

2分割制御方式によるロードヒーティングシステムの開発

北口 敏弘, 岡 喜秋, 保科 秀夫,
立床永二郎*

Development of Road Heating System with a New Control Method Deviding a Panel into Halves

Toshihiro KITAGUCHI, Yoshiaki OKA, Hideo HOSHINA,
Eijiro TATEDOKO*

抄 録

電気式ロードヒーティングを二つに分割し、タイマにより交互に制御するシステムについて冬期間連続試験を工業試験場試験棟南側舗装道路面で行った。その結果、基本料金は約50%、使用電力量は2/3となり、電力料金が50~60%にまで削減されることがわかった。完全に融雪されるまでの時間はやや長い、家庭用のロードヒーティングを対象とした場合には問題はないと思われる。

1. はじめに

冬期間の平均気温が零度前後あるいは氷点下となり、かつ、累計の降雪量が5mをはるかに超える厳しい気象環境の中で札幌市のような人口100万人以上の大都市が存在することは世界的に見ても非常に珍しい。

最近では郊外にまで都市化が進み広範囲にわたって過密状態にある。そこに降った雪は各家庭の敷地内の雪でさえも大半が車道と歩道の間のごく僅かな隙間に積み上げられる。そ

の結果、車道、歩道が狭まり、また、運転者の視界を遮るものとなって渋滞等の交通障害の一因となっている。

一方、除排雪作業は重労働であり近年ますます高齢化が進んでいることから、その作業の軽減が望まれている。

これらの問題を解決できる最も良い方法の一つとしてロードヒーティングシステムがあげられる。ロードヒーティングシステムは電気方式および温水方式に大別されるが、電気方式は温水方式に比較して、設備費が低コストであること、制御が容易であること、設備が長寿命でメンテナンスが簡単等

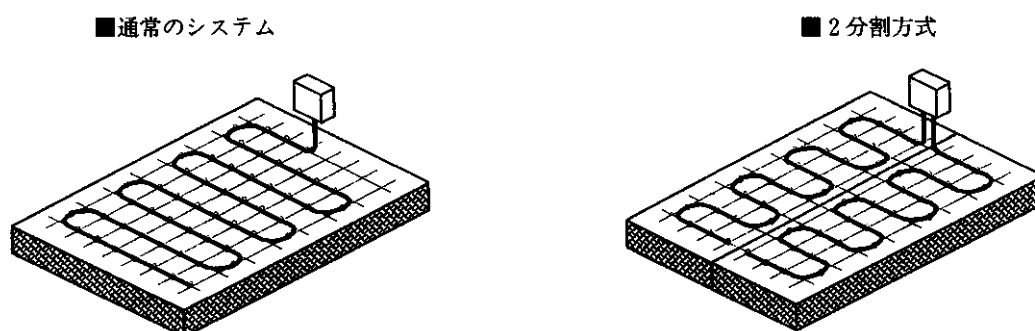


図1 各システムの配線図

*株式会社レイケム

の優位性があるものの、電力料金が低いといった欠点がある。この理由は基本料金が電気料金の約半分を占めることによる。この問題を解決するために、図1に示すように、施工面積を2回路に分割し、タイマにより交互運転を行うことで、電気料金を軽減するシステムについて検討を行ったので以下に報告する。

2. 試験装置および制御方法

2.1 試験装置

2分割方式はタイマにより交互運転を行う。このため、休止状態の面の融雪が完全にできるか、また、逆に運転時間が長くなり、電気料金が多くなると等について検証する目的で冬期間連続試験を行った。試験場所は工業試験場試験棟南側舗装道路面に図2に示すように1面が2m² (1m×2m)の面積の試験舗装を5面施工し、比較試験を行うために、それぞれ次のようなヒータ配置とした。

- A 試験面——2分割方式(樹脂ヒータ,ピッチ:250mm), ヒータ出力 250W/m²
- B 試験面——2分割方式(樹脂ヒータ,ピッチ:250mm), ヒータ出力 250W/m²

- C 試験面——無分割方式(樹脂ヒータ,ピッチ:250mm), ヒータ出力 250W/m²
- D 試験面——無分割方式(樹脂ヒータ,ピッチ:200mm), ヒータ出力 250W/m²
- E 試験面——無分割方式(金属ヒータ,ピッチ:50mm), ヒータ出力 250W/m²

2.2 制御方法

制御は外気温度センサ, 降雪センサ, 地温センサよりなる3要素制御である。2分割方式はこの他に90分で交互運転するためのタイマが制御回路に組み込まれている。地温センサは図3に示すようにヒータ間に埋設されており、この部分の舗装体温度を感知して制御する。

A, B, C, E 試験面の制御は、表1に示すように降雪のない時は2℃~5℃の間で予熱運転を行っているが、降雪センサからの降雪信号が入ると、降雪運転になり5℃~8℃の間で降雪運転を行う。2分割方式では温度の低い面がonになり、90分間運転されるが、その面が5℃を超えると90分以内でも自動的に切り替わる。また、降雪があっても地温が設定値以上の場合は電源は入らないが90分間で回路を切り替える構造になっている。また、降雪センサには外気温度セン

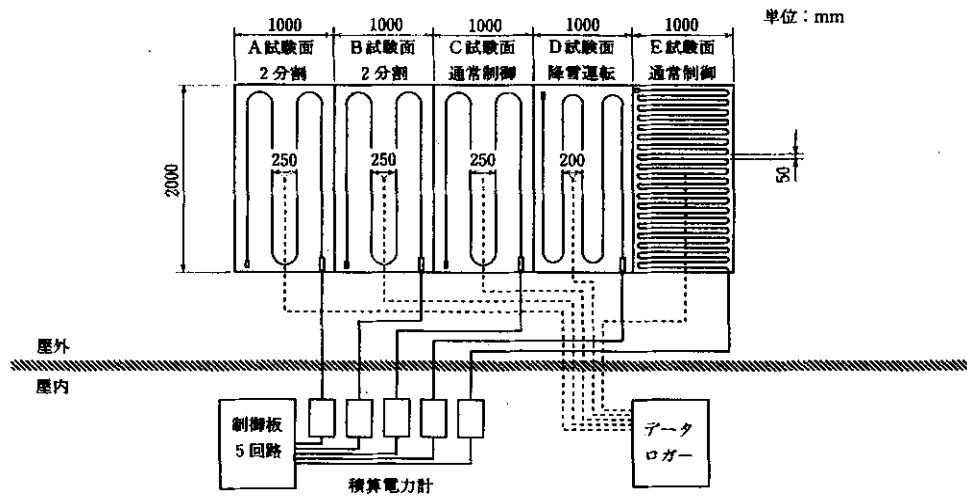


図2 試験面配置図

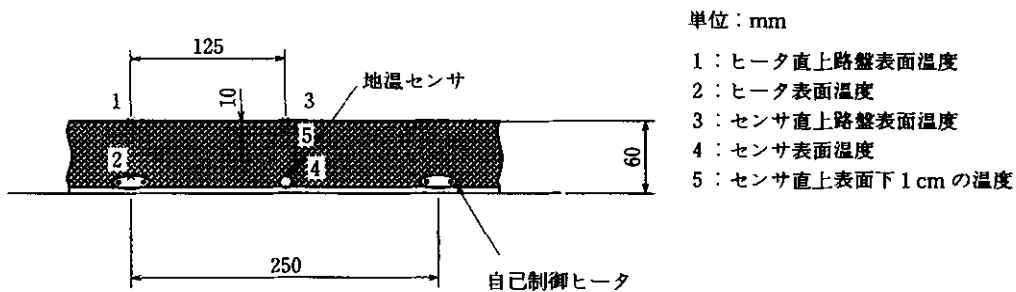


図3 センサ埋設箇所

表1 制御方法

試験面	A, B	C, E	D
方式	2分割 (90分切替え)	分割なし	
降雪運転	路面温度 5~8℃		降雪があれば運転。降雪強度により30~180分の追加運転。
予熱運転	路面温度 2~5℃		

サが付加されており、5℃以上になると降雪出力を雨と判断して、融雪運転は行わない。

D試験面の制御の予熱運転は、A、B、C、E試験面の制御と同じであるが、降雪があると、地温に関係なく電源が入る。また、降雪強度により30分から3時間の間で追加運転される。

3. 試験結果および考察

3.1 各部の温度の挙動

図3に示したとおり各試験面にはそれぞれ①ヒータ直上路盤表面温度、②ヒータ表面温度、③センサ直上路盤表面温度、④センサ表面温度、⑤センサ直上表面下1cmの温度の計5点計測している。それらの挙動について平成8年2月6日のデータを例にとり以下に説明する。

図4、5に2月6日の風速、外気温度等の気象状況のグラフとともに各部の温度の挙動を各試験面ごとに示す。

2月6日の雪は2時頃に降り始め4時過ぎに一旦止むものの5時過ぎには再び降り始めている。13時以降のデータがとぎれているが14時30分頃降り止んでいる。外気温度は

0℃±2℃。風は一日中ほとんど吹いていない。また、日射は7時頃から上昇しているが他の晴天の日の最大値の1/70程度であることから、13時まではほとんど日は射していないと思われる。

3.1.1 A、B試験面(図5-1、5-2参照)

図中のセンサ記号A2、B2はヒータ表面温度を示すもので、通電されたか否かはこの温度の挙動より判断できる。両図よりA、B試験面に90分間隔で交互に通電されていることがわかる。A1、B1はヒータ直上路盤表面温度を示すもので、通電された直後の2時頃は0℃付近であるが、4時をすぎると2~3℃まで上昇し、それ以降通電されるごとに温度が上がり、その上がり幅は次第に大きくなっている。これは、ヒータ直上では融雪が進行し、雪が路面上になくなったことを示すものである。一方、センサ直上路盤表面温度は15時頃まで上昇していない。センサ直上では15時まで完全に融雪されることがなかったと思われる。ヒータ直上では通電断後温度が0℃まで下がっているが雪が再び路盤を覆うためと思われる。

3.1.2 C試験面(図5-3参照)

2時前に通電が開始され10時30分まで連続通電されている。ヒータ表面温度は通電直後から5℃前後であり、ヒータ直上路盤表面では降った雪がすぐ融け、表面が雪で覆われることが無かったと判断できる。センサ直上路盤表面温度はヒータ通電直後から0℃付近となっている。雪がセンサ直上路盤表面を覆っているからであり、雪が表面から無くなるのは温度が0℃以上となる10時以降である。10時半頃センサ温度が降雪運転制御温度8℃に達し、通電が断たれている。その後は雪が降るものの余熱により融雪されていると思われる。

A、B試験面と比較すると、融雪が完了するまでの時間はC試験面の約9時間に対し、A、B試験面では約13時間と長

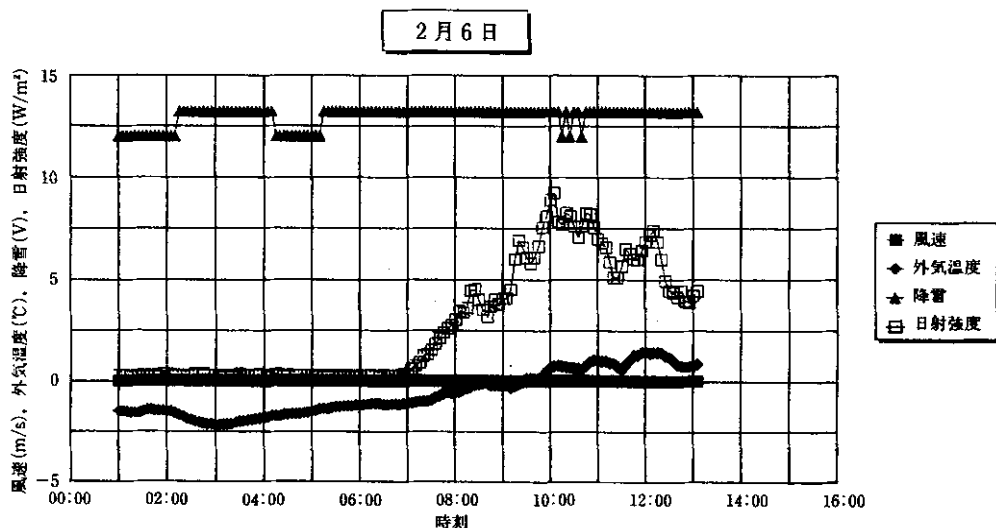


図4 2月6日気象状況

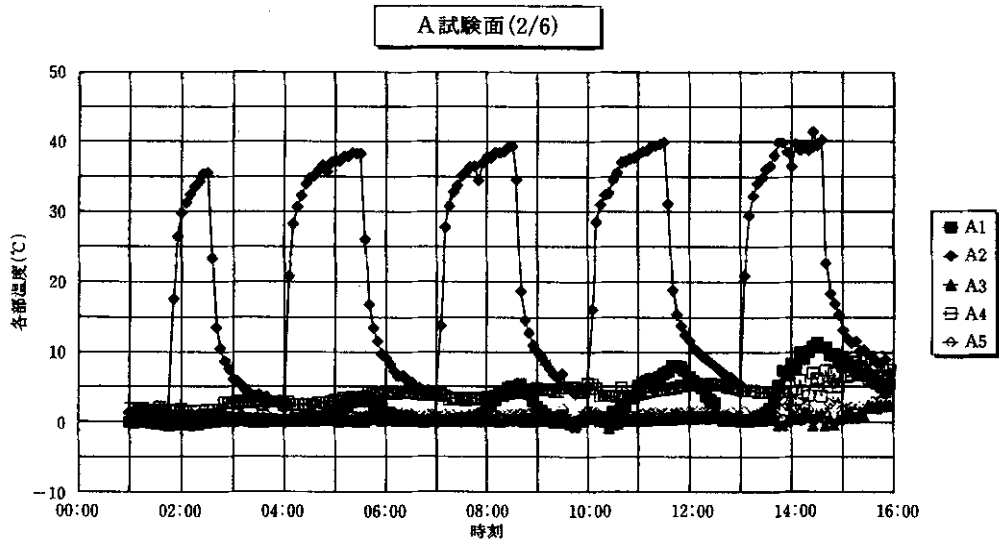


図 5 - 1 A 試験面の各部温度

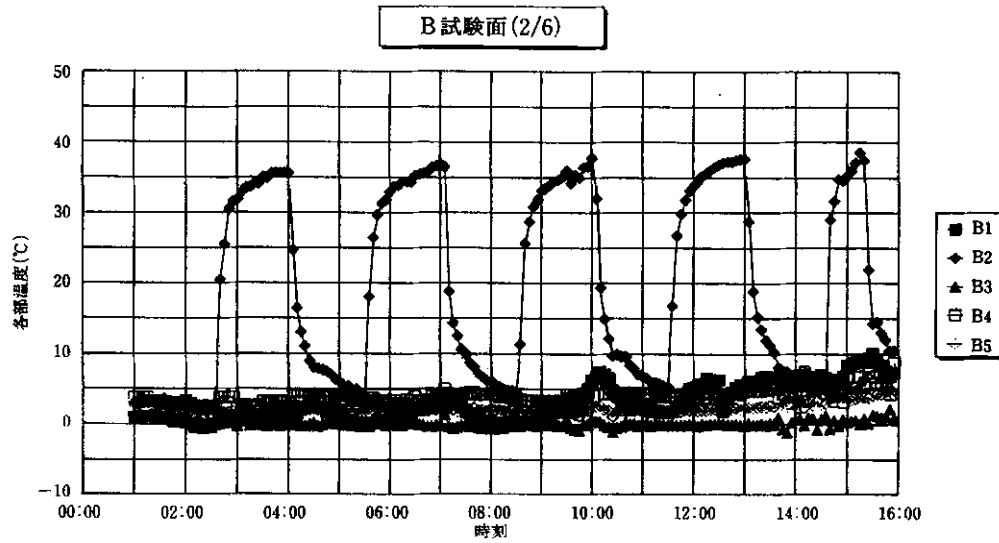


図 5 - 2 B 試験面の各部温度

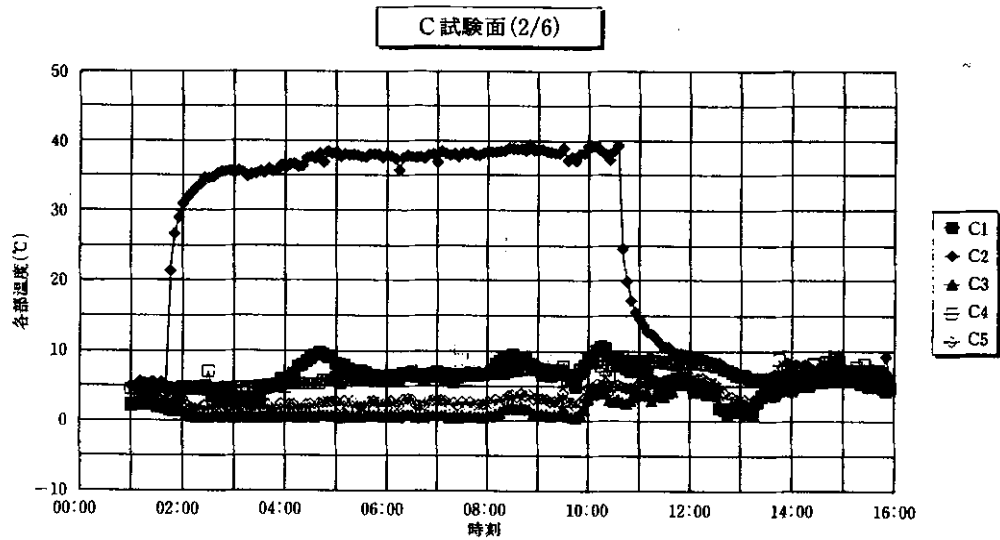


図 5 - 3 C 試験面の各部温度

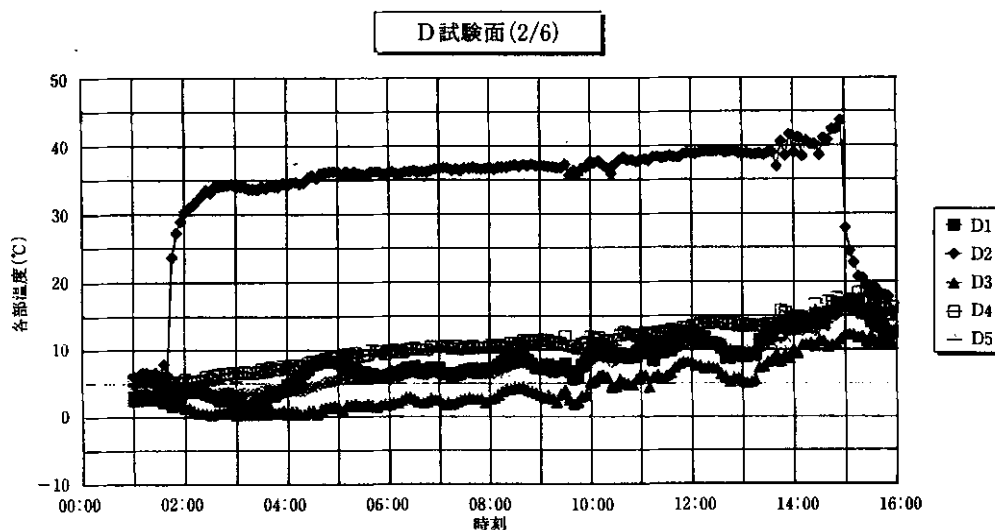


図 5 - 4 D試験面の各部温度

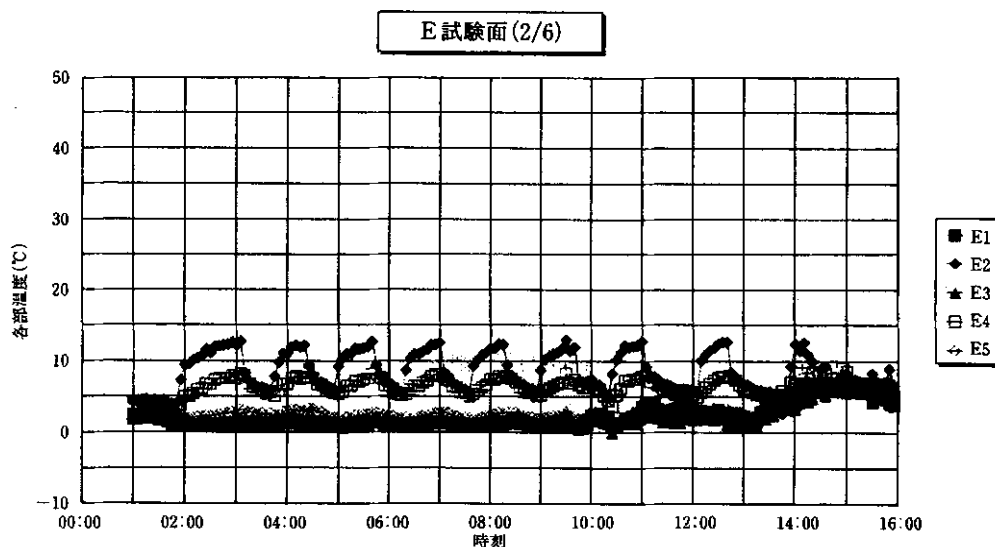


図 5 - 5 E試験面の各部温度

いが、通電時間はA、B試験面の方が約7時間と短い。この理由については後述する。

3.1.3 D試験面 (図5-4参照)

D試験面は降雪があると路面温度に関係なく通電されるため、センサー温度が10℃以上に達しても通電され続け、雪が降り止んだ14時30分以降もさらに追加運転されている。センサ直上路盤表面温度(D3)を見ると5時頃にはプラスになっていることからセンサ直上路盤表面の雪はその頃既に無くなっていると考えられる。

3.1.4 E試験面 (図5-5参照)

E試験面はヒータピッチが50mmと短く、その中間にセンサを配置しているためセンサの温度の上昇が速く、雪が降り続けていても頻りにオンオフを繰り返している。C路盤と比較すると融雪が完了するまでの時間は13時間弱と長い、実通電時間は約6時間と短くなっている。

3.2 電力消費量

3.2.1 電力消費量

冬期間連続試験の結果として1996年1月と2月の2m²当たりの電力消費量、降水量、平均気温を図6、7に示す。この結果から最も電力消費量の少ないのはA、B試験面とE試験面であることわかる。C試験面は2分割方式と同じ制御をしているが、A、Bの試験面より電力消費がやや多い。D試験面は他と比較してかなり消費電力は多い。E試験面についてはA、B試験面と同程度である。表2に1月、2月の試験面別の電力消費量を示す。

この結果よりD試験面の制御は、2分割方式に比較して2倍の電力消費があることがわかる。2分割方式は、同じ制御で無分割方式に比較して30%程度少ない、この理由としては以下のことが考えられる。

先に示した図5においてヒータ直上路盤表面温度に注目す

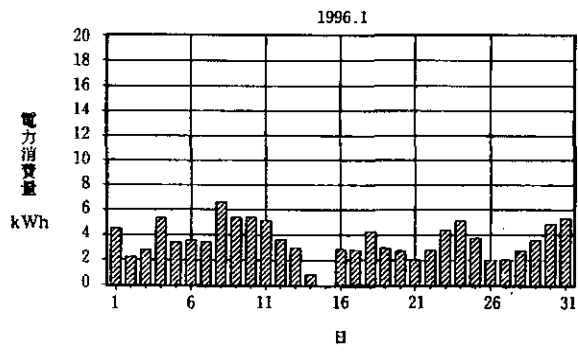


図 6-1 AB 試験面電力消費量

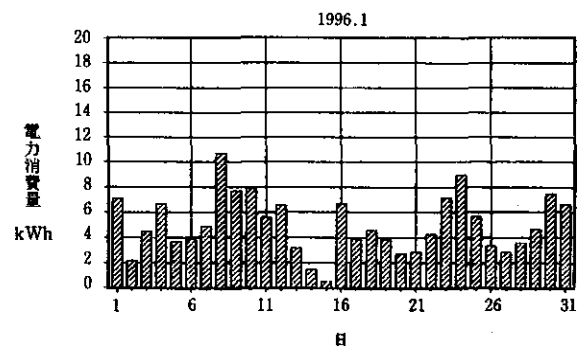


図 6-2 C 試験面電力消費量

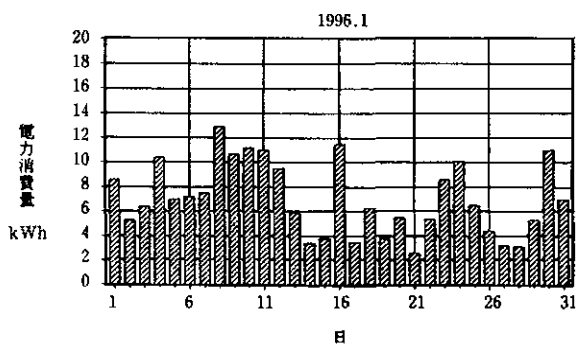


図 6-3 D 試験面電力消費量

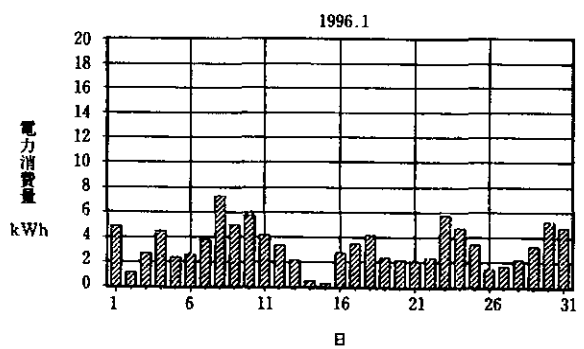


図 6-4 E 回路試験面電力消費量

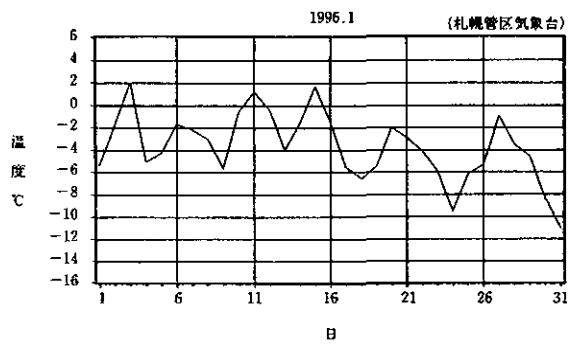


図 6-5 日平均気温

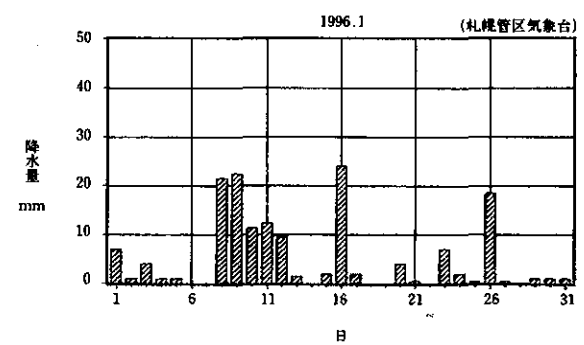


図 6-6 降水量

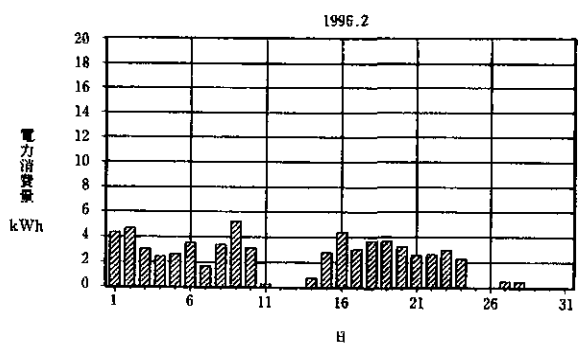


図 7-1 AB 試験面電力消費量

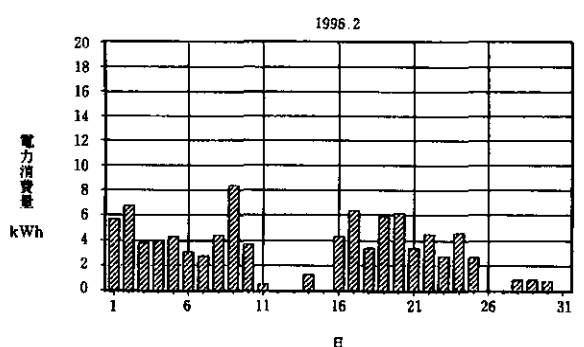


図 7-2 C 試験面電力消費量

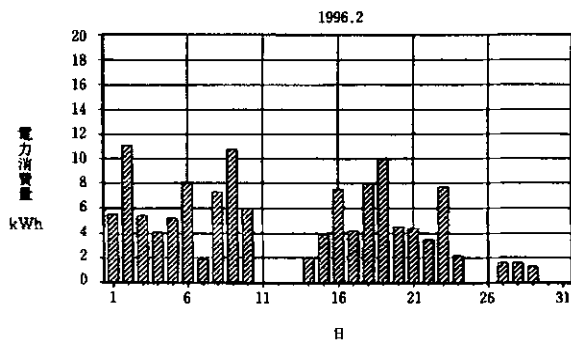


図 7-3 D試験面電力消費量

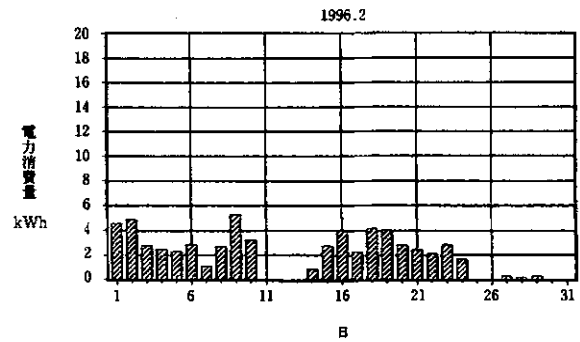


図 7-4 E試験面電力消費量

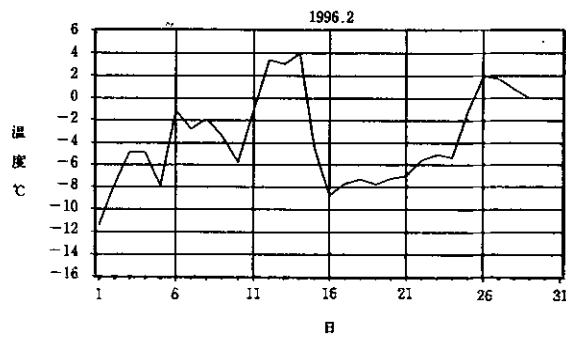


図 7-5 日平均気温

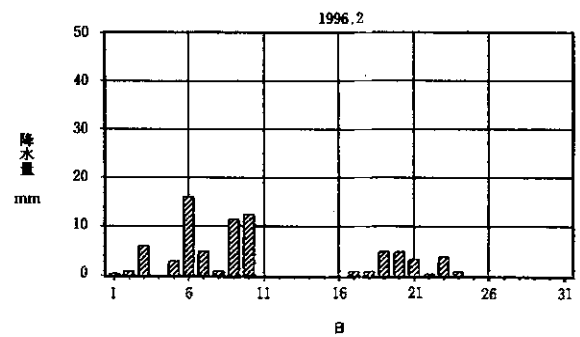


図 7-6 降水量

ると、C 試験面では 5 ～ 10℃の間で長時間運転されている。路盤表面温度が高いことは表面に雪がないことを意味しているが、これは路盤表面が直接外気と接触しているため外気に熱を奪われていることを示すものである。一方、A 試験面の場合、ヒータ直上路盤表面温度は通电されて約 1 時間後に上昇し始めたところで、交互運転を行っているため制御が B 試験面に移行し、電源断となる。その結果、雪が再び積もりはじめ再度通电されるときは路盤表面が雪で覆われた状態となる。これによって付加された熱は外気に放散されることなく雪に伝えられると考えられる。よって、2 分割方式は従来の無分割方式と比べて、加えたエネルギーを効率よく雪に伝達することができると考えられる。

3.2.2 電気料金の試算

2 分割方式の電気料金の試算した結果を表 3 に示す。ただし、試算条件は融雪面積 10, 20, 30m² の 3 種類について期間

の通电時間 600 時間、融雪電力 B (旧第 2 融雪電力、16 時から 21 時までの間で 2 時間通电を遮断)、期間 4 ヶ月間、無分割方式に対する 2 分割方式の電力使用量の割合 2/3 (表 2 より)、力率割引 5% (基本料金にのみ適用)、センサー割引 12% (基本料金 + 使用料に適用) とした。なお、基本料金は 3 ヶ月までは 1,520 円/kW、それ以降は 380 円/kW、使用料金は 8 円 07 銭/kWh (平成 8 年 1 月より)。

2 分割方式は無分割の従来方式に比較して施工面積によって多少差異はあるものの電力コストは 50 ～ 60% となることがわかる。

表 2 消費電力量 (kWh)

試験面	1 月	2 月	備 考
A	112.4	69.5	2m ² 当たり
B	108.0	65.7	
C	156.5	95.6	
D	218.6	127.8	
E	103.3	63.8	

表 3 電気料金の試算 (円)

融雪面積/方式	基本料金	使用料金	合 計	
10m ²	2 分割	4,693	8,070	11,231
	通常	14,079	12,105	23,042
20m ²	2 分割	14,079	16,140	26,593
	通常	28,158	24,210	46,084
30m ²	2 分割	18,772	24,210	37,824
	通常	42,237	36,315	69,126

計算条件：運転時間 600 h, 融雪電力 B, 4 ヶ月間, 電力消費率 (2 分割/通常) = 2/3, センサー割引 12%

3.3 融雪状況

融雪の状況については目視により行い、写真により記録した。融雪状況の一例（H8年2月6日）を写真1に示す。写真は降雪があってから7時間半後と降り止んで1時間45分後の状況を示すものである。降雪7時間半後の写真ではC、D試験面はほぼ融けているが、A、B試験面はヒータ直上部のみが融けている。E試験面も融けていない部分が多い。降り止んで1時間45分後の写真ではすべての試験面においてほぼ融雪が完了している。この結果、2分割方式は無分割方式に比べて融雪が完了するまでの時間はやや長いものの、家庭用のロードヒーティングを対象とすれば使用に支障はないものと考えられる。

3.4 外気温度と路盤温度について

予熱運転が行われているときの外気温度とC（ヒータピッチ 250mm）およびE（ヒータピッチ 50mm）試験面の各部の温度を調べてみた。その結果を図8および図9に示す。条件は降雪無し、日射無し、風速 1m/s 未満、C試験面は通電され制御によって通電が遮断される直前 30 分間の平均値、E試験面はオン、オフが頻繁であるため、通電が遮断される直前の値をとった。

図中、凡例にある記号はセンサ番号であり、図3に対応するものである。両者ともに予熱運転モードであり、センサ温度（C4、E4）を2～5℃に保つよう運転されている。

全体的傾向としては、ヒータピッチの大きいC試験面の方が鉛直方向の温度勾配が小さいといえそうである。また、予熱運転において表面温度を0℃に保つ場合には外気温度に



写真1-1 融雪状況 (降雪7.5h後, 雪量2.6cm/h)



写真1-2 融雪状況 (降雪13.5h後, 降り止んで1.75h後)

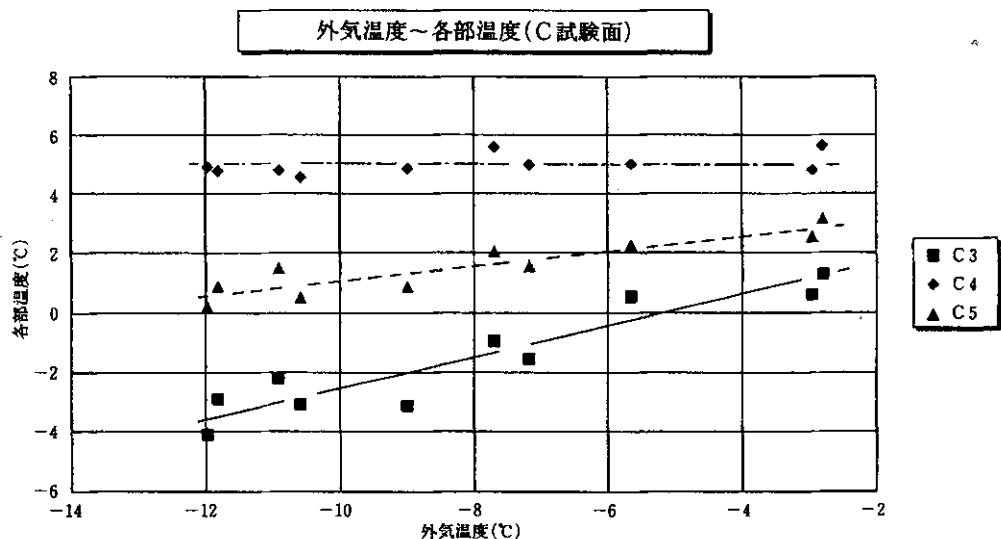


図8 外気温度～各部温度 (C試験面)

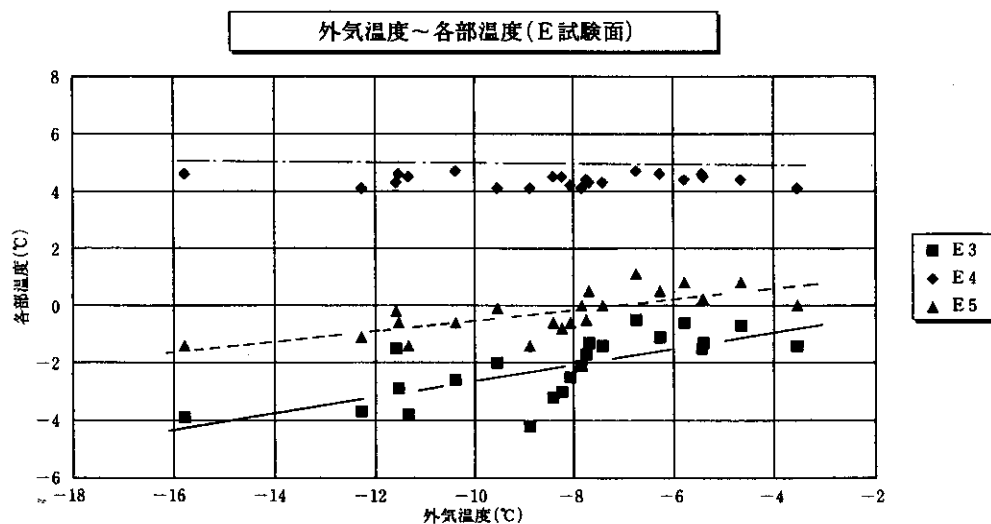


図9 外気温度～各部温度 (E 試験面)

よって温度設定を変更する必要があることが示された。

4. まとめ

以上、2分割方式と無分割方式（従来の制御方式）との比較を目的とした冬期間連続試験を行った結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 2分割方式は無分割方式（従来方式）と比較すると電力コストは50～60%となった。これは基本電力料金が従来方式の半分前後であり、また使用電力量も2/3となるためである。
- (2) 目視による融雪の状況は従来式に比較してやや遅いが、家庭用のロードヒーティングを対象とした場合には支障がないと思われる。