

長岡市除雪イノベーション研究会について ～ 道路除雪に関する中長期的な課題解消に向けた取り組み ～

野村 礁貴*1

1. はじめに

長岡市は新潟県のほぼ中央に位置し、日本一の大河・信濃川が市内中央をゆったりと流れ、守門岳から日本海まで市域が広がる人口約26万人のまちである。毎年8月2・3日に慰霊と復興・平和への祈りを込めた「長岡まつり大花火大会」が開催され、全国から100万人を超える観光客が訪れている。

本市は特別豪雪地帯に指定されており、積雪量は市街地で約1m、山間地で約4mに達するほどである。令和2年度は1月上旬に強い寒気が流れ込んだ影響で連日大雪となり、最大日降雪量が91cmを記録した。当市にとって雪は冬期間の生活を送るうえで切り離せないものであり、道路管理者として道路除雪は市民の安全安心な生活のため大変重要な業務であると認識している。



写真1. 除雪ドーザ



写真2. 消雪パイプ

本市の道路除雪は除雪ドーザ等を用いた機械除雪と地下水を汲み上げて消融雪に利用する消雪パイプが主体となっている。除雪ドーザと消雪パイプを上の写真1、2に示す。

機械除雪は深夜に除雪業者や当市職員がパトロールを行った際に積雪が10cm以上ある場合や10cm未満でも引き続き降雪が見込まれる場合、圧雪等により路面状況が悪いと判断される場合に除雪業者に指示を出し、除雪車による道路除雪を行う。除雪作業は午前7時完了を目標にしており、実作業は交通量の少ない深夜から早朝にかけて行われる。

除雪作業に従事しているオペレーター989人を対象にアンケートを行ったところ、除雪作業のみに従事している方は145人（15%）、深夜に除雪作業を行う傍ら日中の仕事もしている方は826人（83%）、その他が18人（2%）であった。また、除雪協力業者107社を対象に、今後も除雪体制を維持していくために最も重要なことについてアンケートを行ったところ、89社（84%）から「除雪の担い手の確保」が最も重要であると回答を得た。アンケート結果より、今後も除雪体制を維持していくためには、除雪の担い手確保が課題となっていることが分かった。担い手が不足している背景には、除雪オペレーターの高齢化や昼夜問わず作業を行う過酷な環境、業界全体の若手の減少に起因する慢性的な人手不足などの要因により、熟練した除雪オペレーターによる若手育成が困難であることなどが原因と考えられる。

消雪パイプは昭和36年に柿の種で知られる浪花屋製菓の創業者で当時の市議会議員であった、今井與三郎氏の発案で長岡市阪之上町1丁目の市道に試験導入された。これが道路交通の確保に成果を上げたことで次第に整備延長が増加し、令和3年4月時点で長岡市全域に793.3kmの消雪パイプが敷設されている。道路除雪に効果的な消雪パイプであるが、地下水を利用しているため地下水位の低下に伴う井戸枯れや地盤沈下などのリスクがある。今後も長期にわた

2. 長岡市除雪イノベーション研究会の概要

本市は、近年頻発するゲリラ豪雪や建設業界の慢性的な担い手不足、人口減少に伴う地域力の低下など道路除雪を取り巻く課題に対し、将来的にも良好な除雪体制を維持していくため、令和元年8月に産学官の有識者で構成した長岡市除雪イノベーション研究会を立ち上げた。本研究会の目的は、道路除雪に関する中長期的な課題解消に向け新技術等の調査研究を行うことである。会長に国立研究開発法人防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 上石センター長を迎え、研究会委員8名とオブザーバーの方々にご参加いただき、新技術の情報共有や実証実験に取り組んだ。本研究会は、令和元年8月から令和3年6月まで約2年間活動し、計5回の研究報告会を行った。



図1. 産学官の協力体制

3. 長岡市の道路除雪に関する現状と課題

第一回の研究会（令和元年8月29日）では、事務局である長岡市から、本市の道路除雪の現状と課題を報告した。

*1 長岡市土木部道路管理課

り消雪パイプを道路除雪に利用していくためには、地下水の節水化が課題となる。

上記を受け研究会では、長岡市の道路除雪の2本柱である機械除雪と消雪パイプについて課題解消に向けた新技術の活用や実証実験に取り組むこととした。

4. 令和元年度の実証実験【機械除雪】

機械除雪について令和元年度の実証実験内容を検討するため、第二回の研究会（令和元年11月25日開催）にて、国土交通省 北陸地方整備局 道路部道路管理課 松本課長補佐を講師に招き、貴局の雪対策に関する取り組みについて講演いただいた。主な内容を以下に示す。

・当局では、「雪のトップランナー」として新技術の開発や広報活動を推進し、道路雪対策の最先端を走る組織として活動している。

・除雪オペレーターの熟練者不足という課題を解消するため、既存技術である衛星測位システムGNSSとタブレット等を組み合わせ、画像と音声により除雪作業を補助する除雪ガイダンス装置を開発した。

・除雪ガイダンス装置は、国道の除雪作業を行う除雪トラックに設置済みであり、実用化している技術である。

・今後の課題として、除雪作業を自動化するための装置の研究開発を行っている。

これを受け研究会では、令和元年度の実証実験の内容として除雪ガイダンス装置が市道除雪にも有効であるか検討するため、貴局にご協力いただき、除雪ガイダンス装置が取り付けられた車両に試乗させていただくこととした。

上記の試乗結果を第三回の研究会（令和2年5月28日開催）にて報告した。令和2年2月26日に貴局の除雪基地である、宮本除雪ステーションに配備されているロータリ除雪車に、長岡市道の除雪作業に従事しているオペレーター7名が試乗した。コースは、一般国道8号のうち宮本除雪ステーションから喜多IC間の約6kmの区間で、実際の除雪作業を想定した試乗を行った。試乗したオペレーターにアンケートを行ったところ、7人中5人が「除雪ガイダンス装置の導入は市道の除雪にも効果がある」と回答した。また、除雪ガイダンス装置を導入した際に効果が大きいと思われる路線について意見を求めたところ、吹きさらしで路肩が確認できない農免道路や障害物の多い市街地など、多様な意見が出た。上記以外の回答として、マンホールや縁石などの障害物を事前に認知し回避できるので作業効率の向上が期待できる、市道除雪はロータリ除雪車ではなく除雪ドーザが主体となっているため前後進が多い除雪ドーザに除雪ガイダンス装置を搭載して正常に機能するか疑問である、といった意見が出た。

この結果を受け、研究会では令和2年度の実証実験として長岡市道を除雪している除雪ドーザに除雪ガイダンス装置を試験導入することとした。また、次回までの課題として最も導入効果が期待できる路線の検討を行う。

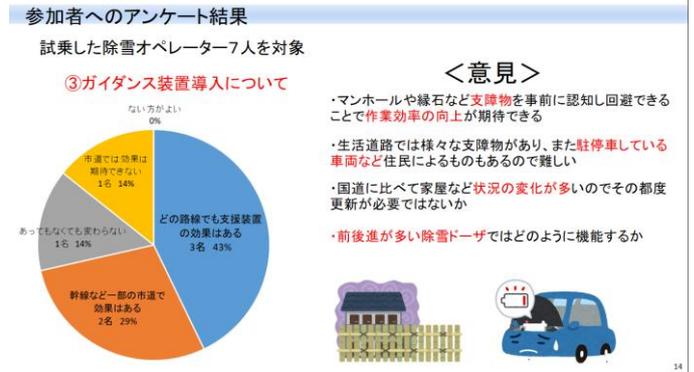


図2. 試乗でのアンケート結果

5. 令和2年度の実証実験【機械除雪】

第四回の研究会（令和2年10月23日開催）にて、事務局である長岡市から令和2年度の実証実験内容について提案した。課題であった除雪路線の選定については、駅周辺の市街地から吹きさらしになる農免道路まで様々なシチュエーションを通る幹線道路で、市道の中でも重要度が高いため頻繁に除雪を行う延長約9.0kmの路線を提案した。また、今回の実験で試験導入する除雪ガイダンス装置は、北陸地方整備局がロータリ除雪車に搭載しているものと同様の装置を取り付けることを提案した。上記二点について研究会から承認されたことから、実証実験に向け除雪ガイダンス装置の取り付けや装置を動かすための除雪路線の測量などの準備を行い、実証実験に臨んだ。

第五回の研究会（令和3年6月25日開催）にて、上記の実証実験結果を事務局である長岡市から報告した。除雪ガイダンス装置を導入するための準備として、令和2年11月10日に除雪路線の路肩端や障害物の位置情報を取得するための測量を行った。また、本市が毎年除雪シーズン前に行っている除雪技術者講習会の中で除雪ガイダンス装置を搭載した車両の試乗を実施した。この試乗には除雪車に初めて乗った新米オペレーターから経験年数20年を超える熟練オペレーターまで計17名が乗車した。試乗したオペレーターに除雪ガイダンス装置を体験した感想についてアンケートを行ったところ、17名中14名が「自分にとって有効だった」と回答した。その他の意見として、除雪車を初めて運転するため除雪ガイダンス装置の画面を見る余裕がないことから、自分以外のオペレーターが使用する場合は有効と思われる、という意見が出た。令和2年度の長岡市の降雪状況は、12月14日から降雪が始まり、元日から1月中旬にかけてまとまった雪が降った影響で最大積雪深は118cmを記録し、少雪であった令和元年

度と比べ、除雪車の稼働も比較的多い年であった。このような状況で、除雪ガイダンス装置を搭載した除雪ドーザは計15回出動した。装置は実証実験中に大きな不具合が発生することなく、懸念されていた前後進を繰り返す動きについても問題ないことが分かった。実際に除雪ガイダンス装置を搭載した車両に乗って除雪を行ったオペレーター2名にアンケートを行ったところ、除雪ガイダンス装置の操作性や画面の見やすさなどについては概ね良好で使いやすいという意見であり、除雪作業中は装置の画面を見るのが難しいが、障害物の有無を音で知らせてくれる機能が特に役立ったということだった。その他の意見として、他地域への応援で慣れない路線の除雪を行う際に有効である、若手の育成に有効であるといった意見が出た。実証実験結果として、上記のアンケートの結果から除雪ガイダンス装置は市道の除雪に有効であり、また若手の早期育成といった観点から除雪の担い手確保の一助に繋がることを報告した。

6. 令和元年度の実証実験【消雪パイプ】

消雪パイプについて令和元年度の実証実験内容を検討するため、第二回の研究会にて一般社団法人 新潟県融雪技術協会 無散水部 坂東会長より長岡地域の地下水特性について講演をいただいた。主な内容を以下に示す。

- ・長岡地域の各所に設置されている観測井にて地下水位の一年間の変化パターンを観測したところ、長岡地域全体で同様の挙動を示し、消雪パイプを使用する12月から翌3月にかけて地下水位が低下し、4月から11月にかけて徐々に回復していくことが分かった。
- ・地下水位の変化を長期的なスパンで見ると、場所によって差はあるが2002年から2015年にかけて最高地下水位が年々低下しており、中には最大で3.51m低下している箇所もあった。
- ・地下水位の低下は消雪パイプにより地下水を使いすぎていることが一因と考えられる。

消雪パイプは昭和36年に公道に設置されてから令和4年現在まで61年の間、道路の他に商業施設や民家の駐車場など様々な場面で利用されており、地下水を節水するための仕組みも開発されてきた。本市では、市道に消雪パイプ埋設工事を行う消雪組合や町内団体に補助金を交付しているが、補助の条件として節水型降雪感知器及び水量調整弁を設置することとしている。こうした節水技術を取り入れることで、従来技術と比較して3~4割程度の節水が可能になっているが、この技術をもってしても地下水位が低下している現状があり、更なる地下水の節水化に取り組む必要があることが分かった。

これを受け研究会では、令和元年度の実証実験として

消雪パイプに使用される地下水を今よりさらに節水するため、「道路に雪が積もらなければ散水しない」をテーマに通行の支障とならない程度に雪が積もってから散水するよう消雪パイプの設定を変更する実証実験を行うこととした。また、路面状況を確認するためIoT技術を活用し、定点カメラを設置して監視や記録を行う。

第三回の研究会にて、地下水節水化に向けた実証実験の報告を行った。令和元年度は積雪日数10日で降雪累計が44cm（令和2年度は607cm）と記録的な少雪であったことから、節水効果を検証するために必要なデータを得ることができなかった。これを受け、研究会では令和2年度も引き続き実証実験を行うことに決定した。

7. 令和2年度の実証実験【消雪パイプ】

第四回の研究会にて令和2年度に行う実証実験の条件確認と内容について検討した。実証実験を行う場所は長岡市東蔵王2丁目地内で市所有の消雪パイプであるNo. 3-12とNo. 3-16が隣り合っている箇所を対象に行う。



図3. 実証実験施設の位置関係等

No. 3-16は市の標準的な設定とし、No. 3-12の設定を変更することで設定変更による節水効果を検証する。また、隣り合う施設の中央に定点カメラを設置して路面への影響を監視する。消雪パイプの設定のうち変更可能なものは4種類あり、①積雪開始を判断する起動降雪深（cm/h）、②降雪がやんだ後に何分間散水するかという残雪運転時間（min）、③散水強度の強弱を判断する強弱運転設定（Hz）、④雪か雨かを判断する降雪判定温度（℃）である。研究会委員から「変更する設定は節水効果の大きいものにした方がよい」という提言があったことから、今回の実験で変更する設定は、最も節水効果に影響があると思われる①起動降雪深に決定した。また一週間程度の短期間で設定を変更すると設定変更による節水効果が分かりづらくなるため、設定変更は降雪シーズン中に2~3回程度にとどめることとした。

上記の実証実験結果について、第五回の研究会にて報告した。令和2年度は元日から1月中旬まで集中的に雪が降り、消雪パイプが連続で稼働したことにより地下水位

が低下し、長岡市全体で23箇所の井戸枯れが発生したが、実証実験を行ったNo. 3-12とNo. 3-16では井戸が枯れることなく節水効果を検証するために必要なデータを得ることができた。実証実験は降雪が始まった12/14から開始して翌年3/31まで行い、その間の起動降雪深の設定については、No. 3-16は長岡市の起動降雪深の標準設定値である0.2cm/hに固定し、No. 3-12を1.0cm/h（12/14～12/15）、0.4cm/h（12/15～翌年1/31）、0.8cm/h（2/1～3/31）と3回変更して路面状況の観測を行った。当初の計画ではNo. 3-12を1.0cm/hに設定し、起動降雪深の標準値である0.2cm/hに対してどの程度路面状況に差が出るか観測し、その後の実験方針を検討する予定であった。しかし、12/14の降雪時に原因不明のトラブルが発生し、地域住民から「消雪パイプが作動せずに水が出ない」という苦情をいただいたことから、12/15に起動降雪深を1.0cm/hから市の標準設定値の2倍である0.4cm/hに変更したところ通常通り散水が開始されたため、起動降雪深0.4cm/hに設定したまま実証実験を継続した。設定を変更したことによる路面状況の変化として、設定を厳しくしたNo. 3-12では早朝3時頃に路肩端に雪が残る状況が見られたが、7時には路面状況が改善し、交通障害や苦情は発生しなかった。路面状況の変化を写真3に示す。

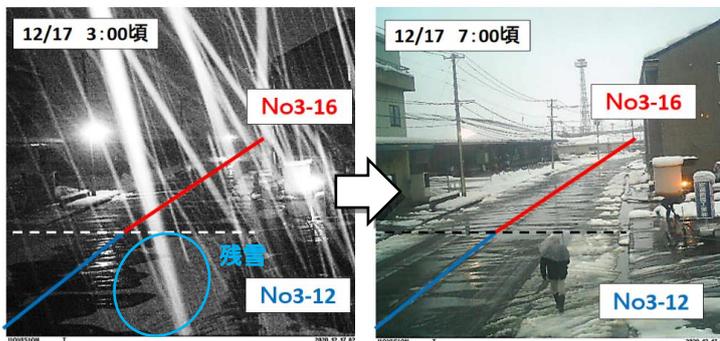


写真3. 路面状況

本市では12/31の20：19から1/1の16：26まで大雪警報が発令され、断続的に降雪が続いた。この間、No. 3-12・No. 3-16の両施設はほぼ同様のタイミングで散水していたため、路面状況に差は出なかった。このことから、0.4cm/hに設定を変更しても、交通障害につながりやすい大雪警報発令中は充分稼働することが分かった。1月中にまとまった降雪があり検証に必要なデータが得られたため、2/1からNo. 3-12の起動降雪深をさらに厳しい0.8cm/hに変更して実証実験を継続した。0.8cm/hに変更した後も写真3と同様に、深夜に路肩端に雪が残る状況が見られたが、翌朝には路面状況が改善していたため交通障害や苦情は発生しなかった。起動降雪深を変更して運用した実証実験結果を図4に示す。

※吐出量は目安の値

表1 12/14～1/31の運転状況

施設番号	起動降雪深	残雪運転時間	総運転時間	総運転時間に対する割合	消雪水吐出量 (目安)	総吐出量 (目安)
3-12	0.4 cm/h	3.0 min	280.3 h	92 %	458 ℓ/min	7,702,644 ℓ
3-16	0.2 cm/h	3.0 min	303.3 h	100 %	478 ℓ/min	8,698,644 ℓ

表2 2/1～3/31の運転状況

施設番号	起動降雪深	残雪運転時間	総運転時間	総運転時間に対する割合	消雪水吐出量 (目安)	総吐出量 (目安)
3-12	0.8 cm/h	3.0 min	92.7 h	85 %	458 ℓ/min	2,547,396 ℓ
3-16	0.2 cm/h	3.0 min	109.6 h	100 %	478 ℓ/min	3,143,328 ℓ

12/14～3/31にかけて総運転時間で約10%、総吐出量で約13%節水

図4. 実験結果のまとめ

実証実験を行った12/14から翌年3/31の総運転時間を比較すると、設定を変更したNo. 3-12では合計373時間だったのに対し、市の標準的な設定であるNo. 3-16は合計412.9時間であったことから、約10%の節約ができた。

8. 今後の展望

長岡市除雪イノベーション研究会は、「道路除雪に関する中長期的な課題解消に向けた提言」として、約2年の活動を提言書に取りまとめ、令和3年10月7日に上石会長から長岡市長へ手渡した。機械除雪に関する提言は、「除雪機械の安全性向上や省力化の研究開発に取り組んでいる関係機関と情報を共有しながら、除雪機械に関する新技術を活用した担い手不足解消に努めること。」という内容であった。これを受け、本市では来年度から除雪ガイダンス装置を増設する。また市道の除雪に有効と思われる新技術があれば積極的に取り入れることとした。

消雪パイプに関する提言は、「消雪パイプによる地下水の利用は、地下水収支をマイナス（利用が供給よりも多い）とする一因であると考えられる。これを解消するため、市街地や山間部などの条件に応じた消雪パイプ運転の設定を見出すための実証実験を引き続き継続し、地下水のより一層の節水につながるよう努めること。」という内容であった。これを受け、本市は令和3年度も引き続き地下水を節水するための実証実験を継続する。また、実証実験で得られた結果を開示して民間所有の消雪パイプについても節水にご協力いただくよう呼びかけを行う。

9. おわりに

お忙しい中、約2年間にわたり長岡市の道路除雪に関する課題解消に向け、長岡市除雪イノベーション研究会に参加してくださった皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。本市では市民が冬期間も安全・安心な生活を送れるよう道路除雪に尽力し、また、良好な除雪体制の維持に向け今後も取り組んでいきたいと思っております。