24. 札幌市都心部における融雪施設を活用した雪対策のあり方に関する研究

A Study on Measures of Snow Removal by the Snow Melting Facilities in Sapporo City Centre

井坂和広*・村木美貴**

Kazuhiro Isaka*, Miki Muraki**

Walkable and movable city centre is desired by removal of snow in the snowy cities. Tackling this issue, these local governments have promoted to clear the snow and build snow melting facilities. Because the cost of snow removal is rising, economically effective way of removal should be considered. The purpose of this study is to clarify the measures of snow removal, using melting facilities under the cost efficiency. In this paper, we firstly clarified the actual situation and current measures of snow removal, followed by the analysis of effective snow removal and melting facilities under the cost efficiency during winter. As a result, we found out the importance of reduction of transport cost also construction of snow melting facility with hot water from district energy systems.

Keywords: snow countermeasure, snow melting facility, cost efficiency, Sapporo City
雪対策、融雪施設、経済性、札幌市

1. はじめに

我が国の豪雪地帯では、冬期の積雪が市民生活・経済活動に大きな影響をもたらすため、各自治体には効率的・効果的な除雪・排雪・融雪等の雪対策¹⁾の実施が求められている²⁾。特に、中心市街地には多くの都市機能と人が集積することから、移動しやすい都市空間の必要性は高く認識されている³⁾。また、我が国では近年増加した外国人旅行者が観光名所を巡る際、積雪を敬遠することが懸念されており、移動しやすい都市空間形成は観光面からも求められている⁴⁾。

中でも、政令指定都市でありながら豪雪地帯に位置する札幌市では、除雪、排雪、融雪のためのいわゆる雪対策に、毎年150億円を超える費用を計上しているものの、長期的な降雪予測が困難なため、その費用は年による開きが大きいだけでなく、堆積場の郊外化から近年の雪処理費用の上昇が予算の増加を招いている⁵⁾。今後の人口減少と高齢化に伴う歳入の減少から、自治体の予算確保が困難になる可能性が懸念されており、予算の増大を抑えつつ、いかに冬期の都市空間を整備するかが大きな課題となっている。ところで、札幌市では、雪対策の一つの方法として、国内で最も広域なネットワークを持つ都心部の地域熱供給（以下DHC）の温水を活用したロードヒーティング（以下RH）も期待されているものの⁶⁾、こうした融雪施設に要する整備費用は大きく、どのような施設がインフラ投資に見合うだけの効果が見込めるか定かではない⁷⁾。

これまでの雪対策に関する研究は、降雪量と自治体の除排雪経費の関係を示したもの⁸⁾、DHCを活用したRHの導入可能性を評価したもの⁹⁾などがある。しかし、いずれの研究も単一の雪対策手法・融雪施設の活用可能性の経済的分析を行うにとどまっている。そこで、本研究は、融雪施設

を活用した雪対策のあり方を経済性の観点から明らかにすることを目的とする。具体的には、複数の雪対策手法の実施が都市空間に与える効果を検証し、その雪対策に向けた融雪施設の整備の方向性を経済性の観点から明らかにするものである。なお、本研究の対象は豪雪地帯有数の大都市である札幌市のうち、都市機能が集積している都心部（後述、3-2、図3-1参照）とする。

本研究の構成は以下の通りである。まず、札幌市の雪対策に関する予算・施策の調査から、札幌市の雪対策の現状と今後の都心部における施策展開の方向性を明らかにする。次に、その施策の方向性から想定される雪対策実施による雪処理量とその雪対策が都市空間に与える効果の検証を行う。最後に、雪処理に用いる複数の施設整備の検討から、経済性の評価を行い、施策方針に応じた雪対策のあり方を明らかにする。

2. 札幌市都心部における雪対策の実際

ここでは、札幌市の雪対策に関する計画と予算から、札幌市都心部における今後の施策展開の方向性と課題を明らかにする。

2-1. 札幌市の雪対策に関する施策展開

まず、札幌市の雪対策に関連する計画を見る（表2-1）。市は雪対策計画において、除雪・排雪を中心とした雪対策の実施による移動しやすい道路環境の整備を掲げている。また、まちづくり・交通の観点から冬期の道路環境の整備を目指しており、雪対策をいかに行うかが多方面から検討されていることがわかる。その具体的な施策内容としては、都市機能の集積する重要拠点である都心部等で排雪作業の強化による道路の幅員確保や雪処理施設の新規整備、コージェネレーションシステム（以下CGS）排熱を活用したRH

*学生会員 千葉大学大学院 融合理工学府 (Graduate School of Science and Engineering, Chiba University)

**正会員 千葉大学大学院 工学研究院 (Graduate School of Engineering, Chiba University)

の整備など都心部での雪対策のさらなる推進が挙げられている。また、融雪施設整備に対する融資金等経済的支援施策を策定し、融雪を推進していることがわかる。

以上から、札幌市における雪対策の実施においては、冬季の路面環境確保に向けた除排雪の実施を都心部において強化していくこと、融雪施設の整備を推進していくことが求められていると言える。

表2-1. 札幌市の雪対策計画・施策

名称	策定年	推進施策
冬のみづくりプラン	2008	・除排雪の実施による道路環境の確保。
次期冬のみづくりプラン提言書	2017	・都心部での排雪回数の強化。 ・費用対効果を考慮した雪処理施設の整備。
第二次都心部まちづくり戦略	2016	・都心部の冬季の歩行環境の確保。
都心交通計画	2006	・冬季の道路環境の確保。
都心エネルギーマスタープラン	2017	・CGS排熱を活用したRH整備。
歩道RH整備補助金	～2008	・RHを整備費用の一部補助。
融雪施設整備融資金	毎年	・融雪施設整備に対する融資金制度。
道路占有料免除	毎年	・融雪施設に関わる道路占有料を免除。

資料) 各計画より筆者作成

2-2. 札幌市における雪対策の現状と課題

次に、札幌市における雪対策の現状を把握するため、雪対策に係る年間予算を見る(図2-1)。雪対策予算は、除雪・排雪に関する費用と融雪施設等の整備・運用費用に大別され、そのうち除雪排雪費用が近年大きく増加していることがわかる。また、土地利用変化から都心部周辺に確保できる

図2-1. 雪対策関連予算

図2-2. 堆積場の都心部からの距離

堆積場は減少してきている(図2-2)。そのため、今後、都心部における排雪強化で見込まれる雪処理量の増加を郊外部の堆積場へ運搬することは、費用増加に繋がるものと懸念されている。そこで、運搬を伴わず都心部内で処理し運搬費用を抑制するなど、限られた財源を効率的に使う雪対策の検討が必要といえる¹⁰⁾。

以上本章より、札幌市都心部の今後の雪対策では排雪回数の強化及び融雪施設を活用した雪対策を推進していく上でいかに費用を削減した取り組みが行えるかが課題といえる。

3. 雪対策が都市空間に与える影響

ここでは、前章で明らかとなった市の雪対策の方向性から想定される複数の雪対策パターンを設定し、その雪対策

実施による雪処理量と雪対策の実施が冬季の都市空間に与える効果をみる。

3-1. 雪対策パターンの設定

雪対策はその実施頻度と手法により効果に違いが出るため、除雪・排雪の頻度や雪処理方法の違いを示した対策レベルと、道路分類ごとの除雪・排雪水準の組み合わせを考え、それを「雪対策パターン」と定め、複数設定する。

<雪対策レベル>

札幌市は、都心部において除雪・排雪回数の強化を掲げていること、RH等を活用した雪対策の実施を検討していることから⁽²⁾、雪対策レベルとして4つ設定した(表3-1)。

表3-1. 想定する雪対策レベル

対策レベル	名称	概要
I	従来除排雪	現状の除雪・排雪作業の実施。排雪後の雪を運搬し処理。
II	排雪強化	排雪作業の回数を増加。排雪後の雪を運搬し処理。
III	路肩融雪	排雪作業の回数を増加。排雪後の雪を路肩で処理。
IV	路面融雪	除雪せずに路面上で全て融雪。

<道路分類ごとの除雪・排雪水準>

札幌市は、排雪時の確保幅員を車道幅員に応じた道路分類ごとに同一の水準を設定している(表3-2)。そこで本研究においても、この道路分類ごとに同一の雪対策レベルを適用することとする。

表3-2. 道路分類ごとの除雪・排雪水準

分類	車線数	確保幅員	除雪出動基準
主要幹線	6車線以上	4車線以上	前24時間降雪量10cm以上
幹線	4車線	3車線以上	
補助幹線	2車線	1.5車線以上	

資料) 札幌市除雪水準より筆者作成

以上から、道路分類(主要幹線・幹線・補助幹線)ごとに、I～IVのいずれかの雪対策レベルを選択した組み合わせで、計64の雪対策パターンを設定し、以降このパターンごとに評価を行う。なお、各パターンがどこでどのような対策レベルかを明確化するため、主要幹線でI(従来除排雪)、幹線でII(排雪強化)、補助幹線でIII(路肩融雪)を選択する場合の雪対策パターンを「I-II-III」と記す。

3-2. 都心部における雪処理量

ここでは、前節で設定した64の雪対策パターンごとに雪対策実施による都心部全体の年間に処理すべき雪の量を算出する。なお、本研究における都心部は、都心交通計画で定める都心地区とし、その詳細を図3-1に示した。

(1) 雪処理量の算出手順

除雪・排雪・融雪する雪の量は、気象庁の降雪・積雪量統計、GISデータの道路面積から各パターンで

図3-1. 研究対象地と道路分類

排雪運搬・路肩融雪・路面融雪を行う際雪処理が必要な量を道路ごとに算出し、都心部全体の和として示す。なお、各排雪・融雪量は既往研究等を参考に以下のように算出した(表3-3)¹¹⁾。

表3-3. 雪処理量の算出

記号	項目	数値
W	道路幅員[m]	道路ごと
J	除雪確保幅員[m]	幅員ごと
L	道路延長[m]	道路ごと
H	積雪深さ[m]	気象データ
k	新雪・耐雪密度比	3
σ	処理率	0.8
d	自然融雪高さ[cm/日]	3.8
N	堆雪日数[日]	気象データ
K	年間降雪量[m]	気象データ

(A) 従来除排雪

現状の札幌市では年に一度排雪を行っていることから、除雪後の雪は路肩に堆積することを基本とし、年一度、堆雪高さが最も高いとき、堆雪をすべて排雪とする。そこで、除雪した雪の量から路肩に堆積している間、自然融雪で減少した分を差し引いた量を排雪量として、以下のように算出した。

$$V_I = \sum \left(\frac{\sigma \cdot H \cdot W}{k} - (W - J) \cdot d \cdot N \right) \cdot L$$

(B) 排雪強化・路肩融雪

このレベルでは、除雪のたびに道路路肩に積み上げられた雪を全て排雪、または、路肩で融雪するものである。そのため、排雪・融雪量は道路路肩に積み上げる雪の量として算出した。

$$V_{II} = V_{III} = \sum \frac{\sigma \cdot H \cdot W}{k} \cdot L$$

(C) 路面融雪

このレベルでは、RHにより除雪を伴わず直接的に融雪す

るものである。RHにより車両通行可能な水準を維持するためには、降雪が積もるたびに融雪を開始する必要がある。そこで、除雪基準に満たない降雪に対してでも融雪を行うとして、対象道路面積に年間の総降雪量を乗ずることで算出した。

$$V_{IV} = \sum K \cdot W \cdot L$$

(2) 算出結果の考察

各雪対策パターンの年間雪処理量を算出した結果(図3-2)、都心部の大部分を占める幹線の対策レベルに応じて雪処理量が大きく変化していることが分かる。そこで、幹線の対策レベルごとに雪処理量を比較すると、レベルⅠ(従来除排雪実施)と比較して、レベルⅡ、レベルⅢに該当する道路が多い対策レベルでは雪の処理すべき量が大幅に増大していることがわかる。また、レベルⅣ(路面融雪)では、除雪出動基準に満たない降雪10cm未満の場合もRHにより融雪を行うため、その処理量が大きく増加したものである。

3-3. 雪対策の違いが冬期の都市空間に与える影響

次に、前節までの雪対策実施が都市空間に与える影響を評価する。雪対策の実施は、積雪で通行が困難な箇所を活用可能な空間とすることができる。しかし、除雪後の雪を路肩に積み上げることで幅員減少を招く等、排雪頻度・実施箇所など雪対策の違いにより、活用可能な都市空間の面積・期間が異なる。そこで、前節までの雪対策パターンが冬期の都市空間に与える影響を、年間の道路利用可能率で

図3-2. 雪対策パターンごとの年間雪処理量

図3-3. 雪対策パターンごとの道路利用可能率

表す¹²⁾。

$$\text{年間道路利用可能率} = 1 - \sum R \cdot \frac{N}{365}$$

R : 路面閉鎖面積割合、 N : 積雪による路面閉鎖日数

この指標は年間のうち、積雪により道路が封鎖され利用できない期間・面積⁽³⁾の割合を除いた、積雪による支障なく利用可能な空間・時間割合を示したものである。対策レベルを強化し、排雪回数を増加させることで利用可能な期間が上昇すると共に、道路分類ごとに確保幅員が異なるため、面積割合が変動する。この道路利用可能率を雪対策64パターンに適用し、雪対策の違いによる都心部の都市空間に与える影響を評価していく。

パターンごとに算出した結果を見ると(図3-3)、都心部の大部分を占める幹線の対策レベルに応じて道路利用可能率が大きく変化していることがわかる。特に、幹線の対策レベルをⅠ(従来除排雪)→Ⅱ(排雪強化)にした場合、道路利用可能率が最も大きく上昇していることから、幹線における排雪回数の強化は都心部の都市空間に大きく影響すると言える。

ここで、各64パターンの雪処理量と道路利用可能率の関係を見る(図3-4)。対策レベルを幹線でⅠ(従来除排雪実施)から、Ⅱ・Ⅲ(排雪回数強化)にすることで、道路利用可能率は5~15%程度上昇に対し、雪処理量は最大80万m³程度増加している(①)。一方、対策レベルを幹線でⅡ・Ⅲ(排雪回数強化)から、Ⅳ(路面融雪)にする場合、道路利用可能率は5%程度上昇にとどまるが、雪処理量は100万m³以上増加している(②)。そのためレベルⅣは雪処理量が大幅に増加し、対策費用も増加が想定されるものの、都市空間に与える影響はⅡ・Ⅲと大きく変化せず、Ⅱ・Ⅲと比較して投資対効果が小さいと考えられる。

図3-4. 雪処理量と道路利用可能率の関係(幹線対策レベル別)

以上本章より、想定される雪対策パターン実施による雪処理量と、雪対策が都市空間に与える影響が明らかとなった。

4. 融雪施設を活用した雪対策のあり方

ここでは、雪対策の実施にどのような融雪施設を整備すべきか、前節で設定したパターンごとに検討し、自治体の

施策方針に応じて有効な融雪施設整備の方向性を経済性の検証に基づいて行う。

4-1. 雪処理施設整備パターンの設定

まず、整備すべき雪処理施設の組合せを設定する(図4-1)。具体的

には、①熱源として都市ガス・系統電力・DHCを、②排雪・運搬を伴うⅠ・Ⅱ路線の雪処理を堆積場⁽⁴⁾(郊外部)・大型融雪槽(都心部)、③路肩で処理するⅢを小型融雪槽又は路肩RH、④除雪を必要としないⅣをRHにより融雪するものとする。3章で示した64の雪対策

図4-1. 整備施設パターン

パターン毎にこのフローを適用し、活用する融雪施設による経済性の違いを評価していく。

4-2. 雪処理施設の整備規模

ここでは、各パターンのエネルギー需要を算出し、各整備施設の機器システムを考慮した整備規模・熱源容量を明らかにする。また、DHC熱源における余剰・低温排熱の活用と、雪冷熱の活用を検討する。

(1) 融雪施設の容量設定

各融雪施設の容量は、除雪・排雪頻度に応じた雪処理量に対応できる規模とした。

(2) エネルギー供給量の算出

各熱源・施設別に、融雪に必要なエネルギー供給量を明らかにする。

(A) 融雪に必要なエネルギー需要量

融雪に必要なエネルギー需要量は、北海道庁の公表している資料等に基づ

表4-1. 融雪エネルギー需要の算出

記号	項目	数値
ρ	融雪する雪の量[m ³]	各パターン
J	氷の融解熱[MJ/t・°C]	335
E	エネルギー需要量	$\rho \times J$

き、算出する(表4-1)¹³⁾。

(B) 熱源別のエネルギー供給量

前項のエネルギー需要量に熱源・施設別に機器効率等を考慮した各整備施設のエネルギー供給量を算出する。具体的には、電力は系統電力を用いた電熱式ヒーター、ガスは都市ガスを用いたガスボイラによる融雪とする。また、DHC熱源を活

表4-2. 各施設機器効率

機器名	効率・COP
ボイラー	0.9
熱交換器	1.0
融雪槽	0.8
温水式RH	0.8
CGS	0.4
電熱式RH	0.8

用する場合、暖房に使いきれないCGS低温排熱や、運転計画等を考慮した際に発生する排熱余剰の活用を含めたDHC温水の利用とする。なお、DHCが接続可能な箇所は図4-2に示す。DHCへ接続可能な場所は、既存のDHCから熱供給可能な既存のDHC熱導管が通る道路及び熱導管の通る交差点に交わる道路とする。接続が不可能な箇所での施設整備には個別熱源のガスボイラを用いることを想定する。

図4-2 DHC温水活用可能エリア

以上より、各熱源・施設別の機器効率を考慮したエネルギー供給量を算出する。

(C) 雪冷熱の活用

DHCを活用した大型融雪槽および小型融雪槽の整備には、冬期の終わり時期に投雪した雪を雪冷熱として冷水供給することが可能とされている¹⁴⁾。そこで雪冷熱によるエネルギー量を算出する(表4-3)。

表4-3. 雪冷熱の算出条件

記号	項目	数値
a	融雪槽整備規模[m ²]	各パターン
b	雪冷熱原単位[MJ/m ²]	370
c	雪冷熱供給量[MJ]	a×b

(3) 経済性評価の算出

経済性の評価は、年間費用を従来パターンと比較した、費用差額で評価する。

(A) コスト算出の条件設定

各パターンの年間費用を算出するにあたり、必要となる条件を設定する。コストの内訳及び算出方法は以下の通りである(表4-4)。なお、導入を検討する各融雪施設は、札幌市および札幌市で販売実績のあるメーカーの製品情報⁵⁾より条件を設定した。

$$\text{雪対策費用} = \sum [\text{道路延長} \cdot \text{除雪単価} \cdot \text{除雪回数}] \\ + [\text{年間排雪量} \cdot \text{排雪単価}] \\ + [\text{年間運搬量} \cdot \text{運搬単価}]$$

$$\text{減価償却費} = \sum \text{施設規模} \cdot \text{施設整備単価} \cdot \text{償却率}$$

$$\text{維持管理費用} = \text{燃料費} + \text{運用費}$$

また燃料費においては、ガスは北海道ガス融雪契約、電気は北海道電力融雪の料金を用いる。DHC熱源に関しては、余剰排熱・低温排熱を用いない不足分について、それ相当のガスを使用したものとしてガス熱源と同様に費用を算出する。また、雪冷熱による冷水供給については、冷房費用

削減分相当額を年間費用から引いている⁶⁾。以上から、各パターンの年間費用を算出する。なお、年間費用はパターンごとに以下のように求める。これは、イニシャルコスト・ランニングコストを含めた雪対策全体に関わる費用の一年間あたりの値と考えることができる。

$$\text{年間費用} = \text{雪対策費用} + \text{減価償却費} + \text{維持管理費}$$

表4-4. 雪対策・融雪施設単価

分類	項目	値	単位
雪対策作業費用	除雪	2車線:3100 4車線:3900 6車線:4700	円/(回・m)
	排雪(積み込み)	124	円/m
	排雪(運搬)	516	円/m
	大型融雪槽	510000	円/施設規模(m ²)
融雪施設	小型融雪槽	168000	円/施設規模(m ²)
	ロードヒーティング	27000	円/整備面積(m ²)
	堆積場	200	円/年間投雪量
	維持管理費用	維持費	初期費用の3%
	燃料費	熱源ごと	円/年

資料) 札幌市ヒアリングより筆者作成

補注(1) 各融雪施設の単価は熱源機器を含んだ値とする。

補注(2) 耐用年数は30年とする。

(B) 経済性の評価手法

ここで、各パターンにおける経済性の評価手法を定義する。都心部全体で現状の除排雪(I-I-I)を維持し、排雪後の雪を堆積場へ運搬する従来方式と比較した際の費用を「従来年間費用」⁷⁾と定義し、以下の式を経済性の評価指標とする。

$$\text{費用差額} = \text{各パターン年間費用} - \text{従来年間費用}$$

この費用差額は、正の値が大きいほど従来方式より大きな費用負担を強いられることを意味する。一方、負の場合は、従来方式より費用が小さく、経済的負担の軽減につながる場合である。

4-3. 経済性を考慮した雪対策のあり方

ここでは、各雪対策パターンの経済性評価から、札幌市都心部における有効な雪対策のあり方を明らかにする。

まず、3章より道路利用可能率は幹線に指定する対策レベルに依存することから、各パターンを幹線の対策レベルで分類すると(図4-3)、高い道路利用可能率のパターンほど費用が大きくなることが分かる。また、道路利用可能率を高くするほど、同じ値であっても、各パターン間における費用の開きの幅が大きくなることが分かる。特に、道路利用可能率95%を超える黄色で示した「幹線での対策レベ

図4-3. 対策レベルごと道路利用可能率と費用差額

ルⅣ」を取るパターンでは、その開きは大きくなっている。

この開きの要因を知るために、熱源別に経済性評価を見ると(図4-4)、同程度の道路利用可能率を維持する場合、費用差額は電気が最も大きく、ガス、DHCが拮抗していることが分かる。特に、経済性の観点から見れば、ガス・DHC熱源の活用がもっとも期待できると言える。つまり、前述した図4-3に見るレベルⅣを取るパターンで費用の開きの幅が大きかったのは、用いる熱源・施設により融雪に必要な燃料費用に差があったためとわかる。とりわけ雪処理量が大幅に増加する対策レベルⅣにおいては、どの熱源・整備施設を選択するかが経済性の観点から重要と言える。ただし、同じ道路利用可能率・同一熱源でも費用差のあることから、整備施設ごとに経済性の評価を行うことが重要といえる。

図4-4 熱源別の道路利用可能率と費用差額

以上を踏まえ、都心部の雪対策における施策方針を想定し、それぞれにおいて有効な融雪施設整備の方向性を示す。札幌市は、排雪強化及び雪対策費用の抑制を掲げているものの、具体的な目標等は明らかにされていない。そこで、費用抑制を重視する場合、雪対策強化を優先する場合とその両立を図る場合の三つを想定し、それぞれにおける有効な融雪施設整備の方向性を示すこととする。

(A) 費用抑制型

まず、経済性を重視し現在の対策レベル(Ⅰ-Ⅰ-Ⅰ)を維持したまま、費用の最小化を目指すケースを考える。その結果(図4-5)、最も年間費用の小さい雪対策として、DHCを活用した大型融雪槽⁽⁸⁾の整備により約2700万円の費用削減が可能であることが明らかとなった。これは、堆積場へ運搬する費用と比較して都心部内に処理施設を整備・運用する費用の方が小さいことと、融雪槽を雪冷熱に活用できるためと考えられる。

図4-5 費用抑制型の有効な整備施設

(B) 雪対策強化・費用抑制両立型

雪対策を強化し道路利用可能率の向上を図りつつ、従来

の費用以内に収まるパターン(費用差額が負)のものを、両立型として抽出する。その結果、一部道路で排雪強化・路肩融雪を実施する(Ⅲを含む)3つ(Ⅰ-Ⅰ-Ⅲ、Ⅲ-Ⅰ-Ⅰ、Ⅲ-Ⅰ-Ⅲ)が該当した。このうち、従来、費用範囲内に収まる整備施設としては、小型融雪槽・路肩RH・大型融雪槽(DHC及びガス)となっている(図4-6)。特に、主要幹線・補助幹線で対策レベルをⅢとする「Ⅲ-Ⅰ-Ⅲ」では、従来費用範囲内で道路利用可能率を85%まで上昇できる(図3-3)。これは、融雪槽の温水にDHCの排熱余剰、雪冷熱を活用したためである。

図4-6 雪対策強化・費用抑制両立型の有効な施設

(C) 雪対策強化優先型

ここでは、費用増加を許容し、道路利用可能率の向上を優先する場合、どの程度の費用を要するか明らかにする。幹線の対策レベルをⅡ・Ⅲ・Ⅳへ強化するには、いずれのパターンも費用負担を増加する必要があることが分かる(図4-3)。中でも、Ⅱ(運搬回数増)とⅢ(路肩融雪)では、同程度の道路利用可能率では、Ⅲの方が費用は小さい傾向にある。そこで、全ての道路を対策レベルⅡ、またはⅢとする場合(Ⅱ-Ⅱ-Ⅱ、Ⅲ-Ⅲ-Ⅲ)のパターンについて、整備施設別の経済性評価を見ると(図4-7)、堆積場・大型融雪槽などの運搬処理施設と比較して、小型融雪槽・路肩RH等の路肩融雪施設の費用差額が小さく、年間約1億円を追加投資することで都心部全体の排雪強化による道路利用可能率の向上が可能となる。このことから、排雪を強化し

図4-7 雪対策強化型の有効な施設

ていく場合、運搬作業を伴う運搬処理施設の整備よりも、路肩融雪施設の整備が有効と言える。

以上、本章より各雪対策パターンにおける経済性の評価から、想定した雪対策の施策方針毎に最も有効な融雪施設整備の方向性が明らかとなった。また、いずれの施策方針においても、堆積場運搬と比較して、都心部内に整備する大型融雪槽や路肩処理施設等の整備による運搬排雪費用の抑制、DHC への接続による CGS 低温排熱、雪冷熱の利用が経済性の観点から有効であることが明らかとなった。

5. おわりに

最後に、本研究より明らかになったことを踏まえると、融雪施設を活用した雪対策の実施の実現に向けて以下の 3 点が必要と考えられる。

①行政による対策レベルの決定

雪対策の実施は、公共性の高い事業であることから、行政による主導が必要となる。移動しやすい道路空間確保のためには、各道路に対して求める路面環境を行政が決定し、それに応じた最も経済性に優れた雪対策を実施していくことが望まれる。

②運搬費用抑制に向けた融雪施設の整備

従来の除排雪を維持する場合都心部内に大型融雪槽、排雪を強化していく場合路肩 RH の整備により排雪運搬費用の抑制が可能となり、郊外部の堆積場への運搬と比較して経済的に有効であることが明らかとなった。今後の雪対策の実施においては、雪処理量の把握とそれに合わせた堆積場に代わる融雪施設の新規整備を行い、都心部の積雪を都心部内で融雪することが必要と言える。

③雪対策と地域熱供給事業との連携

DHC を活用した融雪施設は、他の熱源と比較して経済的に有効であることが明らかとなった。今後の DHC 拡大に合わせて融雪施設に DHC を活用できるよう、雪対策と都市計画・エネルギー計画との連携が重要といえる。

【補註】

- (1) 雪対策は、道路上の雪を路肩に寄せる除雪、路肩の雪を運び出す排雪、熱源で雪を融かす融雪に分類される。
- (2) 市の雪対策計画である冬の道づくりプランでは、除雪・排雪の強化を掲げ、また整備実績として路肩に RH を整備するもの、除雪せず路面上で融雪するものがあることから 4 つ設定した。
- (3) 除雪出動基準かつ車の通行に支障が出る積雪 10cm 以上の空間時間割合から利用可能率を算出した。
- (4) 堆積場は熱源パターンを選択しないものとし、都心部から最も近い堆積場である都心部から 4 km 地点とする。
- (5) 「札幌ロードヒーティング.com (<http://road-heat.com>)」、「株式会社大沼(<http://www.ohnuma.com/index.html>)」、「有限会社セーブヒーティング(<http://saveheating.net/>)」、「株式会社三菱電機(<http://www.mitsubishielectric.co.jp/>)」の製品情報を参考とし、平均的な単位規模あたりの価格を設定した。
- (6) DHC における雪冷熱の活用は、DHC 事業者が冷水製造に必要なエネルギー料金を削減できるため、市が雪対策の実施による便益として DHC 事業者から徴収することを想定し、年間費用から引いた。
- (7) 対象範囲内の従来年間費用は、年間費用と同様の算出条件で 1.4 億円と算出された。
- (8) DHC を活用した融雪槽は、熱交換器により DHC 熱導管より温水供給を受け、その熱で融雪を行い、融雪後の雪を下水管へ投入するものである。

【参考文献】

- 1) 内閣府 (2017) 「防災基本計画」
- 2) 内閣府 (2017) 「防災白書」
- 3) 国交省 (2012) 「豪雪地帯対策基本計画」
- 4) 札幌市 (2008) 「冬のみちづくりプラン」
- 5) 前掲書 4)
- 6) 札幌市 (2017) 「都心エネルギーマスタープラン」
- 7) 札幌市 (2017) 「次期冬のみちづくりプラン提言書」
- 8) 中前 茂之 (2014) 「除雪単価削減の市町村道への適用可能性と豪雪時の財源確保に関する研究」土木学会論文集土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) vol. 40 No. 4 pp. 32-52
- 9) 小島直人 (2005) 「札幌市における熱供給システムの導入可能性に関する研究」土木計画学研究・論文集 vol. 22 pp. 257-264
- 10) 前掲書 7) p. 12
- 11) 杉森正義 (1992) 「都市の排雪システムのネットワーク解析」日本雪氷学会誌 雪氷 vol. 54 No. 1 pp. 1-9
- 12) 諸橋和行 梅村晃由 (1997) 豪雪都市の除排雪システムの経済性評価-第 3 報 十日町市流雪溝システムの経済性評価- 雪氷 59 巻 1 号 pp. 3-pp. 10
- 13) 北海道 (2012) 「新エネルギーの熱利用分野に関する基礎調査業務報告書」 p. 41
- 14) 日本熱供給事業協会 (2016) 「雪冷熱を活用している熱供給事業」熱供給 vol. 97 pp16-17