

銅板を使用したロードヒーティングシステムの実証化試験とその解析

北口 敏弘, 岡 喜秋
(社)北海道機械工業会

Actual Proof test and Analysis of Road Heating System using Steel Panels

Toshihiro KITAGUCHI, Yoshiaki OKA
Hokkaido Machinery Manufacturers Association

抄 録

銅板を使用したロードヒーティングシステム（電気方式，温水方式）を工業試験場構内に実際に設置して融雪状況，温度分布，ランニングコスト等おもに熱的性能に関する試験を行った。その結果，立ち上がり性能に優れ，ランニングコストが従来のアスファルトタイプより 30～50%低減できるシステムであることが確認された。また，温水方式では銅板パネル供給温水温度を10数度としても十分融雪が可能であることが確認され，地熱，下水道廃熱等低密度エネルギーを利用できる可能性も示された。

1. はじめに

近年，スパイクタイヤ使用の規制によるスタッドレスタイヤの普及とともに都市部の比較的交通量の多い交差点，坂道等ではいわゆる「つるつる路面」が発生し，車の通行はもちろん歩行者の歩行にも支障を来し問題となっている。また，除雪により歩道等に渦高く積まれた雪は車道あるいは，運転者の視界を狭め交通障害の原因の一つとなっている。一方，一般家庭においては敷地内に降り積もった雪の除排雪作業は大変な重労働であり，今後さらに進行すると思われる高齢化を考慮すると，その作業の軽減化を図る必要があると思われる。

このような問題を解決する最良の方法の一つとしてロードヒーティングシステムが考えられるが，従来のロードヒーティングシステムは約 100mm のアスファルト層の下に発熱体を埋設しているため¹⁾アスファルト表面温度の立ち上がりが遅い，そのためにある温度レベル以下とならないよう予熱運転が必要で，実際に融雪に使用されないむだなエネルギー消費が多くランニングコストが高い等の問題点を有しており，ロードヒーティングの普及の妨げになっている。

本研究では，岡ら²⁾による基礎的な研究結果を基に，上記のロードヒーティングの問題点を解決するため熱特性の優れた銅板を用い，電気方式，温水方式の 2 方式についてロードヒーティング用パネルの構造設計，試作を行った。これらの

2 方式のロードヒーティングシステムに関して，融雪銅板パネルの路盤温度，供給熱量，外気温度，融雪状況等を計測，監視することによって，その融雪性能，省エネルギー性を評価したので以下に報告する。

2. 実験装置

2.1 銅板を用いたロードヒーティングパネルの構造

1) 電気方式

電気方式では銅板パネルと覆工板パネルに大別される。銅板パネルは大きさ 3,250mm×2,000mm×100mm のものを用い，板厚 6,9mm の 2 種類の銅板および棒状カーボンヒータ（東洋インキ製），面状ヒータ I（サンライズ工業製），面状ヒータ II（出光興産製）の 3 種類のヒータを使用した。また，覆工板パネルは大きさ 1,995mm×1,000mm×200mm，板厚 6mm の既製品を用いた。構造図を図 1，2 にそれぞれに示す。

銅板パネルは 6,9mm の銅板の直下に発熱体を置き，その発熱体の固定，銅板のたわみの低減および熱の分散を目的として強度の高い樹脂コンクリート（レジンコンクリート）を打設した。また，樹脂コンクリート打設後，パネルの振動を吸収させる目的でアスファルトを打設している。銅板表面は錆の発生防止および滑り防止のため厚さ 3mm の樹脂モルタル加工を施した。

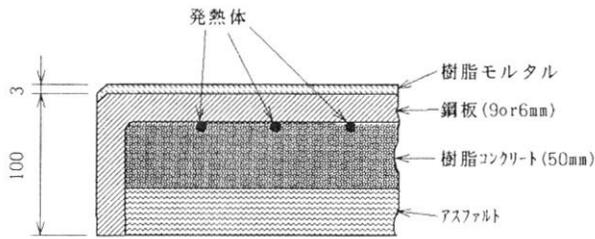


図1 鋼板パネル構造図 (電気方式)

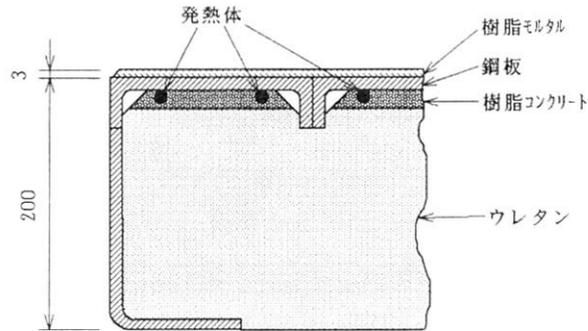


図2 覆工板パネル構造図 (電気方式)

一方、覆工板パネルでは、鋼板パネルと同様に鋼板の直下に発熱体を置き、発熱体固定用の樹脂モルタルを打設後、下層部への熱の放散を防止するためウレタンを打設した。表面は鋼板パネル同様、3mmの樹脂モルタルにてノンスリップ加工を施した。

2) 温水方式

温水方式においても電気方式同様、鋼板パネルと覆工板パネルを用いた。構造は図3、4に示すとおりで、パネルの高さが電気方式より35mm低い65mmとなっているのは、温水方式の実験場には既に下地アスファルトが施工されているためである。

2.2 鋼板を用いたロードヒーティングシステム

1) 電気方式

電気方式ロードヒーティングパネルは、工業試験場構内の試験棟東側の車道の一部に鋼板製ヒーティングパネル6枚

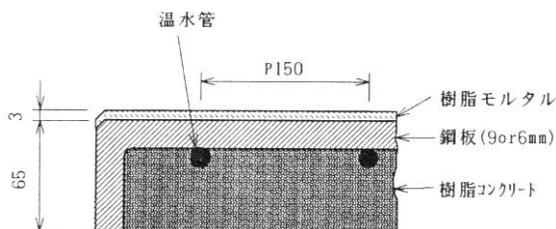


図3 鋼板パネル構造図 (温水方式)

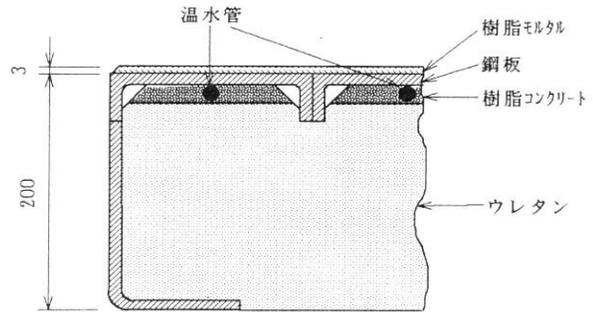


図4 覆工板パネル構造図 (温水方式)

(E1～E6)、覆工板ヒーティングパネル6枚(E7～E12)を図5のような配置で設置し、電気式ロードヒーティング制御盤は試験棟内に設置した。試作した制御盤は、制御出力を6チャンネルとし、6チャンネルが独立して制御できる構成としている。また、各チャンネル毎に使用した電力量がわかるように、積算電力計を6台用意した。今回の実験では、3チャンネルをファジィ制御、残りの3チャンネルを四要素制御とし、制御方式の違いについても検証できるものとした。センサー要素としては、降雪センサー、外気温度センサー、路面温度センサー、路面水分センサーにて四要素制御を行い、ファジィ制御はこれらのセンサー要素に、日射センサー、風力センサーの要素を加え、制御を行った。なお、路面温度センサーと路面水分センサーは、鋼板製ロードヒーティングパネルに各1台ずつ取り付け付けた。パネル番号と用いたヒータの対応表を表1に示す。

2) 温水方式

温水方式ロードヒーティングシステムは、工業試験場試験棟北側の空き地に設置し、ヒーティングパネル、熱源設備、自動制御設備、計測設備で構成される。

一般的なアスファルトロードヒーティング路盤との比較お

	ファジィ	四要素	ファジィ
覆工板 t 6 棒状カーボン	E 7	E 5	E 3
	E 8	鋼板 t 9	鋼板 t 9
	E 9	平面状 I	棒状カーボン 棒状カーボン
覆工板 t 6 平面状 I	E 10	E 6	E 4
	E 11	鋼板 t 6	鋼板 t 6
	E 12	平面状 I	棒状カーボン 棒状カーボン
	四要素	ファジィ	四要素

図5 電気式ロードヒーティングパネルの配置図

表1 パネル番号ヒータ対応表

パネル番号	パネル種類	板厚(mm)	発熱体	単位面積当たり発熱量 (W/m ²)
E1	鋼板	9	棒状カーボン発熱体	242
E2	鋼板	6	棒状カーボン発熱体	242
E3	鋼板	9	棒状カーボン発熱体	242
E4	鋼板	6	棒状カーボン発熱体	242
E5	鋼板	9	面状発熱体Ⅱ(出光)	225
E6	鋼板	8	面状発熱体Ⅰ(ツライズ)	295
E7	覆工板	6	棒状カーボン発熱体	380
E8	覆工板	6	棒状カーボン発熱体	380
E9	覆工板	6	棒状カーボン発熱体	380
E10	覆工板	6	面状発熱体Ⅰ(ツライズ)	308
E11	覆工板	6	面状発熱体Ⅰ(ツライズ)	308
E12	覆工板	6	面状発熱体Ⅰ(ツライズ)	308

よび鋼板パネルの熱特性の比較を目的とし、鋼板パネル6枚、覆工板パネル3枚、既設ロードヒーティング路盤で構成される。全体融雪運転制御(運転、停止)用の路面温度センサーおよび路面水分センサーは、パネルH2に設置されている。

温水の系統は下記の5系統に分けられる。温水循環用のポンプは2台設置されており、系統1, 2は1台のポンプで、残りの系統3, 4, 5はもう1台のポンプで送水され、それぞれA系統、B系統と称する。系統1, 2については2枚の鋼板パネルを並列に、系統3については直列に、系統4については3枚の覆工板パネルを直列に接続した。なお、温水にはプロピレングリコール50%水溶液を使用した。図6に温水式ロードヒーティングシステムの配置図を示す。

- 系統1 鋼板パネル2枚(鋼板厚さ6mm), 並列接続, 路盤面積13m²
- 系統2 鋼板パネル2枚(鋼板厚さ9mm), 並列接続, 路盤面積13m²
- 系統3 鋼板パネル2枚(鋼板厚さ6mm), 直列接続, 路盤面積13m²

A系統
B系統

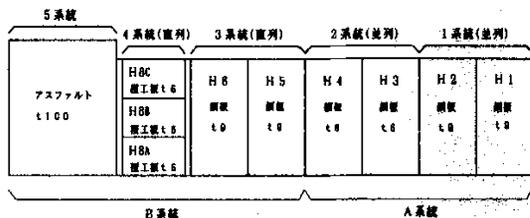


図6 温水式ロードヒーティングパネルの配置図

- 系統4 覆工板パネル3枚, 直列接続, 直列接続, 路盤面積6m²
 - 系統5 アスファルトロードヒーティング, 直列接続, 路盤面積16m²
- B系統

自動制御は、温水温度を一定に保つ制御と併せて電気方式と同様の四要素制御を採用している。

3. 試験方法

各鋼板パネルについて電気方式の四要素制御では融雪運転、凍結防止運転、予熱運転の各モードに対して雪が溶け残らないような路面温度を設定し、路面温度、融雪状況を観察した。各モードに対する路面温度の設定値を表2に示す。

表2 運転判断設定値

運転モード	外気温度(°C)	路面温度(°C)	
		ON	OFF
融雪	+2	+1	+2
凍結防止		-1	0
予熱		-10	-2

温水方式では各パネルに供給する温水の温度を35, 20, 10°Cに設定し、従来のアスファルトタイプのもとの路面温度、融雪状況を観察、比較した。

4. 試験結果および考察

4.1 融雪状況

1) 電気方式

電気方式では12枚のパネルを6の制御チャンネルに分割し、そのうち1~3チャンネルはファジィ制御、4~6チャンネルは外気温度、降雪の有無、路面状況(乾き、濡れ)、路面温度を運転判断要素とした四要素制御で制御を行っている。ファジィ制御の詳細に関しては澤山らの報告³⁾に委ね、ここではおもに四要素制御に関して報告するものとする。

通電開始から30分後、60分後、70分後および90分後の融雪状況を写真1に示す。なお、主なデータは以下のとおり。

日時: H7年2月24日, 5:25 通電開始

外気温: -3.5°C, 風速: 0.0m/s, 降雨量: 0.5mm/h

通電後30分において供給熱量の大きい面状ヒータのE6パネルおよび覆工板タイプのE7~E12パネルは既にかんりの

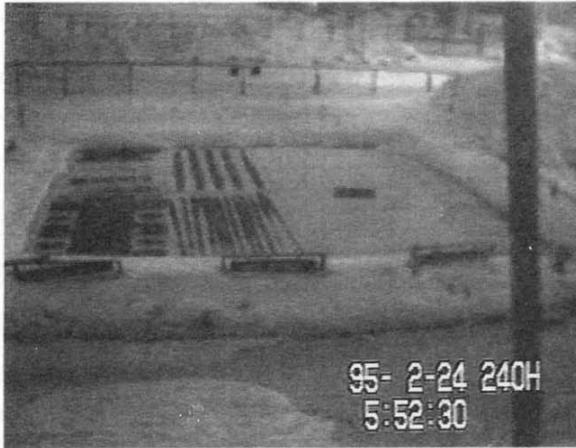


写真 1 - 1 融雪状況 (電気方式・30分後)

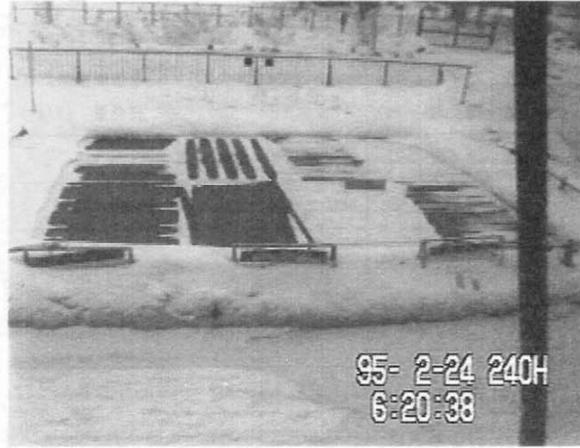


写真 1 - 2 融雪状況 (電気方式・60分後)



写真 1 - 3 融雪状況 (電気方式・70分後)



写真 1 - 4 融雪状況 (電気方式・90分後)

雪が溶け、路盤表面が多く現れていることがわかる。棒状カーボンヒータを使用している E1 ~ E4 パネルのうち 4 要素

制御を行っている E2, E3 パネルはやや遅れて溶け始めるものの通電 70 分後にはほぼ融雪が完了している。また、フア

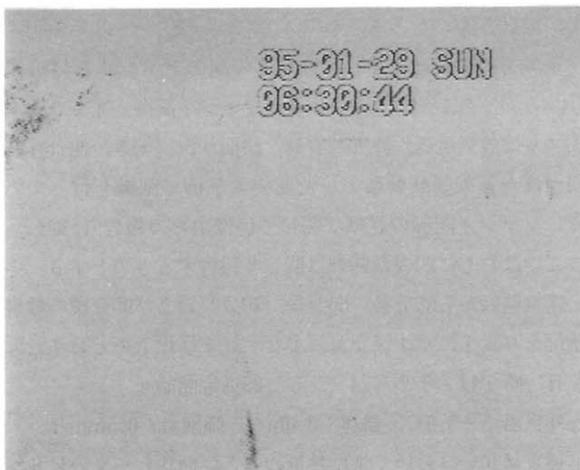


写真 2 - 1 融雪状況 (温水方式・20分後)

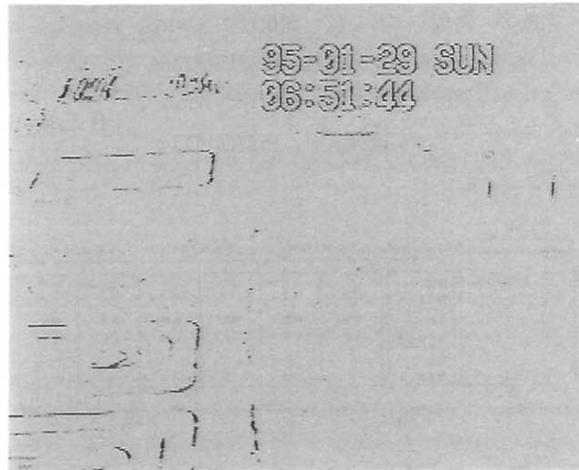


写真 2 - 2 融雪状況 (温水方式・40分後)

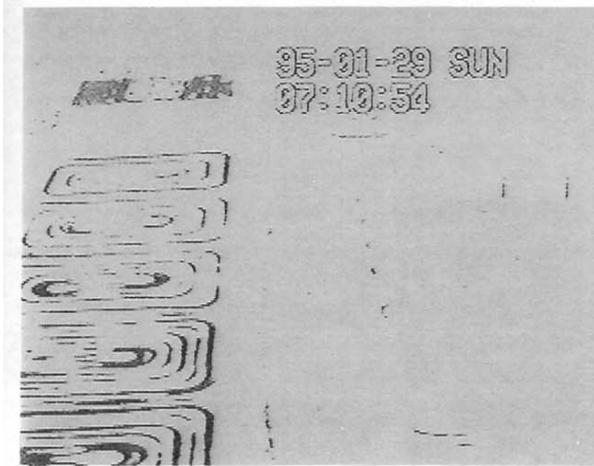


写真 2 - 3 融雪状況 (温水方式・60分後)

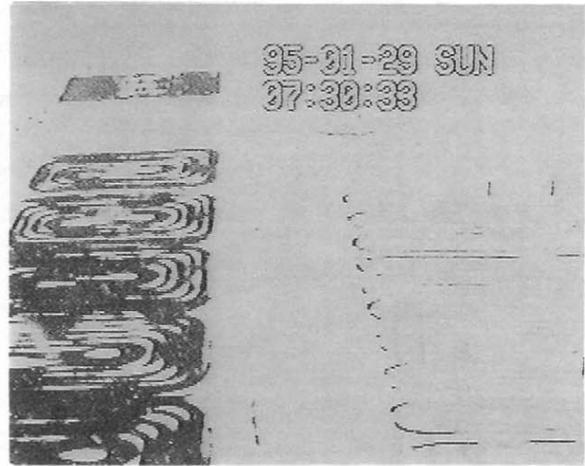


写真 2 - 4 融雪状況 (温水方式・80分後)

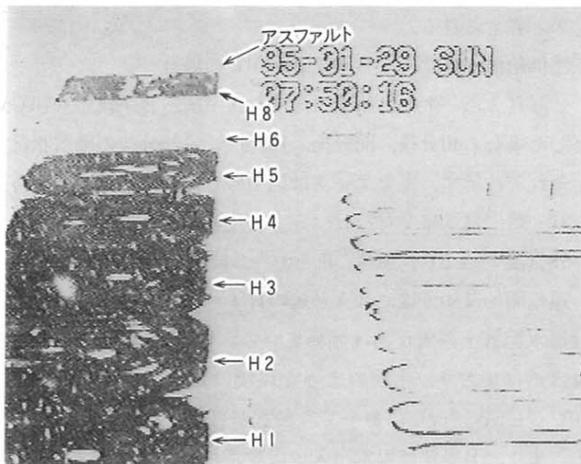


写真 2 - 5 融雪状況 (温水方式・100分後)

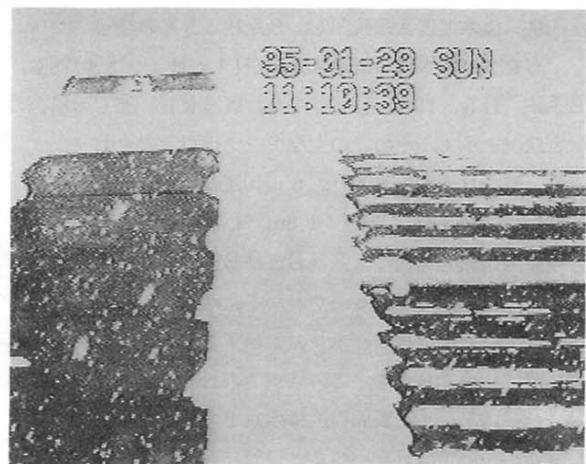


写真 2 - 6 融雪状況 (温水方式・300分後)

ジイ制御されている E4 パネルについては通電 40 分後の 6:00 頃にはパネル表面温度が 0℃ に達しており、パネル表面上では融雪が進行していると思われる。E1 パネルに関しては、6:00 頃までは他のパネルと同様に温度上昇を続けてい

たが、水分センサー上部の雪がホール状に溶け、水分を感知できなくなってしまったため、それ以降、通電されずに雪が溶け残ってしまったと考えられる。

2) 温水方式

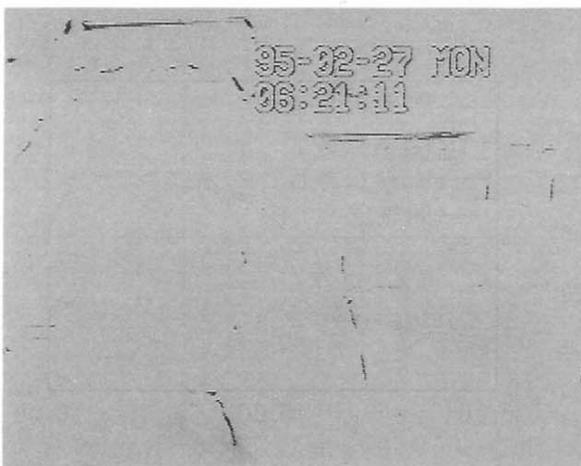


写真 3 - 1 融雪状況 (温水方式・40分後)

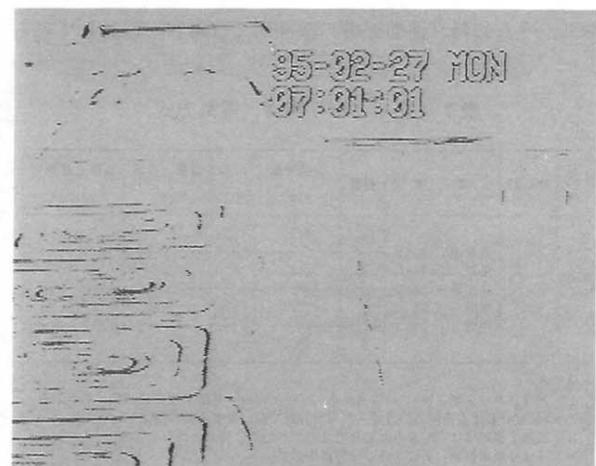


写真 3 - 2 融雪状況 (温水方式・80分後)



写真 3-3 融雪状況 (温水方式・100分後)



写真 3-4 融雪状況 (温水方式・120分後)

①供給温水温度 A 系統 20℃, B 系統 35℃の場合

写真 2 に温水供給温度 A 系統(H1 ~ H4 パネル)20℃, B 系統 (H5, H6, H8 パネル, 既設 RH) 35℃の場合の融雪状況を示す。その日の主なデータは以下のとおり。

日 時:H7 年 1 月 29 日, 6 : 10 運転開始

外気温 : - 7.8℃, 風速 : 1.0m/s, 降雨量 : 2.3mm/h

運転開始約 40 分後に A 系統および B 系統の一部の温水配管上の雪が溶け始めているのがわかる。80 分後にはかなりの雪が溶けているが, H6 パネルおよびアスファルトに関してはまだ溶け始めておらず, この時点での H6 パネルの鋼板裏面およびアスファルト表面温度は氷点下である。これは, H6 パネルについては H5 パネルと直列に接続されており, 上流側の H5 パネルで供給熱がほとんど放出されてしまうためであり, また, アスファルト路盤ではアスファルト路盤自体の熱容量が大きいためそれ自体を熱するのに時間がかかっているためであると考えられる。約 300 分後の写真では H6 パネルおよびアスファルト路盤上の雪は残ったままであるが, H6 パネルの裏面温度およびアスファルト表面温度は H6 パネルで 130 分後, アスファルト路盤で 180 分後には 0℃に達しており, それ以降, 路盤と雪の接触面では融雪が進行している

ものと考えられる。

②供給温水温度 A, B 系統とも 10℃の場合

写真 3 にパネル供給温水温度を A 系統, B 系統とも 10℃とした場合の 40 分後, 80 分後, 100 分後, 120 分後の融雪状況をそれぞれ示す。主なデータは以下のとおり。

日 時 : H7 年 2 月 27 日, 5 : 40 運転開始

外気温 : - 4.5℃, 風速 : 0.6m/s, 降雨量 : 0.5mm/h

運転開始後 80 分後には A 系統の H1 ~ H4 パネルについては温水配管上の雪が溶け始めている。120 分後には A 系統はほぼ溶けており, 上記のような環境においては温水温度が 10℃ (175W/m²) においても融雪が可能であることがわかる。また, B 系統は温水出入口温度差および温水流量より算出した放出熱量が 100W/m²前後で少なかったために融雪されるまでには至っていない。

4.2 立ち上がり特性

1) 電気方式

自動運転における通電開始直後のパネル中央部の表面温度

表 3 立ち上がり特性 (電気方式)

日付	時刻	環境	種類	供給熱量 W/m ²	パネル NO.	温度上昇率 ℃/h	温度上昇時間 min/5℃
1 / 29	3:38 ~ 4:20	外気温 -7.8℃ 風速 1.0 m/s 降雨量 2.3mm/h 水分 ON 除雪 ON	4	242.	E2	8.4	47
			4	242.	E3	5.3	57
			F	225.	E5	5.2	56
			F	380.	E9	9.3	32

備考
 1. アスファルト厚さ8cm, NiCu発熱体, ピッチ50mm, 空室気温度13.7℃, 熱供給量 250W/m²における室内での温度上昇率は2.14℃/h, 温度上昇時間は140min/5℃。
 2. 温度上昇時間は-5℃から0℃まで立ち上がるのに要した時間とする。
 3. 4は4要素制御, Fはファジィ制御を示す。

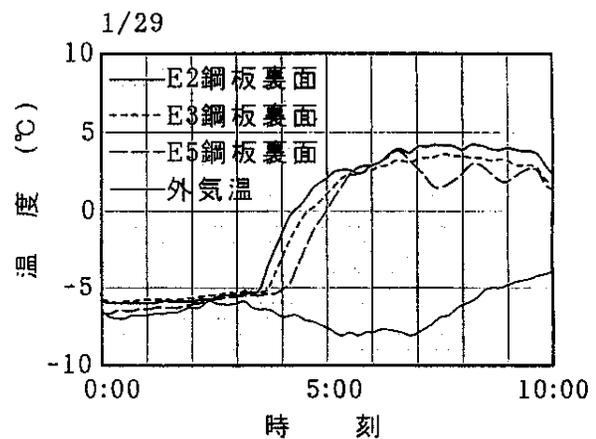


図 7 立ち上がり特性 (電気方式)

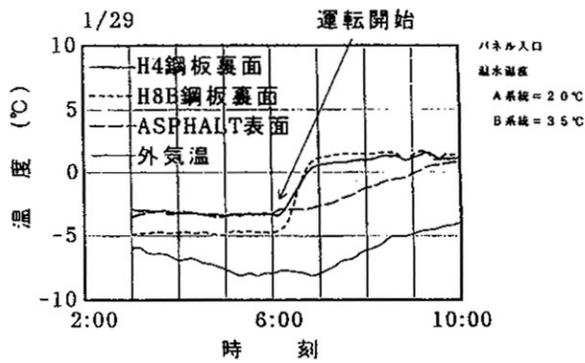


図8 立ち上がり特性 (温水方式)

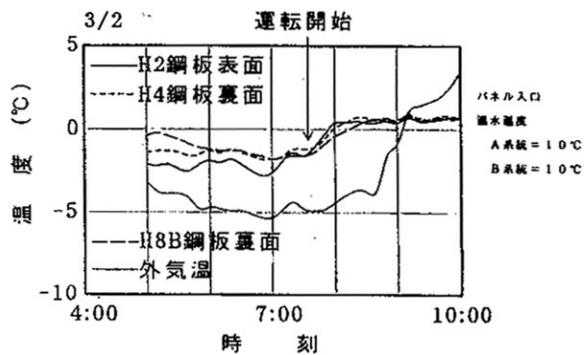


図9 立ち上がり特性 (温水方式)

表4 立ち上がり特性 (温水方式)

日付	時刻	環境	系統 NO.	温水温度 °C	熱量 W/m ²	パネル NO.	温度上昇率 °C/h	温度上昇時間 min/5°C
1/29	6:10 ~ 6:50	外気温 -7.8°C 風速 1.0 m/s 降雨量 0.1mm/h 水分 OK 降雪 OK	2	20	374	H4	5.4	58
			4	35	653	H8B	8.0	38
			5	35	201	AS	1.1	273
3/2	7:30 ~ 8:00	外気温 -4.6°C 風速 0.8 m/s 降雨量 2.3mm/h 水分 OK 降雪 OK	1	10	174	H2	4.0	76
			2	10	171	H4	3.4	88
			4	10	110	H8B	2.1	143

備考
5系統は厚さ10cmのアスファルト路盤。

(鋼板裏面温度)の温度上昇のようすを図7に示す。また、そのときの温度上昇率を表3に示す。

温度上昇率は240W/m²前後の熱量供給では5.2~6.4°C/hであった。表中備考1に示したアスファルトの室内での昇温試験結果と比較すると2.4~3.0倍の温度上昇率を示しており良好な結果を得た。また、380W/m²を供給した覆工板E9パネルにおいては9.3°C/hであった。

温水方式では厚さ10cmのアスファルト盤の表面温度を計測しており、同日同時間帯の温度上昇率は201W/m²の熱量供給で1.1°C/hであった。熱の供給方式が異なるため正確に

は比較できないが概してアスファルトの4~5倍の温度上昇率であるといえる。

-5°Cから0°Cまで上昇させるのに要した時間を温度上昇時間とすると、アスファルトの室内の試験結果では140min/5°C、実際に屋外に設置した温水方式のアスファルトの試験結果では273min/5°Cであるのに対し、鋼板を用いた場合の温度上昇時間は32~58min/5°Cであった。札幌市近郊に実際に設置されているロードヒーティングの予熱温度は一般に-3°C~-5°Cといわれており、今仮に予熱温度を-5°Cとすると、0°Cまで上昇させるには室内の試験結果を用いると140min、温水方式の試験結果では273minかかることになる。その時間内に路面表面温度を0°Cにすれば良いとすると鋼板パネルを用いた場合は、予熱温度設定値を高くても-12°C程度まで下げることができる。このことは鋼板パネルを用いることにより、札幌市近郊においては予熱運転が大幅に減少できるかあるいは不必要であることを示している。

なお、図で温度上昇開始時刻がパネルによって異なっているのは制御チャンネル毎に制御を行っているため、水分センサーの感度調整の差によっては水分を感知するタイミングにずれが生じることによると思われる。

2) 温水方式

自動運転における温水通水後のパネルの鋼板表面、裏面温度の挙動を図8、図9に示す。ただし、図8はパネル入り口温水設定温度A系統=20°C、B系統=35°Cで図9は同A、B系統=10°Cである。また、そのときの温度上昇率を表4に示す。

1月29日のデータで201W/m²の熱量をアスファルト路盤に供給した場合、温度上昇率は1.1°C/hであった。一方、温水入り口温度を10°Cまで下げた場合、供給熱量は170W/m²台となり、そのときの温度上昇率はH2パネルで4.0°C/h、H4パネルで3.4°C/hを示した。このことは温水入り口温度を10°Cまで低下させても従来のアスファルト路盤の3~4倍の温度上昇率を有し、さらに、氷点下5°C程度の外気温度であれば十分融雪が可能であることを実証している。

温水供給温度が10数度の低温度でも融雪が可能であればその熱源として下水道排熱あるいは地中熱の利用も可能となり、さらにランニングコストが低減できると思われる。

4.3 ランニングコスト

1) 電気方式

表5に1月10日から2月28日までの電力消費量およびランニングコストを制御チャンネル別に示す。ランニングコストは冬期間を12月1日から3月31日の122日間とし、上記期間(50日間)より算出した値を122/50倍した数値である。また、図10には1,2月の単位面積当たり電力消費量の推移を示す。

一般的なアスファルトロードヒーティング(電気方式)の

表5 電力消費量およびランニングコスト (電気方式)

	1ch ファジィ	2ch ファジィ	3ch ファジィ	4ch 4要素	5ch 4要素	6ch 4要素	札幌市 公称値
1月 (kWh)	184.8	188.2	359.5	212.7	200.3	371.8	-
2月 (kWh)	42.2	40.3	121.7	126.1	97.8	180.8	-
合計 (kWh)	227.0	228.5	481.2	338.8	298.1	552.6	-
ランニングコスト1 (円/m ² ・50日)	861.5	835.1	782.2	1032	906.1	891.2	-
ランニングコスト2 (円/m ² ・冬)	1887	1550	1800	2518	2258	2175	3950

注記) 1. 1月は10~31日, 2月は1~28日のデータを使用。
 2. ランニングコスト1は1月10日~2月28日までの50日間のデータより算出。
 3. ランニングコスト2は冬期間を12月1日から3月31日までの122日間として算出。
 4. ランニングコストは第2電管電力を使用するものとし, その単価は18.8円/kWhとした。

表6 放出熱量およびランニングコスト (温水方式)

	1系統	2系統	Total	札幌市
1月 (GJ)	2.648	2.485	5.111	-
2月 (GJ)	1.112	1.093	2.205	-
合計 (GJ)	3.760	3.558	7.318	-
灯油換算 (l, η=85%)	127.9	121.1	249.0	-
ランニングコスト1 (円/m ² ・40日)	374	354	364	-
ランニングコスト2 (円/m ² ・冬)	992	939	966	1418

注記) 1. 1月は14~31日, 2月は1~28日のデータを使用。
 2. ランニングコスト1は1月14日~2月28日までの46日間のデータより算出。
 3. ランニングコスト2は冬期間を12月1日から3月31日までの122日間として算出。
 4. ランニングコストは灯油を38円/lとし, ボイラの効率を85%として計算した。

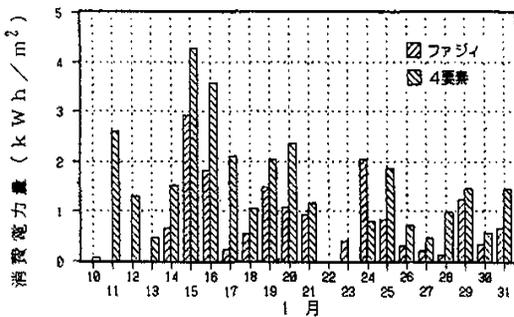


図10-1 消費電力量 (1月)(電気方式)

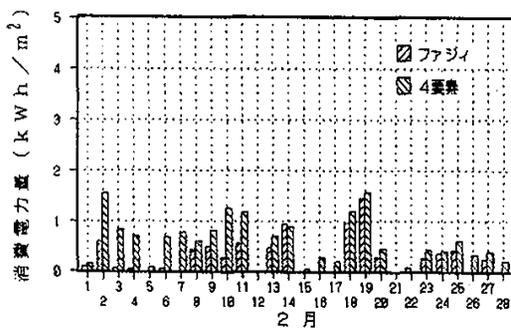


図10-2 消費電力量 (2月)(電気方式)

ランニングコストは3,950円/m²・冬(札幌市)といわれており⁴⁾, それと比較すると鋼板製パネルを使用した場合は約50%のランニングコストの削減ができた。これは, 予熱設定温度を本システムの下限の-10℃まで下げ, 予熱運転を極力減らしたことおよび鋼板の直下に発熱体をおくことで供給し

た熱が効率よく融雪に使用されたことによると思われる。

制御別では, 1, 2, 3チャンネルのファジィ制御および4, 5, 6チャンネルの4要素制御を比較すると, ファジィ制御での一冬のランニングコストの平均は1,737円/m²・冬であるのに対して4要素制御では2,283円/m²・冬であった。これはファジィ制御の方がより厳しい制御を行ったためと考えられるが, 4要素制御においても制御応答性がよいことから融雪, 予熱運転モードの路面温度設定をさらに下げる等により, よりいっそうのランニングコストの低減が期待できる。

2) 温水方式

表6に1月14日から2月28日までのパネル出入口温度差および温水流量より算出した放出熱量および放出熱量の灯油換算によるランニングコストを示す。また, 図11にはパネル出入口温水温度および流量より算出した同期間の単位面積当たりの放熱量を参考として示す。

全体の放出熱量は灯油換算で486.91であった。上記期間に実際にボイラに供給された灯油量は669.2lで有効に使われた熱量は灯油供給量全体の72.8%でやや低い値となった。これは, 運転開始と同時に所定の温度の温水を供給しようとするため, 常に貯湯槽内温度を一定に保つ必要があり雪がまったく降らないときでもボイラを運転する場合があったためと考えられる。

温水方式の場合, H2パネルの路面水分, 鋼板裏面温度によってシステム全体の運転の可否を判断しているため, 3系統(H5, H6パネル直列接続)の下流側のH6パネル上, あるいは5系統のアスファルト盤上に未融雪の雪が残っていても運転を停止する場合があった。また, 4系統の覆工板においては既に融雪が完了しているにも関わらず運転が継続される場合があった。よって, 3~5系統はランニングコストに関しては信頼性に欠けるため, 1および2系統の平均値で

ランニングコストを比較すると（ボイラ効率は札幌市がランニングコスト計算で用いた 85%とする）⁴⁾その平均値は 966 円/m²で従来、いわれているランニングコスト = 1,410 円/m²⁴⁾よりも 30%以上低減されている。また、本試験においては温水供給温度を 35℃, 20℃, 10℃と変化させているが、10 数℃で連続運転させた場合はさらにランニングコストの低減が見込まれる。

- 3) 熱容量が比較的小さいために制御性に優れ、より厳密な制御を行えばさらにランニングコストを低減できる可能性がある。
- 4) 温水方式ではパネル供給温水温度を 10 数℃としても十分融雪できることが確認され、鋼板製パネルを使用することにより熱源として地熱、下水道排熱等低密度エネルギーも利用できる可能性があることが示された。

参考文献

- 1) 北海道融雪工業会：融雪技術ガイドライン（1994）
- 2) 岡ら：鋼板を使用したロードヒーティングシステムの開発，北海道立工業試験場報告（No.294），（1995）
- 3) 澤山ら：ロードヒーティング用ファジィ制御システムの開発，北海道立工業試験場報告（No.294），（1995）
- 4) 札幌市建設局道路維持部：札幌市のロードヒーティング（1988）

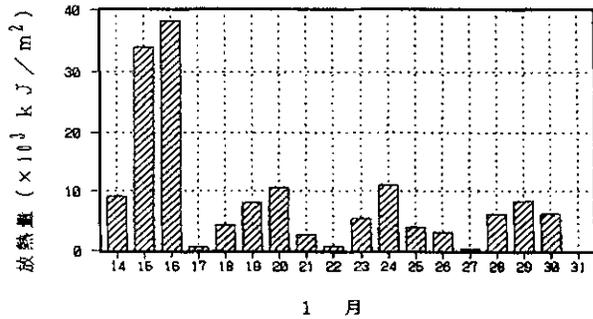


図11-1 放出熱量（1月）(温水方式)

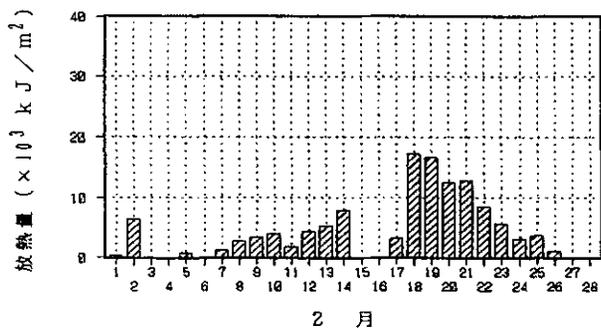


図11-2 放出熱量（2月）(温水方式)

5. まとめ

電気方式，温水方式の2方式について鋼板製ロードヒーティングシステムを設計，製作，施工し，その性能評価のための融雪試験を行った結果，以下のことを把握することができた。

- 1) 鋼板製パネルを使用したロードヒーティングシステムは従来のアスファルトタイプと比較して，鋼板直下に熱源を配置しているため立ち上がり性能が3～5倍と非常によく，そのため予熱運転を大幅に低減できるか，あるいは予熱運転が不必要であると思われる。
- 2) 鋼板と熱源が接触しているため熱源からの熱が熱伝導率の良い鋼板に伝わり易く，効率よく融雪できるため，ランニングコストを従来のアスファルトタイプと比較して30～50%と大幅に低減することができた。