

IV-17

造粒作用を利用した粉じんの飛散防止について

徳山 曹達暢 正員 伊場 雅久
 徳山 曹達暢 正員 上野 芳和
 北海道大学 正員 菅原 照雄

§ 1. 緒言

スパイクタイヤは積雪寒冷地域に於て、モビリティの向上、凍結路面の滑り止め効果による交通安全の維持に寄与する所が大きいとして急速な普及を見せてきた。しかしながらスパイクタイヤ装着率の向上と共に舗装の摩耗が激しくなる、道路標識の損傷、わだち掘れによる走行の不安定性増大等、道路管理交通安全上の問題が発生している。更に最近では都市部に於て、浮遊粉じんによる生活環境への影響が大きな社会問題として取り上げられている。今後各地方自治体に於いても、各種の対策が講じられようが現状の水準を維持する為には、膨大な財政出費を必要とするであろう。

ここでは粉じんの発生源を絶つという複雑な問題として対策を講じるのではなく、発生粉塵を有害化させずに環境問題を解決し、併せて安全なモビリティを確保する為の、粉じんの飛散防止に關しての基礎実験について報告する。

§ 2. 粉じん飛散実験

1) 実験方法

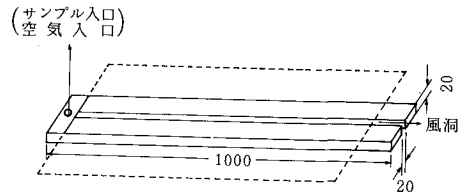
第1図に示すようなテスト装置を作成し一方の閉塞端より粉じんサンプルを一定速度で供給されるエアー中に分散させ粉じんの飛散距離を測定した。

：札幌市グリーンベルト上堆積粉塵

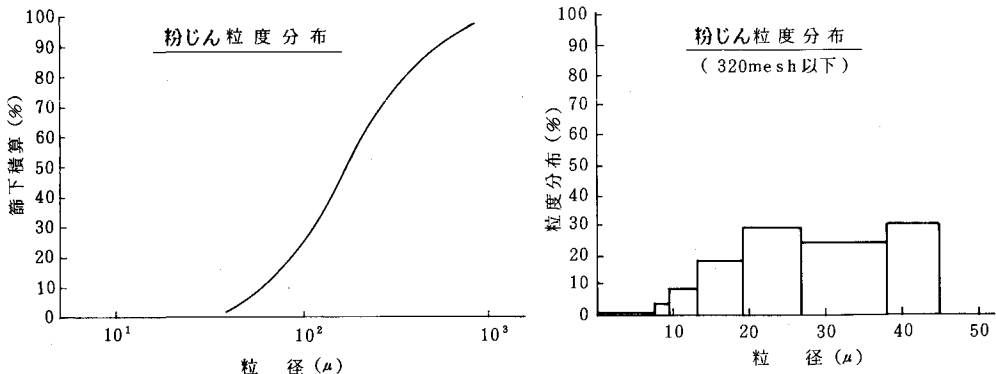
使用粉じん： 見かけ比重 1.45 g/ml

： 粒度分布 第2図

飛散状況のテストには、ゴミ等の混入の影響を除くため300 μ 以上の粒子を除去して使用した。



第 1 図



第 2 図

2) 実験の結果

通常発じん防止には散水处理が用いられており、ある程度の保有水分があれば飛散防止に効果があるものと考えられる。また初冬期、初春期の路面凍結防止に使用されている凍結防止剤が、飛散防止に効果があるか否かを知るために、水、食塩水及び塩化カルシウムを主成分とする凍結防止剤（以下薬剤Aと称す）の3種を用いて比較実験を行った。

実験結果の代表例を写真－1に、飛散距離を第1表に示す。 (cm)

項 目	水分5%相当	水分2%相当	自然放置後
薬剤A (35%水溶液)	15	30	15
食塩水 (20%水溶液)	20	40	60
水 道 水	20	50	60

第1表 保有水分量と粉じん飛散距離の関係
(空気吹き出し速度 17m/s 風洞通過空気速度 2m/s)

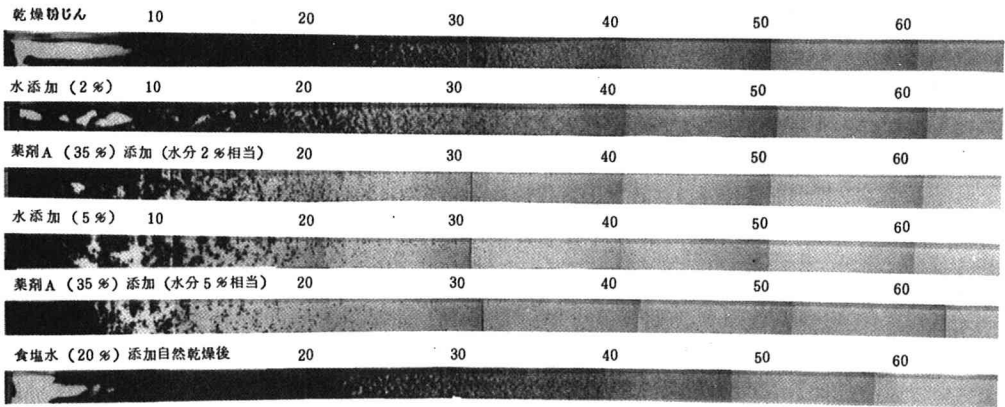


写真 1

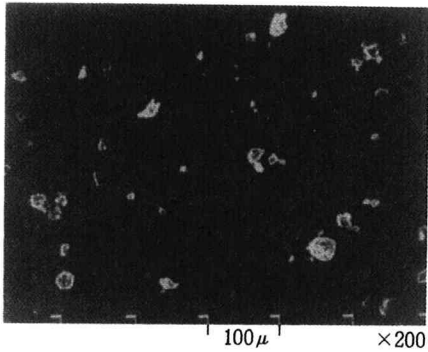


写真 2

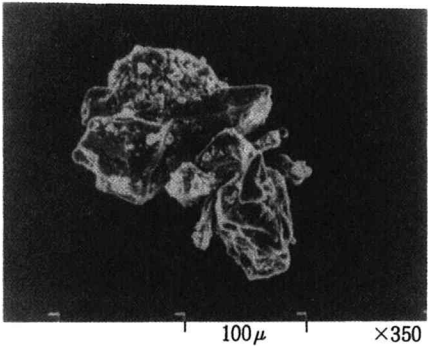


写真 3

自然乾燥状態にある粉じんは、実験装置内だけで沈降が完了せず装置排出口より大気中に微細な粒子が飛散排出された。これら粒子は極めて微細であり（顕微鏡観察によると全て 10μ 以下であり、殆どが $1\sim2\mu$ 程度の粒子であった。写真-2参照）一旦浮遊した粉じんは殆ど沈降しなかった。

粉じんに水分を含ませたものでも、2%程度では極く僅かであるが大気中への飛散が見られた。

これらの結果より、一般的に採用されている散水による発じん対策は、粉じん中の水分が5%程度に低下するまでは有効であるが、それ以下の保有水分では効果が無く、凍結防止剤として使用されている食塩も全く同様である事が分かった。

然るに、薬剤Aについては、水分値が2%程度に低下しても発じんを防ぐ効果を十分発揮している。これは写真-3に示す様に、薬剤の表面張力によって粉じんの凝集が促進され、粉じん同士を凝集造粒させる能力がある事に起因するものと考えられる。

§3. 粉じん水分変動実験

1) 実験の方法

粉じんに水、食塩水及び薬剤Aを添加混合し、環境湿度を変化させた場合の粉じん中の水分変化率を全体の重量変化より求める。更に4日経過後の平衡水分値となった粉じんを前記実験と同様の方法によって飛散テストを行なって再確認を行なった。

- イ) プラスチック容器($160^{\text{H}}\times210^{\text{D}}\times10^{\text{H}}$)に粉じんを厚さ 1.5mm 敷き、水、2.0%食塩水及び、薬剤A（1.0%濃度に調整したもの）をスプレーで表面から散布した。（第3図）

散布量：粉じん重量の1.2%

（温度は 25°C 一定、湿度は自然の変化に任せる。）

- ロ) プラスチック容器（同上）に粉じんを厚さ 5mm 敷き、上と同様の方法で水又は薬剤を添加する。（第4図）

散布量：粉じん重量の1.2%

（温度は 25°C 一定、湿度は自然の変化に任せる。）

- ハ) プラスチック容器（同上）に粉じんを厚さ 5mm 敷き、薬剤A（1.0%濃度のもの）を添加する。添加方法については前記と同様。（第5図）

温度、湿度ともに環境試験器により制御する。

（温度 $-10^{\circ}\text{C}\sim+10^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $0\sim90\%$ ）

2) 実験の結果

実験結果を第3図～第5図に示す。

- イ) 粉じんに、水、及び食塩水を添加した実験では、粉じん厚みが 1.5mm の場合は約10時間後、 5mm の場合には、約30時間後に保有水分量は1%以下に低下した。

水分蒸発速度は粉じん厚みに関係なく一定であり、固体空隙間の水分の移動速度ではなく、表面からの蒸発速度が支配的になっているものと考えられる。

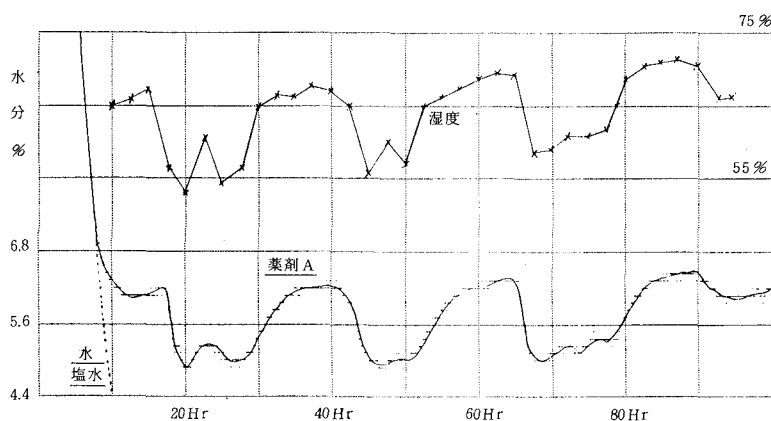
本実験は無風状態におけるものであり、実際の道路表面上では風による物質移動係数の上昇、太陽光等の路面加熱による移動単位数の上昇、粉じん厚みが実験条件より更に薄いこと等を考慮すると時間の単位で乾燥が進み、散水が役立つ時間は極く短いと考えねばならない。

- ロ) 薬剤Aを用いて水分を増加させたものは、初期水分の減少については、水、食塩水と同等であるが、保有水分量が約6%となると以降は、環境の湿度に応じて保有水分値が増減する。

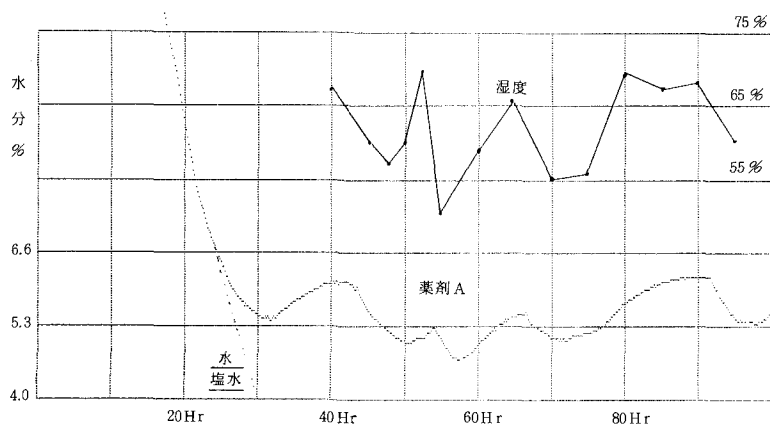
一般的な湿度条件下では保有水分値は5%以上となり、常に粉じん発生を防止するに最適な水分値を保っていることになる。

ハ) 薬剤Aを用いた場合、寒冷地に於て夜間凍結の危険性があるか否かを知る為に行った実験では、添加初期に -10°C としても凍結は見られなかった。また第5図に於いても初期に保有水分の減少傾向が見られており、散布直後に温度低下が生じて蒸発により薬剤濃度が上昇し凍結の防がれている状況が伺える。

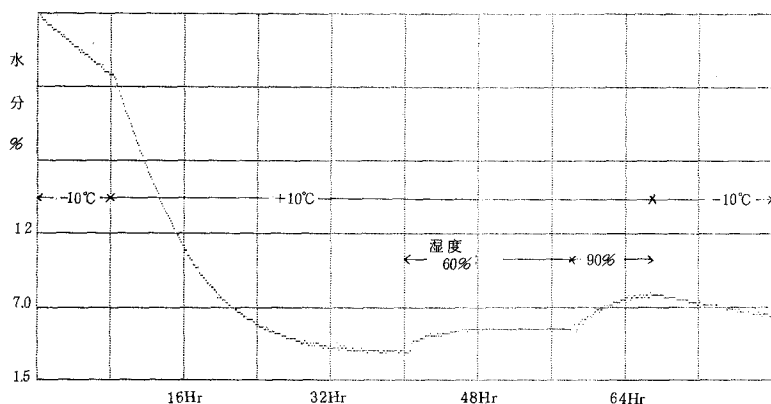
気温の上昇と共に第3、第4図と同様水分蒸発が生じ、保有水分量5%以上にて安定し以降環境湿度に応じて保有水分値が上下している。更に、この様に水分蒸発の生じた粉じんを -10°C 迄低下させても水分減少はみられず、繰り返し温度変化があっても保有水分値が安定していることが分かる。



第 3 図



第 4 図



第 5 図

§ 4. 粉じんへの浸透実験

1) 実験の方法

10 cmφ×4 cm^H の容器に、粉じんを厚さ 2 cm 水平に敷き、その上に水及び各種濃度の薬剤 A を 0.5 ml 滴下しその浸透時間を測定した。

2) 実験の結果

第 2 表に示すように浸透時間は、粉じん中の水分量により顕著な差がある。

即ち、粉じんが自然乾燥された状態にあっては（保有水分 0.2%）散水を行っても全く浸透、拡散が生じないが、粉じん中に水分が 2% 存在すれば即座に浸透する。これは粘度の高い薬剤を使用した場合は、保有水分 2% ではやや浸透性に劣るものの傾向的には殆ど同様である。

粉じん中に含まれているアスファルト成分による影響が存在する可能性があるため、アセトンにより有機物の抽出を行った後の粉じんについても観察を行ったが、結果は同様であった。

粉じん中への水分の浸透には、粒子間に存在する水の毛細管現象による吸い込み力が必要であり、この力が表面張力に打ち勝たねば、水分が内部に浸透して行かない事を示している。

滴下薬剤	水			薬剤 A (10%)			薬剤 A (30%)		
粉じん水分 (%)	0	2	5	0	2	5	0	2	5
散布直後	×	○	○	×	○	○	×	△	○
5 分	×	○	○	×	○	○	×	○	○
30 分	×	○	○	×	○	○	×	○	○
300 分	×	○	○	×	○	○	×	○	○

第 2 表 浸透時間

従って、発じん防止の為の散水作業では、粉じんが乾燥してしまった状態からの散布は他からの物理的拡散力が働かない限り効果が薄く、常にある程度の水分を含有した状態で散布することがポイントであり、さもなくば散水強度を増す等の対策を行わねば、その大部分は粉じん表面上を流れるのみとなる。

§ 5. 結論

- 1) 道路面上に蓄積された粉じん中には、重量として約1%程度の浮遊粉じんとなる微細な粒子が存在している。この粉じんは走行車両にて容易に飛散し、大気中に拡散浮遊する。

粉じん中の保有水分が2%程度となると、水の表面張力により微細な粒子が凝集し始め微細粒子の浮遊は大幅に減少する。この微細粒子の飛散を完全に防ぐためには散水のみでは粉じん保有水分を5%以上に保つことが必要である。

この造粒作用は、微細粒子間に存在する液体の表面張力の影響を受けるため、表面張力の大きい薬剤を用いれば更に造粒効果が増加する。

- 2) 一旦自然乾燥した粉じんには、水の浸透が全く期待出来ないこと、粉じん中からの水の蒸発速度がかなり早いことから見て、散水による粉じん飛散防止を期待する為には、時間単位での繰り返し散水が必要である。

- 3) 塩化カルシウムを基材とする道路凍結防止剤は、表面張力が水に比較して大きいため保有水分2%程度に低下しても粒子飛散が全く見られなかった。

この薬剤を用いた場合、粉じん中の保有水分値は環境の湿度に対応して5～6%に変動し、完全に乾燥することはなかった。

これは、薬剤の持っている強い吸湿性に起因するものであって、降雨のないかぎり長い持続力が期待でき、従って散水作業が大幅に削減できる。

- 4) 塩化カルシウムを基材とする凍結防止剤を初冬期、初春期に使用する事により、粉じん問題の解決に大きな前進を期待することが出来、散水によって引き起こされる凍結スリップ事故の防止も同時に期待できる。