

II-71

河川の流雪機能に関する研究

北海道大学工学部 学生員 梅 津 智 徳

北海道大学工学部 正 員 黒 木 幹 男

北海道大学工学部 正 員 板 倉 忠 興

1, はじめに

北海道のような積雪寒冷地においては、安全で快適な冬期交通の確保が重要な課題である。特に都市活動の活発な中心市街地では、冬期における快適な生活空間の形成と円滑な交通、防災、救急など多様な都市機能の確保が必要になっており、そのため、より効率的な排雪手段が望まれている。

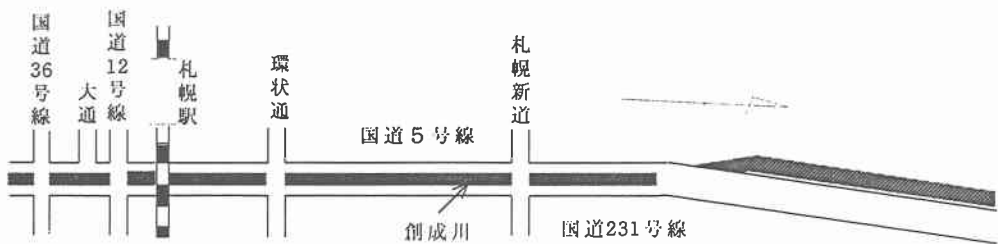
現在、排雪手段としては、融雪施設、雪捨て場への車両による輸送、流雪溝による河川への排雪がある。流雪溝を用いると、雪を直接街区から排除できる利点があるが、除雪可能な範囲は流雪溝に近接した区間に限られ、流量的にも排雪能力に限界がある。

そこで今回、大量に排雪が可能な施設として現存する都市内河川を考え、実際の程度の排雪が可能かシュミレートを試みた。

2, モデル河川の選定

今回シュミレートする河川として、札幌市内の創成川を選択した。創成川は札幌市街地北部を南北にほぼ直線的に流れている。河川を排雪施設として使用する際、河道に急変部が存在すると投入された雪がそこで停滞する恐れがあるため、河道が直線的であることが重要であり、また創成川が市街地を流れている点も、排雪輸送時間短縮に便利である。

図1 創成川付近の概略図



3, 限界投雪量

河川に雪を大量に投入する際、溢水を起こしてはならない。そのために河川の輸送可能な流雪量を知ることが重要である。ここでは流雪溝設計の際に用いられている限界投雪量評価式を使用し、河川の輸送可能な限界流雪量を求めることにする。

流雪溝限界投雪量評価式にも様々なものが提案されているが、積雪寒冷地で使用されているもので、俱知安流雪溝の実験結果から求められた次式を採用する。

Study of function for flowing snow in river

By Tomonori Umetsu, Mikio Kroki and Tadaoki Itakura

$$W = 2 \cdot \rho_{ns} \cdot Q_w$$

ただし、W : 限界投雪量 (t/s)

ρ_{ns} : 雪の密度 (t/m³)

Q_w : 流水量 (m³/s)

1) 流水量

ここで用いる流水量は、創成川の計画流量1.63t/sである。

2) 雪の密度

雪の密度は雪質によって異なる。表1にそれぞれの雪質による密度を示す。北海道においては、新積雪の密度は0.05~0.08t/m³であるが、ここでは重機により除雪された雪を対象としているので0.15t/m³を用いて計算する。

以上より、限界投雪量を算出すると0.489t/sとなる。

表1 雪質による密度

雪質	密度 (t/m ³)
新雪	0.05~0.20
しまり雪	0.20~0.40
ざらめ雪	0.30~0.50

表2 地方別の新積雪の密度

	北陸、山陰	新潟地方	東北地方	北海道
降雪直後の密度 (t/m ³)	0.08~0.10	0.07~0.09	0.06~0.08	0.05~0.08
降雪2~3日後の密度 (t/m ³)	0.10~0.30			

4. 最大投雪量

河川に投入できる単位時間当たりの最大投雪量は、以下の式から求められる。

$$W_c = l/e \cdot \rho \cdot v$$

ただし、 W_c : 最大投雪量 (t/s)

l : 路線延長 (m)

e : 平均投入口間隔 (m)

ρ : 雪の密度 (t/m³)

v : 投入口1カ所あたりの投入体積 (m³/s)

1) 路線延長

今回のシュミレーションの対象区間を南7条~伏籠川合流点とする。

対象区間の総延長は約12.5kmである。

2) 平均投入口間隔

各区画につき投入口を1箇所とすると、投入口は75箇所設けることができる。よって、平均投入口間隔は12500/75=167mとなる。

3) 雪の密度

雪の密度は前出の通り0.15t/m³とする。

4) 投入口1箇所当たりの投入体積

投入方法は、トラックによる大量投入とする。トラック1台当たり約15m³の積載が可能であり、輸送などの作業時間を考慮し、10分間隔で河川へ投入するものとする。これより単位時間当たりの投入体積を求めると0.025m³/sとなる。

以上の数値を代入して最大投雪量を算出すると0.282t/sとなる。

最大投雪量が限界投雪量を超えると水路が閉塞する恐れがある。もし超えた場合、路線をいくつかの区間に区分して投入時間を制限する必要があるが、この値は限界投雪量を超えていないのでその必要はない。

5. 除雪可能道路延長

これまでの計算結果から、どの程度の範囲の除雪が可能か検討してみる。

河川への雪の全投入量は、

$$W_T = 1/e \cdot \rho \cdot v \cdot T$$

ただし、 W_T ：全投入量 (t)

T ：全作業時間 (s)

となる。

作業時間を深夜11時～早朝6時までの7時間として全投入量を求めると7087.5tとなる。

投入される路上雪量は次式で表せる。

$$W_r = b \cdot l \cdot h_1 \cdot \rho_1$$

W_r ：排雪対象路上雪量 (t)

h_1 ：路上積雪深 (m)

ρ_1 ：路上積雪の密度 (t/m^3)

b ：道路の幅員 (m)

l ：道路の延長 (m)

$W_T = W_r$ とし、20cmの積雪(密度 $0.08t/m^3$)があったとして、幅員20mの道路での除雪可能道路延長を求めると、幅員20mの道路で約22kmの除雪が計算上可能となる。これは、創成川沿いの国道5号線、及び国道231号線(通称、石狩街道)の除雪は上下線ともほぼ可能な数値である。

6. 考察

以上のように計算を進めてきたが、次のような問題点が考えられる。

①限界投雪量算出の際、流雪溝設計時の評価式を用いたが、これは幅50～60cmの流雪溝での実験を元に導き出されたものであり、これが果たして河川のように幅広の水路断面に適用できるのか。

②水路に雪を投入した場合、河道内の雪の状態は図2、図3に示した2つの形式が考えられる。

流雪溝における限界投雪量評価式では、図2の状態を仮定している。しかし、本研究では投入方法として、トラックによる大量投入を仮定しているため、雪の状態は図3のようになる可能性がある。

③創成川をモデルとしてシミュレーションしたが、創成川は流末が停滞水域であるため、流末において掃流された雪を処理し切れない恐れがある。

④河川を排雪施設として利用するには規定の流量の維持が重要であり、そのための水資源の確保は可能か。

図2 河道内の雪の状態(1)

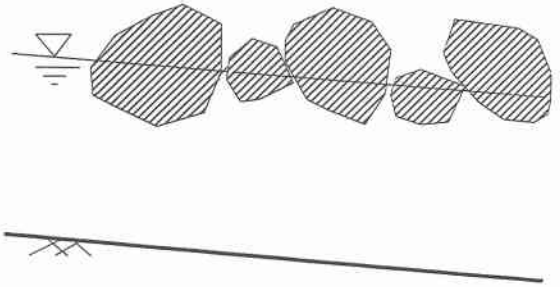
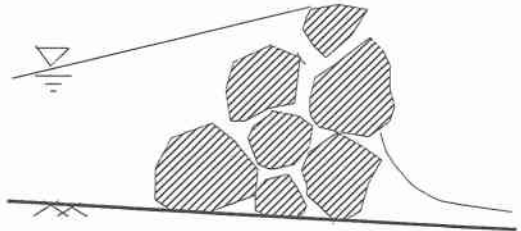


図3 河道内の雪の状態(2)



以上4つの問題点をあげたが、

①と②については幅広の水踏断面での実験を行い、そのうえで流雪溝限界投雪量評価式と実験結果が合致するか、しなければ新たな評価式を実験結果から導くことがこれからの課題である。

③については創成川の流末である停滞水域の融雪能力の検討を行い、融雪能力の限界に応じて投雪量の時間的調節を行わなくてはならない。そのため流末停滞水域の水量及び冬期における水温変化、水面の氷結の有無を知る必要がある。

④については水利権に関する問題であり、河川管理者の許可を得て水源の維持を確保しなければならない。

7, 終わりに

河川を実際に排雪施設として利用し、安全に運用するには、考察に挙げた問題点などを解決しなければならない。本研究ではその問題点の解決まで及んでいないが、それらを解決していくことが今後の課題であり、特に限界投雪量評価式について研究を進めていくつもりである。

8, 参考文献

- 1) 時岡真治、黒木幹男、板倉忠興、岡部和憲 河川の冰雪運搬能に関する研究
土木学会北海道支部論文集 1995.2 PP112
- 2) 黒木幹男、岡部和憲 河川の雪氷輸送能評価の可能性の検討
- 3) 岡村浩一、福島祐介、早川典生、村上正人 流雪行の雪輸送能力に関する水理学的検討
水工学論文集 第36巻 1992.2 PP287
- 4) 日本建設機械協会 防雪工学ハンドブック、流雪溝マニュアル(案)、流雪溝マニュアル編集委員会