

# 防雪柵前後の吹きだまりに関する現地観測

金子 学<sup>\*1</sup>、松澤 勝<sup>\*2</sup>、渡邊 崇史<sup>\*3</sup>

## 1. はじめに

北海道の冬期道路では、吹雪による視程障害や吹きだまりへの対策として、防雪柵の整備が行われてきている。防雪柵の設計にあたっては、現地の最大吹きだまり量が必要となるが、吹きだまり量の計測は容易ではないため、吹きだまり量を吹雪量の累計と等しいと見なし、累計吹雪量を用いる例も少なくない。防雪柵前後の吹きだまり量と吹雪量との関係について調査するため、筆者らは石狩市郊外の実験施設（石狩吹雪実験場、図-1）において、平成21年度冬期に吹き止め柵前後の吹きだまり量を計測し、吹雪量の経験式による推定値との比較を行なった<sup>1)</sup>。この報告は1冬期の2回の吹雪に関するものであり、さらに多くの観測データを得ることが望ましいことから、その後の2年間現地観測を継続した。



図-1 石狩吹雪実験場位置図

本論文では、平成21～23年度冬期に観測した吹き止め柵が捕捉した吹きだまり量と、経験式により求めた吹雪量との関係について比較を行ったので報告する。

表-1 対象とした吹雪イベント及び気象概況

吹雪イベント	日時	風速 (m/s)	時間降雪 (cm)	累計積雪 (cm)	気温 (°C)
1	平成22年1/25, 16:00 ～1/27, 11:30	2.8～17.7	0～4	14	-7.6～-8.5
2	平成22年2/ 2, 11:00 ～2/ 8, 11:00	0.0～16.5	0～5	37	1.1～-17.1
3	平成23年2/ 1, 12:00 ～2/ 2, 09:00	0.6～11.9	0～4	11	-4.3～-9.3
4	平成23年2/ 6, 12:00 ～2/ 9, 09:00	0.1～15.1	0～3	16	1.6～-9.3
5	平成24年1/22, 16:00 ～1/24, 13:00	0.0～11.7	0～5	31	0～-7.5
6	平成24年2/ 7, 16:00 ～2/ 9, 14:00	1.7～15.8	0～5	14	1～-8.6

※ 風速（高さ10m）及び気温は石狩吹雪実験場観測値、降雪は石狩AMEDASの値

## 2. 観測方法

石狩吹雪実験場において、平成21～23年度の3冬期に観測した6回の吹雪イベント（表-1）について、高さ5mの吹き止め柵の風上側50mから風下30mの範囲において吹きだまりの形状及と積雪密度の測定を、それぞれ行なった（図-2）。吹雪イベント毎の気象概況を示すため、表-1には観測日及び時間帯、高さ10mの風速、気温、時間降雪量、累計降雪量（降雪は石狩吹雪実験場の西南西約8kmに位置する石狩AMEDASのデータ）を付記した。

りの積雪密度を求めた。

なお、吹きだまり形状の測定は5m間隔を基本とし、これに雪丘形状変化点を加え、レベルを用いて測定した。また、積雪密度については、図-2に示す吹き止め柵風上側の4点で、スノーサンプラーを用い、吹雪前後の全層の積雪密度を計測した。吹雪前後の質量の差分を、吹雪前後の積雪深の差分とスノーサンプラーの断面積(20cm<sup>2</sup>)とで除し、吹雪イベント中に生じた吹きだま

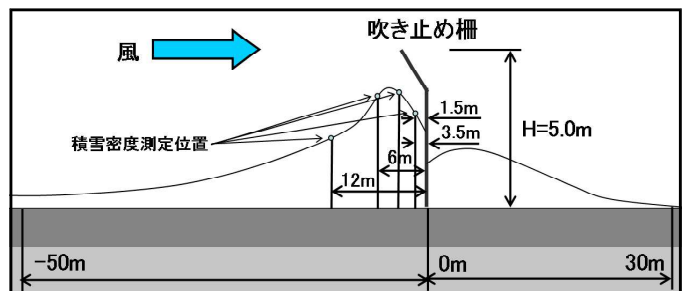


図-2 吹きだまり測定範囲と積雪密度測定位置

\*1 寒地土木研究所 道北支所      \*2 寒地土木研究所 雪氷チーム      \*3 函館開発建設部 江差道路事務所

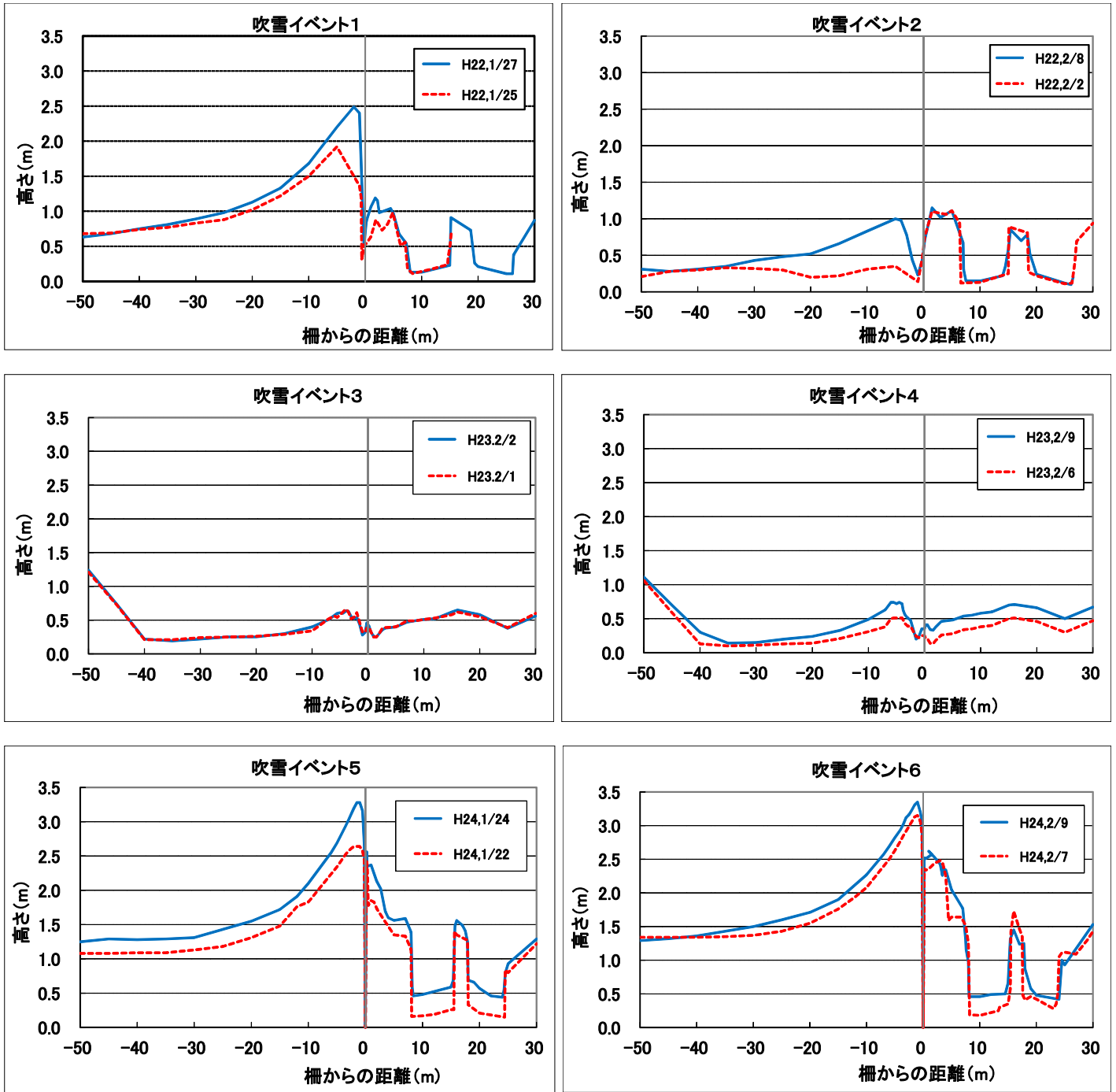


図-3 各吹雪イベント前後における吹きだまり形状

各吹雪イベントの前後に測定した吹き止め柵前後の吹きだまり形状について、図-3に示す。ただし、吹き止め柵設置区間は、実験場内の通路となっているため、除雪の影響により、風下側の吹きだまり形状については正確に把握できていない。

### 3. 観測結果

吹雪イベント毎の吹きだまり量については、吹雪前後の吹きだまり断面積の差分と、吹雪イベント中に生じた吹きだまりの積雪密度（吹雪前後の質量の差分について、吹雪前後の積雪深の差分とスノーサンプラーの断面

積(20cm<sup>2</sup>)とで除した値)から求めた。ここで、積雪密度については、吹き止め柵の風上側4点で観測したが、誤差を取り除くため、最大と最小の値を除く2つの値を平均したものを積雪密度として採用した。ただし、吹雪イベント3及び5については、誤差が非常に大きかったため、角形サンプラーによる吹雪後の積雪表面の密度の測定値を用いた。なお、除雪の影響により、吹き止め柵風下側の吹きだまり形状が正しく測定できていないが、「吹き止め柵風下側の吹きだまり量は全吹きだまり量の30%となる<sup>2)</sup>」とみなし、風上側吹きだまり断面積の10/7倍を、吹きだまりの全断面積とした。

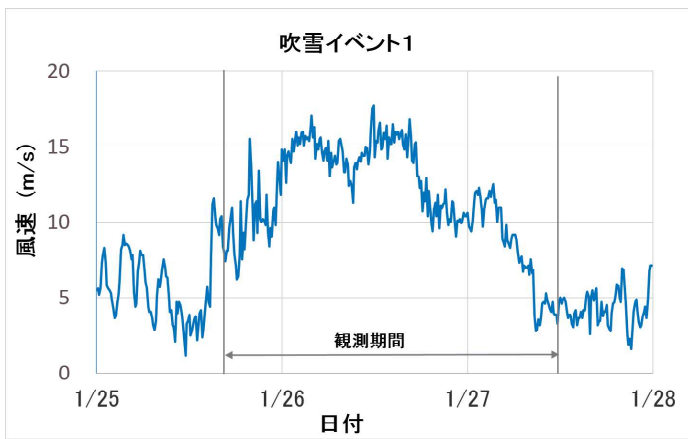


図-4 実験場内の風速（吹雪イベント1）

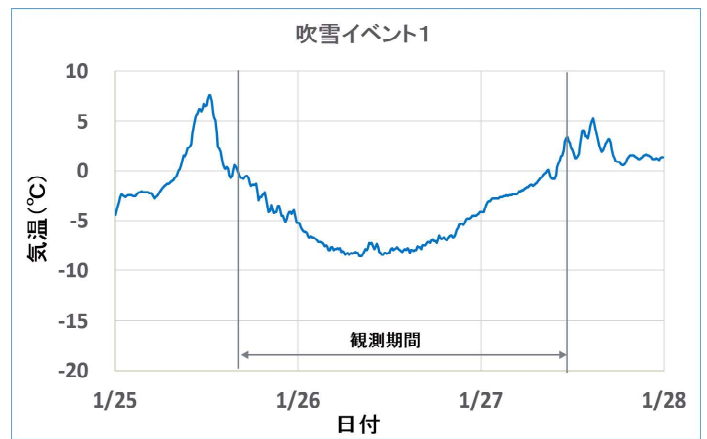


図-5 実験場内の気温（吹雪イベント1）

表-2 吹き止め柵前後の吹きだまり量と経験式による推定吹雪量

吹雪イベント	位置 (m)	吹雪前		吹雪後		積雪密度 計算値 (kg/m <sup>3</sup> )	断面積 (m <sup>2</sup> )	吹きだまり量 (kg/m)	推定 吹雪量 (kg/m)	捕捉率 (%)
		積雪深 (cm)	積雪密度 (kg/m <sup>3</sup> )	積雪深 (cm)	積雪密度 (kg/m <sup>3</sup> )					
1	-12.0	135	320	160	329	376	9.45 × 10/7 =13.5	4,350	9,100	48
	-6.0	185	340	210	349	410				
	-3.5	200	372	245	305	10				
	-1.5	140	281	250	275	268				
	積雪密度採用値 = (376+268)/2=									
2	-12.0	27	270	92	208	182	5.41 × 10/7 =7.7	1,690	5,750	29
	-6.0	36	258	92	257	255				
	-3.5	25	152	83	248	290				
	-1.5	19	184	25	182	175				
	積雪密度採用値 = (182+255)/2=									
3	-12.0	23	102	27	167	531	0.36 × 10/7 =0.5	54	495	11
	-6.0	32	93	31	150	-1,625				
	-3.5	37	113	33	152	-208				
	-1.5	44	118	39	159	-200				
	積雪密度採用値 (吹雪後の角形サンプラーの値)									
4	-12.0	27	270	42	235	170	5.46 × 10/7 =7.8	1,640	5,780	28
	-6.0	43	329	66	287	204				
	-3.5	33	357	50	310	215				
	-1.5	34	258	35	275	850				
	積雪密度採用値 = (204+215)/2=									
5	-12.0	184	322	198	316	232	12.21 × 10/7 =17.4	1,530	2,150	71
	-6.0	225	304	250	340	648				
	-3.5	246	341	265	297	-263				
	-1.5	270	327	298	253	-452				
	積雪密度採用値 (吹雪後の角形サンプラーの値)									
6	-12.0	206	375	220	361	154	5.44 × 10/7 =7.8	1,050	4,490	23
	-6.0	253	374	271	339	-147				
	-3.5	283	359	303	343	113				
	-1.5	315	390	330	387	327				
	積雪密度採用値 = (154+113)/2=									

実測した吹きだまり量と、経験式による推定吹雪量とを比較するため、実験場内及び観測した風速データを高さ1.2mの値に換算し、以下に示す吹雪量Qと風速Uの経験式<sup>3)</sup>に代入して吹雪量を算出した。

$$Q=0.005U^4 \quad \dots \text{経験式} \quad (\text{松澤ら2010}^{3)})$$

吹雪量の算出にあたり、風速には10分平均値を用い、10分毎の吹雪量の合計を推定吹雪量とした。また、気温については、現地で氷点下となる場合のみ、吹雪発生と判断した。現地で観測した風速（高さ10mの値）と気温の例をそれぞれ図-4及び図-5に示す。

吹雪量の経験式の適用にあたっては、吹雪発生臨界風

速の設定が必要となるが、いずれの吹雪イベントも降雪を伴うものであったこと（表-1）から、観測期間中は降雪があったものと仮定し、風速5m/s以上で吹雪が発生するものとして経験式を適用した。吹雪前後の積雪深と積雪密度の計測値及び吹きだまり量の計算値、経験式により求めた推定吹雪量、吹き止め柵による捕捉率（吹きだまり量を推定吹雪量で除した値）について表-2に示す。

#### 4. 考察

積雪密度の計算値は、比較的ばらつきが大きかった。特に、吹雪イベント3では、吹雪後の積雪深が吹雪前を下回り、吹雪イベント中の新たな積雪深を正しく計算できなかった。また、各吹雪イベントとも吹雪前後の観測の間に数日が経過しており、吹きだまりの風食や圧密の影響等により誤差を生じたものと考えられる。本論文では全層サンプラーの測定値の吹雪前後の差分から積雪密度を求めたが、吹雪イベント中に生じた吹きだまりが小さい場合には誤差が大きくなり、角形サンプラーにより表面の積雪の密度を直接求めることが必要となった。

吹き止め柵の捕捉率について見ると、吹雪イベント1と5の事例では、吹き止め柵により吹雪中の雪粒子の5～7割程度が防雪柵によって捕捉されている結果となった。捕捉率は、全体では11～71%とばらつきが大きかった。これは、防雪柵が吹雪を捕捉していないということではなく、経験式は、吹雪量のポテンシャルを表すもので、条件によっては吹雪量を過大に見積もる可能性があるためである。このように、吹雪量の経験式の適用には限界があるため、正確な吹雪量の把握には、S P C（吹

雪粒子計）の活用など、今後の課題と考えられる。

#### 5. まとめ

平成21～23年度冬期の6回の吹雪について、実験場にて防雪柵前後の吹きだまり量の現地観測を行ない、経験式により求めた推定吹雪量との関係について比較を行った。その結果、吹き止め柵の捕捉率は11～71%とばらつきが大きく、吹雪が飽和状態に達していない例が多かったものと考えられる。経験式は、吹雪量のポテンシャルを表すもので、実際の吹雪では吹雪量を過大に評価する可能性があり、正確な吹雪量の把握にはS P Cの使用が望ましい等、今後の課題と考えられる。また、各吹雪イベントとも吹雪前後の観測の間に数日が経過しており、吹きだまりの風食や圧密の影響等により、スノーサンプラーによる積雪密度の測定に誤差を生じた事例があった。

寒地土木研究所雪氷チームでは、平成28年度から「広域的な吹雪視程障害予測技術の開発に関する研究」に着手しており、正確な吹雪の発生条件の判別や、高さ毎の飛雪流量と吹雪量の関係の把握を進めることとした。

#### 参考文献

- 1) 金子学ほか(2011);防雪柵前後の吹きだまり量等に関する現地観測, 第54回北海道開発局技術研究発表会
- 2) 北海道開発局(2003);道路吹雪対策マニュアル, 3-4-5.
- 3) 松澤ほか(2010);高さ1mの飛雪流量と全吹雪輸送量との関係, 雪氷研究大会, C3-07.
- 4) 日本雪氷学会北海道支部(1991);雪氷調査法, pp19.