

2003年11月5, 6, 7日

CTC03-I-019

融雪システムの熱源および路盤材料の違い
による性能比較

大 竹 秀 雄 (北海道工業大学 機会システム工学科)
 柴 田 和 夫 (㈱日伸テクノ)
 広 松 淳 (〃)

Performance comparison by various heat sources and pavement materials of snow melting systems

H. Ohtake (Hokkaido Institute of Technology)
 K. Shibata (Nissin Techno Inc.)
 A. Hiromatsu (〃)



COLD
REGION
TECHNOLOGY
CONFERENCE 2003

1. 緒 言

北海道などの積雪寒冷地において、ロードヒーティングや融雪機などは冬期における交通の確保ならびに豊かな生活環境を築く上で必要なものであり、一般道路のみならず一戸建住宅の庭先やコンビニの駐車場などで普及している。しかし、灯油ボイラーによる融雪機器等を使用することにより、化石エネルギーの枯渇、大気汚染、地球温暖化などのエネルギー問題や環境問題を引き起こすことになる。特に、灯油ボイラーによる融雪システムはランニングコストが高いため、地中熱などの自然エネルギーを利用した融雪システムが徐々に普及してきた^{1),2)}。しかし、北海道では地中熱および地中熱源ヒートポンプを利用した融雪システムの実績が少なく、またこの種のシステムに関する詳細なデータがないのが現状である。

そこで、本研究では地中熱および地中熱源ヒートポンプを利用した融雪システムに関する実験を行い、灯油ボイラーによる融雪システムとの性能比較を行うとともに北海道での地中熱源ヒートポンプを利用した融雪システムの有用性につい

て検討することを目的としている。また、4種類の異なる路盤材料を用いた融雪実験も行い、各路盤における融雪状況や放熱量の結果をもとに新路盤を開発するための基礎資料を得ようとするものである。

2. 融雪システムおよび実験方法

2. 1 融雪システム

図1は、本実験での融雪路盤と地中採熱管の設置場所を示したものである。融雪システムの熱源としては、地中熱源ヒートポンプと灯油ボイラーの2種類があり、図1で示したようにそれぞれのシステムで融雪路盤は区分されている。また、各システムにおける融雪路盤は、一般路盤と試験路盤にさらに区分され、試験路盤は、ゼオライトを含有した敷石、ブラックシリカ(BS)を表面に含有したインターロッキング、無処理のインターロッキングおよびアスファルト舗装の4種類を使用した。各路盤の設置面積は、敷石路盤が 3.15m^2 で、その他の路盤においては全て 3m^2 である。また、試験路盤の融雪状況を把握するために、路盤斜め上方にCCDカメラを設置してある。

大竹秀雄 北海道工業大学(札幌市手稲区前田7条15丁目4-1 TEL 011-688-2285 FAX 011-681-2161)
 柴田和夫 ㈱日伸テクノ(札幌市厚別市厚別町山本 1063-785 TEL 011-892-7266 FAX 011-892-7344)
 広松 淳 ㈱日伸テクノ(札幌市厚別市厚別町山本 1063-785 TEL 011-892-7266 FAX 011-892-7344)

図2は、本実験で用いた2種類の融雪システムの概略を示したものである。図2(a)で示した地中熱源ヒートポンプによる融雪システムは、地中採熱管を設置したボアホール、ヒートポンプと放熱管が埋設されている路盤から構成される。地中採熱管と路盤放熱管との間の配管は、エチレングリコールを媒体として採熱管から直接路盤内の放熱管へ流入し循環する系とヒートポンプ、バッファータンクおよび熱交換器を介して路盤内の放熱管を循環する系がある。地中熱源ヒートポンプによるシステムにおいては、出力14kWのヒートポンプを使用し、昇温されたブラインを蓄えておく200リットルのバッファータンクが設置されている。ヒートポンプの運転は、外気温センサーおよびバッファータンク内の温度により制御されている。また、路盤内の放熱管に温水を循環させるためのポンプは、融雪用コントローラで外気温センサーと融雪センサーにより制御されている。

また、図2(b)に示した灯油ボイラーによる融雪システムでは、出力15.2kWのボイラーを使用し、融雪用コントローラで外気温センサーと融雪センサーにより運転を制御している。

地中に埋設した採熱管は、図3に示したように二重管型とWUチューブ型の2種類で、放熱管の長さは85mである。採熱管とヒートポンプとの間の配管には、採熱量を算出するために流量計とシース熱電対を設置してある。

図4は各路盤構造を示したものであり、路盤内に埋設されている放熱管は架橋ポリエチレン管(13A)を使用しており、管ピッチは150mmである。路盤の各層の表面には路盤内部の温度分布を測定するためにT型熱電対が設置されている。また、各路盤出入口付近の配管には放熱量を算出するため、シース熱電対と流量計が設置されている。

2. 2 実験方法

ヒートポンプによる融雪システムにおいて、厳寒期以外はヒートポンプを停止し、地中熱のみを使用した。この場合、ブラインを地中採熱管と路盤放熱管との間で循環

させるためのポンプを連続運転している。融雪実験は2003年1月16日から開始し、3月10日まではヒートポンプを使用し、これ以降は地中熱のみを熱源として融雪実験を行った。

3. 実験結果および考察

図5は、融雪実験期間における外気温と降雪量を示したものである。1月28日は、降雪量29mmの大雪であったが、その日以外は、降雪量が少ないことがこの図から確認できる。

この期間中の各融雪システムにおける単位面積あたりの路盤放熱量を試験路盤、一般路盤および全路盤(試験路盤および一般路盤)として示したものが図6から図8である。これらの図から、試験路盤における放熱量は、ヒートポンプによる融雪システムがボイラーによるシステムよりも大きな値を示しているが、一般路盤においては、ほぼ同様な値となっていることがわかる。また、全路盤(試験路盤と一般路盤)における放熱量も、ほぼ同様な値を示している。試験路盤において、ヒートポンプによる融雪システムの放熱量がボイラーによるシステムよりも約2倍の値となった理由として、路盤内の放熱管入口温度が高かったことで、放熱管から路盤への熱移動量が大きくなったためと考えられる。

図9は、ヒートポンプによる融雪システムにおいて、地中からの採熱量および路盤への放熱量を示したものである。3月10日以降においては、ヒートポンプを停止しており、地中熱のみによる路盤への放熱量となる。ヒートポンプでの融雪期間における採熱量および放熱量は、ほぼ同様な値となり、最大で約1000MJ/dayを示している。この図で示した期間中の放熱量の積算値およびヒートポンプによるシステム全体の電力量より算出したシステムCOPは4.55と大きな値となった。また、ヒートポンプによる融雪システムのランニングコストは、灯油ボイラーによるシステムの約1/2となった。

図10は、ヒートポンプでの融雪期間における代表日として2月26日の外気温および降雪量を示したものである。この図よ

り午前5時頃より降雪があり、断続的に降雪が確認できる。

この代表日において、各融雪システムでの各路盤出入口温度および路盤放熱量を示したものが図11から図14である。これらの図より、ヒートポンプによる融雪システムの路盤入口温度は、ボイラーによるシステムよりも高いが、路盤出口温度は低くなっていることがわかる。そのため、単位面積あたりの放熱量は、ヒートポンプによる融雪システムが大きな値を示している。ヒートポンプによる融雪システムの放熱量は、アスファルト、BS、インターロッキング、敷石の順に徐々に小さくなっている。また、BSおよびインターロッキングにおいては、大きな差が見られなかったことから、BSの含有量が少なかったために顕著な差が生じなかったものと思われる。

図15から図17は、ヒートポンプによる融雪システムでの各路盤垂直方向の温度分布を示したものである。なお、図14で示したようにBSとインターロッキングの路盤放熱量がほぼ等しく、同様な結果が得られたため、ここではインターロッキングの結果は省略する。これらの図より、敷石の放熱管表面温度は他の路盤と比較すると若干高いが、路盤表面温度はアスファルト、BS、敷石の順に徐々に低くなっていることがわかる。

また、図18に示した代表日における午前5時30分以降の融雪状況からも路盤表面温度の影響が融雪に及ぼしていることがわかる。同日ではその後も断続的な降雪があったが、路盤全体の温度が上昇したために、積雪には至らなかった。

図19は、ヒートポンプを停止させた地中熱のみによる融雪期間において、代表日とした3月13日の外気温および降雪量を示したものであり、午前6時頃から降雪が確認できる。

この代表日において、各システムでの各路盤出入口温度および単位面積あたりの放熱量を示したものが、図20から図23である。これらの図より、ボイラーによる融雪システムは、降雪があった午前6時頃に運転が開始され、路盤出入口での急激な温

度上昇が見られるが、ヒートポンプによる融雪システムにおいては、地中採熱管と路盤放熱管をブラインが連続的に循環しているため、路盤入口温度が7℃、出口温度が5℃でほぼ一定の値となっている。そのため、単位面積あたりの路盤放熱量も約0.2MJ/m²hで、一定の値を示している。

図24は、地中熱のみによる融雪期間において代表日の融雪状況を示したものである。前述した理由により、地中熱のみでの融雪は、連続的に地中熱を路盤へ放出しているため、路盤が暖められた状態となり、融解開始が早くなることがわかる。

4. 結 論

本研究では、地中熱源ヒートポンプによる融雪システムに関する実験を行い、灯油ボイラーによるシステムおよび異なる路盤材料との比較により、以下のことが結論として得られた。

- 1) 地中熱源ヒートポンプによる融雪システムにおけるシステムCOPは4.55となった。
- 2) 地中熱源ヒートポンプによる融雪システムのランニングコストは、灯油ボイラーの約1/2となった。
- 3) 路盤材料の違いによる路盤内部温度、路盤表面温度、路盤放熱量および融雪状況への影響が明らかとなった。
- 4) 地中熱および地中熱源ヒートポンプによる融雪システムの放熱、採熱挙動や厳寒期以外での地中熱のみの融雪効果が明らかとなった。

参考文献

- (1) 広松淳, 他2名: 積雪寒冷地における地中熱源融雪システム基礎研究, 平成14年度日本冷凍空調学会学術講演会講演論文集, 2002, PP 53-59.
- (2) 盛田耕二, 田子 真: 大地の熱的機能を利用する融雪システムの開発, 平成14年度日本冷凍空調学会学術講演会講演論文集, 2002, PP 65-68.

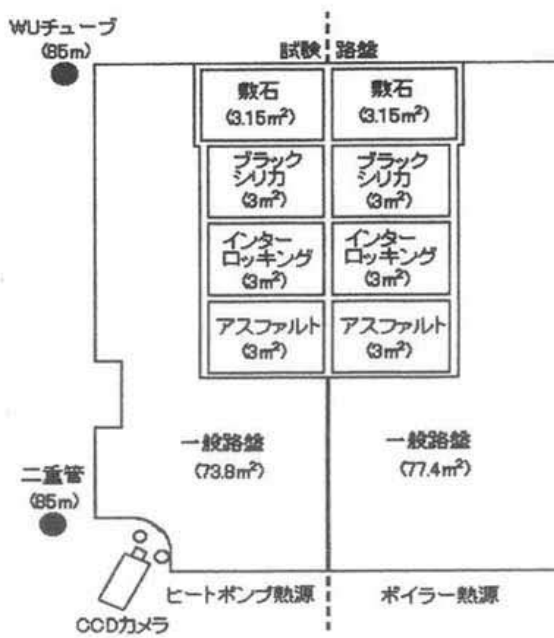


図1 路盤および採熱管の設置場所

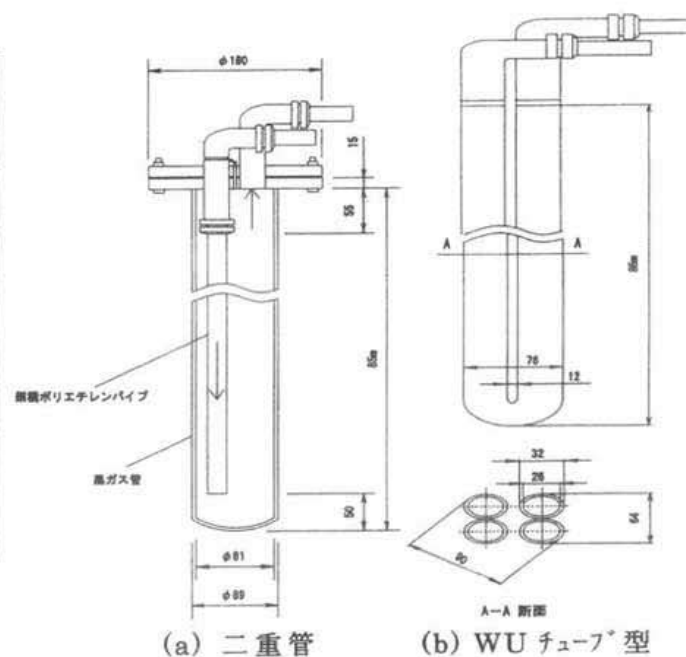


図3 採熱管

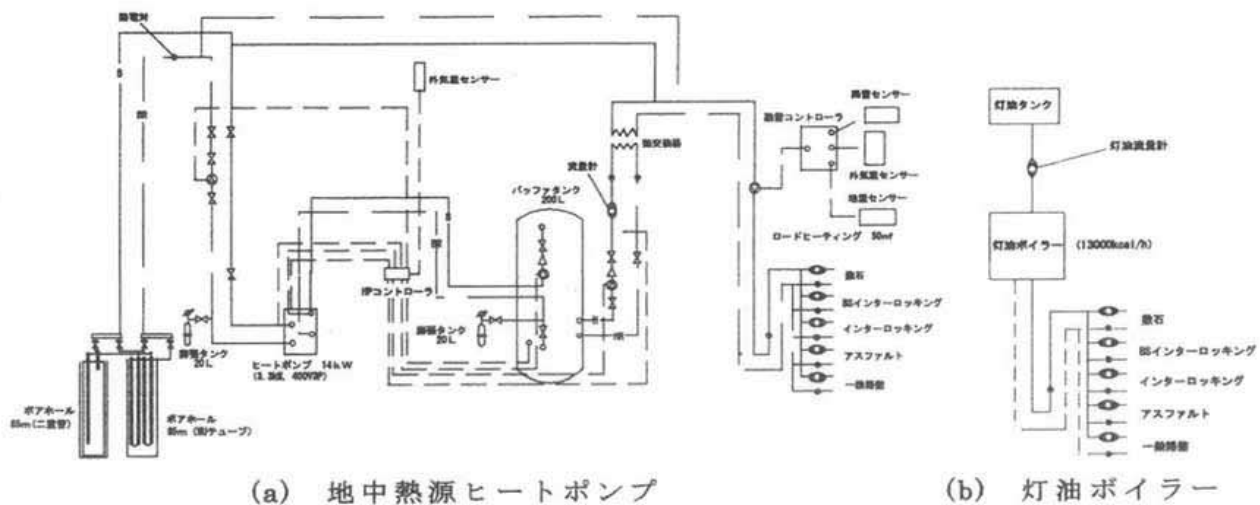


図2 融雪システムの概略

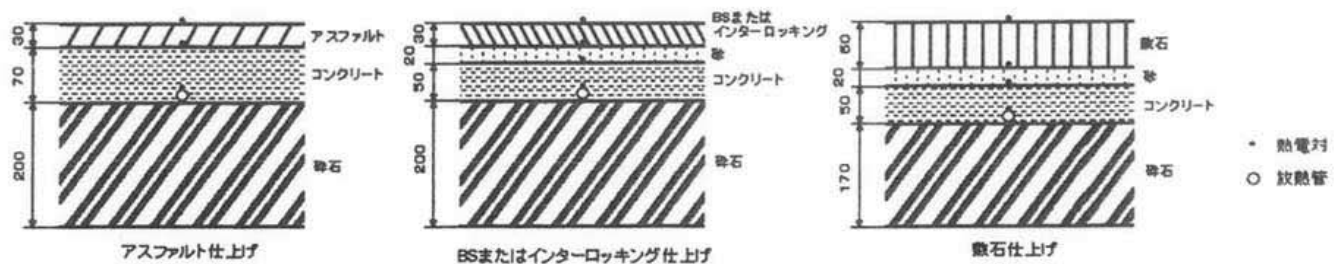


図4 各路盤構造

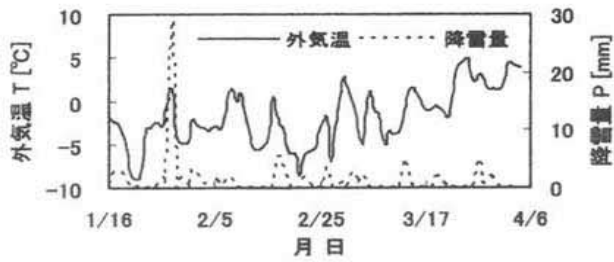


図 5 外気温度および降雪量

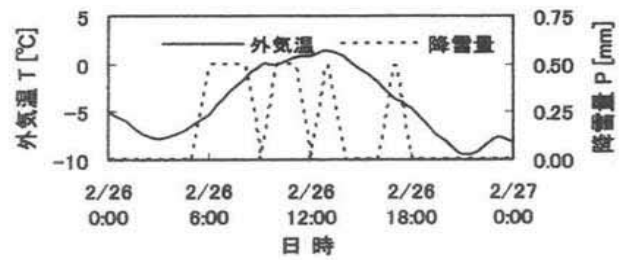


図 10 外気温度および降雪量(2/26)

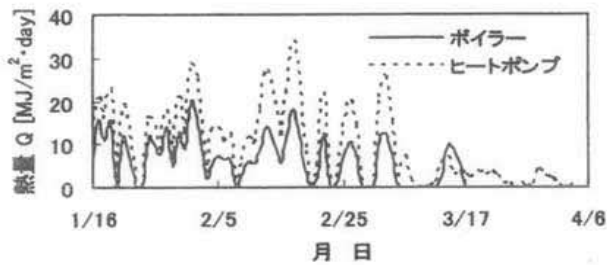


図 6 試験路盤における放熱量



図 11 路盤出入口温度(ボイラー)

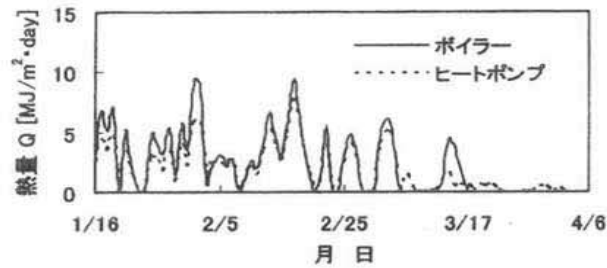


図 7 一般路盤における放熱量

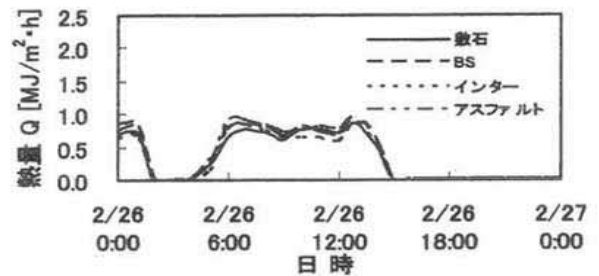


図 12 路盤放熱量(ボイラー)

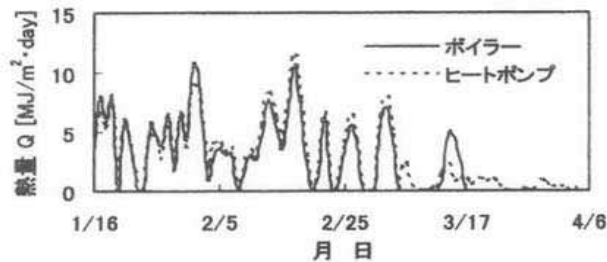


図 8 全路盤における放熱量



図 13 路盤出入口温度(ヒートポンプ)

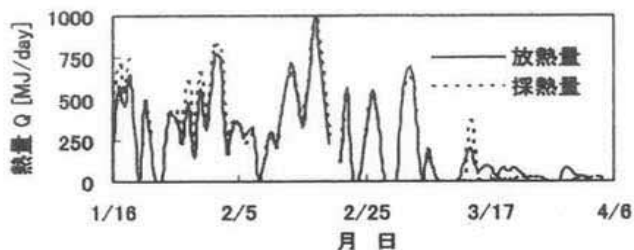


図 9 放熱量および採熱量

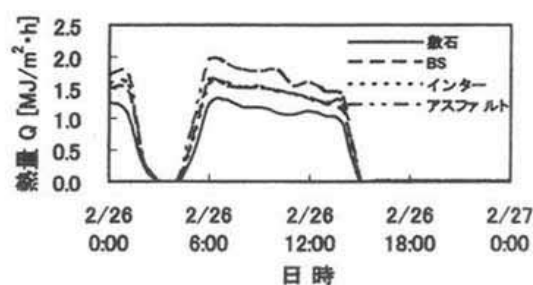


図 14 路盤放熱量 (ヒートバラン)

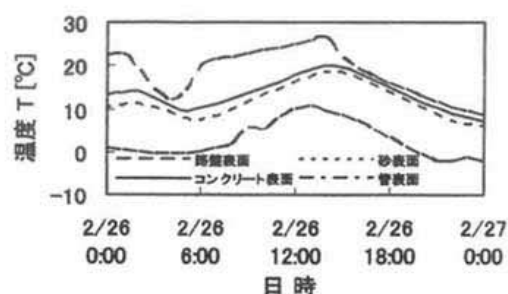


図 15 垂直方向の温度分布 (敷石)

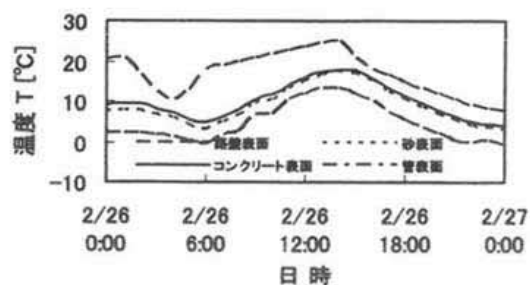


図 16 垂直方向の温度分布 (BS)

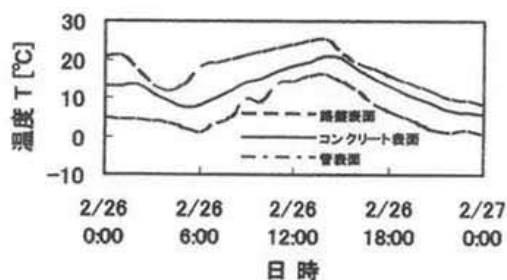


図 17 垂直方向の温度分布 (アスファルト)

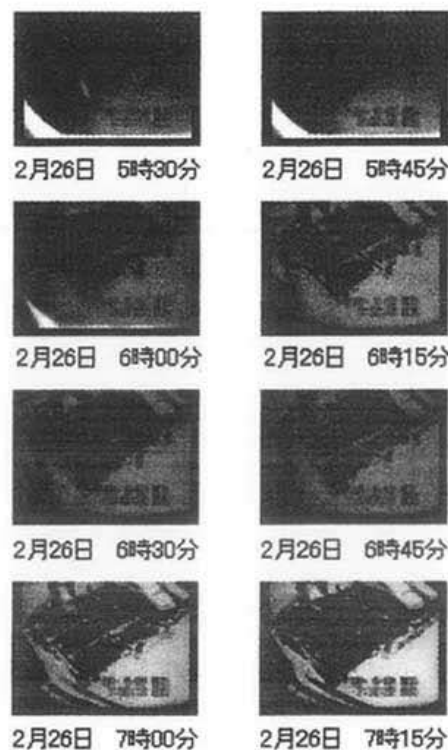


図 18 融雪状況 (2/26)

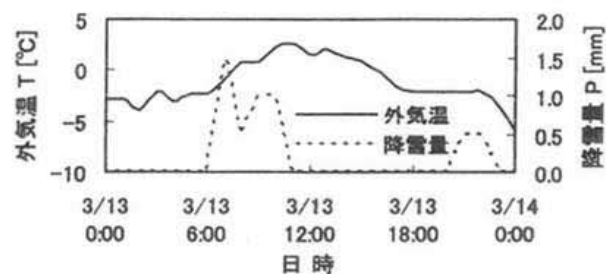


図 19 外気温度および降雪量 (3/13)

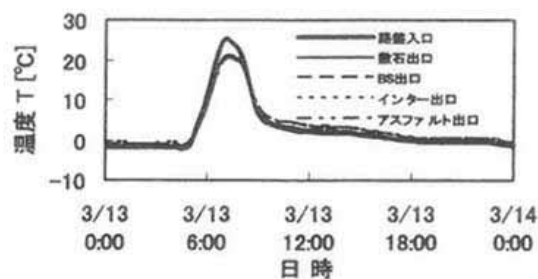


図 20 路盤出入口温度 (インター)

第19回寒地技術シンポジウム (2003)

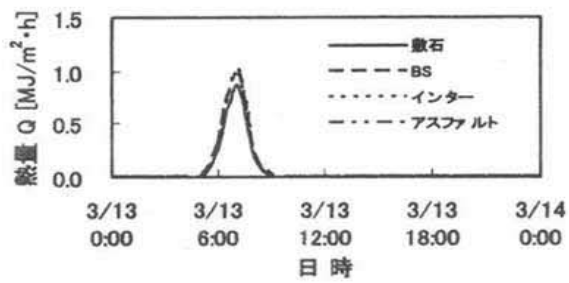


図 21 路盤放熱量 (ホワイヤー)

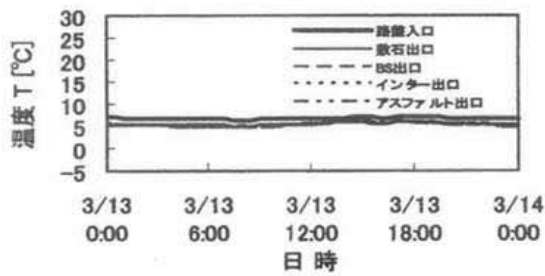


図 22 路盤出入口温度 (ヒートボックス)

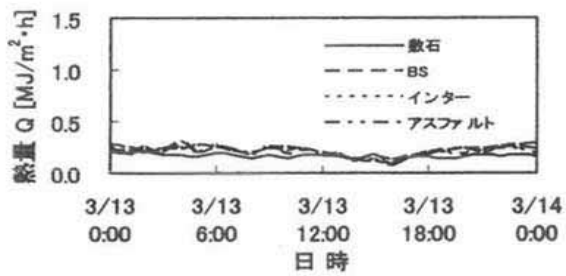


図 23 路盤放熱量 (ヒートボックス)



3月13日 8時00分



3月13日 10時00分



3月13日 10時30分



3月13日 11時00分



3月13日 11時30分



3月13日 12時00分



3月13日 12時30分

図 24 融雪状況 (3/13)