

細粒化装置付き凍結防止剤散布車の開発

—安価な原塩を安全かつ経済的に散布—

須田光俊・小見周作

冬季の路面凍結防止剤には各種の薬剤があるが、コスト、安定供給の面から原塩（破碎された粒状）が多く使われており南米、オーストラリアから輸入されている。この原塩には他の車輛に飛散すると有害な粗粒子が混在しておりしばしば飛散による苦情が生じていた。本開発では、この原塩に含まれる粗粒子を散布車上でリアルタイムで細粒化して散布することで、薬剤のなかでは最も安価な原塩を安全、かつ経済的に使用することを可能とした。本報文ではこの細粒化装置と安全性、経済性について報告する。

キーワード：凍結防止剤、原塩、粗粒子、細粒化、飛散、有効散布率

1. はじめに

国道及び主要地方道の冬季除雪は、その社会的重要性から国及び地方自治体の事業として行われている。この除雪は除雪機械を用いて路面より雪を除く作業が主体であるが、最近では社会的要求の高まりから路面の滑り止めを目的とする凍結防止剤散布作業の重要性が高まっている。

この凍結防止剤^{*1}は塩化系で中でもコスト、安定供給の面から塩である原塩が多く使用される。原塩には飛散すると有害な粗粒子が十数パーセント含まれており、しばしば苦情の生じる場所であった。本開発では含まれる粗粒子を細粒化することでこれを解消し、かつ経済的散布を可能とする散布車の開発を行った。

開発の総括である性能試験^{*2}、長期実用試験^{*3}及び新技術情報登録^{*4}を終え実用の運びとなったので開発機・細粒化装置付き凍結防止剤散布車 NS 25 W を紹介する（図-1、写真-1）。表-1 に主な仕様を示す。



写真-1

表-1 凍結防止剤散布車 NS 25 W の主な仕様

型式	NS 25 D (乾式)	NS 25 W (湿式)
規格	自走式 2.5 m ³ 級, 4×4 ミル装置付き	
散布幅	3, 4, 5, 6, 7 m (切換式)	
散布量	15, 20, 30, 40, 50 g/m ² (切換式)	
水溶液混合比		10~30%
作業速度	5~40 km/h	
ホッパ容量	2.5 m ³	
溶液タンク容量		800 L
薬剤送出方式	スクリュウ式	
散布対象薬剤	原塩, 粉碎塩, 塩化カルシウム	

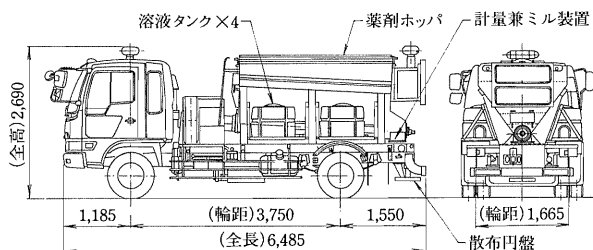


図-1 凍結防止剤散布車 NS 25 W の外観

装置（薬剤ホッパ～散布円盤）、湿式散布の溶液タンク装置、溶液噴射装置を組上げたものである。外見的には従来機と変わりはないが内蔵機能として薬剤を細粒化するミル装置^{*5}を装備することを特長とする。そのミル装置の構造と配置を図-2 に示す。

2. 凍結防止剤散布車 NS 25 W の概要

トラックシャーシ 4 t に工場製作した 2.5 m³ の散布

3. ミル装置と細粒化

ミル装置は図-2 に示すように薬剤ホッパと散布円盤との中間に装備し、外周に山形溝を有する 2 本のローラを 6 mm の間隙で配置し、油圧モータにより互いに内回転させる。これによりローラ上の薬剤を嚙込んで 6

*1 原塩、粉碎塩、塩化カルシウム等

*2,*3 JCMAS T 008 凍結防止剤散布車性能試験による。

*4 国土交通省新技術情報提供システム

*5 平成 11 年 10 月 特許出願

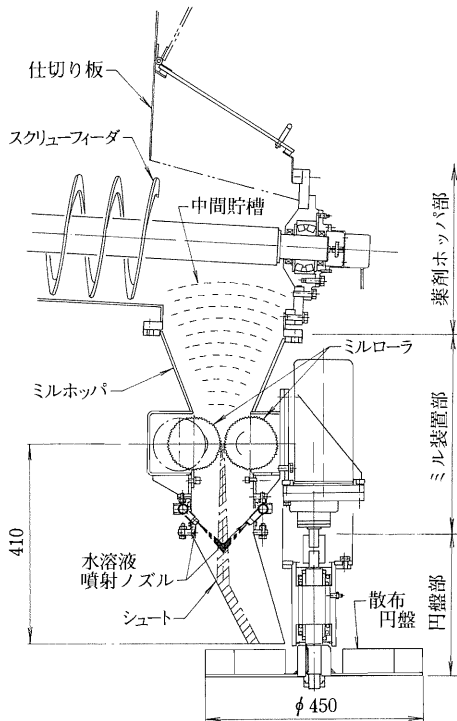


図-2 ミル装置の構造と配置

mm 以上の粒子を破碎細粒化し、それと同時に散布量の計量をローラの回転数制御で行う。細粒化された薬剤は 30 cm 幅の帯状となって散布円盤へと落下する。

細粒化の性能については、性能試験、原塩の骨材ふるい分け試験から得られた粒径加積曲線を図-3 に示す。

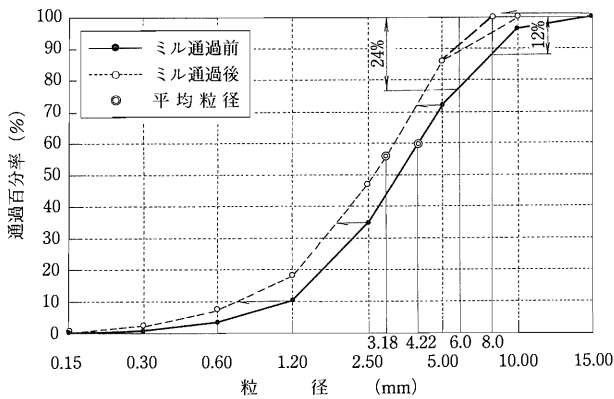


図-3 原塩細粒化前、細粒化後の粒径加積曲線

図において細粒化前の原塩そのままの曲線(実線)に対してミル装置を通して細粒化した原塩の曲線(点線)は左にシフトして全体的に細粒化されていることを示し、計算による平均粒径⁶⁾で示せば、前者は 4.22 mm であり後者では 3.18 mm となっている。また、含まれる最大粒径は原塩そのままでは 15 mm 未満であるが、原塩細粒化では 8 mm 未満となっている。即ち、

⁶⁾ 平均粒径 $d_{50} = (\sum d_{50} P_i) / 100$

細粒化により 8 mm 以上の粗粒子は除かれている。

4. 細粒化の効果

(1) 飛散トラブルの解消

8 mm 以上の粗粒子が除かれたことが飛散トラブルの解消に繋がるのを見るため、長期実用試験に注目した。この試験は一冬 4 箇月、実際の供用道路の散布作業に投入して使い勝手、耐久性を見るもので新潟県上越地区で貸与して行われた。

試験中の散布作業は延べ 90 日、318 時間であったが、この間に飛散トラブルは 1 件も発生していない。このことから細粒化で 8 mm 以上の粗粒子を除けば飛散トラブルは解消されると言える。

(2) 有効散布の向上

(a) 原塩そのままと原塩細粒化との比較

図-3 で、購入の原塩(原塩そのまま)の粒子は粒径 0.15~15 mm の範囲にあり、細粒化した原塩(原塩細粒化)のそれは 0~8 mm の範囲であり粒径範囲は約 1/2 に集約している。

散布は回転する円盤の回転力でなされるので、粒径範囲が広いと散布は散漫となり無効散布が多く、粒径範囲が狭いと散布が集約して有効散布が高まる。このことから原塩細粒化の方が散布は集約して有効散布は高まるはずである。これを実証するため原塩そのままと原塩細粒化とによる比較試験を自社試験で実施した。

原塩そのままを散布するにはミル装置に図-4 に示す工夫を加えた。また、原塩細粒化を散布するときは図-

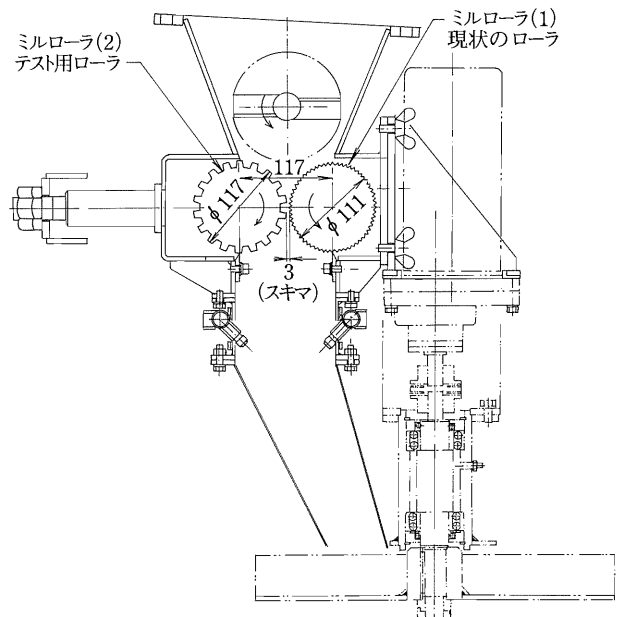


図-4 原塩そのまま散布機構(テスト用)

2のミル装置に復帰して行った。

比較試験は性能試験と同一の試験方法で行ったが、散布条件では一般的な散布の作業速度 30 km/h と散布量 30 g/m² に固定し試験の簡易化を図った。その試験結果から主要事項について表-2 に示す。

(b) 有効散布率の向上

有効散布とは、指定散布幅内に散布され薬剤量と言うが、その有効散布を表すものに有効散布量と有効散布率とがある。

有効散布量は全散布量のうち指定散布幅内に散布された薬剤重量であり、有効散布率は有効散布量と全散布量の比率である。したがって、有効散布量は散布された薬剤の絶対量であり外乱により変動する値であるが、有効散布率は散布装置の特性を表す数値で一定の条件のもとではコンスタントの値をとる。したがってここでは有効散布率をもって有効散布を評価する。

表-2 中の有効散布率について図-5、図-6 では乾式散布の原塩そのままと原塩細粒化とを比較したものを示す。

図の散布量 30 g/m² について見れば、いずれの散布条件においても原塩細粒化の方が原塩そのままよりも有効散布率は上回っており散布幅 3 m で 11.1%、5 m で 6.5%~8.5%、7 m で 2.5~4.4% の向上を示している。その上回り方は散布幅に反比例し、散布幅の狭いほど細粒化に効果が高いことを示している。

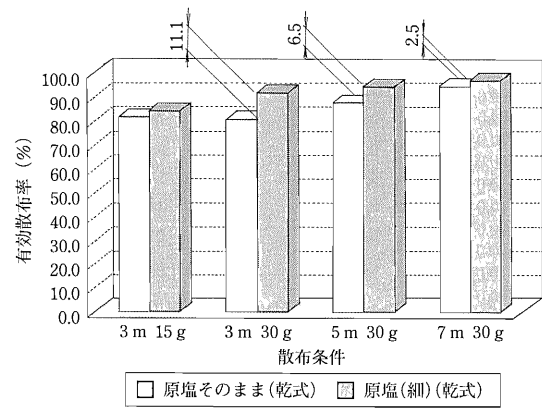


図-5 有効散布率：種別 A と B

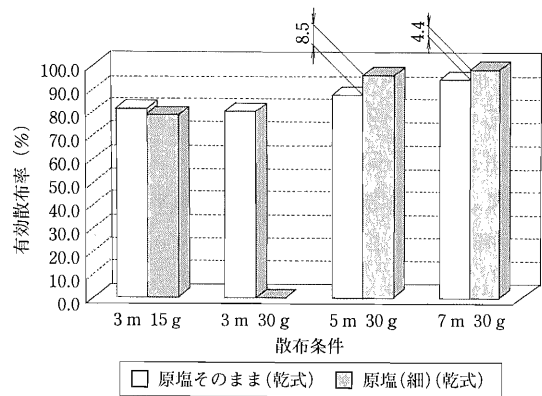


図-6 有効散布率：種別 A と D

図-7 は、原塩そのまま（乾式）と原塩細粒化（湿式）との比較であるが、有効散布率は湿式散布のほうが上回っ

表-2 原塩そのまま、及び原塩細粒化比較試験結果

試験場所 新潟構機工場構内 試験期日 平成 14 年 4 月 4・5 日 試験者 新潟構機工場 特装機センター設計グループ																
試験種別	散布条件 作業速度 30 km/h 一定とする			測定値						算出値					測定値	
	散布方式	散布材料	試験細別	散布幅 (m)	散布密度 (g/m ²)	総散布幅 (m)	全回収量 (g)	幅内回収量 (g)	幅外回収量 (g)	散布密度 (g/m ²)	有効散布密度 (g/m ²)	有効散布率 (%)	無効散布率 (%)	A に対する階差 (%)	有効散布率種別	内幅外回収量の (g)
A	乾式	原塩そのまま	3 m 15 g	3	15	3.0	133.5	109.0	24.5	14.8	12.1	81.6	18.4			20.6
			3 m 30 g	3	30	3.0	242.5	195.5	47.0	26.9	21.7	80.6	19.4			39.5
			5 m 30 g	5	30	5.1	465.0	407.5	57.5	31.0	27.2	87.6	12.4			48.3
			7 m 30 g	7	30	6.7	559.0	527.5	31.5	26.6	25.1	94.4	5.6			26.5
B	乾式	原塩(細)	3 m 15 g	3	15	2.9	147.5	124.5	23.0	16.4	13.8	84.4	15.6	2.8		認めず
			3 m 30 g	3	30	3.2	302.5	277.5	25.0	33.6	30.8	91.7	8.3	11.1		
			5 m 30 g	5	30	5.3	448.5	422.0	26.5	29.9	28.1	94.1	5.9	6.5		
			7 m 30 g	7	30	7.0	667.0	646.0	21.0	31.8	30.8	96.9	3.1	2.5		
C	湿式	原塩(細) + 水	3 m 15 g	3	15	2.6	126.5	110.0	16.5	14.1	12.2	87.0	13	5.4		認めず
			3 m 30 g	3	30	3.6	265.5	243.5	22.0	29.5	27.0	91.7	8.3	11.1		
			5 m 30 g	5	30	5.2	437.0	415.5	21.5	29.1	27.7	95.1	4.9	7.5		
			7 m 30 g	7	30	7.0	656.0	637.0	19.0	31.2	30.3	97.1	2.9	2.7		
機械化研究所性能試験 平成 12 年 11 月																
D	乾式	原塩(細)	3 m 15 g	3	15	3.3	164.4	129.7	34.7	18.3	14.4	78.9	21.1	▼2.7		-
			3 m 30 g	3	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			5 m 30 g	5	30	5.2	483.3	464.5	18.8	32.2	31.0	96.1	3.9	8.5		
			7 m 30 g	7	30	7.2	710.7	702.0	8.7	33.8	33.4	98.8	1.2	4.4		

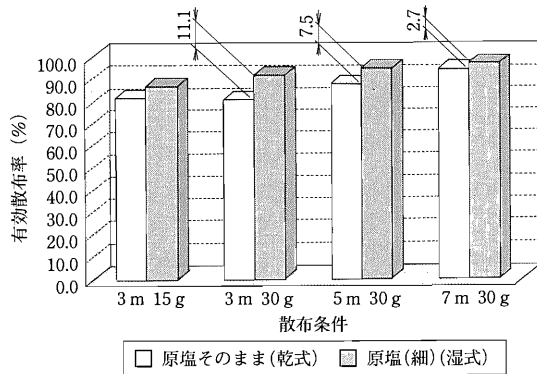


図-7 有効散布率：種別 A と C

ており、散布幅 3m で 11.1%、5m で 7.5%、7m で 2.7% と向上している。これは細粒化と湿式との相乗効果であるが、表-2 の種別 A に対する階差から細粒化の効果が主であることが分かる。

以上により、原塩は細粒化して散布することにより有効散布が向上すると言える。

5. 有効散布向上の評価

有効散布の向上がどのように現場に反映できるかが重要である。そのために有効散布向上を反映できる場面を想定し評価する。

評価にあたって代表有効散布率を選定する。効果数値が小さく安全側にある図-5 を採用し、その散布幅の中央値である 5m の有効散布率 94.1%、87.6% 及びその階差 6.5% を代表有効散布率として選定する。

(1) 凍結防止効果の向上

原塩細粒化散布は、有効散布率が原塩そのままよりも 6.5% 増加する。その分、原塩そのまま散布よりも凍結防止であれば防止効果が持続し、凍結融解であれば融解が速まる、と定性的に言える。

(2) コスト削減効果

路面の滑り止めを目的とする効果は従来機の内原塩そのまま散布の 30 g/m^2 で良いとすれば、本開発機の散布レンジは、

$$30 \text{ g/m}^2 \times (1 - 0.065) = 28 \text{ g/m}^2$$

で同じ効果を発揮することになる。この場合の節塩は、散布距離、散布コスト、材料費等の諸点から検討した。

(a) 散布距離の延長としての評価

$$L_2 = L_1 \times 30 / 28 = 1.07 L_1$$

即ち、散布距離にして 7% 延長する。

(b) 散布コストからの評価

機械価格、労力は同じであるので材料費のみの問題となる。例えば、1 シーズン平均的に 5m、 30 g/m^2 で散布する除雪ステーションがあり、そこでの原塩使用量が 400t であったとすれば、開発機による散布では 6.5% 相当の 26t の節塩となり

$$26 \text{ t} \times \text{原塩単価 } 3.37 \text{ 万円/t}^{*7} = 87.62 \text{ 万円}$$

の材料費が節減となる。

(c) 粉碎塩から原塩へ変更した時の評価

飛散のトラブルをさけるため原塩を再破碎した粉碎塩を使用していた所では、原塩に戻すことができるので単価差だけ材料費が節減できる。

上記ステーションが粉碎塩を使用していたとして、単純に粉碎塩 400t を原塩に変更して、

$$400 \text{ t} \times (\text{粉碎塩 } 3.52 \text{ 万円/t} - \text{原塩 } 3.37 \text{ 万円/t}) = 60 \text{ 万円}$$

の材料費節減となる。

6. あとがき

原塩の細粒化の効果として安全散布と経済散布について述べたが、その他にも次のことが言える。

塩化系の薬剤はその長期保存によって固結を生じる。これを散布前に人力によって粉碎しているが、どうしても粗粒子が混入する。また、2002年4月から塩の完全自由化にともなって多種の塩が輸入されようになった。これらのなかには粗粒子を多く含むものもあると言われているが、これらの塩に対しても本開発の細粒化の効果は適用できると考える。

最後に、本開発で試験のご指導頂いた建設機械化研究所（現、施工技術総合研究所）の方々及び長期実用試験の場を提供して頂いた新潟県の方々に感謝の意を表する次第である。

J|C|M|A

【筆者紹介】



須田 光俊 (すだ みつとし)
新潟トランス株式会社 (元株式会社新潟鐵工所)
除雪機事業部
開発担当部長



小見 周作 (こみ しゅうさく)
新潟トランス株式会社 (元株式会社新潟鐵工所)
除雪機事業部
技術グループ
課長

*7 原塩、粉碎塩単価 (平成 12 年新潟地区)