

ネット式吹雪計の捕捉率

阿部 修*

国立防災科学技術センター新庄雪氷防災研究支所

A collection efficiency of a net-type blowing snow trap meter

By

Osamu Abe

*Shinjo Branch of Snow and Ice Studies, National Research Center for
Disaster Prevention, 1400, Tokamachi, Shinjo-shi, Yamagata-ken, Japan*

Abstract

A collection efficiency of a net-type blowing snow trap meter was measured 0.75 from field test under snow blowing with a strong wind range (7-11 m/s) at the northern part of Japan. Mass fluxes of three net-type blowing snow trap meters (diameter : 82.4 mm, 55.4 mm and 29.4 mm) were compared with those of a cyclone-type trap meter. Differences among the mass fluxes on the three kinds of net-type blowing snow trap meters were negligible. The collection efficiency of the trap meter was defined as the measured mass flux divided by the standard mass flux in the same time. In this case, the standard mass flux based on the cyclone-type was corrected by its aerodynamic efficiency. The aerodynamic efficiency of the cyclone-type trap meter may be less than the collection efficiency of blowing snow particles. Therefore, the collection efficiency for snow particles will be more than 0.75.

1. はじめに

ネット式吹雪計は容易に製作できることから、これまで吹雪フラックスの測定に度々用いられてきた。しかし、その捕捉率についての報告はきわめて少ない(石本敬志, 1987)。そこで、ネット式吹雪計の捕捉率を求めるために、あらかじめ空気力学的捕捉率(小林俊一, 1986)が測定されているサイクロン式吹雪計を基準吹雪計として、これとネット式吹雪計と

* 雪氷防災第1研究室

の同時比較測定を行なった。またこのとき、ネット口径の大小が吹雪フラックスの測定精度に及ぼす影響を調べるため、口径の異なる3種のネット式吹雪計を用意し、これらを相互に比較した。

2. 測定方法

使用したネット式吹雪計の口径はそれぞれ82.4 mm, 55.4 mm, 29.4 mmの3種類である。これらの吹雪計をそれぞれ N_1 , N_2 , N_3 と略称する。図1に使用した吹雪計の設置状況を示した。図中左から、ネット式 (N_1 , N_2)、ロケット式 (メラー式とも呼ばれる) (略称R, これについては今回はふれない)、サイクロン式 (略称C) の順に並べた。 N_3 だけは、ここか

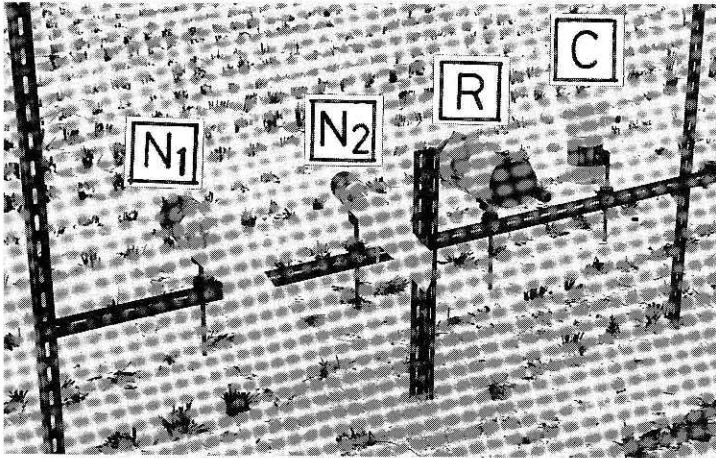


図1 各種吹雪計の設置状況。 N_1 , N_2 : ネット式 R : ロケット (メラー) 式, C : サイクロン式。
Fig. 1. Allocation of blowing snow trap meters in the field test site.

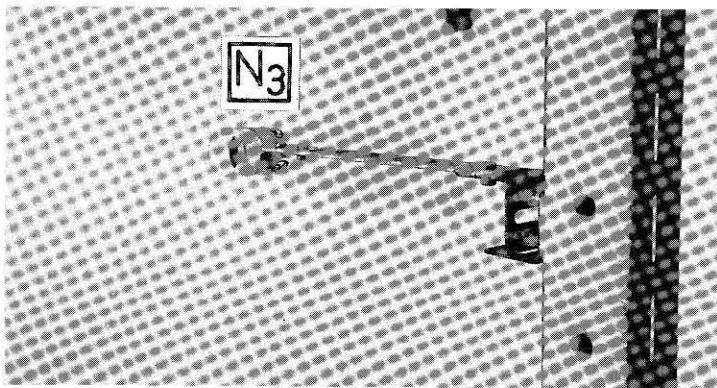


図2 垂直分布測定用ネット式吹雪計 (N_3)

Fig. 2 A net-type blowing snow trap meter (ϕ 29.4 mm) was fixed on a pole by magnetic force.

ら1.7 m離れたところに設置した垂直分布測定用吹雪計(阿部, 1989)の支柱に固定した(図2). 各吹雪計の設置高さは, いずれも捕捉口中心で雪面上0.5 mとした. 口径に対するネットの長さの比はいずれもほぼ1:7とした. ネット材にはすべてブランクトンネット(ポリエステル製)を使用した. そのメッシュ開孔間隔は105 μm で, 開孔率は52%である.

一方サイクロン式吹雪計は図3のような形状をしており, この寸法は小林(1986)が捕捉率を求めたものとはほぼ同じである. 捕捉した飛雪粒子の質量は電子天秤(精度: 1/100 g)で測定し, これをそれぞれの吹雪計の入口面積と捕捉時間で割って吹雪フラックスを求めた.

比較測定は1988年1月24日から1月27日までの4日間にわたり, 青森県五所川原市毘沙門の当センター新庄雪氷防災研究支所吹雪観測所(仮設)で行なった.

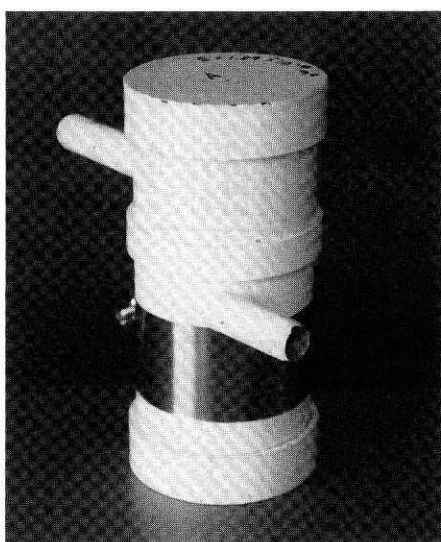


図3 サイクロン式吹雪計
右下のパイプが取入口で左上のパイプが吐出口. 内口径はいずれも15.5 mm.

Fig. 3 External appearance of a cyclone-type blowing snow trap meter.

3. 測定結果

表1にサイクロン式およびネット式吹雪計による吹雪フラックスの測定結果を示す. 捕捉時間は吹雪の強弱により10分から60分の範囲で変更した. 表中の平均風速 U_4 は同じ場所で超音波風速計により測定された雪面上4.0 mでの値である(東浦・佐藤, 私信).

図4にサイクロン式による吹雪フラックス測定値 M'_c とネット式の吹雪フラックス測定値 M'_{n1} , M'_{n2} および M'_{n3} (それぞれ N_1 , N_2 および N_3 に対応) との比較結果を示す. この図から, 測定値で比較した段階ではネットの方がサイクロンよりも多く捕捉する傾向が N_1 と N_2 についてうかがえる. また吹雪フラックスが大きくなると, 両者の相対差が小さくなっている.

次に3つのネット式吹雪計の吹雪フラックス測定値の比較結果を M'_{n1} を基準にして図5に示す. この図から, M'_{n1} と M'_{n2} はよい一致を示すことがわかる. M'_{n1} と M'_{n3} もほぼ一致

表1. 各種吹雪計による吹雪フラックス測定結果
 図中 $2.47E-3$ は 2.47×10^{-3} を意味する。

Table 1. Observational results by two type blowing snow trap meters.

Date	Time	Mass Flux of Blowing Snow (kg/m ² /s)				Wind Speed (m/s)	
		Cyclone	N ₁	N ₂	N ₃	U ₄	U _{0.5}
Jan. 24, 1988	10:00-10:30	2.47E-3	2.85E-3	2.75E-3	1.75E-3	10.1	8.0
	11:00-12:00	6.94E-3	7.31E-3	7.49E-3	5.12E-3	11.2	8.8
	12:30-13:00	9.35E-3	9.86E-3	1.04E-2	7.89E-3	12.3	9.7
	13:30-14:00	1.01E-2	1.06E-2	1.04E-2	-	12.2	9.6
	14:30-15:00	7.26E-3	8.24E-3	8.14E-3	7.11E-3	12.0	9.5
	15:30-16:00	4.09E-3	5.32E-3	5.19E-3	4.46E-3	12.4	9.8
	16:30-17:00	5.58E-3	-	5.44E-3	5.57E-3	11.8	9.3
Jan. 25, 1988	15:30-16:00	2.65E-4	2.77E-4	3.14E-4	1.23E-4	8.8	7.0
	16:30-17:00	4.50E-3	5.27E-3	5.27E-3	4.73E-3	10.3	8.1
Jan. 26, 1988	09:00-09:10	1.68E-3	1.93E-3	2.23E-3	2.34E-3	10.9	8.6
	09:30-10:00	1.47E-3	1.79E-3	1.80E-3	1.67E-3	10.0	7.9
	10:10-10:30	1.10E-3	1.57E-3	1.53E-3	1.59E-3	8.7	6.9
	11:00-11:10	1.25E-2	1.35E-2	1.38E-2	1.44E-2	12.1	9.6
	11:30-12:00	3.12E-3	3.94E-3	4.13E-3	4.07E-3	12.0	9.5
	12:30-13:00	2.97E-3	4.17E-3	4.31E-3	4.32E-3	12.6	10.0
	13:20-13:40	9.26E-4	1.14E-3	1.39E-3	1.62E-3	13.9	11.0
	14:30-14:50	8.60E-3	9.29E-3	9.14E-3	9.70E-3	13.2	10.4
	15:00-15:30	2.53E-3	3.17E-3	3.08E-3	3.67E-3	14.0	11.1
	16:00-16:30	2.20E-3	3.05E-3	3.31E-3	3.15E-3	13.1	10.3
Jan. 27, 1988	09:00-09:30	1.76E-3	2.01E-3	2.06E-3	1.88E-3	8.8	7.0
	10:00-10:30	-	1.22E-4	1.71E-4	2.54E-4	8.5	6.7

U₄ : measured
 U_{0.5} : calculated

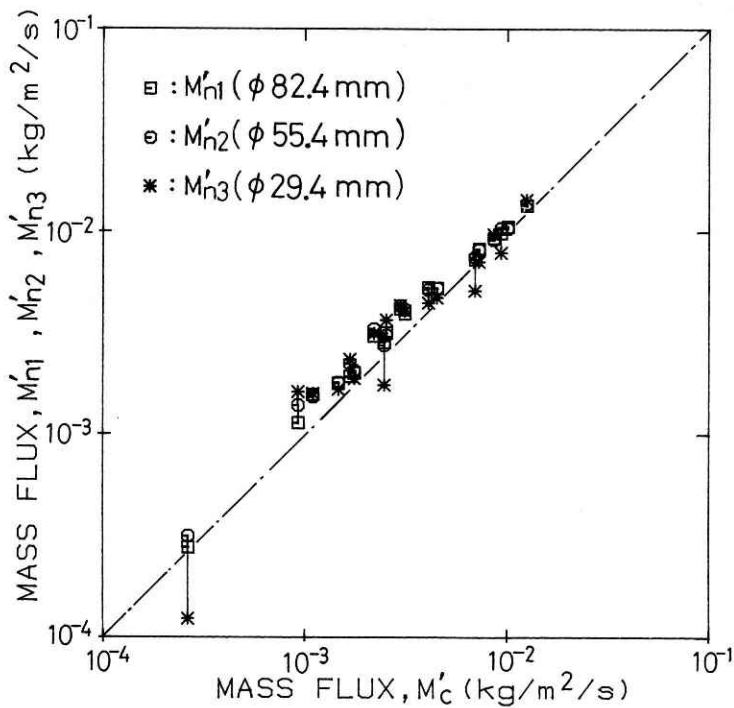


図4 サイクロン式 (M'_c) とネット式 (M'_{n1} , M'_{n2} , M'_{n3}) による吹雪フラックス測定値の比較

Fig. 4 Comparison of the measured mass flux between the cyclone-type and the net-types.

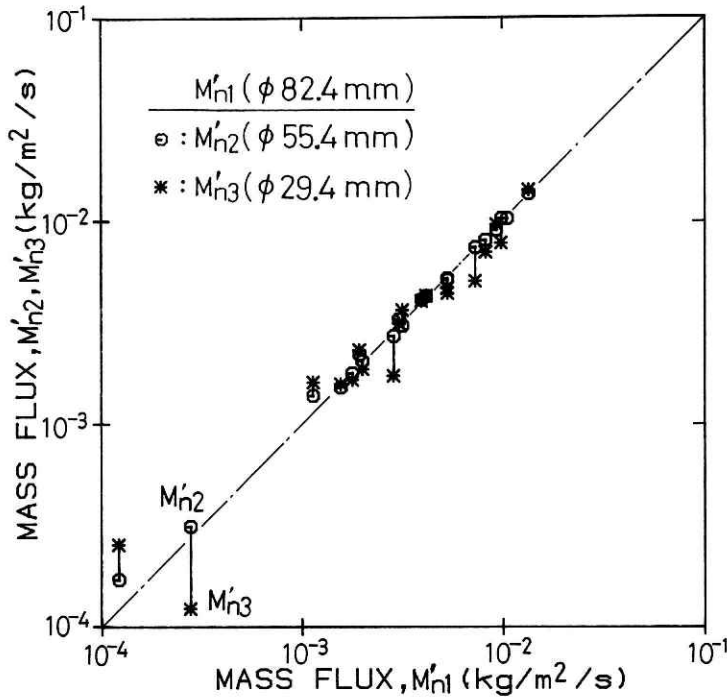


図5 口径の異なるネット式吹雪計どうしの吹雪フラックス測定値の比較

Fig. 5 Comparison of the mass fluxes measured by two blowing snow trap meters of different smaller diameters with one of the largest diameter.

するが、吹雪フラックスが小さい場合には相対差が大きくなる。N₁ ~ N₃ の口径の範囲（約 8 cm ~ 3 cm）では、吹雪フラックスの口径依存性が明確には認められない。

4. 捕捉率

ネット式吹雪計の捕捉率を求めるためには、吹雪フラックス測定時の真値 M₀ を知る必要がある。しかし現在のところ真値を知る手段が無いので、ここではサイクロン式吹雪計の測定値 M'_c をその空気力学的捕捉率 η_c（小林， 1986）で割った値 M_c を基準とする。すなわち、

$$M_c = M'_c / \eta_c \quad (1)$$

今回使用したサイクロン式吹雪計の形状寸法を小林（1986）のものと同様にしたので、上式（1）中の捕捉率 η_c は小林の値を用いた（例えば風速 10 m/s 時の η_c : 0.61）。

（1）式で求めた M_c を基準とすると、ネット式吹雪計の捕捉率 η_n は次のようになる。

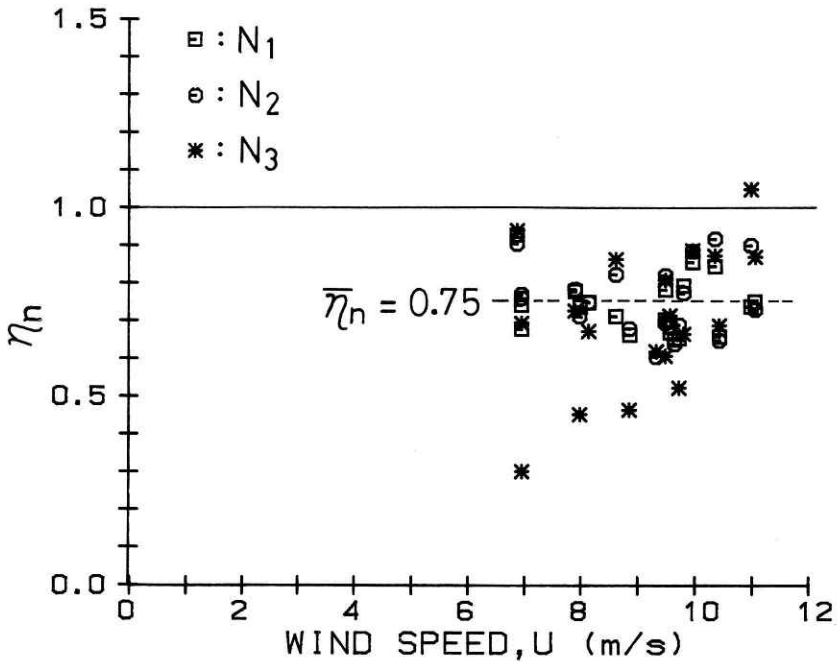


図6 ネット式吹雪計の捕捉率と風速依存性

Fig. 6. No wind dependency of the collection efficiency of the three net-type blowing snow trap meters (wind speed : 7-11m/s).

$$\eta_n = M'_n / M_c \quad (2)$$

図6はこのようにして求めた捕捉率と風速の関係を表わしたものである。風速は雪面上4.0mでの測定値をもとに、対数分布を仮定して算出した吹雪計設置高さ(雪面上0.5m)における換算値である。ここで用いた粗度 Z_0 は近藤純正(1986)の表により、 2×10^{-4} mを採用した。最小口径の N_3 の捕捉率がばらついているが、 N_1 と N_2 のそれは0.6から0.9の範囲に分布している。

捕捉率は風速によって変化するが、今回の測定時の7~11m/sの範囲では風速の影響は認められなかった。それゆえ、ネット式吹雪計の捕捉率としては風速7~11m/sの範囲では一定とみなし、ばらつきの小さい N_1 と N_2 の捕捉率の平均値0.75(図6)を採用すれば良いであろう。風速7m/s以下の捕捉率については不明であるが、吹雪計は元来強風時に用いられるので、実用上は支障が無いと思われる。11m/s以上の強風下での捕捉率については今後の測定に待たなければならない。

上記のようにネット式吹雪計の捕捉率は0.75と求められたが、これについて若干考察する。この捕捉率はあくまでもサイクロン式吹雪計を基準にして求めた値である。サイクロン式吹雪計においては、取入口付近の飛雪粒子は慣性のために空気の流れに乗らず直進するが、そ

の効果は前述の空気力学的捕捉率については考慮されていない。それで、サイクロン式吹雪計の実際の捕捉率は空気力学的捕捉率より大きいはずである。特に大粒径の飛雪粒子ほどこの傾向が強いと思われる（小倉義光，1984）。一方，小粒径の飛雪粒子の場合は空気の流線により近い軌跡をとるのでその捕捉率は空気力学的捕捉率に近づくが，ネットのメッシュ開孔間隔 105 μm 以下の飛雪粒子はネットでは捕捉できない。今回用いたサイクロン式吹雪計の空気力学的捕捉率が実際の捕捉率より小さいとすると，（1）式により求めた吹雪フラックス基準値 M_c は，理論上は真値 M_0 より大きな値となる。それで，（2）式より求めたネット式吹雪計の捕捉率 0.75 は下限値に近いとみるべきであろう。すなわち，ネット式吹雪計の捕捉率は 0.75 から 1.00 の範囲にある。

石本（1987）は，ネット式吹雪計とスノーパーティクルカウンター（Schmidt, 1977）との同時観測から，ネット式吹雪計の捕捉率をおよそ 0.85（風速：5 m/s 以上）と推定している。そして，ネット式吹雪計による吹雪フラックスがスノーパーティクルカウンターのものより小さくなった原因として，スノーパーティクルカウンターは測定原理上，粒子数が圧倒的に多い小粒子をのがさず捕捉することができるが，ネット式吹雪計においては，小さい粒子はメッシュ間を通り抜けたり，捕捉後計量するまでの間に一部が蒸発してしまうこと，またスノーパーティクルカウンターでは飛雪粒子を球形と仮定したことで，吹雪フラックスを大きく見積っている可能性もあることなどをあげている。

いずれにしても，より正確な捕捉率を求めようとするとき，どうしても吹雪フラックスの真値（絶対値）を知る必要があり，その測定手法の確立が望まれるところである。

5. 口径依存性

図 5 によると，ネット口径の大小にかかわらず相互の吹雪フラックスはほぼ一致していた。すなわち，吹雪フラックスの口径依存性は口径 3 cm から 8 cm の範囲ではさほど大きくはないようである。これは，ネット口径とネット長の比を全て同じにとったので（1：7），ネット入口面積に対する空気抵抗がいずれも同程度になったためと考えられる。吹雪フラックスが小さいとき， M'_{n3} と M'_{n1} の差が大きくなるのは，ネット口径が小さい M'_{n3} では，捕捉される飛雪粒子の質量が少なく，その分，質量測定の際の誤差が大きく作用するためと考えられる。吹雪フラックスの測定精度を保つためには，吹雪フラックスが大きい場合（およそ $1 \times 10^{-3} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上）は口径 3 cm 程度の小口径の吹雪計でも間に合うが，吹雪フラックスが小さい場合はより大口径のものを使用すべきである。

6. おわりに

今回の比較観測により、ネット型吹雪計の捕捉率が、0.75から1.00の範囲にあることは分かったが、より正確な捕捉率を求めるためには、吹雪フラックスの絶対値が必要であり、その測定手法の確立が望まれる。

謝 辞

当支所雪氷防災第2研究室の東浦将夫、佐藤篤司現同支所主任研究官の両氏には吹雪観測所での比較測定に協力を得ると共に、風速のデータを提供していただいた。同支所の中村秀臣前雪氷防災第1研究室長と木村忠志支所長には、本報告を校閲していただいた。また当センター長岡雪氷防災実験研究所の中村勉所長および山田穰研究室長には本報告に対する有益な御助言をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 阿部 修 (1989): 磁力固定型ネット式吹雪計の試作. 国立防災科学技術センター研究報告, No.42, 73-80.
- 2) 石本敬志 (1987): 車載型吹雪計の開発. 土木試験所月報, No.413, 13-17.
- 3) 小倉義光 (1984): 一般気象学. 初版, 東京大学出版会, P.91.
- 4) 小林俊一 (1986): 吹雪計の捕捉率について. 寒地技術シンポジウム '86 講演論文集, 98-102.
- 5) 近藤純正 (1986): 地表に近い大気 (竹内清秀との共著). 第3版, 東京大学出版会, P.161.
- 6) Schmidt R. A. (1977): A system that measures blowing snow. USDA Forest Service Research Paper, RM-194, 1-80.

(1988年12月20日 原稿受理)