風雪シミュレーションを用いた新市庁舎建設計画プロセスの開発
積雪寒冷都市における都市デザイン　その 12

正会員　○横山　翔太　＊1
同　瀬戸口　剛　＊2
同　松山　倫之　＊3
同　日下　みのり　＊1
同　堤　拓哉　＊4

積雪寒冷都市　風雪シミュレーション　風洞実験
低炭素都市　雪処理エネルギー　北見市庁舎建設計画

1. 研究の背景と目的

市庁舎は市民が多く利用する公共的な施設であり、市の中心部に位置し、他の施設との動線や連携が求められるため、快適な屋外環境の形成が 1 年を通して重要である。特に、北海道のような積雪寒冷都市では、冬期の風雪に対する屋外環境（以下、風雪環境）の形成が課題である。本論では、現在計画されている北見市新市庁舎建設計画と並行して、風雪環境や雪処理評価を行い、計画に反映するプロセスの開発と、その有効性を明らかにする。

2. 研究の方法

2-1. 風雪シミュレーションの概要

風向は、過去の気象データ*1 より北（流入風速 4.4m/s）と南西（流入風速 2.6m/s）を選択し、模型の縮尺は 1/400 とした。その他については、既往論文[1] と同様の方法を選択した。

2-2. 風雪シミュレーションを用いた計画プロセス（図 1）

基本設計と並行して環境評価を行う。①基本設計で検討された 2 種のボリューム検討モデルに対し、設計条件と文献[2] から評価の対象、視点、方法を設定した（3-1 章）。②①のボリューム検討モデルに対して、風雪シミュレーションによる風雪環境や雪処理評価を行う（3-2 章）。③②の評価結果から決定したボリュームを計画に反映する（3-3 章）。④選択したボリュームに対し、形態の検討や評価を行い、雪の吹き溜まり等の課題対策を検討する（4-2 章）。⑤④の評価結果と建築設計における検討項目を合わせて、課題対策の方針を決定する（4-3 章）。⑥駐車場における除雪計画の評価を行う（5 章）。⑦⑥の結果を計画へ反映し、除雪計画を組み込んだ駐車場の検討を行う（5 章）。⑧①～⑦を踏まえ、風雪シミュレーションを用いた計画プロセスの有効性を明らかにする。

3. ボリュームの検討

3-1. ボリュームの検討案の風雪環境と雪処理評価

評価は、雪の吹き溜まり等、歩行の快適性に係る「風雪環境評価」と、除排雪の労力と CO_2 排出量に係る「雪処理評価」の 2 つの視点から行った。基本計画の整理より、屋外環境に影響する計画の重要項目を抽出し、評価対象を設定した。

ボリュームの配置は、街区北側に隣接するまちきた大通ビル*2（図 2）に対し、歩行空間の連続性と駐車場の共有を考慮し、敷地中央部国道側に配置した。

ボリュームの検討では、平面形状が矩形であり、最上部にデッキを持つ**基本型**と、平面形状を雁行させ、北側の駐車場面積を増加した**雁行型**の比較検討を行った。

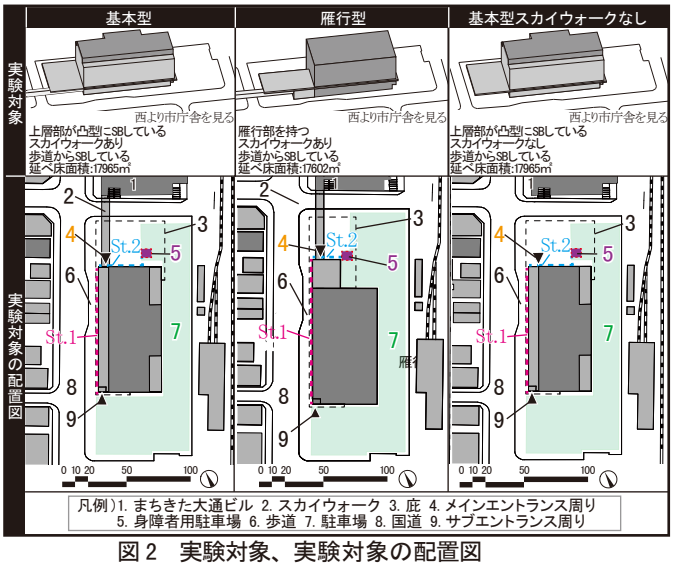

図 2　実験対象、実験対象の配置図

表 1　計画の基本情報、基本計画の整理、評価対象

計画の基本情報	1.敷地面積:10,400㎡ 2.用途地域:商業地域 3.防火地域 4.日影規制:なし 5.建蔽率:80%、容積率:600% 6.敷地周辺状況:北側にまちきた大通ビル（図 2-1）東側にJR線路用地、西側に国道（図 2-6）を持つ。 7.規模:地下1階、地上7階建て 8.延べ床面積:18,000㎡
屋外環境に影響する計画の重要項目	1.まちきた大通ビルとの歩行空間の連続性 2.国道側からの動線の確保 3.身障者用駐車場からメインエントランスへの動線の確保 4.イベントスペースを設けることによる市民活動の活性化 5.駐車場の共有による庁舎・まちきた大通ビル、北見駅の活性化 6.市庁舎駐車場に堆雪スペースの確保
評価対象	風雪評価 1.身障者用駐車場からメインエントランスへのアプローチ 2.メインエントランス、サブエントランス周り 3.駐車場 4.身障者用駐車場からメインエントランスへのアプローチ、メインエントランス周り、サブエントランス周り 雪処理評価 5.歩道 6.車道

表 2　評価視点、評価方法

評価視点		評価方法
風雪環境評価	吹き溜まり	①吹き溜まりの等高線図を作成し、分布を相対的に評価 ②St1,2 上の積雪深さのグラフを相対的に評価
雪処理評価 除排雪	堆雪スペース	堆雪スペースの必要面積と除雪頻度を評価 ■設定条件 a.日射による融雪量は、拡張アメダスデータ[3]の直散分離法[4]から冬至における建物周りの受ける直達日射量と天空日射量を算出し、雪融解熱で除することで求めた 日の当たる箇所は、直達日射量と天空日射量の和を日陰になっている箇所は、天空日射量を用いた ※直散分離法 凡例）I_G:水平面全天日射量[MJ/m²] $I_G=I_S\sin h+I_d$ I_S:法線面直達日射量[MJ/m²] I_d:水平面天空日射量[MJ/m²] h:太陽高度[°] b.除雪量は積雪量から日射による融雪量を引き、圧密係数0.7を乗じる c.除雪車の発動条件は積雪深10cmとする d.除雪車のバケット高さより、雪山高さは2.5mとする e.通年:12月～3月とする[5] 3月:駐車場利用が多い 3月とする[6] 12月:降雪量が最も多い 12月とする[6] f.堆雪スペースの必要面積 :削減される駐車場台数で表す ■堆雪形状[5] a.最大堆積を確保するため、台形型に積む b.雪山の高さは除雪車のバケット高さ2.5mとし、雪山の安息角は60度 c.雪山の短辺は駐車スペースと同じ5mとする 5m　2.5m　堆雪形状
	雪処理エネルギー	1日の積雪量から日射量を考慮した日射による融雪量を引き、運搬排雪やロードヒーティングの処理に必要な CO_2 排出量を評価
		雪処理方法:車道は街区北側と南側:は除雪運搬排雪とし、街区西側:は除雪運搬排雪とロードヒーティング（電気） 歩道:はロードヒーティング（電気）敷地内の駐車場では、除雪運搬排雪とし、身障者用駐車場からメインエントランスへのアプローチ、メインエントランス周り、サブエントランス周りは、ロードヒーティング（ガス）
	CO_2 排出量	■運搬排雪 10t ダンプの燃費　2.5km/L 雪捨て場までの往復距離　6km 軽油 CO_2 排出量　2.58kg-CO_2/L ■除雪車[5] 駐車場面積:4757.5㎡ バケット幅　2.3m(車道除雪時:3.5m) 除雪時の燃費　10L/h 作業平均速度　5km/h 軽油 CO_2 排出量　2.58kg-CO_2/L ■市庁舎(暖)ロードヒーティング(ガス)[5] 雪融解熱　333MJ/t 発熱量　40.1MJ/㎡ 熱効率　20% ガス CO_2 排出量　2.23kg-CO_2/Nm³ ■車道ロードヒーティング(電気)[6] 設計発熱量　300w/㎡ 道路面積　3379.2㎡ 電気 CO_2 排出量　0.68kg-CO_2/kwh ■歩道ロードヒーティング(電気)[7] 雪融解熱　333MJ/t 発熱量　9.4MJ/kwh 熱効率　20% 電気 CO_2 排出量　0.68kg-CO_2/kwh

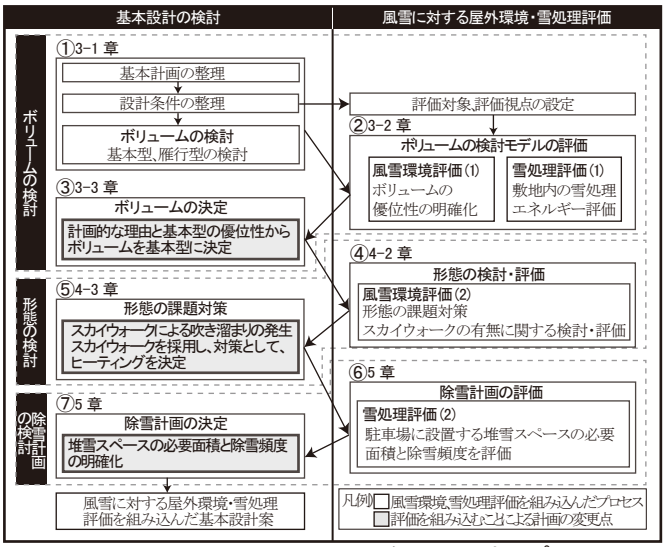

図1　風雪シミュレーションを用いた計画プロセス

3-2. ボリューム検討モデルのシミュレーション結果（図 3）

基本型：[風雪環境] 図 3-(1) 北風向では、A 点の St.1 の中央部と B 点の St.2 の身障者用駐車場（以下、身障者 P）付近で雪が吹き溜まり、C 点のメインエントランス（以下、ME）周りと D 点のサブエントランス（以下 SE）周りでは吹き払われた。図 3-(2) 南西風向では、E 点の St.1 と F 点の駐車場の東側で雪

The Development to Urban Design Process for the City Hall Renewal Project with Snow and Wind Simulations in Winter Cities
The Urban Design on Winter Cities #12

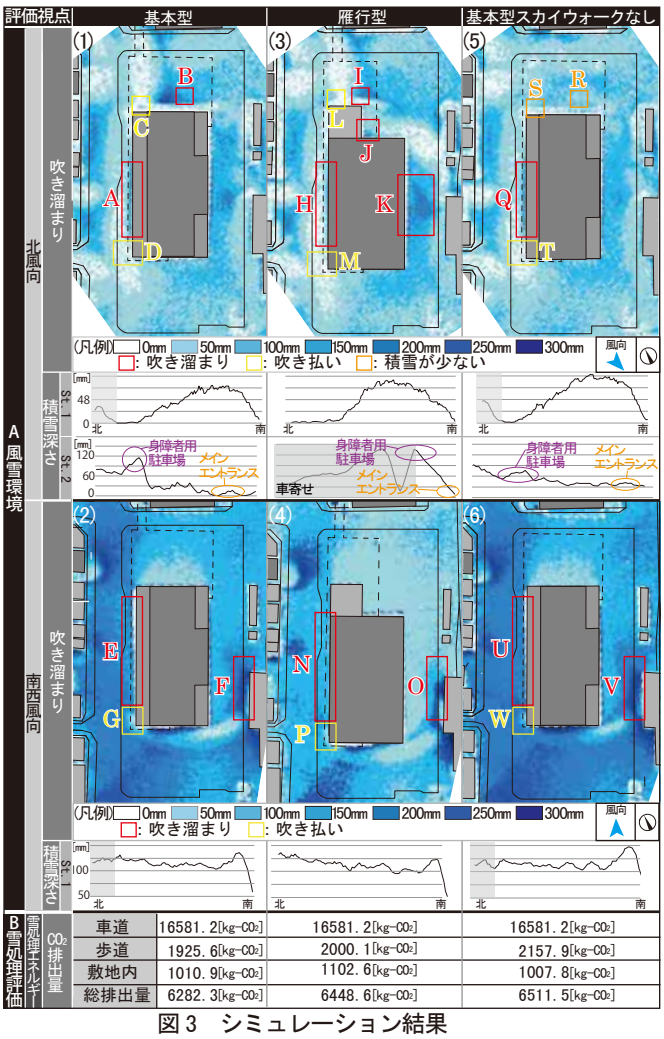

図 3　シミュレーション結果

が吹き溜まり、G 点の SE 周りでは吹き払われた。**基本型 :［雪処理］**敷地内の雪処理に伴う CO_2 排出量は 1010.9[kg-CO_2/ 日] である。

雁行型 :［風雪環境］図 3-(3) 北風向では、H 点の St.1 の中央部、I 点の St.2 の身障者 P 付近、J 点の雁行部、K 点の駐車場の東側で雪が吹き溜まり、L 点の ME 周りと M 点の SE 周りでは吹き払われた。**図 3-(4)** 南西風向では、N 点の St.1 と O 点の駐車場の東側で雪が吹き溜まり、P 点の SE 周りでは吹き払われた。**雁行型 :［雪処理］**敷地内の雪処理に伴う CO_2 排出量は 1102.6[kg-CO_2/ 日] である。

3-3. 基本型と雁行型の比較結果と計画への反映

結果の比較より、基本型は、①北風向において、上層部のセットバック（以下、SB）により、東側の駐車場と St.1 では、吹き溜まりが抑制されている。②敷地内の雪処理エネルギーが減少することから、基本型の優位性が明らかとなった。また、平面計画上、下層階では矩形による無駄のない空間構成と、上層階の床面積を確保できる。以上より、基本設計において、**基本型**が選択された。また、ボリュームを敷地境界線から 2m の SB をすることで吹き溜まりの空間を確保し、歩道での堆雪を回避できる。基本型の課題として、①北風向における、St.2 の身障者 P 付近の吹き溜まり、②南西風向における、駐車場の東側の吹き溜まりがあげられる。

4. 形態の検討と評価

4-1. 形態の検討

基本設計の形態の検討段階において、まちきた大通ビルとの歩行空間の連続性を考慮し、SW の有無が検討された。形態の検討と並行して風雪シミュレーションを行った。

4-2. 基本型 SW なしのシミュレーション結果（図 3）

基本型 SW なし :［風雪環境］図 3-(5) 北風向では、Q 点の St.1 の中央部で雪が吹き溜まった。R 点の身障者 P 付近と S 点の ME 周りでは積雪は少なかった。T 点の SE 周りで雪は吹き払われた。**図 3-(6)** 南西風向では、U 点の St.1 と V 点の駐車場の東側で雪が吹き溜まり、W 点の SE 周りでは吹き払われた。**基本型 SW なし :［雪処理］**敷地内の雪処理に伴う CO_2 排出量は 1007.8[kg-CO_2/ 日] である。

4-3. 比較結果と計画への反映

基本型 SW なしは、基本型 SW ありに比べ、北風向で、身障者 P 付近の吹き溜まりが減少した。基本型 SW ありの身障者 P の吹き溜まりは、SW により、庇の下に雪が吹き込むことで発生した。まちきた大通ビルとの歩行空間の連続性を計画上優先するため、基本設計では、**基本型 SW あり**が採用された。また、基本設計でのイベントスペースの検討に伴い、身障者 P から ME への動線が一層重要となったため、身障者 P 付近の吹き溜まりの対策として、ロードヒーティングを行うことを決定した。

5. 除雪計画の評価と計画への反映

基本型 SW ありを基に、計画の重要項目である堆雪スペース（以下、堆雪 S）の検討として、必要面積に対する除雪頻度を検討した。過去 5 年の気象データより、通年*4、12 月、3 月において、現行の除雪車の発動基準である積雪深 10cm の時の除雪頻度を算出した。積雪深が 10cm の場合、通年で 15 日に 1 度、12 月で 11 日に 1 度、3 月で 22 日に 1 度の除雪が必要であり、堆雪 S の面積は 16 台分である。降雪量が最も多い 12 月の除雪頻度と 11 日に 1 度の頻度で、降雪量が最も少ない 3 月に除雪を行うと、積雪深 5cm での除雪となり、堆雪 S の面積は 8 台分となる。

表3 堆雪スペースの計算結果

積雪深	除雪頻度［日/回］ 通年	12月	3月	必要面積［駐車台数］
10cm	15日	11日	22日	16台
5cm	(9日)	(7日)	10日	8台

以上より、堆雪スペース面積は、最大で 16 台、最低で 8 台の幅があることを明らかにし、計画における駐車場必要台数に応じて、柔軟に対応できる条件を示した。

6. 風雪シミュレーションを用いた計画プロセスの開発

積雪寒冷都市において、計画段階から風雪環境や雪処理評価を行うことで、計画と連動し、評価を組み込んだ計画プロセスが開発できた。以下に、本論で得られた知見を示す。

(1) ボリュームの検討段階で、基本設計と合わせて風雪環境・雪処理評価を行い、基本型 SW ありの優位性を示すことはボリューム決定の判断材料となり、基本設計に反映できる。

(2) 形態の検討段階で環境評価を行うことで、身障者 P 付近の吹き溜まりの原因が SW であることを示し、SW の計画上の重要性と対応し、形態の課題対策を計画に反映できる。

(3) 除雪計画の検討段階において、雪処理評価を並行して行い、堆雪 S の必要面積と除雪頻度の関係性を一定の幅で示すことで、計画に柔軟に組み込める評価結果を明示できる。

本研究は、2015 年度科学研究費基盤 A「積雪シミュレーションを用いた除雪エネルギーゼロの北方型スマート街区の開発」（代表 : 瀬戸口 ）の助成を受けた。

参考文献 : 1) 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 / 瀬戸口剛他　2012. 12　2) 北国の街づくりと景観 /N. Pressman　3) 拡張アメダスデータ / 日本建築学会　4) 環境重視型社会における公営住宅整備の手引き / 北海道建設部住宅局住宅課　5) 温室効果ガス算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 / 環境省 HP（最終閲覧　2015. 11）　6) ロードヒーティング設備 / 北海道開発局 HP（最終閲覧　2015. 11）　7) 電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数 / 環境省 HP（最終閲覧　2015. 11）　北見市新庁舎建設基本計画 / 北見市　北見市新庁舎建設計画協議会資料 / 久米設計 2014. 5-2015. 10　積雪寒冷都市の拠点施設計画における風雪環境評価を関連づけた都市デザインプロセスの開発、風雪シミュレーション環境評価から導いた複合拠点再開発計画のデザインガイドライン -積雪寒冷地における風雪環境評価を用いた新たな都市計画プロセスの開発 -/ 瀬戸口剛他 2009. 8　2006. 6

注釈 : *1　2010年～2014年の12月から3月の気象庁の気象データより日降雪5cm以上の時の風向頻度が高く、累積降雪量の多い北、南西風向とした。　*2　計画地に隣接する商業ビル。北見駅、庁舎、まちきた大通ビルの連携による中心市街地の活性化が計画されている。　*3　水平面全天日射量を法線面直達日射量と水平面天空日射量に分離する方法。　*4　12月から3月までの平均的な降雪量を表す。

*1　北海道大学大学院　修士課程
*2　北海道大学大学院工学研究院　教授 博士（工学）
*3　国土交通省技官　工修
*4　北方建築総合研究所 主査　博士（工学）

*1 Master course Graduate School of Eng,.Hokkaido Univ.
*2 Professor, Graduate school of Eng., Hokkaido Univ, Dr. Eng.
*3 Ministry of Land, Infrastructure , Transport and Tourism ,M.Eng.
*4 Chief Reseacher, Dr.Eng.Northen Regional Building Research Institute.