

薬剤散布による融雪の基礎的実験について

正員 高橋 毅\*  
正員 ○佐藤 馨一\*\*  
島谷 浩\*\*\*  
菊池 良治\*\*\*\*  
平瀬 守\*\*\*\*\*

1. はじめに

北海道における交通問題を考えてみた時、それは冬期間における交通確保の歴史であったと言っても過言ではない。

特に近年における著しい自動車交通の増加は、あらためて冬期間における交通確保の問題を再認識させ、従来の除雪工法、除雪の経済性等について再検討をうながしてきた。

土木試験所道路研究室では積雪、凍結路面におけるスリップ事故を防止し、除雪の質的向上をはかるために薬剤散布による除雪工法を従来から検討してきた。

本文はこのうち薬剤散布の現場試験と、基礎的実験の

結果についてとりまとめたものである。

とくに基礎的実験は現場試験で知ることのできなかった交通量、薬剤の種類、薬剤の混合比等の影響、効果を把握するために行なわれたものである。

2. 薬剤散布の現場試験

薬剤散布の現場試験は昭和43年12月から昭和44年3月まで、一般国道230号定山溪付近に約3kmの試験区間を設けて行なわれた。調査の目的は薬剤の散布効果を現地において確認することであり、さらに機械除雪とのかね合いを図ることにあった。

現場試験の結果、次のことが判明した。

(1) 薬剤によって無雪化された路面は夏季の湿潤路面に

表-1 すべりまざつ係数測定値(試験車)

| 路面状態                | 無雪<br>(湿潤, 一部乾燥)                                                                                                                                 | スノージャム<br>↓ ←...cacl <sub>2</sub><br>湿潤 | 凍結<br>↓ ←...cacl <sub>2</sub><br>スノージャム |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 薬剤散布前               | 0.70<br>0.69 < $\xi$ < 0.71                                                                                                                      | 0.62<br>0.57 < $\xi$ < 0.68             | 0.25<br>0.23 < $\xi$ < 0.27             |
| 散布後40分<br>(散布開始11時) | 0.66<br>0.65 < $\xi$ < 0.68                                                                                                                      | 0.68<br>0.05 < $\xi$ < 0.71             | 0.39<br>0.30 < $\xi$ < 0.48             |
| 散布後3時間              | 0.69<br>0.67 < $\xi$ < 0.71                                                                                                                      | —<br>—                                  | 0.46<br>0.36 < $\xi$ < 0.56             |
| 測定条件                | ◦試験速度 : 40 km/H<br>◦使用タイヤ : ブリジストン, SKH (夏用)<br>◦標準輪荷重 : 200 kg<br>◦標準空気圧 : 1.8 kg/cm <sup>2</sup><br>◦気温 : -6.8℃ (午前10時)<br>◦路温 : -2.7℃ (午前10時) |                                         |                                         |

\* 北海道開発局土木試験所道路研究室々長

\*\* 道路研究室主任研究員

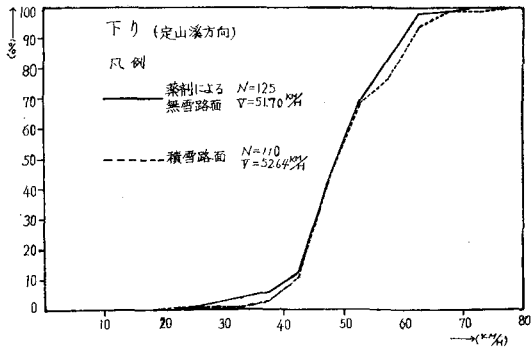
\*\*\* 道路研究室

\*\*\*\* 岩手県庁土木部

\*\*\*\*\* 常盤工業㈱

匹敵するほどの高いすべり抵抗値を有した。又薬剤によってスノージャム状になった路面でも、走行の安全に必要とされる程度のすべり抵抗値を有していた。(表一)

- (2) 試験区間内で行なった速度調査によると、積雪路面と薬剤散布後の無雪路面では速度差は認められなかった。これは路面状態が良ければ僅かな積雪は走行速度にはほとんど影響しないことを示すものである。(図一)
- (3) 薬剤散布の期間中には(昭和43年12月23日午後8時～昭和44年2月28日)1件の交通事故も発生しなかった。これは(1)で述べたすべり抵抗値の増加によるためと考えられ、冬期間における交通事故を防ぐために薬



図一1 車両走行速度頻度累計曲線図

表一2 交通事故調査表

| 年度     | 発生年月日            | 時刻    | 天候 | 路面状態 | 事故類型     | 第一当事者  | 第二当事者  |
|--------|------------------|-------|----|------|----------|--------|--------|
| 昭和42年度 | S42<br>12月15日(金) | 9:15  | 曇  | 積雪   | 追突       | 普通貨物車  | 普通乗用車  |
|        | 16日(土)           | 15:55 | 雪  | "    | 追越時正面衝突  | "      | 普通貨物車  |
|        | S43<br>1月22日(月)  | 17:30 | "  | 凍結   | 追突       | "      | 普通乗用車  |
|        | 27日(土)           | 13:10 | 晴  | 凍結積雪 | 右折時側面衝突  | 大型貨物車  | "      |
|        | 2月5日(月)          | 13:25 | "  | 凍結   | その他の     | 普通乗用車  | "      |
|        | 8日(水)            | 10:30 | 雪  | "    | 追突       | "      | "      |
|        | 3月6日(水)          | 14:40 | "  | 積雪   | 追越時正面衝突  | "      | 普通貨物車  |
|        | 17日(日)           | 14:50 | "  | "    | 追突       | "      | "      |
| 43年度   | S43<br>12月1日(日)  | 15:30 | 晴  | 湿潤   | その他の正面衝突 | "      | 普通乗用車  |
|        | 1日(日)            | 15:45 | "  | 乾燥   | 追突       | "      | 軽四輪貨物車 |
|        | 1日(日)            | 16:00 | "  | 凍結   | "        | "      | 普通乗用車  |
|        | 23日(月)           | 14:00 | 雪  | 積雪   | その他の     | 軽四輪貨物車 | 歩行者    |

表一3 薬剤散布量の基準(案)

| 気温       | 予防用                 | 融解用                                  |
|----------|---------------------|--------------------------------------|
| -4℃ 以上   | 20 g/m <sup>2</sup> | 40 g/m <sup>2</sup>                  |
| -4℃~-7℃  | 20 "                | 70 "                                 |
| -7℃~-12℃ | 20 "                | 100 "                                |
| -12℃ 以下  | 散布しない               | 原則として散布しない。例外として120 g/m <sup>2</sup> |

剤散布は非常に有効であることが判明した。(表一2)以上の現場試験から、表一3の北海道における薬剤散布基準(案)が示された。

なお、この表を適用するにあたって以下の点に注意しなければならない。

- (1) この表は日交通量1000台以上の舗装道路上に適用す

る。交通量がこれより少ない場合には25~50%の増量を行なうこと。

- (2) 気温は路側で測定を行なうこと。
- (3) 予防用の散布は降雪の直前又は直後、凍結路面の形成が予想される時に行なうこと。
- (4) 融解用の散布は原則として予防用の散布が行なわれた後に行なうこと。もし予防用の散布が6時間以内に行なわれていたならば、その分を融解用の散布量に含めること。
- (5) 降雪が長く続いた場合には除雪車が除雪を行なうたびごとに薬剤を散布すること。
- (6) 路面が太陽にさらされた時には一段高い基準を採用すること。又気温がかなり低下している時、夕方散布する時、夜空が晴れわたっている時には一段低い基準を採用すること。

### 3. 室内実験

現場試験の結果、凍結、積雪路面におけるスリップ事故防止のために薬剤は非常に有効であることが明らかにされた。しかしながら現場試験で用いた薬剤は塩化カルシウム（ペレット状）が主であり、他の薬剤やその混合したものについては深く検討するには到らなかった。又薬剤散布による融雪過程を観察した結果、交通による攪乱作用の影響の大きいことが指摘された。室内実験はこれら現場試験で指摘された問題点を解明するために静的、動的実験を行なったものである。

静的室内実験は温度、薬剤の種類、薬剤の混合比率と融解量との関係を調べたものである。又動的室内実験は交通による攪乱作用を定量的に解明することを第一の目的とした。

#### A 静的室内実験

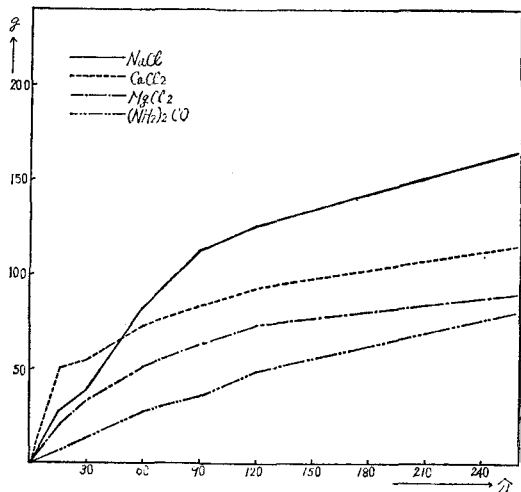
静的室内実験で用いた薬剤は塩化カルシウム、塩化ナトリウム、塩化マグネシウム、尿素の4種類を単体として用い、さらに塩化カルシウムと塩化ナトリウム、塩化マグネシウムと塩化ナトリウムを混合して用いた。

薬剤の混合比率はそれぞれ1:1, 1:2, 1:3とし、温度と時間経過に従って融解水量を測定した。

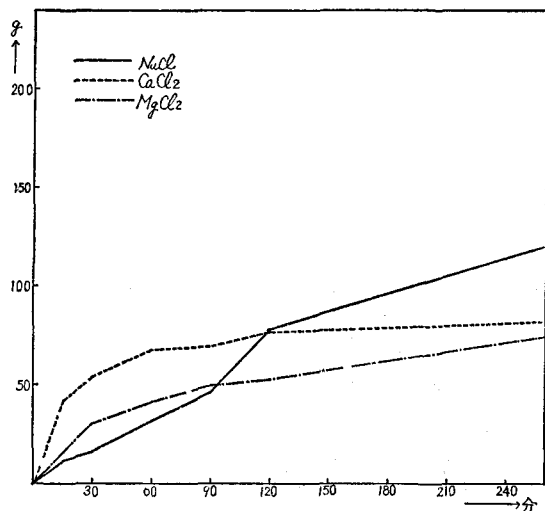
供試体として用いた氷は容積753 cm<sup>3</sup>の金属製のボールに400 ccの水を入れて作ったものである。氷の表面積は0.013 m<sup>2</sup>であり、薬剤の散布量は40 gとした。

試験温度は-5℃, -10℃, -15℃の三種類とし、薬剤散布後15分, 30分, 60分, 120分, 180分, 240分, 24時間の融解量をそれぞれ2個の供試体から測定して平均した。

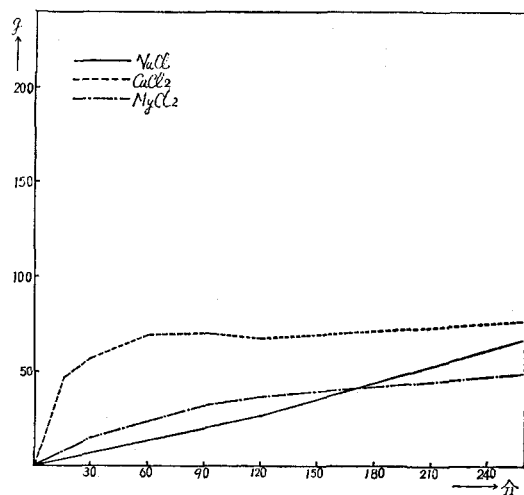
図一2, 3, 4は薬剤の種類による融解量の変化を各



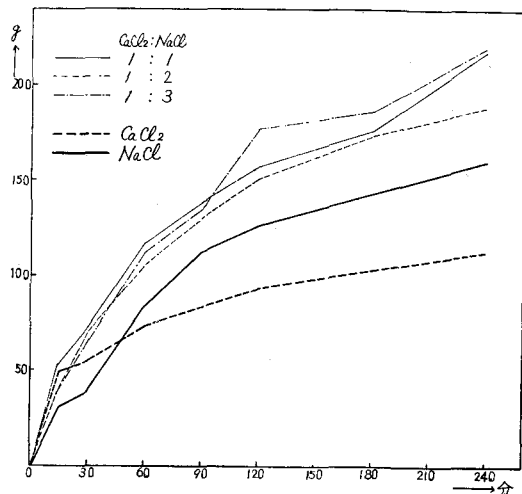
図一2 融解水量の時間的変化（-5℃）



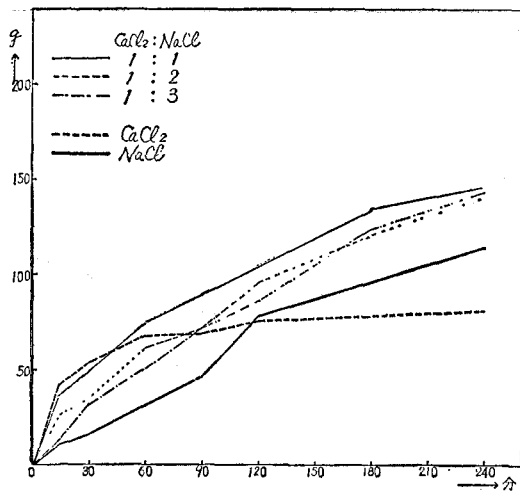
図一3 融解水量の時間的変化（-10℃）



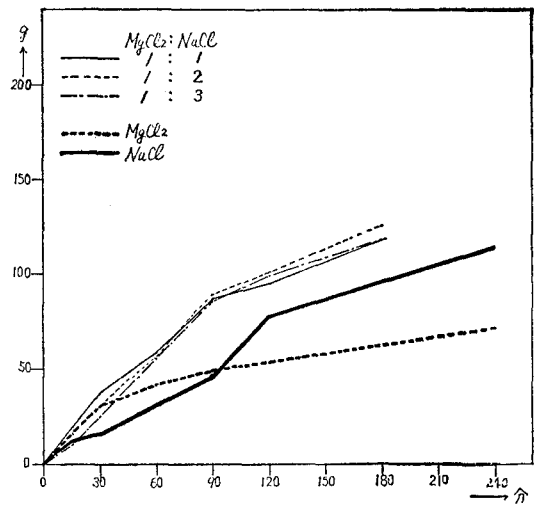
図一4 融解水量の時間的変化（-15℃）



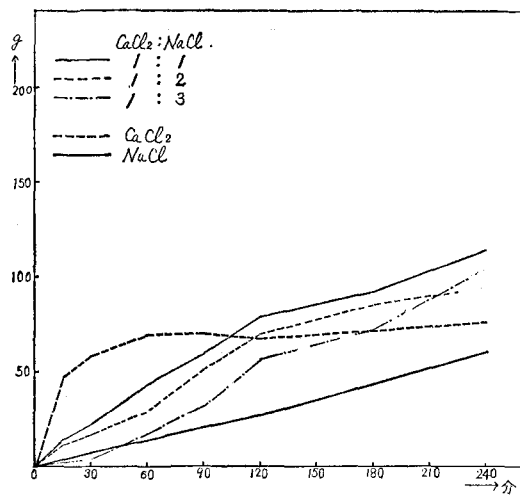
図一5 融解水量の時間的変化（-5℃）



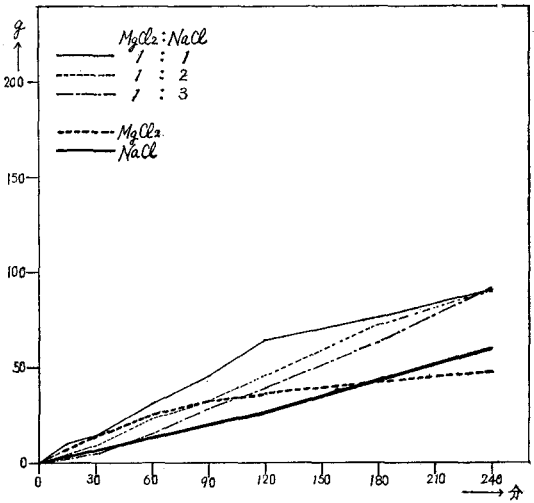
図—6 融解水量の時間的変化（-10℃）



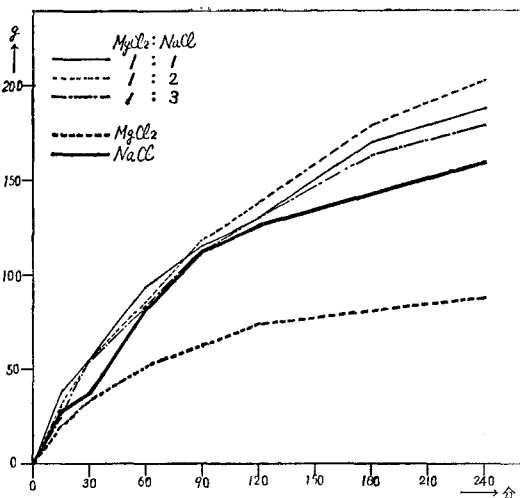
図—10 融解水量の時間的変化（-10℃）



図—7 融解水量の時間的変化（-15℃）



図—11 融解水量の時間的変化（-15℃）



図—8 融解水量の時間的変化（-5℃）

温度について示したものである。（但し、240分まで、以下同様）

又図—5, 6, 7は塩化カルシウムと塩化ナトリウムを混合した場合、融解量が混合比率と温度によってどのように変化するかを調べたものである。図—8, 9, 10は塩化マグネシウムと塩化ナトリウムを混合したものについて調べたものである。

これらの図から次のことが判明した。

- (1) 各薬剤とも温度が上がるにつれて氷の融解量は増加する。
- (2) 塩化カルシウムは初期効果が大きく、散布と同時に氷中へ侵入を始め、全融解量の90%強は散布後2時間以内で達せられた。又温度が下っても融解能力は低下しない。
- (3) 塩化ナトリウムは他の薬剤よりも全融解量が多い。

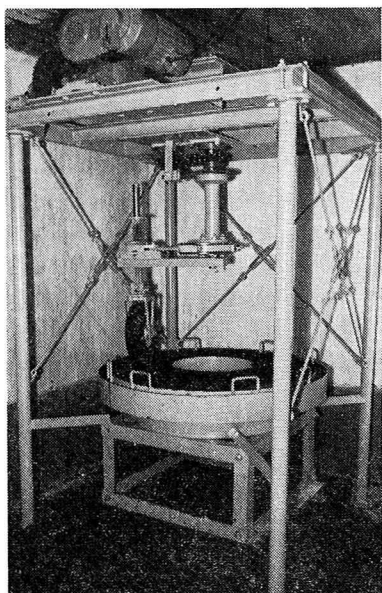
しかし初期効果が小さく、散布後2時間では全融解量の50%程度しかとけなかった。又融解能力は-10℃位までは非常に良いが、さらに温度が低くなると塩化カルシウムより劣ってくる。

- (4) 塩化マグネシウムは上記2種類の薬剤のような特徴はあまり見られなかった。初期効果は塩化カルシウムより悪く、全融解量は塩化ナトリウムより少なかった。しかし散布後2時間では全融解量の60—70%ほど融解した。
- (5) 尿素は融解能力が一番劣っている。特に-10℃以下になるとほとんど氷をとかすことはできなかった。
- (6) 薬剤を混合すると単体で用いた場合よりも全融解量は増加した。この傾向は塩化カルシウムと塩化ナトリウムの組合せにおいて特に顕著であり、塩化カルシウム単体の場合に比べ1.5~2.0倍ほど融解量は増加した。
- (7) 温度が高い場合には塩化ナトリウムの比率の高い方が、又温度が低ければ塩化カルシウムの比率の高い方が全融解量は増加する。
- (8) 塩化マグネシウムと塩化ナトリウムの組合せは塩化カルシウムと塩化ナトリウムの組合せより融解能力は小さい。しかし、それぞれの単体に比べると混合した方が融解能力は大きくなる。

## B 動的室内実験

### (1) 実験装置

動的実験は交通量、交通荷重が道路上の冰雪の融解にどのように関係しているかを知るために、模型実験装置



写真—1

を用いて検討を行なったものである。特に薬剤を混合した場合、車輪効果がどのように変化するかを追究したものである。

実験装置は車の攪乱作用を定量的に測定するために、土木試験所道路研究室が考案、開発したものである。装置は駆動部、車輪回転部、供試体設置部の三部から構成されている。(写真—1)

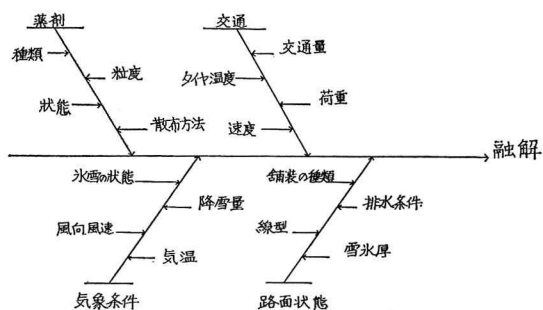
イ) 駆動部: 2馬力のモーターが車輪を回転させるために取り付けられており、変速機によって毎分8~32回の回転を自由に調整できるようになっている。

ロ) 車輪回転部: 車輪回転部には3.50×5, 4プライ(直径30cm, 幅7.5cm)のタイヤが取り付けられている。このタイヤは7.5×2=15cmの幅を半径方向に移動することができ、さらにタイヤ取付軸上部に荷重板のせることも可能である。タイヤ部自重は13kgで、7kgの荷重板が1個、10kgのものが3個用意されている。タイヤはリップ、ラグ、複合の各パターンが準備された。

ハ) 供試体設置部: 実験に用いた供試体は外径100cm, 内径40cmのドーナツ型鉄製盤に氷を張らして作成したものである。この供試体の表面積は0.64㎡であり、300gの薬剤が散布された。

### (2) 実験計画

薬剤散布によって生じる冰雪の融解過程は複雑であり、多くの因子がからみあっている。図—11はその主なものをまとめて図にした要因図である。



図—11 要因図

このうち特に重要と考えられる要因についてその効果を知るために実験計画法にのっとった実験を行なうことにした。実験に際して考えられた因子とその水準は表—4に掲げるとおりであり、(3<sub>s</sub>型, L<sub>27</sub>)の直交表に割り付けられた。

薬剤の種類と荷重の因子は2水準でも十分であると考えられたので、擬水準(ダミー)をとり入れた。又A×B, B×C, C×Aの交互作用が検出できるように割り付けてある。特性値は純融解量をもって示した。純融解量と

表—4 因 子 と 水 準

| 因 子       | 水 準 1                   | 水 準 2                   | 水 準 3                   |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| A : 混合比   | 1 : 1                   | 1 : 2                   | 1 : 3                   |
| B : 温 度   | -5℃                     | -10℃                    | -15℃                    |
| C : 時 間   | 30分                     | 60分                     | 120分                    |
| D : 回転数   | 0 rpm                   | 16 rpm                  | 32 rpm                  |
| E : 薬剤の種類 | CaCl <sub>2</sub> +NaCl | MaCl <sub>2</sub> +NaCl | CaCl <sub>2</sub> +NaCl |
| F : 荷 重   | 50kg                    | 20kg                    | 50kg                    |

交互作用    A×B   B×C   C×A

表—5 実験内容と水の融解量

| No. | A<br>混合比 | B<br>温 度 | C<br>時 間 | D<br>回転数 | E<br>薬剤の種類               | F<br>荷 重 | 融 解 量<br>(g) |
|-----|----------|----------|----------|----------|--------------------------|----------|--------------|
| 1   | 1:1      | -5℃      | 30分      | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 754.6        |
| 2   | 1:1      | -5℃      | 60分      | 16 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 966.4        |
| 3   | 1:1      | -5℃      | 120分     | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 1621.0       |
| 4   | 1:1      | -10℃     | 30分      | 16 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 651.5        |
| 5   | 1:1      | -10℃     | 60分      | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 822.9        |
| 6   | 1:1      | -10℃     | 120分     | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 819.7        |
| 7   | 1:1      | -15℃     | 30分      | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 577.9        |
| 8   | 1:1      | -15℃     | 60分      | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 538.0        |
| 9   | 1:1      | -15℃     | 120分     | 16 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 741.6        |
| 10  | 1:2      | -5℃      | 30分      | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 908.5        |
| 11  | 1:2      | -5℃      | 60分      | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 1251.7       |
| 12  | 1:2      | -5℃      | 120分     | 0 rpm    | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 1237.5       |
| 13  | 1:2      | -10℃     | 30分      | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 681.3        |
| 14  | 1:2      | -10℃     | 60分      | 0 rpm    | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 678.4        |
| 15  | 1:2      | -10℃     | 120分     | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 1057.1       |
| 16  | 1:2      | -15℃     | 30分      | 0 rpm    | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 270.4        |
| 17  | 1:2      | -15℃     | 60分      | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 566.0        |
| 18  | 1:2      | -15℃     | 120分     | 32 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 782.7        |
| 19  | 1:3      | -5℃      | 30分      | 32 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 1029.8       |
| 20  | 1:3      | -5℃      | 60分      | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 1041.1       |
| 21  | 1:3      | -5℃      | 120分     | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 1784.2       |
| 22  | 1:3      | -10℃     | 30分      | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 493.4        |
| 23  | 1:3      | -10℃     | 60分      | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 847.6        |
| 24  | 1:3      | -10℃     | 120分     | 32 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 1071.2       |
| 25  | 1:3      | -15℃     | 30分      | 16 rpm   | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 20kg     | 396.3        |
| 26  | 1:3      | -15℃     | 60分      | 32 rpm   | MgCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 518.4        |
| 27  | 1:3      | -15℃     | 120分     | 0 rpm    | CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 50kg     | 529.3        |

表-6 分散分析表

| 要因    | 偏差=乗和<br>S | 自由度<br>φ | 不偏分散<br>V | F     | プール                          | F <sub>0</sub> '                                               | 寄与率<br>e                                            |
|-------|------------|----------|-----------|-------|------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| A     | 4744.83    | 2        | 2372.42   | —     | V'E =<br>6506.93<br>φE' = 12 | 139.74**<br>3.08<br>65.56**<br>—<br>5.36*<br>18.76**<br>—<br>— | 56.2%<br>1.7<br>26.2<br>—<br>3.4<br>7.2<br>—<br>5.3 |
| B     | 1818527.88 | 2        | 909263.94 | 60.69 |                              |                                                                |                                                     |
| A × B | 80042.91   | 4        | 20010.73  | 1.32  |                              |                                                                |                                                     |
| C     | 853221.81  | 2        | 426610.91 | 28.19 |                              |                                                                |                                                     |
| A × C | 18840.84   | 4        | 4710.21   | —     |                              |                                                                |                                                     |
| B × C | 136801.13  | 4        | 34200.28  | 2.26  |                              |                                                                |                                                     |
| D     | 244193.99  | 2        | 122097.00 | 8.07  | —                            | —                                                              | —                                                   |
| E     | 24189.26   | 2        | 12094.63  | —     |                              |                                                                |                                                     |
| F     | 45.74      | 2        | 22.87     | —     |                              |                                                                |                                                     |
| e     | 30262.55   | 2        | 15131.23  | —     |                              |                                                                |                                                     |
|       |            | 26       |           |       |                              |                                                                | 100 %                                               |

\*\* : 1%有意

\* : 5%有意

$$F_{12}^2 = \frac{3.89}{6.93}$$

$$F_{12}^4 = \frac{3.26}{6.41}$$

は溶液重量から溶質重量を引いた溶媒重量を意味する。

### (3) 実験結果

実験は表-5のわりつけに従って行なわれ、それぞれ融解量が測定された。これらの融解量をもとにして表-6の分散分析表が得られた。

この分散分析表によると、温度、時間、回転数、温度×時間の交互作用が有意であることが判明した。

又薬剤の融解に最も大きな影響を与えるのは、その時の温度であることが寄与率から判明した。

寄与率とは特性値の変動のうちで、各因子がどの位の割合を占めているかを示すものであり、因子Aの寄与率は次のように計算する。

$$\rho_A = \frac{S_A - \phi_A \cdot V_E}{S}$$

但し、 $\rho_A$  : 因子Aの寄与率

S : 全変動

S<sub>A</sub> : 因子Aの変動

φ<sub>A</sub> : 因子Aの自由度

V<sub>E</sub> : 誤差の不偏分散

図-12, 13, 14, 15は有意となった各因子の効果をグラフに示したものである。

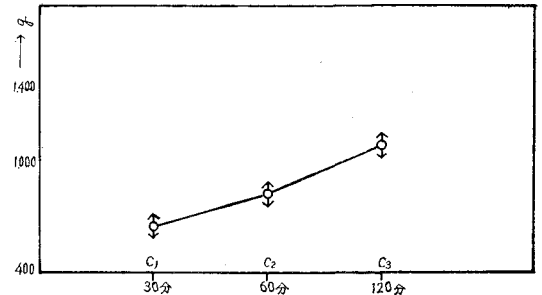


図-13 時間の効果

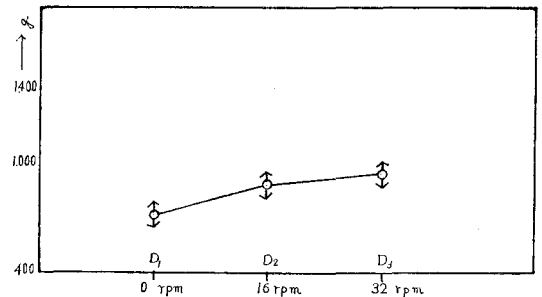


図-14 回転数の効果

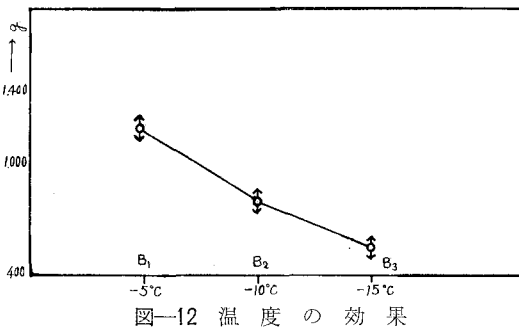


図-12 温度の効果

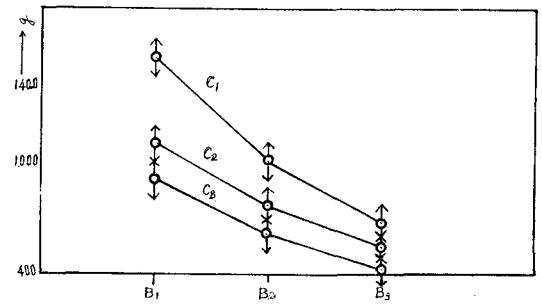


図-15 温度×時間の交互作用

その主効果と母平均の信頼区間は次のとおりである。

(主効果)

|                 |                 |                |
|-----------------|-----------------|----------------|
| $B_1=1177\pm59$ | $C_1=640\pm59$  | $D_1=707\pm59$ |
| $B_2=791\pm59$  | $C_2=803\pm59$  | $D_2=880\pm59$ |
| $B_3=545\pm59$  | $C_3=1072\pm59$ | $D_3=929\pm59$ |

(交互作用)

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| $B_1\times C_1=898\pm102$  | $B_3\times C_2=541\pm102$  |
| $B_2\times C_1=609\pm102$  | $B_1\times C_3=1086\pm102$ |
| $B_3\times C_1=415\pm102$  | $B_2\times C_3=983\pm102$  |
| $B_1\times C_2=1548\pm102$ | $B_3\times C_3=695\pm102$  |
| $B_2\times C_2=733\pm102$  |                            |

動的室内実験によって次のことが明らかにされた。

- (1) 薬剤を散布した際の融雪過程においては、車輪の回転数が有意であることが判明した。このことは交通による攪乱作用が雪氷の融解を促進させることを意味する。それゆえ薬剤の散布量は交通量に従って違えるべきである。
- (2) 回転数の寄与率は7.2%と予想より小さかった。この理由として実験に用いたタイヤはただ1個であったことと、タイヤの内部熱が低かったことをあげることができる。走行中のタイヤは冬期間においても15～20℃と非常に高い内部熱を有しており、この熱エネルギーが道路上の雪氷の融解をおおいに促進しているのである。  
本実験ではこのタイヤ熱を因子としておりこむことはできなかった。
- (3) 融雪過程に最も大きな影響を与えるのは温度である。しかしながら低温になるに従って氷の融解量は減少し、-10℃位が薬剤散布の限界温度になるものと考えられた。
- (4) 温度×時間の交互作用が有意となった。このことは温度と時間の因子がお互いに影響しあって融解量を増加させることを意味している。つまり、経過時間が同じであっても、温度が異なると融解量は急激な変化を示すことを示している。これは図-15における-15℃と-5℃の融解量が図-12の温度のみを因子とする融解量に比べてはるかに大きくなっていることを見ても明らかであろう。
- (5) 薬剤の混合比は予想に反して有意とはならなかった。これは静的実験によると塩化マグネシウムと塩化ナトリウムの混合剤は混合比率によって融解量に大きな差はなく、このために有意差が生じなかったものと考えられる。
- (6) 荷重、薬剤の種類因子はともに有意とはならず、割付けの際に水準をへらして二水準としたことは正しい判断であった。

#### 4. 基礎実験のまとめ

薬剤散布の基礎的実験によって明らかにされ、さらに今後の実験に問題となるものとして次のことが指摘された。

- (1) 冰雪の融解量は薬剤の種類によって大きな差がある。-10℃以上の気温の場合、融解量は塩化ナトリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、尿素の順に小さくなる。
- (2) 薬剤を混合して用いた場合、単体で同量の散布をしたよりもはるかに雪氷の融解量は多くなる。特に塩化カルシウムと塩化ナトリウムの混合の場合、融解量は1.5～2倍ほど増加する。さらに初期効果も大きいので、今後条件のゆるす限り薬剤を混合して用いるべきであろう。
- (3) 薬剤を混合して用いると、少ない量でも相当の効果が期待できるので、副作用対策の面からも有利である。又現場における混合薬剤の適正散布量は今後の研究を待たなければならないが、一時的には表-1の基準案を融解用のみについて2～3割減少することが望ましい。
- (4) 動的室内実験において車輪効果が融雪過程に影響をおよぼすことが明らかにされた。しかし室内実験と実際道路では車輪効果は著しく異なっており、タイヤ熱の問題と合せて今後さらに研究を進めなければならない。
- (5) 薬剤の混合比率と温度の影響を動的室内実験でさらに詳しく検討しなければならない。

#### 5. 薬剤の副作用対策について

積雪、凍結路面におけるスリップ事故を防止するため、薬剤は非常に有効であることが明らかにされた。特に薬剤を混合すると、単体で散布するより2～3割以上も融解量が増加し注目された。

薬剤は凍結、積雪路面の処理のためにますます利用される傾向にある。しかし、薬剤を散布する際には次のような障害が生じることを考えておかなければならない。

- (1) 金属の腐食（特に車両に対し）
- (2) コンクリートの劣化
- (3) 草木の被害
- (4) 靴や衣服の被害
- (5) 地下水の塩分の増加

北海道における薬剤散布の歴史は浅く、特に目立った障害は今のところ生じていない。しかし薬剤散布による凍結路面の処理がさかんになるにつれて、この種の副作用は増加してくることが予想される。それゆえ、薬剤散

布による副作用問題を今後の課題として我々は研究を進めて行く所存である。又諸外国における副作用対策を以下に紹介し、今後の参考に供したい。

#### 薬剤散布による副作用対策

- (1) 金属の腐食に対し
  - イ) 車両の水洗いをしばしば行なうこと、この方法は車両の腐食を防止する最も良い方法と言われている。
  - ロ) 露出している金属部分にペイント・エナメル・ラッカー等の保護膜を設けること。又自動車の車体や骨組用鋼材にはアンダー・コーティングをほどこすこと。
  - ハ) 腐食作用のない薬剤を用いること。
- (2) コンクリートの劣化に対し
  - イ) エア・エントレインド・コンクリートを用いること。
  - ロ) 材料を吟味し、ライニング養生法を用いること。
  - ハ) 橋梁部においては表面排水を完全にすること。
  - ニ) 露出表面をシーリングすること。
- (3) 草木の被害に対し
  - イ) 薬剤の散布量を少なくすること。
  - ロ) 排水条件を良くすること。
  - ハ) 塩化物に対し耐薬性の高い植物を街路樹や芝に用いること。(例えばケンタッキー31フェスキュー、ポプラ、エルム等)
  - ニ) 冬に最高の抵抗力が得られるように春に植樹すること。
- (4) 靴や衣服の被害

薬による靴や衣服の被害は余り大きくはない。靴や衣服にとびついた薬剤は水洗いによって簡単に除去することができる。
- (5) 地下水への影響

アメリカにおける研究では、地下水の塩分の増加は融雪用薬剤によるものであるかどうかを決定するまでに到っていない。
- (6) その他

塩化カルシウムや塩化ナトリウムは人間や動物には無害である。

## 6. おわりに

北海道が開発されてからすでに100年を数える今日、開発の目標は量的な拡大から、質的な向上へと転換されなければならない。北海道の開発を遅らしてきたものは、半年にわたる長い冬であったと言っても過言ではなかろう。それゆえに、冬期交通をいかに確保するかが、今後の北海道開発の重要な鍵になってくるものと思われる。

薬剤散布による積雪、凍結路面の処理はこの要望に答えるものである。

薬剤による凍結積雪路面の処理法を北海道に導入するにあたって、多くの人々の協力が得られた。

理論的指導は北大工学部板倉忠三教授を始めとする、北海道土木技術会、「薬剤除雪研究小委員会」の方々による。又現場での作業には札幌札幌出張所の井上、谷口両係長にひとかたならぬお世話をいただいた。

ここに慎んで感謝の意を表する次第です。

## 参考文献

- 1) 板倉忠三：冬期交通維持技術について：道路建設昭和43年8月～12月
- 2) 斎藤博英：凍結防止薬品を使用した道路の雪氷対策：日本積雪連合 昭和44年
- 3) 北海道開発局土木試験所道路研究室：薬剤散布による融雪と路面凍結防止試験報告書 昭和43年
- 4) Snow and Ice Control with chemicals and Abrasives, H.R.B. Bulletin 252 1960年
- 5) Manual on Snow Removal and Ice control in urban Area.: National Research Council (in Canada)
- 6) Snow and Ice Control: H.R.B. Number 227 1968年
- 7) 田口玄一：実験的計画法 上・下：丸善
- 8) 石川馨 他：化学者および化学技術者のための実験計画法 上・下：東京化学同人 昭和43年