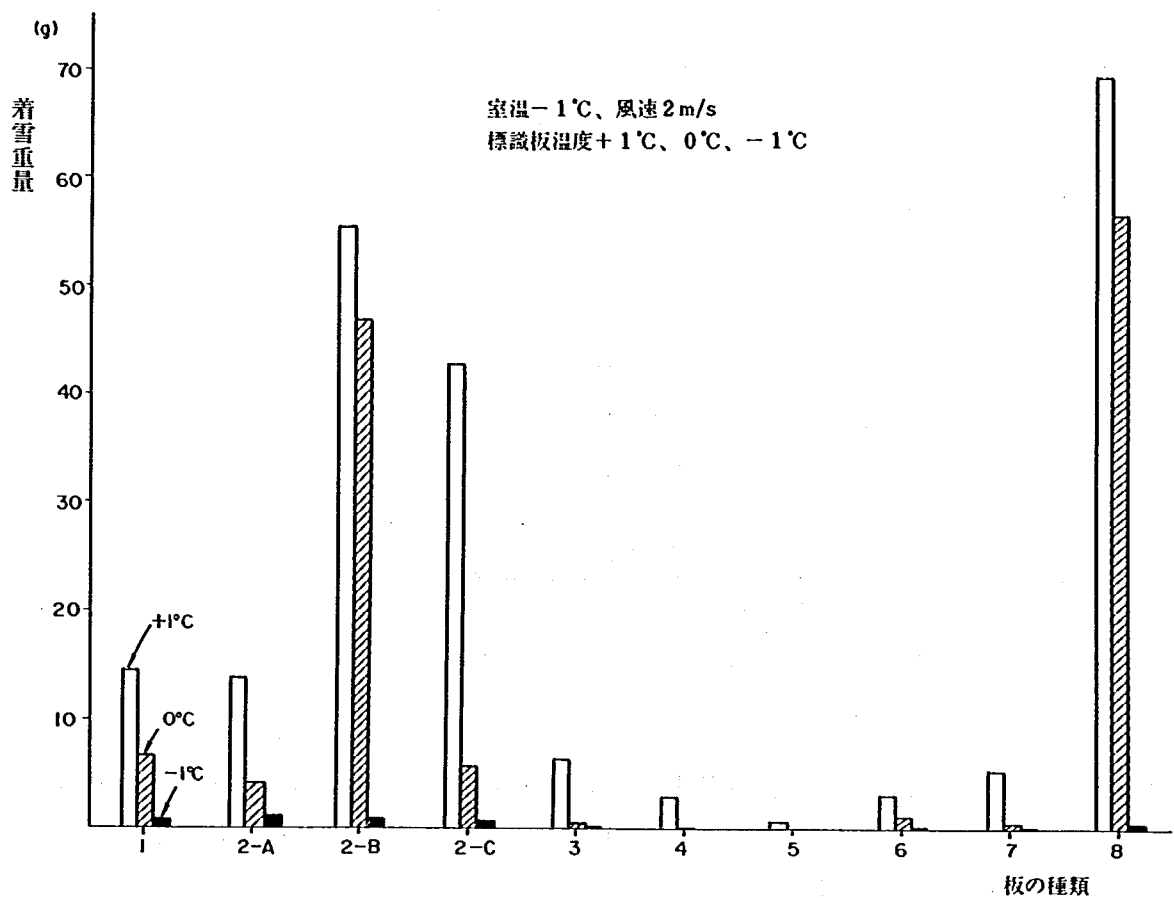


図-Ⅱ・13 標示板の材質と着雪量の関係

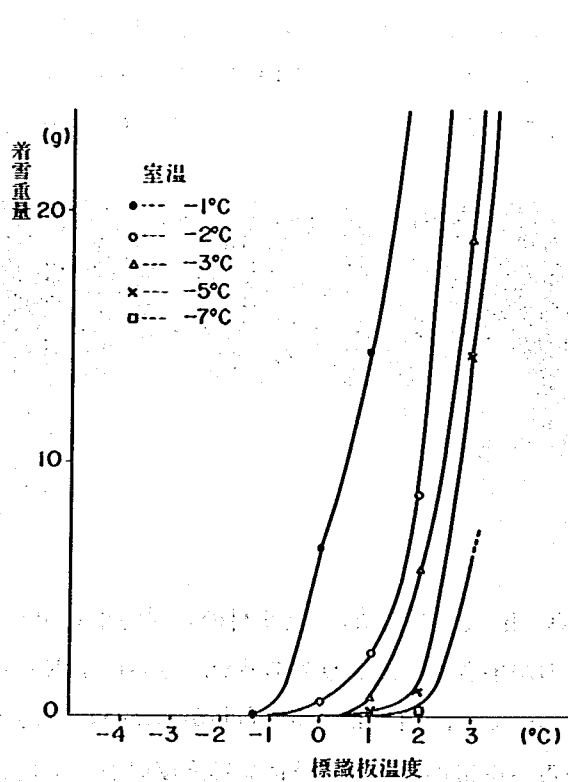


図-Ⅱ・14 室温，標示板温度と着雪量

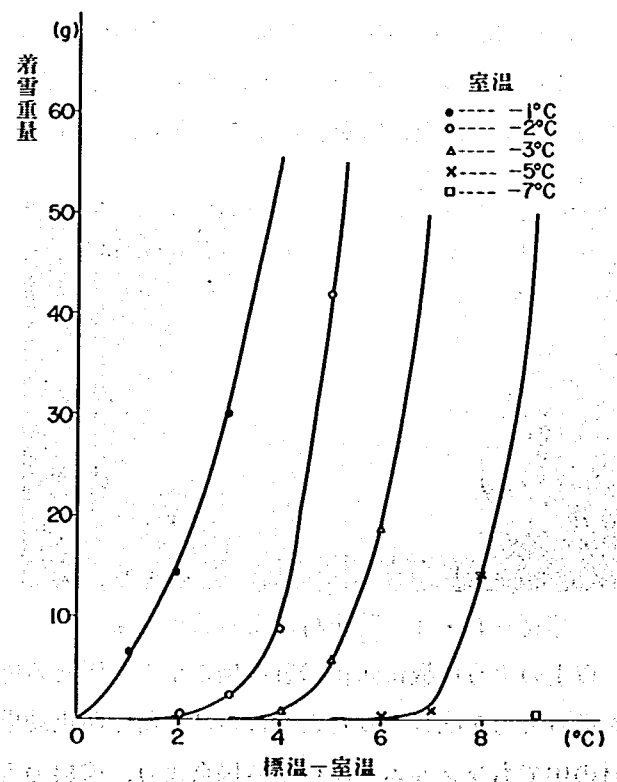
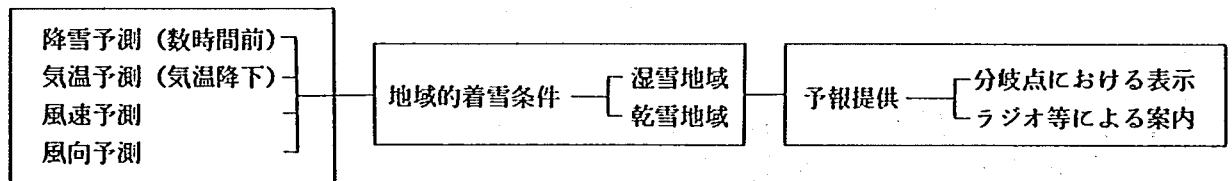


図-Ⅱ・15 標示板温度と室温の温度差と着雪量

がアルミの場合に着雪量が多いことが明らかとなった。また、温度と着雪の関係については、図－Ⅱ・14、15に示すように、標示板温度が下がるに従って、着雪量も少なくなる傾向を示している。このような室内実験から、着雪防止を施した材料についてはある程度防止効果があることがわかったので、野外において自然の気象条件下で防止効果を測定した。写真－5でも明らかなように、この防止塗料は、普通輝度の着雪量と比較すると半分以下となり、防止効果がかなりはっきりしている。樹脂系フィルムは着雪防止効果がさほど明らかにはならなかったことから、実用上はあまり効果が期待出来ないものと思われる。

3.6 着雪の予測方法に関する一つの考え方

標示板に着雪するか否かは降雪量の多少によることは明らかであるが、図－Ⅱ・4で示されるように、地域的な特性があるため一概にはいえない。雪の発生有無は、気象要素が多分に影響するため、気象台の発表する天気予報が現在のところ、着雪を推定するための唯一の手掛りとなる。しかし、降雪は地域的に集中する特性があるため着雪の予測精度を高めるには、地域的な降雪予測を行なわなければならない。現在降雪予測を地域的に行なう方法として、降雪の有無あるいは何時間後に何cmという降雪予測の手法が土木研究所新潟試験所で開発されている。さらには、気温、風速というような項目についても気象台のブロックより更に小地域における予測手法も検討されており、今後各地の条件式の係数精度を高めることによって、精度のよい降雪予測となり、以下に示す流れで着雪注意に関する情報をドライバーに提供出来ることと思われる。(図－Ⅱ・16)



図－Ⅱ・16 予測の流れ図

4. まとめ

標示板の着雪実験により得られた結果をまとめると、以下のようになる。

- 1) 湿雪地域においては、微風状態においても一定の条件下で着雪が生じる。すなわち、気温が0°付近になり、標示板の温度がそれに伴い下降する場合において、ある程度の風速があれば着雪する。これは、乾雪地域の着雪が風のよどみ点を中心とした雪粒の衝突によるものであるのとは異なり、湿雪地域の着雪は雪の表面張力による付着力等に起因するからであろう。
- 2) 標示板からの雪の剥離については日射等により標示板の温度が融解点以上に達すると、それまで付着していた雪が自然落下するが、それは瞬時に終了する傾向がある。
- 3) 標示板は大きい方が着雪率が小さくなる傾向がある。
- 4) 標示板の傾斜角を大きくすることにより、着雪率は低下する。

傾斜角が0°の標示板における着雪率がほぼ100%を示す気象条件のもとで、それぞれの傾斜角における着雪率(Y)と傾斜角(X)の関係を求めると次式が得られた。

$$Y = 82.4^{-0.07x}$$

- 5) 標示板に対する風向は、着雪率に大きい影響を与えている。すなわち、標示板が平均的風向に正対している場合に、着雪率が高くなる傾向がある。

III 標示板の傾斜角と視認性に関する実験

1. 実験目的

積雪地における道路標識の着雪防止対策として、Ⅱでは傾斜法の着雪防止効果について検討したが、標示板を傾斜させた場合、視覚的には縦方向に縮んで見えるようになるため、適切な傾斜角度については視認性の面からも検討しておく必要がある。ここでは、傾斜角と視認性との関連について明らかにすることを目的としている。

2. 実験内容

2.1 実験に用いた標識

図-Ⅲ・1に示す「108の3」標識1種類とランドルト氏環(図-Ⅲ・2)をデザインしたもの3種類を用いた。

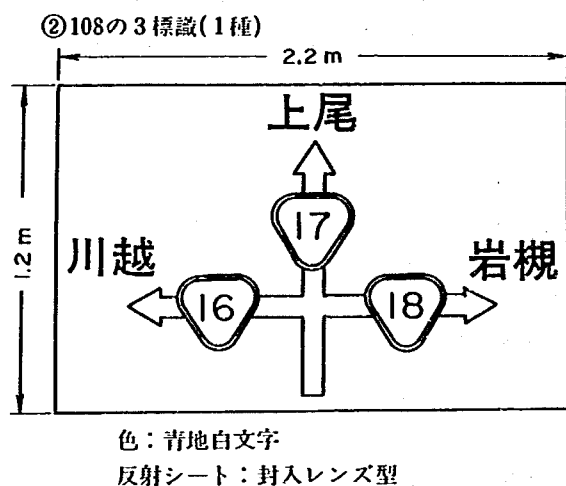


図-Ⅲ・1 実験用標示板(108の3標識)

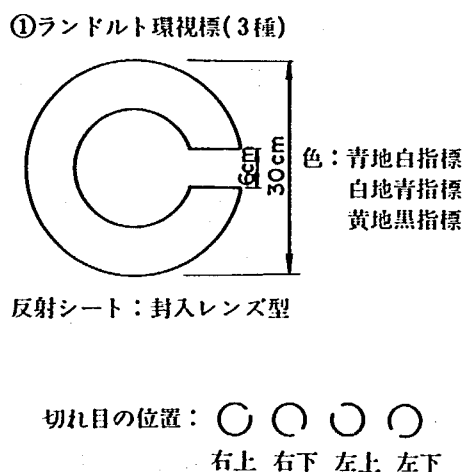


図-Ⅲ・2 実験用標示板(ランドルト氏環)

2.2 実験方法

表-Ⅲ・1に示す条件により、実車走行による判読距離の測定および標示板の輝度測定を行った。

走行実験に用いた試験車には走行速度および走行距離の記録装置として、ビデオ録画装置が搭載されている。被験者がこの試験車を運転(40km/h走行)しながら標識を判読する。一方、調査員(試験車に同乗)は被験者の判読地点

表-Ⅲ・1 実験条件

実験場所	土木研究所 試験走路
時間	夜間
標示板の高さ	5.5 m (路面から標示板中心まで)
傾斜角	0°, 10°, 20°, 30°
試験車	トヨタクラウンカスタム 2600
前照灯	走行ビーム, すれ違いビーム
走行速度	40km/h
実験回数	同一条件につき3回
被験者	10名(視力2.0…4名, 1.5…2名, 1.2…4名)
輝度計	超高感度輝度計(プリチャードフォトメータ 1980A)
輝度の測定距離	20, 40, 60, 80, 100, 120(m)

および標識の通過地点を記録した。なお、判読地点は被験者が調査員に口答で告げる方法をとった。

判読地点の定義は、標識の内容を完全に読み終えた地点(ランドルト氏環の場合は切れ目の位置が確認できた地点)として、被験者にその徹底を図った。

3. 実験結果

すれ違いビームによって照射した場合の標示板輝度の測定結果を図-Ⅲ・3に示す。実験の対象とした傾斜角(0°~30°)の範囲では、標示板を傾けることによる輝度の影響はほとんどみられない。また、走行ビームによって照射した場合の標示板輝度も、傾斜させることによる影響はみられなかった。

すれ違いビームで観測した標識種類別の判読距離比(傾斜角0°のときの判読距離を100とした場合の比率)を図-Ⅲ・4に示す。図-Ⅲ・4によれば、個人差によるバラツキがかなり大きい、平均的には標示板の傾斜角が大きくなるに従い、判読距離比が低下する傾向がみられる。判読距離比の低下は、10°傾けた場合で約5%, 20°傾けた場合で約10%, 30°傾けた場合で約15%となっている。標識種類別に顕著な差はみられない。また走行ビームによる観測結果も図-Ⅲ・4とほぼ同じ傾向であった。

本実験結果によれば、標示板を傾けることによって輝度に対する影響はほとんどないが、判読距離比は減少する傾向がみられた。これは、標示板をしだいに傾斜させると、横方向では変わらないが、縦方向では縮んで見えるようになることによるものと思われる。縦方向に縮む割合(収縮率)は傾斜角、標示板からの距離、標示板の設置場所などにより異なる。

図-Ⅲ・5に、標示高5.0 mで頭上標示した場合(本実験とほぼ同一条件)と、標示高1.8 mで路側標示した場合における観測距離と収縮率の関係を傾斜別に示す。この図で200 mから消失点における収縮率を比較すると、頭上標示より路側標示の方が収縮率が高くなっており、判読距離比も小さくなるものと思われる。したがって、高さ1.8 mで路側に標示する場合には、収縮率が高くなることに留意する必要があるが、20°以内の傾斜角では収縮率が約6%以下であり、判読距離比もそれほど大きく低下することにはならないと思われる。

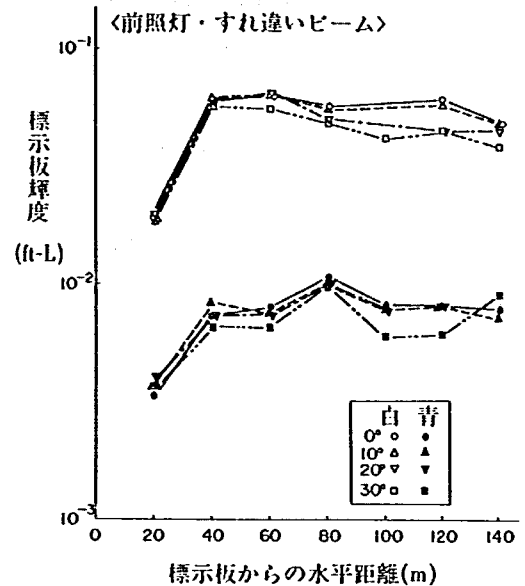


図-Ⅲ・3 標示板の輝度(青地白)

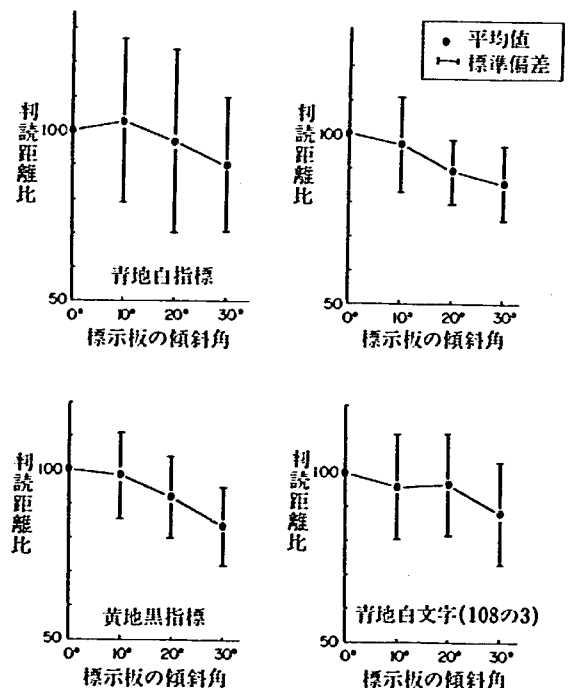
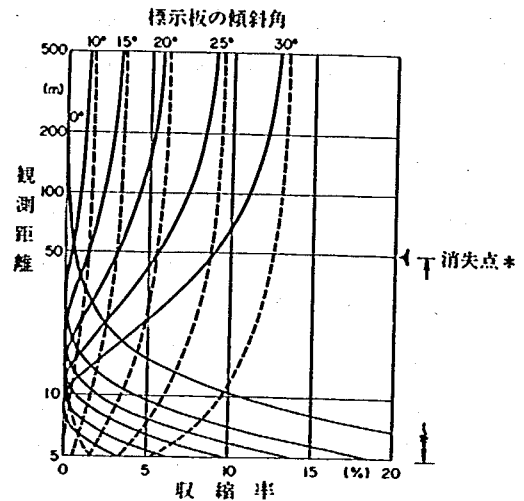


図-Ⅲ・4 標示板の傾斜角と判読距離比

4. ま と め

標示板の傾斜角を大きくすると、判読性が低下する傾向が見られるが、傾斜角 20° の場合においては、傾斜角 0° に対して約10%の判読低下が認められるのみで、20%以内の傾斜なら判読性に特に問題を生じることはないと思われる。

標示高が低い標識の標示板を傾けた場合、縦方向に縮む割合が高くなるために高い位置に設置した標示板に比べ、判読性の低下が若干大きくなるが、 20° 以内の傾斜角ではそれほど大きな低下とはならないようである。



* 運転者が標識に接近するにしたがって標識が視野から消えはじめる位置。

注) 設定条件

	頭上標示	路側標示
標示高	5.0m	1.8m
標示板の縦の長さ	2.5m	0.6m
運転者の目の高さ	1.2m	

図-Ⅲ・5 観測距離と収縮率

あ と が き

積雪地域における標示板の着雪防止対策の基準化を図るために、今後はこれらの結果をもとに、さらに以下の課題について調査研究をすすめる予定である。

- 1) 標示板を傾斜させた場合の裏側に積る雪荷重およびその対策。
- 2) 傾斜法による着雪限界と、他の着雪防止対策との使い分け。
- 3) 標示板への着雪の有無に関する判別方法、着雪率に関する予測手法および着雪防止対策を講ずる必要のある地域の設定。

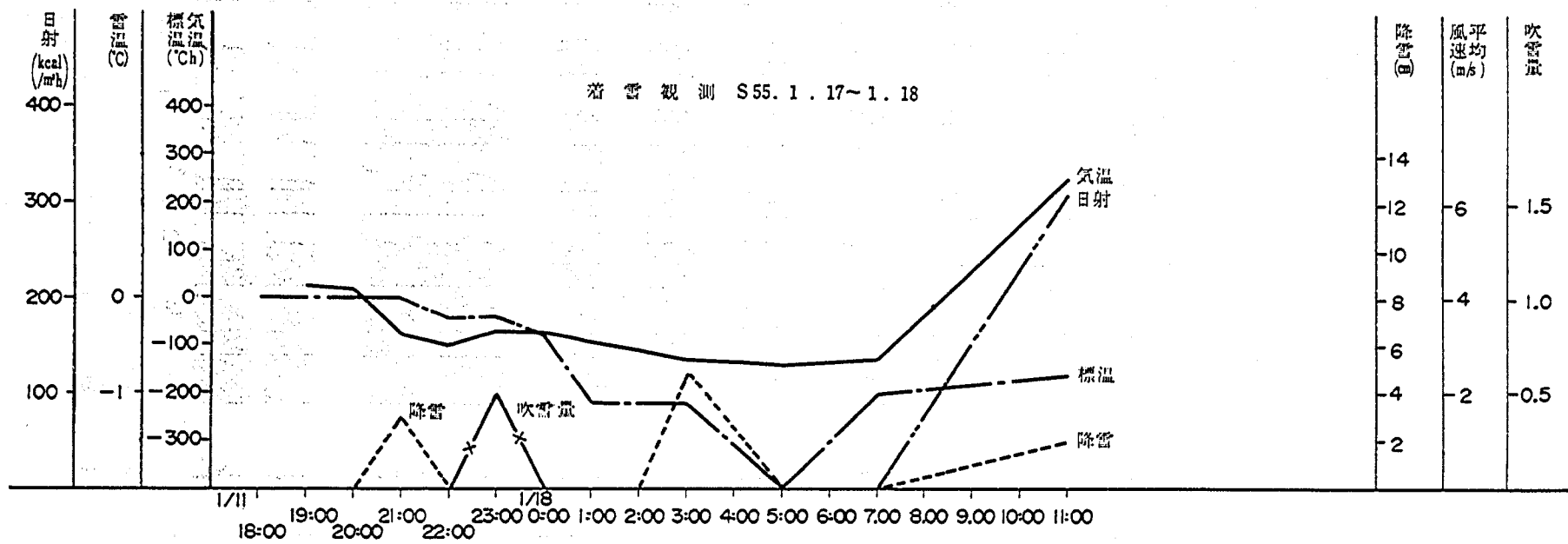
参考文献

- 1) 建設省東北地方建設局東北技術事務所：昭和51年度道路標識の着雪防止に関する調査報告書
昭和52年3月
- 2) 竹内，石本，野原：道路標識の着雪と着雪防止実験，北海道開発局土木試験所月報 第256号
- 3) (社)日本建設機械化協会：新防雪工学ハンドブック

資 料 編

1. 着雪観測データ

2. 写 真 集

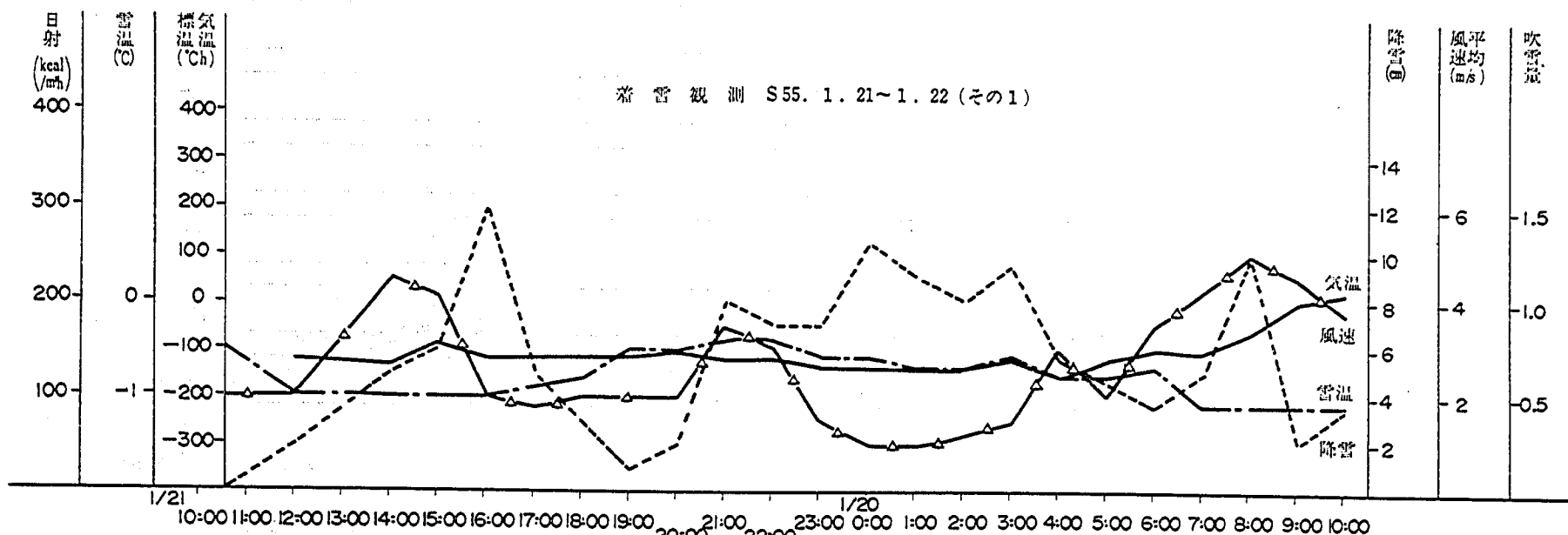


主風向

観測せず

傾斜角	0°	5°	10°	15°	20°	30°

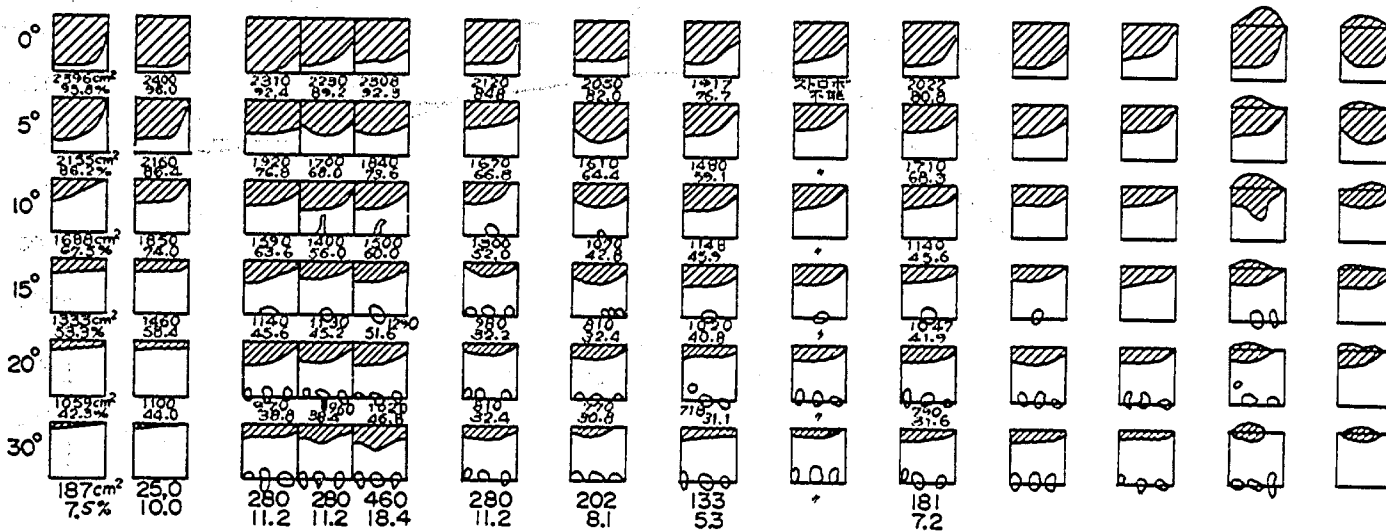
着雪観測 S55. 1. 21~1. 22 (その1)



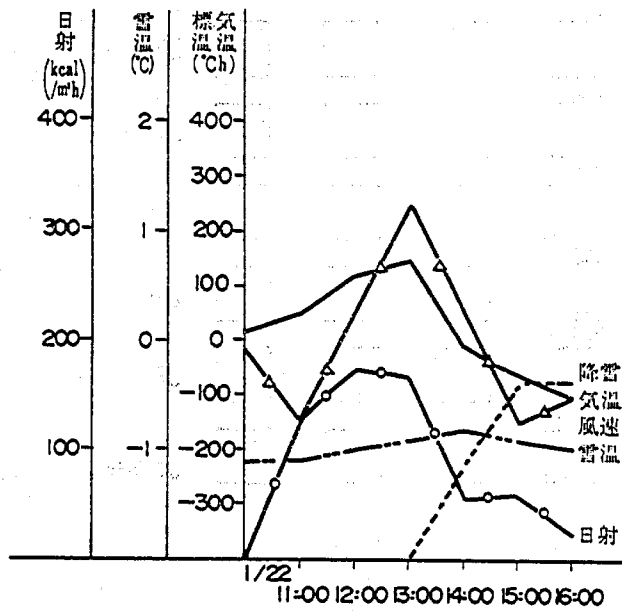
主風向



傾斜角

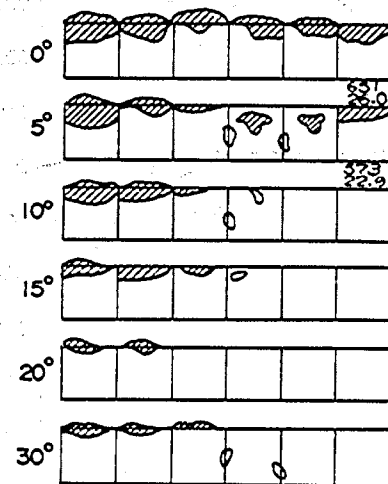


着雪観測 S55. 1. 21~1. 22 (その2)



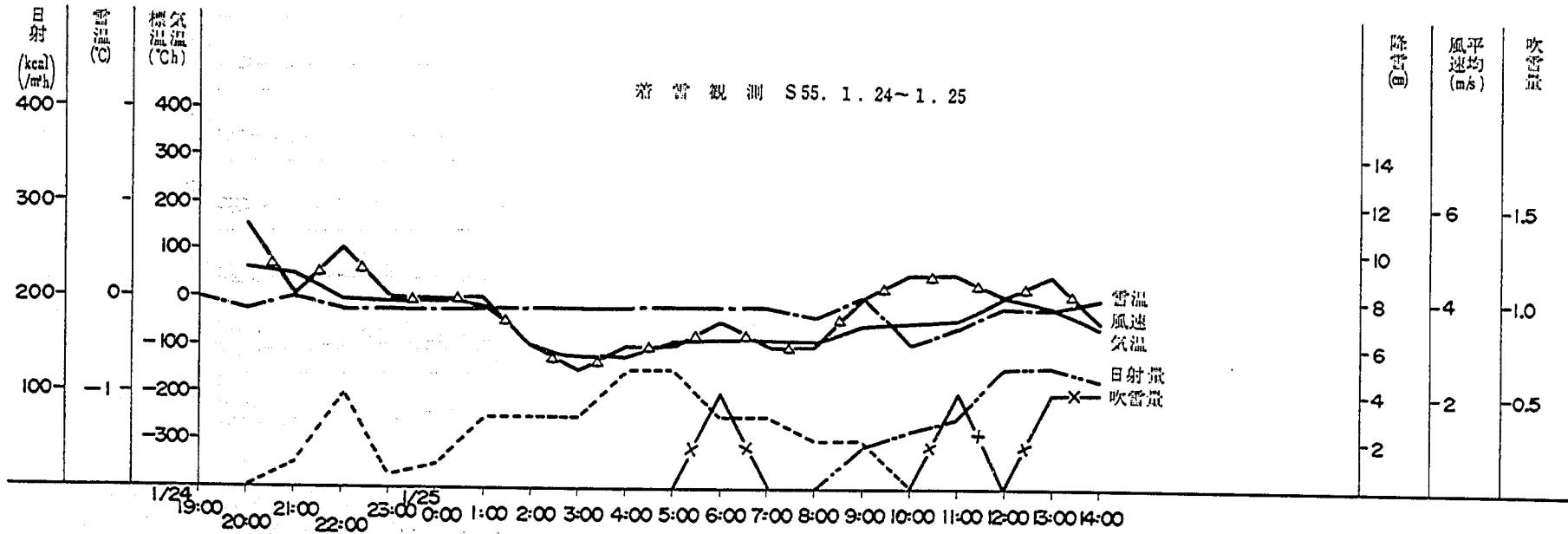
主風向

傾斜角

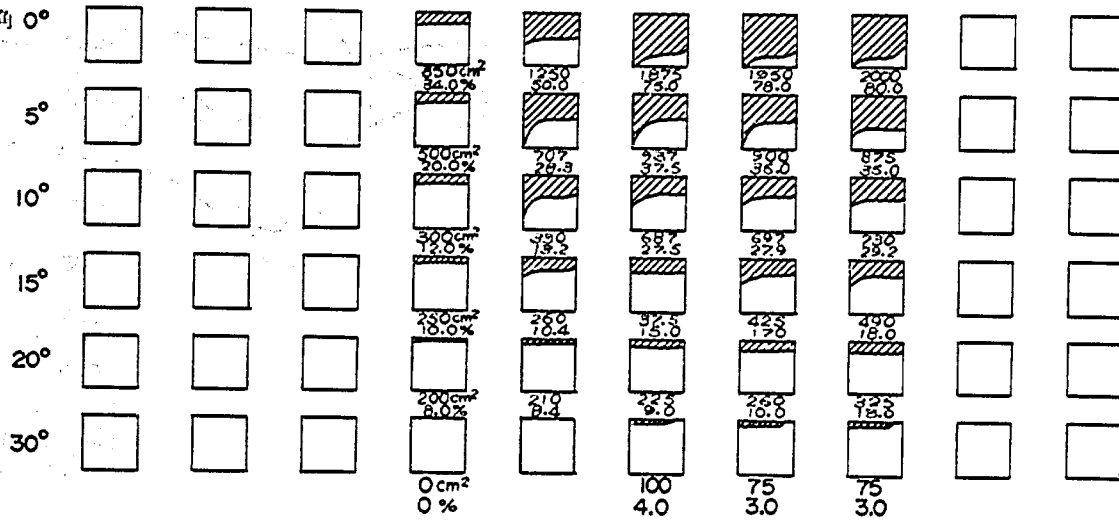


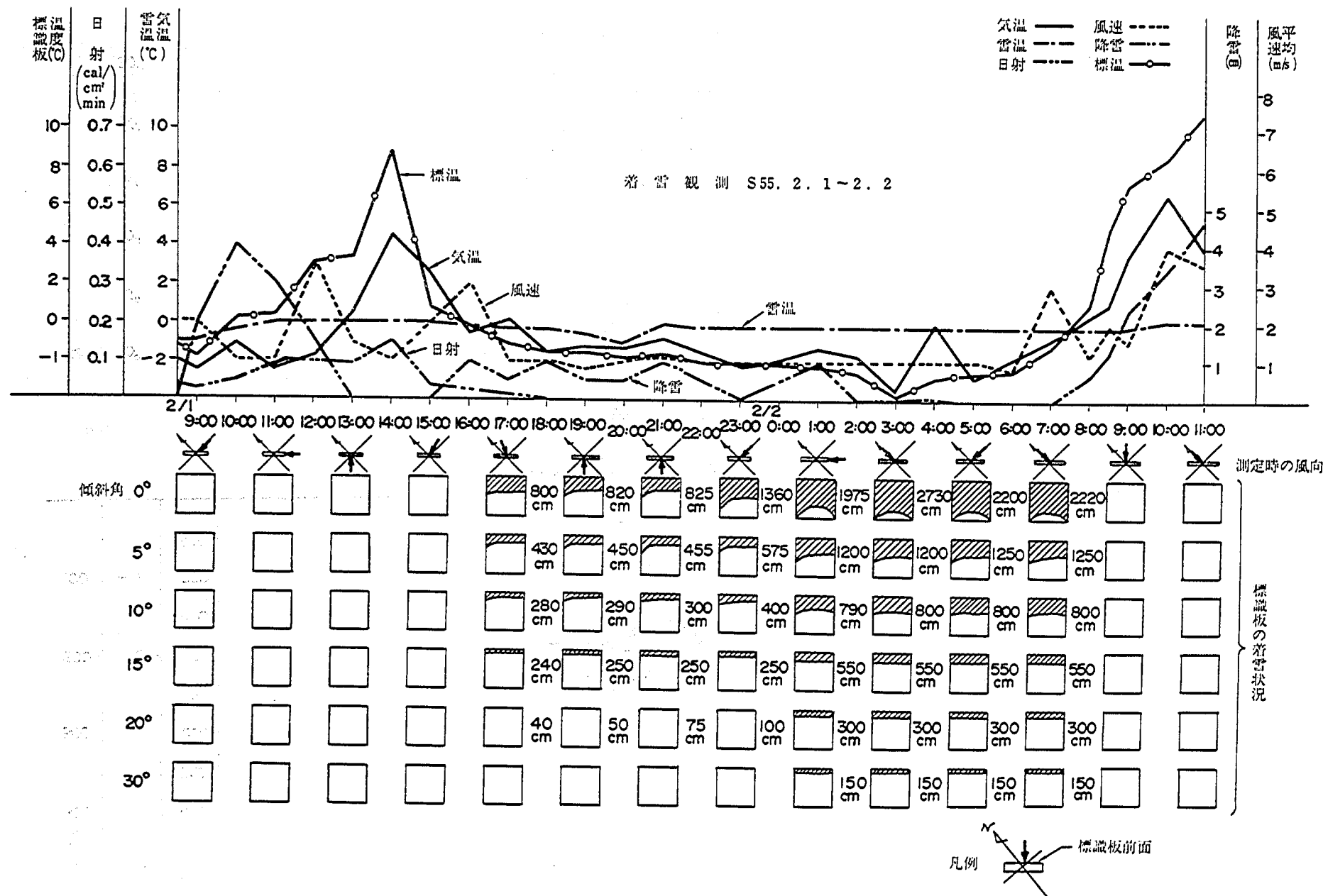
降雪量 (mm)	風平均 速均 (m/s)	吹雪量
14		
12	6	1.5
10		
8	4	1.0
6		
4	2	0.5
2		

着雪観測 S55. 1. 24~1. 25

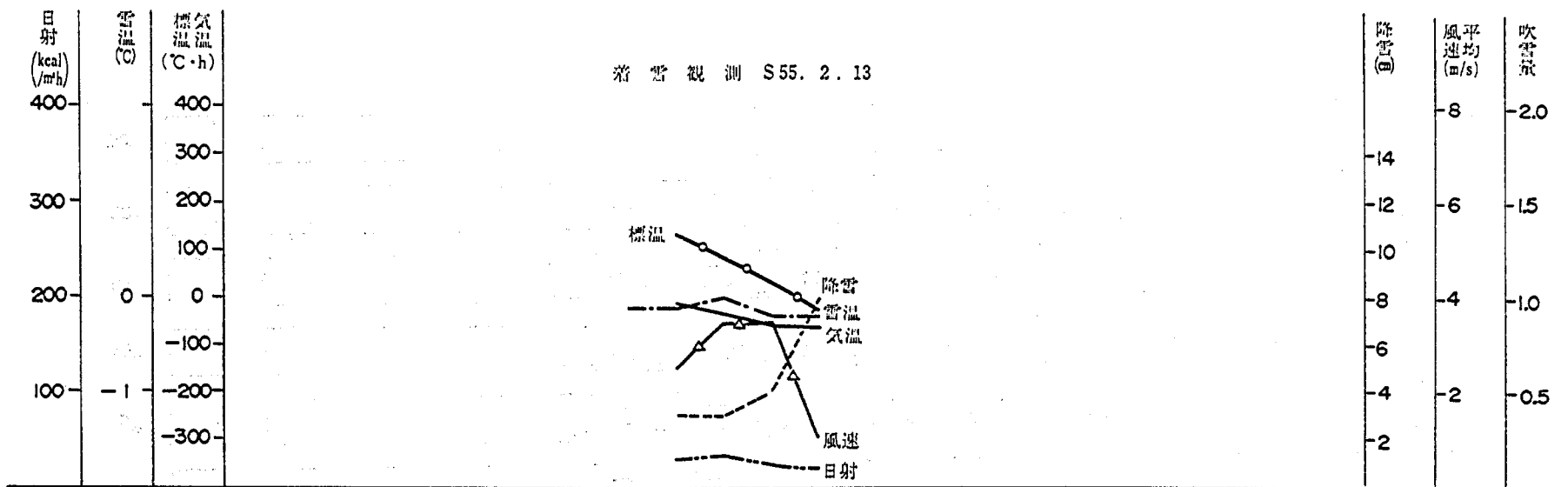


傾斜角 0°





着雪観測 S55. 2. 13



2/13
12:00 13:00 14:00 15:00 16:00

主風向



傾斜角 0°



5°



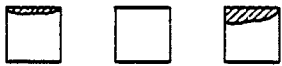
10°



15°



20°

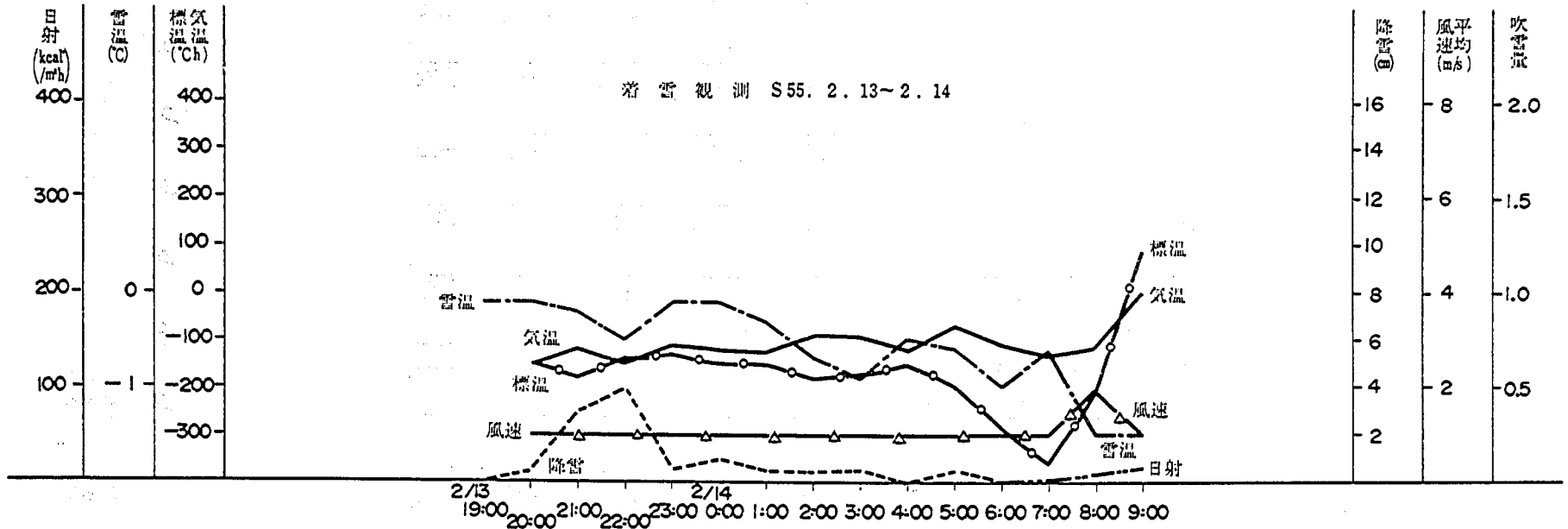


30°



氷柱

着雪観測 S55. 2. 13~2. 14

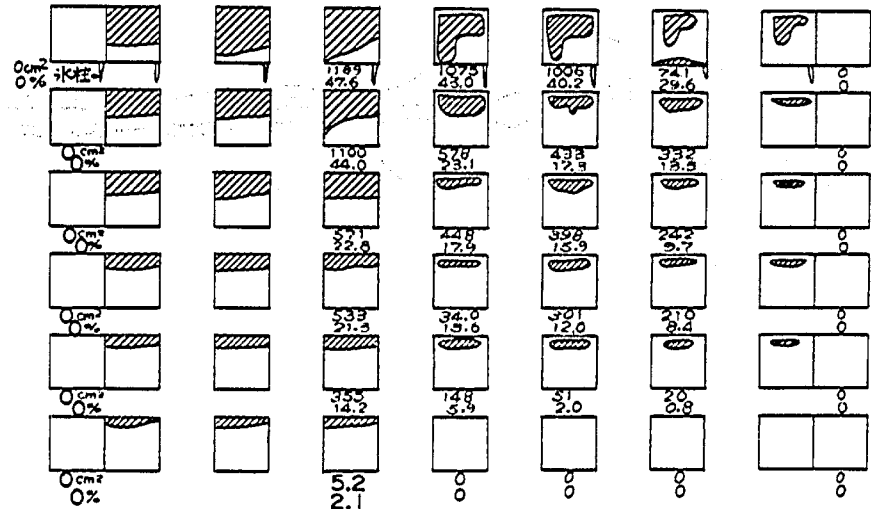


主風向

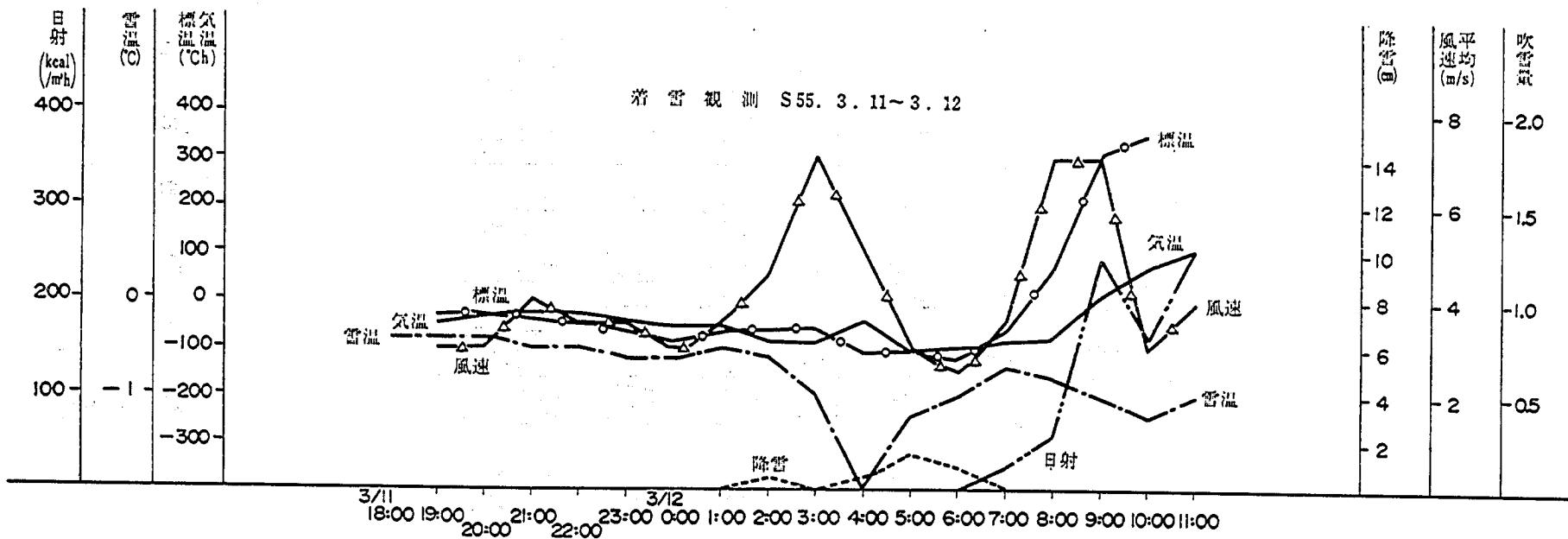


傾斜角

0°
5°
10°
15°
20°
30°



着雪観測 S55. 3. 11~3. 12



主風向

傾斜角

0°

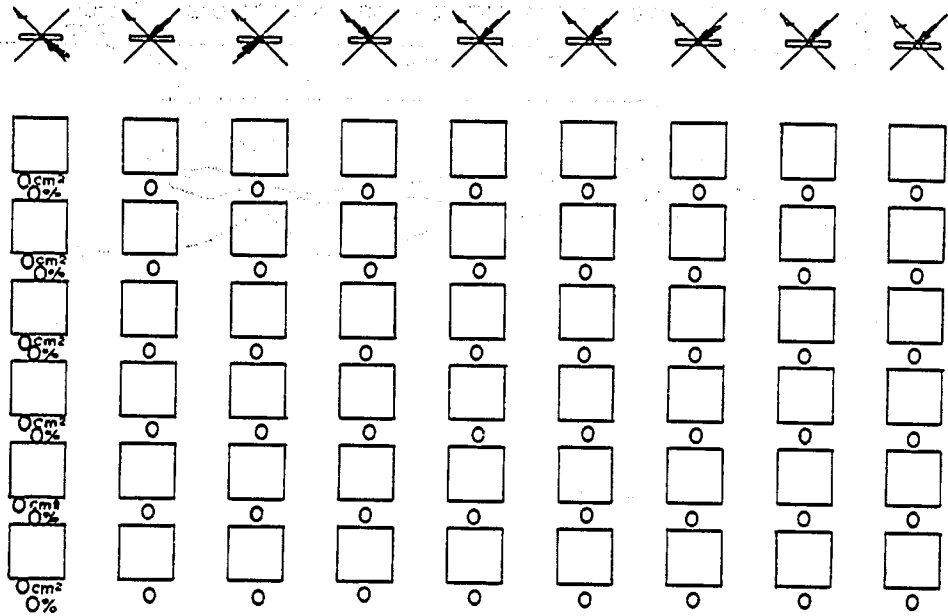
5°

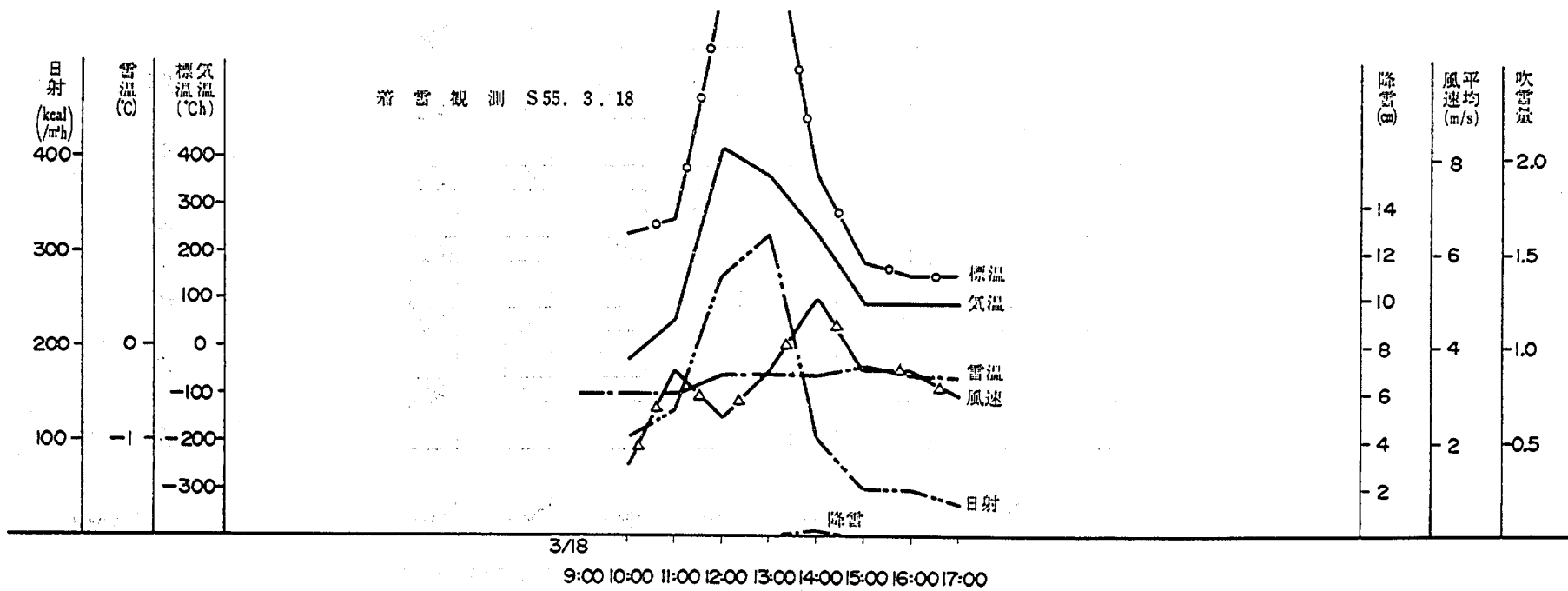
10°

15°

20°

30°





主風向

傾斜角 θ°

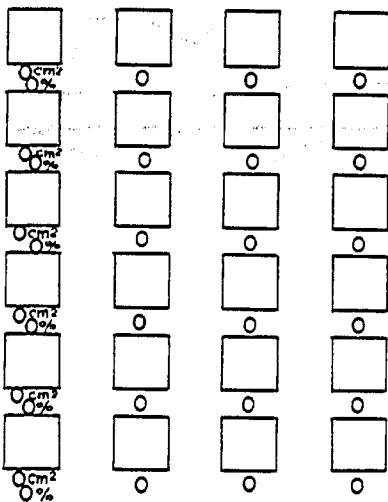
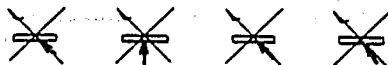
56

10°

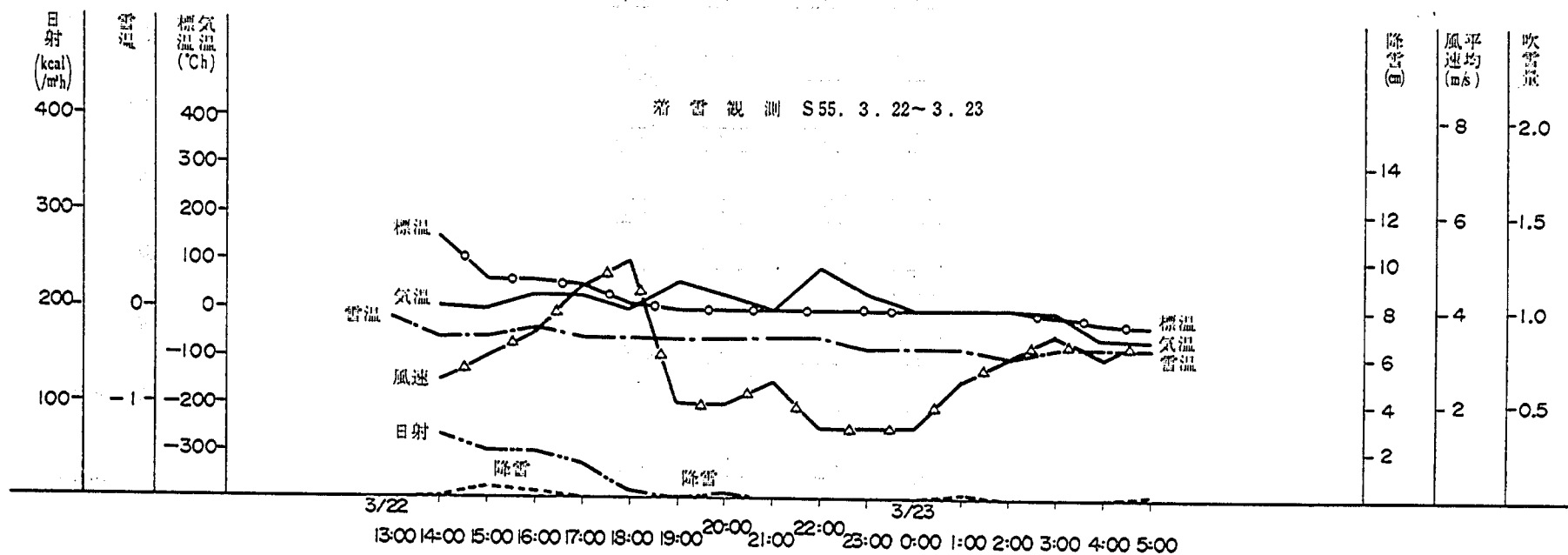
15°

20°

30°



着雪観測 S55. 3. 22~3. 23



主風向

傾斜角

0°

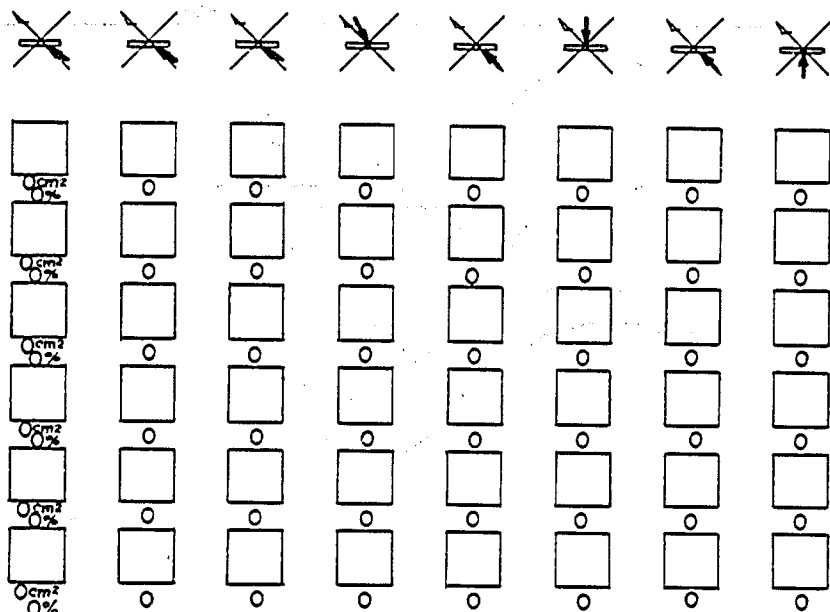
5°

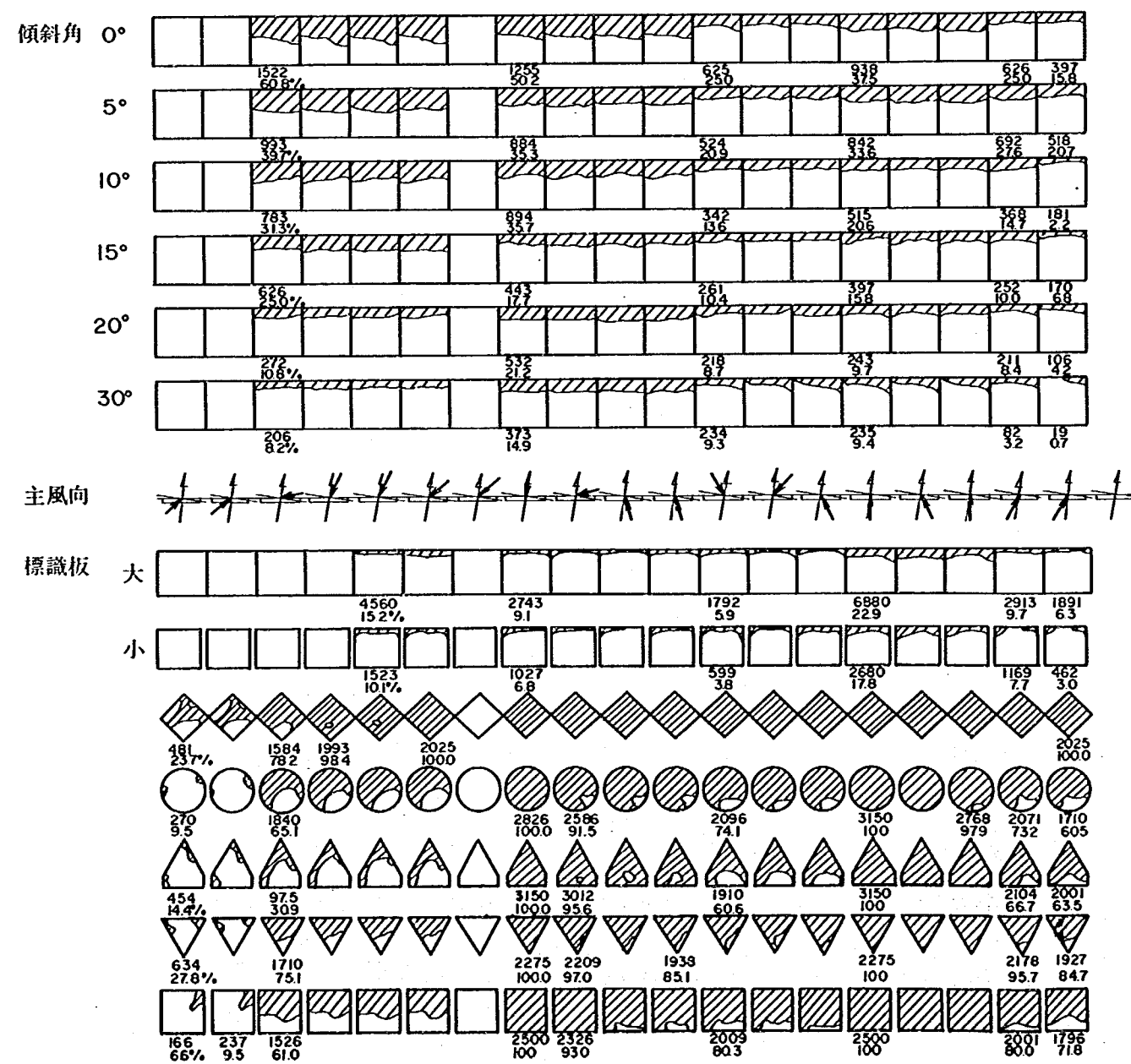
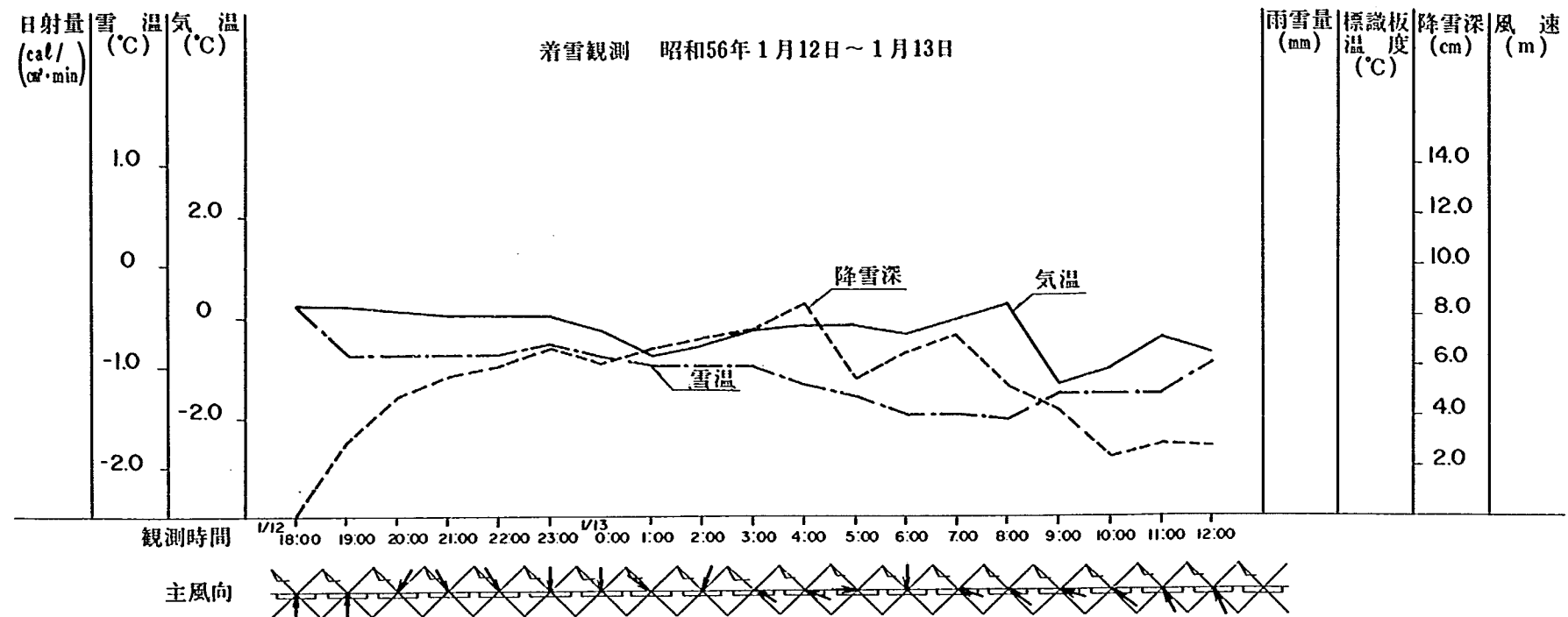
10°

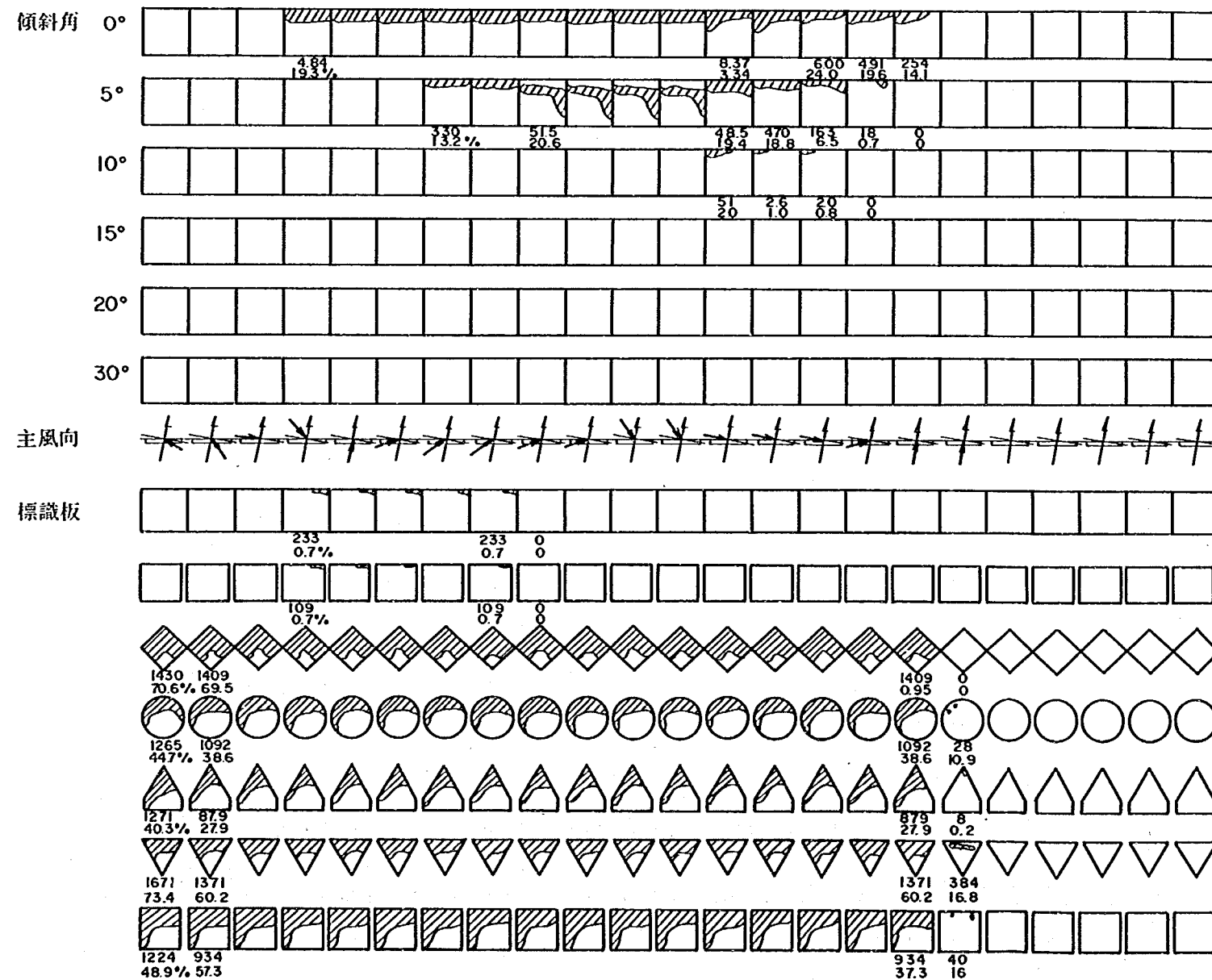
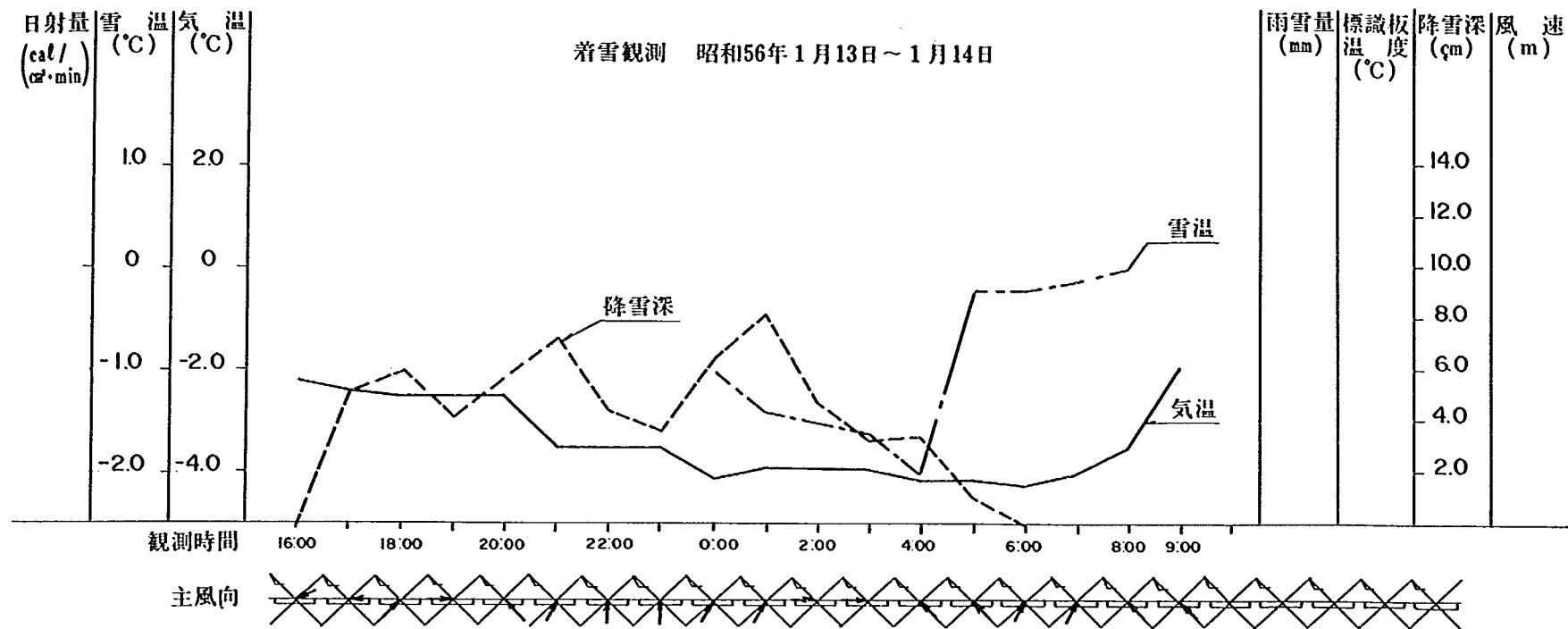
15°

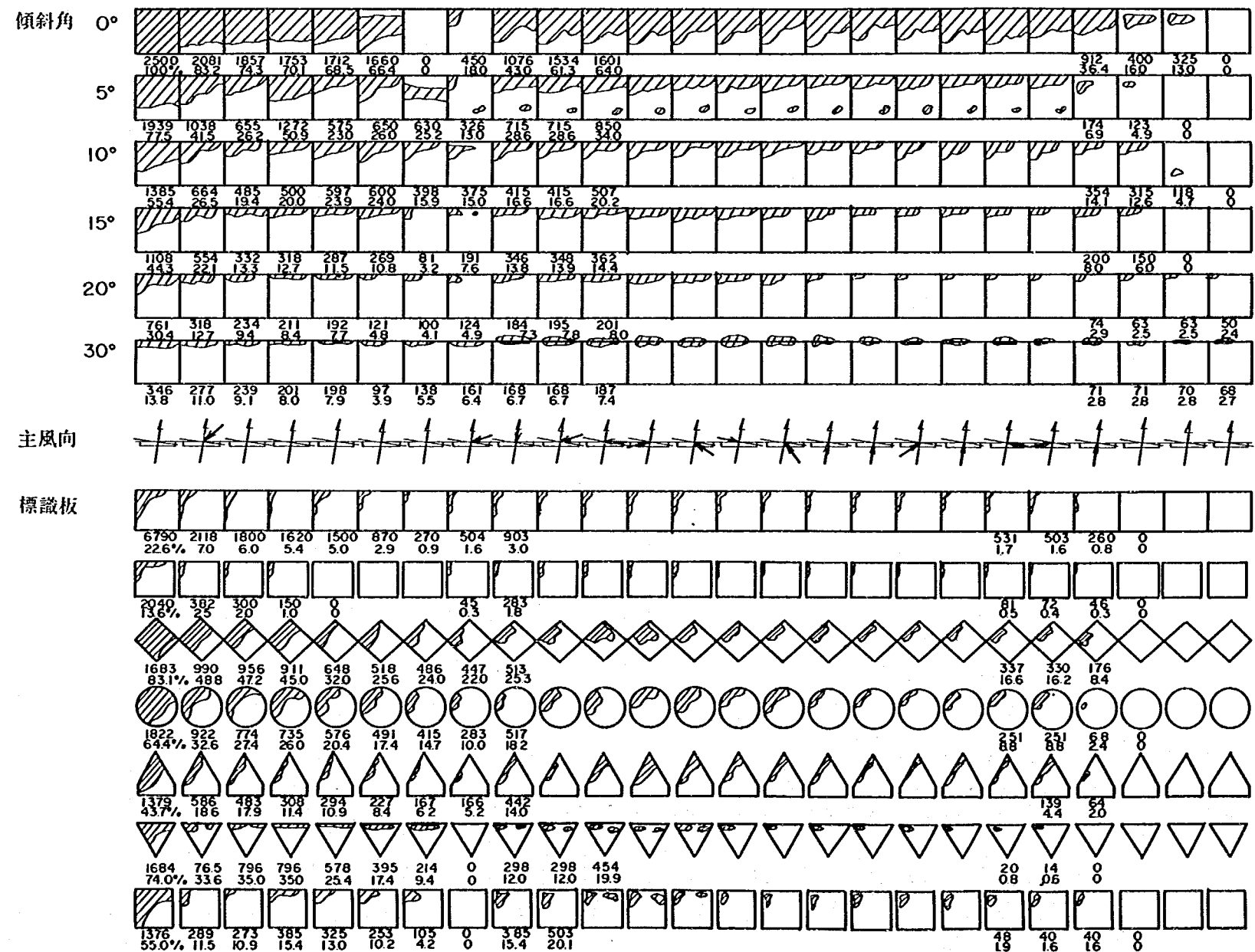
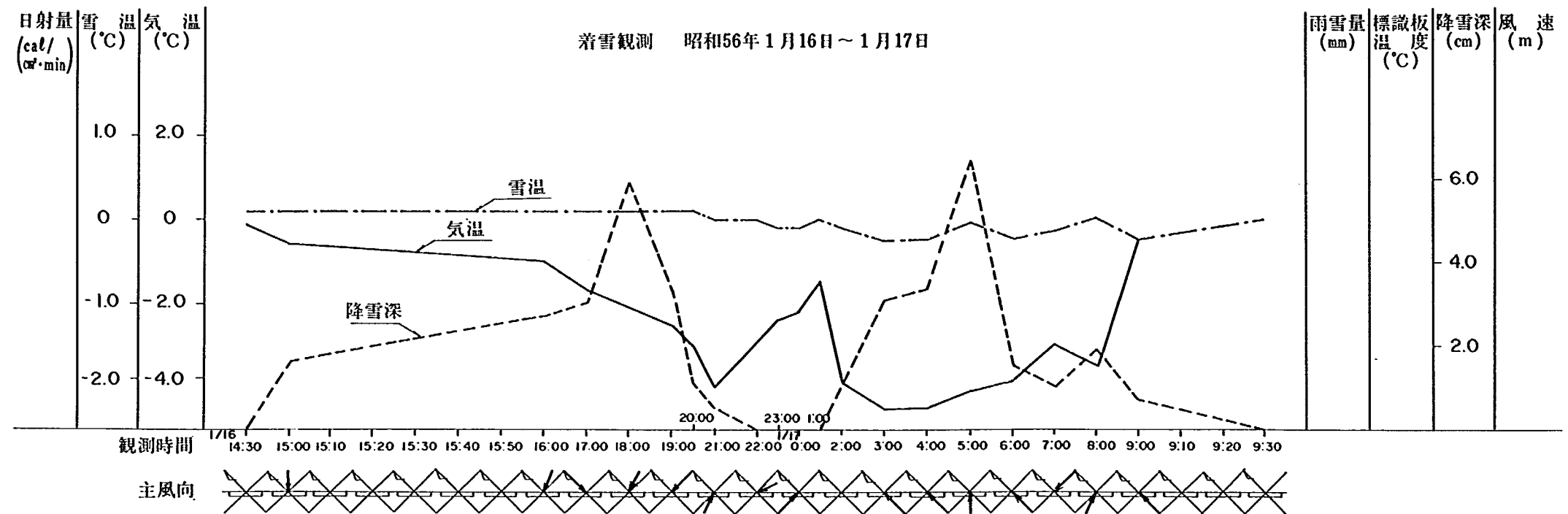
20°

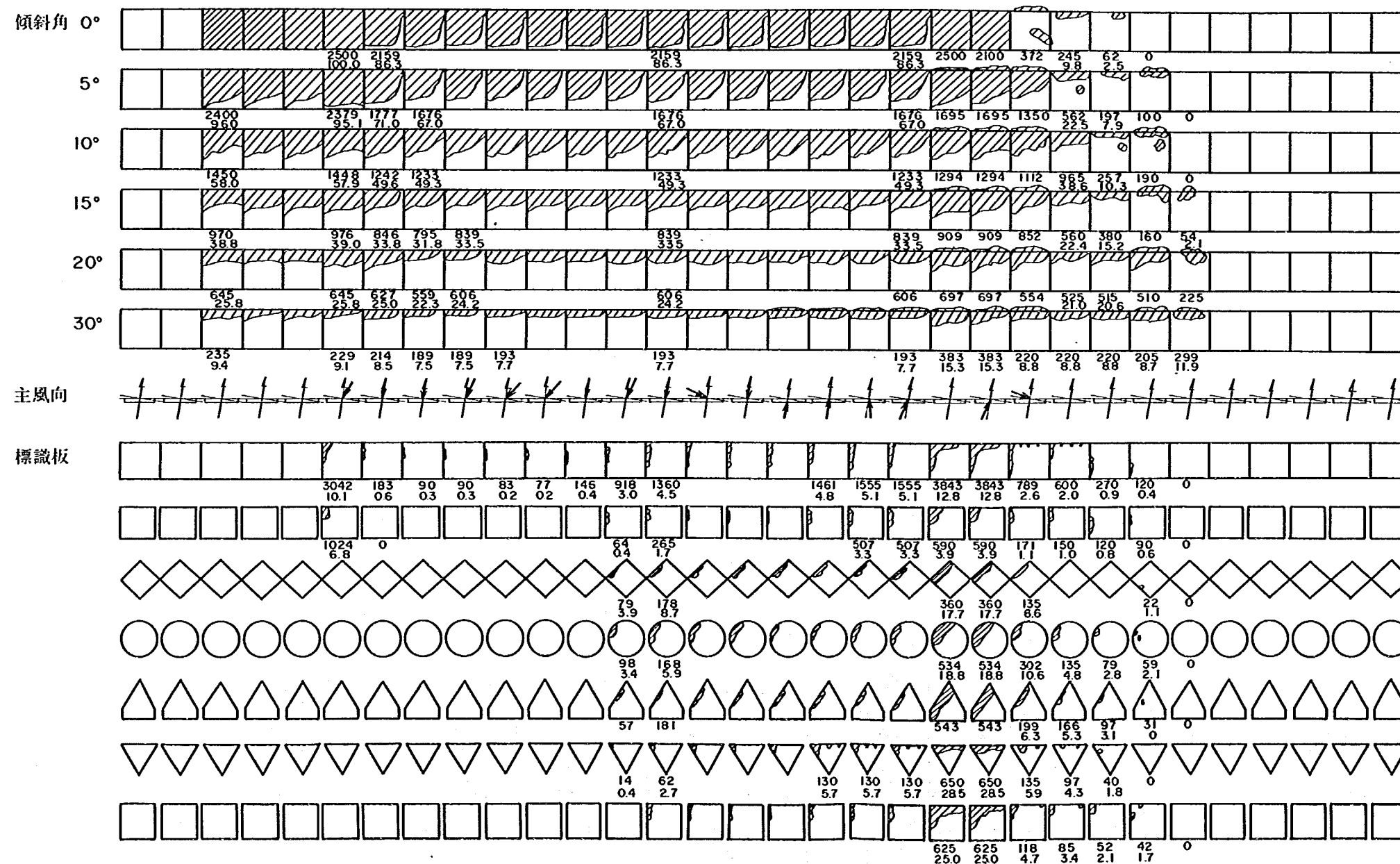
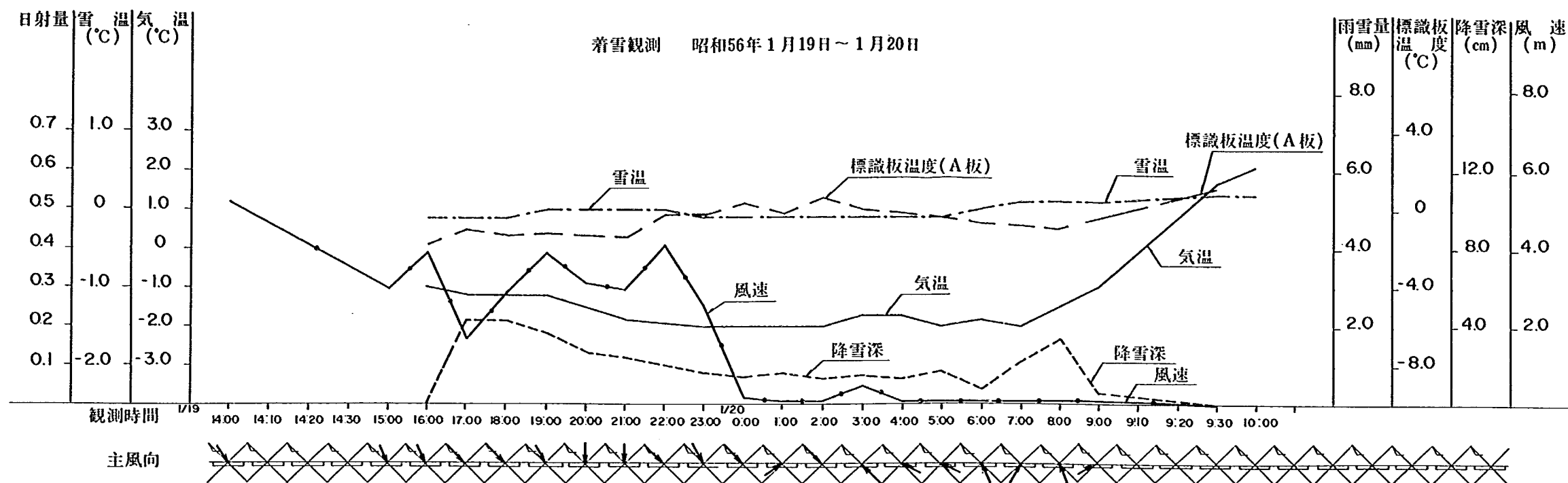
30°

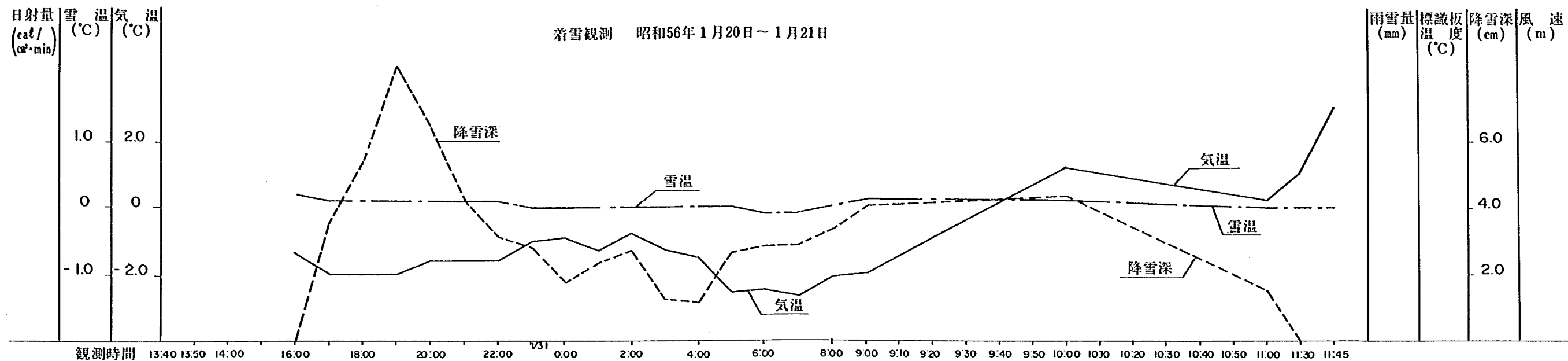






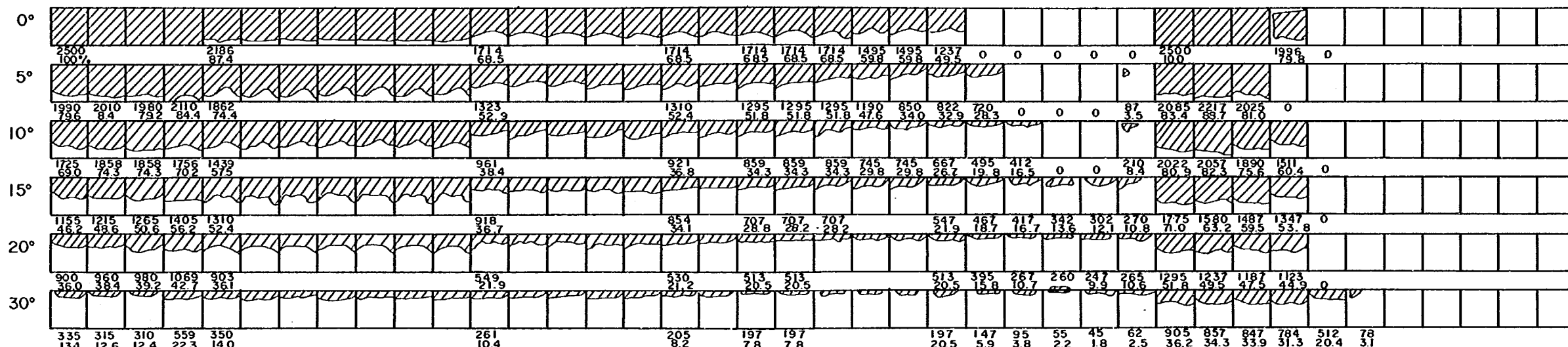






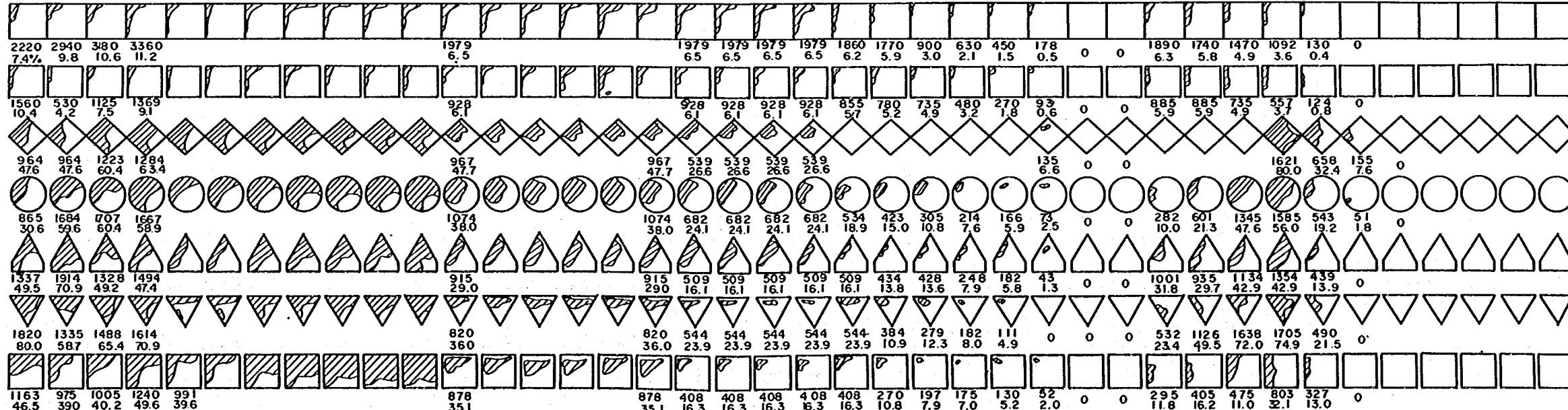
主風向

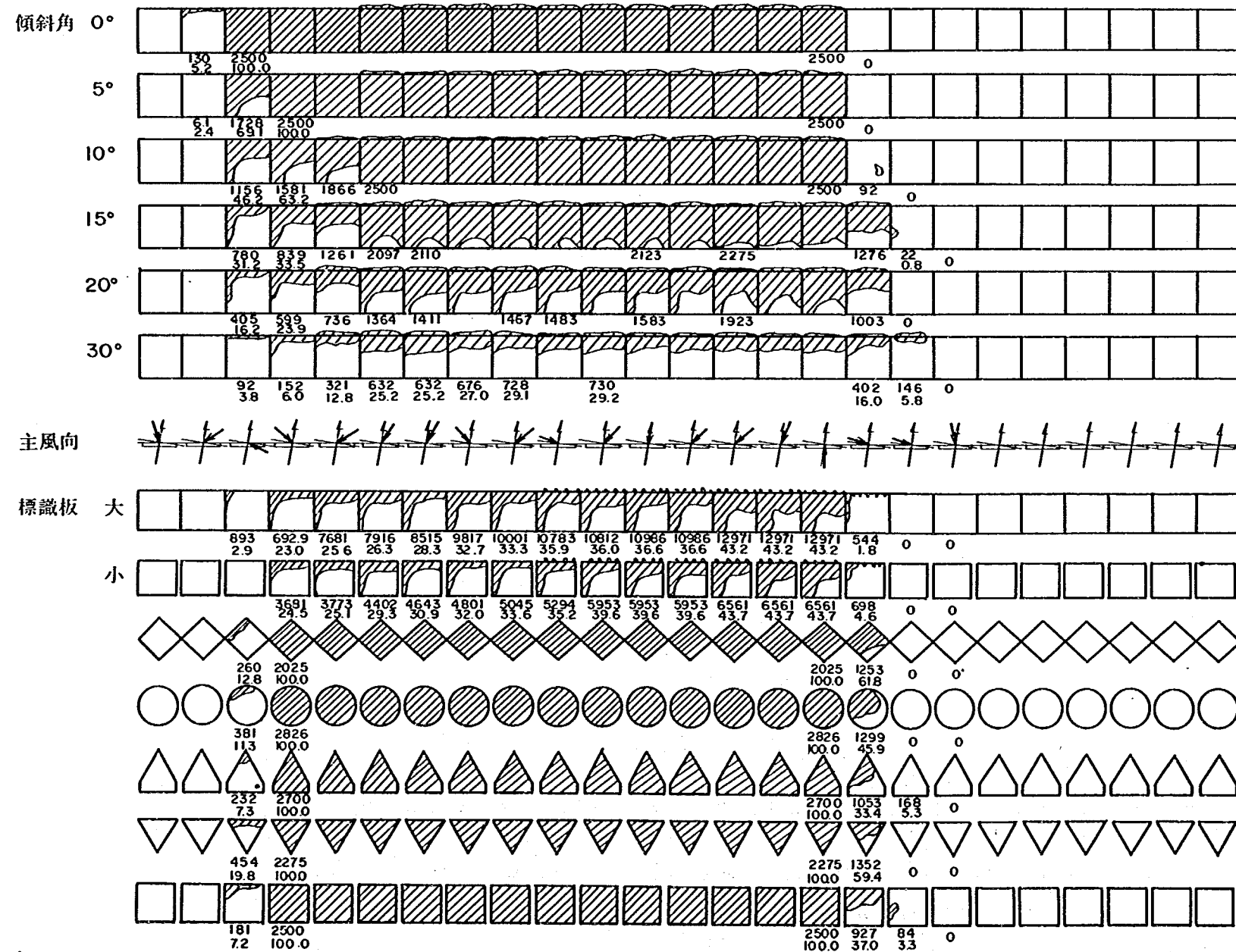
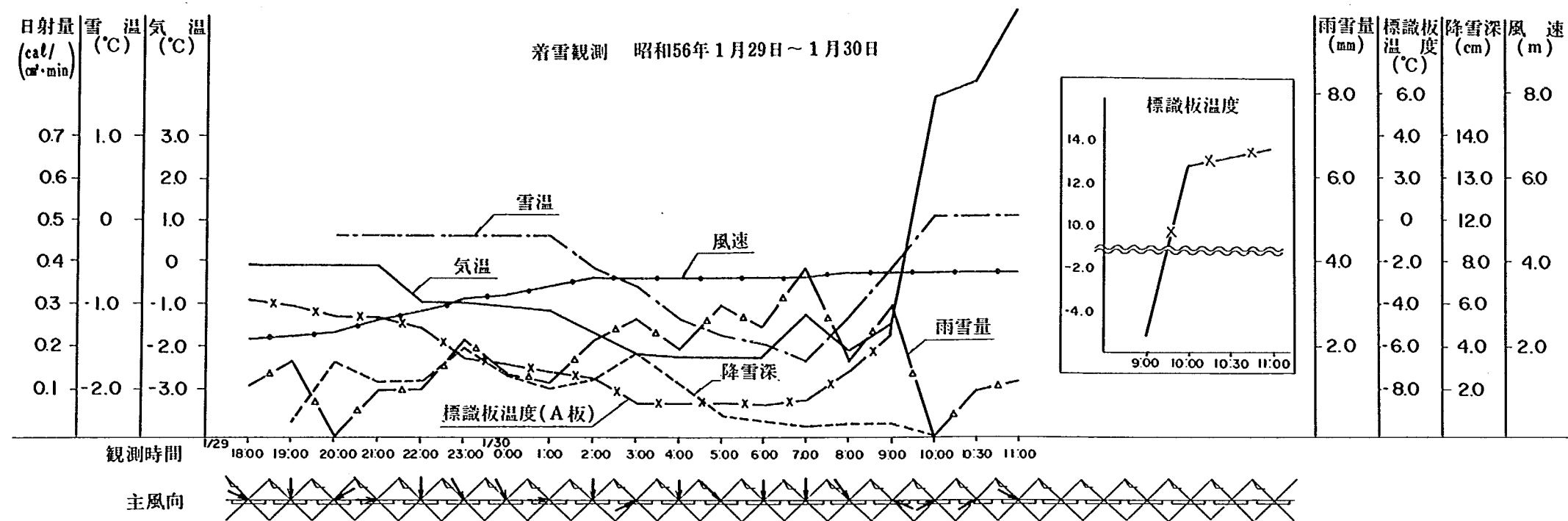
傾斜角 0°

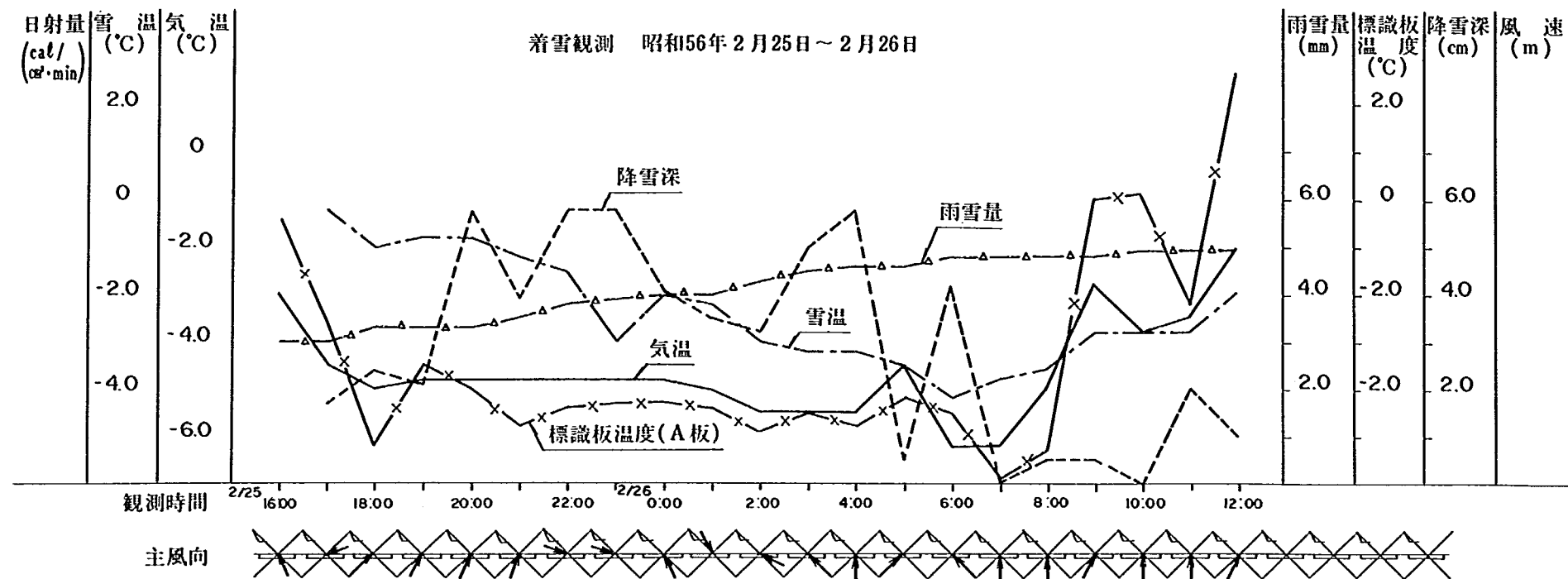


主風向

標識板







傾斜角 0°

5°

10°

15°

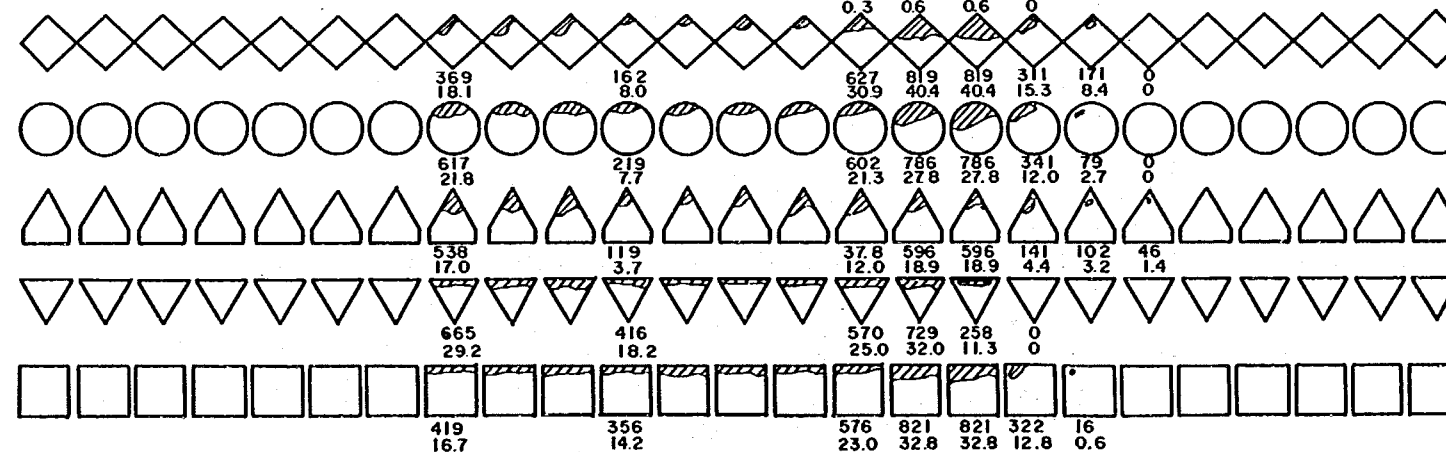
20°

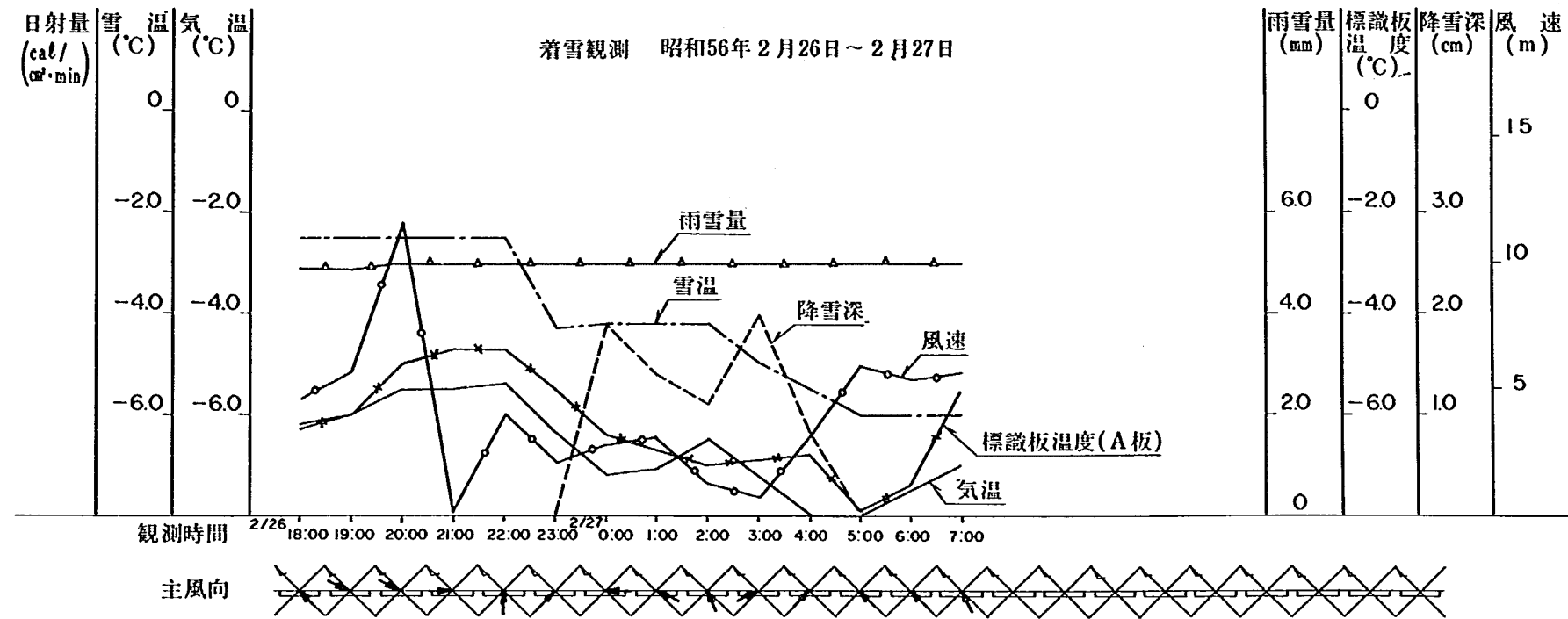
30°

主風向

標識板 大

小





傾斜角 0°

5°

10°

15°

20°

30°

主風向

標識板 大

小

784 784
26% 26%

181 181
13% 13%

119 119
9.1 9.1

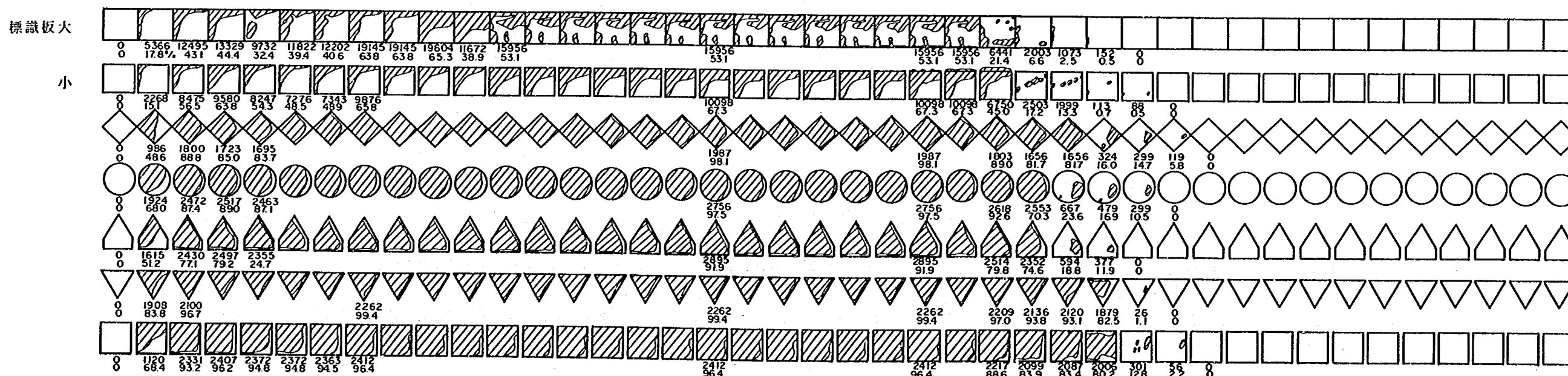
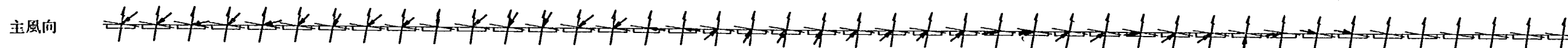
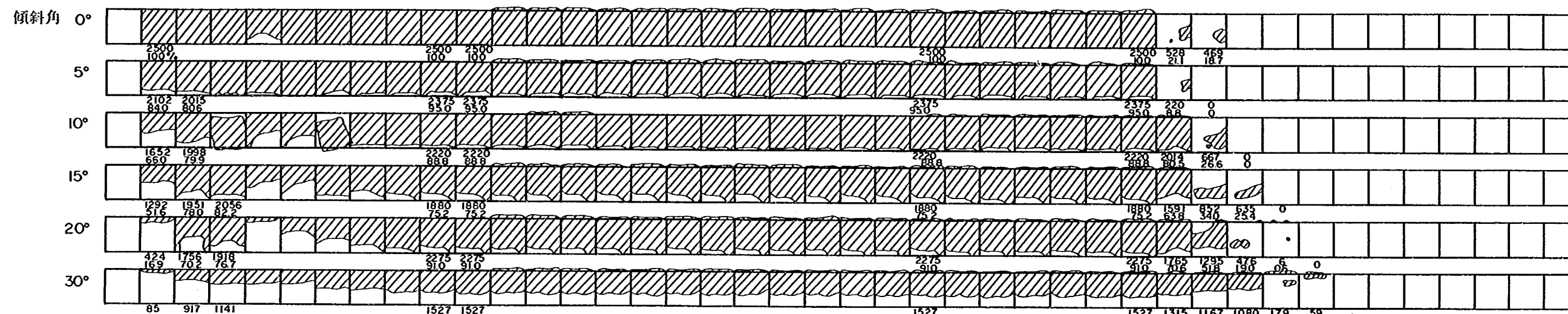
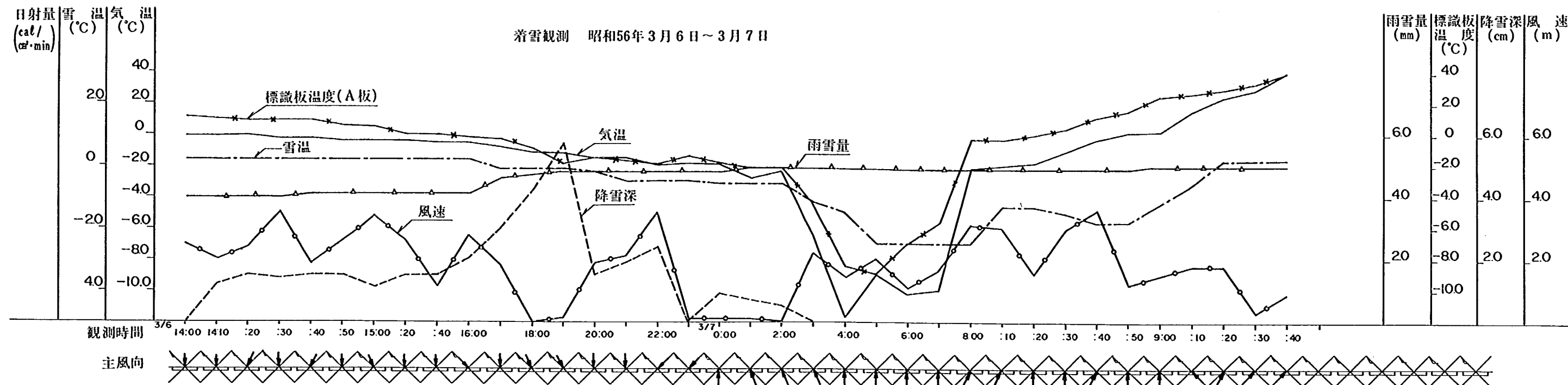
186 186 186 53 0
9.1 9.1 9.1 2.6 0

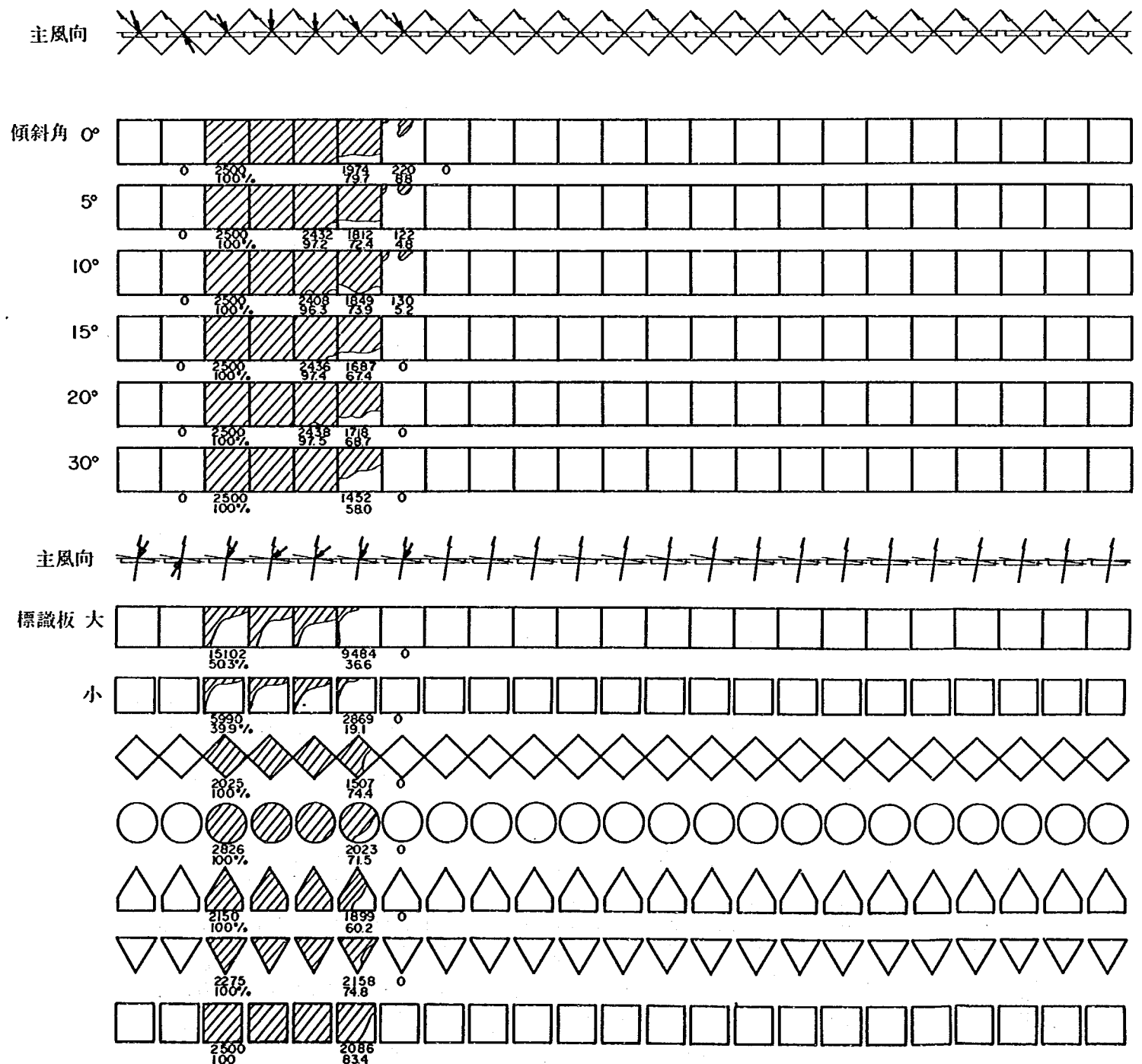
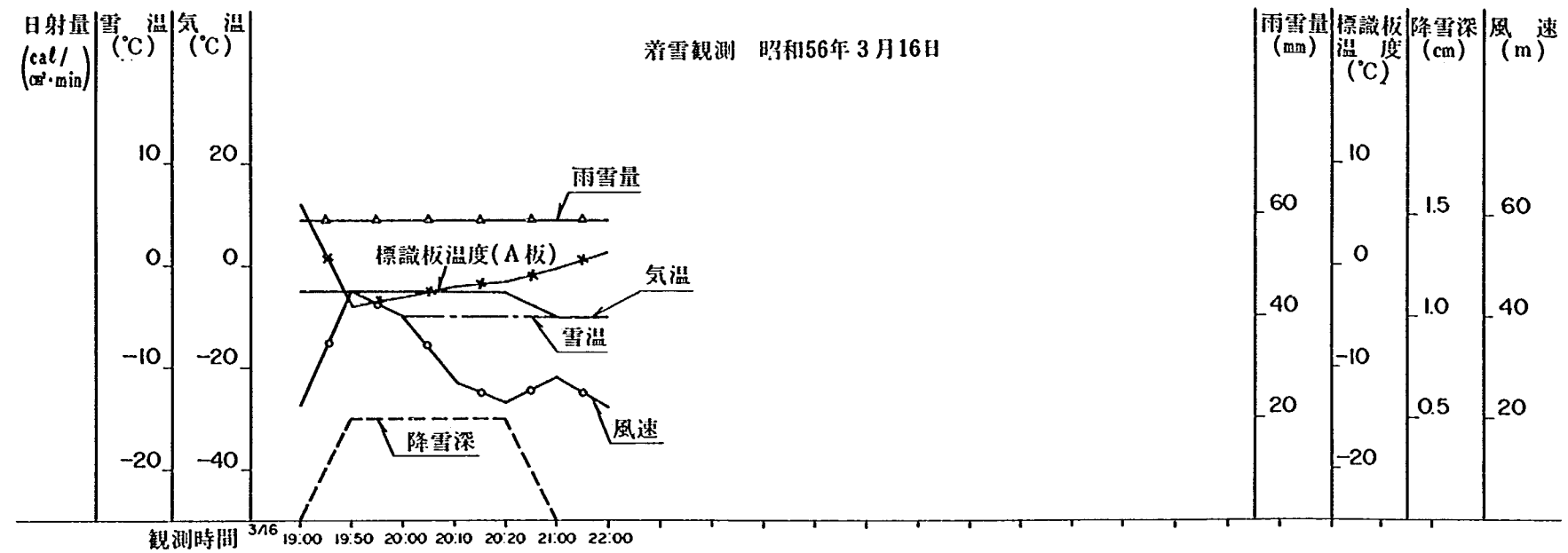
265 265 186 508 273 0
9.4 9.4 9.1 3.6 0

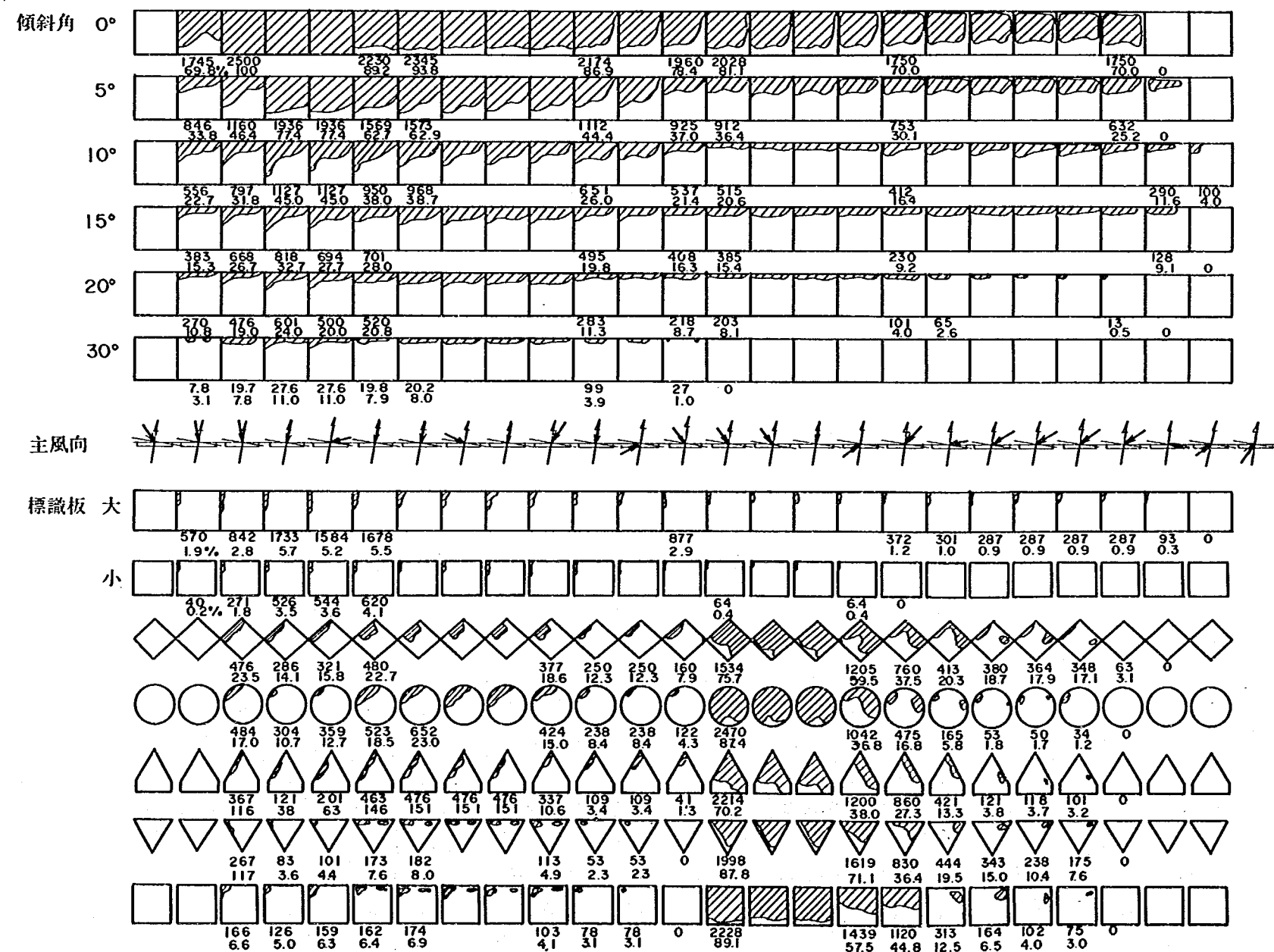
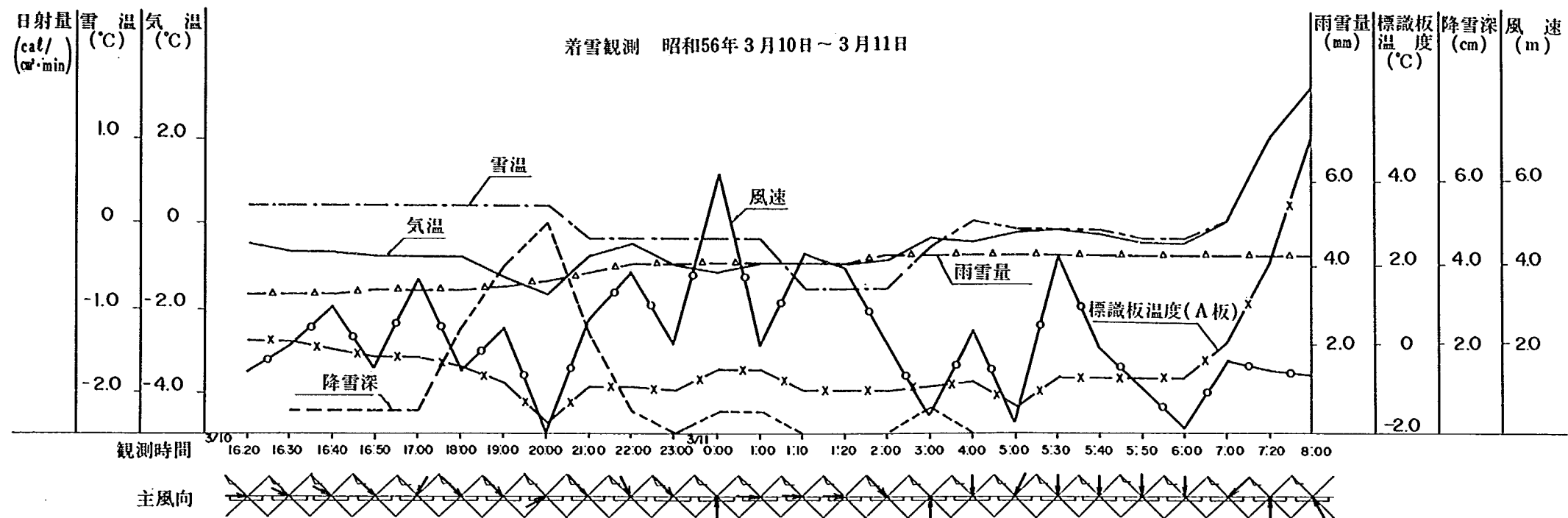
701 23 218 218 110 0
22.2 0.7 6.9 6.9 3.4 0

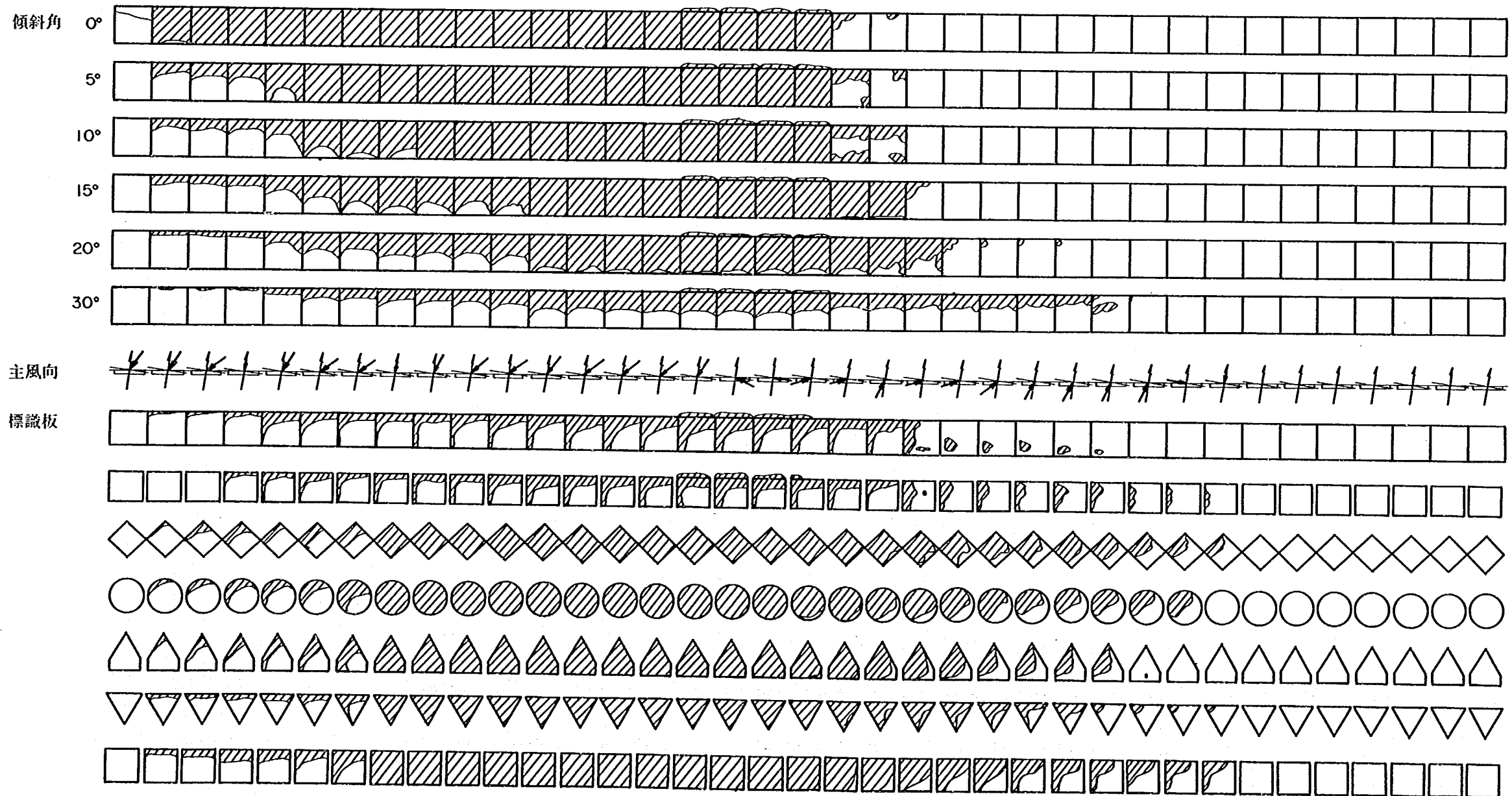
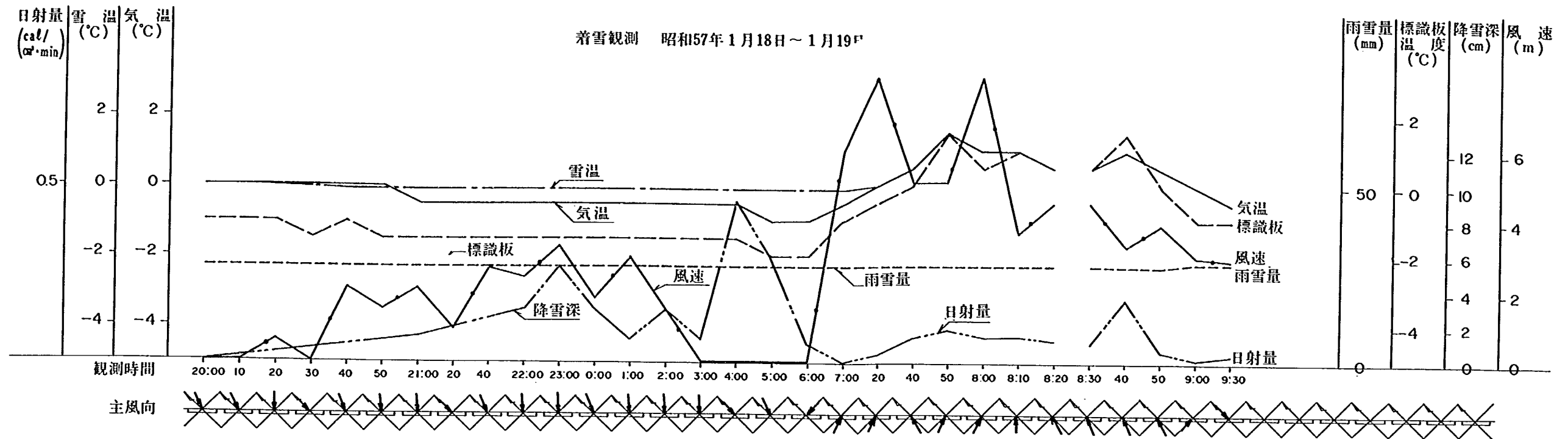
195 18 130 130 84 0
8.5 0.7 5.7 5.7 3.6 0

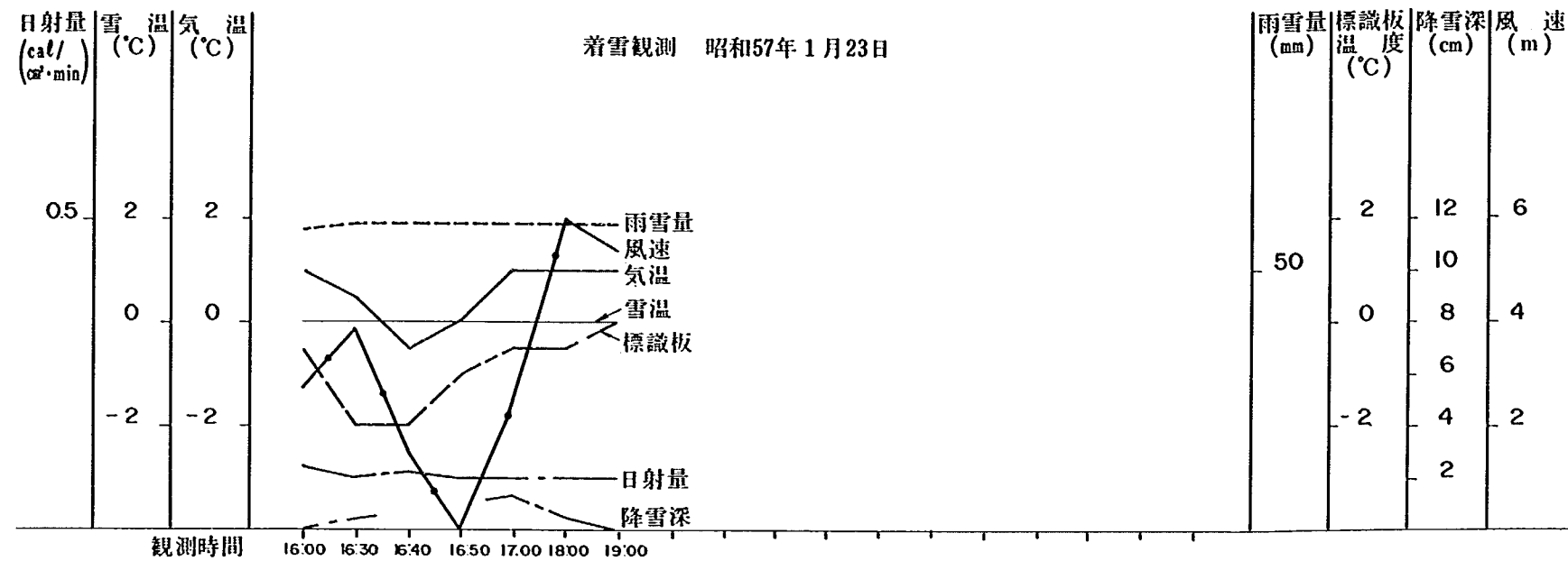
124 15 88 88 42 0
4.9 0.6 3.3 3.3 1.6 0







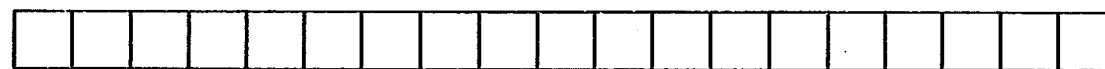
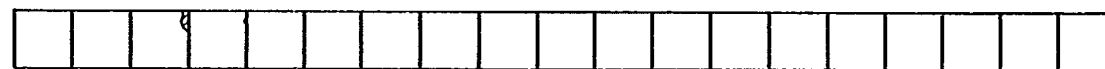
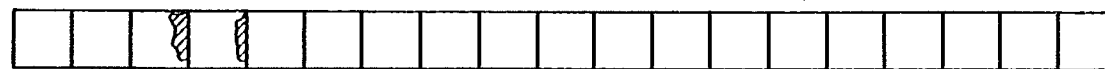




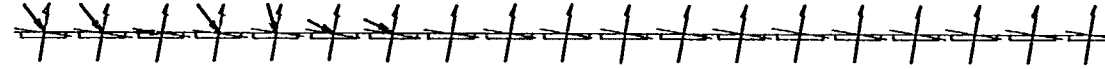
主風向



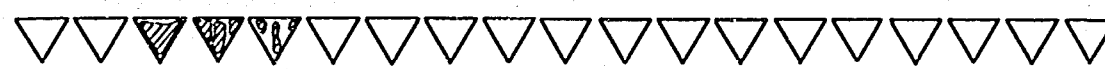
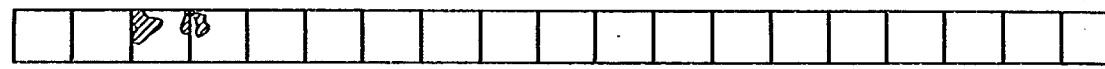
傾斜角

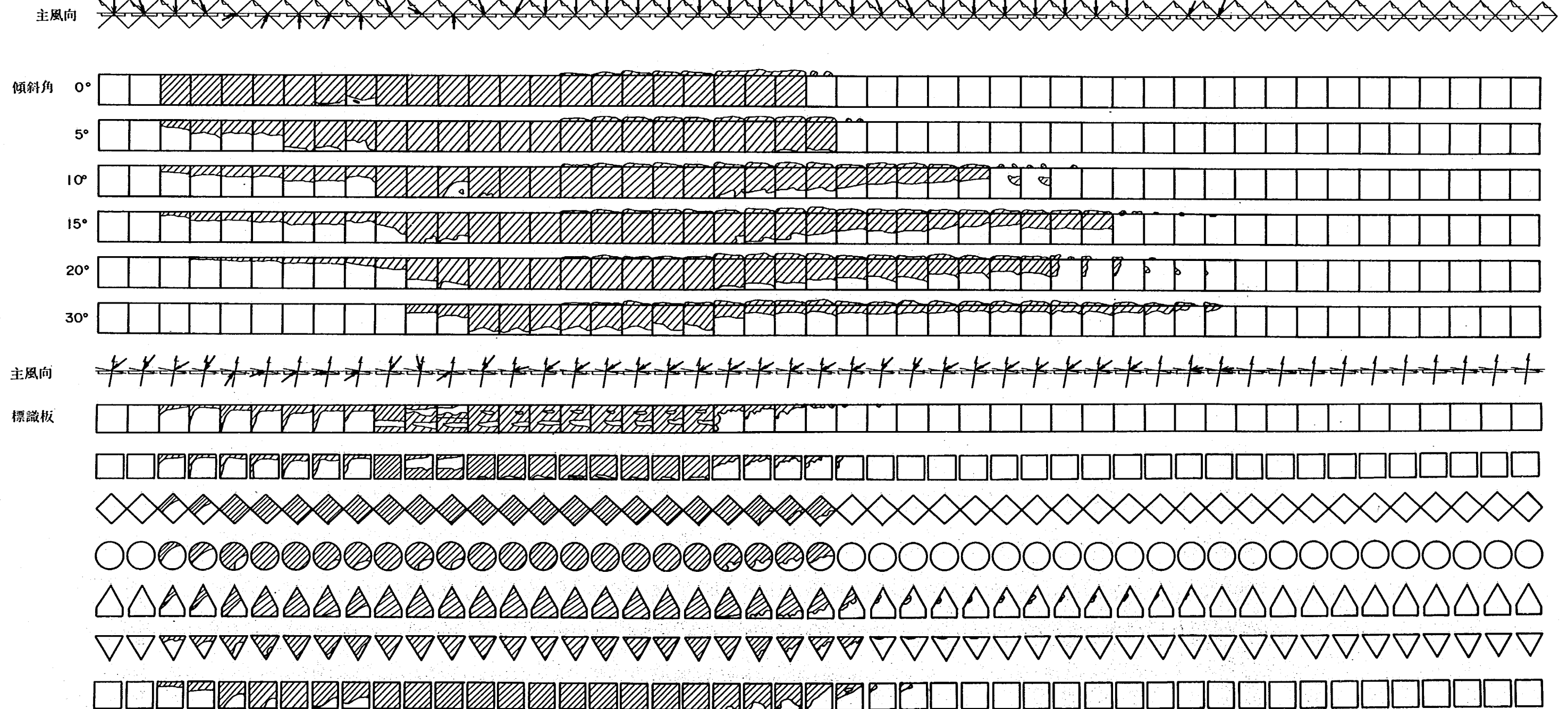
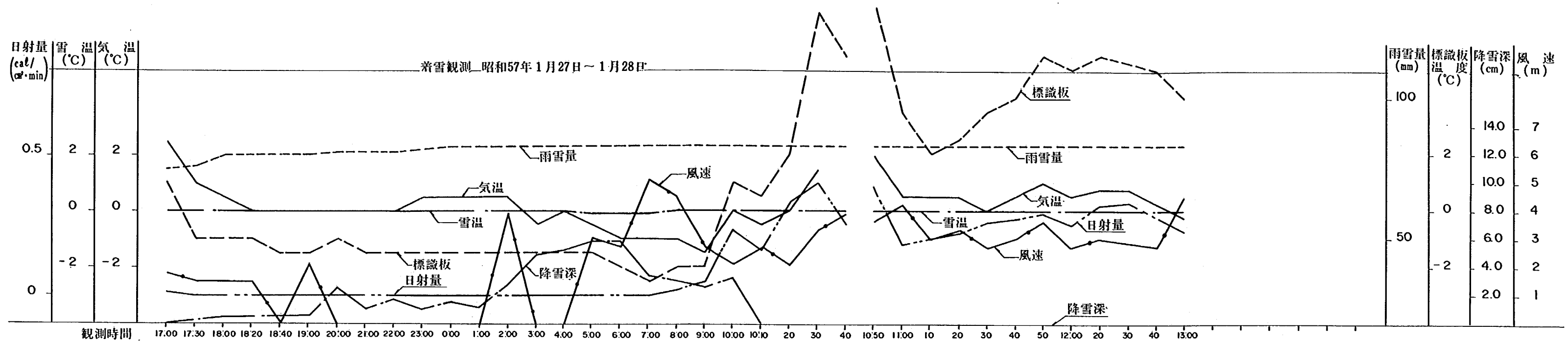


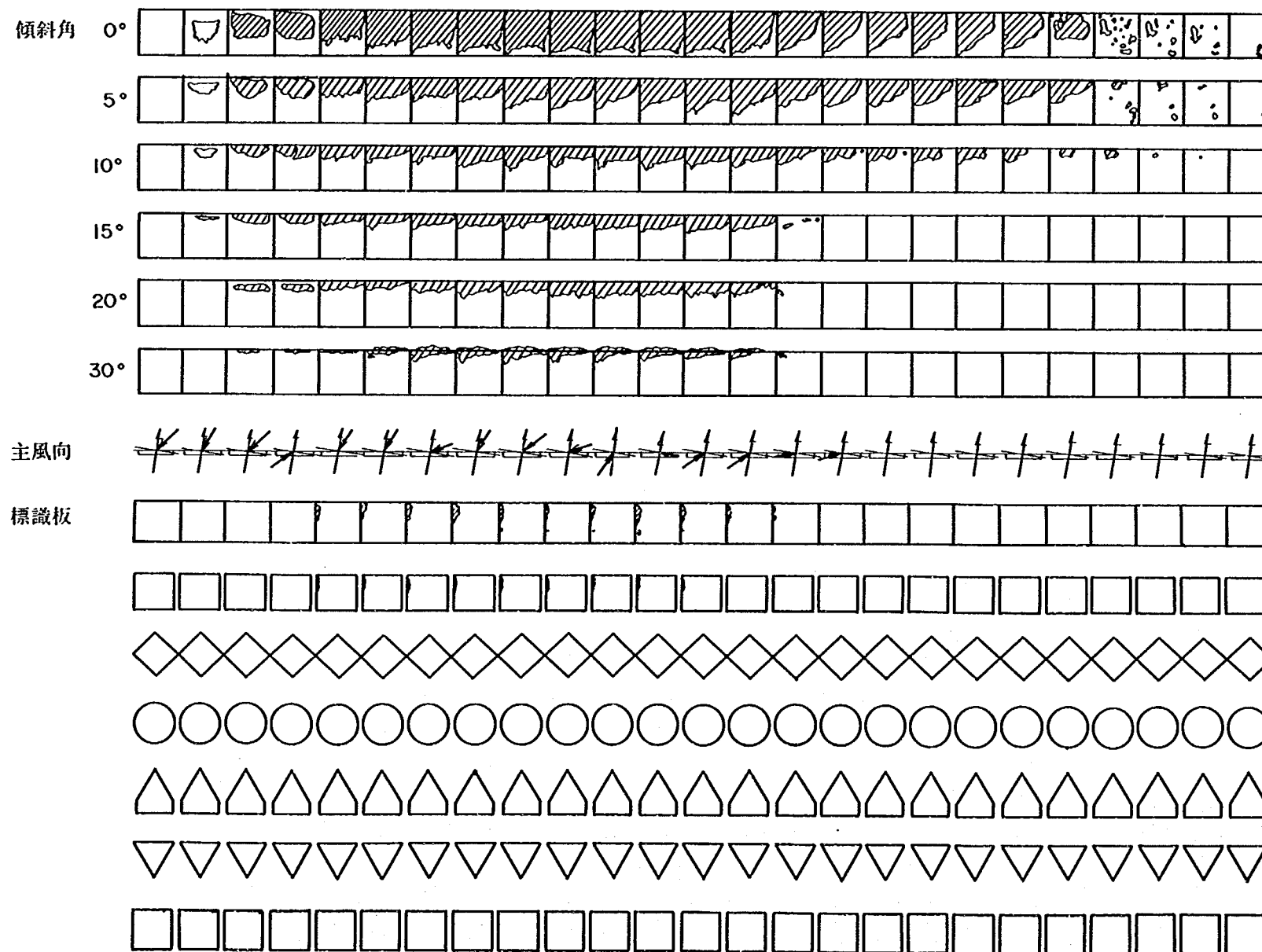
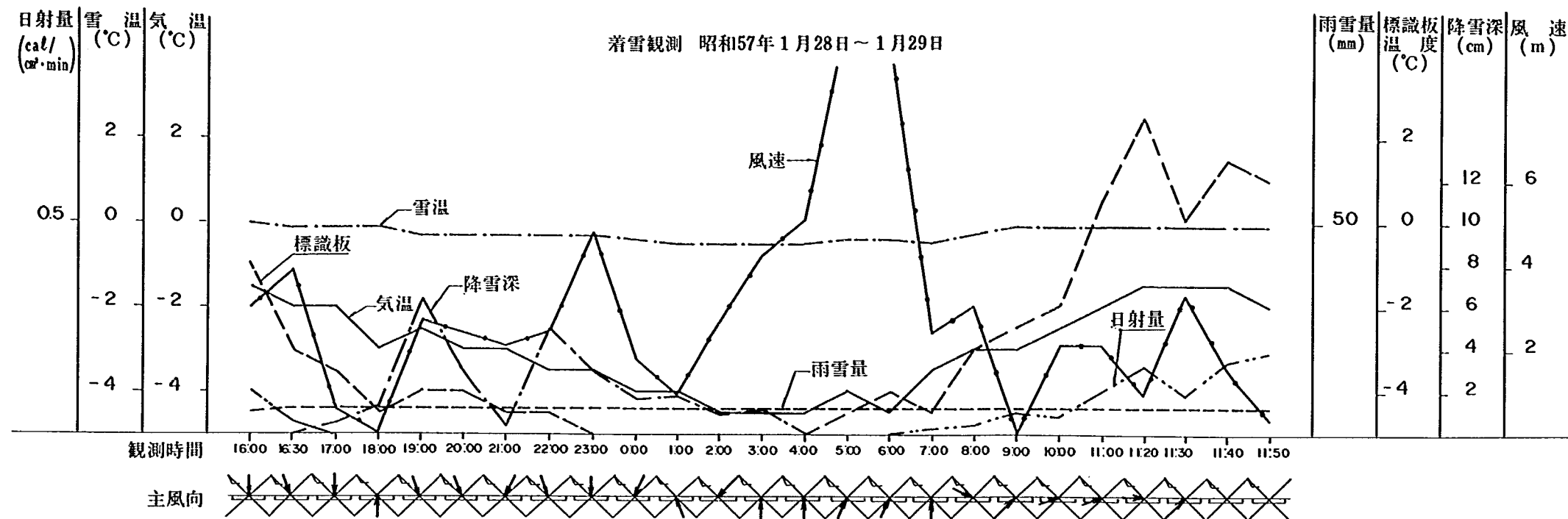
主風向

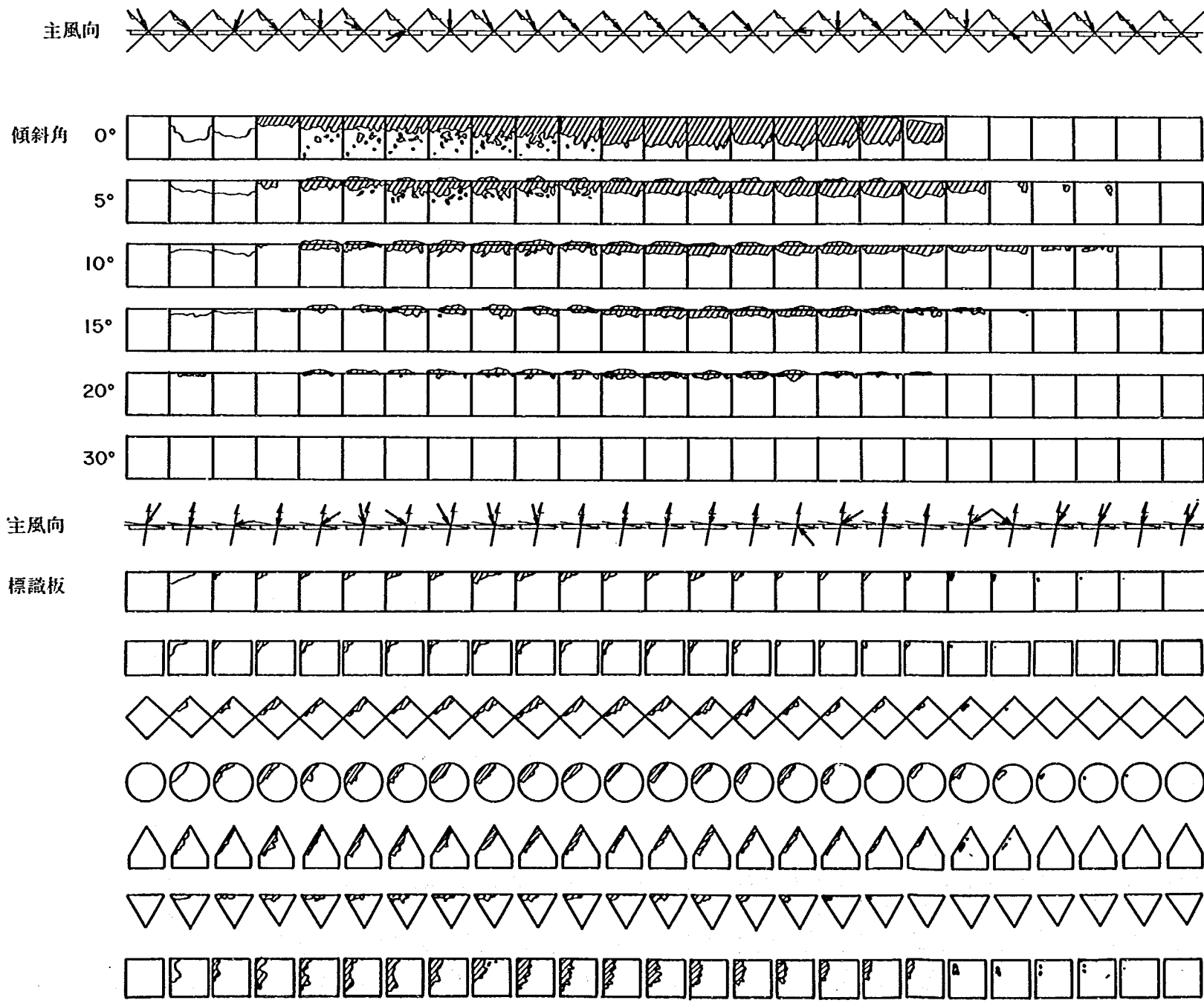
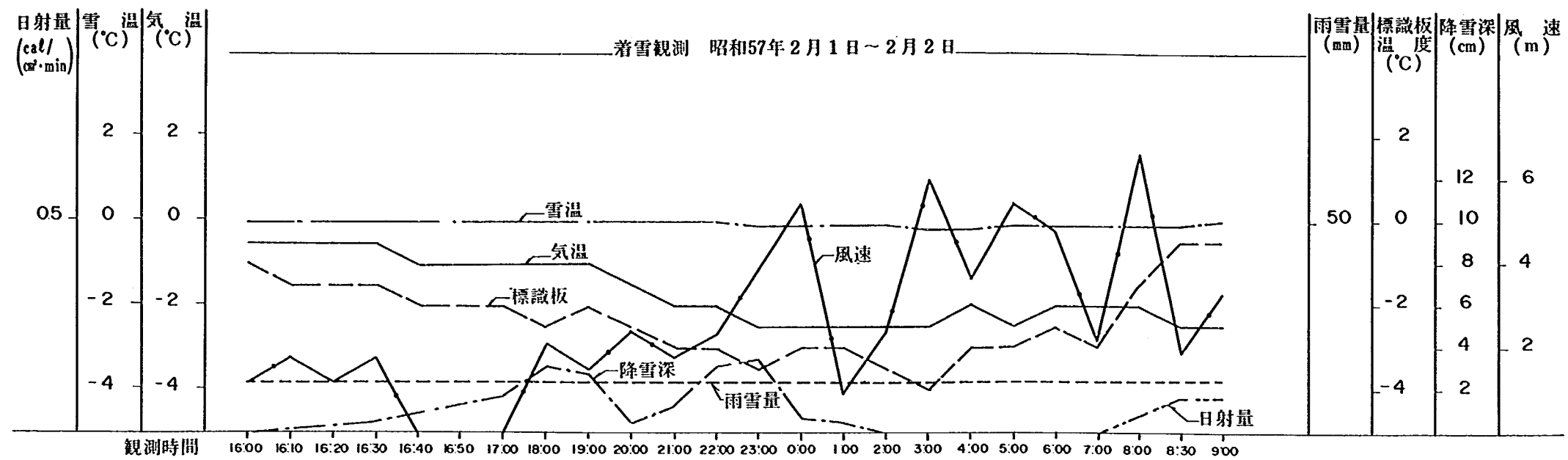


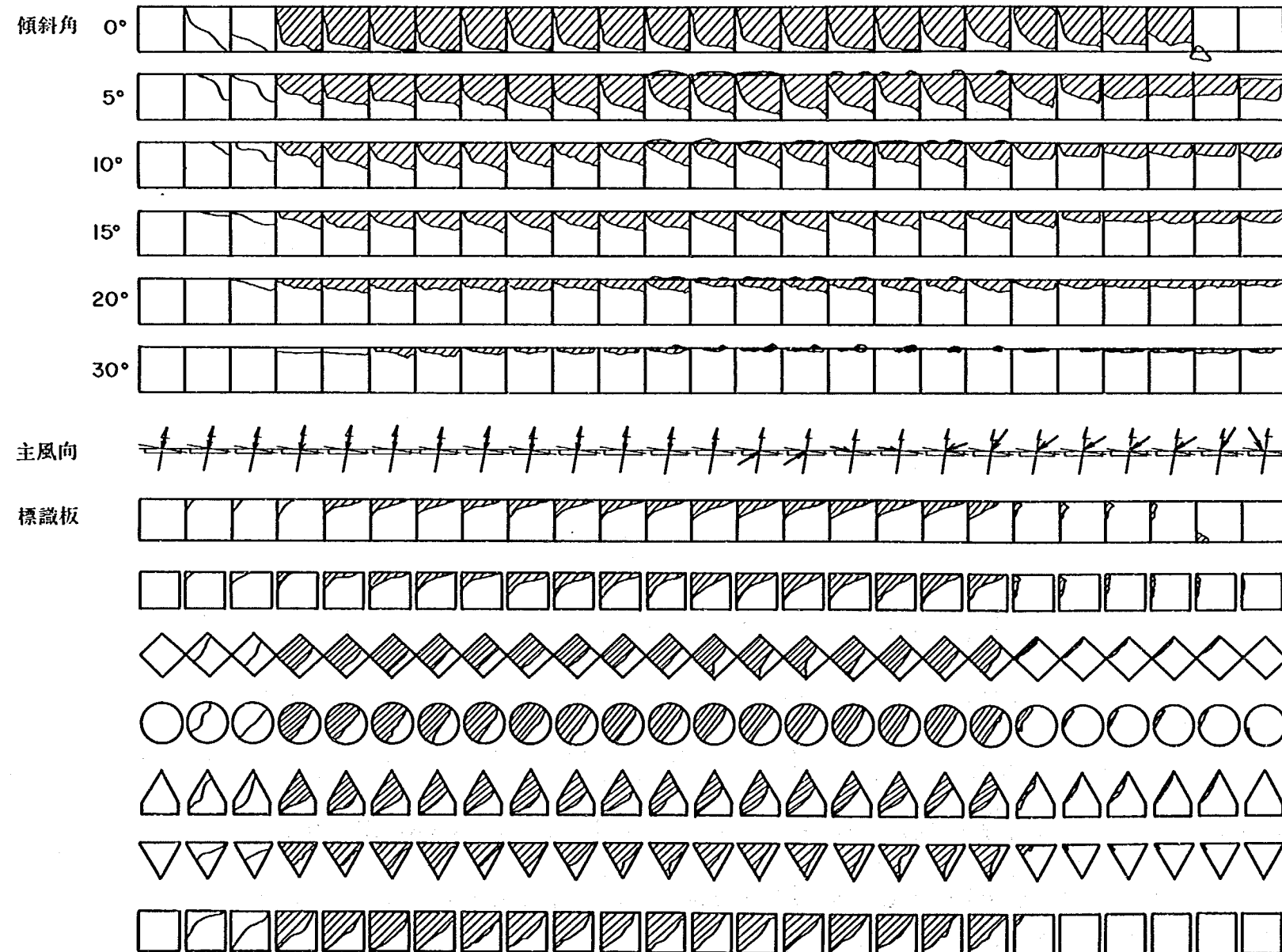
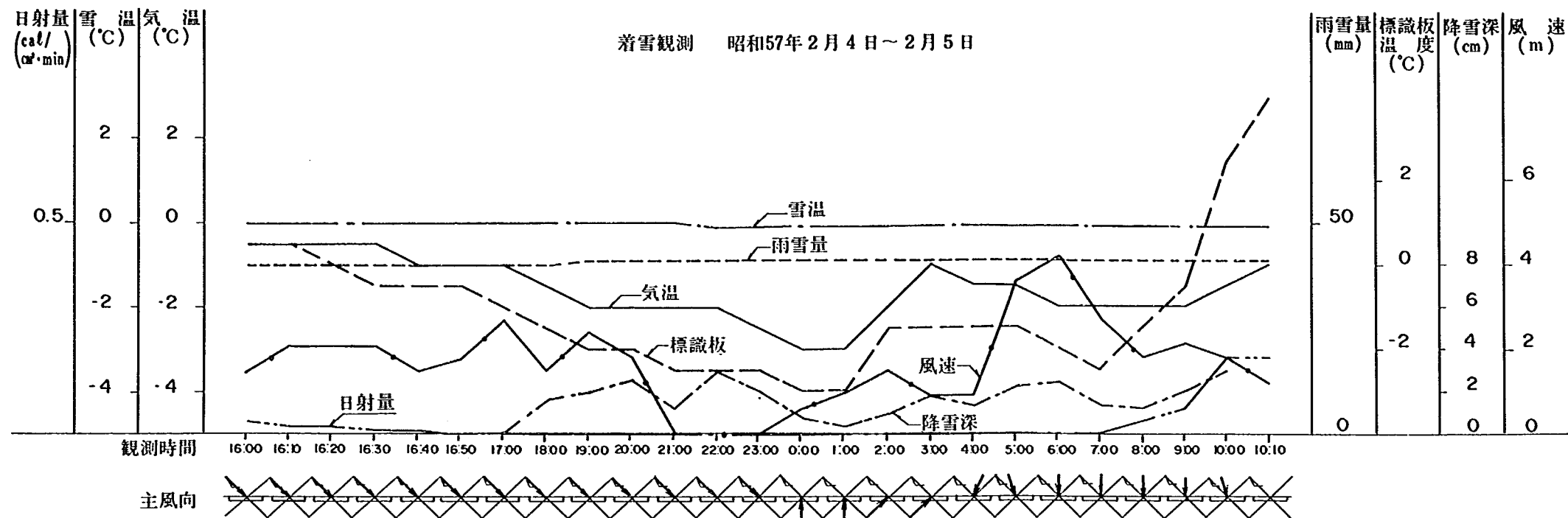
標識板

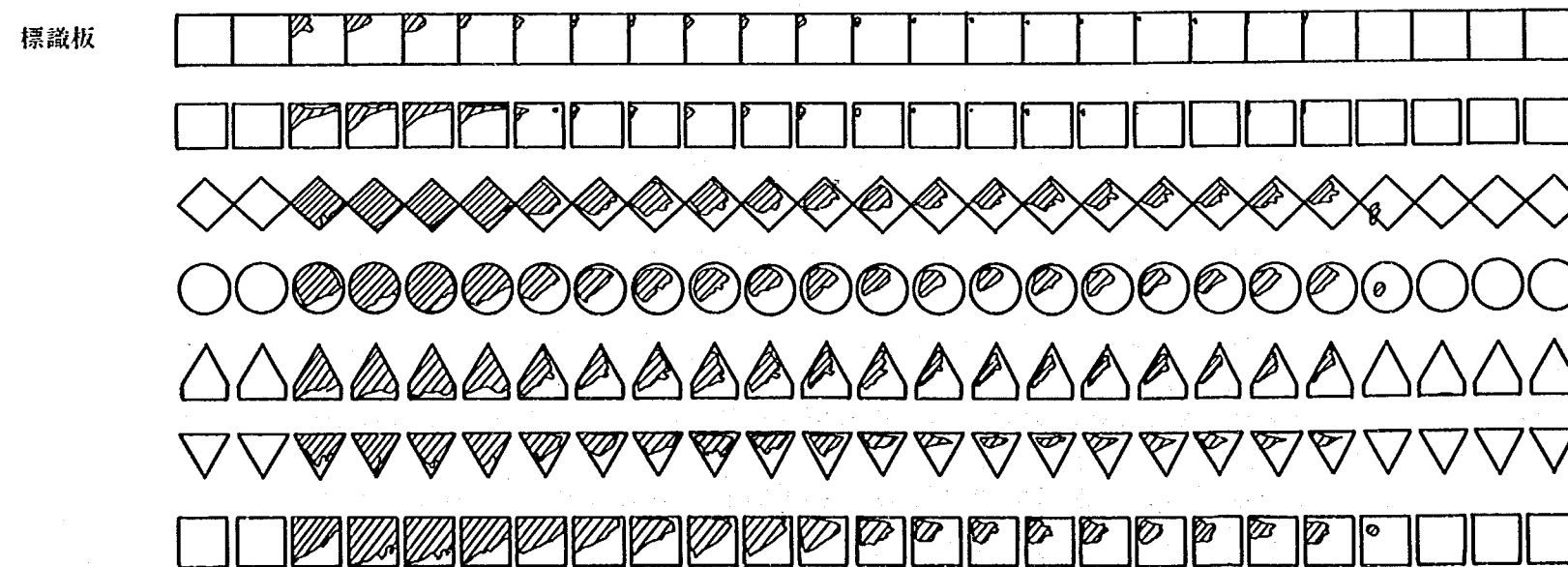
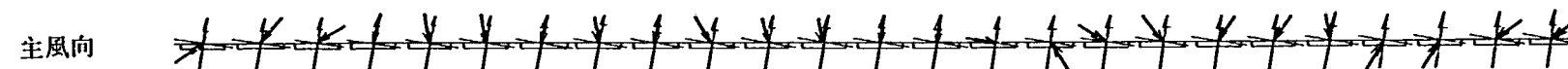
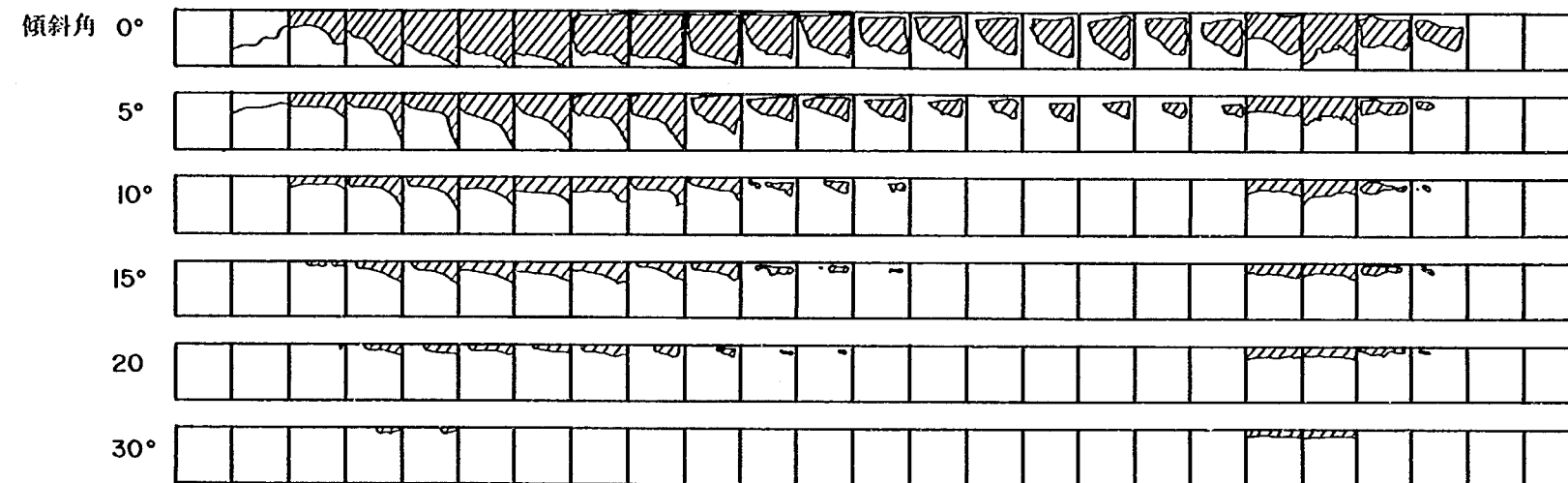
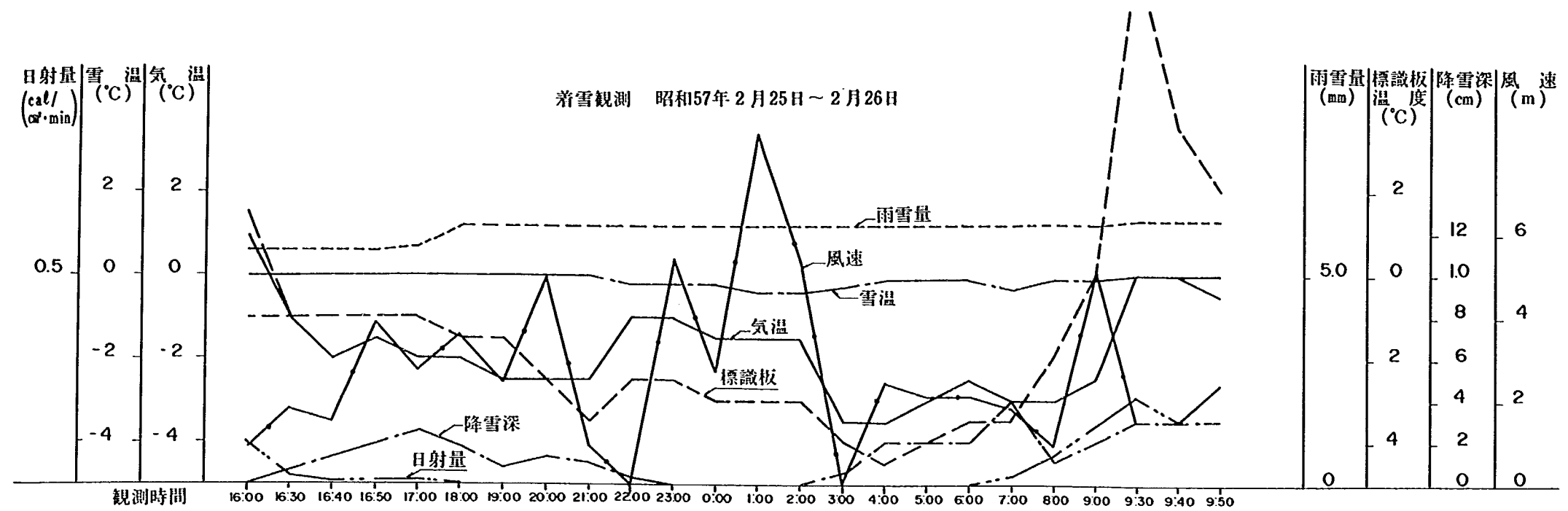


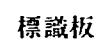
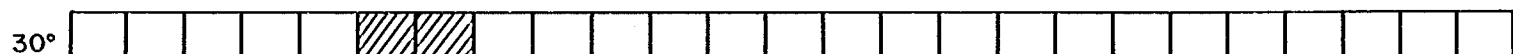
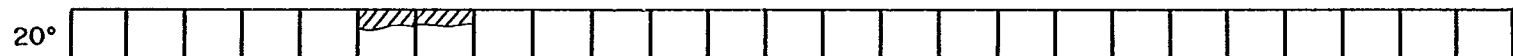
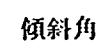
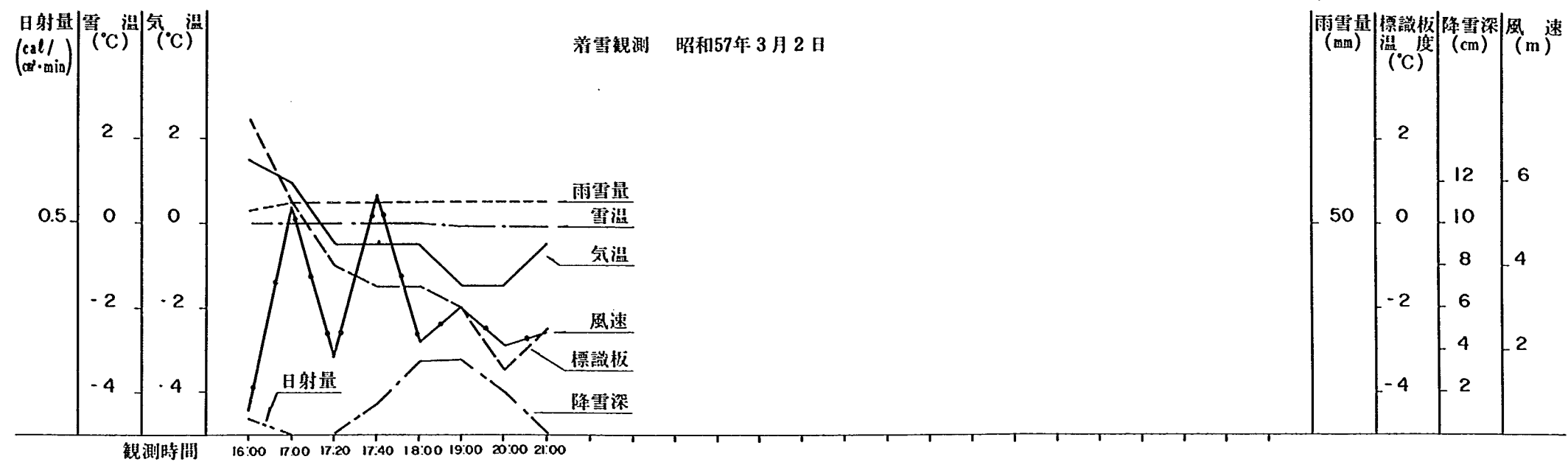


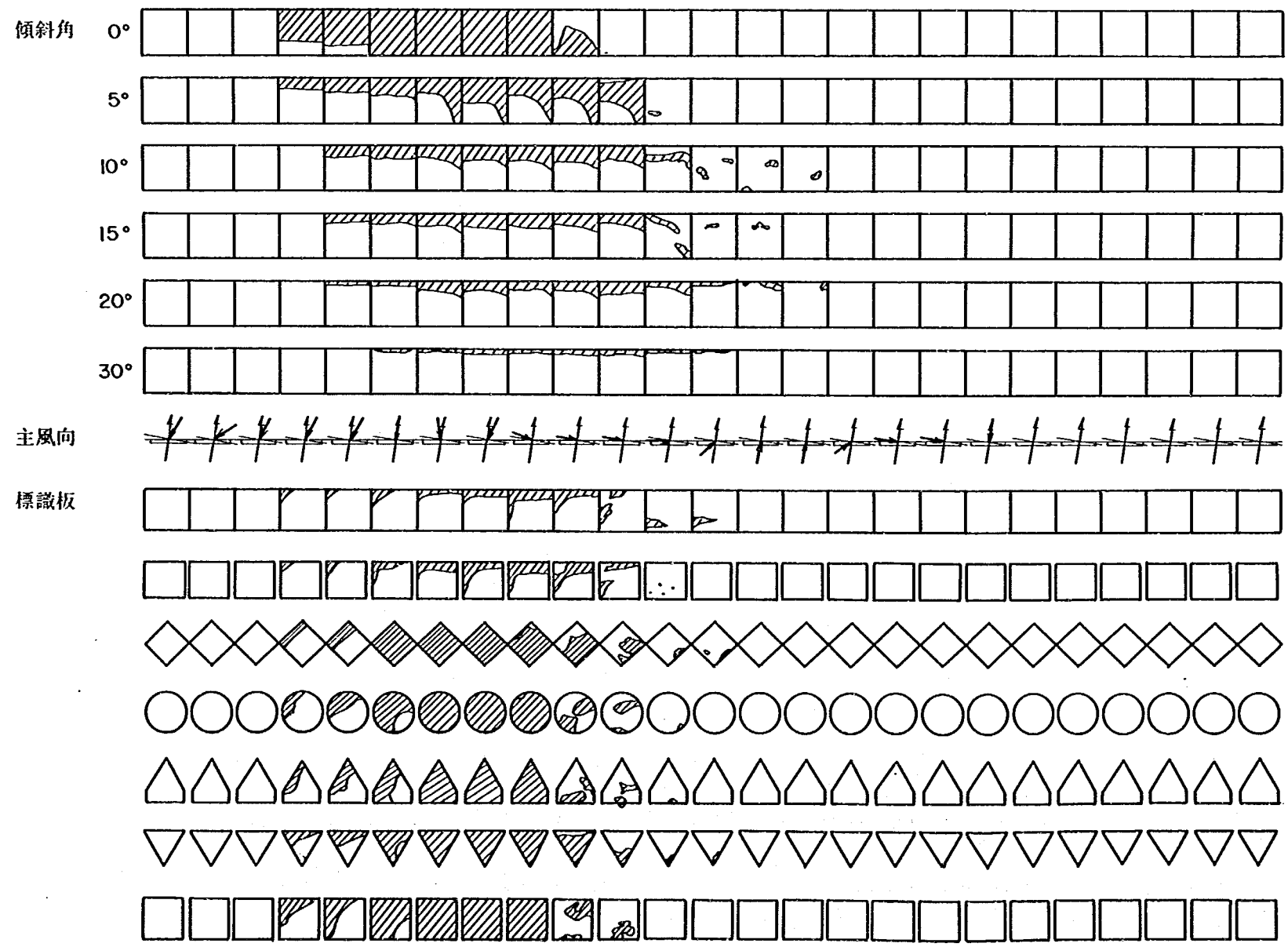
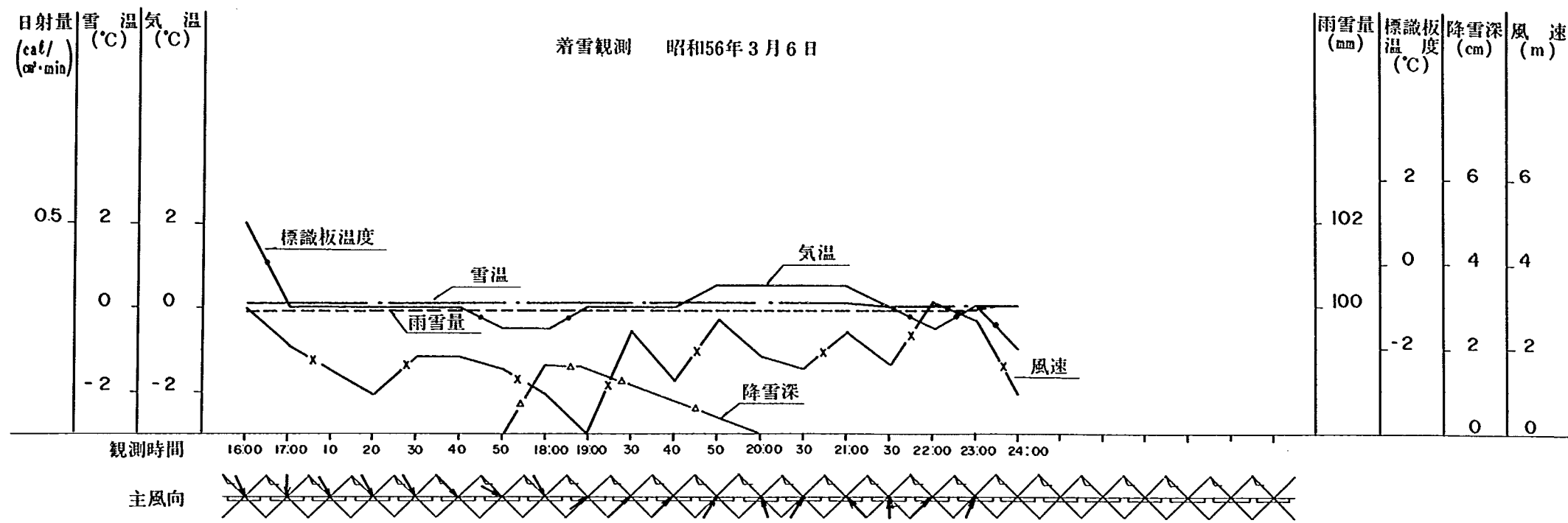


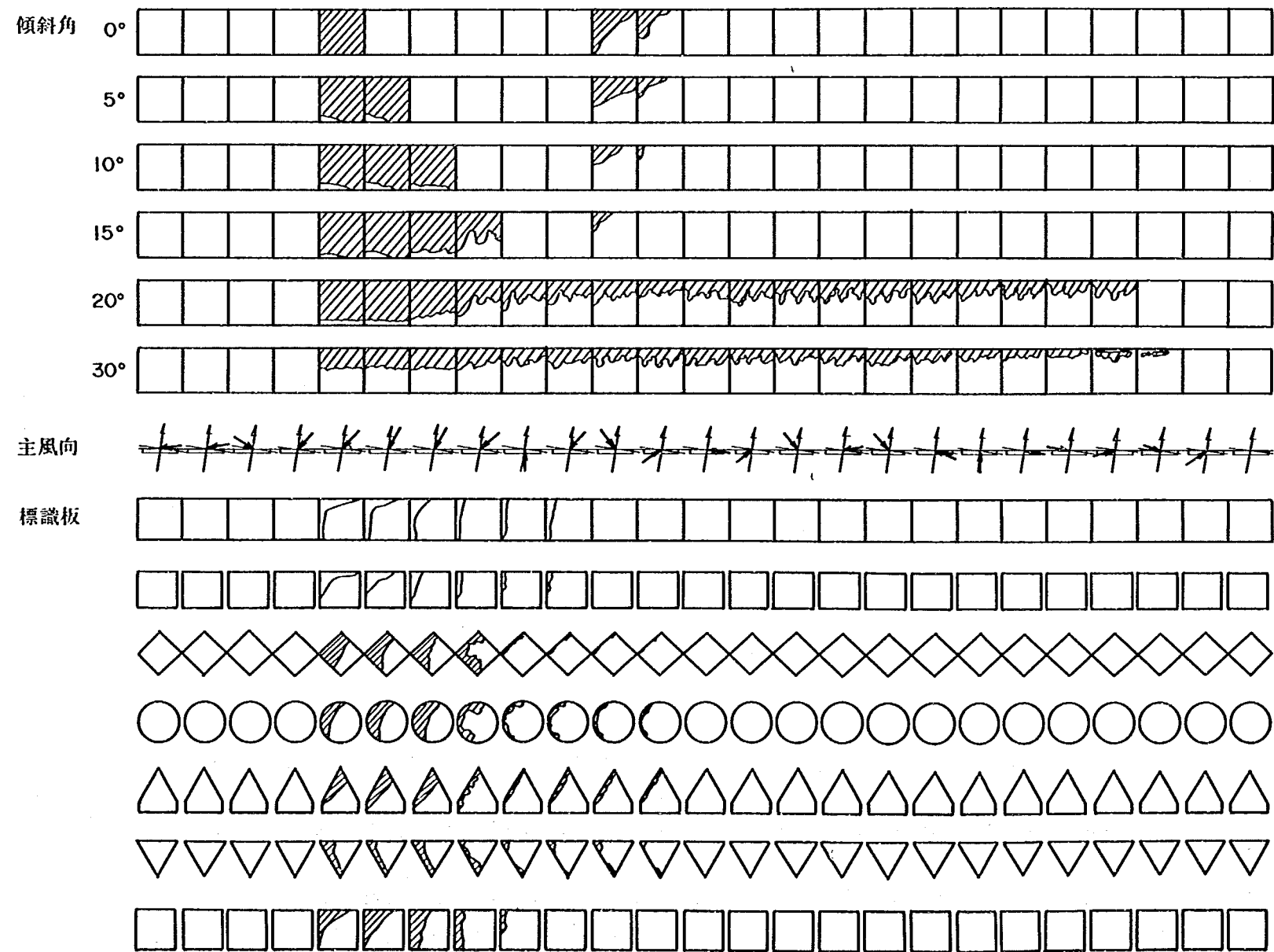
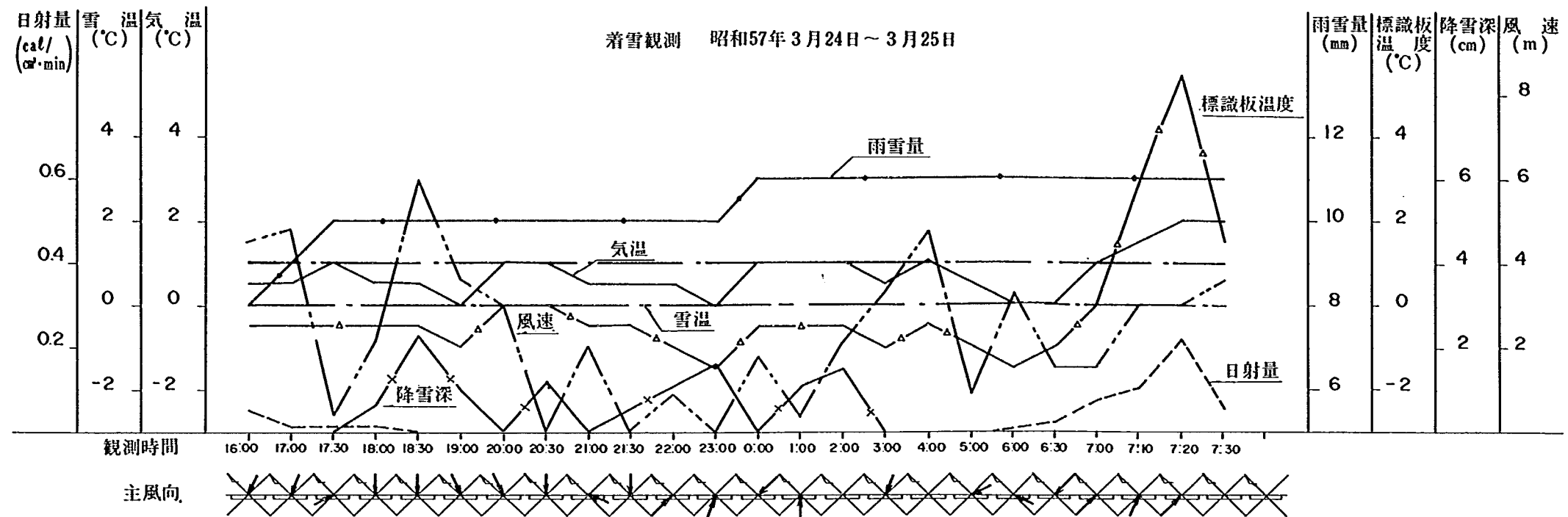


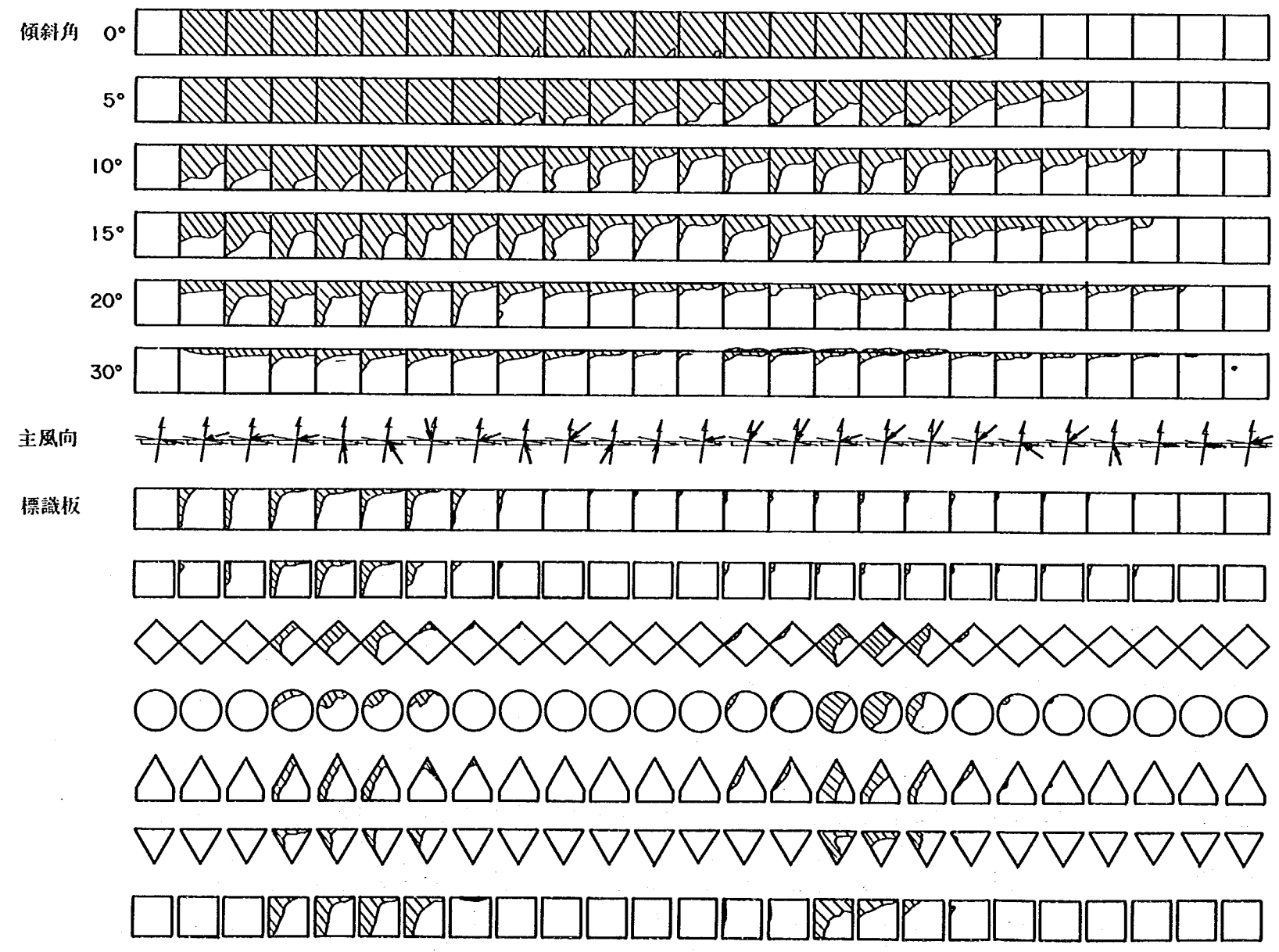
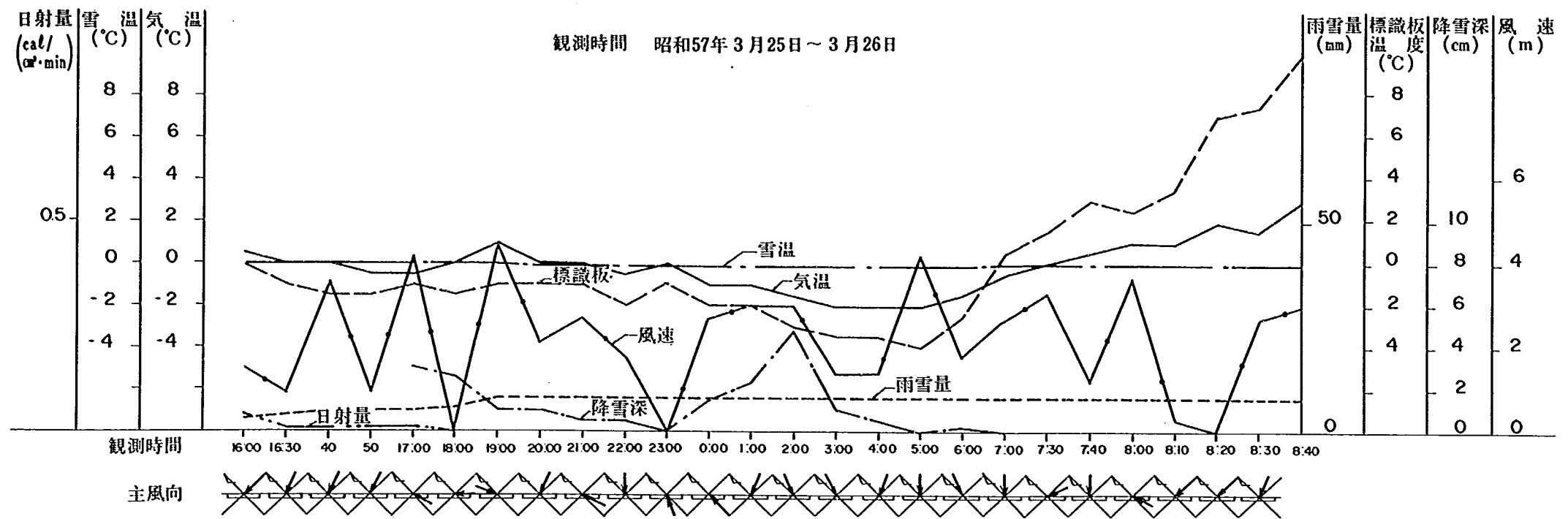








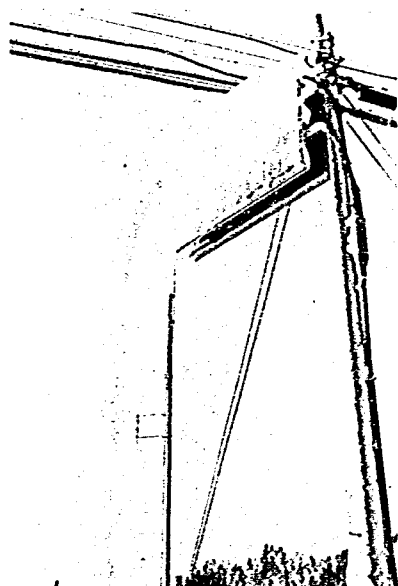
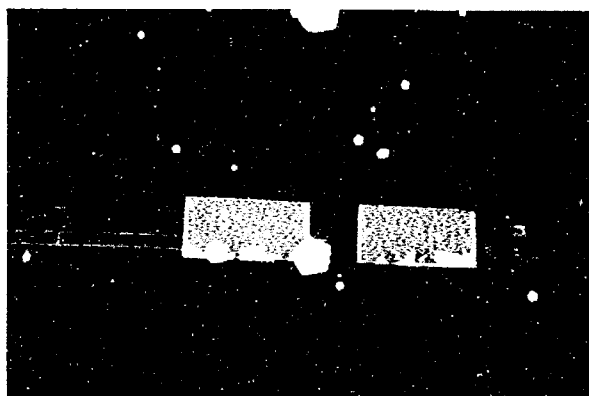
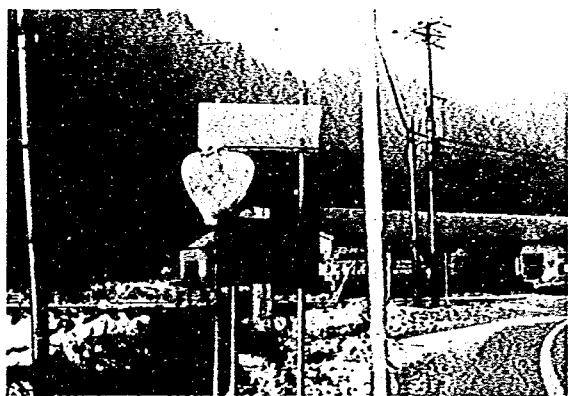
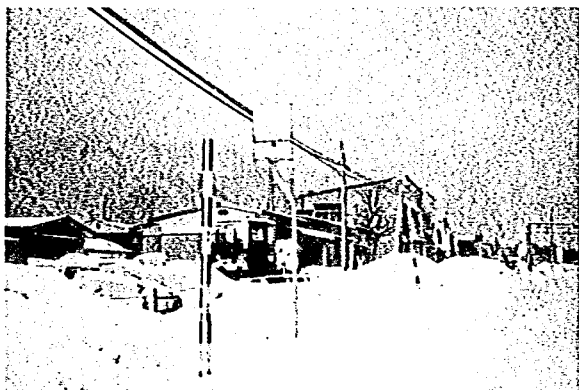




着雪実態写真例

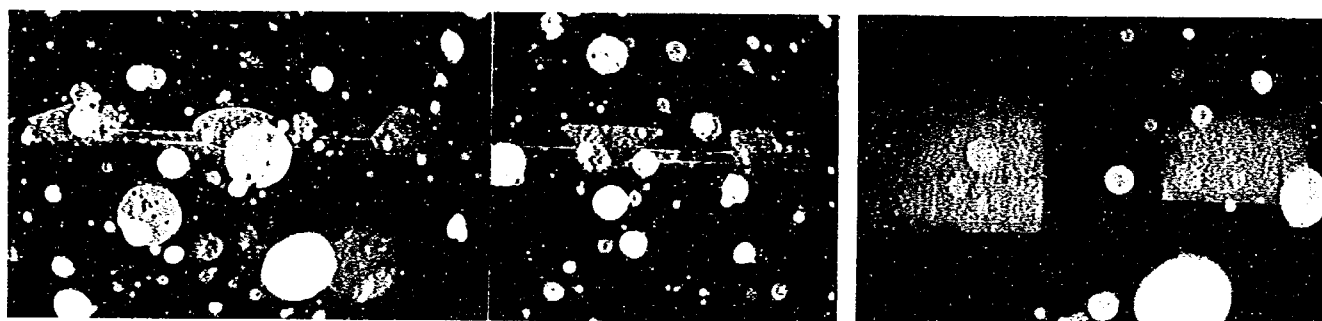
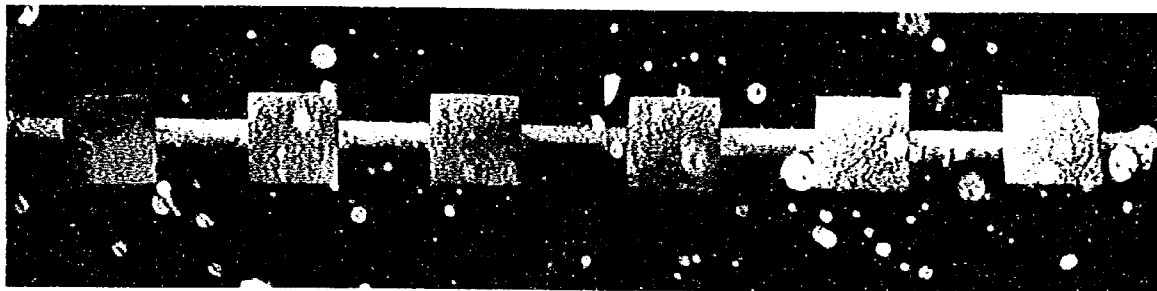
56年、57年冬期

〔現道における着雪状況〕

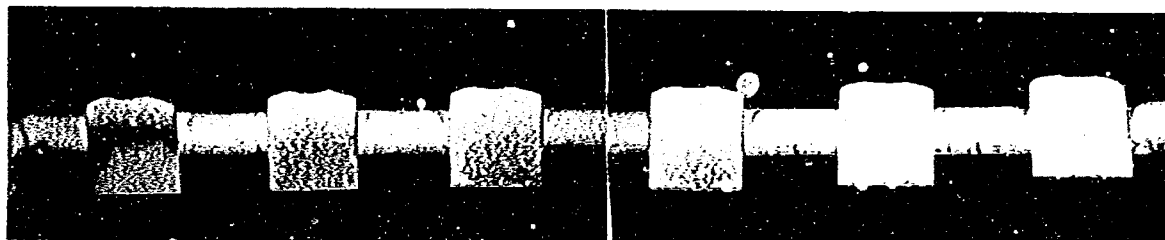


I) 56年1月29日~30日

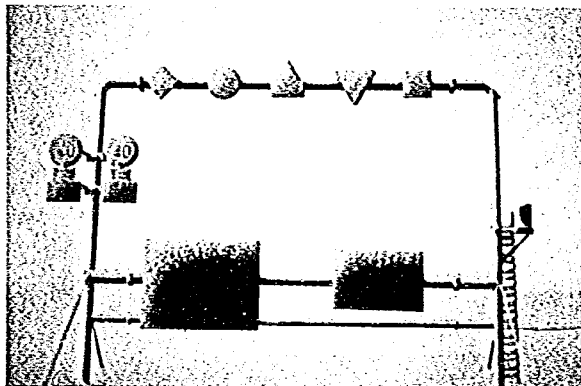
① 56年1月29日20時 気温0℃ 風速2.5m/s 降雪深3.5cm



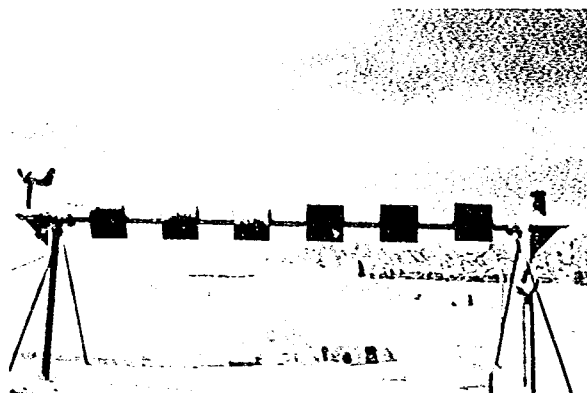
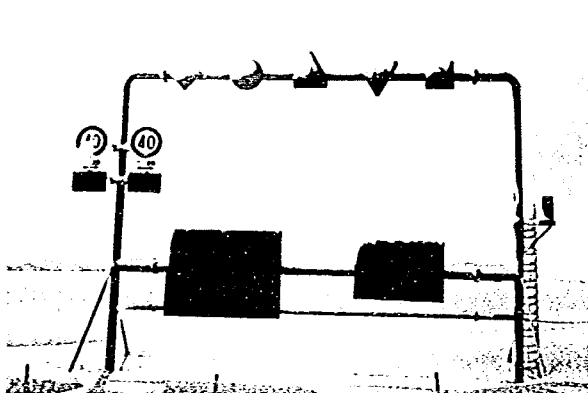
② 56年1月30日2時 気温-2℃ 風速3.7m/s NE降雪深2.5cm/h



③ 56年1月30日8時 気温 -2.0°C 風速4 m/s N 降雪深0.5cm/h

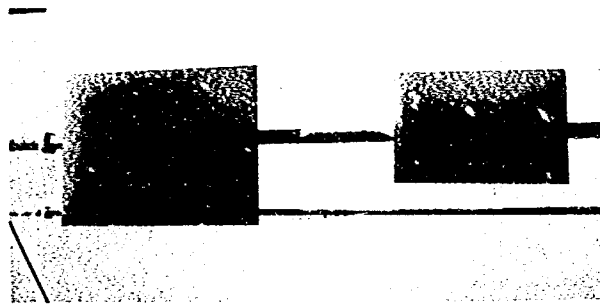
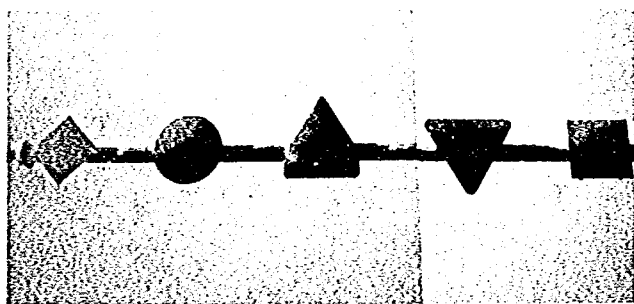
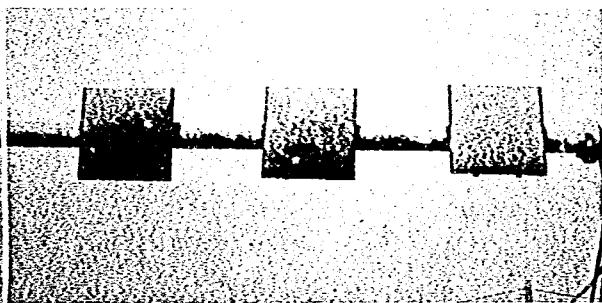


④ 56年1月30日10時 気温 $+4^{\circ}\text{C}$ 風速4 m/s WNW 降雪深0

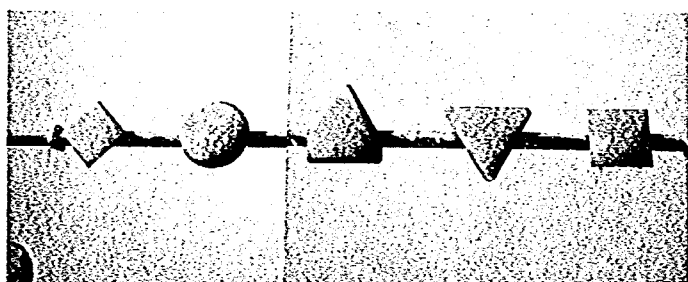
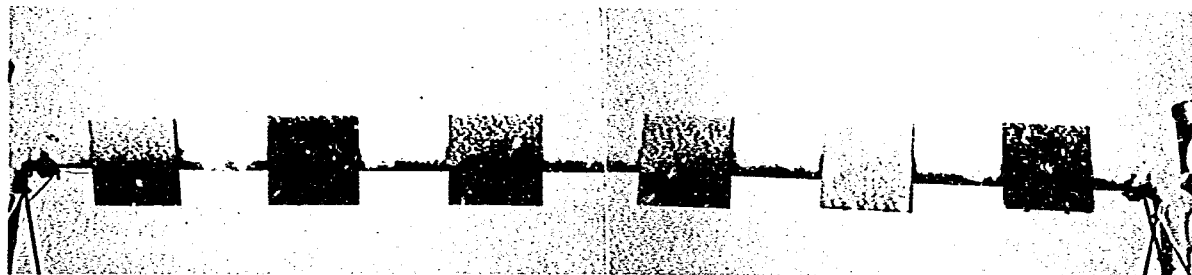


2) 56年3月6日～7日

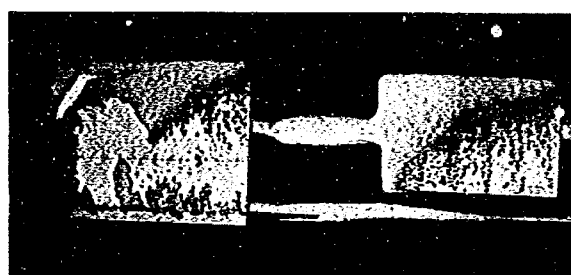
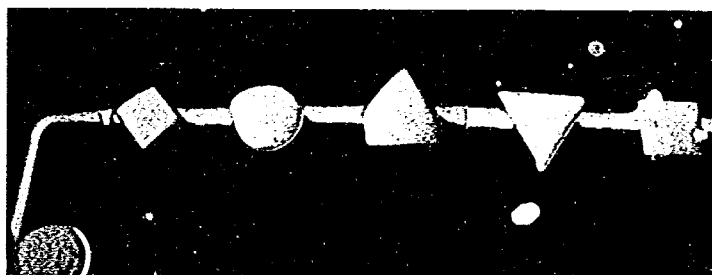
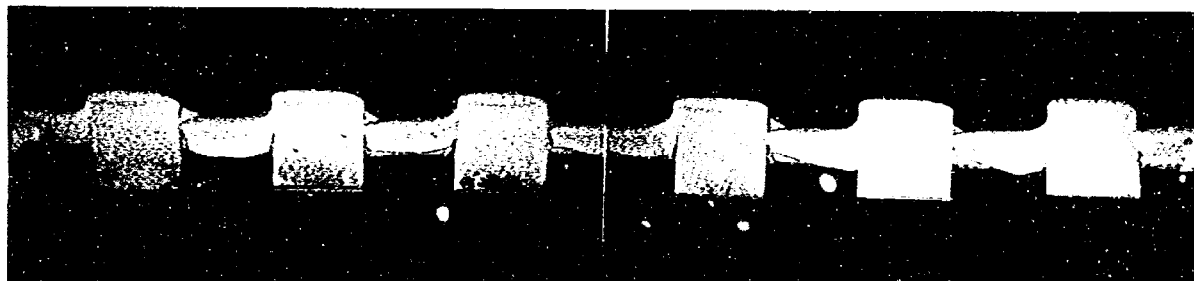
① 56年3月6日14時10分 気温 0°C 風速2 m/s N 降雪深1 cm/h



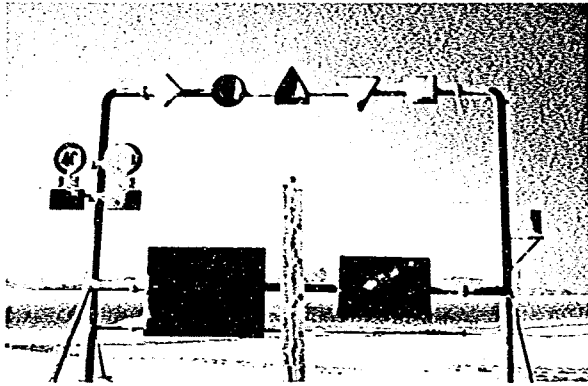
② 56年3月6日14時40分 気温 -0.5°C 風速 2 m/s ENE 降雪深1.5cm/h



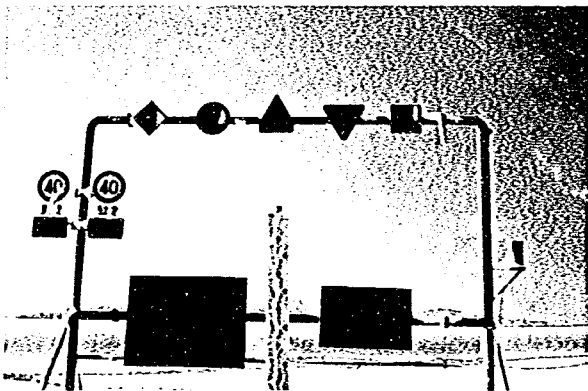
③ 56年3月7日1時 気温 -2°C 風速 0 m/s 降雪深0.7cm/h



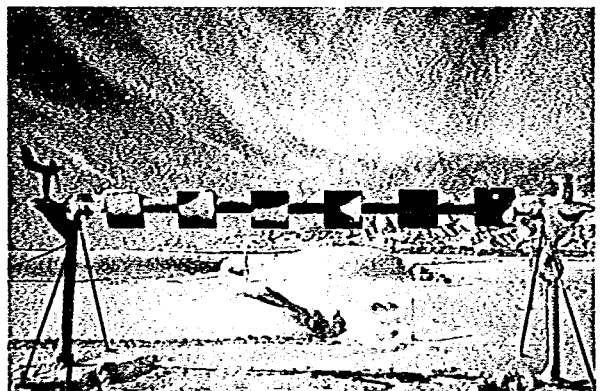
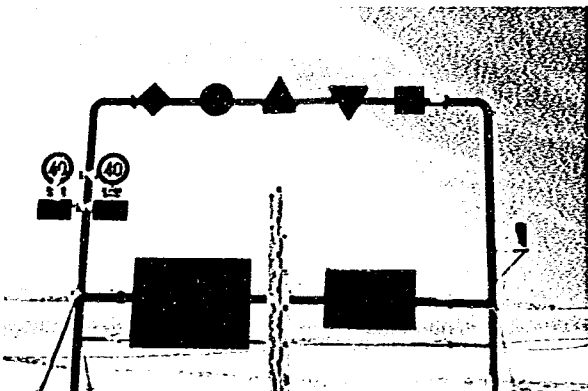
④ 56年3月7日8時20分 気温 -1.8°C 風速 1.5m/s SW 降雪深0



⑤ 56年3月7日8時40分 気温 -0°C 風速 3.5m/s WSW 降雪深0

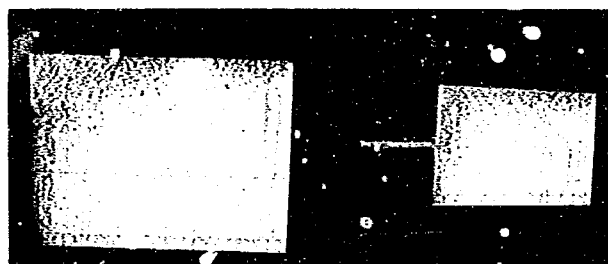
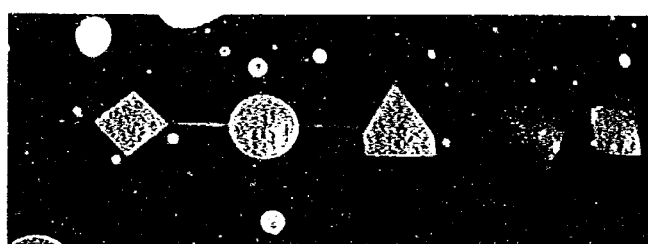


⑥ 56年3月7日9時0分 気温 $+0.1^{\circ}\text{C}$ 風速 1.5m/s SW 降雪深0

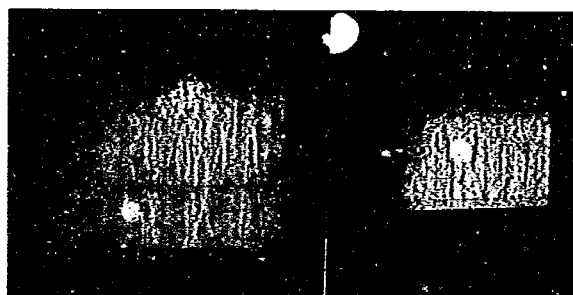
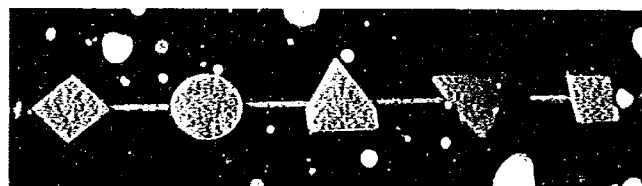
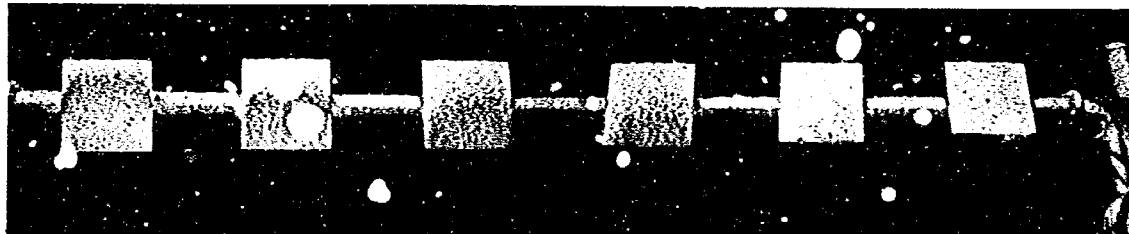


57年1月18日~19日

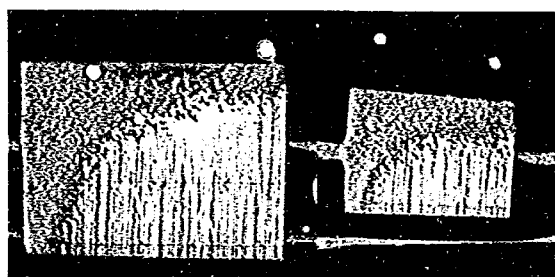
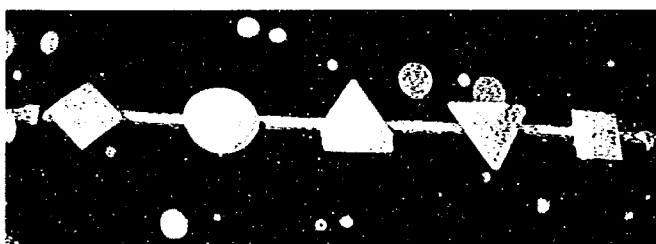
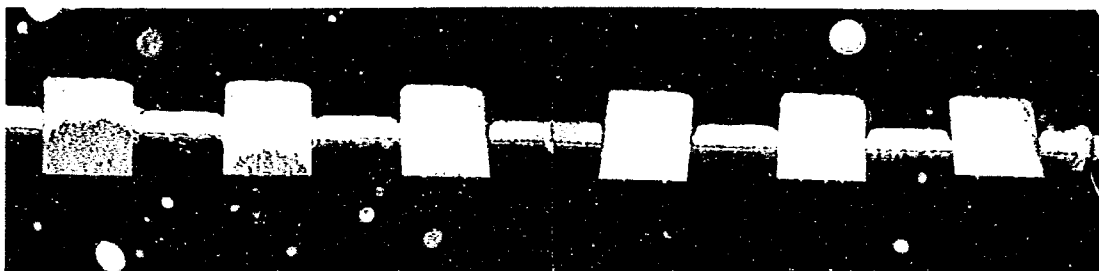
① 57年1月18日20時50分 気温0℃ 風速1.5m/s NE 降雪深 少



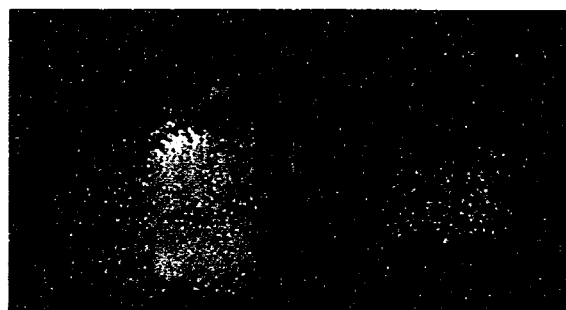
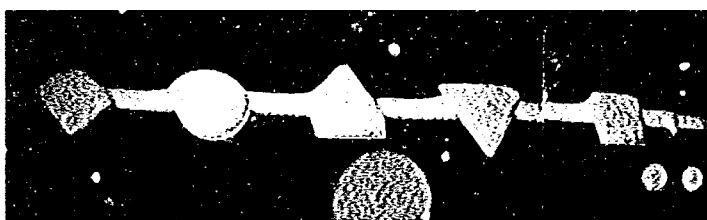
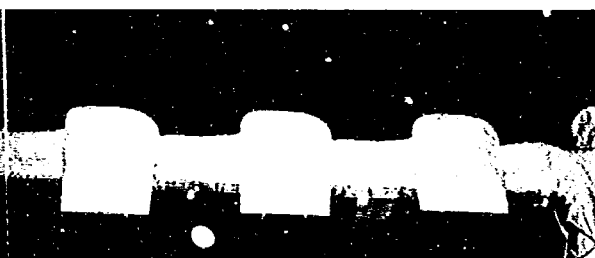
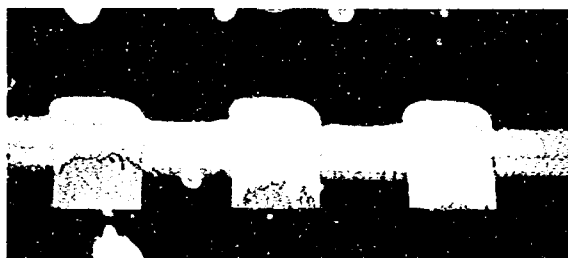
② 57年1月18日21時20分 気温-0.5℃ 風速1m/s N 降雪深2cm/h



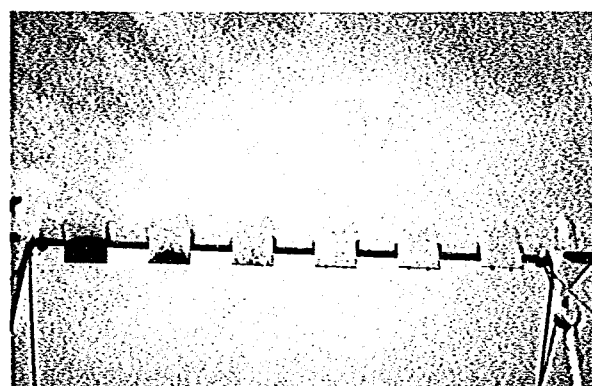
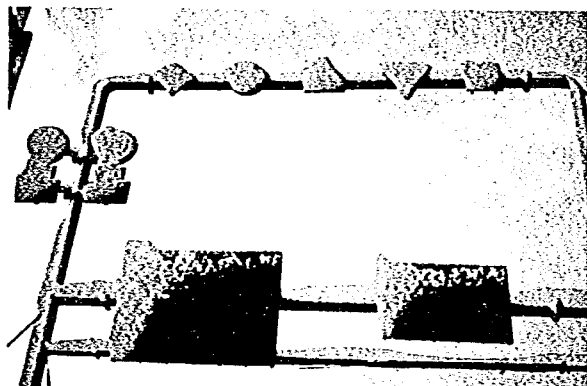
③ 57年1月19日 0時 気温 -0.5°C 風速 2 m/s NNE 降雪深 3 cm/h



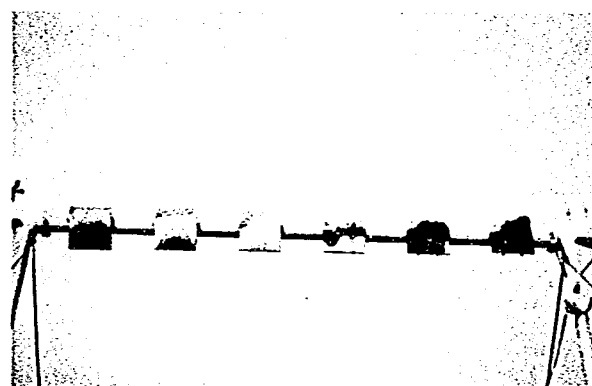
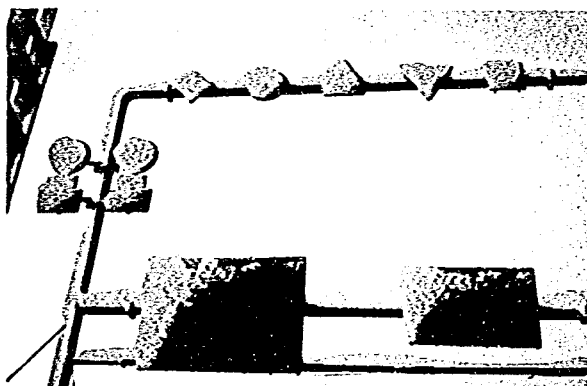
④ 57年1月19日 5時 気温 -1°C 風速 0 m/s 降雪深 6 cm/h



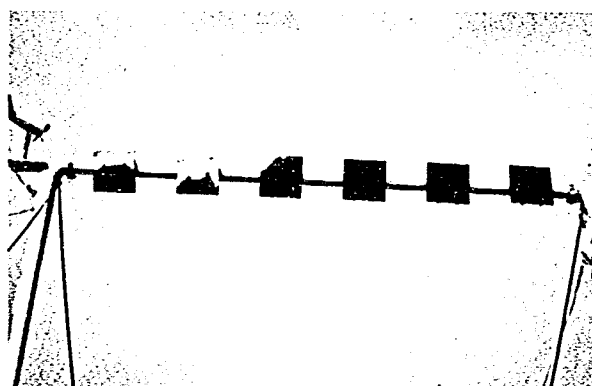
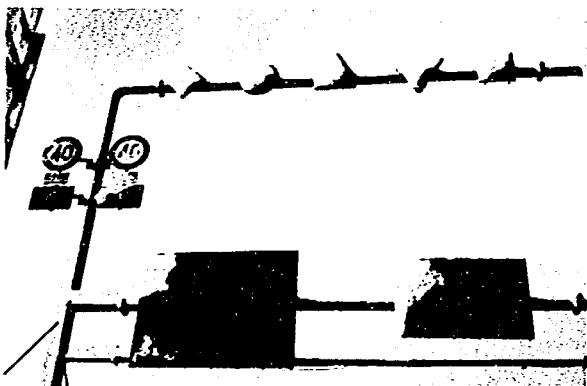
⑤ 57年1月19日7時 気温0.5℃ 風速6 m/s WSW 降雪深0



⑥ 57年1月19日7時15分 気温0℃ 風速8 m/s WSW



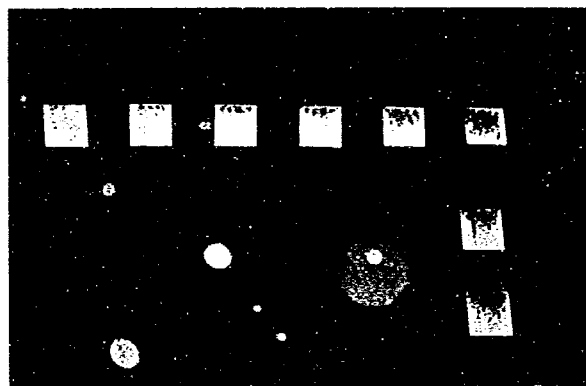
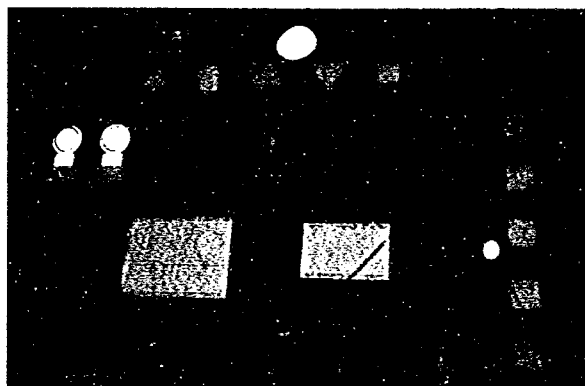
⑦ 57年1月19日7時50分 気温+1.5℃ 風速5 m/s WSW



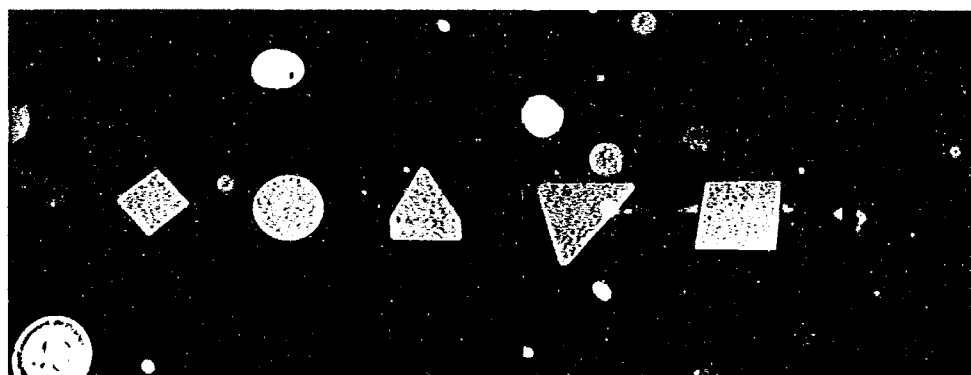
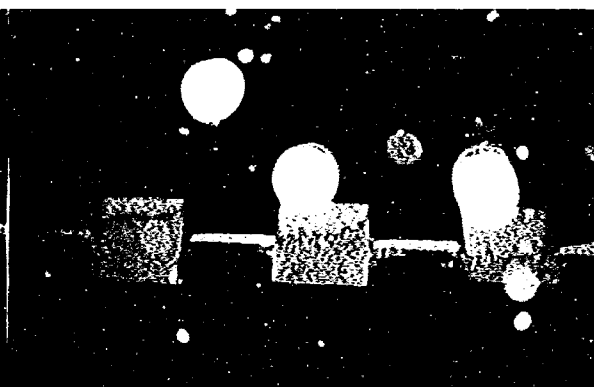
着雪観測例

57年1月28~29日

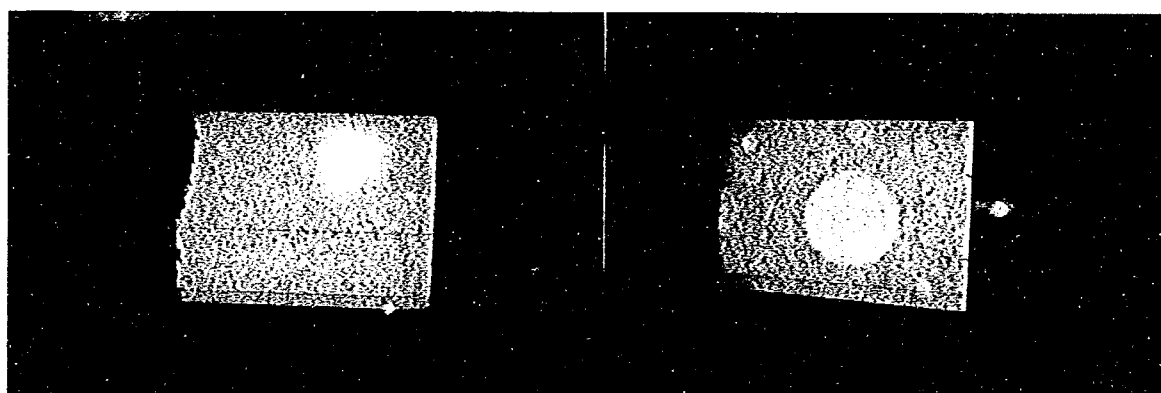
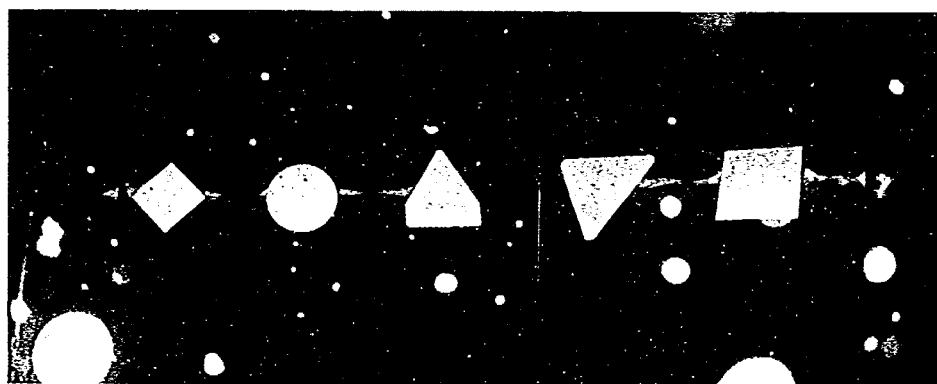
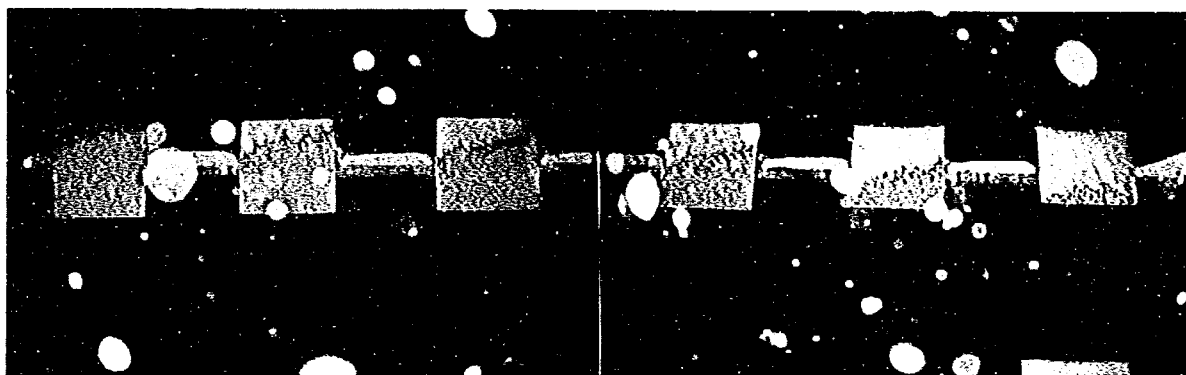
開始時条件
 28日18時 気温-3℃
 風速1 m/s SW
 降雪1 cm/h



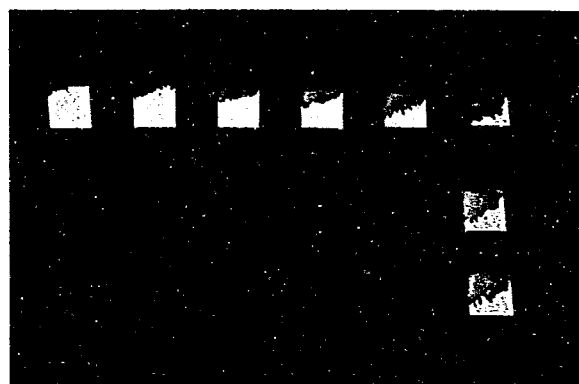
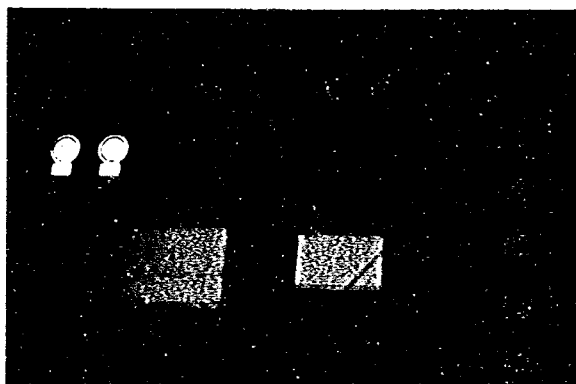
28日19時 気温-2.5℃ 風速3 m/s NNE 降雪深6 cm/h



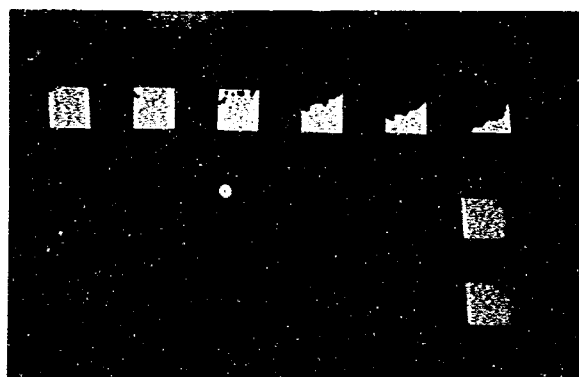
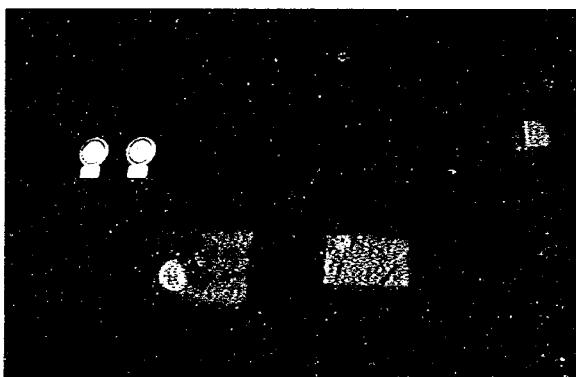
28日23時 気温-3.5℃ 風速5 m/s NE 降雪深3 cm/h



1月29日 4時 気温-4.5℃ 風速 5 m/s SW 降雪深 0

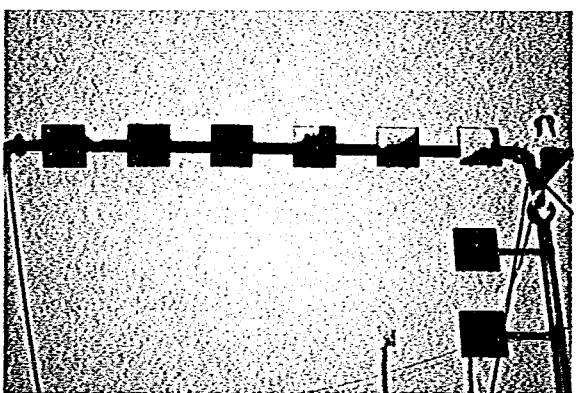


29日 5時 気温-4℃ 風速 8 m/s 以上 WSW 降雪深0.5cm/h以下



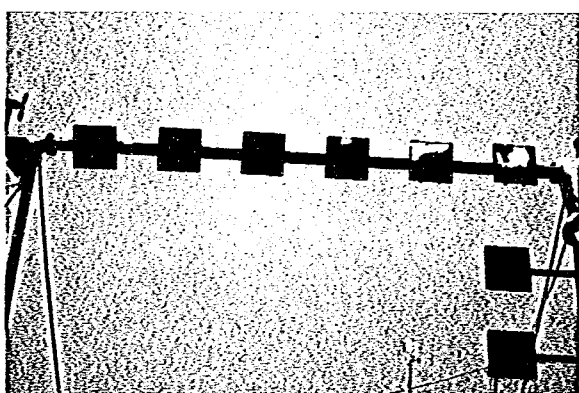
29日 7時

気温-3.5℃ 風速2.5m/s SW 降雪深 0



29日 11時

気温-2℃ 風速 2 m/s WNW 降雪深 0



積雪地域における道路標識に
関する試験研究(その1)

ISSN 0386-5878
土研資料第 1957 号
昭和58年 3 月(1983)
交通安全研究室
新潟試験所

キーワード：着雪防止，着雪実態，傾斜角と視認性

要旨

湿雪地域での標示板の着雪実態から着雪防止法の一つとしての傾斜法についての効果と傾斜法における標示板の視認性からみた許容傾斜角についてその特徴を把握した。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
交通安全研究室 御中

No. 016

配布先氏名

配布先住所



No. 016

土木研究所資料第1957号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印