

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25年 5月20日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360246

研究課題名（和文）積雪シミュレーションを用いた除雪フリーの積雪都市型ECO街区の開発

研究課題名（英文）The Urban Design for Urban Block with Free Snow Cleaning in Cold and Snowy Cities Using Snow and Wind Simulations

研究代表者

瀬戸口 剛（SETOGUCHI TSUYOSHI）

北海道大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20226674

研究成果の概要（和文）：

積雪寒冷都市では道路や歩道の公共空間の除雪に多大なエネルギーとコストを費やすため、CO₂排出量を低減する都市デザインが求められる。本研究では札幌都心部を対象に、道路や歩道の公共空間の除雪負担を低減する、ECO街区を開発した。囲み型の街区形態が、必要除雪量および除雪エネルギー量が少なく、ECO街区として最適である。また、大規模再開発事業を対象に、環境評価を組み込んだ都市デザインプロセスを開発した。

研究成果の概要（英文）：

In the heavy snowy and cold cities, huge energy and cost have been spent for cleaning snow in urban area, especially in public area roads and pedestrian ways. Therefore cutting back on the emission of gases is required to the urban design in the snowy cities. Authors developed the block designs that reduce the snow accumulation on the public roads and pedestrian ways in downtown area Sapporo City. The block design with close rounding type should be most desirable design for reducing snow cleaning energy and emission CO₂ gases in downtown area.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2011年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2012年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	13,700,000	4,110,000	17,810,000

研究分野：都市計画学

科研費の分科・細目：建築学 都市計画・建築計画

キーワード：①積雪寒冷都市②ECO街区③積雪シミュレーション④風洞実験⑤都市デザイン

1. 研究開始当初の背景

都市デザインにおいて、冬季の寒さや積雪が著しい積雪寒冷都市では、温暖な地域とは異なる都市空間像が求められる。雪や寒さから空間を遮断するアトリウムやカバードウォークではなく、建築物の配置などによりそれらの影響を低減する都市空間像を、積雪寒冷都市で導き出すことが求められる。

積雪寒冷都市では、冬季の暖房や除雪に多大なエネルギーを要しており、除雪労力やエネルギーの低減は、積雪寒冷都市における都

市デザインの大きな課題である。

2. 研究の目的

本研究は除雪のエネルギー負担が課題である積雪都市において、除雪のエネルギー負担が少なく環境負荷を低減させる、積雪都市型ECO街区を開発することを目的とする。具体的には、風洞実験装置を用いた風雪シミュレーションにより、積雪寒冷都市である札幌都心部を対象に、街区空間形態の違いによる、冬季の屋外歩行空間における積雪の歩行者への影響を評価するとともに、歩道と車道

を含めた屋外公共空間における積雪量を把握し、それらの除雪に要するエネルギー量を明らかにする。さらに、除雪フリーのECO街区について、街区の空間構造を明らかにする。研究の成果は、積雪都市においてコンパクトシティを実現する理論的な合理性と、具体的な手法を明示することに貢献する。

3. 研究の方法

(1) 風洞実験による風雪シミュレーション

風雪シミュレーションには、北方建築総合研究所所有の回流型風洞装置を用いた。この装置の概要を図1に示す。測定部の断面は幅150cm、高さ70cm、測定洞の長さは7.0mである。雪の堆積を再現するために、模擬雪を測定部風上の粉体供給ノズルから、コンプレッサーによる圧搾空気を用いて風路内に供給している。模擬雪には北海道の雪に近似した安息角を示す活性白土(含水率8.5%、平均粒子径約20 μ m、安息角48~51 $^{\circ}$)を使用した。模擬雪の供給については、毎回一定量を供給し、供給速度480g/min、一回あたりの総供給量を10kgとした。模擬雪の堆積深はトラバース装置にレーザ変位計を付けて計測した。風雪シミュレーションでは活性白土の模擬雪10kgを20.2分間にわたり降雪させた。これは日降雪7cmが1週間降り続くことに相当する。本論では札幌都心部の市街地を対象としているため、1日に相当する実験時間である2.88分では、模擬雪の堆積量が少なく測定器の誤差が生じる可能性が高い。そこで、測定に耐えられる模擬雪の堆積が平均で1mm程度になるよう、実験想定を7倍して1週間とし、実験時間20.2分で風雪シミュレーションを行った。そのうえで、実験結果より得られた模擬雪の堆積量を7で割り、1日当たりの堆積量として考察を行っている。ここで、日降雪量7cmは札幌市において、過去5年間でみた1cm以上の降雪日の平均降雪量になる。なお、実験結果においては、1日当たりの積雪量に換算して得られた結果に基づいて、歩行障害や交通障害を考察した。

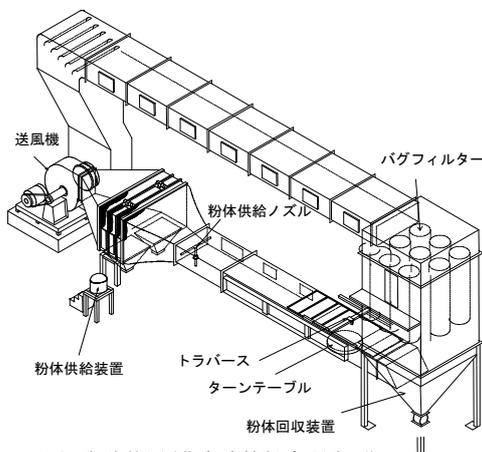


図1 風洞実験装置(北方建築総合研究所)

(2) ECO街区開発のための街区空間形態

街区空間形態の違いによる屋外公共空間への風雪の影響を明らかにするために、検討すべきECO街区の空間形態を2段階で導き出した。まず、街区全体の形態コントロールの有無で分け、無しの場合を現況更新型街区とした。形態コントロールが有の場合、高さ統一型街区、山型街区、囲み型街区の3つに分類した。なお、風雪シミュレーションでは街区空間形態の違いによる影響を明らかにするため、いずれの街区空間形態も街区全体の空間ボリュームを同様とし、街区容積率を、東街区(図右側)は570%、西街区(図左側)は630%に揃える。現況の街区容積率(東街区518%、西街区573%)から、更新後の街区空間形態は10%増加する。

4. 研究成果

(1) 各街区空間形態の歩行空間の風雪環境

① 現況更新型街区(図2)

風雪シミュレーションの結果から対象街区周辺の積雪の状況をみると、風上側の街路である南2条通りや交差点に、多くの雪の吹きだまりが見られる(図2b)。札幌駅前通りとの交差点付近のA点では229mm、B点では257mm積雪しており、自動車の交通や歩行の障害となり得る。さらに、南2条通り上のC点では321mm、D点では300mmになり、大きな交通障害となる可能性がある。風上側の屋外公共空間に雪の吹きだまりが形成されやすい。風下側の南3条通りでも積雪は見られ、E点で243mm、F点で214mmとなり、これらは歩道上に吹きだまりを形成し、歩行障害になり得る。一方、南3条通りの交差点付近では積雪がほとんど無い地点も見られる。G点では21mmと少なく、H点およびI点では雪が吹き払われて全く無い。風上側の南2条通りや、風下側の南3条通りの歩道で、雪の吹きだまりが多くなっている。

駅前通りの雪の吹きだまりは、通りの東西で違いが見られる。西側歩道ではほぼ一様に積雪がみられ、通り沿いの建築形態との関係はあまり見られない。東側歩道では吹きだまりは比較的少なく、積雪が無いポイントもあり、多くともJ点186mmである。

現況更新型街区の街区全体の風速をみると、全体的に風は弱い。歩行者が非常に寒く感じる平均風速3.0m/s以上の寒風ポイントは2カ所で、他の街区空間形態に比べて少ない。一方、寒くは感じない平均風速1.5m/s未満の弱風ポイントは、6カ所と他のパターンに比べて多く、街区周辺の歩道上の風速は比較的小さい(図2c)。

駅前通りでの風も比較的弱い。寒風ポイントは駅前通りの両側ともに無く、西側歩道では弱風ポイントが2カ所みられる。しかし、最大瞬間風速の度合いを示す突風率は大き

く、西側歩道で突風率 1.63 のポイントがあり、風の強弱の変化が大きい(図 2 d)。

現況更新型街区では、風上側の南 2 条通りや南 3 条通りの歩道上で、雪の吹きだまりによる交通障害や歩行障害が局所的にできる可能性があるが、特に人通りの多い札幌駅前通りでは、吹きだまりによる歩行障害はあまり見られないことが明らかとなった。

②高さ統一型街区(図 3)

高さ統一型街区の対象街区周辺での積雪の状況を見ると、現況更新型街区と同じく、風上側の南 2 条通りに雪の吹きだまりが多くみられる(図 3 b)。駅前通りとの交差点付近の A 点では 271mm、南 2 条通り沿いでは B 点で 264mm、C 点で 314mm と、局所的に交通障害となる可能性がある。風下側の南 3 条通りでも、交差点や歩道上に吹きだまりが見られ、D 点で 243mm、E 点で 229mm、F 点で 279mm と多く、歩行障害となる可能性がある。

駅前通りでの雪の吹きだまりは、現況更新型街区と同様に通りの東西で異なる。西側歩道では通りに沿ってほぼ一定であり、風速があまり大きくないことと、突風率が少ないことが要因と考えられる。東側歩道では風速が大きい地点では雪の吹き払いとなり、歩道部分の積雪は少ないが、風下側で吹きだまり(G 点 207mm)が局所的に見られる。

街区全体の風速をみると、現況更新型街区と同様に全体的に風は弱いことがわかる。寒風ポイントは 3 カ所と現況更新型街区よりも増えるが、弱風ポイントは同じで 6 カ所である。高さ統一型街区でも、街区周辺の歩道上の風速は比較的小さい(図 3 c)。

駅前通りでの風も比較的弱い。卓越風が直接当たる A 点付近では、3.4m/s の寒風ポイントがあるが、交差点以外では風速は小さく、弱風ポイントも西側歩道に 2 か所ある。突風率は比較的小さく、最大でも 1.38 で、

全体的に風は強くない(図 3 c、図 3 d)。

高さ統一型街区でも現況更新型街区と同様に、風上側の南 2 条通りや南 3 条通りの歩道上で、局所的に吹きだまりがみられ、交通や歩行障害となり得る可能性がある。一方、駅前通りの歩行環境はあまり悪くはならないことが明らかとなった。屋外公共空間における風は安定的だが、一様に積雪する状況もみられる。

③山型街区(図 4)

山型街区の周辺の積雪状況を見ると、風上側の南 2 条通り沿いに、いくつか大きな雪の吹きだまりが形成されている(図 4 b)。A 点および B 点では 429mm となり、大きな交通障害となる。駅前通りとの交差点付近の C 点

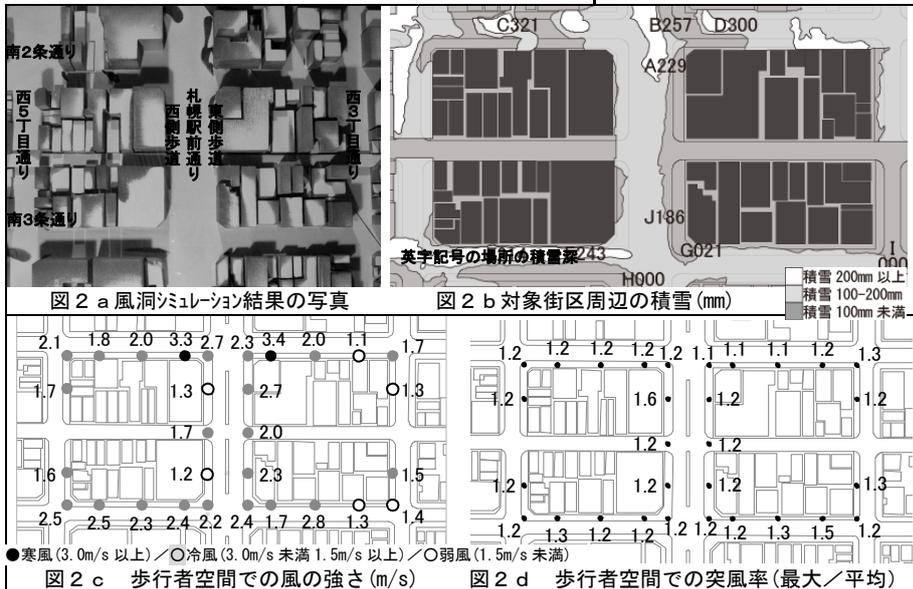


図 2 現況更新型街区の風雪シミュレーション結果

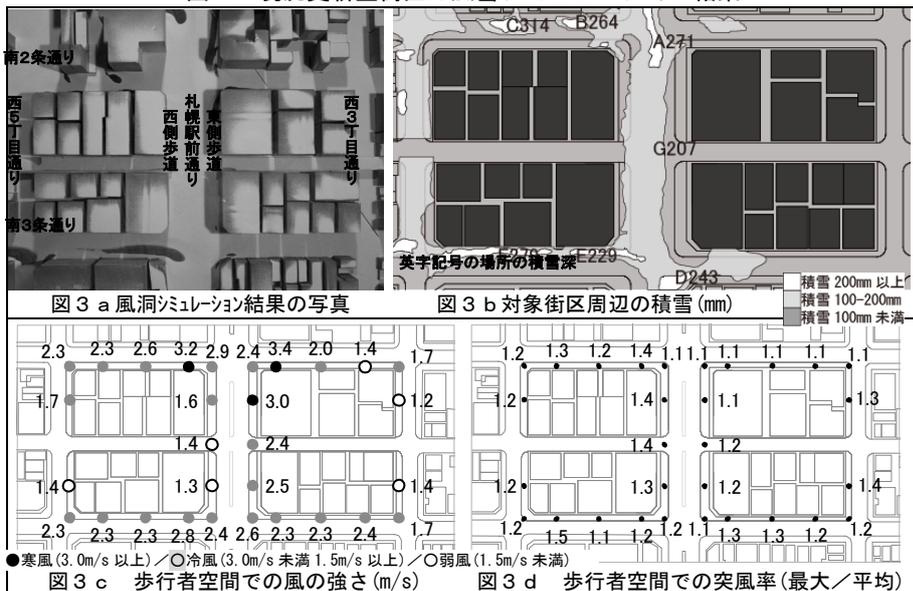


図 3 高さ統一型街区の風雪シミュレーション結果

でも 229mm の吹きだまりがあり、歩行障害となり得る。風下側でも吹きだまりは多く、交差点付近のD点で 421mm、南3条通りの歩道上のE点とF点で、それぞれ 400mm、407mm となり、これらは札幌市内での大雪警報に該当する積雪量で、大きな交通障害になる。

駅前通りでの積雪状況をみると、東側歩道では風速が強いために全体的に吹き払いとなっており、雪の吹きだまりによる歩行障害は起こらないが、強風により非常に寒く不快な歩行環境となる可能性が高い。一方、西側歩道には東側歩道で吹き払われた雪が積もるために、多くの雪の吹きだまりが見られる。最も大きな吹きだまりが、高層ビルの足元となるG点で 321mm にもおよび、大きな歩行障害となる。西側歩道では雪の吹きだまりによる歩行障害が大きくなると考えられる。

街区全体の風は比較的強く、寒風ポイント

が7カ所と多い。これらは駅前通りとその交差点付近の、歩行者が集中しやすい場所に多い。弱風ポイントは3カ所と少なく、全体的に歩道上で風が強いことがわかる(図4c)。

駅前通り沿いでは東側歩道に寒風ポイントが3点見られる。これは、街区中央部分の高層建築に当たった卓越風が吹き下ろすため、東側歩道の風下側で風速が大きくなる。これらの突風率は 1.11 から 1.19 と少なく、常時冷たく強い風が吹く状態である(図4d)。西側歩道では東側歩道ほどではないが、風速 1.7~2.6m/s の風が常時吹く。

山型街区では南2条通り、南3条通り、駅前通りともに、大きな雪の吹きだまりが形成され、交通や歩行の障害となり得る。また、寒風ポイントも多く、街区周辺の屋外公共空間は比較的劣悪な歩行環境になる。

④ 囲み型街区(図5)

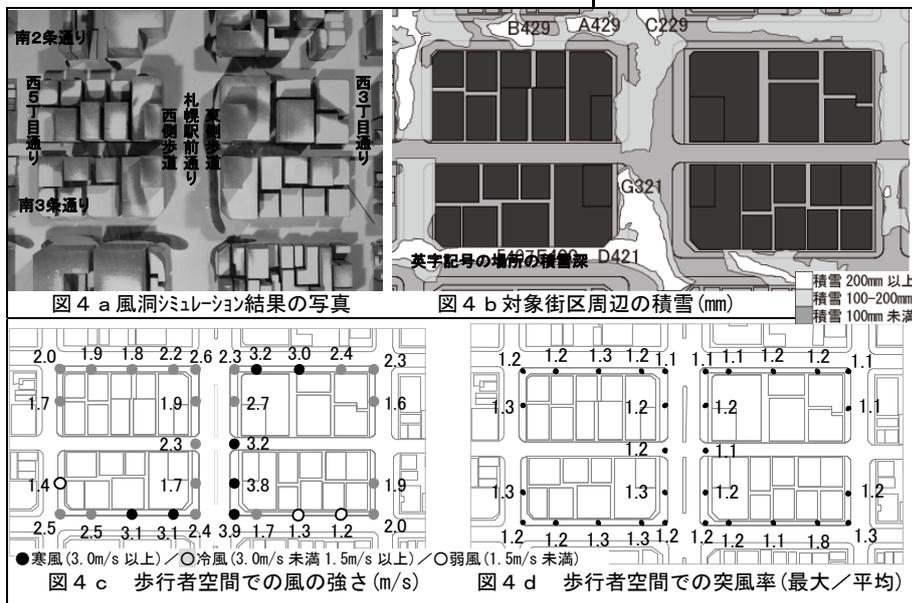


図4 山型街区の風雪シミュレーション結果

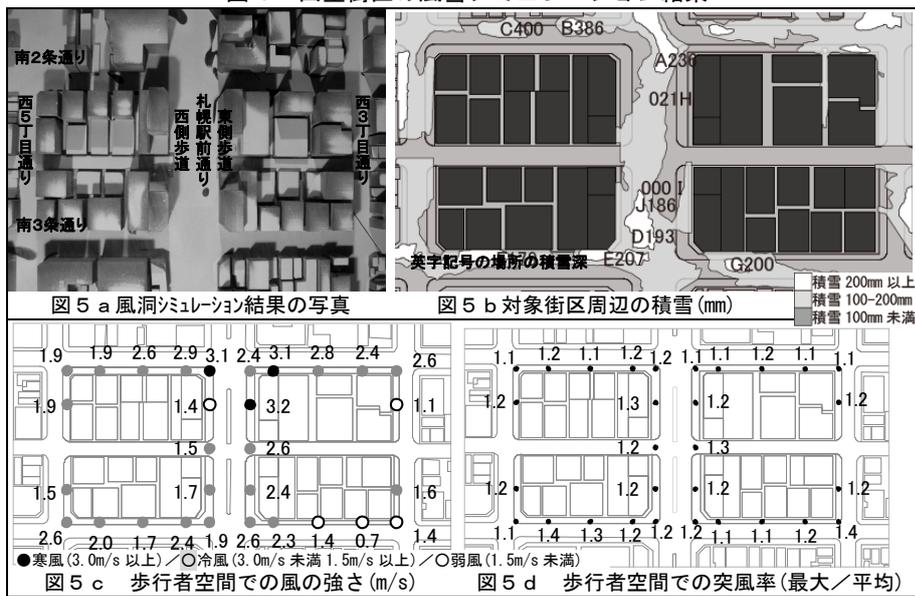


図5 囲み型街区の風雪シミュレーション結果

囲み型街区の周辺の積雪状況をみると、他の街区空間形態に比べて大きな吹きだまりが比較的少ない(図5b)。風上側の南2条通りでは駅前通りとの交差点付近のA点で 236mm、通り沿いのB点で 386mm、C点で 400mm の大きな吹きだまりが見られ、これらは交通や歩行障害となり得るが、局所的にとどまっている。風下側の南3条通りでも吹きだまりは少なく、駅前通りとの交差点付近のD点で 193mm、通り沿いの歩道上ではE点で 207mm、F点で 179mm、G点で 200mm であり、歩行障害になる吹きだまりとは言えない。

駅前通りでの吹きだまりをみると、東側歩道では高層建築の足元のH点やI点で雪の吹き払

いが見られ、その風下側で吹きだまりが見られる。吹き払われた雪が、風速が弱まる地点で吹きだまりになると考えられる。吹きだまりは比較的小さく、最も大きいJ点でも186mmにとどまる。卓越風が当たる東側歩道では、駅前通り沿いの建築の大きさの違いにより風速が影響を受け、高層建築沿いでは雪の吹き払いが、中層建築沿いでは吹きだまりが見られる。西側歩道でも吹きだまりの範囲は広くなく、歩行障害の可能性は低い。

街区周辺の屋外公共空間での風速をみても、劣悪な歩行環境にはなりにくい。寒風ポイントは駅前通りの交差点付近の3カ所に限られ、弱風ポイントは5カ所と比較的多い(図5c)。寒風ポイントには高層建築が立地しており、突風率は1.23で、常時冷たい風が吹いている(図5d)。西側歩道では弱風ポイントがあり、東側歩道よりは風は弱い。

囲み側街区では交通や歩行障害となる雪の吹きだまりは比較的小さい。寒風ポイントも多くないことから、街区周辺の屋外公共空間の歩行環境は、あまり悪くはならない。

(2) 4つの街区空間形態の比較

公共空間での雪の吹きだまりや風の状況を、4つの街区空間形態で比較する。

山型街区では歩行障害となる雪の吹きだまりが多く見られ、駅前通りで寒風が吹くため風環境も劣悪である。街区全体が山状に形成されているため、屋外公共空間に寒風が吹きこみ、雪が積もりやすくなると考えられる。

一方、囲み型街区では風上側の通りに局所的に吹きだまりが見られるものの、歩行障害となり得る雪の吹きだまりは局所的である。風の状況を見ても、寒風が吹く場所は少なく、駅前通り交差点付近の局所的に限られる。現況更新型街区や高さ統一型街区でも、風上側の通りで比較的大きな雪の吹きだまりが見られるが、全体的に大きな吹きだまりは多

くはない。また、風の状況も風上側の交差点では局所的に寒風が吹くが、そのほかの場所では寒風は見られない。

雪の吹きだまりや寒風が吹く場所から、山型街区は望ましくない街区空間形態と言える。その他の街区空間形態では、大きな差は見られないことが明らかとなった。

(3) 除雪エネルギーと二酸化炭素排出量

車道と歩道を合わせた屋外公共空間の除雪に要するエネルギーと、それに伴う二酸化炭素排出量を、4つの街区空間形態それぞれについて算出した。各街区空間形態の、屋外公共空間における除雪エネルギーと二酸化炭素排出量を、表1に示した。

除雪に必要なエネルギーの合計は、現況更新型街区で124.6GJ、高さ統一型街区で139.8GJ、山型街区で122.9GJ、囲み型街区で101.0GJとなり、高さ統一型街区が最も多くの除雪エネルギーを必要とし、囲み型街区が最も少ない。街区内での積雪量自体は高さ統一型街区が最も多いため、除雪エネルギーも多くを要する。風雪シミュレーションの結果をみても、高さ統一型街区は屋外公共空間に一樣に積雪しており、積雪総量も多い。ここで、現況更新型街区と山型街区を比較すると、山型街区の方が積雪総量は少ないにもかかわらず、除雪に必要なエネルギーは現況更新型街区とあまり変わらない。山型街区では歩道上での積雪量が多く、ロードヒーティングをより稼働させるため、多くの除雪エネルギーを要する。山型街区の街区空間形態は歩道上での風が比較的強く、その風下の歩道上に雪の吹きだまりが多く形成されたためと考えられる。囲み型街区は、屋外公共空間での積雪量自体が少ないために、除雪に要するエネルギー量は101.0GJで、他の街区空間形態に比べてかなり少ない。歩道上に積雪する割合が26.6%と比較的小さく、ロードヒ

表1 街区タイプ別の公共空間における必要除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量

街区タイプ		現況更新型街区		高さ統一型街区		山型街区		囲み型街区	
公共空間(車道および歩道)での積雪総量		1159.3	m ³ /日	1217.7	m ³ /日	1071.0	m ³ /日	1045.3	m ³ /日
公共空間の除雪すべき積雪総量(自然融雪後)		682.0	m ³ /日	740.4	m ³ /日	593.7	m ³ /日	568.0	m ³ /日
車道の除雪EとCO ₂ 排出量	車道上の積雪量	495.6	m ³ /日	531.1	m ³ /日	409.5	m ³ /日	417.1	m ³ /日
	車道上の積雪量の割合	72.7%	%	71.7%	%	69.0%	%	73.4%	%
	車道上の積雪の重量	195.2	t/日	209.2	t/日	161.3	t/日	164.3	t/日
	運搬排雪トラック(10t)の必要台数	20	台/日	21	台/日	17	台/日	17	台/日
	運搬排雪トラック(10t)の移動距離	160.0	km/日	168.0	km/日	136.0	km/日	136.0	km/日
	運搬排雪に必要な軽油量	64.0	L/日	67.2	L/日	54.4	L/日	54.4	L/日
	運搬排雪に必要なエネルギー量	2.4	GJ/日	2.5	GJ/日	2.1	GJ/日	2.1	GJ/日
	運搬排雪による二酸化炭素排出量	0.17	tCO ₂ /日	0.17	tCO ₂ /日	0.14	tCO ₂ /日	0.14	tCO ₂ /日
歩道の除雪EとCO ₂ 排出量	歩道上の積雪量	186.3	m ³ /日	209.3	m ³ /日	184.3	m ³ /日	150.8	m ³ /日
	歩道上の積雪量の割合	27.3%	%	28.3%	%	31.0%	%	26.6%	%
	歩道上の積雪の重量	73.4	t/日	82.4	t/日	72.6	t/日	59.4	t/日
	融解に必要なエネルギー量	24.4	GJ/日	27.4	GJ/日	24.2	GJ/日	19.8	GJ/日
	ロードヒーティングの稼働エネルギー量	122.2	GJ/日	137.2	GJ/日	120.8	GJ/日	98.9	GJ/日
	ロードヒーティングに必要な灯油量	3330.1	L/日	3739.5	L/日	3292.8	L/日	2695.7	L/日
	ロードヒーティングによる二酸化炭素排出量	8.29	tCO ₂ /日	9.31	tCO ₂ /日	8.20	tCO ₂ /日	6.71	tCO ₂ /日
	除雪に必要なエネルギーの合計	124.6	GJ/日	139.8	GJ/日	122.9	GJ/日	101.0	GJ/日
除雪による二酸化炭素排出量の合計	8.46	tCO ₂ /日	9.48	tCO ₂ /日	8.34	tCO ₂ /日	6.85	tCO ₂ /日	

ーディングに要する熱量が少ないためである。囲み型街区は歩道上での風が比較的弱く、同時に雪の吹きだまりをあまり形成しない。また、街区内部の低層部分の屋上に、多くの雪が積雪している。街区内の屋外公共空間での積雪が、比較的少ない街区空間形態である。

街区空間形態ごとの二酸化炭素排出量をみると、現況更新型街区で 8.46 tCO₂、高さ統一型街区で 9.48 tCO₂、山型街区で 8.34 tCO₂、囲み型街区で 6.85 tCO₂ となり、これも高さ統一型街区が最も高く、囲み型街区が最も少ない。囲み型街区は高さ統一型街区よりも、除雪に伴う二酸化炭素排出量が 27.7% 削減される街区空間形態である。また、4つの街区空間形態を比較するなかで、歩道上の積雪量は屋外での歩行環境に影響するだけでなく、除雪エネルギーに大きく影響し、二酸化炭素排出量にも関係する。

(4) まとめ

本研究では、風雪シミュレーションを用いて、風雪の影響が少ない中層建築街区のなかで、4つの街区空間形態（現況更新型街区、高さ統一型街区、山型街区、囲み型街区）ごとに、街区周辺の屋外公共空間における雪の吹きだまりや風の強さを明らかにした。さらに、屋外公共空間に積雪した雪の除雪に要するエネルギーと、二酸化炭素排出量を算出した。その結果、以下の点を明らかにした。

①街区周辺の屋外公共空間に与える風雪の影響は、4つの街区空間形態のなかでも山型街区が最も大きく、その他ではあまり変わらない。山型街区の街区空間形態は周辺街路に向かって風雪が流れ込みやすく、屋外公共空間で大きな雪の吹きだまりができやすい。

②除雪に要するエネルギーは高さ統一型街区が最も大きく、囲み型街区が最も少ない。除雪に伴う二酸化炭素排出量も同様に、高さ統一型街区が最も多く排出し、囲み型街区の排出量が最も少ない。高さ統一型街区は大きな吹きだまりは多くはないが、屋外公共空間の全体に多く積雪するためである。一方、囲み型街区は街区内の建築物の屋上に多く積雪するなど、屋外公共空間での積雪は比較的少ないため、除雪に要するエネルギーと二酸化炭素排出量が、他の街区空間形態に比べて低減されることが明らかとなった。

③以上の結果から、4つの街区空間形態のなかでは、囲み側街区が街区周辺の屋外公共空間の歩行環境があまり悪くならず、除雪に要するエネルギー量と二酸化炭素排出量が少ないことから、積雪寒冷都市において望ましい E C O 街区の空間形態の一つと考えられる。

本研究では、屋外公共空間の除雪エネルギーと二酸化炭素排出量を低減する、E C O 街区を開発した。なかでも囲み型街区は、E C O 街区として望ましい。今後は、様々な都市形態や気象条件においても、望ましい E C O

街区の空間形態を検討することが求められる。このように、積雪寒冷都市において、屋外公共空間の風雪環境とともに、除雪エネルギーを低減する E C O 街区を導き出すプロセスを確立することが重要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

①瀬戸口剛、佐藤公哉、渡部典大、堤拓哉、積雪寒冷都市における風雪シミュレーションによる街区空間形態と除雪エネルギーの評価、日本建築学会計画系論文集、査読有、682 巻、2012、2789-2798

②Tsuyoshi Setoguchi, Public Square Design with Snow and Wind Simulations Using Wind Tunnel, INTEC, 査読有、2011, No.22

③Xiang Wang Meng, Tsuyoshi Setoguchi, Development of Urban Design Guidelines with Wind Tunnel Simulations for Downtown Districts in Winter Cities, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 査読有 Vol.9, No.2, 2010, pp.355-362,

〔学会発表〕(計 6 件)

①前田孝輔、瀬戸口剛、佐藤公哉、堤拓哉、風雪シミュレーションを用いた大規模再開発計画におけるアーバンデザインガイドラインの提案、日本建築学会、2013.8.30、北海道大学

②佐藤公哉、瀬戸口剛、前田孝輔、堤拓哉、大規模再開発における計画・環境評価を組み込んだアーバンデザインプロセス、日本建築学会、2013.8.30、北海道大学

③高梨潤、瀬戸口剛、山田健介、堤拓哉、積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた高密度街地の配置計画プロセスの開発、日本建築学会、2012.9.14、名古屋大学

④山田健介、瀬戸口剛、高梨潤、堤拓哉、風雪シミュレーションを用いた北方型低炭素街区のデザインプロセスの開発、日本建築学会、2012.9.14、名古屋大学

⑤佐藤公哉、瀬戸口剛、渡部典大、堤拓哉、積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた都心街区の空間デザイン、日本建築学会、2011.8.23、早稲田大学

⑥渡部典大、瀬戸口剛、佐藤公哉、堤拓哉、環境・エネルギー評価を関連づけたエコ街区構築による都市デザインプロセスの開発、日本建築学会、2011.8.23、早稲田大学

〔図書〕(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸口剛 (SETOGUCHI TSUYOSHI)
北海道大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号：20226674

(2) 研究分担者

堤拓哉 (TSUTSUMI TAKUYA)
北海道立総合研究機構・居住科学部・研究員
研究者番号：40462345
松村博文 (MATSUMURA HIROHUMI)
北海道立総合研究機構・居住科学部・研究科長
研究者番号：90462324