

40. 湿雪の空気輸送システムの開発

建設省：杉山 篤・*米村 克己

1. まえがき

近年、積雪地域の冬期間における経済活動を維持する上で、道路交通の占める割合が大きいことから、冬期間においても十分な交通容量を確保することがますます重要になってきている。現在、幅員の広い道路においては多数の除雪機械が除雪事業にあたっているが、狭隘道路においては、人力で除雪を行っているのが現状である。また、融雪溝や融雪施設などの水資源を利用した除雪設備は、設置条件に問題が残っているため、これに代わる雪処理技術の開発が望まれている。

これらに鑑み、土木研究所機械研究室では効率的な雪処理技術の開発を目的とし、気体搬送装置を製作し、直線搬送実験により気体搬送時の湿雪の挙動及び搬送特性等を実験的に明らかにした。また、高所・曲線搬送などの応用実験を行い、実用的な条件においても効率的に搬送できることを確認した。

なお、本研究は、科学技術庁の科学技術振興調整費により、昭和63年度から平成4年度において実施したものであり、その研究概要を取りまとめたものである。

2. 研究目的

本研究は、湿雪の気体搬送時における挙動及び雪質と搬送性能の関係を明らかにし、効率的搬送条件を解明するとともに、より合理的な湿雪の搬送装置の開発を行い、円滑な冬期交通の確保及び経済活動の維持、雪の有効利用を図ることを目的としている。

3. 研究方法

本研究は、昭和63年度を初年度とする3か年（第Ⅰ期）において基礎的な知見を蓄積し、引き続き2か年（第Ⅱ期）において実用技術の開発に関する研究を行うものである。

第Ⅰ期においては、実用化もしくは考案されている気体搬送技術についての性能及び機構等の調査を行い

実験装置を製作し、実験及び装置の改良を各年度で実施した。

第Ⅱ期の初年度にあたる平成3年度においては、実用化に向けて実験装置の小型・軽量化

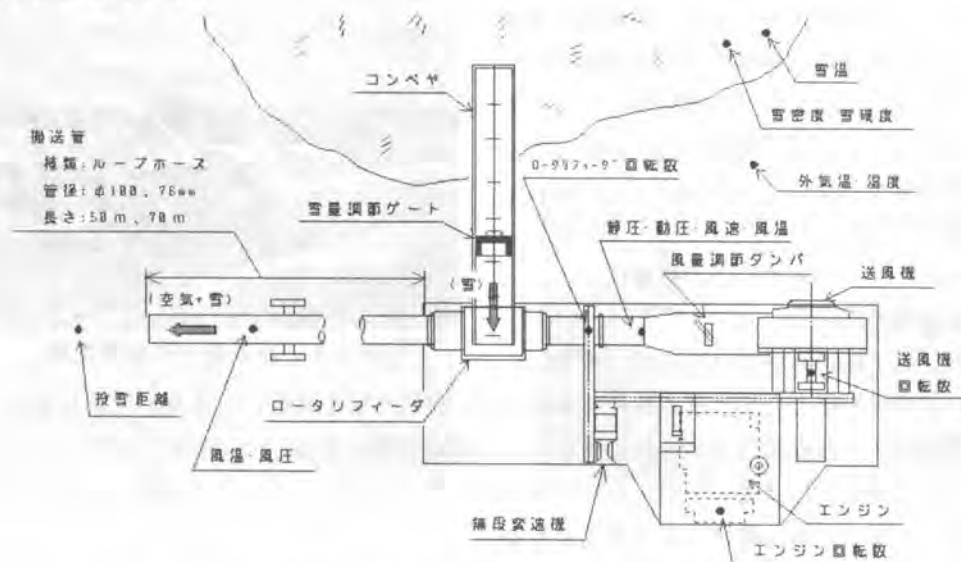
図-1 湿雪の気体搬送実験の因子

年度	因子
S 63	基本的性能の確認
H 元	風速、風圧、搬送管材質、雪投入量
H 2	風速、風圧、搬送管材質、雪投入量、搬送距離
H 3	風速、風圧、搬送管径、雪投入量、搬送距離、雪質、曲び、高さ
H 4	モデル機の製作及び性能確認試験

を図った改造を施し、その性能確認並びに高所搬送、曲線搬送といった条件で実験を実施している（図-1参照）。

実験装置は機構の改良を加えて（平成元年～平成2年）、エンジン、送風機、ロータリフィーダ、コンベヤ、搬送管から構成され、風速、風圧、雪投入量を無段階に調節できるものとした。

実験は、新潟県長岡市の長岡ニュータウン内に実験場を設け、静圧（搬送抵抗）、雪投入量、エンジン回転数等を主な測定項目として、図-2に示すような配置で実験を行った。雪の投入量についてはスノーペイア（コンベヤ）の通過断面と速度で管理設定し、風速については雪投入前にエンジン回転数及び風量調節ダンパにより目標風速に設定した。風圧については、送風管に設置されたピトー管及び搬送管継手部ポート（6箇所）より圧力計で計測し、アンプを介してデータレコーダに記録した。また、エンジン回転数、送風機回転数、ロータリフィーダ回転数については、それぞれの軸の露出部に反射テープを貼付し光電式回転計で計測し、アンプを介してデータレコーダに記録した。その他、実験前後において雪の密度、硬度の計測を行った。



注) 搬送時はホースが伸びるため、50m→約60m、70m→約85mとなり、
 図中の数値は搬送前の数値である。

図-2 実験装置の配置と計測位置（H3年度）

4. 実験結果

(1) 第1期の成果

昭和63年度に実験装置を製作し、装置の基本性能を確認した。当初、雪混合装置は人力

でホッパに投入する機構であったため、十分な混合率を得られなかった。このため、平成元年度に雪を強制的に搬送管へ送り込む機構に改造した。これにより、平成元年の実験では、最大3.19%の体積混合率を達成でき、一般的な空気搬送装置と同等の搬送性能が得られた。

また、平成2年度においては、搬送管材質と搬送性能の関係を明らかにするため実験を行った。その結果、塩化ビニル管、ループホース、サニーホースの順に抵抗が小さくなっているものの、高速かつ大量輸送においては、塩化ビニル管が有利になる傾向がみられた。しかし、一般の人が安全に使用する低速小容量の設備においては、取り扱いが容易で軽量なフレキシブルなホースの方が実用的であるといえる。また、閉塞を起こした場合、雪詰まり箇所の見つけやすさ等を考慮し、透明なループホースが湿雪の気体搬送に最適であるとした。

消費動力についてみると、搬送処理量と消費動力との間に顕著な関係はみられなかった。しかし、20 m³/hを100m搬送した場合でも10PS程度の消費馬力で済み、エネルギー効率としては、ロータリ除雪機以上の性能を発揮することが確認できた。

(2) 第Ⅱ期の成果

第Ⅰ期の成果で、目標搬送量に対する搬送能力は十分であると考えが、装置が大型であるため、第Ⅱ期の初年度である平成3年度においては小型化に関する検討を行った。そのために以下のような装置の改造を行った。

1. 搬送管の小径化（ $\phi 150\text{mm}$ から $\phi 100\text{mm}$ 、 76mm に交換）
2. ロータリフィーダの小型軽量化
3. 送風機の高圧化

また、第Ⅰ期においては粗目雪（密度0.5 g/cm³）の直線搬送といった基本条件で実験を行い搬送性能を確認してきたが、第Ⅱ期においては高所輸送、曲線輸送といった実用条件での搬送実験を実施した（写真-1参照）。さらに、雪質と搬送性能の関係を明らかにするため、新雪（密度0.2g/cm³）の搬送実験を行った。平成3年度の実験結果は以下の通りである。

- ①搬送管径については、新雪の搬送において、 $\phi 100\text{mm}$ では搬送できたが、 $\phi 76\text{mm}$ では閉塞を起こした。搬送処理能力等を考慮すると、管径100mmが適切であることがわかった。
- ②風速と風圧の関係より閉塞条件についてみると、風速に関しては、新雪で5 m/s、粗目雪で10m/sが搬送限界であり、また風圧に関しては、新雪で200mmAq、粗目雪で700mmAqが限界である（50m搬送時）。
- ③風速と圧力損失の関係についてみると、粗目雪に関しては20～25 m³/hの辺りで圧力損失が最小になる傾向がある。また、新雪では10～15 m³/hの辺りである（図-3参照）。



写真-1 高所輸送の実験風景

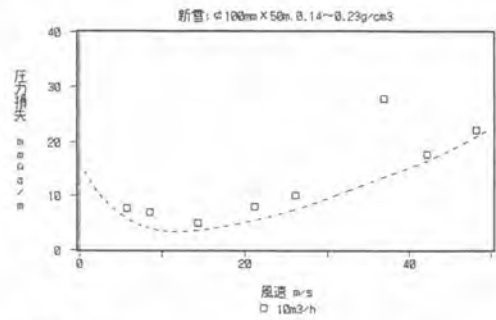
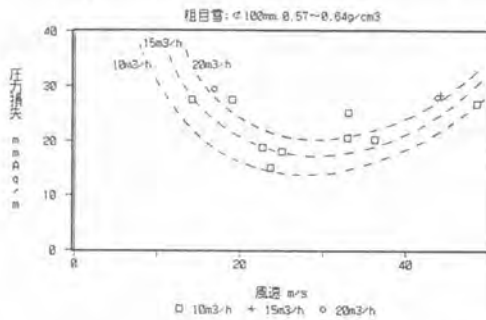


図-3 風圧と圧力損失の関係

- ④気体搬送が高所輸送及び曲線輸送に関しても対応できることがわかった。しかし、静圧については上昇部、曲部でそれぞれ高い値になっていた(図-4参照)。
- ⑤搬送雪の排出状況については、新雪の場合、粗目雪とは異なり、雪が搬送管内で付着し球状になって搬送されていた。これは、搬送状態での付着性が粗目雪より新雪の方が強いと思われる(写真-2, 3参照)。

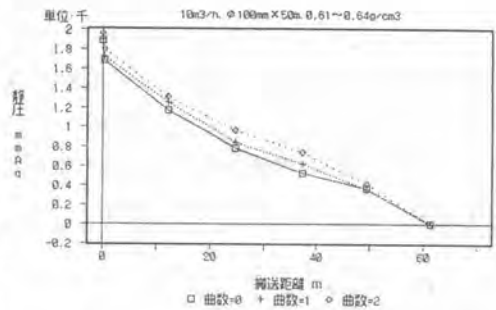


図-4 曲げ数と静圧の関係



写真-2 粗目雪の排出状況



写真-3 新雪の排出状況

5. 今後の課題

今後解決すべき課題としては、次のようなものが挙げられる。

(1) 混入装置に関する検討

雪を機械的にロータリフィーダへ投入できる装置についての検討を行い、処理能力の高い装置に関する検討が必要である。

(2) 都市空間における除雪システムに関する検討

長期展望に立ち、本方式と現在の除雪体系(融雪溝や融雪施設)とを連結した、都市空間における効率的な除雪システムのイメージを提案する必要がある。