

令和3年度

第委 一 委号

堆雪場融雪実証・調査業務委託

報 告 書

令和4年3月

株式会社 興和

〈目次〉

1.	業務概要	1
1.1.	業務目的	1
1.2.	業務概要	1
1.3.	業務位置図	2
2.	業務フロー	3
3.	施設概要	5
3.1.	設置施設概要	5
4.	観測概要	8
4.1.	測定項目仕様一覧	8
5.	観測結果	10
5.1.	気象条件整理	10
5.2.	地中温度観測結果整理	11
5.3.	堆雪状況観測	13
5.4.	サーモグラフィによる路面温度観測	21
6.	所見	23

1. 業務概要

1.1. 業務目的

ガス水道局新庁舎敷地において設置されているヒートパイプ方式による堆雪場融雪施設の効果を確認するため、地中温度の観測、サーモグラフィによる表面温度観測及び定点カメラによる融雪状況の観測を実施し、実証実験の経済性及び将来的可能性を検証するためのデータの収集を目的とする。

1.2. 業務概要

業務名：第委-委号 堆雪場融雪実証・調査業務委託

履行場所：新潟県上越市春日山町3丁目1番63号

履行期間：自)令和3年10月29日 至)令和4年3月27日

業務内容：(1) 地中温度の観測
(2) サーモグラフィによる表面温度観測
(3) 定点カメラによる融雪状況観測
(4) 測定データとりまとめ
(5) 報告書作成
(6) その他協議の上、担当職員が指示したもの

発注者：上越市ガス水道局

受託者：株式会社 興和 上越支店

〒943-0171 上越市大字藤野新田字大割 371

Tel:025-544-5281 FAX:025-544-5433

1.3. 業務位置図



図 1-1 調査位置図 (国土地理院「地理院地図」)

2. 業務フロー

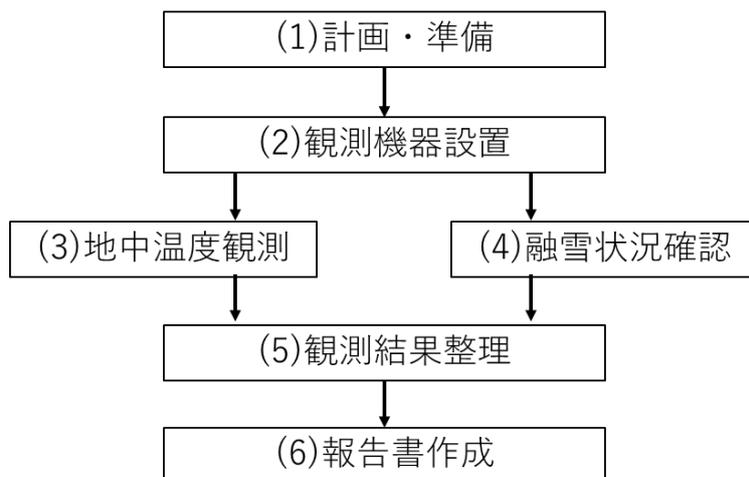


図 2-1 業務フロー図

(1) 計画・準備

業務実施手順や方法等の全体の計画を検討した。

(2) 観測機器設置

ア) 地中温度観測機器の設置

① 地中温度測定のため、ヒートパイプ敷設時に以下の測点に熱電対を設置した。

観測点：地中 5m、10m、15m、18m、気温

観測箇所：西面・東面各 1 箇所

② 熱電対からのデータを回収・記録するためにデータロガーを設置した。

イ) 定点カメラの設置

施工完了～観測開始までの期間に、以下の 4 パターンを観測できるよう定点観測カメラを設置した。

○パターン①「通常の敷設幅でヒートパイプを敷設した堆雪場」

○パターン②「通常の 1.5 倍の敷設幅でヒートパイプを敷設した堆雪場」

○パターン③「中心部分は通常の 1.5 倍、それ以外は通常の敷設幅でヒートパイプを敷設した堆雪場」

○パターン④「ヒートパイプを敷設していない堆雪場」

(3) 地中温度観測

設置した観測機器にて、観測期間中の地中温度を観測した。

○観測期間：令和 3 年 11 月 15 日～令和 4 年 2 月 28 日まで

○観測間隔：10 分毎

(4) 融雪状況確認

ア) 定点カメラによる自動観測

設置した定点カメラにより、観測期間中の融雪状況を観測した。

○観測期間：令和3年12月1日～令和4年2月28日まで

○撮影間隔：1回/1時間

イ) サーモグラフィによる表面温度観測

降雪時に適宜、サーモグラフィによる路面温度の観測を行った。

(5) 観測結果整理

観測結果を整理し、グラフ・観測表を作成する。

(6) 報告書作成

上記事項を取りまとめ、報告書の作成を行った。

3. 施設概要

3.1. 設置施設概要

上越市ガス水道局庁舎新築に伴い、駐車場の堆雪場の融雪のために、地中熱ヒートパイプ方式の融雪施設を設置した。この融雪施設は経済的なヒートパイプの配置案を検証する実証試験であり、ヒートパイプを通常幅(200 mm)ピッチで敷設するユニットと 1.5 倍幅(300 mm)にて設置したユニットの 2 種類のパネルが存在する。表 3-1 に融雪施設の概要を、図 3-1 に融雪施設設置平面図、図 3-2 にヒートパイプ割付図、写真 3-1～写真 3-4 に施設の写真を示す。

表 3-1 融雪施設概要

エリア		西面	東面
対象面積		164 m ²	85 m ²
採熱井戸本数		72 本	31 本
ヒートパイプ本数(3 本/井戸 1 本毎)		216 本	93 本
ユニット数	据付ピッチ 200 mm	48 枚	15 枚
	据付ピッチ 300 mm	24 枚	16 枚

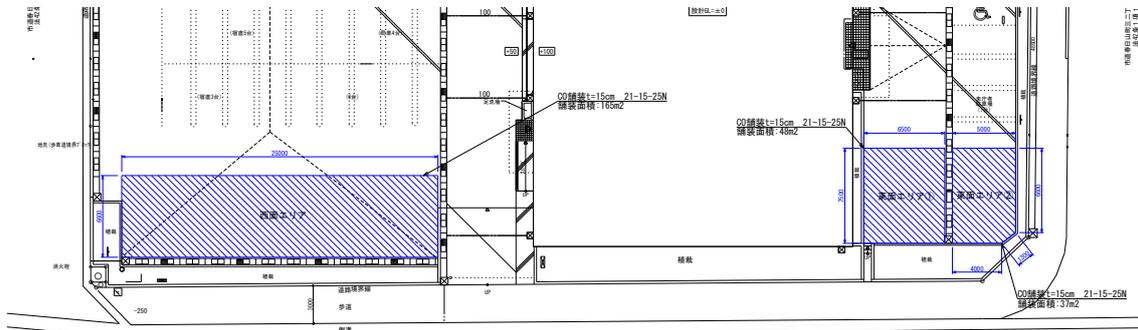


図 3-1 融雪施設配置平面図

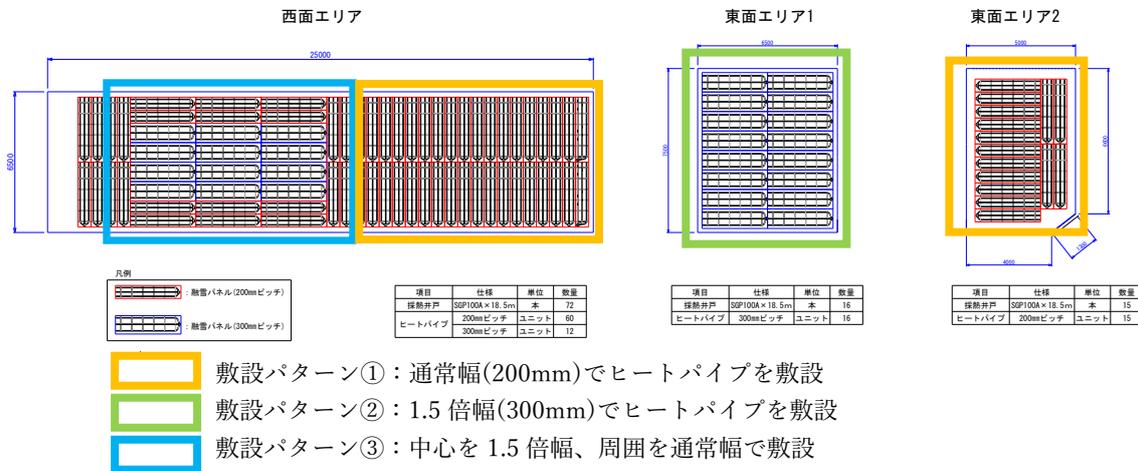


図 3-2 ヒートパイプ割付図



写真 3-1 ヒートパイプ敷設状況(西面)



写真 3-2 竣工(西面)



写真 3-3 ヒートパイプ敷設状況(東面)



写真 3-4 竣工(東面)

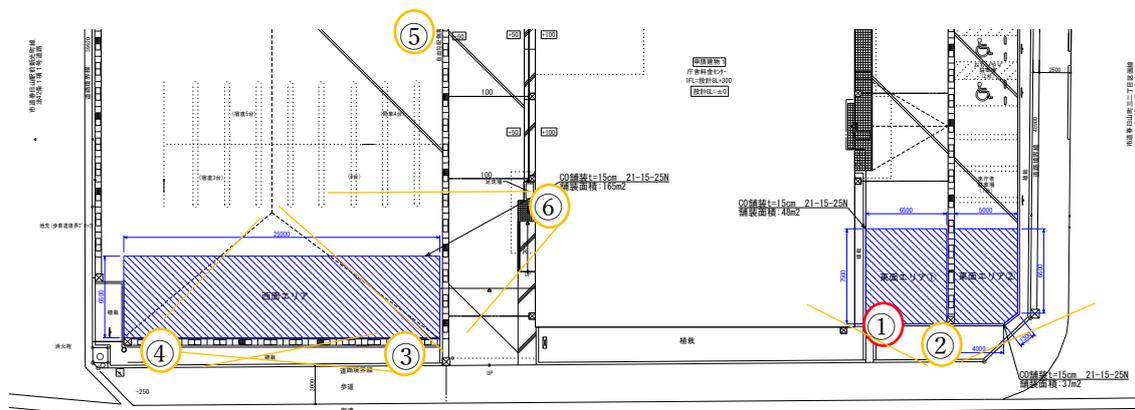
4. 観測概要

4.1. 測定項目仕様一覧

表 4-1 に示す項目の観測を行った。また、図 4-1 に機器の設置箇所、写真 4-1～写真 4-2 に機器の設置写真を示す。

表 4-1 観測概要

データ観測期間	地中温度：令和 3 年 11 月 15 日～令和 4 年 2 月 28 日 堆雪状況：令和 3 年 12 月 1 日～令和 4 年 2 月 28 日		
項目	観測箇所	方法	測定間隔
地中温度	地中 18m、15m 10m、5m、気温 放熱部温度	温度：熱電対 記録：データロガー (サーミック 2300 A)	10 分間隔
堆雪状況	西面・東面 春日謙信公交流館	タイムラプスカメラ	1 時間間隔
路面温度	西面・東面	サーモグラフィー	降雪時



No.	観測項目	設置機器	備考
①	地中温度	データロガー	敷設ピッチ 300 mm
②	堆雪状況(東面)	タイムラプスカメラ	屋外
③	堆雪状況(西面)	タイムラプスカメラ	屋外
④	堆雪状況(西面)	タイムラプスカメラ	屋外
⑤	堆雪状況(春日謙信交流館)	タイムラプスカメラ	屋外
⑥	堆雪状況(東面)	タイムラプスカメラ	屋内

図 4-1 観測機器設置箇所



写真 4-1 タイムラプスカメラ設置状況(左：設置個所②、右：設置個所③)



写真 4-2 タイムラプスカメラ設置状況(左：設置個所④、右：設置個所⑤)

5. 観測結果

5.1. 気象条件整理

表 5-1 に気象条件の整理結果を示す。なお気象データは、アメダス高田のデータを参照し、整理を行った。

今シーズンの降雪量は12月で92 cm、1月で160 cm、2月で193 cm、観測期間中合計で445cmであった。35年ぶりの大雪であった昨シーズンと比較して134 cm降雪量が少なくなった。

表 5-1 降雪量・気温整理結果(令和3年12月～令和4年2月)

	令和3年12月	令和4年1月	令和4年2月
降雪量	92 cm 日最大 25 cm (12月27日)	160 cm 日最大 28 cm (1月20日)	193 cm 日最大 40 cm (2月22日)
日平均気温	5.5 °C	2.0 °C	1.8 °C
日平均最低気温	1.6 °C	-0.6 °C	-1.0 °C
日平均最高気温	9.9 °C	5.1 °C	5.2 °C

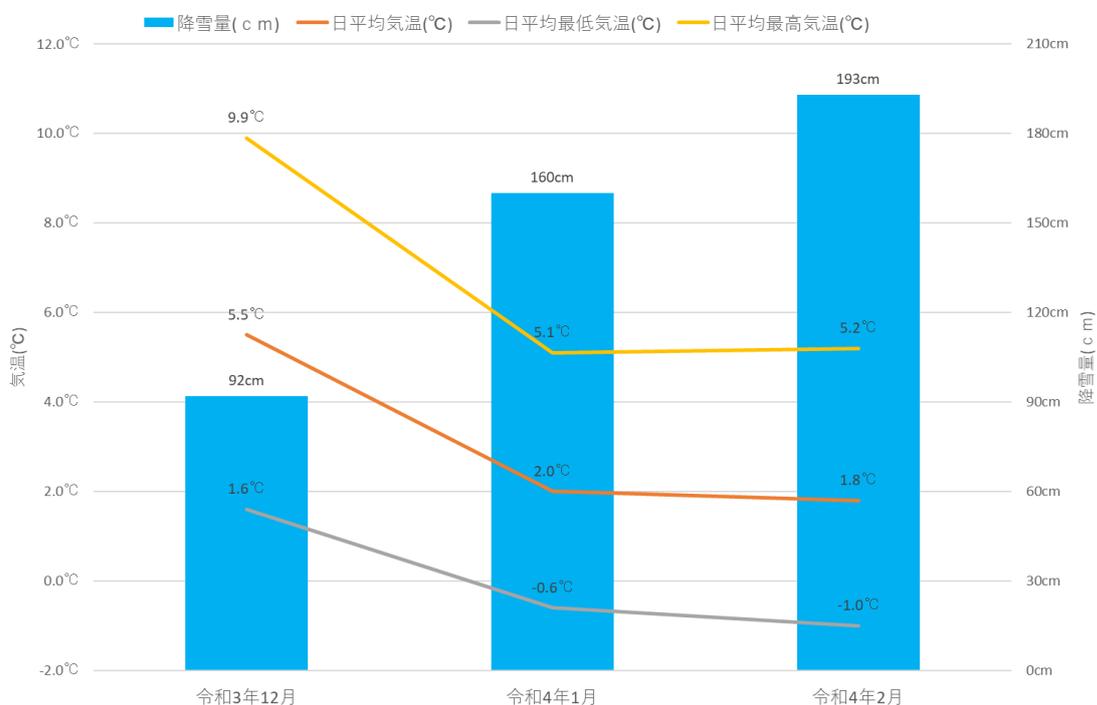


図 5-1 気象条件整理結果

5.2. 地中温度観測結果整理

5.2.1. 令和3年度地中熱観測結果

図 5-2 に東面の地中温度観測結果を示す。地中温度、気温及び放熱部温度は本業務観測記録を、時間降雪深及び積雪深はアメダス高田のデータを参照した。

気温は最大 28.2℃、最低 -3.2℃、平均 4.1℃で推移していた。気温が高めに観測された要因としては、温度センサーが直接降雪と触れないようカラーコーン内に設置されているため、日中は熱が籠り、過大に観測されているものと推察される。

採熱部の温度(地中 5~15m)は、降雪が始まる前の期間では気温と連動して 11~13℃で上下していた。一方で、堆雪がある状態では日変動はほとんど見られず、緩やかに低下しており、12/26~12/29、12/30~1/7、1/11~1/21、2/3~2/11、2/20~2/25 の堆雪期間で、12℃から 6℃へ低下した。また、堆雪が無くなると地中温度は回復傾向となったが、観測期間中では、観測開始時の 13℃付近までは回復しなかった。

5m時点は観測開始時点においては他の地点より約 3℃高い 16℃程度で推移しており、気温が低下してきた 11 月中旬より、ヒートパイプが稼働し、10m・15m地点と同様の温度で変動する形となった。また、地中 18m地点は降雪前は他の地点と概ね変わらない温度で推移していたが、堆雪期間中は温度変化量が小さく、他の地点と比較して 2~3℃高い温度で推移していた。

放熱部の温度は、採熱部の温度と同様に、降雪・堆雪の無い期間では、気温と連動して変動していた。堆雪が発生した時は大きな温度変動は無く、緩やかに低下しており、12/26~12/29、12/30~1/7、1/11~1/21、2/20~2/25 の堆雪期間で、それぞれ 11℃~6℃へ、7℃~6℃、7℃~5℃、7℃~5℃、6℃~4℃となっていた。

5.2.2. 昨シーズン(令和2年度)との比較

昨シーズンの観測終了時点で地中温度は 9℃前後であったが、今シーズン開始時点で、昨年 12 月の地中温度と同等の 13℃程度まで回復していた。また、昨シーズンより降雪は少なかったものの、最終的な放熱部の温度は、昨年同様に 4℃程度まで低下していた。

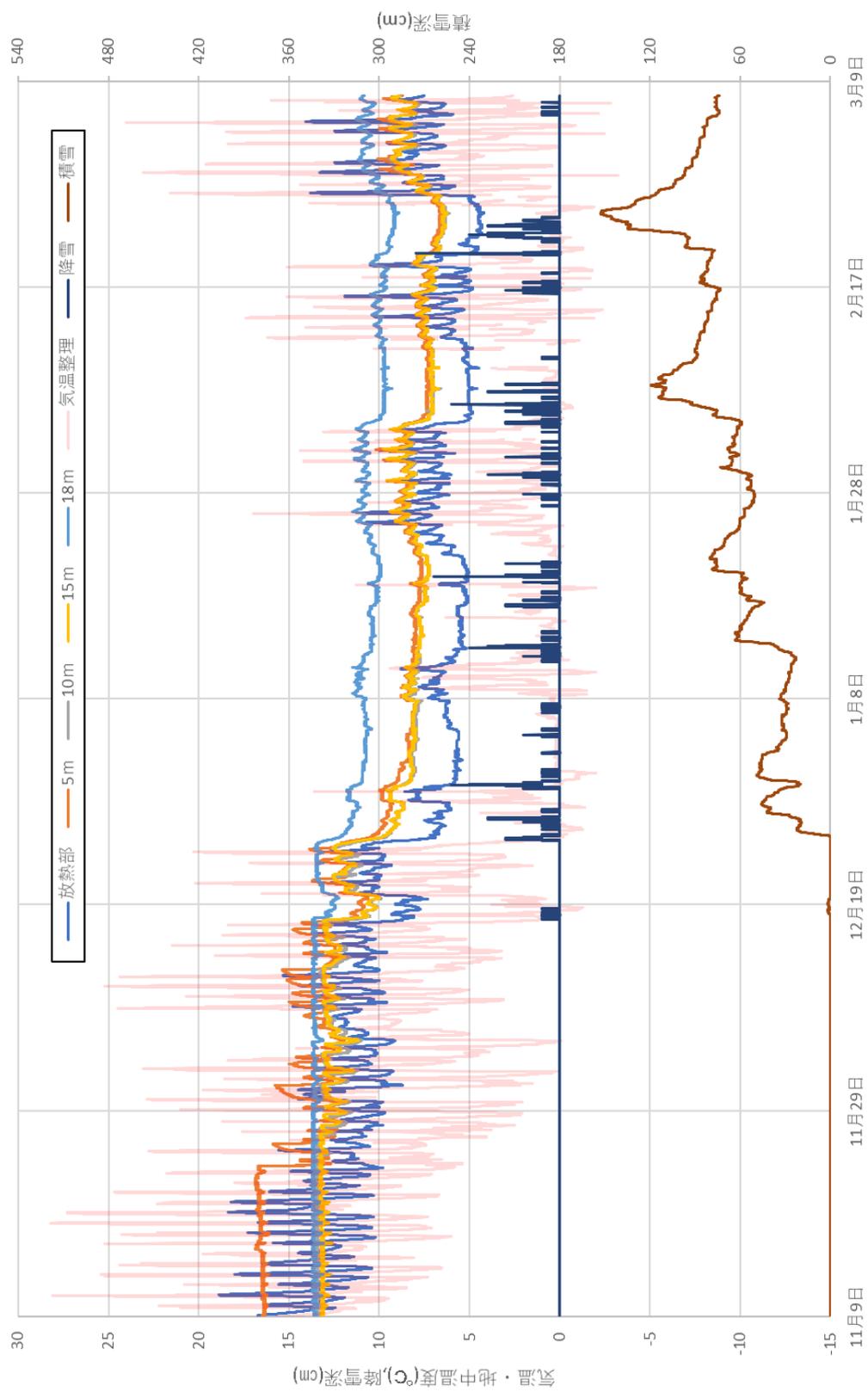


図 5-2 令和 3 年度 東面堆雪場地中温度観測結果

5.3. 堆雪状況観測

①降雪時

写真 5-1、写真 5-2 に 12 月 28 日・27 日の堆雪場の観測状況を示す。堆雪場として活用していない降雪中には、200mmピッチでヒートパイプを敷設した箇所では融けているのに対して、300mmピッチで敷設した箇所では積雪が残っていることが確認された。融雪能力として不足している訳では無く、問題なくヒートパイプが稼働していたのが確認できた。



写真 5-1 堆雪場融雪状況 12 月 28 日 上：東面 下：西面



写真 5-2 堆雪場融雪状況 12 月 27 日

②堆雪時

写真 5-3～写真 5-8 に 2 月 23 日から 3 月 5 日までの 5 日ごとの堆雪場融雪状況を示す。2 月 22 日が観測期間中における最後の大きな降雪であり、これ以降に雪山が大きくなることはなかった。雪山の形状は西面・東面共に堆雪場上に大きな雪山が一つ作成されていた。

○ヒートパイプ敷設パターンごとの融雪状況

どのパターンにおいても堆雪の高さに関しては、概ね同様のペースで減少しているのが確認できる。また、西面・東面共に堆雪の少ない周囲から融けている状況が確認された。3 月 12 日の融雪状況を確認すると、西面・東面においても 200 mmピッチで敷設した融雪パターン側が概ね溶けているのに対して、300 mmピッチで敷設した融雪パターン側では融け残っていることが確認できた。300mm ピッチ側は 3 日後の 3 月 15 日に融雪が完了した。

○融雪が入っていない堆雪場との比較

写真 5-6 は融雪設備を導入していない春日謙信交流館の堆雪場の写真である。春日謙信交流館の堆雪場では日付が経過するに連れて、堆雪の高さは小さくなっているが、堆雪の床面の幅は大きく変わっていないことが確認された。一方で、西面・東面の堆雪場では、堆雪の周囲が融けてきており、雪山の底面積が小さくなっていることが確認できた。

3 月 12 日の時点で堆雪場の雪が概ね融けているのに対して、春日謙信交流館には依然として雪山として堆雪していた。



写真 5-3 東面堆雪場融雪状況 撮影箇所②



写真 5-4 西面堆雪場融雪状況 撮影箇所③



写真 5-5 西面堆雪場融雪状況 撮影箇所④



写真 5-6 春日謙信公交流館堆雪状況 撮影箇所⑤



写真 5-7 西面堆雪場融雪状況 撮影箇所⑥



写真 5-8 3月12日時点融雪状況

5.4. サーモグラフィによる路面温度観測

写真 5-9～写真 5-13 に 12 月 25 日に撮影した路面温度状況を示す。

アスファルト舗装部は、温度が 0℃近くまで低下し、青色で表示されているのに対して、堆雪場は黄緑～赤で表示されており、舗装表面温度は 0℃以上に保たれていた。適切にヒートパイプが作動していたことが確認できた。また、300mm ピッチは明確にヒートパイプ間に温度の低い隙間が見られるが、200mm ピッチでは満遍なく放熱されていた。

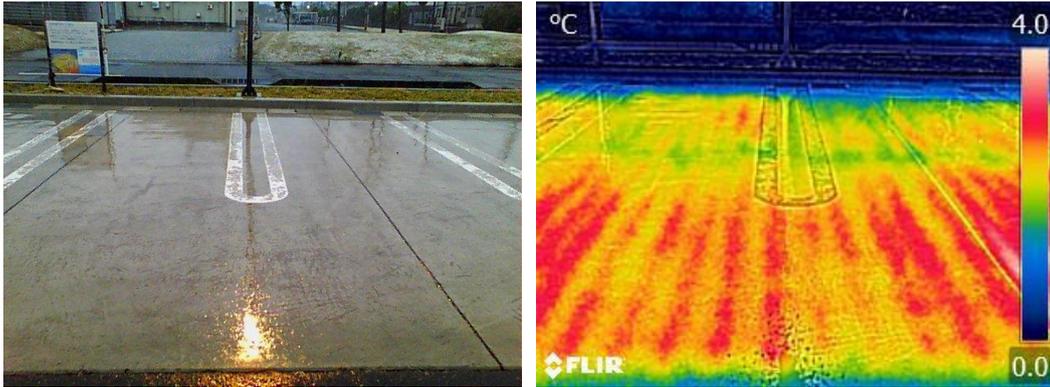


写真 5-9 西面融雪状況①(敷設ピッチ 200 mm 融雪パターン①)

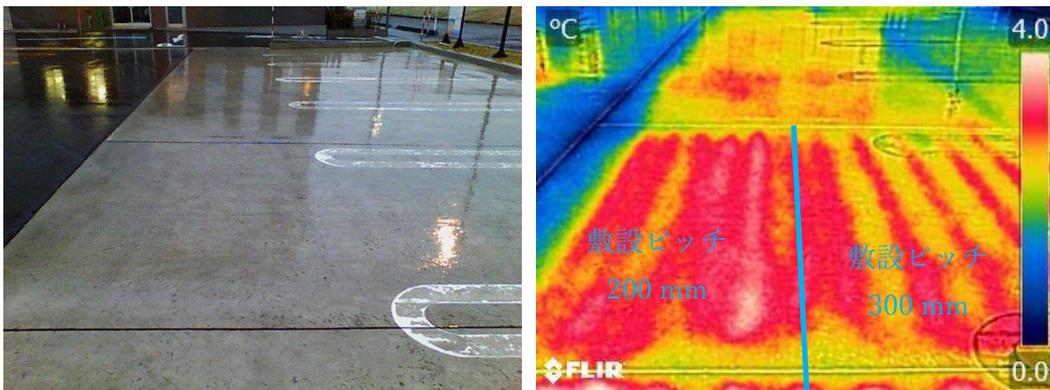


写真 5-10 西面融雪状況②(敷設ピッチ 200-300 mm 融雪パターン③)

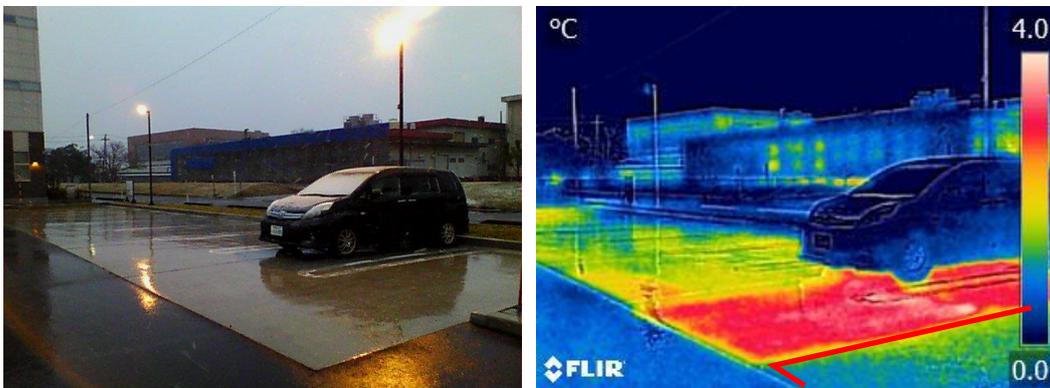


写真 5-11 西面融雪状況③(堆雪部 200mm 融雪パターン①・④)

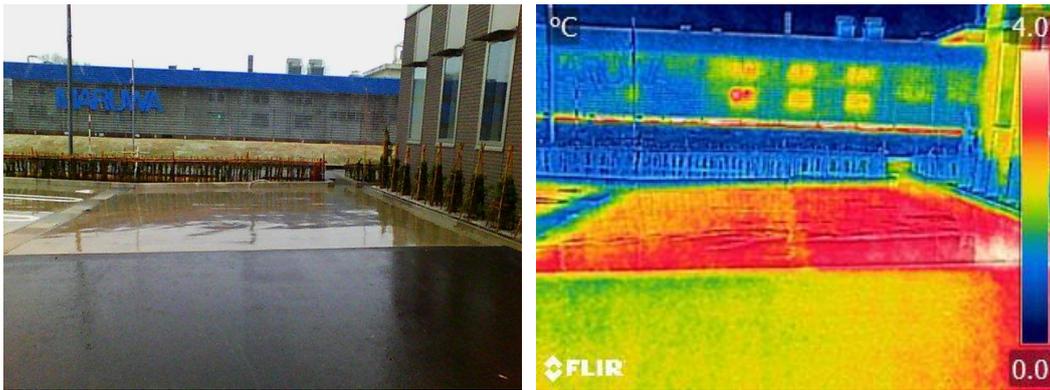


写真 5-12 東面融雪状況①（敷設ピッチ 300 mm 融雪パターン②）

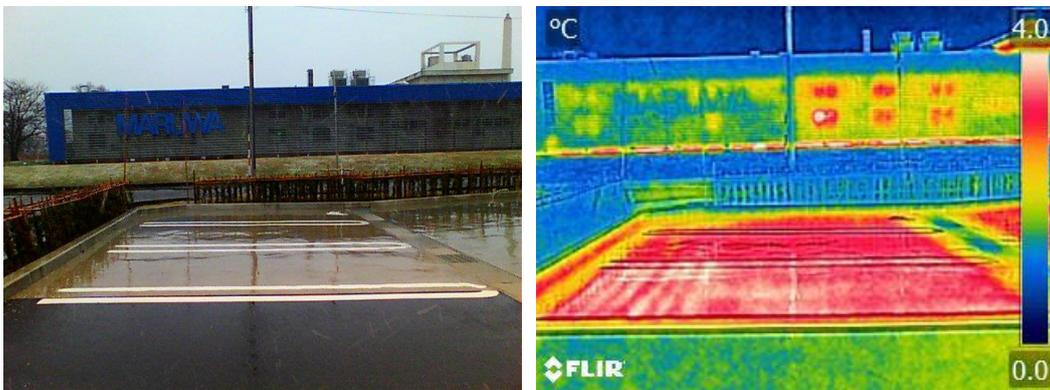


写真 5-13 東面融雪状況②（敷設ピッチ 200 mm 融雪パターン①）

6. 所見

○地中温度観測結果について

昨シーズンの観測を通して、堆雪場融雪は長期間に亘り、連続して放熱するため、地中温度が逡減する現象が見られ、観測期間の最後では、シーズンイン時の地中温度まで回復していなかった。今シーズンは11月中旬より観測を開始しており、観測開始時点の採熱部地中温度は13～14℃程度であり、春～秋にかけて地中温度を回復することができていることが確認できた。

○放熱部温度の低下について

地中温度が逡減していくため、放熱部の温度も低下することから、シーズン後半に近づくにつれ放熱部温度が低下し、昨シーズンも今シーズンも最終的に4℃代まで温度が低下した。アメダス高田の降雪量(12月～2月)を比較すると昨シーズンは合計579cm、今シーズンは合計445cmと約7.5割の降雪量であった。本施設は堆雪場融雪であるため、放熱部に雪山がある限りヒートパイプは稼働することから、放熱部の温度低下は期間中の降雪量よりも、堆雪時間に起因するものと推察される。このため、今後とも地中温度の低下の傾向を観測する必要がある。

また、地中温度を観測している地点は堆雪場の端部であり、早い段階で堆雪が融けているため、常に雪山の下にある中心部の地中温度はより低下していると考えられる。

○200mmピッチと300mmピッチの融雪能力の差異

本年度は堆雪場の降雪が融けきるまでカメラ観測を実施し、東面・西面共に、3月12日時点で200mmピッチで敷設したパターンでは概ね融雪が完了していた。また、300mmピッチで敷設したパターンは3月12日時点では残雪しており、3月15日に融雪が完了した。どちらの観測箇所においても200mmピッチ側が3日早く融けていることが観測できた。

ただし、雪山の形状が同一とは言えず、条件も異なることから、融雪能力の優位性については、雪山をほぼ同条件になるよう作成したうえで比較を行うか、観測を継続して観測回数を重ねてから検討する必要がある。

