

ロードヒーティングによる冬季路面管理におけるコスト縮減の取り組み

柴田 雄史*1

1 はじめに

札幌市は、196万人の人口を抱える北海道の中心都市である一方、年間約6mもの降雪がある世界でも類を見ない多雪大都市である。

冬期間においても、都市活動の維持や安心・安全な市民生活を確保するためには、雪対策が非常に重要な施策であり、平成29年度は20,378百万円の雪対策関係予算を計上している。雪対策事業の中心は重機で行う除雪および排雪作業であるが、一部の縦断勾配が大きい幹線道路等ではロードヒーティングを設置して、凍結路面対策を行っている。

ロードヒーティングの整備は、昭和50年代にスパイクタイヤによる車粉が社会問題化したことから、脱スパイクタイヤ対策の一環として昭和63年度～平成8年度に集中的に進められた。その後も一部整備が進められ、ピークとなる平成13年度には、約700箇所、約28万㎡を管理するに至った。

しかし、短期間に多くのロードヒーティングを整備したことにより設備の更新が一時期に集中してしまうことや、除雪作業よりもかなり高額な維持管理費が課題としてとらえられるようになり、ロードヒーティング関係予算を縮減することが求められることとなった。

本稿では、札幌市におけるロードヒーティングの運用における効率的な制御手法やコスト縮減の取り組みについて、内容とその成果について述べることとする。

2 札幌市のロードヒーティングの現状および課題

2.1 整備の経過

札幌市では昭和62年にスパイクタイヤの使用を規制する条例を施行したことを受け、昭和63年に幹線道路の坂道でロードヒーティングの整備を開始した。昭和63年度～平成4年度の第1次整備における設置基準は以下のとおりである。

①縦断勾配4%以上

②道道および幹線道路、バス路線、日交通量1,000台以上の路線

平成5年度～平成8年度の第2次整備における設置基準は以下のとおりであり、整備を促進した。

①縦断勾配4%以上

②道道および幹線道路、バス路線、日交通量1,000台以上、幅員10m以上の補助幹線道路、歩道設置済みの道路、交通量が多く地域内の交通確保が特に必要な道路
その後は、改修や維持管理費の増大が課題となったこと、

スタッドレスタイヤの性能が向上し、舗装の改良と凍結防止剤による路面管理で通常の車両走行に支障がないことを確認できたことから、設置基準を見直し、整備の抑制を図ることとした。平成10年度以降の設置基準は以下のとおりである。

①縦断勾配6%以上（急カーブ部は縦断勾配6%以上かつ合成勾配8%以上）

②道道および幹線道路、バス路線、日交通量1,000台以上、幅員10m以上の補助幹線道路、歩道設置済みの道路、交通量が多く地域内の交通確保が特に必要な道路

2.2 現状

平成29年4月時点で、札幌市では52km、221千㎡のロードヒーティングを管理している。そのうち、面積比では電気発熱線方式によるものが84%、ガス温水方式が11%、温泉水を利用したものが5%という割合となっている。

また平成29年度当初予算におけるロードヒーティング関係予算は、維持管理費が1,195百万円、改修費が752百万円となっており、雪対策関係予算の約10%を占めている。

融雪能力は、「降雪量3cm/h、気温-7℃、風速5m/s」という気象条件を設定しており、これに必要な熱量として、電気発熱線方式は250W/㎡、ガス温水式は250kcal/㎡を設計基準としている。厳冬期には能力を超えた気象状況となることもあるが、運転コストを考慮し、ある程度の能力不足を許容した設定となっている。

表-1 ロードヒーティング管理状況

		電気	ガス	温泉	合計
車道	箇所数	324	50	1	375
	延長	28,974	4,747	1,158	34,880
	面積	150,958	23,692	7,675	182,324
路側帯	箇所数	3	0	0	3
	延長	1,505	0	0	1,505
	面積	2,136	0	0	2,136
歩道	箇所数	36	0	1	37
	延長	4,260	0	1,865	6,125
	面積	12,167	0	4,060	16,227
横断歩道橋	箇所数	41	0	0	41
	延長	2,320	0	0	2,320
	面積	3,909	0	0	3,909
階段等	箇所数	93	0	1	94
	延長	7,311	0	17	7,328
	面積	16,397	0	47	16,444
合計	箇所数	497	50	3	550
	延長	44,370	4,747	3,040	52,157
	面積	185,566	23,692	11,782	221,040

*1 札幌市 建設局 土木部 雪対策室 事業課

2.3 課題

ロードヒーティングを維持していくうえでの課題はその高額なコストである。札幌市のロードヒーティング管理延長は52kmであり、除雪延長5,426kmに対する割合は1%弱であるが、雪対策関係予算に対する割合は10%程度という大きな比率を占めている。

コストの大きな部分は光熱費であり、気象状況により変動があるものの毎年10億円弱がロードヒーティングを稼働するために必要である。また、老朽化が進んでおり、故障した部分を修繕しながら稼働させている状況だが、一時期に集中的に整備を行ったため、更新時期も集中することになり、更新コストを確保することが困難となりつつある。



写真-1 故障により雪が残っている状況

3 コスト削減の取り組み

3.1 運転制御手法

ロードヒーティングの運転にあたっては、必要なタイミングのみに稼働するよう制御することが重要である。

札幌市では市内および市外近郊に気象状況を自動的に観測する「マルチセンサー」を設置し、得られる気象データ（降雪・気温・風速）等を活用して地域別の気象予報を行うことにより、効率的かつ円滑な除雪業務の実施や効率的なロードヒーティングの制御を行っている。

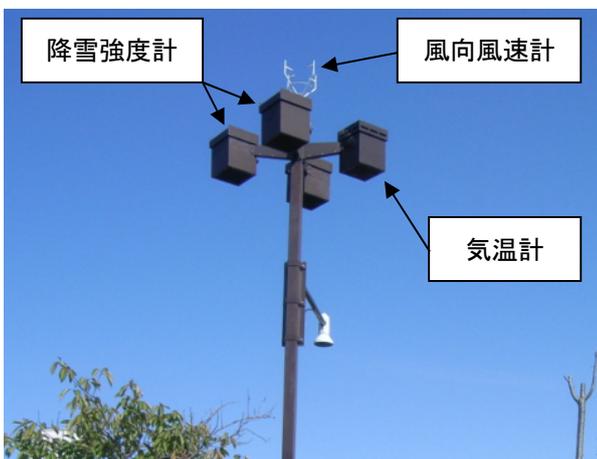


図-1 マルチセンサー

マルチセンサーは雪雲の進入パターンを考慮したうえで降雪を観測できるよう、市内および市外近郊を4~5kmメッシュとしてそれぞれのエリアに配置することとし、現在は47基が稼働している。

ロードヒーティングの運転にあたっては、これらのマルチセンサーから得られる気象データ、マルチセンサーの情報を踏まえた地域別の気象予報、ロードヒーティング設置箇所から得られる情報を基に制御を行っている。

具体的には、マルチセンサーから得られる気温・降雪情報・風速情報、気象予報情報、現地から得られる路面温度・路面水分情報を取り入れており、6要素にて制御を行うことで、効率的な運用に努めているところである。

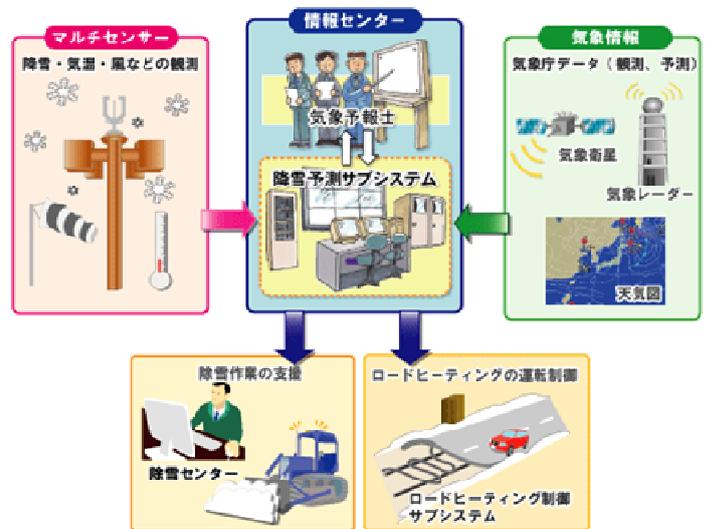


図-2 ロードヒーティング制御イメージ

ロードヒーティングの運転および停止の判断におけるフローチャートは図-3のとおりであり、それぞれの箇所ですべて自動制御を行っている。

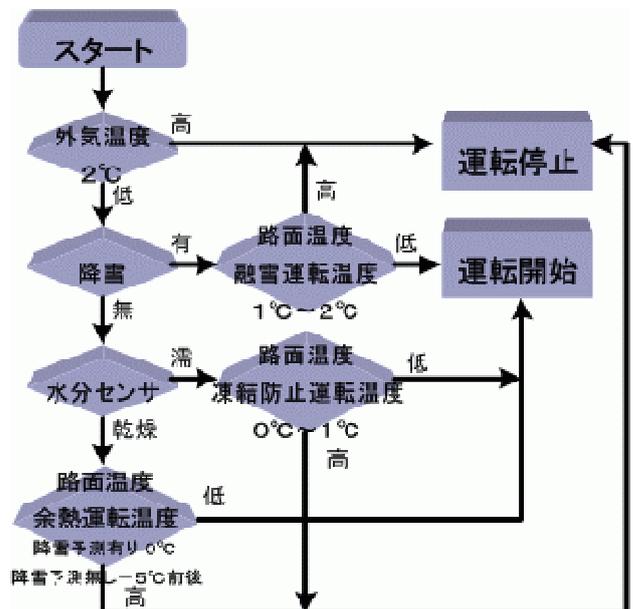


図-3 ロードヒーティング運転フロー

6要素制御による運転と、現地の情報のみによる運転の運転時間の差のイメージを図-4に示す。降雪予測情報があることにより、雪が降る前に余熱運転が可能となり、融け遅れない安全な路面状況となる。降雪予測がない場合に融け遅れない安全な路面を実現するには、余熱運転をかなり高い温度で設定しなければならず、非効率的な運用となる。

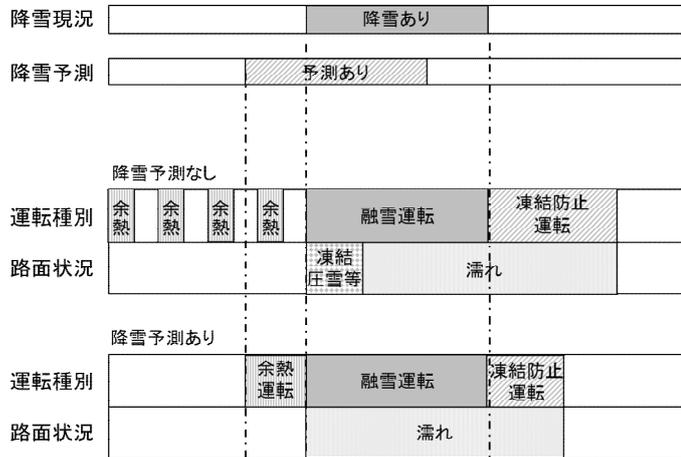


図-4 6要素制御運転イメージ

3.2 路面管理手法の変更

ロードヒーティングの整備を始めた当時は、スパイクタイヤが一般に普及していたこともあり、脱スパイクタイヤ社会へ移行するためにロードヒーティングの整備が進められた。

しかし平成10年度以降、スタッドレスタイヤや舗装の性能向上、維持管理費や改修費の増大などを踏まえ、ロードヒーティングの設置を抑制し、凍結防止剤散布などによる路面管理を基本とすることとした。

その後も舗装改良と凍結防止剤の散布強化による路面管理を数路線で試験施工し、平成14年度以降は縦断勾配6%以下の区間において既設ロードヒーティングの停止を進めている。

ロードヒーティング停止箇所の舗装は、すべり止め効果が高く、耐久性にも優れた高機能砕石マスチック舗装等の特殊舗装を新設している。高機能砕石マスチック舗

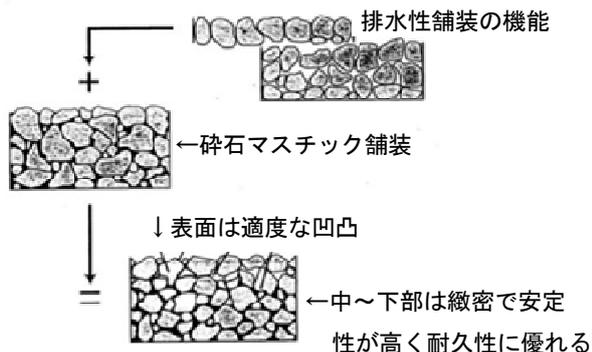


図-5 高機能砕石マスチック舗装

装は表面の適度な凹凸により、凍結防止剤の路面残留時間が一般舗装や排水性舗装よりも長く、凍結防止剤の効果が長く持続する。

凍結防止剤の散布については、通常の区間では1日1回の散布であるのに対し、ロードヒーティング停止区間は1日4回の散布に強化し、通常の車両走行に支障のない路面管理を目指している。

なお、路面管理手法の変更後は、すべり摩擦係数の測定と目視による路面性状調査を行うことにより、安全性の確認を行っている。安全性の検証においては、札幌市が目標としている路面管理基準（表-2）を基に評価することとし、ロードヒーティング停止箇所は道路種別に関わらず路面水準4であれば問題なく路面管理を行っていると判断する。

表-2 冬期路面管理基準と路面水準

道路種別	主要幹線・幹線	補助幹線	生活道路	-
路面水準	路面水準4	路面水準3	路面水準2	路面水準1
路面分類	こな雪、つぶ雪、シャーベット	圧雪、つぶ雪下層水板	氷膜、こな雪下層水板、水板	非常に滑りやすい氷膜、水板、圧雪

ここで路面水準4とは以下の①または②に該当する路面とする。

- ①すべり摩擦係数が0.3以上
- ②すべり摩擦係数が0.25以上かつ目視路面分類が「こな雪、つぶ雪、シャーベット、湿潤、乾燥」のいずれか

以上の指標により、過去にロードヒーティングを停止した箇所の調査結果は表-3のとおりであり、概ね路面管理が行えているものの、気象状況によってはさらに対策を行うべき箇所もみられた。

表-3 ロードヒーティング停止箇所のすべり抵抗値

年度	計測区間	計測回数	計測結果	
			①および②に該当	①および②に該当しない
21	10区間	450回	426回 (94.7%)	24回 (5.3%)
22	14区間	280回	236回 (84.3%)	44回 (15.7%)
23	12区間	494回	426回 (91.7%)	68回 (8.3%)
24	22区間	440回	406回 (90.5%)	34回 (9.5%)
25	13区間	233回	226回 (97.0%)	7回 (3.0%)
26	9区間	172回	166回 (96.5%)	6回 (3.5%)
27	7区間	238回	233回 (97.9%)	5回 (2.1%)
28	4区間	236回	211回 (89.4%)	25回 (10.6%)

これまでのロードヒーティング停止の実績を表-4に示す。平成28年度までに停止した面積はピーク時の面積の約1/4にあたる68,973㎡であり、仮に平成28年度にもこれらのロードヒーティングが稼働した場合は、さらに約3億円の光熱費が必要だったこととなり、大きな削減効果が確認できる。

表-4 ロードヒーティング停止実績

年度	H14～H25	H26	H27	H28
停止箇所数	147	6	3	4
停止面積(㎡)	63,099	3,229	1,603	1,042

3.3 間欠運転の実施

平成23年の東日本大震災が契機となり、原子力発電の稼働が見送られる中、札幌市においては特に冬期間の電力需給状況が逼迫することが予想され、ロードヒーティングについても節電対策が課題となった。併せてロードヒーティング光熱費の削減も課題であったため、対策に取り組むこととした。

なお、平成22年度の札幌市の市有施設における電気使用量は約7億kwhで、そのうち雪対策施設が0.6億kwhと全体の約9%を占めるため、ロードヒーティングの節電効果は大きいことが想定された。

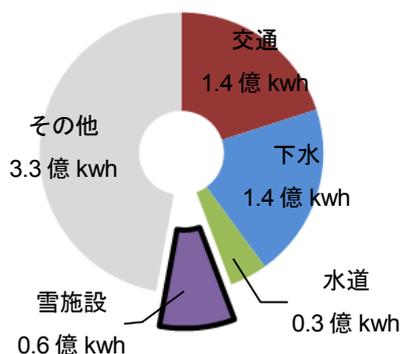


図-6 市有施設電力使用量 (H22年度)

そのため、6要素制御に加え、通電を短時間刻みで止める制御方法を検討した。具体的には図-7のように40分間連続で運転した場合、次の10分間を強制的に運転を停止する間欠運転により、一定の節電が図れるようシステムの改良を検討したものである。

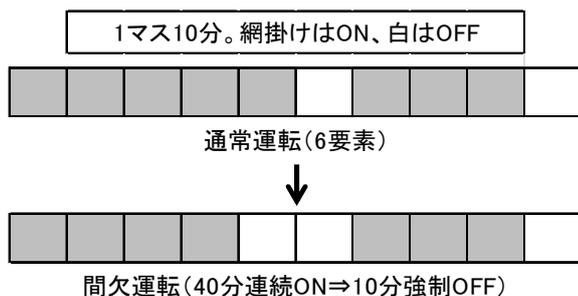


図-7 間欠運転イメージ

平成24年度に運用開始するにあたって、安全性を確認するため、まず過去のデータより、運転後に10分間停止しても急激な路面温度低下としないことを確認した。その後間欠運転の状態を手動で再現し、融雪状況を現地を確認した。

現地調査の結果、凍結路面が発生しないことを確認したため、平成25年1月に、日中(9時～16時)の時間帯において間欠運転による制御方法に変更することとした。

平成25年2月には夜間においても試験運転を実施し、路

面管理に問題ないことを確認したため、平成25年3月からは夜間についても間欠運転を実施した。

平成25年度以降は、1月・2月の厳冬期は安全性に配慮し日中のみ、それ以外の時期については24時間間欠運転を実施しているところである。これまで、間欠運転の実施に伴う市民からの苦情、事故の報告もないことから、安全性については問題がないものとして考え、運用を継続している。



写真-2 間欠運転実施前後の比較

節電効果を算出するにあたっては、間欠運転の実施箇所について、本来の通常運転での稼働時間(実運転時間と間欠運転時間)に対する強制停止した時間の割合を指標とした。平成24年度以降の節電効果は表-5のとおりである。

表-5 間欠運転による運転時間削減率

	H24	H25	H26	H27	H28
削減率	3.6%	6.7%	6.7%	5.1%	4.8%

平成28年度において、運転時間の削減率が使用電力量の削減率と同じと仮定した場合は、約5千万円の削減額であったと試算される。

4 今後の課題

ここまで本稿にて札幌市のロードヒーティングにおけるコスト削減の取り組みについて述べた。これまでは高い効果が得られてきたものの、これらの取り組みのみでは今後は大きなコスト削減は見込めない状況にある。例えば路面管理手法の変更については、平成14年度以降継続的に取り組んだ結果、ロードヒーティングを停止可能な箇所は停止しており、現存するロードヒーティングは安全性を考慮するとほぼ維持していく方向である。

今後は、下水熱や地中熱など、新たなエネルギーの活用も視野に入れて光熱費の削減を検討していきたいと考えている。しかし新エネルギーの活用にあたっては、必要な熱量の確保やイニシャルコストに関する課題も多く、技術革新に期待するとともに、動向に注視し継続的にコスト削減に向け取り組む所存である。