

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 10 日現在

機関番号：30108

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560644

研究課題名（和文） 積雪地域における雪対策の環境負荷削減を目指した建築物の配置計画に関する研究

研究課題名（英文） Study on plan of the building aiming at the environmental load reduction of snow measures in the snow area

研究代表者

苫米地 司（TOMABECHI TSUKASA）

北海道工業大学・空間創造学部・学長

研究者番号：40102785

研究成果の概要（和文）：本研究は、冬期間における建築施設の機能維持に関わる除排雪量を軽減するために、(1)配置計画と敷地内における積雪分布との関係分析、(2)大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状調査分析と(3)建築施設計画で削減可能な除排雪量のシミュレーション、を行った。その結果、建築物周辺に形成される吹きだまりは敷地風上側の環境に大きく依存していること、配置計画と除排雪計画で除排雪コストを削減することが可能であること、が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：This study reduces quantity of snow removal about function maintenance of the building institution during the winter season, (1) A placement plan and analysis with the snow distribution in the site of relationships, (2) Present conditions investigation into snow removal analysis depending on the mechanical power in the large-scale building and (3) Simulation of quantity of snow removal operations which I can reduce by a building institution plan in consideration for snow processing. As a result, the following things became clear. The hangout for dropouts formed around a building depending on the environment of the windward greatly from the site, and what can reduce snow removal cost in placement plan and planning for snow removal operations.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：地域施設・雪氷対策

1. 研究開始当初の背景

平成 18 年に発生した豪雪（以下、「平成 18

年豪雪」）では、中国地方や近畿地方の日本海側から北海道までの 15 道府県で積雪の観

測記録を更新する広範囲におよぶ雪害が発生した。その被害をみると、建築物の倒壊・半壊は 42 棟に止まり、死者数 151 人、重軽傷者数 2136 人で、除排雪に配慮した建築計画が不十分なため、除排雪に伴う人身事故が多発し、平成 18 年豪雪の死傷者数は過去の豪雪時よりも増加している。

一方、豪雪で都市機能がマヒ状態になると、市街地における除排雪能力の向上が求められる。しかし、自治体の財政状況を見ると、除排雪能力の向上が望めない。豪雪地帯では、豪雪に至らないまでも大なり小なりの建築に関わる雪害が毎年発生するため、建築施設の機能維持に関わる除排雪量の軽減が求められる。そこで、冬期間における建築施設の機能維持に関わる除排雪量の軽減が望まれ、「雪処理に配慮した建築施設計画」に関する資料の構築が本研究の背景となっている。

2. 研究の目的

本研究では、積雪地域で毎年発生する「冬期間における建築施設の機能維持に関わる除排雪量」を軽減するため、以下の資料を構築することを目的である。

- (1) 配置計画と敷地内における積雪分布との関係性
- (2) 大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状
- (3) 雪処理に配慮した建築施設計画をコスト

面も考慮した削減可能な除排雪量

3. 研究の方法

本研究は図 1 に示す札幌市の 2 つの施設を対象に、研究目的に従って吹雪風洞実験と観察・実測調査を実施した。

(1) 配置計画と敷地内における積雪分布との関係性 (吹雪風洞実験)

配置計画と敷地内における積雪分布 (建築物の配置と周辺に形成される吹きだまり) との関係を検討するにあたり、吹雪風洞実験を行った。吹雪風洞実験を行うにあたり、これらの建築物では敷地内にある空地が少ないことから、風洞実験で設定する風向を変化させ、その風向と吹きだまり性状との関係から検討を行った。現地における冬期間の主風向は、A 施設では北西、B 施設では西北西であり、本実験では主風向を基準として +22.5°、-22.5°、-180° のように 4 つの風向に対して風洞実験を行った。吹雪風洞実験は、北海道工業大学が所有する回収型吹雪風洞施設を用いた。測定洞の大きさは、幅 800mm × 高さ 600mm であり、模型の縮尺は 1/800 とした。模型雪には、安息角が寒冷な地域の積雪と同程度になる活性白土を用いた。実験風速は、地吹雪が発生しやすい 5m/s (風路高さ中央) とし、実験時間は 60 分とした。

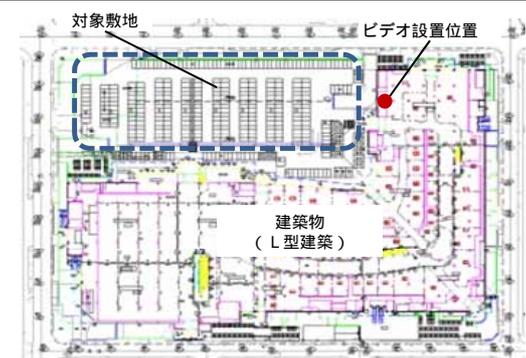
	A 施設	B 施設
概要	駐車場面積：13,600m ² 敷地に対して北側と南側に建築物が配置	駐車場面積：8,500m ² 敷地に対して南東側と西側に建物が配置
配置図		

図 1 分析対象施設の概要

(2)大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状調査

大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状及び雪処理に配慮した建築施設計画で削減可能な除雪量を把握するために、2つの施設の敷地(駐車場)を対象に、機械力に依存した除排雪の状況を連続的に観測した。調査内容を、下記に示す。

- 1)2つの施設に、各3台の観測カメラを設置して積雪状況と機械力による除排雪状況をタイムラプスビデオに収録した。同時に、現地の関連する気象条件を観測した。
- 2)タイムラプスビデオに収録された映像を画像処理して、機械力による除排雪量を算出する。除排雪量は、1日単位で集計して降雪量との関係を検討した。

4.研究成果

(1)風洞実験による建築物の配置と吹きだまり状況

A施設の実験結果を表1に示す。表のように、主風向である北西の場合をみると、対象とした建築物の風上側にある建築物の周辺で剥離流による吹き払いが確認でき、顕著な吹きだまりもその周辺で確認されている。対象とした建築物の周辺をみると、風上側の建築物がもたらす気流の拡散によって模型雪の堆積分布が均等になる傾向を示す。主風向+22.5°となる風向が北北西の場合をみると、対象とした風上側の建築物から吹きだまりが延長した分布となり、対象とした建築物が影響した吹きだまりが確認されない状況である。主風向-180°の場合においても、対象とした建築物の風上側にある建築物の影響を大きく受けており、対象とした建築物がもたらした吹きだまりはあまり確認されない状況である。

次に、B施設の実験結果を表2に示す。表

のように、主風向、主風向+22.5°および主風向-22.5°の場合をみると、前述のA施設と同様に、対象とした建築物の風上側にある建築物の影響を大きく受けており、対象とした建築物がもたらす吹きだまりは確認され難い状況である。主風向-180°の場合をみると、風上側には建築物が存在しない状況であり、対象とした建築物の南側隅角部に剥離流

表1 A施設の実験結果

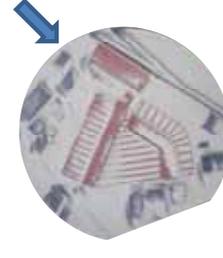
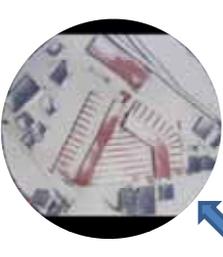
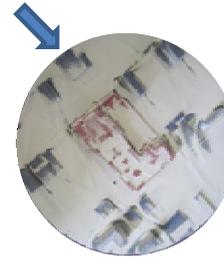
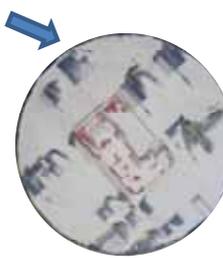
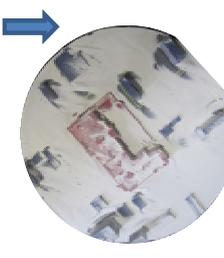
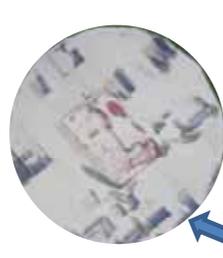
主風向+22.5°	主風向
	
主風向-22.5°	主風向-180°
	

表2 B施設の実験結果

主風向+22.5°	主風向
	
主風向-22.5°	主風向-180°
	

による吹き払いが確認でき、その周囲には顕著な吹きだまりが形成されている。

以上の結果をみると、建築物周辺に形成される吹きだまりは、対象としている敷地から風上側の環境に大きく依存している。建築物の配置計画を行う場合は、その風上側の環境に応じ、風上側の建築物によって形成される吹きだまりの影響の度合いを把握するとともに、風上側に建築物が存在しない場合は、対象としている建築物周辺の吹きだまり状況とどれだけ風下側に影響を及ぼすかについての検討が必要になると考えられる。

(2) 大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状

2つの施設の駐車場を対象に、2009年～2011年の11月～翌年3月までの間、各3台の定点観測カメラとビデオを設置し、「降積雪状況」と「重機による除排雪状況」を収録した。そのデータを基に、「降雪と日射による積雪深の変動を把握するシート」と「除排雪作業シート」を作成し(図2) 駐車場の積雪状況の変動を把握した。

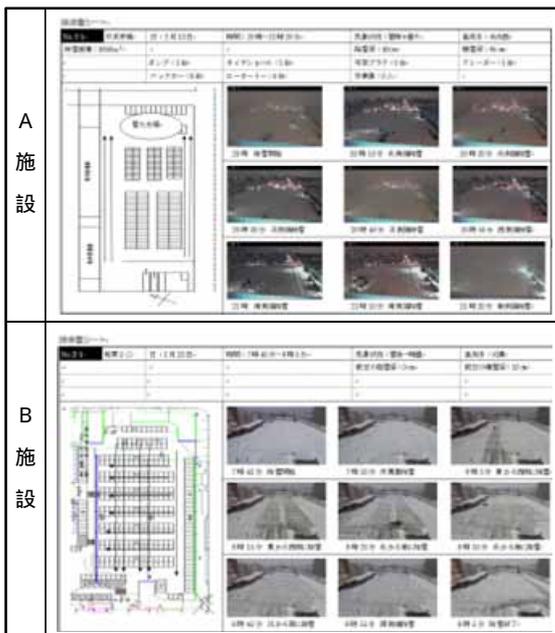


図2 調査データシート

調査対象地域の蹴る気象状況

調査対象施設地域における2年間の気象状況(降雪深、積雪深、風向、風速の状況)は、降雪深および積雪深は、2011年度は2010年度に比べ降雪深31cm、積雪深92cmと多く、主風向は、南東から南南西、西から北に吹く風が多い状況であった。

除排雪費を算出するにあたり、除排雪業者にヒアリング実施した。除雪作業費は一般的に m^2 単価で算出されるが、「除雪作業後の排雪が発生する場合(中央に集雪)」と「除雪作業後の排雪が発生しない場合(端に集雪)」とでは金額が異なることが調査で明らかとなった。具体的には、排雪が発生する場合で750円/ m^2 前後(年間)、排雪が発生しない場合で300～500円/ m^2 前後(年間)となる。また、排雪が発生する場合はダンプ排雪費用(11tダンプの単価)が加算され、積込み作業を含めて5,000円/台となる。また、1時間あたりの除雪費用を算出する場合は15,000～18,000円/hとなり、損料(行帰の陸送代)が加算し1時間増となる(1時間の除雪料金を15,000円とした場合は30,000円であり、2時間の除雪料金は45,000円となる)。除排雪コストの算出方法は、面積 \times 500/除雪回数とし(除雪1回分)、2011年の状況をもとにA施設は18回、B施設は20回とした。

除排雪状況と融雪現象

図3に、施設の除排雪状況と融雪状況を示す。A施設における除雪状況(除雪の仕方)をみると、まず除雪車1台で南側端を除雪、その後に除雪車2台を追加し、計3台により東側から西側に除雪していることがわかる。除雪した雪は一次的に敷地西側上部に雪を堆積した後、雪堆積場となる箇所を除雪し約2時間で終了となっている(除雪コストを算出すると626,000円である)。一方、排雪状況は、雪堆積場所の南側から排雪を開始し、

ダンプ1台によってトラック27台分を、約4時間で排雪している。これらの除排雪状況を分析すると、除雪車の除雪作業が重複することで除雪時間が長くなり、除雪費用が加算することから除雪作業の経路の改善が必要と考える。また、A施設の日射による積雪の影響をみると、朝の天候が晴天の場合は、敷地西側から駐車場路面の融雪が始まり昼頃には路面が露出する傾向がみられる。一方で、敷地南側の路面では、同じ敷地内に隣接する2階建により9時頃から日陰部分が発生し、その部分では融雪されていない。このようなことから、南側に建物が併設するような箇所の駐車場を避ける配置計画が望ましいと考える。

B施設における除雪状況をみると、敷地北側を西側から東側を除雪車1台が除雪し、南側から北側に除雪を除雪車1~2台が除雪している(除雪コストを算出すると448,500円)。一方、排雪状況は敷地中央部に雪を堆積し、およそ1時間30分かかり除雪車によってダ

ンプに投雪を行い排雪している。これらの排雪状況を分析すると、ダンプ1台が3~4回往復していることから排雪費が加算されていることが推測される。これらのことから、適切なダンプ台数を用意することで排雪費が軽減可能と考える。また、B施設における日射による積雪の影響をみると、A施設同様に、敷地西側から駐車場の融雪が始まり昼頃には路面が露出する傾向がみられる。しかし、駐車場内部の南側部分では、建物の2階底部分により陰となり融雪作用が発生しない。これらのことから、駐車場の周囲が建物に囲まれる配置計画は避ける必要があると考える。一方、車の出入により路面が融雪される現象も確認された。この融雪される現象は、来客が多くなる休日で発生し、日射による融雪よりかなりのスピードで融雪が進んでいくことが明らかとなった。

除排雪量軽減に向けた除雪計画・配置計画の検討

A施設は細かく往復していること、B施設

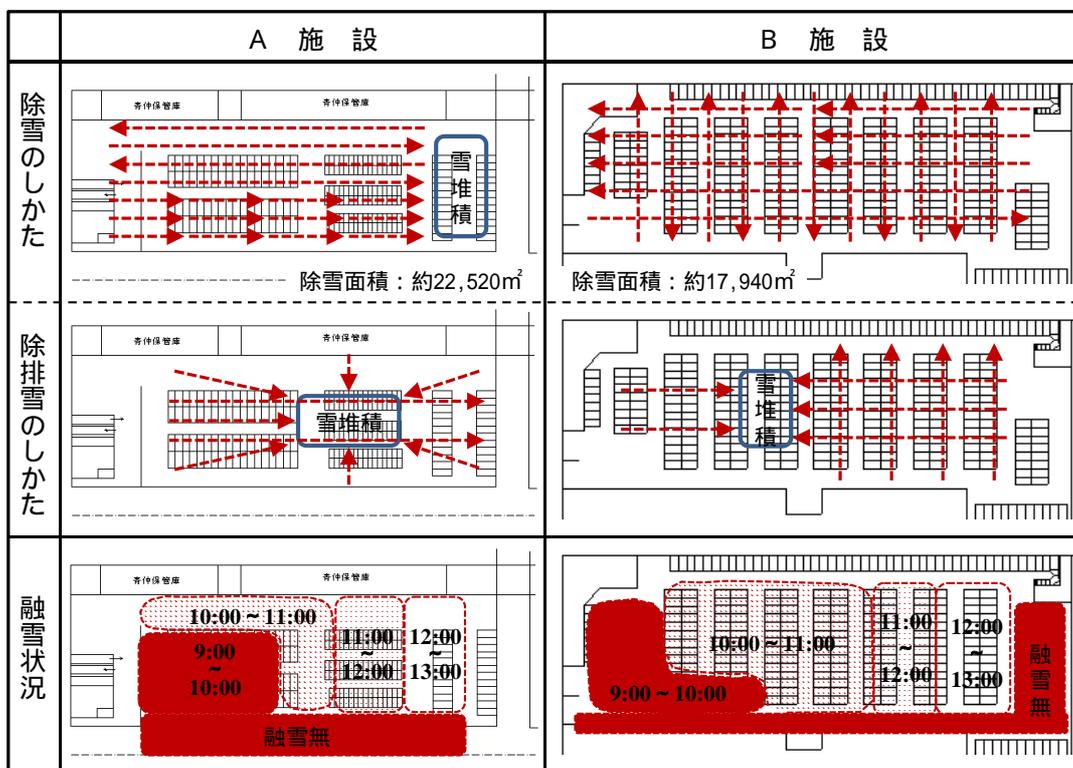


図3 各施設の除排雪状況および融雪状況

も無駄な除雪が多いことや毎回排雪用のダンプを用意することなど問題であることが明らかとなった。そこで、これらの問題を考慮し、一度に堆雪場所まで除雪作業をすること、両施設とも自然融雪が大きくできる箇所に堆雪場を設け、除雪面積を少なくする配置計画を検討した。また、毎回除雪された雪を堆積し、一定量でダンプ排雪するシステムとして検討した。この検討による除雪コストを両施設で算出すると、下記ようになる。A 施設は 527,000 円、B 施設は 319,500 円となり、現在の除排雪費より 99,000 円、129,000 円も削減になる。つまり、この程度の検討により、除雪面積およびダンプ台数の減少が可能となることがわかる。

次に、敷地全体についての建物および駐車場の配置計画を検討した。A 施設の場合は、駐車場が建物の陰になっていないため、雪を考慮した配置計画がされていると考えられる。B 施設の場合は、駐車場に対し南東側に

建物に建設されているため、建物の配置変更を行う必要があると考えた。そこで、現配置計画より自然融雪が大きく進行するとともに道路との関係から、駐車場の位置と敷地の南西側に配置した。これにより朝から日中まで駐車場全体に日射が当たり、除排雪回数が減少すると推測される。この配置計画によって、B 施設の除雪コストは 402,900 円で、現除排雪コストより 45,600 円の削減になる。

まとめ

除排雪状況および日射の融雪状況から、大規模建築物の駐車場における除排雪軽減のための除排雪計画と建物配置計画について検討を行った。その結果、それぞれ除排雪コストを削減することが可能であることが明らかとなった。さらに、それぞれ併せてコスト算出をすると、次のようになる。A 施設の場合は建物の配置変更を行わなかったためコストに変化はない(527,000 円)。B 施設の場合は、291,500 円となり、配置変更を行っ

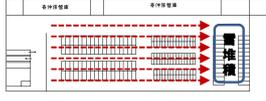
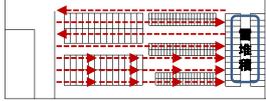
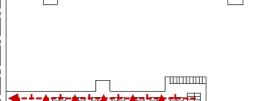
	A 施設	B 施設
除雪のしかた	 <p>除排雪の仕方あまり問題は無かったが細かく往復している点を修正し一気に堆雪スペースまで除雪を行うようにした</p> <p>除雪面積：19,000㎡ $13600 - (20 \times 10) + (140 \times 4 \times 10) \times 500 \div 18$ 除雪コスト：527,000円</p>	 <p>無駄な除雪が多く、毎回排雪車が来て雪を持っていく形を修正し堆雪スペースを設け一気に除雪するようにした</p> <p>除雪面積：12,780㎡ $8500 - (20 \times 10) + (140 \times 4 \times 8) \times 500 \div 20$ 除雪コスト：319,500円</p>
建物配置	 <p>建物の陰になっている部分が道路のため駐車場はあまり陰になっていないそのため今回は配置変更を行わない</p> <p>除雪面積：23,000㎡ $13600 - (20 \times 10) + (160 \times 4 \times 6) \times 500 \div 18$ 除雪コスト：626,000円</p>	 <p>周りが建物に囲まれているので建物の配置変更を行う駐車場と建物の位置を上下逆転</p> <p>除雪面積：16,116㎡ $8500 + (166 \times 4 \times 4) + (40 \times 4 \times 5) + (80 \times 4 \times 13) \times 500 \div 20$ 除雪コスト：402,900円</p>
統合	 <p>建物の配置変更を行わなかったためコストに変化はなし</p> <p>除雪面積：23,000㎡ $13600 - (20 \times 10) + (140 \times 4 \times 10) \times 500 \div 18$ 除雪コスト：527,000円</p>	 <p>配置変更を行ったので太陽光が当たりやすくなった分除排雪のコストが減</p> <p>除雪面積：11,660㎡ $8500 - (20 \times 10) + (140 \times 4 \times 6) \times 500 \div 20$ 除雪コスト：291,500円</p>

図4 除排雪量軽減に向けた除雪計画・配置計画の検討(シミュレーション)

たので日射からの融雪により、除排雪のコストが削減可能となる。それぞれ除雪コストがA施設で99,000円、B施設で157,000円も削減可能となり、大幅な除排雪削減に繋がると考える。

(3) まとめ

本研究では、積雪地域で毎年発生する「冬期間における建築施設の機能維持に関わる除排雪量」を軽減するために、(1)配置計画と敷地内における積雪分布との関係分析、(2)大規模建築物における機械力に依存した除排雪の現状調査分析および(3)雪処理に配慮した建築施設計画で削減可能な除排雪量のシミュレーション、を行った。

その結果、(1)においては建築物周辺に形成される吹きだまりは、対象としている敷地から風上側の環境に大きく依存していることが明らかとなった。(2)及び(3)からは配置計画と除排雪計画で除排雪コストを削減することが可能であることが明らかとなり、それにより環境負荷低減も可能になると考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

苫米地 司 (TOMABECHI TSUKASA)
北海道工業大学・空間創造学部・学長
研究者番号：40102785

(2) 研究分担者

谷口 尚弘 (TANIGUCHI NAOHIRO)
北海道工業大学・空間創造学部・准教授
研究者番号：80337013

千葉 隆弘 (CHIBA TAKAHIRO)
北海道工業大学・空間創造学部・准教授
研究者番号：40423983
(H23：研究分担者)