

第 32 回
ふゆトピア研究発表会
論 文 集

令和 2 年 1 月 24 日

2020 ふゆトピア・フェア in とまこまい 実行委員会

第3 2回ふゆトピア研究発表会 開催プログラム

■日時：令和2年1月24日（金） 9:30～16:15

■会場：苫小牧市総合体育館

	第1会場 [第1練習室] 〈収容 150席〉	第2会場 [第2練習室] 〈収容 150席〉	ポスターセッション [ホワイエ]
9:00~9:30	開場・受付		
9:30~9:40	開会挨拶 国土交通省 北海道開発局 建設部 道路建設課 課長 島多 昭典 <small>シマタ アキノリ</small>		準備
9:45~10:45	セッションⅠ-① 『地域性を活かした観光・産業振興、地域づくり』 ≪4編≫ 座長：国土技術総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室 室長 小林 寛 <small>コバヤシ ヒロシ</small>	セッションⅢ-① 『冬期インフラ管理』 ≪4編≫ 座長：国立研究開発法人 土木研究所 道路技術研究グループ 舗装チーム 上席研究員 敷 雅行 <small>ヤブ マサユキ</small>	
10:45~10:55	休憩 (10分)		
10:55~12:10	セッションⅠ-② 『地域性を活かした観光・産業振興、地域づくり』 ≪5編≫ 座長：国土交通省 道路局 環境安全・防災課 道路防災対策室 課長補佐 石渡 史浩 <small>イシワタリ フミヒロ</small>	セッションⅢ-② 『冬期インフラ管理』 ≪5編≫ 座長：国土交通省 北海道開発局 建設部 道路維持課 道路保全対策官 萬 直樹 <small>ヨロズ ナオキ</small>	10:00~ 15:00 展示
12:10~13:00	昼食 休憩 (50分)		
13:00~14:15	セッションⅡ-① 『冬期に生じる災害の支援・復旧』 ≪5編≫ 座長：国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 企画専門官 小櫃 基住 <small>オビツ モトズミ</small>	セッションⅢ-③ 『冬期インフラ管理』 ≪5編≫ 座長：株式会社高速道路総合技術研究所 基盤整備推進部 管理基盤推進室 室長 本多 正和 <small>ホンダ マサカズ</small>	11:30~ 13:30 コアタイム (担当者説明)
14:15~14:25	休憩 (10分)		
14:25~15:55	セッションⅡ-② 『冬期に生じる災害の支援・復旧』 ≪6編≫ 座長：国土交通省 北海道開発局 建設部 道路計画課 道路調査官 栗山 健作 <small>クリヤマ ケンサク</small>	セッションⅢ-④ 『冬期インフラ管理』 ≪6編≫ 座長：国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム 上席研究員 高橋 丞二 <small>タカハシ ジョウジ</small>	
15:55~16:05	休憩 (講評会場への移動時間含む) (10分)		
16:05~16:15	総評・閉会挨拶 国土交通省 北海道開発局 建設部 道路計画課 道路調査官 栗山 健作 <small>クリヤマ ケンサク</small>		

文発表時間 各発表12分+質疑応答2分+入れ替え1分=合計15分(1題あたり)

第 32 回ふゆトピア研究発表会 論文一覧 目次

セッションⅡ【冬期に生じる災害の支援・復旧】

No.	発表題名	発表者所属	著者名	頁
1	ヒートポンプレス下水熱融雪システムに関する実証研究	株式会社興和 水工部	小酒 欽弥 藤野 丈志 五十石 浩介	55
2	待避所におけるヒートパイプを活用した登坂不能対策について	国土交通省 北陸地方整備局 長岡国道事務所 防災情報課	瀧澤 大地 大崎 智	59
3	平成 24 年 11 月 登別市及びその周辺で発生した冬期の 大規模停電について	①一般社団法人 北海道開発技術センター 調査研究部 ②登別市連合町内会事務局 ③登別市総務部	①檜澤 肇 ②鳴海 文昭 ③山本 賢二	63
4	大雪災害時におけるスノーモービルの活用	東日本高速道路株式会社 新潟支社 湯沢管理事務所	鴻江 雄太 細川 迭男 岡部 知巳 千明 裕之	69
5	大雪時広域連携による除雪体制構築のタイムラインに対応 した路面積雪状況の予測	国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路地震防災研究室	横田 昭人 片岡 正次郎	71
6	冬期の地域協働イベントと連携した地区防災の取り組み ～知床の全ての人が逃げ切れるまちづくりを目指して～	①株式会社ドーコン交通事業本部交通部 ②国土交通省 北海道開発局 網走開発建設部 ③まちづくりグループ しれとこ・ウトロフォーラム 21 ④跡見学園女子大学 ⑤北見工業大学 ⑥株式会社ドーコン交通事業本部 防災保全部 ⑦国土防災技術株式会社 技術本部 技術部	①金田 武 ②神 明義 ③桜井 あけみ ④鍵屋 一 ⑤高橋 清 ⑥及川 宏之 ⑥村澤 直樹 ⑥橋本 泰輝 ⑦大沼 乃里子	75
7	インターネットサイト「吹雪の視界情報」の利用者アンケート結 果について	国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所	大久保 幸治 原田 裕介 武知 洋太 大宮 哲 高橋 丞二 松澤 勝	79
8	暴風雪時の立ち往生に関する検討事例 ～暴風雪時の効 果的な対応に向けて～	①国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 道路整備保全課 ②株式会社ドーコン防災保全部	①山崎 英雄 ①菅野 圭一 ②石井 孝典	85
9	近年の降雪による速度低下や交通障害発生に関する一考 察	開発技建株式会社	佐藤 吉一 飯田 雅之 伊藤 潤	89

No.	発表題名	発表者所属	著者名	頁
10	大雪発生頻度の簡易推定手法	国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム	松下 拓樹 高橋 渉 高橋 丞二	93
11	一回の暴風雪の厳しさを評価する指標の提案に向けた取り組み	国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム	原田 裕介 大宮 哲 武知 洋太 高橋 丞二	97
12	胆振東部震災被害が長期的に冬期道路管理に与える影響について	①胆振総合振興局 室蘭建設管理部 災害復旧推進室 ②株式会社シーイーサービス	①佐藤 雅史 ②星野 洋	101
13	国道38号樹海峠における車両スタック発生時の対応と課題	国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部 道路整備保全課	久保田 良司 近江 隆洋	105
14	高速道路における冬期の交通確保に向けた取り組み	中日本高速道路株式会社 名古屋支社 保全・サービス事業部 保全課	南 準也	109

ヒートポンプレス下水熱融雪システムに関する実証研究

小酒欽弥、藤野丈志、五十石浩介*1

1. はじめに

下水熱は、下水道管渠ネットワークを通じて都市に豊富に存在する低炭素化効果の高い未利用エネルギーである。外気温に比べて季節間の温度変化が小さい特長があり、冬期の温熱や夏期の冷熱での利用が期待されている。

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所の委託研究である平成30年度下水道革新的実証事業（以下、H30_B-DASHプロジェクト）のうち、実証研究に採択された「他の熱源よりも低コストに融雪できる下水熱融雪技術」の採択事業として（株）興和・積水化学工業（株）・新潟市が共同研究体として実施したものである。

2. システムの革新的技術と事業目標

本研究のシステム（以下、本システム）は、下水熱を用いる場合に通常利用するヒートポンプを使わず、循環ポンプでブラインを循環させるだけで下水管内に設置した採熱管と熱交換する「ヒートポンプレス」であることが特長となっている（図-1）。このシステムに、高熱性能採熱管、高熱性能舗装、片押し対向流方式の熱交換、遅いブライン流速の4つの革新的技術を採用することで、表-1に示すCOP（Coefficient of performance※融雪必要熱量÷施設消費電力量）10以上、50年換算で従来システム（温水ボイラー融雪施設）比で-10%のシステムコスト削減を事業目標として研究を行った。

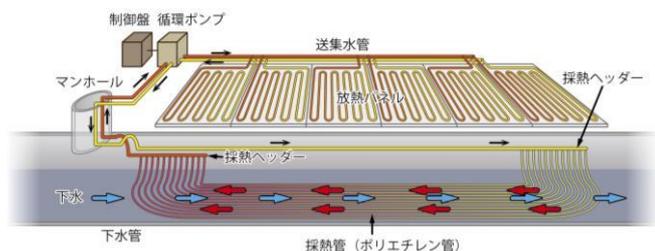


図-1 システム概要

表-1 事業目標

目標項目	達成目標
高COP	本システム運用時に COP10 以上。（既存システム※では3~4）
低コスト	本システムコスト（50年換算）を従来システム※から10%以上削減。

※従来システム：温水ボイラー利用融雪施設

※既存システム：高熱性能材料を用いない
折り返し方式の下水熱融雪施設

3 施設位置および構成

本システムは、図-2に示す新潟県新潟市中央区の交差点車道部に設置した。本箇所は、小学校や警察署が隣接し、歩行者も多い交差点である。

融雪対象面積は204 m²、必要熱量25.1 kW（設計時間降雪深1.49 cm/h）で設計した。採熱は、Φ1000の合流式下水管にΦ17の高熱性能採熱管を24ユニット分、延長91.8 mに設置した。制御は、降雪と路面温度の2要素で行い、循環ポンプは2.2 kWを採用した。システムの設置箇所を図-2に、各施設の概要を図-3に、システムの各設備を写真-1～写真-4に示す。



図-2 研究システム設置位置図

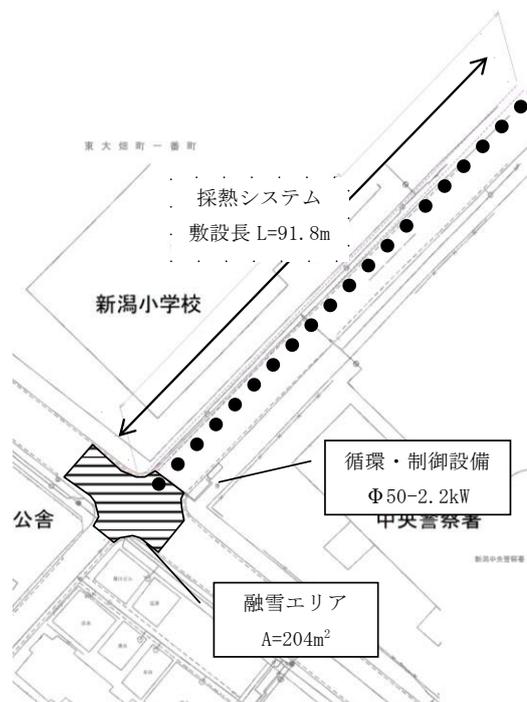


図-3 システム設置概要

*1 株式会社興和 水工部（代表 TEL 025-281-8811）



写真-1 放熱パネル



写真-4 循環設備



写真-2 下水管内の採熱管敷設状況



写真-3 下流側採熱ヘッダー（カバー設置前）

3 観測方法

本システムは、採熱能力、放熱能力を下水温度や路面温度から検証することを目的に、循環水温度を放熱パネルの入口、出口と採熱管の入口、出口の計4箇所、循環流量を1箇所、舗装温度を1箇所、下水温度を2箇所測定して観測を行った。

写真-5は設計以下の降雪で路面状況を確保している状況である。一方、設計以上の降雪では一時的に写真-6の路面状態になる。この写真-6の状態が放熱条件に合致する路面状態であることから、この時間帯の観測データを式-1に当てはめて熱交換量の算出を行った。

$$Q = C \times \frac{F}{60000} \times \frac{\rho}{1000} \times (T_b - T_a) \quad \text{式-1}$$

Q：熱交換量(kW)

C：不凍液比熱(冬季：3,680 J/g・℃)*

※濃度40%10℃の値を想定。

F：循環流量(L/min)

ρ ：密度(1,045 kg/m³)

T_b：放熱管還り温度(℃)

T_a：放熱管行き温度(℃)



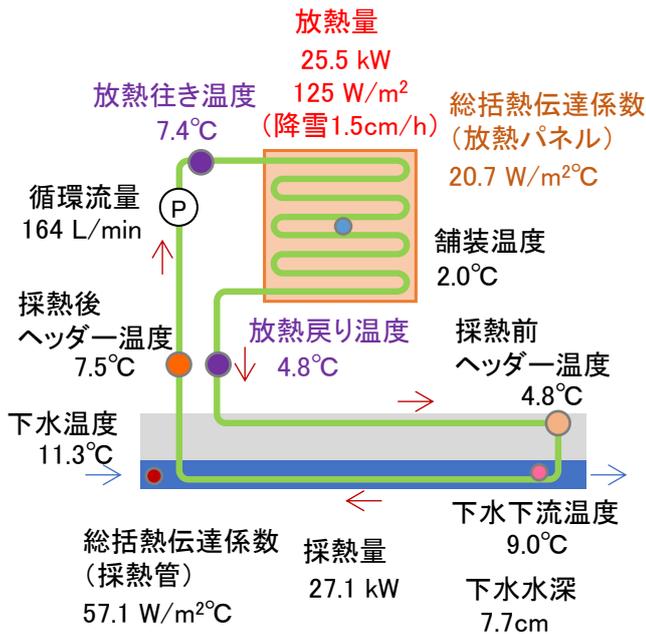
写真-5 設計以下の降雪時の路面状況



写真-6 放熱条件に合致する路面状況 (性能解析)

4 熱交換能力

観測中の安定放熱時の各測定温度・流量ならびに熱高慢能力の解析結果の一例を図-4に示す。設計条件の路面状態では必要熱量 25.1 kW を上回る 25.5 kW の放熱量を確認した。このとき、循環水温度は放熱行き温度で 7.4℃、放熱戻り温度で 4.8℃で行き戻り温度差は 2.6℃であった。



※放熱量 = 熱交換量 ÷ パネル面積

図-4 安定放熱時の各測定値と放熱量解析結果

5 事業評価

(1) COP

本システムのコピーは式-2に示すとおり、熱交換能力を消費電力で割ったもので評価する。観測は平成30年12月26日～平成31年2月28日の期間で行い、データを解析した。

$$\text{成績係数(COP)} = \frac{\text{熱交換能力(融雪能力)}}{\text{消費エネルギー}} \quad \text{式-2}$$

測定条件別の COP を表-2に示す。本システムでは路面温度が高いときに運転と停止を繰り返す間欠運転を採用している。間欠運転が連続運転より COP が高いのは運転停止中に循環水が下水熱で温められてから放熱パネルに戻るためである。観測の結果、全期間の平均 COP は 13.9 となり、事業目標である COP10 以上を達成した。

表-2 測定条件別の COP

運転状況		間欠運転	連続運転
路面温度 Tp	Tp > 4.5℃	14.9	
	3.0℃ < Tp ≤ 4.5℃	12.4	
	Tp > 3.0℃		11.4
	Tp ≤ 3.0℃		13.2
降雪時			13.9
運転条件別平均		14.0	13.5
全期間平均		13.9	

また、観測した下水-舗装温度差と COP の関係を整理したものを図-5に示す。下水温度と舗装温度の差が大きいほど COP が高いことが分かる。本システムでは、連続運転時は舗装-下水の温度差が 5℃以上で COP10 以上、間欠運転時は 3℃以上で COP10 以上を達成する結果となった。

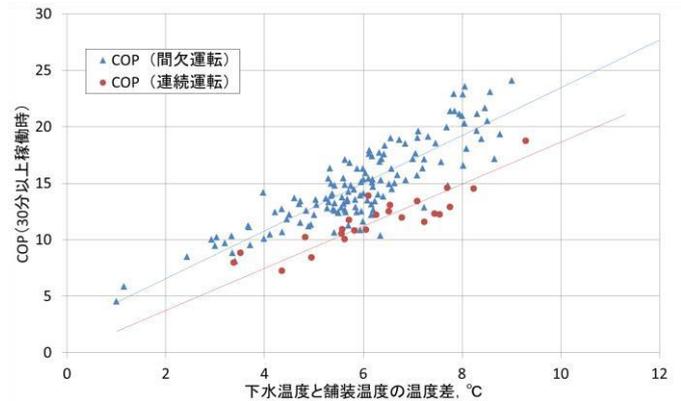


図-5 下水-舗装温度差と COP の関係

(2) 事業コスト

本システムを参考に、融雪能力と運転時間、採熱規模を固定した条件で、50年換算のシステムコストを比較した結果を表-3に示す。条件1の 200 W/m² かつ運転 2000 時間は札幌や東北・北陸の山間部を、条件2の 125 W/m² かつ運転 1000 時間は新潟など北陸の平野部を想定した。建設費が条件2の 125 W/m² より条件1の 200 W/m² が安価なのは、同一採熱規模で融雪面積が小さくなるためである。

総費用の縮減割合は、必要な融雪能力が高く運転時間が長いほど大きく、融雪能力が低く運転時間が短いエリアほど小さくなるが、いずれの想定条件でも縮減割合は事業目標である10%を上回り、条件1の場合で34.0%、条件2の場合で13.7%の縮減を達成できる見込みとなった。

表-3 コスト比較結果 (25kWあたり)

想定条件	試算項目	本システム	従来システム	総費用縮減割合
条件1	建設費 (千円)	51,000	23,000	-
	維持費 (千円/年)	184	1,366	-
	総費用 (千円/年)	1,204	1,825	34.0%
条件2	建設費 (千円)	67,500	32,000	-
	維持費 (千円/年)	154	1,103	-
	総費用 (千円/年)	1,504	1,743	13.7%

総費用(千円/年) = 建設費(千円) ÷ 50 + 維持管理費(千円/年)

条件1: 200 W/m²想定※降雪量2.4cm/hかつ2,000h運転

条件2: 125 W/m²想定※降雪量1.5cm/hかつ1,000h運転

6 今後の課題

以上の結果のとおり、本システムでは事業目標を達成できる結果が得られた。一方で、本システムでは採用した4つの革新的技術のうち、2つの技術に以下に示す課題が残っており、今年度も継続研究を行う予定となっている。

①高熱性能採熱管

本システムでは設計で採熱管が全管着水する想定で、計24ユニットの採熱管を設置した。しかし、実際には図-6のサーモグラフィ画像に示すように、端部の採熱管が着水していない部分がみられ、採熱管の設置効果を十分に発揮できなかった。

本箇所では、管更生前に水深を測定し、管更生後に本システムを設置したことから、更生前の水深と更生後の水深の期待値に差が生じたことが原因と考えられる。

②高熱性能舗装

本システムの舗装は、従来の一般コンクリート舗装より30%の性能向上を期待していたが、設計値の埋設深度で試算すると20%程度の向上に留まった。設置では、設計深度に合わせようと施工したものの、実際は図-7に示すように設計よりも深い位置に放熱管が埋設された可能性が考えられる。

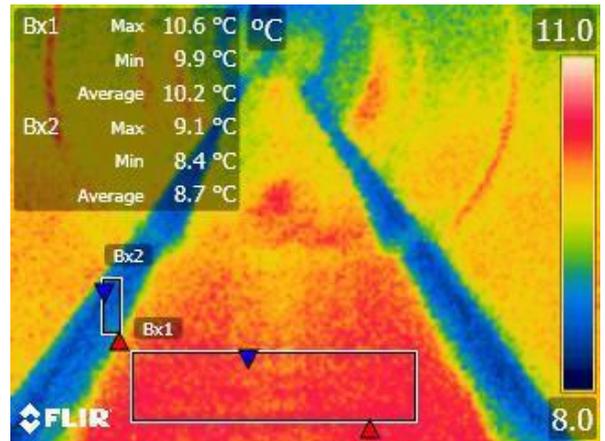


図-6 採熱中の下水管内のサーモグラフィ (両端の非着水部の採熱管の温度が低い)

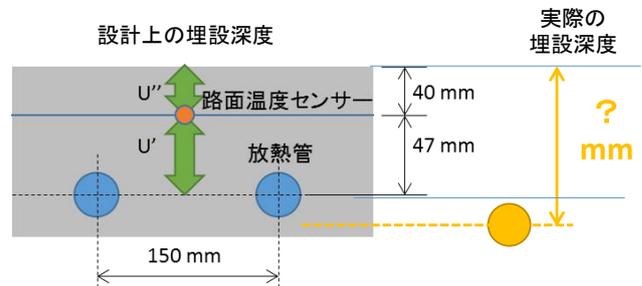


図-7 放熱管の設計深度と実埋設深度のイメージ

7 おわりに

本研究の結果、4つの革新的技術を用いることで、システムの総費用10%縮減とCOP10以上の事業目標を達成し、利用可能性が広がった。一方、4つの革新的技術のうち、高熱性能採熱管と高熱性能舗装では、性能目標値と実測値に差が見られたことから、令和元年度も引き続き検証を行う予定で研究を継続している。

今年度の検証で本システムの設計精度を高めつつ、高COPを達成できる下水管渠および下水水深(流量)の関係と、融雪面積の条件について整理を行う予定である。これらの成果をまとめ、まだ設置数が少ない低炭素化効果の高い下水熱利用融雪施設の普及拡大に繋げていきたい。

謝辞

本研究は、国土交通省国土技術政策総合研究所様のもとで実施したものです。本研究にあたり、国土交通省国土技術政策総合研究所様をはじめ、評価委員会の先生方、検討会の委員の皆様には、目標達成のために多くの貴重なご意見を頂きました。ここに、謝辞を申し上げます。