



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	積雪寒冷都市における北方型スマート街区による都市デザイン手法の構築
Author(s)	渡部, 典大
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13216号
Issue Date	2018-03-22
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k13216
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69415
Type	doctoral thesis
File Information	Norihiro_Watanabe.pdf



積雪寒冷都市における
北方型スマート街区による都市デザイン手法の構築

**Climatic Responsive Urban Design Approaches
with Smart Urban Block Planning in Snowy and Cold Cities**

北海道大学大学院工学院
建築都市空間デザイン専攻
都市地域デザイン学研究室
渡部 典大

Urban and Regional Design Laboratory,
Division of Architectural and Structural Design,
Graduate School of Engineering, Hokkaido University
Norihiro WATANABE

目次

1. 序論	1
1.1 研究の背景と目的	3
1.2 本章の構成	4
1.3 都市空間コントロールに関する議論	5
1.4 サステナブル・スマートシティに関する議論	17
1.5 積雪寒冷都市の都市・建築デザイン	33
1.6 既往研究・議論の整理と本研究の位置づけ	47
1.7 研究の構成	48
2. 札幌都心部の街区空間タイポロジー	51
2.1 研究の背景と目的	53
2.2 研究の方法	54
2.3 札幌都心部の概要	52
2.4 札幌都心部における街区空間形態のクラスター分析	59
2.5 第2章のまとめ	69
3. 北方型スマート街区の分析評価手法	71
3.1 北方型スマート街区の定義	73
3.2 風雪シミュレーションを用いた既往研究と本研究の位置づけ	74
3.3 風雪シミュレーションの方法	78
3.4 風シミュレーションの方法	82
3.5 除雪エネルギーの分析方法	84
3.6 街区消費エネルギーの算定方法	85
3.7 第3章のまとめ	86
4. 北方型スマート街区の都心再開発モデルの開発	87
4.1 研究の背景と目的	89
4.2 研究の方法	89
4.3 開発方針デザインの開発	91
4.4 形態ボリュームデザインの開発	104
4.5 第4章のまとめ	117
5. 積雪寒冷都市の都心オープンスペースにおける微気候と利用行動	121
5.1 研究の背景と目的	123
5.2 都心オープンスペースの屋外環境と利用行動	126
5.3 寒冷移行期における都心オープンスペースの空間構成と利用行動	137
5.4 積雪寒冷期における都心オープンスペースの利用行動	145
5.5 第5章のまとめ	152

6. 北方型スマート街区の既成市街地更新モデルの開発	155
6.1 研究の背景と目的	157
6.2 研究の方法	157
6.3 開発方針デザインの開発	159
6.4 形態ボリュームデザインの開発	166
6.5 部分形態デザインの開発	178
6.6 第6章のまとめ	184
7. 積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた市庁舎計画デザインプロセス	187
7.1 研究の背景と目的	189
7.2 研究の方法	189
7.3 北見市新市庁舎計画の概要	190
7.4 北見市新市庁舎計画の計画検討	193
7.5 風雪シミュレーションをによる風雪環境評価	195
7.6 風雪環境評価の基本設計への反映	201
7.7 第7章のまとめ	202
8. 総合考察・結論	205
8.1 総括	207
8.2 今後の展望と課題	216
参考文献	219

図表目次

図 1-1	第 1 章の構成	4
図 1-2	Bosselmann らによる都市デザインコミュニケーションモデル	9
図 1-3	アメリカ地方自治体のゾーニング規制	10
図 1-4	インセンティブゾーニングの原型 - プラザボーナス	11
図 1-5	HQゾーニング	12
図 1-6	開発移転制度 - TDR	12
図 1-7	A Regulation Plan	12
図 1-8	Public Space Standards	13
図 1-9	Building Forum Standards	13
図 1-10	Block Standards	14
図 1-11	Architectural Standards	14
図 1-12	Miami21	16
図 1-13	サステナブル都市最終報告書の概要	21
図 1-14	17 の持続可能な目標 (SDGs)	22
図 1-15	フライブルク・ヴォーバン住宅地	23
図 1-16	ハンブルク、ハーフェンシティ計画	24
図 1-17	ハンマルビー・モデル	25
図 1-18	BedZED ビルディングフィジックスのコンセプト [©Arup]	26
図 1-19	BedZED	26
図 1-20	CASBEE の敷地境界によって区分される仮想閉空間	27
図 1-21	仮想閉空間の概念に基づく「Q 建築物の環境品質」と「L 建築物の環境負荷」の評価分野の区分	27
図 1-22	評価項目の Q (建築物の環境品質) と L (建築物の環境負荷) による分類・再構成	28
図 1-23	BEE に基づく環境ラベリング	29
図 1-24	CASBEE ファミリー	29
図 1-25	Smart City and Communities の示すスマートシティ評価軸	30
図 1-26	パリの市街地とル・コルビュジェ「輝く都市」のエネルギー消費に関する比較	31
図 1-27	ル・コルビュジェ「輝く都市」	31
図 1-28	世界の冬の都市市長会会員都市	33
図 1-29	札幌市の雪対策決算推移	35
図 1-30	札幌市平成 28 年度雪対策決算	35
図 1-31	北海道の冬のイベント	36
図 1-32	ケベック州における風を考慮した都市・建築デザイン	37
図 1-33	スウェーデン Skarpack	38
図 1-34	大ストックホルム地区の Skarpack (衛生都市) 計画	38
図 1-35	フィンランド Malminkartano の中心地区計画	38
図 1-36	カルガリーの +15 歩行者歩行路	39
図 1-37	Anne Brit Brove の風と日照を考慮した建築・都市コンセプト	40
図 1-38	Bo i nord boligområde	40
図 1-39	江差町ホープ型住宅まちづくりのイメージスケッチ	43
図 1-40	江差町ホープ型住宅モデル街区のケーススタディ	43
図 1-41	Vanacular as Grammer (古市徹雄)	46
図 1-42	本研究の構成	50
表 1-1	Low-Carbon Town in the APEC	46
図 2-1	積雪寒冷都市・札幌の冬期の気候	54
図 2-2	札幌都心の構造・ターゲットエリア	57
図 2-3	分析対象街区	58
図 2-4	街区容積率と空地率	59
図 2-5	対象街区空間形態のクラスター分析樹状図	60
図 2-6	グループ a 低容積中層街区	61
図 2-7	グループ b 低容積空疎街区	61
図 2-8	グループ c 低容積低層街区	62
図 2-9	グループ d 低容積細分化街区	63
図 2-10	グループ e 高容積高層街区	63
図 2-11	グループ f 中容積単一街区	63
図 2-12	グループ g 中容積空疎街区	63
図 2-13	グループ h 中容積中層街区	64

図 2-14 グループ i 高容積中層街区	64
図 2-15 クラスタ分析結果を反映した街区容積率 - 空地率の散布図	65
図 2-16 対象街区の空間形態分類	67
図 2-17 分類された対象街区の 3D モデル	68
表 2-1 クラスタ分析における各グループの重心	65
写真 2-1 札幌市の市街地	55
図 3-1 北方型スマート街区の定義	73
図 3-2 稚内駅複合拠点施設計画における風雪シミュレーションを組み込んだ都市デザインプロセス	76
図 3-3 北方型スマート街区のデザインプロセスの構成と分析評価方法	77
図 3-4 粉体風洞装置	78
図 3-5 模擬雪・活性白土	74
図 3-6 実験気流の乱れの強さと風速比	74
図 3-7 札幌市の風向分析	81
図 3-8 環境風洞装置	82
表 3-1 既往研究と本研究の位置づけ	75
表 3-2 粉体風洞装置緒元	78
表 3-3 模擬雪の特性	79
表 3-4 環境風洞装置緒元	77
表 3-5 除雪エネルギー算出のための条件設定	84
表 3-6 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	84
表 3-7 街区内建築物の室用途と室床面積の設定	86
表 3-8 札幌市の事務所建物月別 1 次エネルギー消費量原単位	86
写真 3-1 風洞装置測定部	78
写真 3-2 粉体供給装置のタンク	78
写真 3-3 粉体供給ノズル	78
写真 3-4 実験前の風洞装置内	78
写真 3-5 実験模型	80
写真 3-6 風洞可視化実験	83
図 4-1 都心再開発街区モデルの検討プロセス	90
図 4-2 開発方針デザイン検討の対象街区	91
図 4-3 対象街区における現況の街区空間形態	92
図 4-4 現況の街区空間形態の風雪シミュレーション結果	93
図 4-5 開発方針デザインの検討モデル	94
図 4-6 高層共同型街区の風雪シミュレーション結果	97
図 4-7 超高層一体型街区の風雪シミュレーション結果	98
図 4-8 開発方針検討まとめ	103
図 4-9 形態ボリュームデザイン検討の対象街区	104
図 4-10 札幌都心部の高層高容積街区	106
図 4-11 札幌都心部の高層高容積街区の街区空間形態分析	107
図 4-12 形態デザイン検討モデル	107
図 4-13 検討モデル分析プロセス	107
図 4-14 A 1 型街区の風雪シミュレーション結果	110
図 4-15 A 2 型街区の風雪シミュレーション結果	111
図 4-16 B 1 型街区の風雪シミュレーション結果	112
図 4-17 B 2 型街区の風雪シミュレーション結果	113
図 4-18 形態ボリュームデザイン検討のまとめ	116
図 4-19 都心再開発モデルのデザインプロセスとデザインガイドライン	119
表 4-1 現状の地区計画の概要	91
表 4-2 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量	99
表 4-3 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	99
表 4-4 街区内建物の面積構成	100
表 4-5 街区内建物の用途設定	100
表 4-6 街区内建物の基準一次消費量	100
表 4-7 街区内建物の消費エネルギーと除雪エネルギー	100
表 4-8 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量	114
表 4-9 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	114

図 5-1	本章の位置づけ	123
図 5-2	5 章の構成	125
図 5-3	調査対象：札幌市北 3 条広場	127
図 5-4	調査日の気温変化	128
図 5-5	調査日の風速変化	129
図 5-6	調査日の日射面積	129
図 5-7	調査日の着座組数	130
図 5-8	調査日の平均着座時間	130
図 5-9	気温と着座行動	132
図 5-10	日射と着座行動	133
図 5-11	風速と着座行動	134
図 5-12	北 3 条広場における屋外環境と着座行動の関係分析結果整理	136
図 5-13	5. 3 章の分析構成	137
図 5-14	調査対象のオープンスペース	138
図 5-15	調査対象エリア毎の気温変化	139
図 5-16	調査対象エリア毎の風速変化	139
図 5-17	調査対象エリア毎の日向面積	140
図 5-18	対象エリアでの着座位置	141
図 5-19	気温と着座行動	141
図 5-20	日射と着座行動	142
図 5-21	寒冷移行期の日影と着座位置	143
図 5-22	風速と着座行動	144
図 5-23	新路面分類	146
図 5-24	雪質の分類	146
図 5-25	積雪寒冷期のアクティビティ	146
図 5-26	調査日積雪状況	148
図 5-27	積雪なしでの利用行動プロット図	149
図 5-28	積雪ありでの利用行動プロット図	150
図 5-29	滑りやすい路面での利用行動プロット図	151
表 5-1	本研究の調査日	127
表 5-2	調査項目と使用機器	127
表 5-3	本研究の調査日	139
表 5-4	風速・日射環境による OS の分類	140
表 5-5	屋外環境とアクティビティの概況	147
写真 5-1	Kestrel4500, ウィンドベイン	127
写真 5-2	インターバルカメラ	127
図 6-1	既成市街地更新モデル検討の検討プロセス	158
図 6-2	開発方針デザイン検討の対象街区	159
図 6-3	開発方針デザインの検討モデル	160
図 6-4	高層 A 型の風雪シミュレーション結果	162
図 6-5	高層 B 型の風雪シミュレーション結果	162
図 6-6	中層型の風雪シミュレーション結果	163
図 6-7	形態ボリュームデザイン検討の対象街区	166
図 6-8	現況更新型街区の街区空間形態	167
図 6-9	現況更新型の風雪シミュレーション結果	168
図 6-10	現況更新型の風雪環境評価項目の整理	169
図 6-11	形態ボリュームデザインの検討モデル	170
図 6-12	高さ統一型街区の風雪シミュレーション結果	174
図 6-13	山型街区の風雪シミュレーション結果	175
図 6-14	囲い型街区の風雪シミュレーション結果	176
図 6-15	部分形態デザインの検討モデル	178
図 6-16	アーケード型街区の風雪シミュレーション結果	180
図 6-17	セットバック型街区の風雪シミュレーション結果	181
図 6-18	既成市街地更新モデルのデザイニングプロセスとデザインガイドライン	186
表 6-1	風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量	164
表 6-2	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	164
表 6-3	都市計画課題と検討モデル内の建築高さの関係	171
表 6-4	風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量	177

表 6-5	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	177
表 6-6	風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量	182
表 6-7	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	182
図 7-1	北見市の積雪の経年変化	190
図 7-2	2015 年の北見市の積雪	190
図 7-3	冬季の北見市の風向	191
図 7-4	北見市都市再生基本計画	191
図 7-5	北見市新市庁舎を含む複合交通・地域交流拠点の計画	192
図 7-6	風雪シミュレーションを行う配置計画検討案	193
図 7-7	北風向時の矩形型の風雪シミュレーション結果	197
図 7-8	南西風向時の矩形型の風雪シミュレーション結果	198
図 7-9	北風向時の雁行型の風雪シミュレーション結果	199
図 7-10	南西風向時の雁行型の風雪シミュレーション結果	200
図 7-11	北見市新市庁舎の基本設計案	201
図 7-12	風雪環境評価を組み込んだ北見市新市庁舎の計画プロセス	203
表 7-1	新市庁舎計画緒元	192
表 7-2	風雪シミュレーションによる積雪量と積雪深	195
表 7-3	2つの配置計画検討案の風雪環境評価	201
写真 7-1	風雪シミュレーション模型	189
図 8-1	都心再開発モデルのデザインガイドライン	212
図 8-2	既成市街地更新モデルのデザインガイドライン	214

1. 序論

1.1 研究の背景と目的

1.2 本章の構成

1.3 都市空間コントロールに関する議論

1.3.1 日本の都市空間形成手法と課題

1.3.2 都市空間デザインに関する試み

1.4 サステナブル・スマートシティに関する議論

1.4.1 世界・国内におけるサステナブル・スマートシティ議論の変遷

1.4.2 スマートシティの都市空間形態

1.5 積雪寒冷都市の都市・建築デザイン

1.5.1 積雪寒冷都市の課題と魅力

1.5.2 積雪寒冷都市の気候に応じた都市・建築デザイン

1.5.3 地域の気候に適応する都市・建築デザインの系譜

1.6 既往研究・議論の整理と本研究の位置づけ

1.7 研究の構成

1.1 研究の背景と目的

都市デザインでは、地域の気候に配慮した快適な都市環境の創出が求められる。特に積雪寒冷都市では、冬の寒さや積雪など気候による特有の課題があり、温暖地域とは異なるアプローチが求められる。これまで積雪寒冷都市では、アトリウムや地下道など、雪や寒さから空間を遮断する手法が用いられてきたが、これらは整備に多くのコストがかかる上、内部の暖房に莫大なエネルギーを消費し、持続可能な手法とは言い難い。雪や寒さを遮断だけでなく、建物の配置や形態等によりそれらの影響を低減する、自然共生型の都市空間像が求められる。

また近年は、エネルギー消費を抑えたサステナブルな都市づくりが目指されている。スマートグリッドや建物間電熱融通等、設備システムに関する検討は数多く行われているが、都市空間に関する研究や取組みは少なく、目標とする都市空間像は明らかになっていない。エネルギー消費の低減を目指した建築形態や都市構造の検討は、都市空間にも大きく影響するため、そのコントロールが必要であり、特に都市デザインの最小単位である街区スケールでは、エネルギー消費を低減する空間像が求められる。

そこで本研究は、積雪寒冷都市において、屋外公共空間の風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーと建物消費エネルギーを考慮し、街区全体の消費エネルギーを低減する「北方型スマート街区」による都市デザイン手法を構築すること目的とする。都市空間像の基本単位となる「北方型スマート街区」のデザイン手法を明らかにすることで、積雪寒冷都市におけるスマートシティの実現における基礎を示すものである。

1.2 本章の構成

1章では、本研究に関する背景を大きく3つ視点から整理し、本研究の位置づけと目的を明確にする。

1.3章では、都市空間デザインに関する議論と既往研究の整理を行う。日本における都市空間コントロールの課題、既往の都市デザイン手法の研究や取り組みの整理を行い、魅力的な都市空間実現に向けた都市空間コントロール手法を明らかにする。

1.4章では、近年大きなテーマとなっている持続可能な社会の実現、スマートシティに関する議論や取り組みを整理し、スマートシティ実現に向けた課題を明らかにする。

1.5章では、積雪寒冷都市の気候的な特徴(課題と魅力)を把握し、次にこれまでの積雪寒冷都市において試みられた冬に適応する建築・都市デザインの事例の整理する。さらに建築・都市分野における地域の気候に適応した建築・都市デザインに関する議論を整理し、積雪寒冷都市特有のデザインの必要性和意義を示す。

1.6章では、1.3～1.5章で明らかにした課題の関係性を整理することで、本研究の位置付けと目的を明示する。

1.7章では、1.6章で明示した本研究の目的に基づき、本研究の構成を明示する。

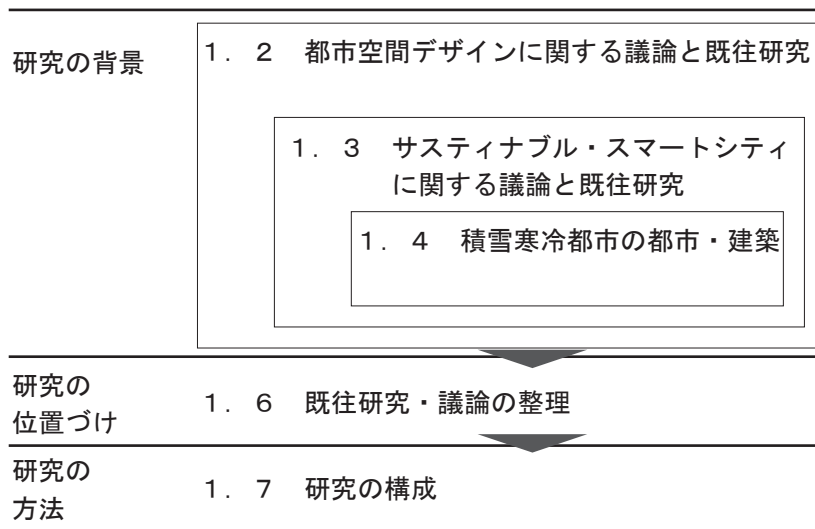


図 1-1 第1章の構成

1.3 都市空間コントロールに関する議論

1.3.1 日本の都市空間形成手法と課題

都市計画に関わる法律として、「都市三法」と言われるものがある。都市三法とは、都市計画法、建築基準法、都市開発法を指す。これ三法は日本のあり方から、都市のあり方、住居のあり方までに大きな影響を与えている。また、法律によらない手法として、その地域に合った条例やローカルルールも考えられる。

そこで以下には、法定都市計画（都市計画法）の特徴、都市計画法以外の法律による都市計画に関わる項目の特徴、法律以外の条例やローカルルールの特徴を整理する。

1) 法定都市計画

法定都市計画は都市計画法に基づく都市計画であり、大きく分けて以下の3つの計画が挙げられる。

- ①土地利用（用途地域、地区計画など）の計画
- ②都市施設（道路、公園など）の整備の計画
- ③市街地再開発事業（土地区画整理事業、市街地再開発事業）の計画

平成14年度には「都市計画提案制度」導入され、住民や地権者だけでなく、まちづくりNPOやまちづくり協議会、条例を定める団体が、マスタープランを除く都市計画（用途地域、地区計画等）に対して提案することが可能となった。

ここでは、以上に述べたもののうち、都心の再編に重要なツールとなりうる土地利用について整理する。

用途地域

都市計画法では市街化区域にある土地の使い道を12種類に分けて、どこにどんな建物をどれくらいの大きさで建てられるかを色分けして決める方法として用途地域を定めている。大通や札幌駅周辺などは商業地域として定められている。札幌の場合、用途地域にしたがって建蔽率／容積率（％）は80/400、80/600、80/700、80/800のいずれかに定められている。

地区計画

地区計画は、行政と住民が一体となってまちづくりを進める都市計画制度で、用途地域に加え、地域の特性にも合わせたきめ細かなルールを決められる地区レベルの都市計画である。用途地域よりもさらに小さい地区（街区等のエリア）を単位とし、その地区に合った建築物の用途や形、色彩、道路や公園の配置などを、住民の意見を踏まえて市町村が細かく定めることで、それぞれの地域にふさわしい機能や、優れた景観のまちづくりを誘導することができる。

都市マスタープランを踏まえながら、地区のまちづくりの全体構想を定めるもの、地区計画の目標や将来像、地区の整備、開発、保全の方針を定めるのが「地区計画の方針」である。また、それに基づきまちづくりの内容を具体的に定めるもの、地区計画区域の全部または一部に、道路、公園、広場などの配置や建物の建て方に関する具体的なルールを定めるものが「地区整備計画」である。地区計画をつくった後、新しく建築を建てる場合や増築をする場合、車庫や物置の設置、塀や垣の設置、屋外広告物の設置を行う場合などには、市役所に「地区計画の届出」を行い、地区計画のルールを将来にわたり守る仕組みとなっている。

2) 都市計画法以外の都市に関わる法率

建築基準法

建築基準法による再開発は、大きく2つの方法がある。1つめは「単体規定」で、1敷地に1棟の建築を行うというものである。2つめは複数の敷地に1棟あるいは複数の建物を建てるというものである。

【**集団規定**】：建築物を集団としてとらえ、集団としての秩序を保つために建築物の相互間の取り決めた部分を指す。都市の機能確保や適性な市街地環境の確保を図るためのもので、建築基準法第68条の9に定める都市計画区域以外の区域内の建築物に関わる制限を除き、都市計画区域に限り適用されることになっている（建築基準法41条の2）。具体的には建築基準法の第3章、第4章に規定されているものである。都市計画で定められている12種の用途地域に応じて指定される用途地域、建蔽率制限、容積率制限、斜線制限、日影規制、接道義務などがいわゆる「集団規定」として挙げられる。

【**総合設計制度**】：建築物の敷地に「公開空地」を設ける開発者に対して、特定行政庁の許可により容積率等を緩和するという制度で、正式名称は「敷地内に広い空地を有する建築物の容積率等の特例」である（建築基準法第59条の2）。総合設計制度とは、建築物の敷地に一定以上の広さ「公開空地」を設ける場合において、容積率および各種の高さ制限（道路高さ制限・隣地高さ制限・北側高さ制限・絶対高さの制限）が特定行政庁の許可の範囲内において緩和されるという制度である。容積率および各種の高さ制限を緩和するためには、特定行政庁が建築審査会の同意を得て、許可をすることが必要とされている（建築基準法第59条の2）。特定行政庁が許可を与える基準や、容積率および各種の高さ制限を緩和する範囲については、各地方自治体が「総合設計制度許可要綱」を制定し、自治体ごとに独自の判断基準が設けられている。

3) 法定都市計画以外の都市計画

都市計画マスタープラン（以下都市マス）

都市マスは、都市計画法第 18 条の 2 の規定による「市町村の都市計画に関する基本的な方針」を根拠として定めるものである。望ましい都市の目標像を都市整備の目標として明確化し、諸種の施策を総合的かつ体系的に展開していくために実現に向けた取組みの方向性を全市的視点から整理したものである。市町村が、その創意工夫の元に、住民の意見を反映させて、都市づくりの具体性のあるビジョンを確立し、地域別のあるべき市街地像、地域別の整備課題に応じた整備方針、地域の都市生活、地域活動を支える諸施設の計画等をきめ細かくかつ総合的に定めることを内容とし、市町村自らが定める都市計画のマスタープランとして創設されたものである。

都市マスの役割としては、都市計画中央審議会の答申において次のものが挙げられる。

- ・住民の都市計画に対する理解と参加を容易にするための将来都市像の明示
- ・都市計画の整合性・総合性の確保
- ・具体の都市計画の指針

ローカルルール

都心における空間再編を考える際に、市民・行政・民間の協働と、関係主体間での合意を基にした実現性のある空間コントロールの手法が求められる。そのためには地区に関わる主体が、地区の特性を考慮したルール（ローカルルール）についての合意を形成し、共有しながら空間の再編を行う必要がある。札幌では、札幌駅南口と札幌駅周辺地区において、札幌駅南口再開発を契機に、周辺まで含めた一体的な整備を図ろうとするローカルルール形成の動きがあった。

3) 都市空間形成・建築規制の課題

上記の規制制度をもつ日本の都市において、青木¹⁻²⁸⁾によれば街の形態を決定している要因は、大きく以下の 5 つに整理できる。

- ①建物が面する道路の格（幅員）
- ②建物の都市内での位置（都心か周辺か）
- ③①と②によって導かれる指定用途地域と容積率
- ④③に基づいて課せられる各種形態規制
- ⑤地区計画のようなエリア対象の規制

そして、この街並みの決定の枠組みには次のような問題点が内在している。

A) 建築規制の内容を直接的に決定する物理的要因のうちの③用途地域・容積率と④各種軽快規制が、①道路と②立地、それも都心

1-1) 青木仁：なぜ日本の街はちぐはぐなのか―都市生活者のための都市再生論，日本経済新聞社，2002

を頂点とするピラミッド構造という物理的条件のみを考慮して決定される構造になっており、経済的な要因（床需要や地権者の投資能力）や都市空間（街並や都市環境など）としての視点が考慮されていない。

B) ③指定用途地域と容積率の規制では、規定内であればどのような大きさの建物でも建てることができる。すなわち大きな建物でも小さな建物でも建設可能で、広幅員道路が突如出現し、実体経済が伴っていない場所等では、中層や低層の建物が高層建物と混在することになる。

C) ③指定用途地域と容積率、④各種形態規制は基本的に敷地単位、建築単位に対するものである。街区あるいは地区としてのまとまりを意識した規制ではなく、各建築を建設した結果の産物として都市空間が形成されてしまう。「総合設計制度」においても、「公開空地」の整備は求めるが、その形成のルールがなく、街並のコントロールは難しい。

D) 現在、都市計画と建築をつなぐのが⑤地区計画であるが、地区計画を都心で考える際、どのようなエリアを、どのような方法で、どのような内容で決めていくかといった論理はない状態である。例えば、都市計画提案制度を用いて地区計画を提案する際、提案に必要な要件は「5,000 m²以上のまとまりある区域」で、「提案区域内の土地所有者などの同意（人数と面積のそれぞれ2/3以上）があること」となっている。しかし、地権者が多く、それぞれが商業活動を目的として集積している都心において、あるまとまりをつくり、そのエリア内の地権者の合意をまとめるルールを形成していくのは非常に難しい。

このように、現在の都市空間を形成する手法には、「どのような街並・都市空間を形成するか」というビジョンが欠落しており、都市空間コントロールにおいては、特に街区や地区のレベルで目標とする空間像の共有が求められる。

1) 都市デザインシミュレーションによる都市空間デザイン

1980年代のアメリカでは、都市デザインに関するコミュニケーションを改善するツールとして「シミュレーション技術」に関する研究が行われた¹⁻²⁾。カリフォルニア大学バークレー校のBosselmannらは、ニューヨーク、サンフランシスコ、トロントのプロジェクトを事例にシミュレーション技術を組み込んだ都市のデザインコミュニケーションモデルの研究を行っている¹⁻³⁾。この研究では人の行動、都市景観、風環境などの分析要素について、シミュレーションによって視覚化することで、多様な要素を含む都市デザインを包括的に検討できる方向性が示されている（図1-2）。

1-2) Ernest Burden : Design Simulation: Use of Photographic and electronic Media in Deign and Presentation, John Wiley & Sons Inc, 1985

1-3) Peter Bosselmann : Representation of Places: Reality and Realism in City Design, Univ of California Press, 1998

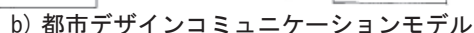
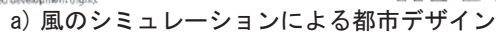


図 1-2 Bosselmann らによる都市デザインコミュニケーションモデル¹⁻³⁾

2) 都市空間コントロール手法

アメリカにおいて画一的であった初期のゾーニング規制の問題を解決するアプローチのひとつとしてForm Based Codeがある。以下に、まずゾーニングを中心にアメリカの都市開発の変遷を整理する。ゾーニング規制と比較し、Form Based Code の提案を把握する。

1-4) Daniel G. Parolek AIA, Karen Parolek, Paul C. Crawford FAICP : Form Based Codes: A Guide for Planners, Urban Designers, Municipalities, and Developers, Wiley, 2008

アメリカにおけるゾーニングの歴史

ユークリッドゾーニング

ゾーニングという制度はドイツで生まれ、イギリスに移りそれがアメリカに渡って独自の発展を遂げた。アメリカにおけるゾーニングの最初の例としては、1904年のロサンゼルス市の財産規定に関する土地利用規制、1916年のパークレー、ニューヨークの特

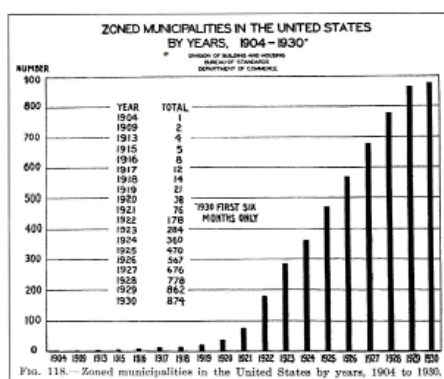


図 1-3 アメリカ地方自治体のゾーニング規制¹⁻⁴⁾

権階級の住居ゾーンを規定するものがある。初期のゾーニングは不動産所有者の既得権を守るための相互間協定的なものに端を発していることから、排他的性格を強く持っており、「ユークリッドゾーニング」と呼ばれる。1926年には連邦最高裁において、そのゾーニングの合憲性が認められたことから、確固たる基盤を築いた。そして1950年代までに各自治体で急速に広まっていった（図 1-3）。

非ユークリッドゾーニング

ユークリッドゾーニングは市町村全域をいくつかの地域地区に区分し、それぞれにおいて許される土地利用の用途・形態を一定の基準に基づいて規定するものであるため、おのずからその運用は画一的で、硬直的なものであった。そして1950年代、第2次大戦の帰還者などにより住宅需要の急増とともに、その開発においては住宅と職場・商業エリアを切り離すゾーニングが用いられた。その影響として、スプロール、非効率的な公共交通、自動車交通の増大、街における歩行空間の魅力喪失などといった問題を抱えるようになった。1960年代、それらの問題を解消するために、ゾーニングに「柔軟性と創造性の導入」という要素が考えられるようになり、いくつかの事象に対して特別なゾーニング手法がとられるようになった。これらは総称して「非ユークリッドゾーニング」と呼ばれる。非ユークリッドゾーニングの手法には次のようなものがある。

- ・PUD (Planning Unit Development) : PUD は1960年代の郊外におけるクラスター開発から生まれた制度である。ゾーニングにおける

画一的で幾何学市街地形成の単調さへの反発、自然条件や地形・地質などの尊重、開発の非効率性への批判等から、計画的な混合的土地利用としての一体開発を誘導するものである。再開発において PUD が用いられるようになったのは、総合的な設計を必要とする大規模再開発に対して、基盤目状に形成された中心市街地の街区を統合してゾーニングの機械的な基準によるコントロールを排除。代わりに PUD によって、一括的な土地利用強度規制を適用し、再開発地区の大枠の密度や用途のコントロールについては、一般のゾーニング規制とのバランスをとる。

- ・パフォーマンスゾーニング：パフォーマンスゾーニングは、新たに造成された地域について民間利用を優先する地域について事前に実行基準を定め、民間開発者が開発計画を立案し、市当局に申請して行う制度である。
- ・インセンティブゾーニング：インセンティブゾーニングとは、市町村等がゾーニング規制を一定の目的で緩和することにより、ディベロッパーに経済的な優遇効果を与えることと引き換えに公共利益を引き出す方法であり、インセンティブとはそのためのボーナスである。インセンティブゾーニングは現在全米約 50 都市で採用されていると言われ、一定の目的とは、公開広場緑地の確保、都市美観への配慮、公共施設への配慮、地域への経済活性化など多岐に渡っている。

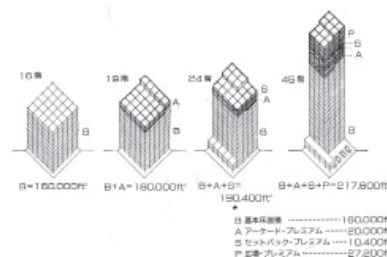


図 1-4 インセンティブゾーニングの原型 - プラザボーナス¹⁻⁴⁾

- ・MXD (Mixed Use Development)：ゾーニングは土地利用規制の効果としては土地利用の分化と純化を狙ったものであるが、この作用が逆に都心部を魅力のないものにしてしまう副作用がある。その反省から用いられているのが MXD であり、この制度も一定の公開空地等を設ければ、複合用途開発に対してゾーニング規制を緩和して認めるインセンティブゾーニングの一種である。その用途には、住宅、オフィス、レストラン、ホテル、集会施設、劇場、レクリエーション施設等がある。
- ・ハウジングクオリティゾーニング (House Quality Zoning)：ハウジングクオリティゾーニングは、1970 年代中頃からニューヨーク市で活用されるようになったもので、住居地域においてより秀でた質の開発を導き出すためのインセンティブゾーニングの一種である。ニューヨーク市の場合、ゾーニング条例においての一戸建住宅地および 2 戸建て住宅地を除く住宅地域では、空き地、駐車ス

ペース規制などの基準が働いている。その結果建物の形態は、高層マンション、足下回りは駐車場という変化のない、街並となってしまう。そこで、建蔽率を緩め、一部の規制を外して、一定のデザイン基準による総合審査、許可を行いデザインに対するゾーニングの硬直的な作用を緩和させようとするものである。

- TDR (Transfer of Development Right) : 開発権移転制度 (TDR) とは、特定の土地利用についてゾーニングで許容されている容積率と実際の容積率との差を未利用の開発権と見なし、一定の条件により隣地または道路を隔てた反対側の敷地に移転することを認め、移転先敷地では、本来のゾーニングで規制する最大容積率にこれを上乗せした開発を認める制度である。ただし開発権の移転の上限は、ゾーニング規制の基準容積率上限の2割までとされている。

上記のようなゾーニング規制を修正する試みは、限られた条件においてのみ適用され、幅広い開発プロジェクトにおいて適用されるモノではなかった。そして1980年代初頭、公的機関によるゾーニングの合理化が行われた。機能分離が再考され、より複合的な機能の枠組みが提案されるようになった。一方、公的機関がゾーニングの再考に着手している頃、タウンプランナーや建築家集団は、スマートグロスやニューアーバニズムの試みによって確認された、複合機能・サステイナブルコミュニティといった、地域に個性を与え、包括的な試みを促し、新たな活力を与えることを目指した。その試みは、土地利用の違いよりも、開発のスケールや地域資源の多様性に着目するものであった。そのような試みの中で生まれたのが「Form Based Codes」である。

Form Based Codes の構成要素

Form Based Codes (FBCs) は、コミュニティの思い描く場を形成するために、全ての開発行為を統合する基礎的なビジョンと規範である。そしてFBCsは、空間構成の原理に基礎を持ち、田園部から



図 1-5 HQ ゾーニング¹⁻⁴⁾

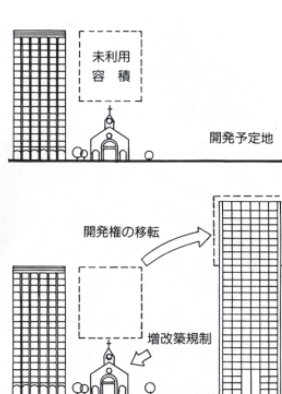


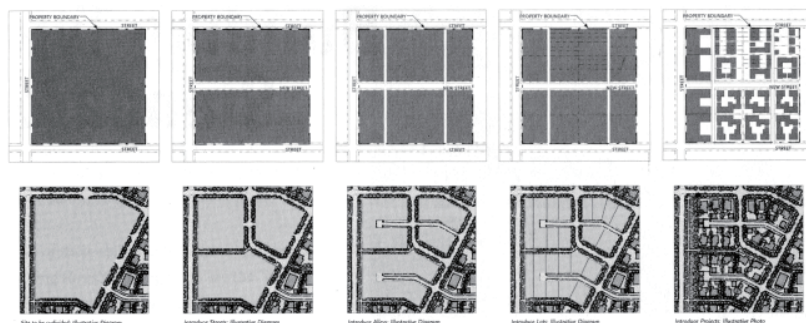
図 1-6 開発移転制度 - TDR¹⁻⁴⁾



図 1-7 A Regulation Plan¹⁻⁴⁾

Block Standards : 分割されたエリアを連結させ、道と街区の歩行



図 1-10 Block Standards¹⁻⁴⁾

しやすいネットワークを規定するもの。

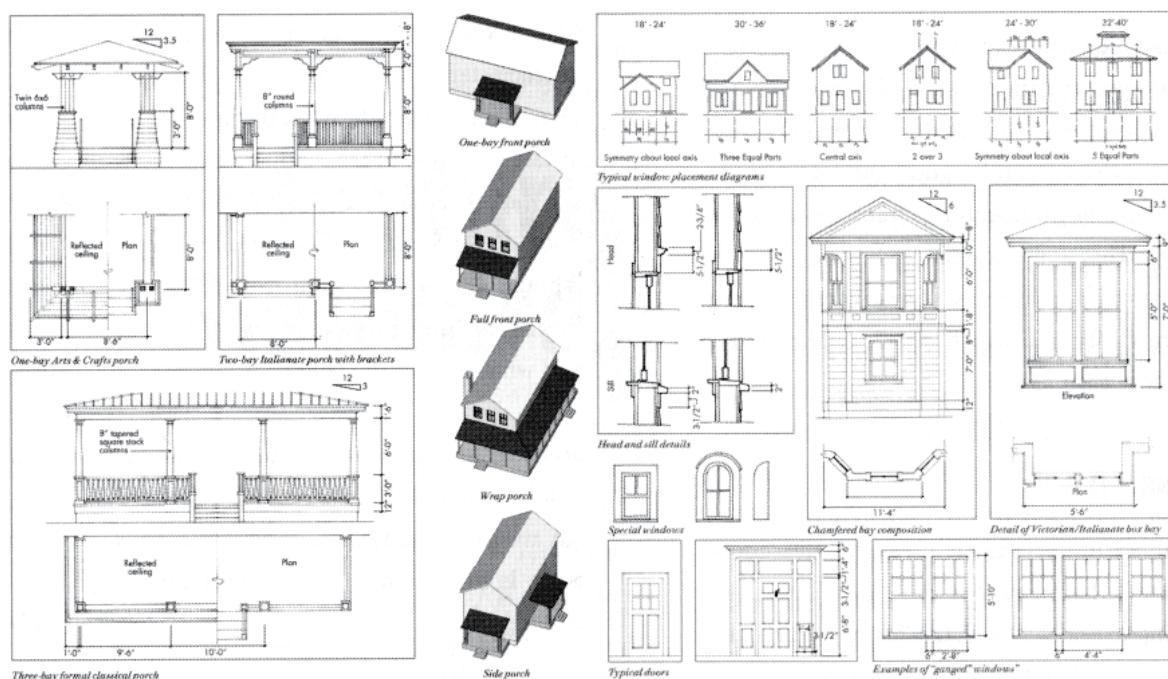
Building Type Standards : 許容されるビルディングタイプの形態、機能に関する詳細な規定。ビルディングタイプにはタウンハウス、コートヤードアパートメントメント、リブワークユニット等がある。

Architectural Standards : 建物の個性と質をコントロールする規定。

Green Building Standards : コミュニティのサステナビリティの目標達成を手助けする、環境配慮型・エネルギー高効率・低炭素型建物の詳述。

Land Landscape Standards : プライベート空間であっても、水際にアプローチできる、自然を求めるなどといった、公共的に良い効果をもたらすものに対する個性と質の規定。

以上構成要素に含まれる決定は、最初の段階で地域に規定されるものである。全ての構成要素は、コミュニティに対して意図したビジョンを提供し効果的な次なる段階のコードの開発を保証している。

図 1-11 Architectural Standards¹⁻⁴⁾

Form Based Codes の適用例、Miami21

マイアミ市は、フロリダ州にある推計人口 390000 人の都市である。市は既存のゾーニングコードからスマートコードへの転換を決定。しかし、計画当初はマイアミの大きさと複雑な都市構造のために、コリドーによる区画整理のみで考えられていた。そして後に、市全体を包含する半径 1/4 マイルの円弧を基本に、4 等分、各エリアの個性に合わせたコードを計画するようになっていった。

マイアミ 21 のコードでは、建築様式規格、公共空間規格、建物全面（フロンテージ）の種類などの一般的な風景・建築を規定している。このコードは、公共空間の形成に関わる点についてのみプライベート領域の規制を行っており、直接建物の種類等は規定していない。

マイアミ 21 は各エリアの特徴を基礎としながらゾーンに分け（T ゾーン）それら各ゾーンに対して、サブゾーン（制限付き（R）、規制（L）、開放（O））が計画されている。現在の市全体の計画図は図 1-12 の通りである。以下には各 T ゾーンの概略を記す。

T 1：自然地である。

T 3：唯一ハウジングタイプを制限する R1 ゾーンをもつゾーン。

T 3-R ゾーンは主要な建物の規制で 1 エーカーあたり最大 9 住戸を許可。T 3-L と T 3-O は 18 棟まで許可している。また、T 3-L は最大 10 フィートの隣棟間隔を許可、T 3-O は二世帯住宅、2 棟、分棟を許可している。

T 4：T 4 ゾーンは 1 エーカーあたり 36 住戸の建物密度である。

T 4-R は居住のみの用途で、適当なフロンテージを許可している。T 4-L は居住もしくは Live Work。T 4-O は、居住、Live Work、商業用途である。T 4-L、T 4-O はどちらも店頭や庇を許可されているが、最低 10 フィートのセットバックを必要とする。

T 5：T 5 ゾーンは 1 エーカーあたり 65 住戸の建物密度である。

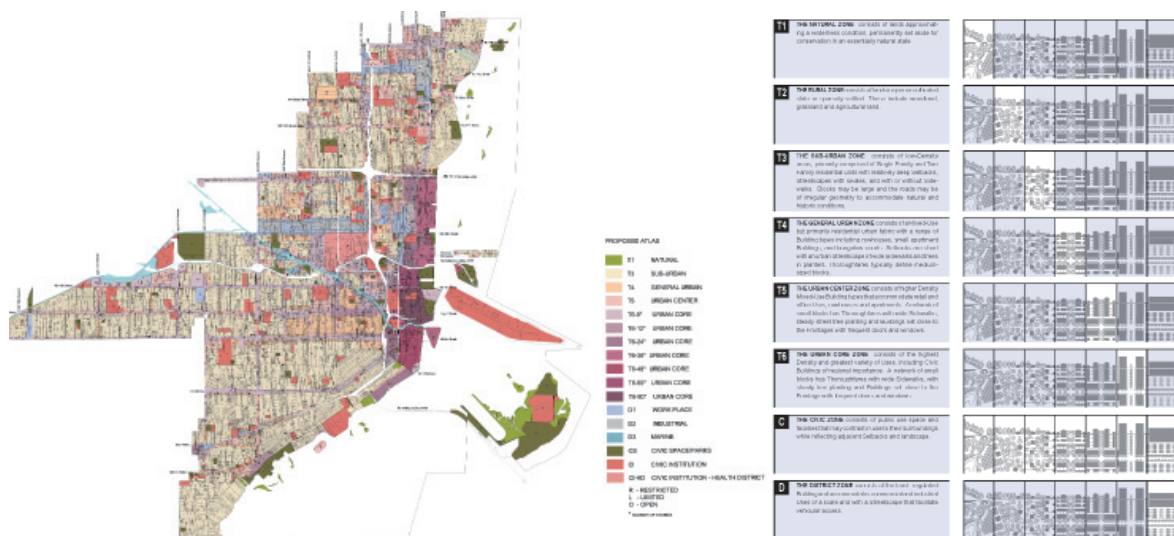
T 5-R は居住のみの用途で、適当なフロンテージを許可している。T 5-L は居住もしくは Live Work。T 5 は、居住、Live Work、商業用途である。

T 4-L、T 4-O はどちらも店頭や庇を許可されているが、最低 10 フィートのセットバックを必要とする。

T 6：T 6 ゾーンは、サブゾーンを分割する 2 つの方法がある。

上記の他のゾーンと同様に、R、L、O のサブゾーンがある一方、T 6 ゾーンの規定を外れ物理的な形態や主な高さを許可するものがある。T 6-R は主な居住および弾力的な使用を許可する。

T 6-L は Live Work もしくは 4 層まで商業用途を許可。T 6-

図 1-12 Miami21¹⁻⁴⁾

〇は上記の全て、もしくは全階商業用途を許可する。これらのサブゾーンは同様の物理形態を規定し、単純に異なる用途を許可、唯一の建物の形態規制だけがある。一方の異なる手法 T 6-8、T 6-12、T 6-24、T 6-36、T 6-38 と個別のルールが与えられている。数字は許可される建物階数を示している。

ニューアーバニズム型ゾーニングの事例として Miami21 の特徴を分析した李ら¹⁻⁵⁾の研究において、「都市計画法・建築基準法・景観法が複雑に絡み合い、まちづくり条例や任意のデザインガイドラインまで含めると日本の都市・建築の法制はきわめて分かりにくい。マイアミ 21 の試みはこうした問題点を克服する 1 つの方法としても参考になると考えられる」としている。

Miami21 は建物の物的形態を規制する Form-Based-Code に、都市を自然から都市中心部まで一体的に統合する、トランセクト概念を加えた、ニューアーバニズムにおける新たな計画手法であり、は対症的に建物個別に規制を与えるのではなく、都市全体の空間像を見据えて各エリアの具体的な空間ビジョンを形成することが、良好な都市空間を創造する有効な手段のひとつになると考える。

1-5) 李寶攪，高見沢実，野原卓：マイアミ市におけるニューアーバニズム型ゾーニングの全面適用に関する考察，都市計画論文集，46(1)，69-76，2011

1.4 サステナブル・スマートシティに関する議論

1.4.1 世界・国内におけるサステナブル・スマートシティ議論の変遷

地球環境問題への認識の高まりに伴い、環境やエネルギーにまつわる都市の呼び名が生まれてきた。1980年代に、「サステナビリティ (Sustainability)」という概念の普及により「サステナブルシティ」という言葉が用いられるようになった。これまで個別に議論されていた環境やエネルギー、経済、交通、社会などの問題が、「サステナブルシティ」の概念の普及に伴って相互に関連付けられて議論されるようになった。2000年以降では、エネルギーの生産と消費、資源の節約と循環利用など、二酸化炭素排出量削減の視点から都市生活、交通、建築、インフラなどを一体的に取り扱い多様な分野の連携を促す概念として「低炭素都市 (Low-Carbon City)」が議論された。そして近年では「スマートシティ」という言葉が用いられるようになる。米国におけるメータによって電力網を監視・制御し安定的に送電を行う「スマートグリッド」に端を発し、ICT技術の高まりとともにスマートシティ、スマートコミュニティという言葉が用いられるようになった。スマートシティの定義は「ICT技術を有効活用して、基盤インフラ、生活インフラ等を効率的に運営し、生活を快適かつ利便性を向上させることが可能な都市（経済産業省）」などがあるが、明確化されておらず、その概念は混乱した状況にある¹⁻⁶⁾。以下に環境やエネルギーにまつわる都市の議論の変遷の概要を整理し、都市デザインにおける課題を把握する。

1) 世界の環境への転換点

1992年リオデジャネイロで開催された環境と開発に関する国連会議（以下リオサミット）によって、世界レベルで「地球環境問題」「持続可能な発展」といったキーワードが共通認識となった。

産業革命以降、急速な都市化に伴う都市内環境の悪化（公害問題等）、自然破壊の問題への対応として環境政策は古くから存在はしていたが、それを体系的に考え始めたのは20世紀になってからののである。1960年代には先進国で環境保護に関する法案が次々に現れた。

70年代に入ると「地球規模環境破壊」が認識されるようになる。1972年、ローマ・クラブにより「成長の限界」という報告書がされる。この報告書は人口、一人あたりの食糧、工業生産、資源消費、環境汚染の動態的な相互関係を数学的に設定する研究であり、資源の枯渇、汚染の拡大、人口過剰といった破滅的シナリオをしめした。さらに同年、環境に関する初めての世界規模の会議として、スウェーデンのストックホルムで国連人間環境会議が開催された。その成果

1-6) 山村真司：スマートシティはどうつくる？、NSRI 選書、2014

1-7) 岡部明子：サステナブルシティEUの地域・環境戦略、学芸出版社、2003

1-8) 岡部明子：持続可能な都市社会の本質—欧州都市環境録書に探る、千葉大学公共研究、2, 4, 116-141, 2006

として「人間環境宣言（26 原則）」「行動計画（109 の勧告）」が採択され、後にそれを実施に移すための機関として国連環境計画（UNEP）がナイロビに設置された。

80 年代、地球環境問題は国際政治上の重要課題として認識される。そして、リオサミットへとつながるいくつかの出来事がおこる。

- ・冷戦の終焉
- ・1987 年ブルントラスト報告：「持続可能な開発」という概念を明示。世界の現実的行動計画の緊急性を警告
- ・地球環境に対する新たな報告：オゾンホールが発見、温室効果の確認、世界的森林破壊と種の絶滅の危機等

これらの出来事によって状況的基盤が整えられ、国連は第 2 回環境会議（リオサミット）の開催を決定した。そして 1992 年リオサミットが開催、以下の事柄が合意された。

- ・リオ宣言
- ・アジェンダ 21
- ・気候変動枠組み条約への署名
- ・生物多様性条約の署名
- ・森林に関する原則声明
- ・砂漠化防止条約の開始についての合意
- ・財政処置および技術移転についての合意

リオサミットでは先進国と発展途上国の異なる利害関係を超えて、地球環境問題に関する合意が成立した。そのきっかけは、1987 年にブルントラスト委員会が提案した「持続可能な発展」という概念定式である。その概念のもと、リオサミットではストックホルム宣言を確認するとともに、これを発展させることを求め、各国が社会の重要部門および国民間の新たな水準の協力を作り出すことによって、新しい公平な地球規模のパートナーシップを構築するという目標をもつことが可能となった。そして、全ての者の利益を尊重し、かつ地球規模の環境および開発のシステムの一体性を保持する国際的合意に向けた作業が行われた。リオ宣言の中で重要な原則として以下のものが挙げられる。

- ・汚染者負担の原則（PPP）
- ・無差別原則
- ・予防原則
- ・共通だが差異のある責任原則
- ・世代間の公平な原則

共通だが差異のある責任原則とは、「地球環境の悪化への異なった寄与という観点から、各国は共通の、しかし差異のある責任を有する。

先進国は彼らの社会が地球環境へかけている圧力および彼らの支配している技術および財源の観点から、持続可能な開発の国際的な追求において有している義務を認識する」というものであり、過去の先進国が地球環境に与えた悪影響を認識して、途上国が持続可能な開発を追求する際、先進国も技術面、資金面で義務を有することを述べている。この原則は、その後締結される環境や開発に関するあらゆる条約、議定書などの基礎ともなっている。

2) EUのサステイナブルシティへの取組み

欧州では、1990年初頭の早い段階から「環境」に対する認識が高く、「サステイナブルな発展」の概念における議論や都市レベルでの取組みが盛んに行われてきた。リオサミットに先立って、1987年国連「環境と開発に関する世界委員会」が「サステイナブルな発展」の概念が明示された。同委員会の報告書「我らが共有の未来（Our Common Future）」（通称ブルントラスト報告）は、サステイナブルな発展を「将来の世代が自らの欲求を充足する能力を損なうことなく、今日の世代の欲求を満たすこと」と定義している。これが今日広範に語られるサステイナビリティの原点である。

欧州のサステイナブルシティへの原点となったのが、「都市環境緑書（EC-Environment, 1990）」である。同緑書では、「都市にはどのような働きがあるのか」が説明され、その概要は以下の通りである。

「都市成長は、経済的・社会的・文化的・政治的ダイナミクスの組み合わせの帰結である」

- (1) 経済的ダイナミクス：都市の備える近接性により、無数の接触と活動が可能となり、都市は情報のハブであり創造の中心となっている。都市中心は、生産・研究・消費のそれぞれの段階に関わるいろいろな経済主体を組み合わせる力を備えているために、企業を吸い寄せる。
- (2) 社会的ダイナミクス：都市は広範な社会機能（診療所・病院・社会サービス関連など）を備えている。これら社会的な役割は、失業や貧困により人々が疎外されるようになり重要性を増している。実際、社会問題が集中していることにより、一般的な政策よりも特化した政策を追求することが可能になる。都市にはまた、雇用機会が集中している。これが都市の大きな魅力のひとつである。一般化すれば、都市には社会関係・教育・サービス・職業の選択の機会がある。
- (3) 文化的ダイナミクス：都市の文化的役割は、密度・近接性・選択可能性により発揮される。これらの条件は、文化の「生産」と「消費」の双方を促す。さらに歴史的資産は、観光を含めて

文化と結びついたその都市ならではの経済活動の道を開く。

(4) 政治的ダイナミクス:他の場所以上に都市は市民の「良い政府」への要求に直接答えなければならない。都市は直接参加が可能な場所であり今日市民参加が進んでいる。都市は個々人が市民意識を何事にも縛られずに自由に発展できるところである。

極めて抽象的・哲学的な概念ではあるが、都市において「環境」を捉える際に、対症療法的な環境効果だけでなく、広く都市の文脈の中で捉える姿勢が示されている点は重要であると考ええる。

また都市環境問題として①都市公害 (urbanpollution)、②建造環境 (built-upenvironment)、③都市内自然 (naturein the city) の3つが挙げられている。都市環境問題を都市公害(空気・水・騒音・土壌・温室効果ガスを含む)と都市内自然(緑地など)だけでなく、建造環境を含めて重視して点は、着目すべき点である。

その後の1991年には、I・サックスを中心に国際自然保護連合IUCNの文章がまとめられた。その文書では、開発計画を論じるにあたって考慮すべきサステナビリティの次元として、社会的・経済的・生態学的・空間的・文化的の5つを挙げている。

- ・社会的サステナビリティ:資産や所得の分配において従来以上の衡平さが存在する文明の構築
- ・経済的サステナビリティ:資源分配にあたって企業の収益性を基準に経済効率を考えるのではなく、マクロ社会の諸条件に照らして評価することによって実現可能になる
- ・空間的サステナビリティ:よりバランスのとれた都市対農村の配置を達成するとともに、人間の居住と経済活動の地域的配分の改善
- ・文化的サステナビリティ:環境重視の開発という規範概念が、多様な文化的連続性を断ち切ることなく、地域や地方により多元的な解決を生み出していくプロセス

ここでも非常に広い概念でサステナビリティが捉えられている。そして1992年リオサミットが開催。1993年マーストリヒト条約で欧州連合(EU)が誕生、主要な政策を3つに分類した「3つの柱」の第1の柱の欧州共同体が担う分野として「環境」が「経済」「社会」と並べて位置づけられた。また同年、環境政策において第5次環境行動計画が定められ、他政策分野との統合とパートナーシップの重要性、都市が中核的な役割を果たすべきであることが強調された。

第5次環境行動計画においてサステナビリティと都市が重要課題に浮上したことに呼応して、同1993年、欧州委員会と専門家グループは「サステナブル都市プロジェクト」を開始。サステナブル

サステイナブル都市最終報告書		
持続可能な発展の概念	持続可能な都市発展の原則	サステイナビリティの重要項目
 ○将来までわたる環境の長期的な健全性と高潔性 ○生活の質 ○人間相互、世代相互の公平性 ○社会、健康、人間の福祉の倫理的次元	都市マネジメントの原則 ○長期的な枠組みの構築（アジェンダ21） ○「社会契約」モデル	環境 ・自然資源 ・エネルギー ・廃棄物
	政策統合の原則 ○水平統合（各政策統合） ○垂直統合（EU、国、地域、地方）	経済・社会 ・環境思考の地方経済（規制・関税・投資等） ・サービスとアメニティ ・教育と訓練 ・健康管理 ・住宅と雇用
	エコシステム思想の原則 ○社会基盤ネットワーク：交通を中心に都市のノードや境界を定める ○水系ネットワーク：水の回収やレクリエーションなど低密度な用途に影響し、生態学的枠組みに発展 ⇒2つのネットワークを結びつける	交通 ・自動車規制 ・公共交通 ・駐車場対策 ・徒歩と自転車 ・交通システム
	協力と連携の原則 ○地方自治体の運営：専門教育 / 都市間ネットワーク / 官民パートナーシップ / 非政府組織の参画 ○地方自治体とコミュニティの関係：コミュニティ協議と参加 / コミュニティ啓発のための革新的なメカニズム / 問題認識度の向上	空間 ・土地利用 ・用途混合 ・緑の建築 ・都市再生 ・都市文化遺産 ・観光、レジャー ・交通計画との補完

図 1-13 サステイナブル都市最終報告書の概要

都市プロジェクトは、「サステイナブル都市報告書（Sustainable Cities Report）」編纂と「欧州サステイナブル都市キャンペーン（European Sustainable Cities & Towns Campaign）」の2本だてで展開された。

サステイナブル都市最終報告書は、都市環境専門家グループの出した最大の成果である。それまで都市がバラバラに取り組んできた試みに共通の裏付けを与え、地域政策など複数の分野の政策に多大な影響を与えた。その報告書の概要を以下に示す。

【概念】：サステイナブル開発は環境保護よりも遥かに広い概念であり、経済・社会・文化の領域を含み、現在生きている人々と同時に、世代間での公平の概念を包摂している。

【原則】：都市地域におけるサステイナビリティの達成度を評価し、モニタリングに使用できるワンセットの明瞭な原則

- ・都市マネジメントの原則 ・政策統合の原則
- ・エコシステム思想の原則 ・協力と連携の原則

【重要項目】：サステイナブルシティ実現にあたり優先順位の高い政策分野：自然資源マネジメント・社会・経済・交通・空間計画

3) 近年のサステイナビリティに関する議論

2000年9月にニューヨークで開催された国連ミレニアム・サミットにて「国連ミレニアム宣言」が採択され、1990年代に開催された主要な国際会議やサミットで採択された国際開発目標と統合して、「ミレニアム開発目標（Millennium Development Goals:MDGs）」としてまとめられた。ミレニアム開発目標は、2015年までに達成すべき目標として8つのゴールと21のターゲット項目を掲げた。目標は、

1-9) 国際開発計画（UNDP）：ミレニアム開発目標（オンライン），http://www.jp.undp.org/content/dam/tokyo/docs/Publications/GeneralBrochure/UNDP_Tok_MDGs2014_20141222.pdf（入手2017-12-09）

極度の貧困と飢餓の撲滅、初等教育普遍化の達成など発展途上国に関するものが多くを占め、環境に関する分野は目標の一つに位置付けられた。

そして、ミレニアム開発目標が2015年で終了することを受けて、向こう15年の新たな持続可能な開発の指針としてを中核とする「持続可能な開発のための2030アジェンダ(The 2030 Agenda for Sustainable Development)」が2015年9月の国連総会で採択された。アジェンダでは、図1-14に示す17の持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals; SDGs)が盛り込まれた。

目標7「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」では、「建物や産業での電力消費量を全世界で14%削減できる可能性」もあるとしている。目標11「住み続けられるまちづくりを」では「現在、世界人口の半分以上が都市部で暮らしています。2050年までに、都市人口は65億人と、全人口の3分の2に達する見込みです。私たちが都市空間の整備、管理方法を大きく変えない限り、持続可能な開発を達成することはできません」とし「持続可能な都市」の必要性を掲げている。

したがって、国際的な持続可能な開発の議論において、建築分野でのエネルギー消費の削減と都市人口の増加に伴う都市空間整備は一つの重要な課題であると言える。

4) 近年の環境共生都市の試み

国際的な持続可能性においても期待の大きい環境エネルギーにまつわる都市・建築の試みに関する近年の試みを以下に整理する。

1-10) 国連開発計画(UNDP): 持続可能な開発アジェンダ(オンライン), <http://www.jp.undp.org/content/tokyo/ja/home/sdg.html> (入手2017-12-09)



図1-14 17の持続可能な目標(SDGs)¹⁻⁸⁾

(1) フライブルク

ドイツの南西端に位置する、人口約 23 万人の都市であり、「環境首都フライブルク」として紹介されることも多い。フライブルクにおける環境政策のきっかけは、1970 年代に酸性雨によってシュヴァルツヴァルト（黒い森）が枯死の危機に瀕し、また近郊に原子力発電所建設計画が持ち上がったことから、原発反対運動が起きたことである。1975 年に設立された BUND（ドイツ環境自然保護連盟）などが中心となり、シュヴァルツヴァルトを守るために、エネルギーでは脱原発・自然エネルギー推進をとり、大気汚染対策として自動車依存からの脱却と公共交通・自転車の強化の方針が採用した。自然エネルギーでは太陽光発電の普及を中心にしている。交通面では都心への自動車乗り入れを制限し、以前から走っていた路面電車（LRT）を強化するように郊外部への延伸工事を行い、パークアンドライドを整備するなどの諸政策が取られた。

また、市南部のヴォバーン地区では、フォーラム・ヴォバーンという NPO の活動により、エコロジーを重視した団地が造成されている。ヴォバーン地区は 38ha に 5000 人が住む環境共生型の住宅地が形成され、トラムの導入や小川が流れるビオトープ、風の道や雨水の流れなど、住民が参加して計画をつくりながら、従来の住宅地と比較して約 60% の CO₂ 削減を実現している。

(2) ハンブルク、ハーフェンシティ

ハンブルクはドイツ第 2 の都市であり、海運や工業都市として発展を遂げた。第 2 次世界大戦で壊滅的なダメージを受け、また産業構造の変化などにも見舞われたが、今また新たな発展を迎えている。ハンブルクのルーツである水辺と広い工場跡地を利用して、21 世紀型の新都心創りを目指したのが、ハーフェンシティ計画である。

1-11) 日本建築学会編：スマート時代のサステイナブル都市・建築デザイン，彰国社，2015

1-12) Panasonic：世界のエコタウンフライブルク（オンライン），<https://www2.panasonic.biz/es/solution/fujisawa/ecotown/freiburg.html>（入手 2017-12-09）



路面緑化が行われたトラム



住民が管理する石畳の雨水通路



風の道となる緑の帯の公園

図 1-15 フライブルク・ヴォバーン住宅地¹⁻¹²⁾

1997年に当時の市長がハーフェンシティのビジョンを公表、1999年にマスタープランが立案、2000年に議会承認を得て、2001年から建設開始、2025年の完成を目指している。計画概要は次の通りである。

- ・開発面積 157ha：現在のハンブルク市都心部面積を 40% 拡大する
- ・陸上面積 118.9ha、水上の面積 38.1ha
- ・新築する建物の面積：232 万㎡
- ・45,000 万人の新規雇用創出。働く人の密度は平均 357 人/ha。
- ・6,000 戸の住居建設。居住者目標 12,000 人。密度 95 人/ha。
- ・総延長 10.5km の水辺の遊歩道

ハーフェンシティでは5つのコンセプトに基づき計画されている。

- ①持続可能な都心：21世紀にふさわしい都心を目指し、CO2の50%削減を実現する。（土地の有効利用／持続可能なモビリティ／熱エネルギー排出量の低減／資源を有効に利用した建物／将来のブレイクスルー研究）
- ②文化に満ちた都心：文化の香りのなかった港湾地区に、コンサートホール、海事博物館、複合水族館などの文化施設を建設する。
- ③楽しい都心生活：洪水対策やCO2削減対策によって住宅価格が割高になる一方で、職住近接で通勤費用が掛からず、日常生活に必要な施設や教育施設、レジャー施設にアクセスしやすくすることで居住の魅力を高める。
- ④パブリックスペースの充実：28.4haのパブリックスペース、14.1haの一般市民がアクセスできるプライベートスペース（準パブリックスペース）を計画。道路や駐車場の面積を抑え、オープンスペースを充実させている。
- ⑤インフラ整備：エルベ川洪水対策、エルベ川の氾濫に備えた道路と橋の新設、環境に配慮した交通システム（歩道、自転車道の充実）、公共交通（地下鉄、水上交通）。

1-13) Harfencity Hamburg（オンライン），<http://www.harfencity.com>（入手2017-12-09）

1-14) 五十嵐敏郎：ハンブルク市の挑戦ハーフェンシティ計画、安寧の都市研究，4, 47-51，京都大学安寧の都市ユニット，2013



ハーフェンシティマスタープラン



エルブフィルハーモニーコンサートホール

図 1-16 ハンブルク、ハーフェンシティ計画¹⁻¹³⁾

(3) ストックホルム、ハンマルビー・ショースタッド

ストックホルムは全般的に環境意識の高い都市であり、市南部に位置するハンマルビー・ショースタッドやロイヤル・シーポートなど、いくつかの環境性能の高い開発が行われている。

ハンマルビー・ショースタッドは約 200ha の居住地区に 26,000 人の人口を想定して開発された。1990 年代初頭から環境に配慮した大規模な都市開発プロジェクトが進められており、1990 年代の同程度の都市と比較して CO₂ の排出量を半分にする先進的環境都市を目指している。この地区では、下水・廃棄物からのエネルギーで必要エネルギー量の半分以上をまかなうため、廃棄物や下水をエネルギーとして活用し、住宅施設の冷暖房や、市営バス、タクシー、ごみ回収車、ガスストーブ等の燃料として地域内で循環させるシステムを構築している。また、多くの建物の屋根への太陽光パネルの設置も進んでおり、太陽熱を温水供給に使用し、四重窓等により住宅・建築物の断熱化、空気を水に溶かす技術により節水促進するといった取り組みも見られる。環境に優しい交通を推進しており、中心部に LRT を導入し、地区に接する湖では、バイオガスで動くフェリーが運航。電気自動車についても充電所の設置等により利用を促進しており、カーシェアリングの導入も進んでいる。このサステナブルな街づくりは「ハンマルビー・モデル」と呼ばれ、世界から注目されている。



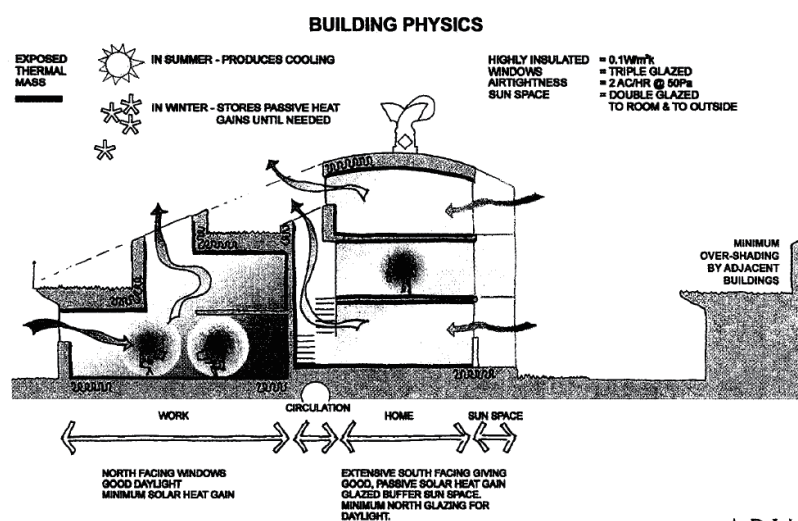
資料) ストックホルム市

図 1-17 ハンマルビー・モデル¹⁻¹⁵⁾

1-15) 国土交通省：平成 19 年度国土交通白書（オンライン）<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/>（入手 2017-12-09）

(4) BedZED

BedZED (Beddington Zero Energy Development) は、建築家ビル・ダンスターによって計画された職住近接型集合住宅で、ロンドン南部のベディングトンに計画された。ダンスターは、設計事務所 ZED ファクトリーで様々な ZED を開発、提唱しており、BedZED はその中でももっとも有名である。BedZED は 82 戸の住宅と 1,405 m²の働くための空間からなり、南向きの住宅用テラスと、北向きの職住近接住居もしくは仕事場を組み合わせで構成されている。機械装置の補助なしに、正と負療法の風圧を用いて、換気を行うウィンドウカウルは個性的な意匠デザインにもなっている。BedZED は、入居後も詳細なモニタリングが実施され、アクティブデザインと比較してパッシブデザインが効果的かつ安価であること、投資コストの増分が当初の想定より 70% 少ないこと、従来の「余裕のある大容量システム+複雑なコントロール」よりもシステム自体を削減して設計・運用するほうが効率的であること、パッシブデザインの設計ガイドラインの再定義（例えば、建築外皮性能が向上したため、南面採光をあまり重視しなくてよい）など、多くの実用的な知見が示され、英国のゼロカーボン住宅を進める上で注目を集め続けている。



ARUP

図 1-18 BedZED ビルディングフィジックスのコンセプト [©Arup]¹⁻¹⁶⁾

1-16) トウインクリス, 佐々木 仁: Step Change : BedZED が切り開いた英国のゼロカーボンロードマップ, 建築雑誌, 129(1653), 40-41, 2014

1-17) Zed Factory: BedZED (オンライン), <https://www.zedfactory.com/bedzed> (入手 2017-12-09)

図 1-19 BedZED¹⁻¹⁷⁾

4) スマートシティの評価指標

スマートシティ、スマートコミュニティなどについて、国内外で標準的な定義は未だない。しかし、スマートシティの実現は、技術によって支えられることから、標準的なイニシアチブを取ったものがビジネスチャンスを掴むと考えられており、グローバルスタンダードを握ろうとする動きが始まっている。

日本国内では、サステナビリティの観点から総合的に環境性能評価システムとして開発されたツールに CASBEE がある。近年では、その適用するスケールや分野も発展されており、活用が進んでいる。以下に CASBEE の内容を整理し、サステナビリティを捉える視点を把握する。

CASBEE のコンセプト

CASBEE は図 1-20 に示すように、建物敷地の境界や最高高さによって区切られた「仮想閉空間」を、建築物の環境評価を行うための閉鎖系として提案している。この仮想境界を境とする敷地内の空間はオーナー、プランナーを含め建築関係者によって制御可能であり、一方敷地外の空間は公共的（非私有）空間で、ほとんど制御不能な空間である。環境負荷はこのような概念の下で、「仮想閉空間を越えてその外部（公的環境）に達する環境影響の負の側面」と定義される環境要因である。仮想閉空間内部での環境の質や機能の改善については、「建物ユーザーの生活アメニティの向上」として定義される。両要因を取り上げた上でそれぞれ明確に定義し、区別して評価する。これにより評価の理念がより明確になり、この考え方が CASBEE の枠組みの基盤となっている。

CASBEE による評価のしくみ

① 2つの評価分野：Q と L

CASBEE では、敷地境界等によって定義される「仮想境界」で区分された内外 2つの空間それぞれに関係する 2つの要因、「仮想閉空間を越えてその外部（公的環境）に達する環境影響の負の側面」と

1-18) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構：CASBEE（オンライン），<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/index.htm>（入手 2017-12-09）

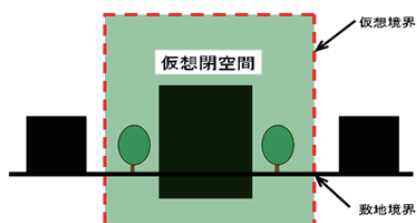


図 1-20 CASBEE の敷地境界によって区分される仮想閉空間¹⁻¹⁸⁾

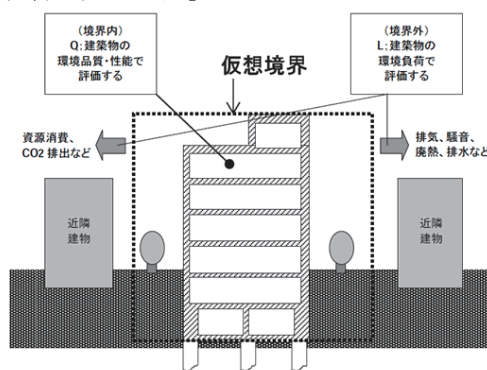


図 1-21 仮想閉空間の概念に基づく「Q建築物の環境品質」と「L建築物の環境負荷」の評価分野の区分¹⁻¹⁸⁾

「仮想閉空間内における建物ユーザーの生活アメニティの向上」を同時に考慮し、建築物における総合的な環境性能評価のしくみが提案されている。これら2つの要因を、主要な評価分野 Q 及び L として次のように定義し、それぞれ区別して評価している。

Q (Quality) 建築物の環境品質：「仮想閉空間内における建物ユーザーの生活アメニティの向上」を評価する

L (Load) 建築物の環境負荷：「仮想閉空間を越えてその外部（公的環境）に達する環境影響の負の側面」を評価する

② CASBEE で評価対象4つの主要分野とその再構成

- (1) エネルギー消費 (energy efficiency)
- (2) 資源循環 (resource efficiency)
- (3) 地域環境 (outdoor environment)
- (4) 室内環境 (indoor environment)

この4分野各々は、国内外の既存評価ツールと同等の評価対象であるが、CASBEE では、この4分野の評価項目の中身を整理して再構成し、評価項目は図 1-22 に示すような BEE の分子側 Q（建築物の環境品質・性能）と分母側 L（建築物の外部環境負荷）に分類している。Q は Q1（室内環境）、Q2（サービス性能）、Q3（室外環境（敷地内））の3項目に分けて評価し、L は、L1（エネルギー）、L2（資源・マテリアル）、L3（敷地外環境）の3項目で評価している。

③環境性能効率（BEE）を利用した環境ラベリング

Q と L の2つの評価区分を用いた環境性能効率（BEE）は、CASBEE の主要概念である。BEE (Built Environment Efficiency) とは、Q（建築物の環境品質）を分子として、L（建築物の環境負荷）を分母とすることにより算出される指標である。

$$\text{建築物の環境効率(BEE)} = \frac{\text{Q(建築物の環境品質)}}{\text{L(建築物の環境負荷)}}$$

BEE を用いることにより、建築物の環境性能評価の結果をより簡潔・明確に示すことが可能となっている。Q の値が、横軸 L 縦軸 Q の座標にプロットされた時、BEE 値の評価結果は原点 (0, 0) と結んだ直線の傾きとして表示される。Q の値が高く、L の値が低いほど傾きが大きくなり、よりサステナブルな性向の建築物と評価でき

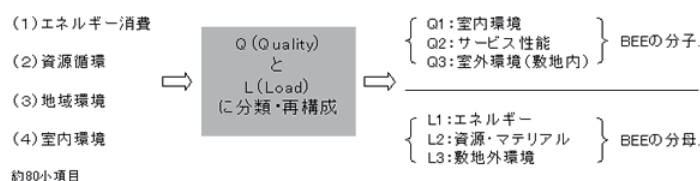


図 1-22 評価項目の Q（建築物の環境品質）と L（建築物の環境負荷）による分類・再構成¹⁻¹⁸⁾

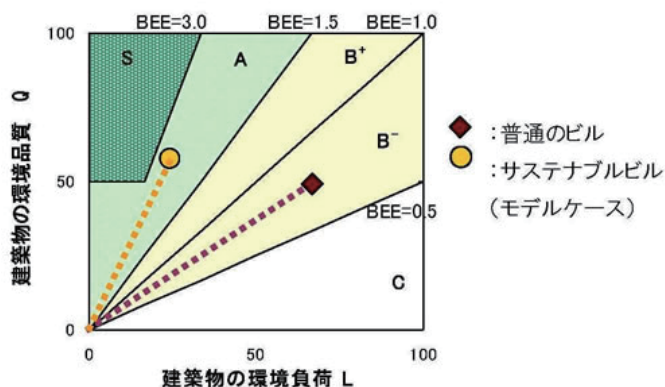


図 1-23 BEEに基づく環境ラベリング¹⁻¹⁸⁾

る。そして傾きに従って分割される領域に基づいて、建築物の環境評価結果をランキングされ、C ランク（劣っている）から B- ランク、B+ ランク、A ランク、A ランク（大変優れている）が設定されている。

CASBEE ファミリー

CASBEE には、「CASBEE ファミリー」と呼ばれる、図 1-24 に示すような評価する対象のスケールに応じた建築系（住宅建築、一般建築）、都市・まちづくり系（まちづくり、都市）の評価ツールが設定されている。

他国では、BREEAM Communities（英国）、LEED for Neighborhood Development（米国）、Green Star Communities（豪州）など、それぞれ独自評価ツールが開発されている。

CASBEE は、Q（建築物の環境品質・性能）と L（建築物の外部環

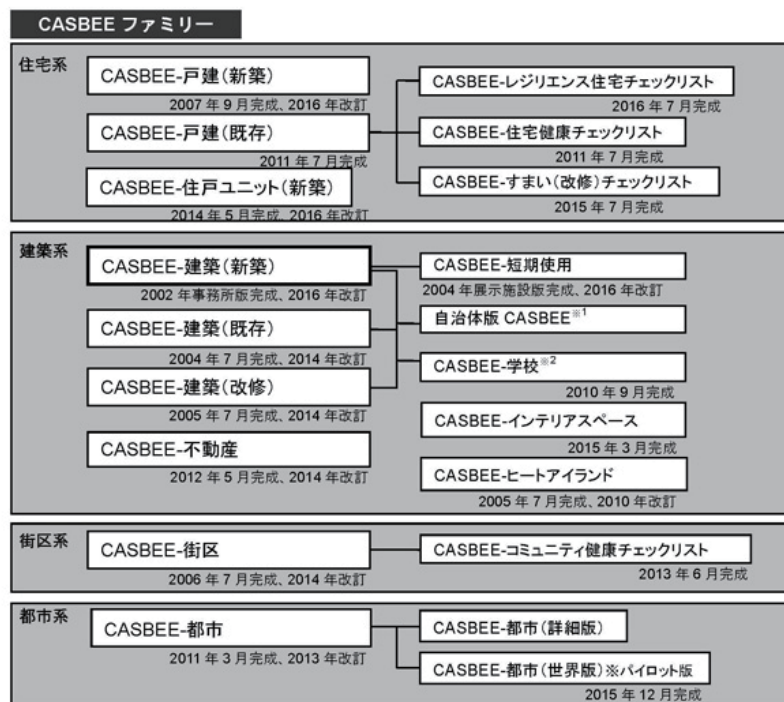


図 1-24 CASBEE ファミリー¹⁻¹⁸⁾

境負荷)を区別しながら、合わせて評価している点がひとつの特徴であり、「環境品質」と「環境負荷低減」を両立することが、サステナビリティにおいて重要な視点と言える。また、スケールに応じた評価ツールを展開しており、サステナブルシティの実現においては、「スケールを横断」する総合的な取り組みの重要性が確認できる。

その他国外では、EUは2012年に Smart Cities and Communities European Innovation Partnership を設立し、スマートシティの評価軸などが示されている(図 1-25)。

1-19) TU Wien: European Smart Cities (オンライン), <http://smart-cities.eu/?cid=1&ver=4> (入手 2017-12-09)

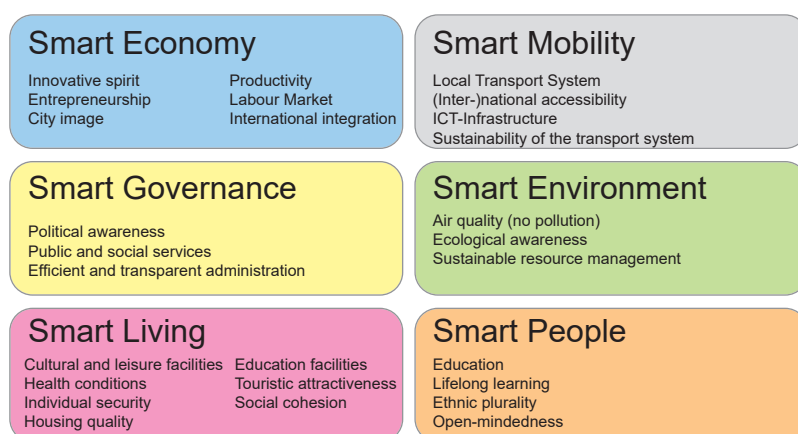


図 1-25 Smart City and Communities の示すスマートシティ評価軸
(文献 1-19 より筆者作成)

また APEC では、スマートシティとほぼ重複する概念で低炭素都市 (Low Carbon City) に関するプロジェクトの推進と標準化が進められている。2011 年に始まった APEC Low Carbon Model Town Project では、都市規模に対応した低炭素都市実現化のための検討プロジェクトが進められている(表 1-1)。そして、これらのプロジェクトの成果をまとめて低炭素都市実現を支援する指標体系の標準化が検討されている。

1-20) APEC Energy Working Group: The Concept of the Low-Carbon Town in the APEC Region Sixth Edition (オンライン), <http://aperc.ieej.or.jp/publications/reports/lcmt.html> (入手 2017-12-09)

表 1-1 Low-Carbon Town in the APEC¹⁻¹⁷⁾

Type of Town	Low-carbon Town Project	Economy	Population
I Urban (Central Business District: CBD)	Yujiapu CBD, Tianjin	China	500,000
	Quezon City Green CBD	The Philippines	
II Urban (Commercial/Industrial Oriented Town)	Putrajaya Green City	Malaysia	68,000 (300,000 planned)
	Chiang Mai	Thailand	160,000
	Da Nang (Pilot City of WB Eco2 Cities Project)	Viet Nam	1 million
	Cebu City (Pilot City of WB Eco2 Cities Project)	The Philippines	820,000
	Surabaya (Pilot City of WB Eco2 Cities Project)	Indonesia	2.8 million
	Yokohama Smart City Project	Japan	3.7 million
	Bitung City (Bitung Special Economic Zone)	Indonesia	247,405
	Mandaue City	The Philippines	365,144
III Urban (Residential Oriented Town)	Plunggol Eco Town	Singapore	350,000
	Sino-Singapore Tianjin Eco City	China	
	San Borja, Lima	Peru	
IV Rural	Muang Klang Low-carbon City	Thailand	17,000
	Jeju Island Smart Green City	Korea	6,000 households
	Low-carbon Island (Penghu Island and Others)	Chinese Taipei	88,000
	Samui Island	Thailand	53,990

*1 LCMT Phase 1 feasibility study, *2 LCMT Phase 2 feasibility study, *3 LCMT Phase 3 feasibility study, *4 LCMT Phase 4 feasibility study, *5 LCMT Phase 5 feasibility study, *6 LCMT Phase 6 feasibility study, **Total population

1.4.2 スマートシティの都市空間形態

上述のように、スマートシティをめぐる動きは、近年非常に活発であるが、その多くはインフラやマネジメントに焦点が当てられており、そこに住み働く人にとっての都市空間や形態に関するアプローチは非常に少ない¹⁻¹¹⁾。

SALAT¹⁻²¹⁾は『Cities and Forms』において、都市形態とサステイナブルな都市化との関係について研究し、世界の諸都市の詳細な都市形態分析を行った上で、最終的にそのエネルギー消費をはじめとする多面的なサステナビリティの評価基準と結びつける論考を提示している。具体的にはパリの中心市街地を取り上げ、19世紀前半のオスマン時代に形成された都市形態と、1925年にル・コルビュジェによって提案された「輝く都市」(図1-27)とを定量的比較を行っている(図1-26)。高層の建築群と周辺オープンスペース、合理的な道路網という20世紀型都市のモデルとなった「輝く都市」に、2つのグリッドパターン(道路からのセットバックの有無)を加えた4つのケースを、以下の6項目の指標により分析している。

- ①エネルギー消費量：暖房エネルギー、平均熱還流率U値
- ②形態指標：建築容積コンパクト値S/V、形態指標S/V^{2/3}
- ③密度：コルビュジェ基準(14 m²/人)の人口密度、一般基準(30 m²/人の人口密度)、街区建築密度
- ④日照条件・昼光利用可能性：昼光アクセス係数、昼光到達率
- ⑤パッシブ建築容積比率：外皮の開口部から6m以内の部分の比率
- ⑥道路ネットワーク：循環指数、交差点間の平均距離

上記の指標に基づく比較検討結果によれば、オスマン街区の方が総合評価が高いことが示されている。

	Paris	Skyscraper	Set-back	Cellular
Selection	1 200 x 1 200 m	1 200 x 1 200 m	1 200 x 1 200 m	1 200 x 1 200 m
Energy				
Heating needs kWh/(m ² .yr)	129	141	129	285
Average U-value = 2.93 W/(m ² .K)				
Heating needs kWh/(m ² .year)	39	51	43	50
Average U-value = 0.87 W/(m ² .K)				
Form coefficients				
Volumetric compactness S/V (m ⁻¹)	0.17	0.16	0.16	0.37
Form factor S/V ^{2/3}	9.32	19.66	15.59	24.13
Density				
Population density considering Le Corbusier norms (14 m ² /inhab)	-	2,074	731	645
Population density with 30 m ² /inhab	968	341	302	1.1
Built block density	5.7	3.6	1.2	1.1
Solar analysis				
Solar access coefficient	0.42	0.36	0.38	0.38
Solar admittance (our results)	0.32	0.21	0.39	0.61
Results for Paris before 1800				
Solar admittance (Montaron et alii)	0.34	0.24	0.61	0.66
Results for Paris before 1800				
Passive volume %	90	86	68	100
Street network				
Cyclomatic number	88	4	4	8
Average distance between intersections (m)	120	400	400	300

図1-26 パリの市街地とル・コルビュジェ「輝く都市」のエネルギー消費に関する比較¹⁻²¹⁾

1-21) S. Salat: Cities and Forms, on sustainable urbanism, CSTB Urban Morphology Laboratory, 2011

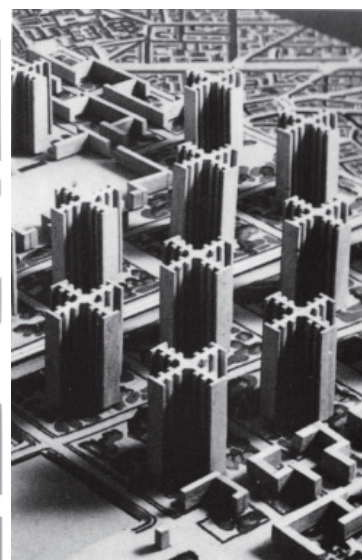


図1-27 ル・コルビュジェ「輝く都市」¹⁻²¹⁾

また『Cities and Forms』の最後では、以下のような9つの評価項目と指標に整理して都市の環境性能を評価することを提案し、そのうち①土地利用、②モビリティ、④生物多様性、⑤エネルギー、⑦経済が都市形態と深い関連性があるとしている。

- ①土地利用：各種密度、多様性（区画制度、区画面積、区画利用）など
- ②モビリティ：街路パターン、街路面積率、連結性など
- ③水管理：水資源、水処理、地面の透水性、利用効率など
- ④生物多様性：農地率、緑被率、緑地配置など
- ⑤エネルギー：一人あたりのエネルギー消費量、再生エネルギー利用度、床面積当たりのエネルギー消費量、地域産業のエネルギー消費量など
- ⑥公平さ：住戸数と働き口、公営住宅率、人口の多様な年齢構成、多様な収入階層など
- ⑦経済：資源の生産性、就職可能性、学習活動度、就職口の多様性、建物利用の多様性、店舗からの距離、多様で複雑な建築物の配置と距離など
- ⑧幸福・健康および文化性：騒音、文化活動度、余暇施設の近接度など
- ⑨廃棄物および材料

以上のように、スマートシティにおいて都市空間は、都市環境やエネルギー等と強く連動している。したがってスマートシティではICT技術などの新たな技術が求められることと同様に、都市空間デザインにおいても手法の革新が求められる。これまでに整理したように、交通ネットワークやエネルギー供給技術などでは、具体的な方向性を見据えた目標が定められている一方で、スマートシティの空間像についての議論は非常に少ない。今後スマートシティの実現にあたっては、他の分野の取組と連動して、目標となる都市空間像を創造し、コントロールしていく手法が求められる。

1.5 積雪寒冷都市の都市・建築デザイン

1.5.1 積雪寒冷都市の課題と魅力

1) 積雪寒冷都市の定義

本研究では、「建築設計や都市計画において、温暖地域とは異なる配慮・計画が必要となる」ことから積雪寒冷都市を対象としている。積雪寒冷都市の一般的なイメージとして、「冬の寒さや雪」が挙げられるが、「寒さ」には文化的な認識も影響しており、また「雪」についても積雪量や雪質は多種多様であることから、解釈は様々である。Pressman¹⁻¹²²⁾は、世界の積雪寒冷都市について、次のような定義を提唱している。

1-22) ノルマンプレスマン， 絵内正道訳：北国のまちづくりと景観一気候に結びつけたデザイン，北海道大学図書刊行会，2002

積雪寒冷都市とは、少なくとも2カ月か、それ以上の期間にわたって、日中の最高気温が32°F(0°C)か、それよりも下回る都市である。そして、上記の条件を満たす都市では、下記に示す厳しく、寒い冬の気候の5つの基本的な要素を併せもつとしている。

1. 気温：ふつうは氷点下になる。
2. 降水：通常は雪の形態で降る。
3. 日照と昼光時間が限定される。
4. 上述3要素の期間が長く続く。
5. 季節の変化がある。

また、“冬は資源であり、財産である”というスローガンのもと、1982年から2年に1度「世界冬の都市市長会」が開催されており、都市計画、冬の都市交通、除排雪、リサイクル、冬の観光資源開発等について、世界各地の「冬の都市」が集まり、知恵や知識を共有する機会が築かれている。その会員都市は2017年2月現在で10カ国21都市(図1-28)となっており、会員となる基準として「冬の都市」を次のように定義づけている。

“冬の都市”とは、「積雪または寒冷という気象条件の下でまちづくりを行う都市」のことを指します。

・積雪の基準:1年間のうちで積雪量の最大値が概ね20cm(8インチ)以上となること

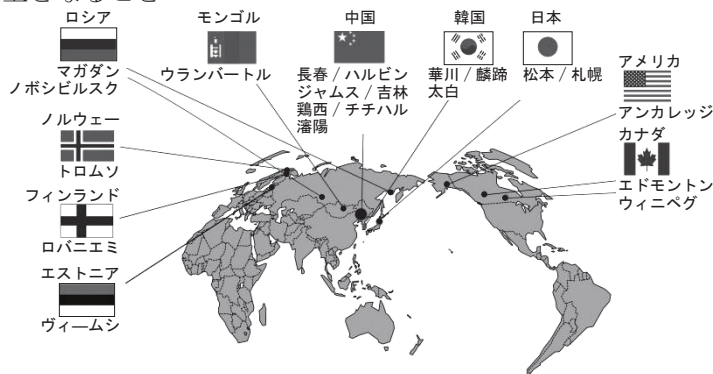


図1-28 世界の冬の都市市長会会員都市¹⁻²³⁾

1-23) 札幌市：世界冬の都市市長会（オンライン），<https://www.city.sapporo.jp/somu/kokusai/wwcam/index-j.html>（入手2017-11-16）

- ・寒冷の基準：1年間のうちで最も寒い月の平均気温が概ね摂氏0度（華氏32度）以下となること

（札幌市：世界冬の都市市長会¹⁻¹⁵⁾）

したがって、上記の基準を満たすような都市では、「冬の都市」として、冬の寒さや雪等による共通した課題背景を持ち、解決するための技術やノウハウについて共有できる可能性があると考えられる。

一方で、雪と寒さの風土における伝統や生活意識、建築、コミュニティ、都市のあり方に関する『建築教材 雪と寒さと生活 I 発想編』¹⁻²⁴⁾では、「北方圏」について次のように記している。

北方圏とは、寒さへの対応が重視される地域と理解されますが、その気候風土はさまざまで、同じ考え方や対応は通じません。北方圏に共通するのはその思想で建物の耐久性の重視や、暖房を建物に備わったものとみること、共通の精神が尊重されること、などです。これらの思想は、北方圏に豊かに暮らす知恵として身につけることが求められています。

Pressmann の定義と、世界の冬の都市市長会の定義を比較すると、Pressmann の示す気温条件の方がより厳しいものである。また、『建築教材 雪と寒さと生活 I 発想編』では、地域毎の気候風土の差異から共通の条件ではなく、共通の思想の重要性が指摘されている。

以上より、本研究では積雪寒冷都市における都市デザイン手法に焦点を当てていることから、積雪寒冷都市の定義として、都市の課題を共有する取り組み条件となっている世界の冬の都市市長会の示す基準（積雪量の年間最大値が20cm以上、1年間で最も寒い月の平均気温が0℃以下）を目安とする。

2) 積雪寒冷都市の課題

積雪寒冷都市における冬は、寒さや雪、日照などの気候要素が人の心理や身体に影響を及ぼすほか、歩行や交通障害、住宅の暖房など様々な分野に影響し、課題を抱えている。課題の解決には冬の気候要素の影響を把握する必要がある。多岐に渡る冬季の厳しさを把握する手法として、D. Phillips によって定義された Climate severity index¹⁻²⁵⁾がある。Climate severity index では、次に示す4つの主要素と10の副要素で構成されている。

A. 不快要因（400点）

風冷却（170点）：平均風速と日平均気温による1月平均風冷却

冬の長さ（115点）：日平均気温が0℃以下になる月の数

冬の厳しさ（115点）：最寒月の日平均気温

B. 心理的要因（100点）

暗さ（35点）：緯度

1-24) 日本建築学会：建築教材雪と寒さと生活 I 発想編，第1版第4刷，彰国社，1997

1-25) D. Phillips: Defining Winter's Misery, Chinook, Winter/Hiver, 16-19, 1987

降水日数（30点）：12月～2月の間の測定可能な降雨（降雪）
の平均日数

曇天（10点）：12月から2月の冬の平均曇天概況（10段階表示）

日照（25点）：12月から2月の総日照時間

C. 偶発性（100点）

強風（43点）：最も風の強かった冬の月の平均風速

冬期降雪量（57点）：日平均気温が0℃以下の時の月あたり総
降雪量

D. 屋外の移動不能要因（100点）

霧の日数（67点）：冬期（12月から2月）の霧日の平均日数

冬期の降雪量（33点）：日平均気温が0℃以下の時の月あたり総
降雪量

絵内ら¹⁻²⁶⁾¹⁻²⁷⁾は、北海道内の諸都市について、上記の Climate severity index を用いた気候評価、および気候評価アンケートと気象データを併用した気候評価マップとの比較を行い、積雪寒冷都市の気候に基づく地域性を明確に把握し気候に合わせた適格な環境計画の方針を示している。

また絵内ら¹⁻²⁸⁾¹⁻²⁹⁾¹⁻³⁰⁾は、冬の気候が人に対してどのような影響を与えているかを明らかにするため、小学生や大人を対象にアンケート調査による冬の適応状況の分析を行い、冬に対する認識や冬の外遊びの状況を把握し、雪の存在が日常生活の障害だけではなく、内面的、精神的な部分に大きく影響していることや、子どもから成長するにしたがって冬に対するネガティブな意識が強くなる傾向等を明らかにしている。

冬期の気候の課題は、人の認識や行動だけではなく、経済的にも大きな負担となる。図1-29は札幌市における雪対策決算の推移、図1-30は平成28年度の雪対策費の内容である。平成28年度では雪対策費は200億円を超えており、市財政に大きな負担となっているこ

1-26) 吉原美保子，絵内正道，羽山弘文，森太郎：北海道における気候の厳しさ指数，日本建築学会北海道支部研究報告集，74，195-198，2001

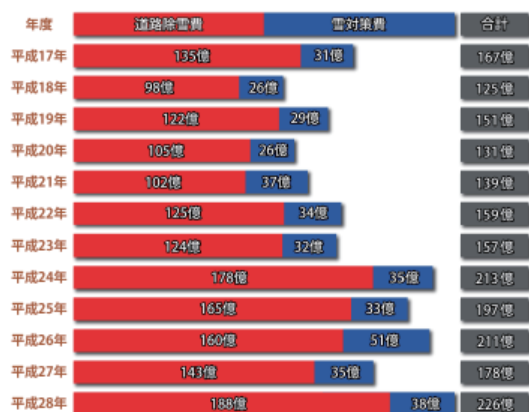
1-27) 吉原美保子，絵内正道，羽山弘文，森太郎，田村佳愛：北海道における気候の厳しさ指数，日本建築学会大会学術講演梗概集，913-914，2002

1-28) 絵内正道，Norman Pressman，Annie Luttgen，鄭茂余，Jorma Heikkien：Winter Citiesにおける児童の冬の適応に関する調査結果，日本建築学会北海道支部研究報告集，76，451-452，2003

1-29) 簗川恭子，絵内正道，羽山弘文：積雪寒冷地域と温暖地域の小学生における冬の捉え方，日本建築学会北海道支部研究報告集，77，189-192，2004

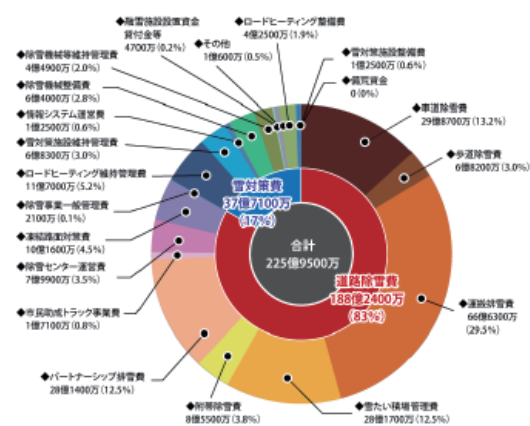
1-30) 本間義規，絵内正道，浦田香苗：Winter Citiesにおける冬への適応に関する調査-北東北地域・岩手県を対象として，日本建築学会東北支部研究報告会，97-100，2005

1-31) 札幌市：雪対策実績（オンライン），<http://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyoubudget.html>（入手2017-11-16）



（※四捨五入等の関係で合計と各費目に差異があります。）

図 1-29 札幌市の雪対策決算推移¹⁻³¹⁾



（※四捨五入等の関係で合計と各費目に差異があります。）

図 1-30 札幌市平成28年度雪対策決算¹⁻³¹⁾

とが分かる。

3) 積雪寒冷都市の冬の豊かさ

積雪寒冷都市における冬の気候は、人の認識や生活に対してネガティブな影響を与えるばかりではない。先に示した絵内ら¹⁻²¹⁾の小学生の冬に対する捉え方について調査を行った研究では、「冬にしかできない遊びができる」「冬のイベントがある」といった理由で冬を肯定的に捉える意見も示されている。

積雪寒冷都市では、冬の厳しい気候を克服し適応するなかで、独自の文化を発達させてきた¹⁻¹⁴⁾。近年では、冬の気候を生かして様々な祭典やイベントも催されている(図1-31)。冬の祭典は、積雪寒冷都市の重要な観光資源となり大きな経済効果を生み出す上、冬に対する肯定的なイメージや付き合い方を醸成する大きなきっかけとなっている。

以上のように、積雪寒冷都市には、冬期の厳しい寒さや雪といった特有の気候があり、それゆえに精神的、生活、経済的な課題を抱えている。一方で、冬の気候に適応するなかで独自の魅力を発展させてきた。積雪寒冷都市では、冬期の課題を低減し克服しながら、冬の魅力を享受できるよう、気候の特徴組み込んだ都市デザインが求められる。



図1-31 北海道の冬のイベント

1.5.2 積雪寒冷都市の気候に応じた都市・建築デザイン

世界の積雪寒冷都市には、冬期の気候に適応するために試みられた独自の都市・建築のデザインがある。以下に、自然の諸条件から生まれ育った地域風土的な建築・都市デザインの先進事例の概要を整理する。

1) ケベック州 Fermont

資源開発を基幹産業にした人口 5000 人の城下町であり、「風除けの原理」を適用している。「長大壁」が中心街の機能を収容し、「内側の通り」にそって、図書館や学校、官公庁施設、商店や娯楽施設などが配置されている。さらに環境を制御した建物の内部には、ホテル、屋内プールやボウリング場が配置され、コミュニティ設備が備えられている。細長い 5 階建ての多目的・防風建物が、冷たい北西や北東の風からの防護の為にデザインされた。様々な実験に基づいた計算によれば、高さ 50 フィート（約 15m）の建物による風の影響は、市街地のほぼ 2/3 の微気候に作用している。エーカー（約 4047 m²）あたりの住宅密度は、風除け建築物の影響下にある居住指定区の方が高密度なので、風の影響を和らげる効果の恩恵を受けている住民の割合は大きい。巧みに配置された黒トウヒの防風林がすべての低密度の居住指定区を覆うことで、風防護対策が施されている（図 1-32）。

2) フィンランド Malminkartano とスウェーデン Skarpnack

ヘルシンキ近郊の Malminkartano とストックホルム近郊の Skarpnack はどちらも都心から約 10km 圏にある。通勤線路にそって計画された両地域は、都市構造の自然的な膨張として想定された居住者約 1 万人の新衛星都市である。以下に Malminkartano と Skarpnack 計画のデザイン原則の要旨である。

①活動の混合化：「混合化」によって「生き活きとした都市的な市街空間」をつくり、「寝るためだけの郊外」となることを避け、通勤に伴う交通量やエネルギー消費の削減する。

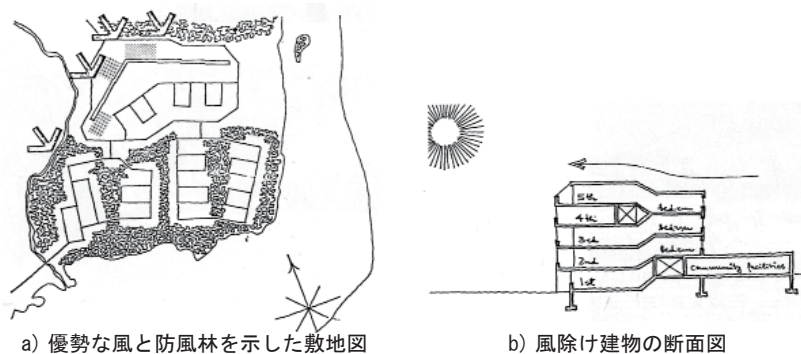


図 1-32 ケベック州における風を考慮した都市・建築デザイン¹⁻²²⁾

②社会的な環境：居住区画と住宅群のアイデンティティを重視。居住者間の接触を高める方法として、Skarpnack では閉鎖的なアパート区画が計画され、Malminkartano では、事務所や小さな工場と共有の屋外空間を計画。



図 1-33 スウェーデン Skarpnack¹⁻²²⁾

③近所づきあい：Skarpnack の居住区画は4階建ての比較的閉鎖的な形態となっており、中庭が「部屋のような」雰囲気となっている。各居住区画には、駐車場、デイクアセンター、集会施設等の区画専用のサービス施設が配置されている。中庭は細かく分割されて準私的な庭としてデザインされ、区画の階段は近所づきあいを誘発するように意図してデザインされた。



図 1-34 大ストックホルム地区の Skarpnack (衛生都市) 計画¹⁻²²⁾

④微気候：Skarpnack では、スカンジナビアの気候条件のもとで、微気候改善を目的として、4階建ての建物によって囲まれた区画となっている。北や東に面した区画の「寒い」側は閉じられ、南西の側は太陽が差し込むように開かれている。完全な閉鎖構造では、雪の吹きだまりの問題が発生するため片方が開いた構成となっ



図 1-35 フィンランド Malminkartano の中心地区計画¹⁻²²⁾

ている。建築基準は、日照の角度や距離の約定を含んでおり、近隣の受容が不可能な建築や、極端に近隣の景観にそぐわない建築の出現を抑えており、各住まいが「暖かい」方向（南と西の間）に面したバルコニーやテラスなどの屋外域をもつことを要求している。Malminkartano では、卓越風による風害を確認するために計画段階から縮尺模型による風洞実験によって広範囲に調査研究が行われた。建物と建物の間に特別に植林された区画、格子柵、柵やバルコニーは、風と吹き溜まりを抑える為の技術的な解決策として示唆された結果である。各建物には、開閉式の上屋根、パーゴラやガラス張りの中庭というような風や雪などを避けるための、多くの保護的建築要素

が計画され、暖かい側に広く配置されている。通りは、有機的な曲線を描くことで風を防ぐことが意図され、広場も有機的な曲線で寒風の吹き抜けを防止して微気候を改善している。

⑤ 公的な屋外空間：Malminkartano と Skarpnack は共に、建物との間の公的な屋外域に細心の注意を払って計画されている。Malminkartano では、公共の建物が中心広場の明快な境界を定め、建物と屋外空間を繋ぐために、アーケードや天蓋形の庇の張り出しが広く用いられている。Skarpnack では、公的な屋外域として中央街路や広場や中央公園が包含されている。公共施設は都会的で、形態は規則的で明確な構成である。広場は四方が建物に囲まれ、公園部分をはっきりと限定できるよう計画されている（図 1-33 ～ 1-35）。

3) アルバータ州カルガリーの + 15 フィート歩行通路システム

カナダの大都市カルガリーの中心部に位置する Devonian Garden は、調整された環境のなかに自然の美を集めた 2.5 エーカー (1ha) ほどの庭園である。その空間は、道路のレベルから 46 フィート (15m) 上部にあり、商店、オフィスやレストランに囲まれている。1 万 6000 本ものフロリダの熱帯植物を含む 138 種の草木があり、4000 を越える地方植物が、泡立つ噴水や煌めく滝、魅力的な彫刻や樹木の茂った橋を越えて、うねって続く小道を飾っている。テラスや公共の広場には、800 人分の椅子が用意されている。暖かい季節にはプールへと模様替えするスケートリンクがある一方で、「静謐ガーデン」や「太陽ガーデン」と呼ばれる、静かな瞑想の場を望む人々のためのエリアも計画されている。舞台と美術展示エリアは、定期的な展示やお昼時のコンサートやパフォーマンスのための場を提供している。この屋外公園は、野外の利用が不都合な、長くて寒い冬期間のパッシブなレクリエーションに対するカルガリー市民の切実な要求に対する対応の結果として実現した。年平均 300 ほどのイベントが、高層複合ビルの中の 4 階にある広場で開催されている、非常に稀な都市といえる。また、Devonian Garden は「公の場」であるが、公園はルールを無視した振る舞いの人を立ち退かす権利も保持しており、庭園が「準私的な」空間として良好に利用されるよう

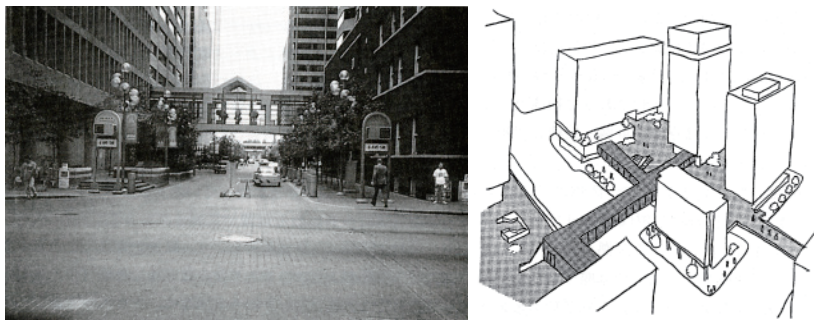


図 1-36 カルガリーの +15 歩行者歩行路 ¹⁻²²⁾

運営されている。年間 85 万人もの人々が施設やスケートリンクを楽しむ好例である（図 1-36）。

4) ノルウェー Bo i Nord の北極圏型住宅博覧会

1990 年の夏、ノルウェーのトロセムで北極圏型住宅博覧会が開催された。これは、住宅デザインの革新の創造を目標とする一連のある一方、ノルウェーの厳しい極気候や亜極気候に最適な住宅都市デザインを宣伝する目論見もあった。「Bo i Nord」博覧会の会場計画にあたり、建設業者、敷地計画者、建築家に向けた革新的なガイドラインが開発、設定された。その主な要素は、以下の通りである。

1. 太陽に関する条件

- (1) 公有の野外レクリエーション地区は、春分から秋分の午前 9 時から午後 5 時の間に最低 1 日当たり 4 時間の日照を確保する。
- (2) 私有の屋外域は、夏の間は午後から夕方までの時間帯で日照が確保できる方向に面して場所を設定する。
- (3) 台所と居間は、春分から秋分の間、少なくとも 1 日当たり 4 時間の日照を確保できる位置に配置する。
- (4) 白夜の太陽を地区における財産として配慮し計画する。

2. 風に関する条件

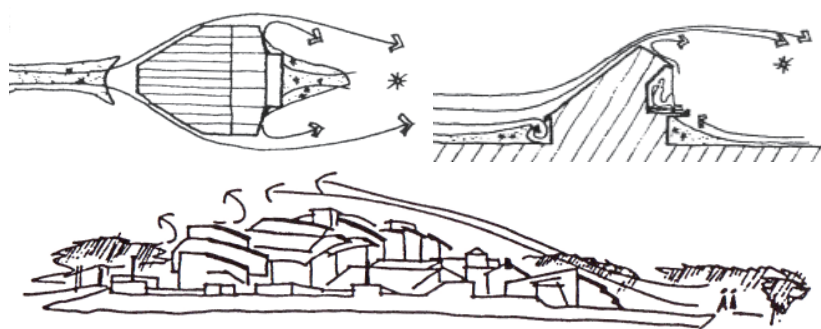


図 1-37 Anne Brit Brove の風と日照を考慮した建築・都市コンセプト¹⁻²²⁾



図 1-38 Bo i nord boligområde¹⁻³²⁾

1-32) The Architecture Guide for Northern Norway and Svalbard : Bo i nord boligområde (オンライン), http://arkitekturguide.uit.no/categories.php?cat_id=429 (入手 2017-11-16)

- (1) 現状の植生は、その地区の風の影響を低減させるため、できる限り維持、保護する。
- (2) 植生は、風除けの機能を最大限発揮させるために密植する。
- (3) 建物は地域の樹木や自然の造形物を超えた高さに計画しない。
- (4) 住宅とレクリエーション地区は、風道の影響や風速を低減させるため小規模に建設する。建築群の高さは、風を上方に逸らし地面から遠ざけるため、卓越風と同じ方向に徐々に高くする。
- (5) 冷夏の北風の影響を低減し、北面の風除けとしても機能するように、相互に連結した建物形態と配置を工夫する。
- (6) 風溝や風洞効果の影響を低減するため道路網に大曲をつくる。
- (7) 住宅間のオープンスペースは 30m × 30m 以下で計画する。

3. 雪と吹きだまり

- (1) 雪の吹きだまりの形成を要因をつくらないように、住居群の中や、その近くにオープンエリアを計画することを避ける。
- (2) 雪は風速が低減した場所に堆積するため、風速を抑えるテラス付きの建物や互い違いに配列した建物群をつくる。
- (3) 北や東に対して長く連続した高い棟になる建築群を避け、北に向かう風下の大きな吹きだまりを形成しないよう配慮し、建物の裏側が寒く、影にならないようにする。
- (4) 風が雪を吹き払いやすいように、平らな屋根を用いる。
- (5) 堆雪してほしくない領域では風を利用する。

4. 除雪と排雪

- (1) 市当局による除雪は最小限に抑え、排雪所までの距離は 150m 以下とする。
- (2) 春の融雪を促すように、排雪は陽当たりの良い場所とする。
- (3) 個人用の小さな雪捨て用地を確保する。
- (4) 個人住宅への通路は、車庫やごみ箱、郵便受けや玄関の前の除雪を減らすために短くする。

5. エネルギー消費

- (1) 住宅は石油・エネルギー省とエネルギー局が定めたエネルギー消費基準（25% の省エネ）を満たす。
- (2) 暖房された建物は外壁からの熱放出量を減らすために立方体に近い形にする。
- (3) 窓は熱放出を減らす位置に敷設し、屋根面は大きなガラス面を避ける。
- (4) 晴天の多い季節の間、暖房の予備的な熱源として、ソーラーヒートパネルを使用するのが望ましい。

5) 江差H O P E計画

H O P E 計画（Housing with Proper Environment, 地域固有の環境を備えた住まいづくり）は、地域の自然・資源環境、伝統・文化などを大切にしたい、地域の発意と努力による住民主体のまちづくりで、1983年から全国各地の160以上の市町村で、地域住民、住宅関連産業、研究者やコンサルタント、市民団体が行政と共に計画に取り組んだ。

北海道江差町では、「江差の春は江戸にもない」といわれた豊かな文化と歴史をもち、「江差追分」などの無形文化財がある。次世代へと継承する質の高い地域まちづくりが進められ、「たば風の吹く里づくり」を合言葉にした「人づくり、魂づくり」と「家づくり、住環境づくり」が行われた。冬の海で亡くなった漁民の魂をしのぶ風「魂風」が転化した「たば風」は、江差の厳しい自然を代表する風の名前であり、11月から2月の厳しい北北西の季節風である。江差では、瓦屋根や石置き屋根、たば風から守る板塀、茅の風除け、たば風を防ぐ風除室、軒の深い玄関、たば風を避ける通り抜けの細い路地など、工夫を凝らしながら、雪や寒さ、厳しい風と共生してきた生活文化があった。江差H O P E計画では、このような文化、自然環境、地勢などへの過去の知恵と工夫を現代へつなぎとめ、再生するまちづくりが目指された。

江差ホープ型住宅まちづくりの整備仕様では、「たば風に強い住宅地」「地区景観を配慮した住宅地」「ゆとりと潤いのある住宅地」「地場材をいかした住宅地」の4項目が掲げられ、たば風から守られた住宅地を形成する手法として、「緩勾配の切妻、寄せ棟型の屋根並み」「住宅や板塀で囲まれた広場や“たば風の路地”」「風雪カバーのあるみち」といった仕様が示されている。

以上のように、積雪寒冷都市において気候に配慮した都市や建築のデザインの試みが見られ、その多くの試みは単純な気候による障害の克服を超えて、地域固有の都市景観形成やコミュニティの醸成を目指して計画されている。この視点は積雪寒冷都市の都市デザインを考える上で普遍的に重要であると考えられるが、多くの試みは住宅地を対象としたものであり、高密度化する都市部におけるものはほとんど見られなため、風や雪に対する建築・都市の形態については新たに開発する必要がある。都市部では、建築ボリュームも非常に大きいことから建築や都市の形態による屋外環境への影響は非常に大きい。都市部における、積雪寒冷都市の冬の気候を配慮した建築・都市デザイン手法の構築が求められる。

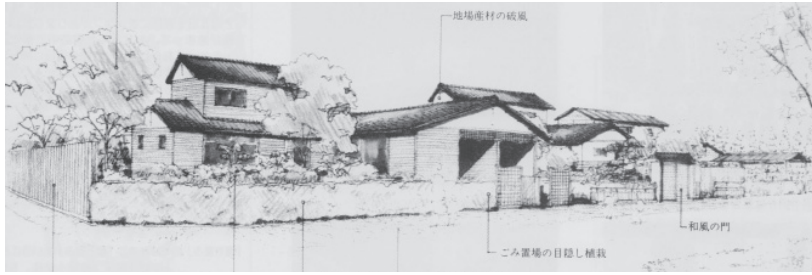


図 1-39 江差町ホープ型住宅まちづくりのイメージスケッチ ¹⁻²⁴⁾

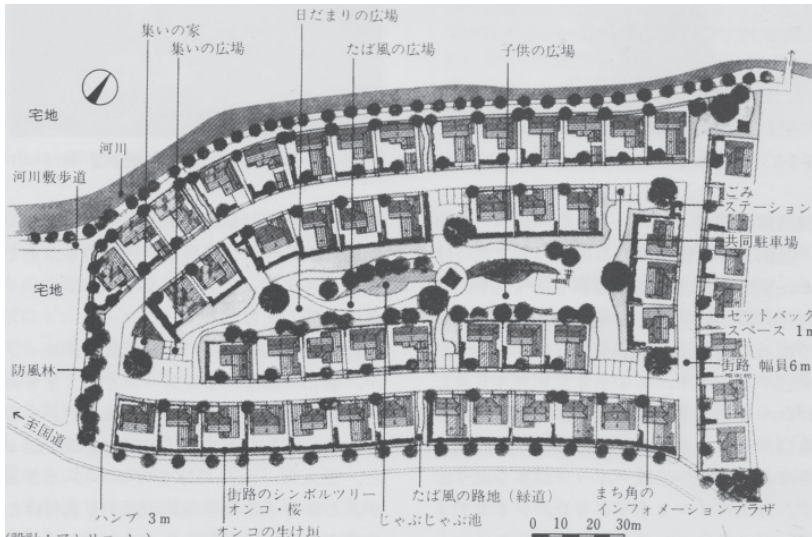


図 1-40 江差町ホープ型住宅モデル街区のケーススタディ ¹⁻²⁴⁾

1.5.3 地域の気候に適応する都市・建築デザインの系譜

20 世紀において物質文明の発達と、世界各地で急速な都市化によって、人間を中心とした快適な生活の実現された。その結果として、地球規模においてのさまざまな問題が顕在化し、地球温暖化、生態系の破壊、資源の濫用、廃棄物の累積等によって、あらゆる生命を支える地球環境全体が脅かされており、建築活動はこのことに深く関わっている ¹⁻³³⁾。建築のエネルギー消費が増大と、都市化を加速させた要因の一つがインターナショナルスタイルである。地域の気候風土によらず、世界のあらゆるところで同様の建築をつくるインターナショナルスタイルは、建設をより効率的なものにし、スピードを向上させたが、それは地域気候の違いを解消するために冷暖房などによる莫大エネルギー消費によって支えられていた。

建築デザインの近年の流れを大きく見ると、20 世紀前半にインターナショナルイズムが志向されたのに対し、20 世紀後半ではその批判的勢力として地域性を重視する流れが見られた。五十嵐 ¹⁻³⁴⁾ は、コンテクスチュアリズムやリージョナリズムの整理から、現在とこれからの方向性としてインターナショナルイズムとリージョナリズムの二重化を示している。五十嵐の整理に従い、地域性と建築の関係性に関する志向の流れを以下に概観する。

1-33) 日本建築学会，日本建築士会連
合会，日本建築士事務所協会連合会，
日本建築家協会，建設業協会：地球環
境・建築憲章（オンライン），[https://
www.aij.or.jp/jpn/databox/2000/000707.
htm](https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2000/000707.htm)（入手 2017-11-16）

1-34) 五十嵐太郎：終わりの建築／始
まりの建築—ポスト・ラディカリズム
の建築と言説，INAX 出版，2001

コンテクスチュアリズムの系譜

1960年代、バーナード・ルドフスキーの『建築家なしの建築』¹⁻³⁵⁾等により、西洋外部の世界のヴァナキュラー建築を通して、モダニズム以外の普遍的な原理への関心が起こる。西洋内部では、ヴェンチュリが路上の商業建築を現代アメリカのヴァナキュラーとして発見、レオン・クリエらはヨーロッパの歴史的町並みを重視するコンテクスチュアリズムを推進する。1980年代には、鈴木博之が土地のもつ可能性としてゲニウス・ロキ（地霊）を説き、均質的な「空間」から個別的な「場所」へのパラダイム・シフトが起こる。

1-35) B. ルドフスキー，渡辺武信訳：建築家なしの建築，鹿島出版会，1984

しかし、「経済のグローバリゼーションによる「国家領土の脱国家化」（サスキア・サッセン）が発生し、純粋な未開文明が消え、世界レベルで文化の相互汚染が進む現在、単純な共同体の表象としての地域主義を信じることはあまりに素朴」（五十嵐太郎）

フランプトンの批判的地域主義

ケネス・フランプトンは、「抵抗の建築」として「批判的地域主義」を掲げ、限定を強いる地域主義に対して解放を与える地域主義、キッチュに陥らない反中心的な地域主義を推奨する。そして、批判的地域主義の7つの基本戦略を表明している。①ユートピア主義と関わらない周縁的实践であること。②独立したオブジェクトではなく、境界をつくる建築であること。③背景画的な建築ではなく、テクトニクスの建築を実践すること。④敷地の特殊要素を強調すること。⑤メディアに抗して、触覚的なものを重視すること。⑥ときには地方の語法を再解釈し、現在的な全体の分断を図ること。⑦それは普遍的文明から免れる文化の隙間に現れること。

批判的地域主義は決まった形態によって規定されるのではなく、一定の建築様式を持たない。

後期資本主義と地域主義

フランプトンが、近代化への相対的な距離をもつ「地域的」様式の複数主義を動員し、「グローバルとなった後期資本主義や企業支配の規格化に抵抗することを目指している」のに対し、フレドリック・ジェイムソンは批判を試みている。グローバルな後期資本主義のポストモダンでは、経済的自律が問題となる。ゆえに地域性を重視する「複数主義と差異が何らかの形で後期資本主義のより深い内部のダイナミクスにつながっている」可能性を考慮しなければならない。20世紀前半にフォーディズムが規格品を大量生産したのに対し、20世紀後半のポスト・フォーディズムではマーケティングにより土地固有の嗜好に合うように製品を調整し、地元の文化を尊重する。「他ならぬ『地域的』なものが、グローバルなアメリカのディズニー

ランド関連企業の商売となり、それがあなた自身の土着の建築を、あなたの代わりに、あなた以上に作り直してくれるのだ。グローバルな差異は、今日にあっては、グローバルな同一性と同じなのだろうか」と疑問が投げかけられている。

複数化する近代

リージョナリズムの対立項とされるインターナショナリズムも固定的なものではない。建築史家のジャン＝ルイ・コーエンは「クリティカル・インターナショナリズム」について説明しており、建築界における国際的な人間の動きは激しくなり、地域主義が対抗する仮想敵としての単一国際主義はもはや存在しないと指摘している。したがってインターナショナリズムとリージョナリズムは単純な二項対立ではなく、多極的な枠組みで思考される必要がある。

本能が壊れた人間の拡大し続ける資本主義に対して、宗教や社会主義のイデオロギーによる規制が有効でなくなった現在、エコロジーは新たな保守的な原理を与える。エコロジー的な思想と地域主義の関わりを志向したものとして、1970年代頃に提唱されたバイオ・リージョナリズムがある。1960年代後半では、イアン・マックハークはエコロジカルな地域計画指針を考えていた¹⁻³⁶⁾。建築家では、ケン・ヤングが合理的なアプローチから熱帯性気候におけるバイオクライマティック・スカイスクレーパー理論を展開している。そしてこれは、その土地（マレーシア）に限定したやり方ではなく、同じような工法や気候をもつ他の地域にも応用可能であり、それゆえにインターナショナルな方法ともいえる。

1-36) イアン・L・マックハーク, インターナショナルランゲージアンドカルチャーセンター 訳: デザイン・ウィズ・ネイチャー, 集文社, 1994

以上のように、五十嵐はリージョナリズムの議論の整理から、現代におけるインターナショナリズムとリージョナリズムの対立構造の崩壊を指摘し、新たな方向性として、バイオ・リージョナリズムに見られるリージョナリズムとインターナショナリズムの二重構造を提示している。

リージョナリズムとインターナショナリズムの二重構造を持った建築の試みに関して、古市¹⁻³⁷⁾は『Towards Nature』において、「Vanacular as Grammar」という考えを提示し、ヴァナキュラー建築から地域の気候風土に対する叡智を学び、言葉を構成して文章をつくるが如く、その叡智を再構成して現代建築へと応用する手法を示している(図1-41)。また、そのためにヴァナキュラー建築における気候環境と建築デザインの間を、科学的な技術を用いて分析する方法を示している。

1-37) 古市徹雄: Towards Nature, 大連理工大学出版社, 2014

リージョナリズムとインターナショナリズムの二項対立を超える

後期資本主義以降のこれからの社会において、都市・建築の一つの重要な方向性として、エコロジーとリージョナリズムを関連づけてリージョナリズムとインターナショナルリズムの二重構造があり、そのためには科学的なアプローチによって地域気候を把握し、都市・建築へと組み込む手法が重要である。

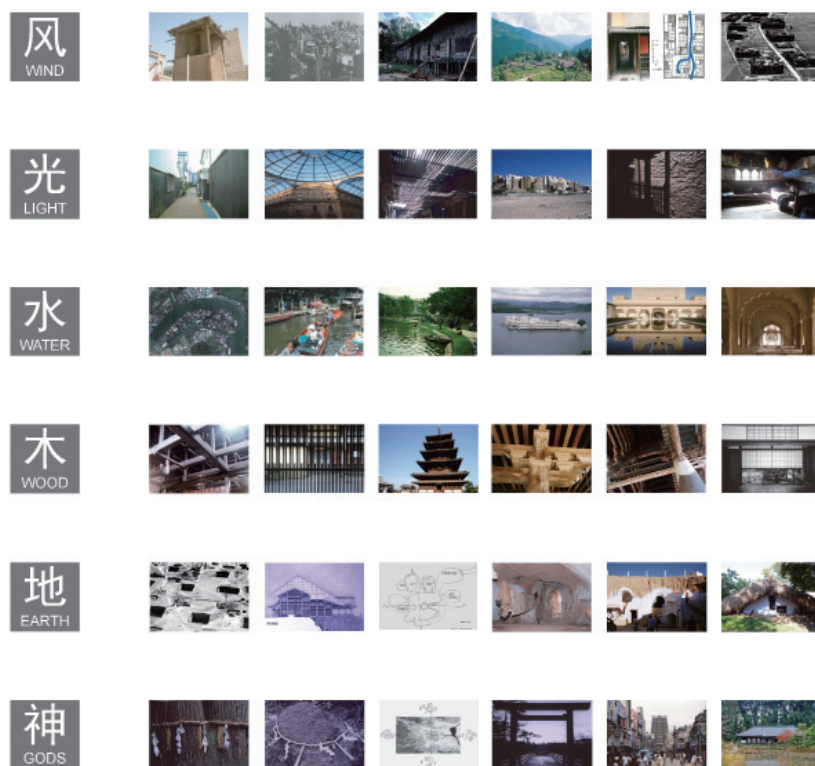


図 1-41 Vanacular as Grammer (古市徹雄) ¹⁻³⁷⁾

1.6 既往研究・議論の整理と本研究の位置づけ

1.3章では、日本における都市空間コントロール手法の整理より、無秩序な都市空間が形成される要因が、目標として共有する空間像の欠落にあることを明らかにした。次に、都市空間と連動する多様な要素を包含し都市デザインを行うツールとして「シミュレーション」の重要性を示した。そして、明確な空間像を示した都市空間コントロール手法として Form-Based Codes の例を挙げ、Form-Based Code を用いた Miami21 の計画の整理より、空間像を用いた都市空間コントロールの妥当性と、Form-Based Codes を用いた都市空間コントロールが、単なる美観形成に留まらない、自然から都市を包括的に計画して、良質な都市生活を営む都市空間を形成する手法であり、スマートシティの総合的な概念と合致することを示唆した。

1.4章では、スマートシティに関するこれまでの変遷の概略、先進的な取り組み事例、スマートシティの評価指標を把握し、環境品質と環境負荷低減の両者を考慮する、空間像の必要性を示した。またスマートシティの都市形態に関する既往研究の整理より、スマートシティにおける都市空間デザインの重要性を明示した。

1.5章では、まず積雪寒冷都市について、特有の気候に由来する課題や魅力を整理し、積雪寒冷都市の特徴を捉えた都市デザインの必要性を明らかにした。次に、これまでの積雪寒冷都市における冬の気候に適応する都市・建築デザインの試みの整理から、積雪寒冷都市特有の都市デザインの必要性を確認し、住宅地における先進的な取り組みは複数見られる一方で、都市部での試みが少ないことを指摘した。そして、地域の気候を捉えた都市・建築デザインの議論に関して、リージョナリズムをめぐる言説を整理より、これからの都市・建築デザインの方向性として、地域の気候風土に対する科学的なアプローチの必要性を示した。

以上の背景より、本研究は積雪寒冷都市を対象に、屋外公共空間の風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーと建物消費エネルギーを考慮し、街区全体の消費エネルギーを低減する「北方型スマート街区」による都市デザイン手法の構築を目的とした。

都市デザインの最小単位であり、基本単位である「街区」に着目し、風雪シミュレーションを用いて積雪寒冷都市の気候と街区空間形態の関係を把握することで、積雪寒冷都市特有の課題を克服し、特有の魅力を備えた街区空間像を導き出す。

1.7 研究の構成

本論文は、積雪寒冷都市において風雪環境を改善することにより除雪エネルギーを最小化し、屋内建築エネルギーと一体化した街区空間像である「北方型スマート街区」を開発し、その都市デザイン手法の構築を目的とする。本論文は次に示す全8章で構成されている（図1-42）。

第1章「序論」では、積雪寒冷都市特有の課題、サステイナブルな都市づくりに向けた国内外の取組み、都市空間デザインの課題を整理し、積雪寒冷都市における風雪の影響と除雪エネルギーを低減する、都市空間像の必要性を明らかにした。

第2章「札幌都心部の都市空間タイポロジー」では、北方型スマート街区の対象として札幌都心部の街区空間形態を、クラスター分析により9つに分類した。今後特に空間像が求められる街区として、高容積高層街区と高容積中層街区を分析対象とした。

第3章「北方型スマート街区の分析評価手法」では、北方型スマート街区の分析評価（環境エネルギー評価）の手法を開発した。風雪環境の分析では、風洞実験装置を用いた風雪シミュレーションの手法を明示した。除雪エネルギーの分析では、風雪シミュレーション結果を用いた除雪エネルギーと、街区内建物の消費エネルギーから、北方型スマート街区のエネルギー消費の算出方法を開発した。

第4章「北方型スマート街区の都心再開発モデルの開発」では、高容積高層街区における北方型スマート街区の空間形態を提示した。開発方針デザインの検討では、高層共同型、超高層一体型を計画し、環境エネルギー評価を用いて超高層一体型の優位性を示した。また除雪エネルギーが、街区全体の消費エネルギーの約1割に相当し、街区の省エネルギー化において重要であることを明示した。形態ボリュームデザインの検討では、超高層一体型を基本に4つのモデルを計画し、環境エネルギー評価を用いて、大きな基壇部と塔状の高層部で構成し、中層部のない街区空間形態が優位であることを明らかにした。

第5章「積雪寒冷都市の都心オープンスペースにおける微気候と利用行動」では、高容積高層街区におけるオープンスペースを対象に、屋外環境の変化と利用行動の関係を屋外実態調査から分析した。寒冷移行期では日射が着座組数に、風速が着座時間に強く影響すること、積雪寒冷期では積雪が歩行の妨げとなる一方で、雪遊びなど冬季特有の行動を促すことを示し、北方型スマート街区のオープンスペースデザインを提案した。

第6章「北方型スマート街区の既成市街地更新モデルの開発」では、

高容積中層街区における北方型スマート街区の空間形態を提示した。開発方針デザインの検討では、高層型2タイプと中層型を計画し、環境エネルギー評価を用いて中層型の優位性を示した。形態ボリュームデザインの検討では、中層型を基本に4つのモデルを計画し、環境エネルギー評価を用いて、街区内側を低層、外周を高層とする囲み型の優位性を示した。部分形態デザインの検討では、囲み型を基本に2つのモデルを計画し、環境エネルギー評価を用いてセットバック型の優位性を明らかにした。

第7章「積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた市庁舎計画デザインプロセス」では、施設計画に対して風雪環境評価を行い、その結果を施設計画に反映するデザインプロセスを、著者が実際に協働した北見市新市庁舎計画において開発した。2つの配置計画案（矩形型、雁行型）に対して風雪環境評価を行い、矩形型が歩道の積雪を低減し優位であること、雪が溜まりやすい庇形状の課題を明示した。その結果に基づき、施設計画では矩形型の配置計画が採用され、庇形状が変更された。これらにより、施設計画と風雪環境評価を並行する都市デザイン手法が、有用であることを明示した。

第8章「総合考察・結論」では、本研究の成果を総括し、今後の展望を示した。積雪寒冷都市における北方型スマート街区による都市デザイン手法として、都心再開発モデルと既成市街地更新モデルのデザインガイドラインと計画プロセスを開発した。

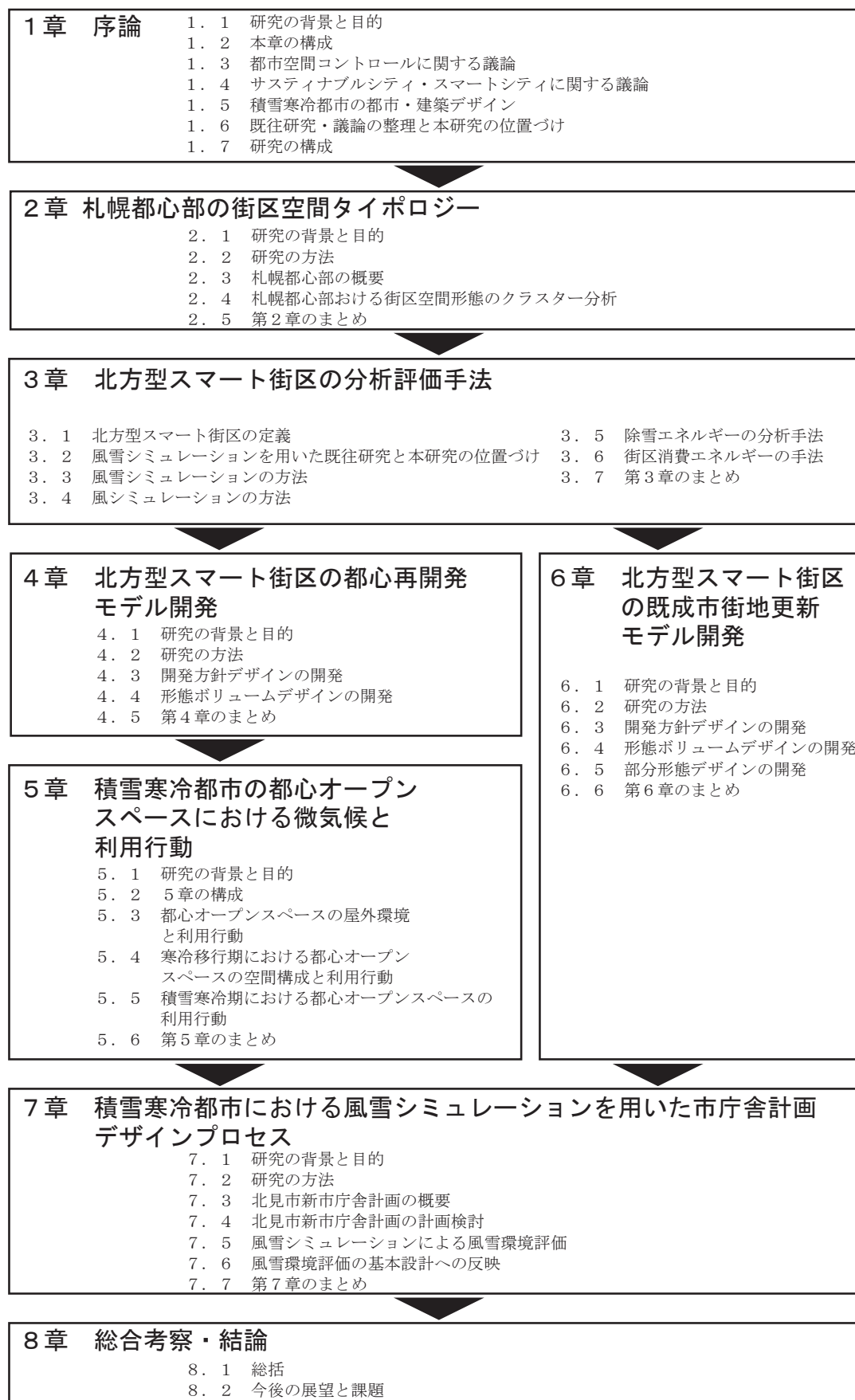


図 1-42 本研究の構成

2. 札幌都心部の街区空間タイポロジー

2.1 研究の背景と目的

2.2 研究の方法

2.3 札幌都心部の概要

2.3.1 札幌の気候

2.3.2 グリッド都市・札幌

2.3.3 札幌の都心計画

2.3.4 研究対象の概要

2.4 札幌都心部における街区空間形態のクラスター分析

2.4.1 街区容積率と空地率による街区空間形態の整理

2.4.2 クラスター分析による街区空間形態の分類

2.4.3 クラスター分析による街区空間形態のタイプ分類

2.5 第2章のまとめ

2.1 研究の背景と目的

都市空間を適切にコントロールし、豊かな生活空間を構築することは、都市計画における主要な課題のひとつである。本研究では、建築、道路、歩道、オープンスペースという都市デザインの構成要素を含む最小単位であり基本単位として「街区」に着目し、目指すべき街区空間像のモデルとして「北方型スマート街区」の空間像を明示することを目的としている。本論で示す北方型スマート街区による都市デザイン手法は、積雪寒冷都市の気候に配慮した自然と共生した豊かな都市空間を形成する方法論のひとつとして位置付けられる。

2章では、札幌市都心部を対象とした北方型スマート街区の検討に向けて、現状の札幌市都心部における街区空間形態の特徴を把握することにより、検討すべき街区空間形態を抽出することを目的とする。本研究は、街区空間形態の実態に即した対象を抽出することにより、実行力のある都市デザイン手法の構築を目指している。

グリッド都市である札幌市は、その街区単位の均一性から、街区空間形態をタイプ化しやすく、街区空間形態の特徴を把握し、空間像を提示する方法論を示すのに有用と考えられる。

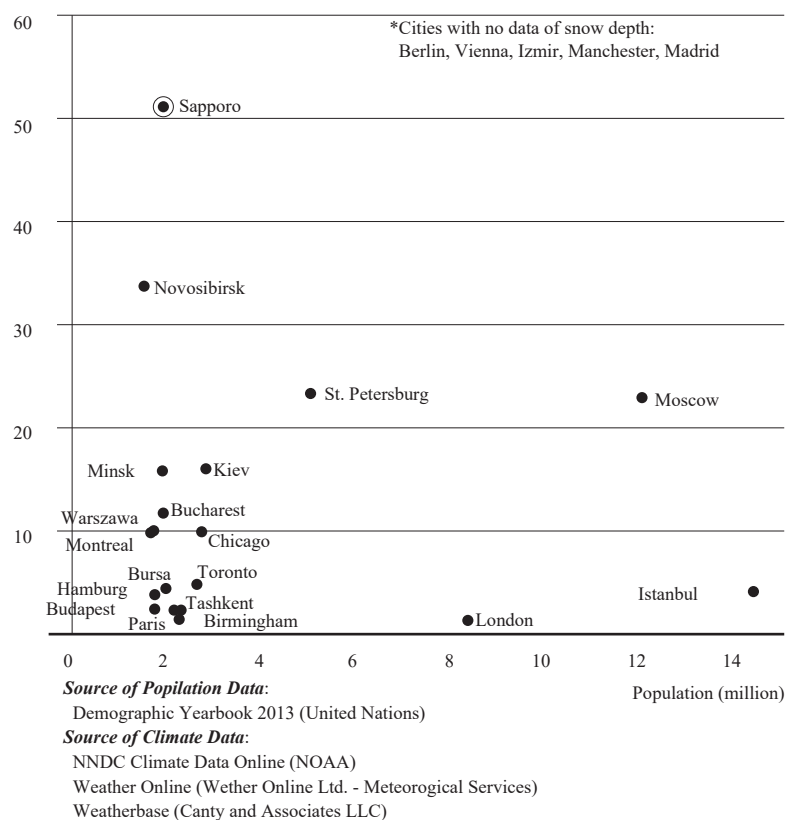
2.2 研究の方法

本章では、札幌市都心部の街区を対象に、街区空間形態を特質によって分類し、分類結果に対して考察を行うことによって、街区空間タイポロジーを導き出す。具体的には、まず札幌市都市計画基礎調査のデータに基づき、街区容積率と空地率によって、街区空間形態の全体の傾向を把握する。次に街区空間形態を構成する要素によってクラスター分析を行い、街区空間形態の類型化を行う。そして、街区空間形態の分類ごとの特徴を考察し、北方型スマート街区の検討対象とすべき街区空間形態を明らかにする。

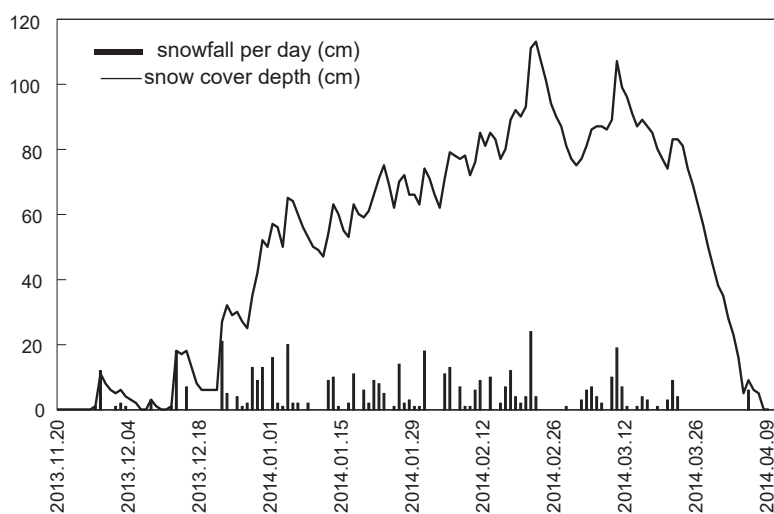
2.3 札幌都心部の概要

2.3.1 札幌の気候

北緯 40° 以北で人口 150 万以上の都市の人口と年間積雪量の関係を図 2-1-a に示す。札幌は、世界の積雪寒冷都市の中でも特に積雪量の多い大都市である。札幌市における 2013 年 11 月から 2014 年 4 月までの積雪深と降雪量の変化を図 2-1-b に示す。札幌市は、半年近くの期間雪に覆われており、最大積雪深さは 113 cm (2014 年 2 月



a) 世界の積雪寒冷都市の平均積雪深 (cm) (2010-2014, 12-2 月)



b) 札幌市の降雪量と積雪深 (2013-2014)

図 2-1 積雪寒冷都市・札幌の冬の気候

22 日) まで到達している。以上のことから、札幌市は、世界でも有数の雪が多い上に、都市人口が多く、風雪の影響を低減する都市デザインが特に求められる積雪寒冷都市であると言える。

2.3.2 グリッド都市・札幌

札幌の市街地は、「碁盤の目」状に構成されている。この市街地形状は、明治2年(1869年)に島義勇開拓判官の指導のもと札幌本府が建設された時に、その基礎が築かれた。島、および後の開拓判官である岩村道俊によって形成された札幌市の骨格の特徴として次の3点が挙げられる。

- ①大友堀(現:創成川)と銭函通り(現:南一条通り)の交点を起点として形成:水運として機能していた創成川の両側に家屋が建ち並び、南一条通りが創成川を渡る創成橋を起点にグリッドプランのブロックを構成。
- ②官用地と町屋地の境界として現在の「大通」を設定:北側を官用地、南側を町人地とし、その境に58間幅の火防線として大通を設定。
- ③60間画のグリッドパターンを基本とした町割り:近世都市の町屋地の街区計画手法ともいわれる。

北海道の多くの都市は、区画測設によってつくられたグリッドパターンの都市であるが、札幌はそれらの都市以前に計画された都市であり、他の道内都市と異なる特徴として、次の2点が挙げられる。



写真 2-1 札幌市の市街地²⁻¹⁾

2-1) 都市環境デザイン会議:日本の都市デザイン(1)北海道・東北・関東編 建築資料研究者,2003

2-2) CBRE Japan 全国主要都市ビジネスパーソングイド 札幌(オンライン), https://www.cbre-propertysearch.jp/article/business_area_guide-sapporo (入手 2017-12-07)

①軸性と中心性：大通と創成川という東西南北を示す明快な軸が存在し、札幌本府という核と、その周辺に主要施設が配置された秩序ある構成によって、均質なグリッドパターンの中にも方向性が感じられる市街地が形成されている。

②微地形の要素：札幌は扇状地の最も条件の良い場所に計画された市街地である。その扇端部分には伏流水がメム(湧水地)となって湧き出ており、道庁旧本庁舎や北大植物園の池にその面影が残されている。そのメムによってつくられた微地形をグリッド内に留め、グリッドの外形線に取り込んだ街区もつくられたことで、均質な風景に変化を生み、場所性を生む要素となっている。

以上のように、札幌市はグリッドパターンによる計画的につくられた都市構造であり、60間画のブロックが基本単位となっている。本研究では都市デザインの最小単位である「街区」を基本に検討を行うことから、札幌市は分析しやすい市街地形態であると言える。

2.3.3 札幌の都心計画

街区空間形態の分析にあたり、札幌市都心部における現在の概況を整理する。札幌市では、第4次長期総合計画において「魅力的で活力ある都心の整備」が掲げられ、それを受けて都心のまちづくりの長期的な目標、方針、まちづくりの各主体が協働して取り組むための仕組み等を示した「都心まちづくり計画」が平成14年に策定された。そして平成29年現在までに、都心まちづくりの計画として、以下の計画が策定されている。

平成14年「都心まちづくり計画」²⁻³⁾：第4次長期総合計画を受けて策定された。長期総合計画において示された都心の概ねの範囲を、本計画で具体的に示した。都心の構造として、4つの骨格軸（にぎわいの軸、はぐくみの軸、やすらぎの軸、うけつぎの軸）、3つの交流拠点（札幌駅交流拠点、大通交流拠点、創世交流拠点）、5つのターゲットエリア（都心商業エリア、道庁周辺エリア、北三条エリア、東大通エリア、すすきのエリア）を本計画において定めた。

平成23年「さっぽろ都心まちづくり戦略」²⁻⁴⁾：20年の長期的な視点で定められた都心まちづくり計画において、少子高齢化の急速な進展、価値観やライフスタイルの多様化、コンパクトシティへの転換など、都心を取り巻く状況が大きく変化したことを受け、都心まちづくり計画の後半10年を補完する計画として策定。多様な主体が共有し、連携して取り組む都心まちづくりにおける具体的な方針として「都心まちづくりの展開戦略」（さっぽろ象徴戦略、創造都市さっぽろ戦略、環境共生戦略、人を中心とした都心空間戦略、人

2-3) 札幌市，都心まちづくり計画（オンライン），<http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/documents/keikakusyo.pdf>（入手2017-12-07）

2-4) 札幌市，さっぽろ都心まちづくり戦略（オンライン），<http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/documents/senryaku.pdf>（入手2017-12-07）

を中心とした交通戦略)を定めた。また、その中でこれまでの4つの骨格軸に新たに1展開軸(いとなみの軸)を提示した。

平成28年「第2次都心まちづくり計画」²⁻⁵⁾:生産年齢人口減少に伴う経済活力の低下や、激しい都市間競争への対応など、札幌市を取り巻く社会情勢の変化への対応が求められる中、札幌都心のポテンシャルを活かし、今後20年間の新たな時代に向けた都心のまちづくり指針として策定。都心の目指す姿としてSMILEs City Sapporo (Sustainability, Management, Innovation, Livability, Es(経済、活力、環境など))を提示。都心の骨格構造を4骨格軸、1展開軸、2交流拠点と定めて、新たなターゲットエリアを設定した(図2-2)。

2-5) 札幌市,第2次都心まちづくり計画(オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/toshin2.html> (入手2017-12-07)

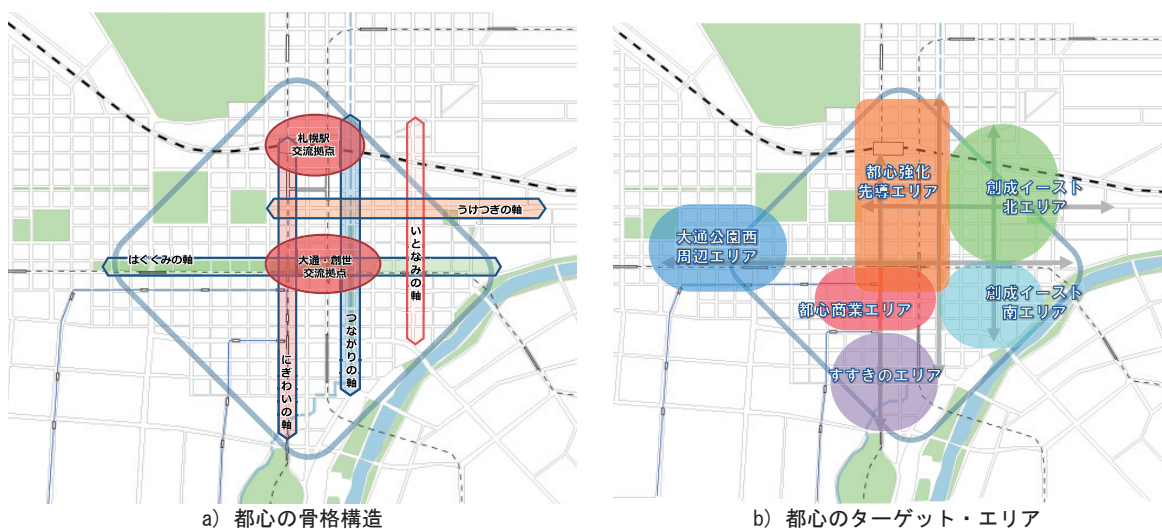


図2-2 札幌都心の構造・ターゲットエリア (札幌市第2次都心まちづくり計画²⁻⁵⁾より)

2.3.4 研究対象の概要

2章の街区空間形態の分析は、札幌市都心まちづくりの計画によって定められた「都心エリア」に含まれる街区を対象に空間形態分析を行うものとした。グリッド都市である札幌都心部において、街区形状に対する基本的な空間形態を把握することを目的とするため、都心エリア内の街区のうち、グリッド構成の基本となっている108m四方の街区を分析対象としている。また、街区内の建築物に関する数値データは、2013年札幌市都市計画基礎調査に基づくものとし、データ欠損のある街区は分析対象から除外した^{注2-1)}。

以上より、図2-3に示す135街区を対象に空間形態分析を行った。

注2-1) 北1西1街区は、2013年札幌市都市計画基礎調査にデータの記載はあるが、現在すでに再開発による建て替えが行われているため、本分析からは除外した。

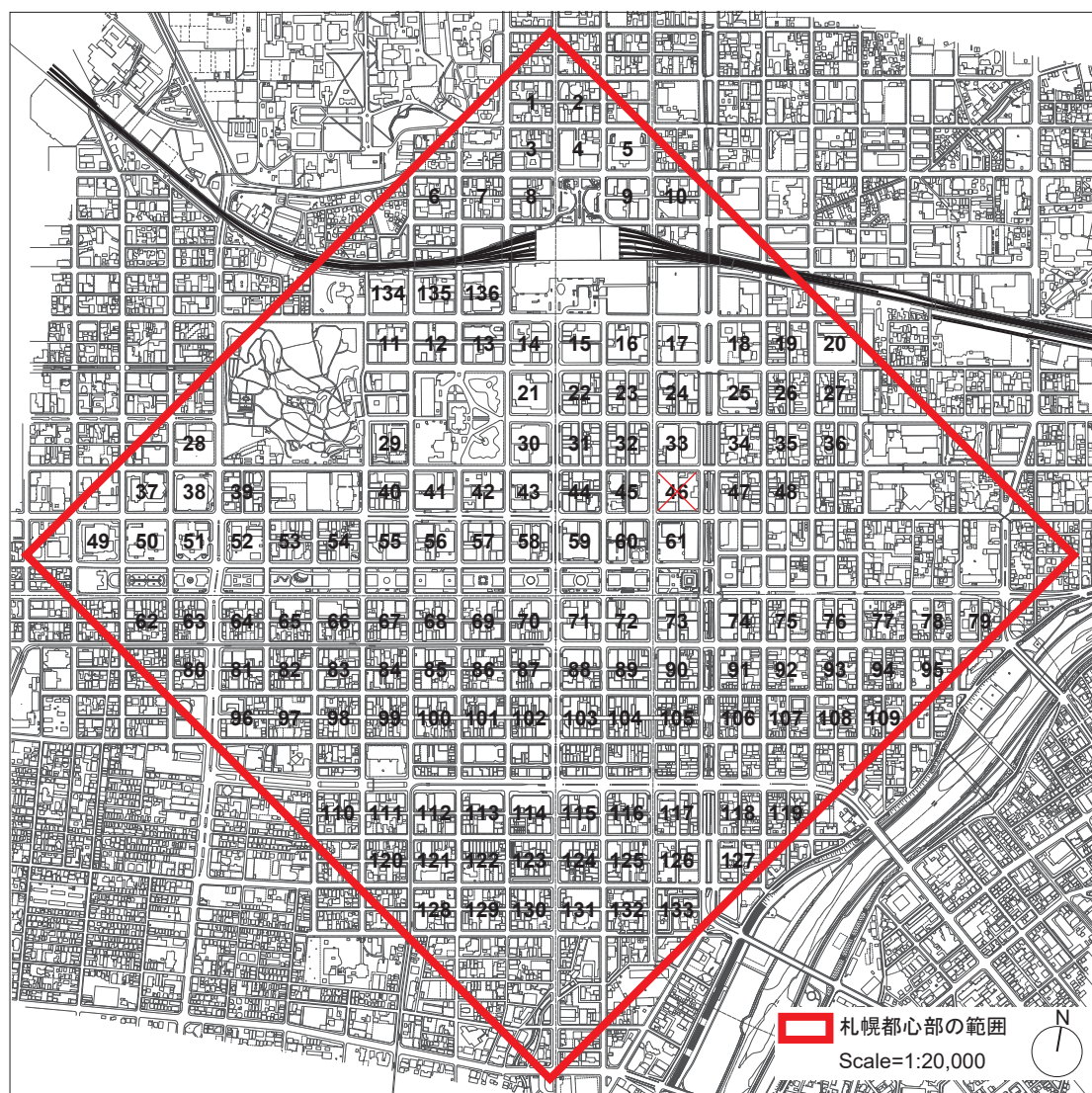


図2-3 分析対象街区

2.4 札幌都心部における街区空間形態のクラスター分析

2.4.1 街区容積率と空地率による街区空間形態の整理

まず、対象街区の空間形態について、全体的な傾向を把握するため、街区容積率と空地率による整理を行った。街区容積率と空地率との関係を図 2-4 に示す。街区容積率が高くなるにしたがって、空地率は低くなる大きな傾向が確認でき、全体としてある程度の負の相関が見られるが、ばらつきは大きい（相関係数 $R^2=0.56$ ）。

2.4.2 クラスター分析による街区空間形態の分類

街区空間形態を構成する要素として、①街区容積率、②空地率、③建築数、④平均建物高さ、⑤最大建物高さ、⑥建物高さのばらつき（建物高さの標準偏差）、以上 6 項目を設定し、クラスター分析を行った。分類に用いる対象間の距離（類似度）には、各要素の絶対値の大きさによる影響を除外するため、標準化ユークリッド距離を用いた。クラスター間の距離測定方法には、分類感度が高く、最も一般的に用いられるウォード法を用いた。

この結果、図 2-5 に示す樹状図が得られた。クラスター分析によって得られた樹状図と対象の街区空間形態の特徴を比較し、対象街区を以下に示す 9 つのグループに分類した。

- a: 低容積中層街区 b: 低容積空疎街区
- c: 低容積低層街区 d: 低容積細分化街区

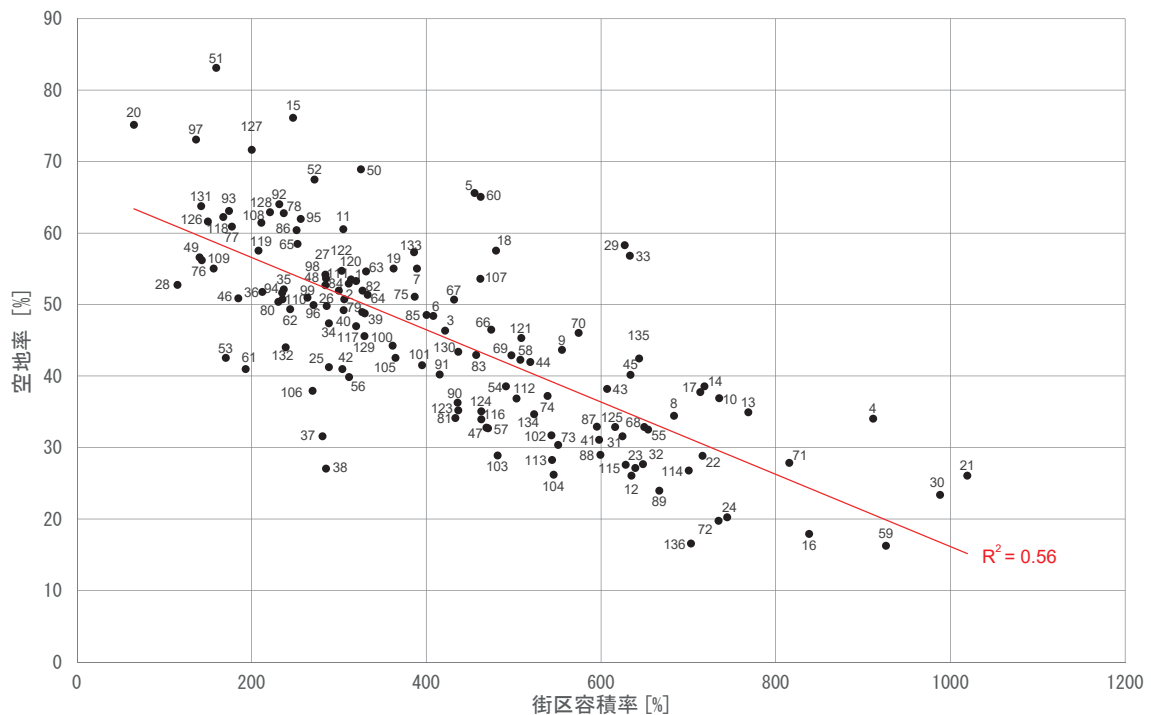


図 2-4 街区容積率と空地率

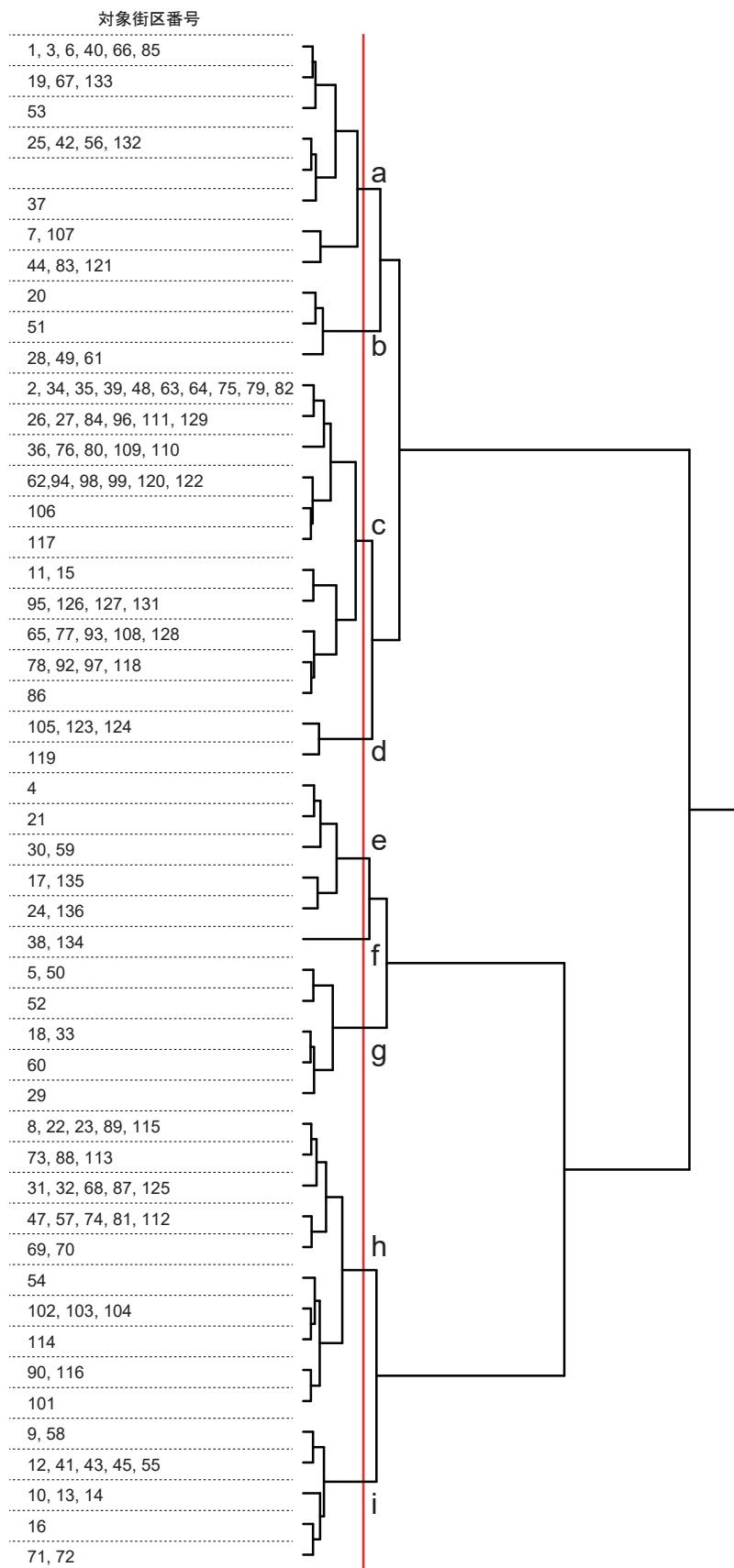


図 2-5 対象街区空間形態のクラスター分析樹状図

- e: 高容積高層街区 f: 中容積単一街区
 g: 中容積空疎街区 h: 中容積中層街区
 i: 高容積中層街区

2.4.3 クラスタ分析による街区空間形態のタイプ分類

分類した9グループに該当する街区の空間形態を図2-6～2-14に示す。クラスタ分析によって得られた各グループの重心の値から算出した、重心における街区空間形態の構成要素の値を表2-1に示す。9つの分類結果を、街区容積率と空地率の関係を示す散布図に反映したものを図2-15に、札幌市都心部全体の地図、および3Dモデルに反映したものを図2-16、2-17に示す。以上の街区空間形態の分類結果の整理を基に、各グループの街区空間形態の特徴について考察する。

a) 低容積中層街区：グループ重心の街区容積率は363.1%で、400%未満の低容積街区に該当する。重心の建物平均高さは25.3mであり、

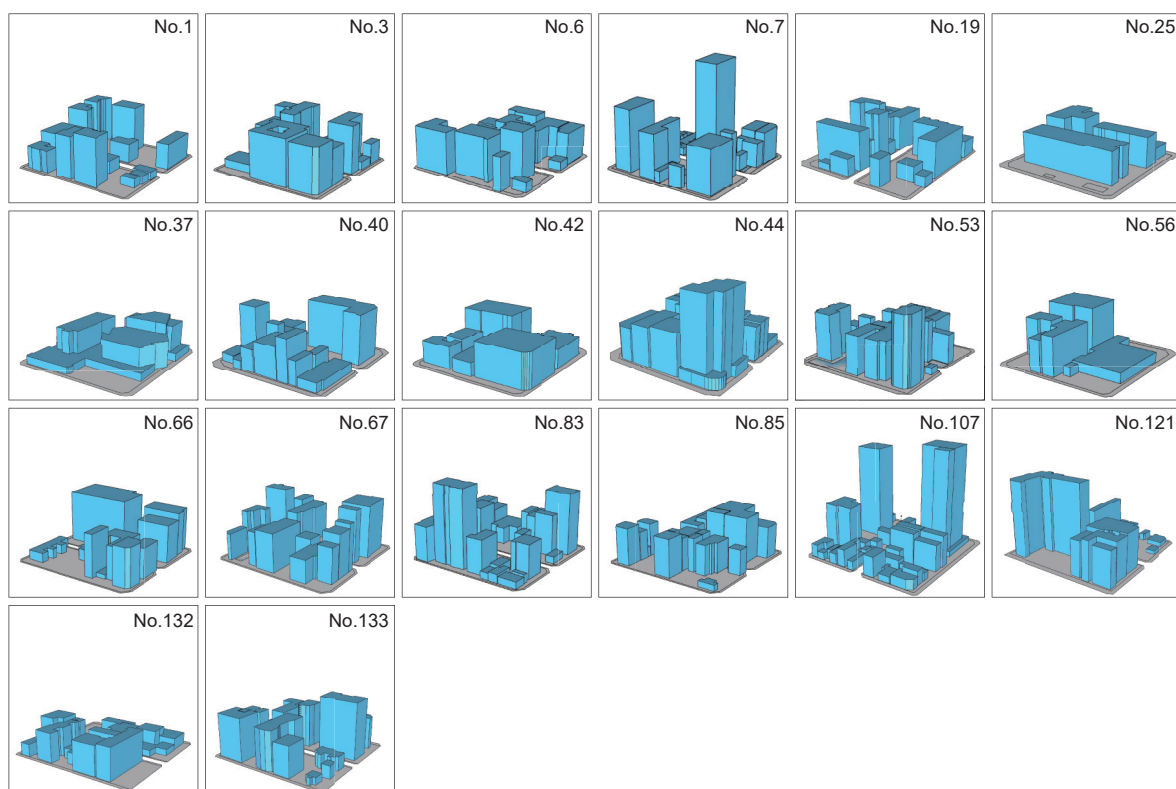


図2-6 グループa 低容積中層街区

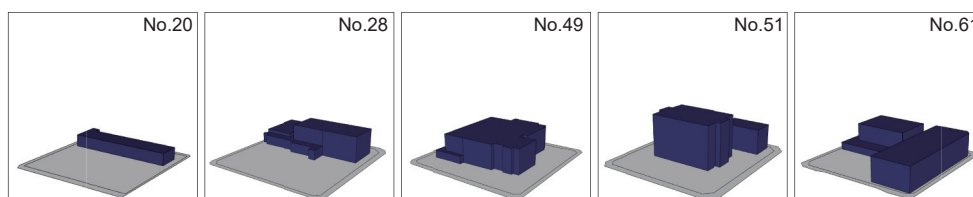


図2-7 グループb 低容積空疎街区



図 2-8 グループ c 低容積低層街区

全体として中層の建築物で構成されている。該当する街区は、都心部周縁に見られる。

b) 低容積空疎街区：グループ重心の街区容積率は134.7%と最も低く、重心の空地率は61.7%と大きく、空地の割合が大きな街区空間形態である。また重心の最大建物高さは23.3m、平均高さは23.2mであり、建築数は1.2、建物高さのばらつきも小さく、少数の中層建築で構成される。該当する街区は、5街区と少なく、都心部周縁で見られ、中学校や裁判所などの公共施設のある街区である。

c) 低容積低層街区：グループ重心の街区容積率は255.8%で低容

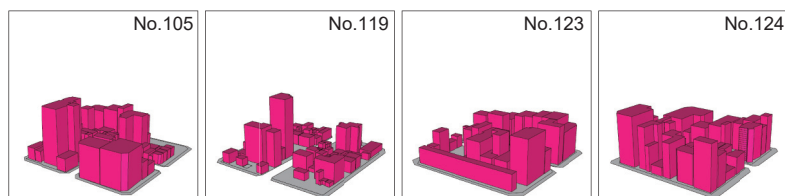


図 2-9 グループ d 低容積細分化街区

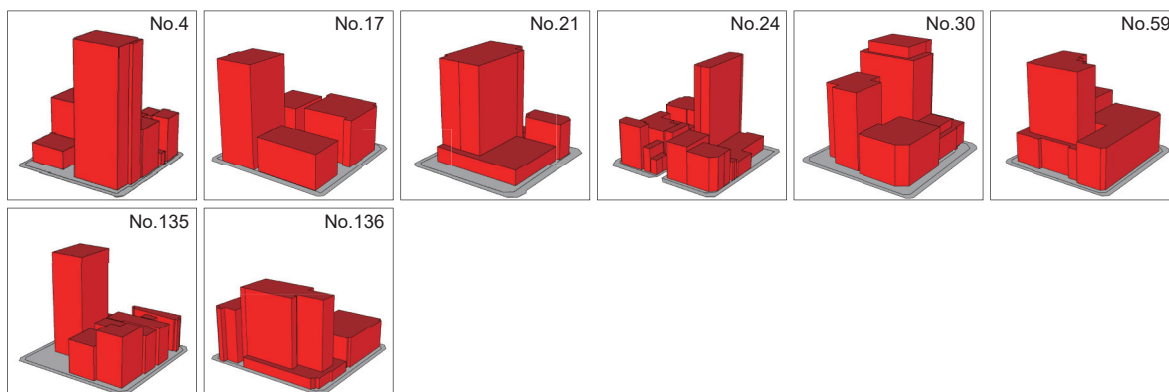


図 2-10 グループ e 高容積高層街区

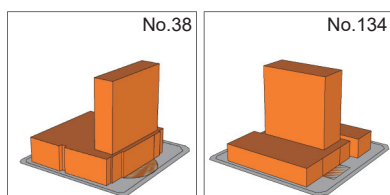


図 2-11 グループ f 中容積単一街区

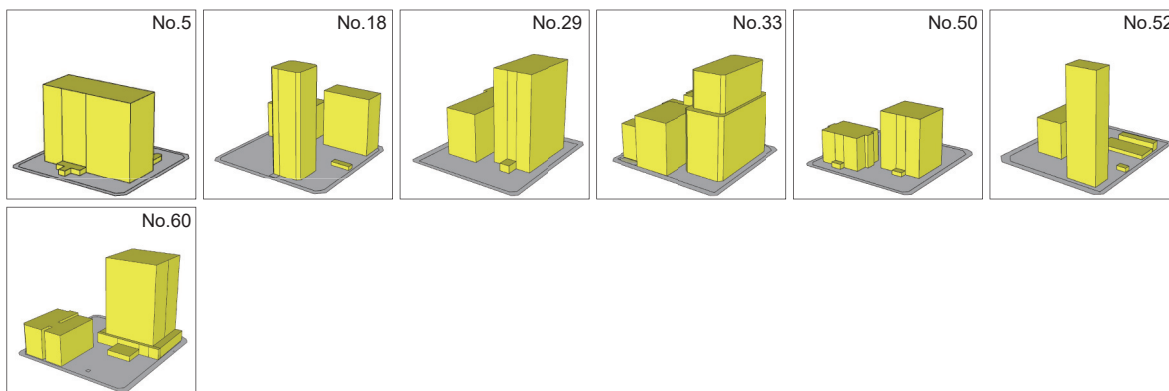


図 2-12 グループ g 中容積空疎街区



図 2-13 グループ h 中容積中層街区

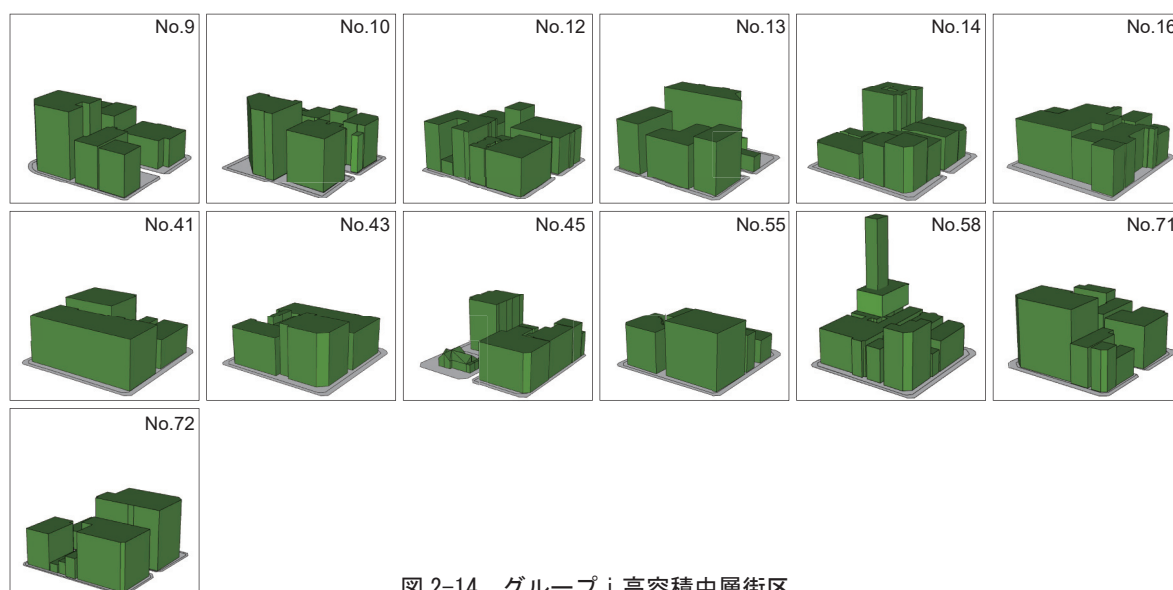


図 2-14 グループ i 高容積中層街区

積街区に該当する。重心の建物平均高さは18.6mと低く、空地率も55.6%と比較的大きい街区空間形態である。都心部周辺の多くの街区が、この低容積低層街区に該当する。

d) 低容積細分化街区：グループ重心の街区容積率は368.1%の低容積街区に該当する。重心の建築数が突出して多く、細かな中低層の建築によって構成される街区空間形態である。該当する街区は4街区と少なく、都心部南側の商業エリアで見られる。

e) 高容積高層街区：グループ重心の街区容積率が831.3%と最も大きな街区空間形態である。また、重心の最大建物高さは100.2m、平均建物高さは88.2mと、いずれも最も高い。重心の空地率も27.1%と最も少ない街区空間形態である。都心部の都市軸沿いの街区が該当し、主に近年再開発によって建設された建築を含む街区空間形態である。

f) 中容積単一街区：グループ重心の街区容積率は404.3%で、中容

表 2-1 クラスター分析における各グループの重心

街区グループ	街区容積率	空地率	建築数	高さのばらつき	最大高さ	平均高さ
a	363.1 低容積	46.9 -	13.5 -	15.4 -	53.7 -	25.3 中
b	134.7 低容積	61.7 空疎	1.2 少	0.2 均一	23.3 -	23.2 中
c	255.8 低容積	55.6 -	20.8 -	11.1 -	41.0 -	18.6 低
d	368.1 低容積	42.6 -	46.0 多	10.8 -	50.7 -	16.9 低
e	831.3 高容積	27.1 密集	5.4 少	31.2 不整	100.2 高	52.0 高
f	404.3 中容積	30.8 密集	1.0 少	0.0 均一	88.4 高	88.4 高
g	465.0 中容積	62.8 空疎	3.3 少	37.2 不整	83.6 高	43.0 中
h	545.8 中容積	33.6 密集	19.1 -	12.0 -	48.8 -	26.7 中
i	677.1 高容積	33.1 密集	6.6 少	14.6 -	57.0 -	36.1 中

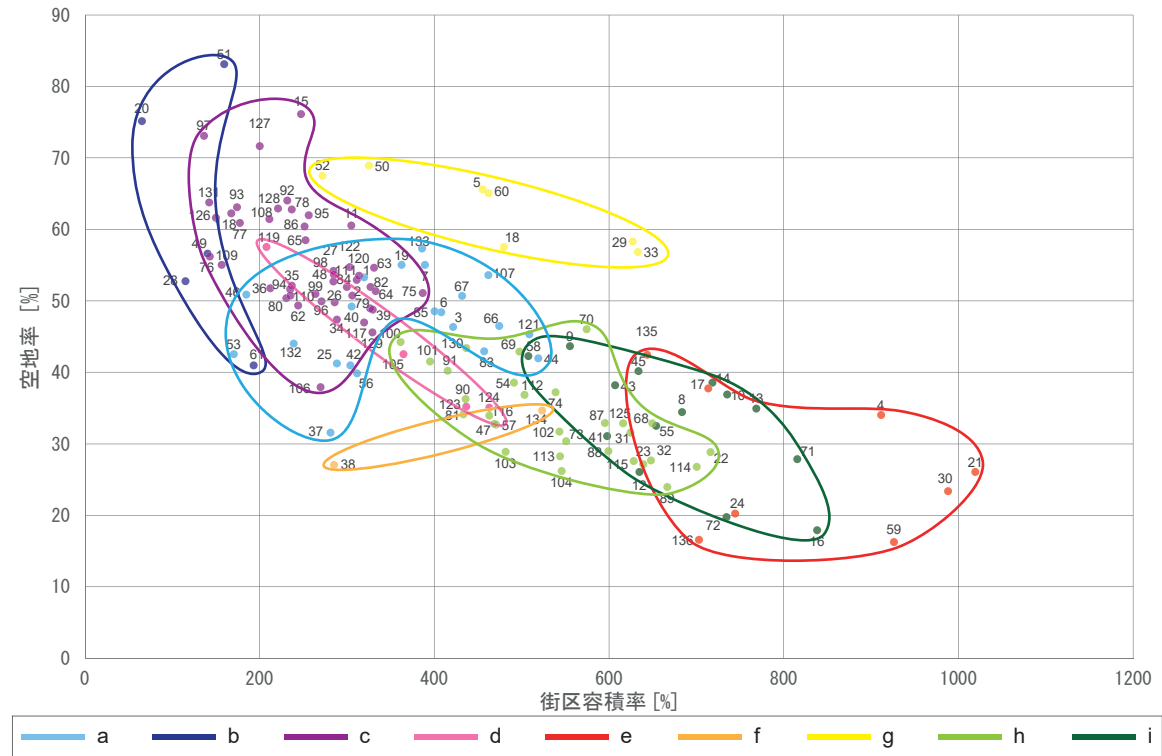


図 2-15 クラスター分析結果を反映した街区容積率 - 空地率の散布図

積街区に該当する。該当する街区は2街区と少なく、いずれも1つのホテル建築によって構成される街区である。

g) 中容積空疎街区：グループ重心の街区容積率は465.0%で、中容積街区に該当する。重心の空地率が62.8%と最も大きく、建物高さのばらつきも37.2と最も大きい。該当する街区は、7街区と少なく、市役所や合同庁舎等の役所建築、ホテル建築を含む街区であり、地上駐車場や車寄せが確保され、空地率の大きな街区である。

h) 中容積中層街区：グループ重心の街区容積率は545.8%で、中容積街区に該当する。重心の建物平均高さは26.7mで中層に該当し、街区内の多くの建物が中層で構成されている。重心の空地率は33.6%と小さく、建築数は19.1と比較的多く、細かな中層建築が密集した街区空間形態である。該当する街区は都心部中心を多く占めており、札幌都心部の既成市街地の基本的な街区空間形態である。

i) 高容積中層街区：グループ重心の街区容積率は677.1%で、高容積街区に該当する。重心の建物平均高さは36.1mと中層であり、街区内の多くの建物が中層建築で構成されている。重心の空地率は33.1%と小さく、建築数も6.6と比較的少ない。該当する街区は、都心部の都市軸沿いや札幌駅前といった主要エリアに見られる。

高容積中層街区は、中容積中層街区と比較すると、重心の空地率は同程度であるが、街区容積率がより大きく、建築数が少なく、建物最大高さや平均高さが大きいことから、中容積中層街区の細かな敷地を統合し、容積率を増加して街区を更新した街区空間形態であると考えられる。

以上より、グループa～dは低容積の街区空間形態で、都心部周縁に位置しており、今後容積率が増加する方向で更新される街区と考えられる。グループf～hの中容積街区のうち、グループfとgは、建築数が少なく、役所やホテル建築といった特殊な機能の建築で構成される街区空間形態であると考えられる。現在の都心部の多くはグループhの中容積中層街区であり、一般的に都心建物は容積を増加する方向で街区が更新されることを踏まえると、札幌都心街区の主な更新の方向性として、細かな敷地を統合して建築単位で建て替えを行いグループiの高容積中層街区に更新する方向性、あるいは一体的な再開発を行いグループeの高容積高層街区に更新する方向性の2つが考えられる。

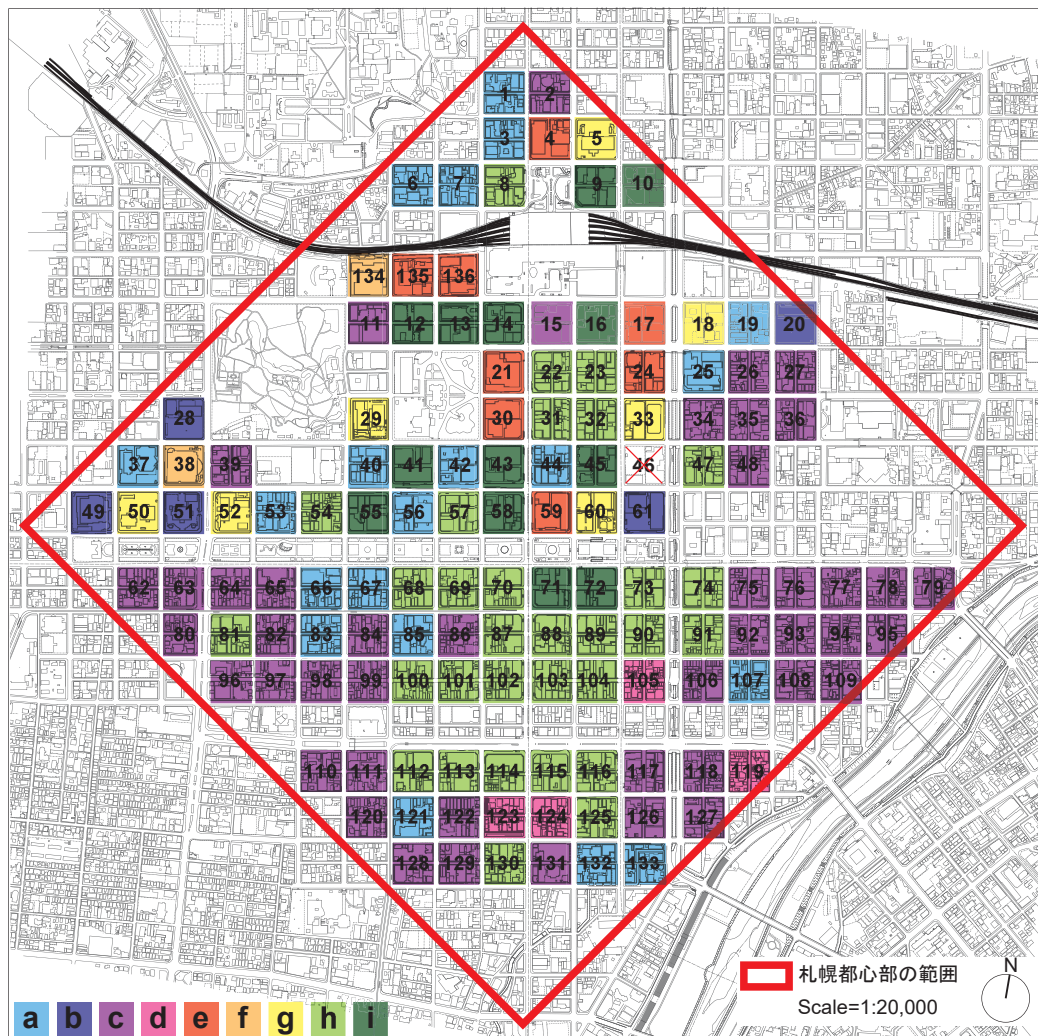


図 2-16 対象街区の空間形態分類

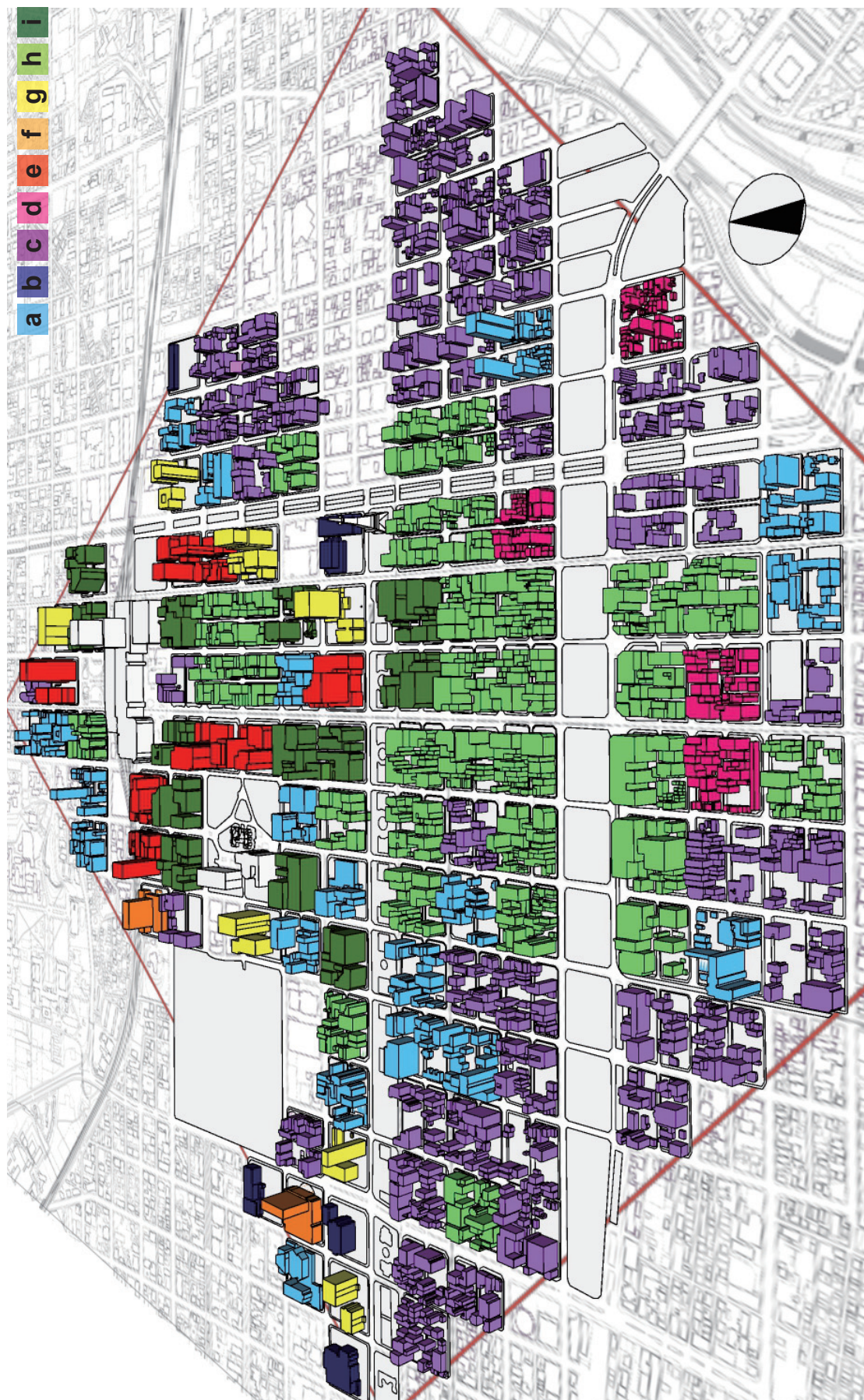


図 2-17 分類された対象街区の3Dモデル

2.5 第2章のまとめ

2章では、札幌市都心部の135街区の街区空間形態について、街区容積率、空地率、建築数、平均建物高さ、最大建物高さ、建物高さのばらつきの6項目を構成要素としてクラスター分析を行い、9つのグループ（a: 低容積中層街区、b: 低容積空疎街区、c: 低容積低層街区、d: 低容積細分化街区、e: 高容積高層街区、f: 中容積単一街区、g: 中容積空疎街区、h: 中容積中層街区、i: 高容積中層街区）を導き出した。また9つのグループの街区空間形態の特徴を分析し、以下5点を明らかにした。

- ①グループa～dの街区は低容積街区で、都心周縁部に位置しており、今後容積を増加する方向で更新される街区グループであると考えられる。
- ②グループf～hの街区は中容積街区であり、特にグループfとgは、建築数が少なく、役所やホテル建築といった特殊な機能の建築で構成される街区空間形態であると考えられる。
- ③現在の都心部の多くはグループhの中容積中層街区であり、札幌市都心部の中心エリアにおける既成市街地の主な街区空間形態である。
- ④グループiの高容積中層街区は、札幌市都心部の中心エリアでも都市軸沿い等の主要なエリアに位置する街区であり、既成市街地が更新される際の一つの方向性であると考えられる。
- ⑤グループeの高容積高層街区は、札幌市都心部中心エリアの主要なエリアに位置しており、近年再開発によって更新された建築を含む街区であることから、今後が更新される際の一つの方向性であると考えられる。

以上より、現在札幌都心部の中心エリアはグループhの中容積中層街区が多くを占めており、今後これらの街区が容積を増加する方向で更新される際には、隣接する小さな敷地を統合して更新するグループhのような高容積中層街区、もしくは再開発を行いグループeのような高容積高層街区に更新する方向性が考えられる。

以上の考察に基づき、以降の4～6章における北方型スマート街区の検討では、高容積高層街区への更新、及び高容積中層街区への更新の2方向の街区空間形態に着目し、それぞれ「都心再開発モデル（4章）」「既成市街地更新モデル（6章）」として検討を行う。

3. 北方型スマート街区の分析評価手法

3.1 北方型スマート街区の定義

3.2 風雪シミュレーションを用いた既往研究と本研究の位置づけ

3.2.1 環境シミュレーションを用いた既往研究

3.2.2 風雪シミュレーションを用いた既往研究と本研究の位置づけ

3.2.3 風雪環境評価を組み込んだ都市デザインプロセス

3.2.4 北方型スマート街区のデザインプロセスの構成

3.3 風雪シミュレーションの方法

3.4 風シミュレーションの方法

3.5 除雪エネルギーの分析方法

3.6 街区消費エネルギーの算定方法

3.7 第3章のまとめ

3.1 北方型スマート街区の定義

都市デザインは地域の気候に応じて取り組むべきであり、南北約3000kmにおよび地域毎に気候が全く異なるわが国では、気候に応じて都市や建築の形態がデザインされるべきである。特に、冬季の厳しい寒さや積雪により都市活動が大きく阻害される積雪寒冷都市の都市デザインでは、風雪環境への影響を考慮することが重要である。これまで、冬季の雪や厳しい寒さに対応する積雪寒冷都市のデザインとして、スカイウォークやアトリウム(屋内広場)等がある。しかし、これらの手法は設置に大きなコストがかかる上、暖房に多くのエネルギーを消費するため、持続可能な手法とは言えない。積雪寒冷都市では、大がかりな設備によって雪や寒さの影響を遮断するだけではなく、建築の配置や形態によって、屋外公共空間における雪や風の影響を低減し、エネルギー消費を低減する「自然共生型」の都市デザイン手法が求められる。

したがって本研究では、都市デザインの基本単位である「街区」に着目し、積雪寒冷都市における新たな街区の概念として「北方型スマート街区」を提案する。北方型スマート街区の定義は、次の通りである。

北方型スマート街区：積雪寒冷都市において風雪環境を改善することにより除雪エネルギーを最小化し、屋内建築エネルギーと一体化した街区空間像（図3-1）

「北方型」とは、既往の取組みでは「北方型住宅（北海道の気候風土にふさわしい性能を備えた北海道が推奨する住まい）」³⁻¹⁾などで用いられており、本研究でも同様に「積雪寒冷都市にふさわしい性能を備える」ことを意味している。「スマート」とは、スマートシティのデザインにつながる空間像であることを意味している。スマートシティの意味については、1章で確認したとおり「エネルギーシステムを主体としながら、交通、建築、緑分野等を統合した都市づくり」など幅広い意味があるが、本研究では特にエネルギー・都市環境・都市空間デザインの統合に主眼を置いている。

3-1) 一般財団法人北海道建築指導センター：北方型住宅（オンライン），
<http://www.hokkaido-ksc.or.jp/index.php?id=207>（入手2017-12-10）

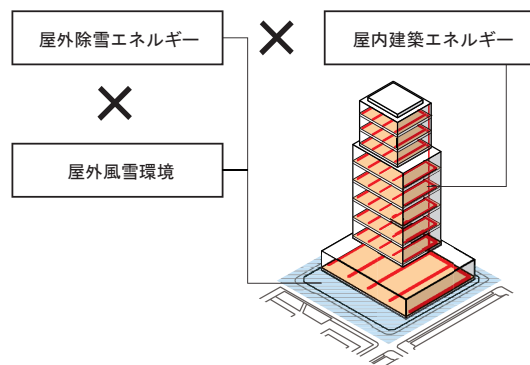


図3-1 北方型スマート街区の定義

3.2 風雪シミュレーションを用いた既往研究と本研究の位置づけ

3.2.1 環境シミュレーションを用いた既往研究

地域の気候を考慮し、自然共生型の都市デザインを行うことは、都市デザインにおける重要な課題であり、長きに渡り研究や実際の取組が行われてきた³⁻²⁾。特に近年では、コンピューターシミュレーション技術の発展により、都市デザインにおける都市環境への影響を解析する研究が進んでいる。例えば、屋外の熱環境を考慮した外観デザインの研究 [Juan (2017)³⁻³⁾]、ヴァナキュラー建築の分析から自然換気を促すデザインガイドラインの研究 [Heidari (2017)³⁻⁴⁾]、都市換気を考慮しヒートアイランドを抑制する都市空間の検討 [Yuan et al. (2012)³⁻⁵⁾, (2014)³⁻⁶⁾, Ng (2009)³⁻⁷⁾, Ng et al. (2011)³⁻⁸⁾]、歩行者の風環境の快適性の検討 [Szűcs, (2013)³⁻⁹⁾, Blocken (2012)³⁻¹⁰⁾]、日射と風を考慮した微気候と建築形態の検討 [Capeluto (2003)³⁻¹¹⁾]等の既往研究が見られる。しかし、多くの研究は温暖地域を対象に、日射や風環境のシミュレーションを行ったものであり、全く異なる気候を持つ積雪寒冷都市では、温暖地域とは異なる特有の都市デザインが求められる [Pressman (2002)³⁻¹²⁾, Ebrahimabadi (2015)³⁻¹³⁾]。本研究は、積雪寒冷都市における冬季の厳しい寒さや積雪を対象とし、上記のような温暖地域における既往研究とは異なる都市デザインのアプローチを示すものである。

また、上記のような近年の都市環境の研究では、CFD (Computational fluid dynamics) を用いた風のシミュレーションを行う方法が多く採用されている^{3-5) ~ 3-11)}。また、Tominaga et al. (2011)³⁻¹⁴⁾やOkaze (2013)³⁻¹⁵⁾は、CFDによって雪の吹きだまりのシミュレーションを行う方法を提示している。しかし、CFDによるシミュレーションは、都市スケールの風雪環境はその複雑性ゆえに、再現性に懸念が残る³⁻¹⁶⁾。従って本研究では、CFDは用いず、風洞装置により風雪環境のシミュレーションを行い、その結果を用いて屋外公共空間の風雪環境と除雪エネルギーの評価を行うこととした。

3-2) Hebbert, M.; Jankovic, V. Cities and Climate Change: The Precedents and Why They Matter. *Urban Stud.* 50, 1332–1347, 2013

3-3) Juan, S.; Yoon, S. Deduction of Optimum Surface Design Factors for Enhancement of Outdoor Thermal Environment in a Micro-Scale Unit. *Sustainability*, 9, 1381, 2017

3-4) Heidari, A.; Sahebzadeh, S.; Dalvand, Z. Natural Ventilation in Vernacular Architecture of Sistan, Iran; Classification and CFD Study of Compound Rooms. *Sustainability*, 9, 1048, 2017

3-5) Yuan, C.; Ng, E. Building porosity for better urban ventilation in high-density cities—A computational parametric study. *Build. Environ.* 50, 176–189, 2012

3-6) Yuan, C.; Ng, E. Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong Kong. *Urban Clim.* 8, 57–77, 2014

3-7) Ng, E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities—Air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. *Build. Environ.* 44, 1478–1488, 2009

3-8) Ng, E.; Yuan, C.; Chen, L.; Ren, C.; Fung, J.C. Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong. *Landsc. Urban Plan.* 101, 59–74, 2011

3-9) Szűcs, Á. Wind comfort in a public urban space—Case study within Dublin Docklands. *Front. Arch. Res.* 2, 50–66, 2013

3-10) Blocken, B.; Janssen, W.D.; Hoff, T.V. CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University campus. *Environ. Model. Softw.* 30, 15–34, 2012

3-11) Capeluto, I.G.; Yezioro, A.; Shaviv, E. Climatic aspects in urban design—A case study. *Build. Environ.* 38, 827–835, 2003

3-12) ノルマンプレスマン, 絵内正道 訳: 北国の街づくりと景観 気候に結びつけた都市デザイン 北海道大学図書刊行会 2002

3-13) Ebrahimabadi, S.; Nilsson, K.L.; Johansson, C. The problems of addressing microclimate factors in urban planning of the subarctic regions. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.* 42, 415–430, 2015

3-14) Tominaga, Y.; Okaze, T.; Mochida, A. CFD modeling of snowdrift around a building: An overview of models and evaluation of a new approach. *Build. Environ.* 46, 899–910, 2011

3-15) Okaze, T.; Tominaga, Y.; Mochida, A. Development of new snowdrift model based on two transport equations of drifting snow density: Numerical prediction of snowdrift around building using CFD (Part 2). *J. Environ. Eng.* 78, 149–156, 2013

3-16) Kim, H.; Macdonald, E. Wind and the city: An evaluation of San Francisco's planning approach since 1985. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.* 44, 10–32, 2015

3.2.2 風雪シミュレーションを用いた既往研究と本研究の位置づけ

本研究は、風雪シミュレーションを用いて、雪の影響を都市空間デザインに反映させている点が特徴である。P. Bosselmann(1990)³⁻¹⁷⁾は、積雪寒冷都市であるカナダのトロント都心部での新たな開発に対して、高層建築と中層建築が周辺街区に与える風の影響を、風洞装置を用いた風のシミュレーションにより明らかにしている。本研究は、この研究の考え方を風のみでなく風雪に応用した。苫米地ら(1994, 2012)^{3-18 ~ 3-20)} 土屋ら(2002)³⁻²¹⁾ や三橋(2003)³⁻²²⁾ は風雪シミュレーションを用いて、雪害を防ぐ望ましい建築形態を導き出す研究を行っている。本研究は、この実験手法を参考に、対象を建築単体ではなく都市空間に発展させている。わが国の都市デザイン研究では、都市空間である屋外公共空間において、風の影響を評価した研究は多数あるが、風雪シミュレーションを用いて都市空間で風雪の影響評価を行った研究は、瀬戸口ら(2004-2011)^{3-23) ~ 3-28)} の研究および本研究以外にない。(表 3-1)。

表 3-1 既往研究と本研究の位置づけ

風洞実験	建築デザイン	都市デザイン
風シミュレーション	(多数)	Bosselmann(1990) 等
風雪シミュレーション	苫米地ら(1994, 2012) 土屋ら(2002)、三橋(2003) 等	瀬戸口ら(2004-2011) 本研究

さらに本研究は、風雪シミュレーション結果を用いて除雪エネルギーを分析している点に特徴がある。瀬戸口ら(2004-2011)^{3-23) ~ 3-28)}の研究では、風雪シミュレーションから雪の吹きだまりや吹き払いを分析し、歩行障害などの風雪環境評価を行っている。本研究はその分析方法を発展させ、風雪シミュレーションから積雪量を把握し、除雪に要するエネルギーの分析を行うことで、風雪環境評価と除雪エネルギー分析の両者を都市デザイン手法に組み込んでいる。良好な都市環境形成と省エネルギー化を目指した都市デザインは、各々を対象とした既往研究は見られるが、両者を同時に都市デザインに組み込む方法を対象とした研究は非常に少なく、積雪寒冷都市を対象とした既往研究は、本研究が唯一である。

3-17) Peter BOSSELMANN: Sun, wind, and pedestrian comfort: a study of Toronto's Central Area, Center for the Built Environment UC Berkeley, 1990.12

3-18) 湯川崇、苫米地司ほか：積雪寒冷都市における住宅地街区内の雪堆積状況に関する研究－吹雪風洞実験におけるシミュレーションによる分析－、日本建築学会技術報告集、Vol. 18, No. 40, pp1013-1017, 2012.10

3-19) 苫米地司、上田宏：模型雪を用いた風洞実験の適用について（その2、摩擦応力と模型雪の堆積性状の対比）、日本建築学会北海道支部研究報告集、No. 67 pp69-72, 1994. 3

3-20) 湯川崇、谷口尚弘、苫米地司：積雪寒冷地における敷地内の雪堆積可能面積と住戸配置に関する研究、日本建築学会計画系論文、No. 650, pp. 781-786, 2010. 4

3-21) 土屋学ほか：階段状屋根の雪の吹きだまりに影響を及ぼす風の流れの特性に関する研究、日本建築学会構造系論文、No. 555, pp53-59, 2002. 5

3-22) 三橋博巳：建築物の雪の吹きだまりと吹雪風洞実験、日本雪氷学会誌、雪氷 Vol. 65, No. 3, pp287-295, 2003. 3

3-23) 瀬戸口剛ほか：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、日本建築学会計画系論文 No. 604, pp131-138, 2006. 6

3-24) Tsuyoshi Setoguchi: New Urban Design Approaches with Snow Simulations for Cold and Snowy Cities Tsuyoshi, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol.7, No. 1, 93-99, 2008.5

3-25) 瀬戸口剛：積雪寒冷都市の拠点施設計画における風雪環境評価に関連づけた都市デザインプロセスの開発、日本建築学会計画系論文 Vol. 74, No. 642, pp1777-1786, 2009. 8

3-26) Tsuyoshi Setoguchi: Public Square Design with Snow and Wind Simulations Using Wind Tunnel, Wind Tunnels and Experimental Fluid Dynamics Research, pp463-478 INTECH, 2011.7

3-27) 瀬戸口剛、堤拓哉：風雪シミュレーションを用いた高層建築街区と中層建築街区が周辺の公共空間に与える風雪環境評価、日本建築学会計画系論文 No. 614, pp167-174, 2007. 4

3-28) 瀬戸口剛、堤拓哉：積雪寒冷都市のための風雪シミュレーションを用いた高層街区と中層街区の風雪影響の比較、日本建築学会計画系論文 No. 619, pp101-108, 2007. 9

3.2.3 風雪環境評価を組み込んだ都市デザインプロセス

風雪シミュレーションによる風雪環境評価を実際の計画で用い、デザイン検討を行ったものとして、瀬戸口ら（2006, 2009, 2011）^{3-23), 3-25), 3-26)}の研究がある。瀬戸口らは、稚内駅複合拠点施設計画の検討と並行して、基本スタディ案に対する風雪環境を行い、風雪シミュレーションによる環境評価を計画プロセスに反映させる都市デザインプロセスを提示している（図3-2）。また、都市デザインの計画段階に応じて風雪環境評価を行ったことに対する評価として、以下を挙げている。

- ・基本設計開始以前での風雪環境評価の関連付けによる効果：施設形態検討前に風雪環境評価項目を設定することで、地域の風雪環境に配慮した基本的な形態を、早い段階で導き出せる。
- ・風雪シミュレーションの結果を都市デザインプロセスにフィードバックする効果：①雪の吹きだまりの影響を受けにくい形態の明示、②風雪の影響を受ける設計ポイントの明確化（その後基本設計案が変更されても、風雪の影響を注意すべき点が把握できる）

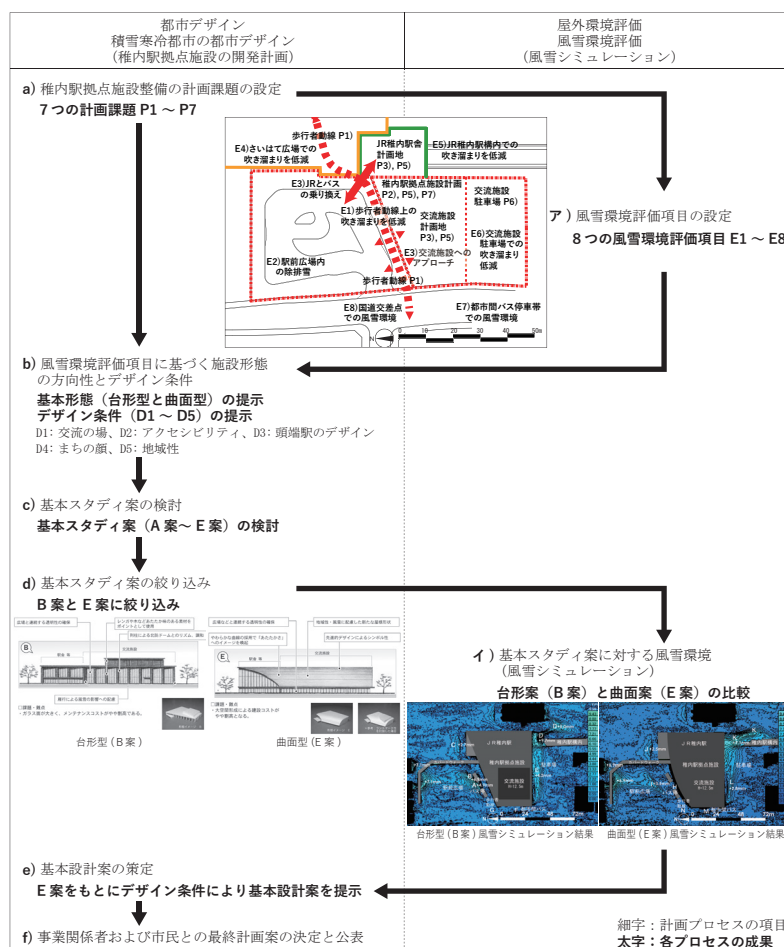


図3-2 稚内駅複合拠点施設計画における風雪シミュレーションを組み込んだ都市デザインプロセス（文献3-25, 図1, 4, 5, 7を筆者が統合）

本研究では、既往研究で示された都市デザインと環境評価を並行して行い応答させるプロセスを基本として、北方型スマート街区のデザインプロセスを構成した。

3.2.4 北方型スマート街区のデザインプロセスの構成

北方型スマート街区のデザインプロセスの構成と分析評価手法の関係性を図3-3に示す。北方型スマート街区のデザインプロセスは、3.2.3章で整理した既往研究より、「風雪環境評価」に除雪エネルギー量の評価を合わせて発展させる形で構成した。

以降の3.3章では風雪環境の分析方法として、風雪シミュレーションの方法と風シミュレーションの方法について整理した。3.4章では、除雪エネルギーの評価手法について整理し、風雪シミュレーション結果を用いた除雪に要するエネルギーの算出方法と街区消費エネルギーの算出方法を明示した。

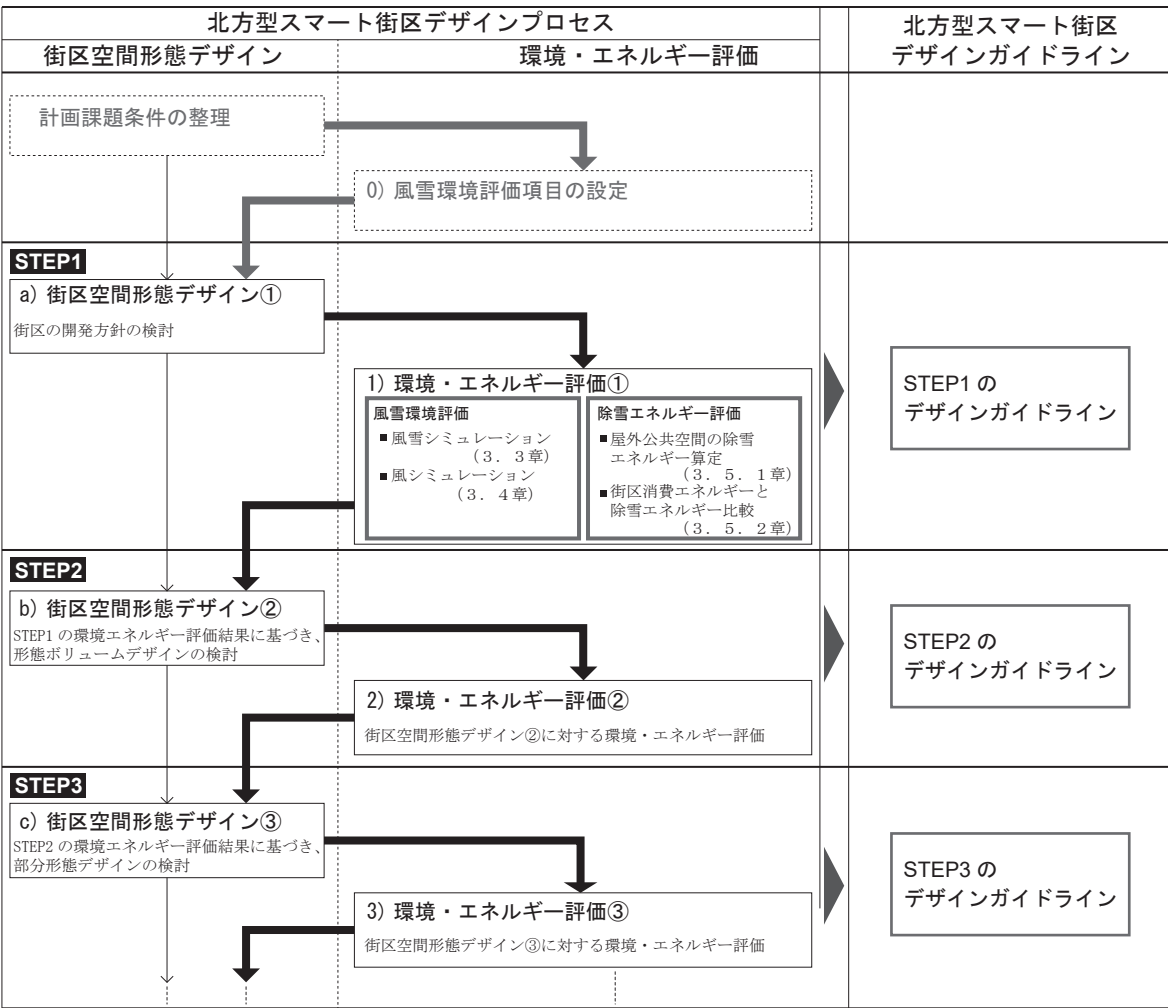


図3-3 北方型スマート街区のデザインプロセスの構成と分析評価手法

3.3 風雪シミュレーションの方法

1) 風洞実験装置

風雪環境の分析は、風洞装置による風雪シミュレーションにより行った。実験に使用した風洞装置は、北方建築総合研究所所有の回流型風洞装置である〔図3-4、表3-2、写真3-1～3-4、堤(2009)³⁻²⁹⁾〕。測定部の断面は幅150cm、高さ70cm、長さは7.0mである。模擬雪は北海道の雪に近い安息角を示す活性白土(図3-5、表3-3)を使用し、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で風路内に供給した。

3-29) 堤拓哉：吹雪風洞、日本風工学会誌，Vol.34，No.1，No.118，pp36-41，2009

供給は毎回一定量とし、供給速度480g/min、一回当たりの総供給量は10kgとした。模擬雪の堆積深はトラバース装置に取り付けたレーザー変位計(キーエンス社製LK500)を用いて、4mm間隔で計測

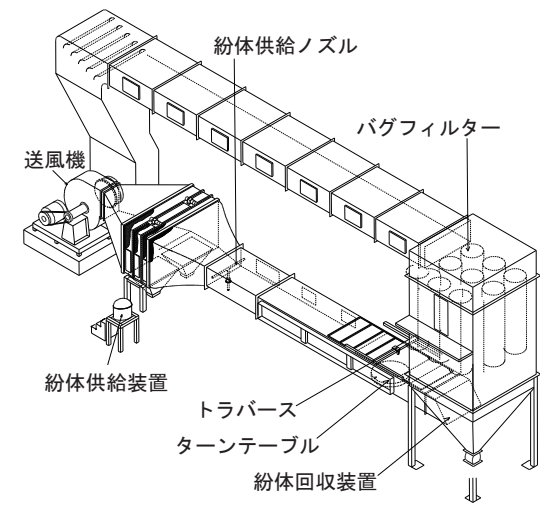


図3-4 粉体風洞装置

表3-2 粉体風洞装置緒元

本体	形式	縦型密閉単一回流型
	測定胴断面	幅1.5m×高さ0.7m
	測定胴長さ	9.5m
	縮流比	1:5
	ターンテーブル	φ1.2m
送風機	型式	片吸込遠心送風機
	風速	0.5～10m/sec
	風量	630m ³ /min(max)
	風圧	1960Pa



写真3-1 風洞装置測定部



写真3-2 粉体供給装置のタンク



写真3-3 粉体供給ノズル



写真3-4 実験前の風洞装置内

した。境界層流の作成にはスパイヤーとソーを用いた。

本実験装置における、模型設置位置の平均風速と乱れ強さの鉛直分布を図 3-6 に示す。平均風速の鉛直分布は、べき指数 $\alpha = 0.27$ の指数分布で近似できる。対象の札幌市都心部の地表面粗度区分は建築物荷重指針³⁻³⁰⁾によれば粗度区分Ⅳである。

3-30) 日本建築学会：建物荷重指針・同解説，pp26-27，2015

2) 粉体風洞実験の風洞風速

粉体風洞実験の風洞風速の設定には、Anno(1984)³⁻³¹⁾の提案による風速と粒子の臨界摩擦速度に基づく算定式を使用した。活性白土を模擬雪として用いた場合の算定式 (a) は以下の通りである。

$$\frac{U_p}{U_m} = 1.375 \frac{U_{*p}^*}{U_{*m}^*} \quad (a)$$

U は風速 (m/s)、 U_{*i}^* は粒子が移動を開始する時の臨界摩擦速度、 p は実現象値、 m は風洞実験値。北海道の厳冬期に行われた観測結果³⁻³²⁾より $U_{*m}^* = 0.2 \text{ m/s}$ 。風洞実験により測定された値³⁻³³⁾より $U_{*m}^* = 0.3 \text{ m/s}$ 。札幌市の気象庁地上気象観測月別平均値冬季 (12 月～2 月) の平均風速より、 $U_p = 2.46 \text{ m/s}$ 。以上の値をもとに上記の式 (a) より U_m を算出し、模型の縮尺比と風速計設置高さを考慮した高さの風洞風速が U_m と等しくなるように実験を行った。

3-31) Yutaka Anno: REQUIREMENTS FOR MODELING OF A SNOWDRIFT, Cold Regions Science and Technology, Vol.8, pp241-252, 1984

3-32) 西尾文彦、石田完：地吹雪における乱れのエネルギー消散率、低温科学、A31, pp69-85, 1973

3-33) 吉米地司、上田宏：模型雪を用いた風洞実験の適用について (その 2、摩擦応力と模型雪の堆積性状の対比)、日本建築学会北海道支部研究報告集、No. 67 pp69-72, 1994

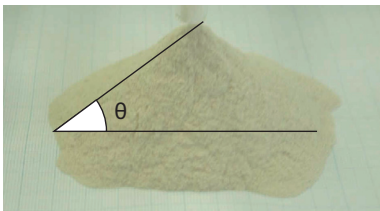


図 3-5 模擬雪・活性白土

表 3-3 模擬雪の特性

項目	自然雪	活性白土
平均粒子径 d (mm)	0.2 ~ 2	0.020
かさ密度 (g/cm^3)	0.03 ~ 0.2	0.47
移動臨界摩擦速度 u_{*t}^* (m/s)	0.15 ~ 0.40	0.16 ~ 0.20
安息角 θ (°)	45 ~ 50	46

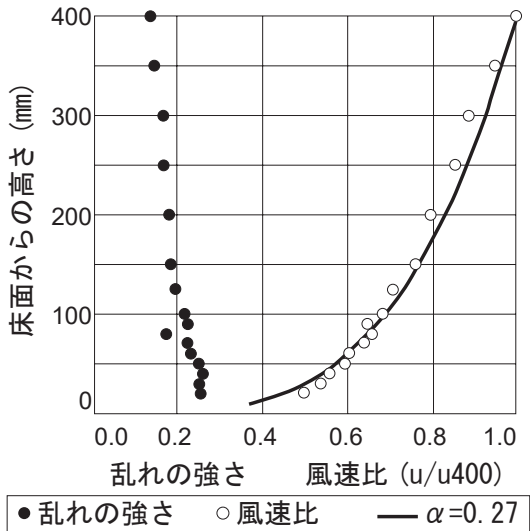


図 3-6 実験気流の乱れの強さと風速比

北方型スマート街区検討のための札幌市都心部を対象と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。本研究では、縮尺 1/500 の実験模型を用いているため、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に誤差が生じる可能性が高い。そこで模擬雪の堆積が平均で 1mm 程度になるように、実験想定を 7 倍の 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^{注 3-1)}。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^{注 3-2)}。ここで、日降雪 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。

2) 風雪シミュレーション模型

模型は、地表面はランバーコア板にペイント仕上げしたもの、建築物にはスタイロフォームを使いジェッソ仕上げをしたものを使用した。北方型スマート街区検討における札幌市都心部を対象とした風雪シミュレーションでは、対象街区及びその周辺部の縮尺 1/500 の模型を作製し用いた（写真 3-5）。札幌市都心部で最も高い建築物は 173m であり、模型上で 34.6cm となり、風洞内高さの 1/2 以下であり、十分な再現性を確保できると考えられる。実験結果の長さや時間は、模型の縮尺と同じく実物と比例関係にあるとする、模型実験における相似比の理論³⁻³⁴⁾を用いた。

3) 実験風向

実験風向の設定にあたって、建物周囲における雪の吹きだまりの発生位置は降雪時の風速や風向の影響を受けることから、札幌市の

注 3-1) 1 日に相当する実験時間は 2.88 分（24 時間 ÷ 500 = 1440 分 ÷ 500 = 2.88 分）で、模擬雪の堆積量は平均 0.14mm になり、降雪量に換算すると 7cm（0.14mm × 500 = 70mm）となる。1 週間に相当する実験時間は 20.2 分（7 日 × 24 時間 × 60 分 ÷ 500 = 20.2 分）で、模擬雪の堆積量は平均 0.98mm となる。これにより、風雪シミュレーションで降雪させた、活性白土の模擬雪 10kg および 20.2 分間は、日降雪 7cm が 1 週間降り続いたことに相当する。

注 3-2) 札幌気象台によると、札幌市内市街地での大雪注意報は 12 時間降雪の深さが 200mm 以上で、大雪警報は 300mm 以上で発令されることから、大雪注意報レベルを歩行障害に、大雪警報レベルを大きな交通障害（自動車と歩行者を含む）が発生する積雪深とした。

3-34) 江守一郎ほか：模型実験の理論と応用 技報堂出版 2000. 3



写真 3-5 実験模型

強風・降雪時の風向特性について分析を行った。過去5冬期間（2010～2016年度12月～2月）の強風時（5 m/s 以上）および弱風時（5 m/s 未満）の風向特性を見ると、風速の発生頻度は強風時では北西が最も多く、弱風時では北西と南南東が最も多い。また、降雪時（日降雪5cm 以上）と大降雪時（日降雪20cm 以上）の風向は、北西が最も多い（図3-7）。以上より実験風向は、冬季の最多風向であり、建物周辺の雪の吹きだまりが懸念される、降雪時の最多風向である北西を設定した。

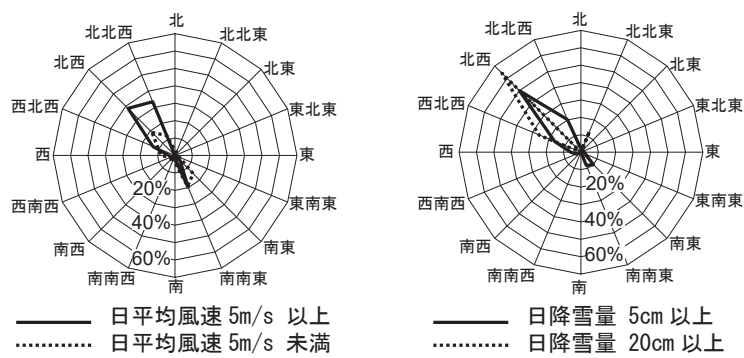


図 3-7 札幌市の風向分析

3.4 風シミュレーションの方法

風環境の分析は、風洞装置により行った。実験に使用した風洞装置は、風雪環境の分析とは異なる、北方建築総合研究所所有の環境風洞装置を用いた。[図 3-8、表 3-4、堤 (2009)³⁻³⁵⁾]。測定部の大きさは幅 1.8m、高さ 1.8m、長さ 10m である。計測は、風洞床面高さ 3mm、模型で地上 1.5m の高さに相当する高さを、サーミスタ型風速計を用いて測定した。風環境の分析は、風洞実験で風速比を把握し、以下の換算式 (b)³⁻³⁵⁾ を用いて、地上の平均風速を算出し、評価する。

$$\frac{V_{1.5}}{V_h} = \frac{U_{1.5}}{U_h} \quad (b)$$

$V_{1.5}$ は実スケールにおける地上 1.5m の高さでの風速値 (m/s)、 V_h は気象データによる日平均風速 (m/s)、 U_h は実スケールにおける気象観測地点の高さに相当する風洞床面高さにおける風洞内風速 (m/s)。 $U_{1.5}$ は地上 1.5m に相当する高さ (3mm) においてサンプリング間隔 1 秒で 30 秒間計測し、その平均値とした。また U_h は、同様の方法で計測した、札幌管区気象観測地点の高さ 19.9m に相当する風洞断面の高さ 40mm の平均風速 (m/s)。それらの結果を、冬季 (12 月～2 月) の気象データ (1981 年～2000 年) の平均風速 $V_h=2.46\text{m/s}$ として換算を行った。ここで、札幌管区気象観測点の高さは、1963 年～2000 年まで 19.9m であり、2001 年より 59.5m に変更されている。本研究では、より長期間の気象データを用いるために、気象観測点の高さ 19.9m の資料を基準として用いた。

風環境分析のための風洞実験に用いる模型は、粉体風洞実験で用いたものと同じものを用いた。

また、風の動きと街区空間形態の関係の分析するにあたり、風雪・風シミュレーションの補足として、風洞可視化実験を行った。風洞可視化実験では、グリコールを主成分とする煙発生装置と発煙剤に

3-35) 久保田ほか：実在する 270m 平方の住宅地における地域的な風通しに関する風洞実験，建築群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響 その 1、日本建築学会計画系論文集 No. 529, pp109-116, 2000

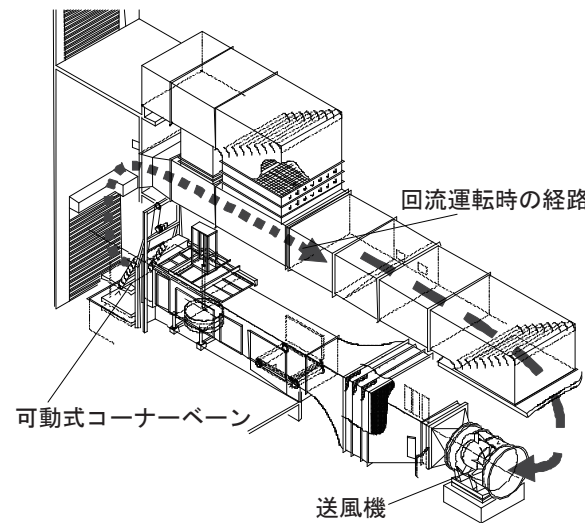


図 3-8 環境風洞装置

表 3-4 環境風洞装置緒元

本体	形式	縦型回流・押込開放切替型
	測定洞断面	幅 1.8m × 高さ 1.8m
	測定洞長さ	10m
	縮流比	1:4
	ターンテーブル	φ 1.6m
送風機	型式	短段軸流送風機
	風速	0.5 ～ 20m/sec
	風量	3900m ³ /min (max)
	風圧	830Pa

よって煙を発生させ、そこにレーザー光を面上に当てることにより、風の動きを可視化している。可視化した煙の動きはビデオカメラによって撮影し、風雪シミュレーションおよび風シミュレーションの結果を分析する際の参考として用いた（写真 3-6）。

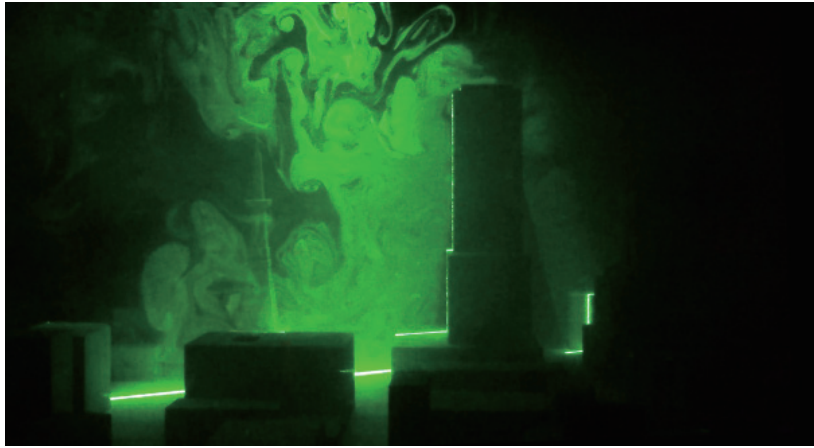


写真 3-6 風洞可視化実験

3.5 除雪エネルギーの分析手法

車道と歩道、オープンスペース（以下、OS）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、風雪シミュレーションの結果から算出する。除雪エネルギー（以下、除雪）の算出の条件設定として、表 3-5 の原単位を用いる。

除雪の方法は、札幌都心部における一般的な除雪方法を参考に、車道上の除雪はトラックによる運搬排雪、歩道・OS上の除雪は灯油ロードヒーティング（RH）による融雪としている。

まず風雪シミュレーションの結果を用いて、測定点毎に積雪深から自然融雪量（3.79cm/日）を差し引き除雪量を算出する（積雪深が3.79cm以下の測定点は0cmとする）。そして対象エリア内の測定点の除雪量を合計し、車道上の除雪量（ S_t ）と歩道・OS上の除雪量（ S_m ）をそれぞれ算出した。それらの値を用いて、車道上の運搬排雪と歩道・OS上の融雪、それぞれに必要なエネルギー量と二酸化炭素排出量を求める（表 3-6）。

注 3-3) ロードヒーティングは、四要素制御方式と呼ばれる、降雪センサ、路面温度センサ、外気温センサおよび路面水分センサという4種類のセンサからの情報を基に気象状態や路面状態に応じた制御を行うものが一般的である³⁻³⁶⁾。本研究では、制御に関わる融雪効率やシステムの熱効率等を含めた効率を、「ロードヒーティングの熱効率」として実状を考慮して設定した。

3-36) 澤山一博ほか：ロードヒーティング用ファジィ制御システムの開発，北海道立工業試験場報告 No. 294，1995

表 3-5 除雪エネルギー算出のための条件設定

	除雪方法と除雪エネルギーの条件設定
1. 基本設定	札幌市の積雪重量：393.9kg/m ³ *1 雪の融解熱：333kJ/kg *2
2. 自然融雪	過去5年間（2010-2014年）の融雪量：3.79cm/日
3. 車道の除雪とCO ₂ 排出量	車両（10tトラック）による運搬排雪 10tトラックの燃費（軽油）：2.5 km/L *3 運搬距離：対象街区から雪堆積所（豊平川）までの往復距離（D） 軽油の発熱量：37.7MJ/L *4 軽油の二酸化炭素排出量：2.58kgCO ₂ /L *4
4. 歩道・OSの除雪とCO ₂ 排出量	灯油ロードヒーティングによる融雪 灯油の発熱量：36.7MJ/L *4 ロードヒーティングの熱効率：20% 注 4-3) 灯油の二酸化炭素排出量：2.49kgCO ₂ /L *4
出典： *1：北海道立北方建築総合研究所「次世代北方型住宅の除雪に配慮した配置計画に関する研究」2007.03 *2：理科年表 *3：日本ロジスティックシステム協会による満載時の実測値 *4：環境省温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算出方法・排出係数一覧	

表 3-6 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

車道の除雪EとCO ₂ 排出量	1) 車道上の除雪量	S_t	m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	$0.3939 \times S_t$	t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	$\text{ceil}(0.3939 \times S_t/10)$	台/日
	4) 運搬排雪トラック（10t）の移動距離	$\text{ceil}(0.3939 \times S_t/10) \times D$	km/日
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	$\text{ceil}(0.3939 \times S_t/10) \times D/2.5$	L/日
	6) 運搬排雪に必要なエネルギー量	$\text{ceil}(0.3939 \times S_t/10) \times D/2.5 \times 0.0377$	GJ/日
	7) 運搬排雪による二酸化炭素排出量	$\text{ceil}(0.3939 \times S_t/10) \times D/2.5 \times 2.58$	tCO ₂ /日
歩道・OSの除雪EとCO ₂ 排出量	8) 歩道・OS上の除雪量	S_m	m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	$0.3939 \times S_m$	t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	$0.3939 \times S_m \times 0.333$	GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	$0.3939 \times S_m \times 0.333/0.2$	GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	$0.3939 \times S_m \times 0.333/(0.2 \times 0.0367)$	L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	$0.3939 \times S_m \times 0.333 \times 2.49/(0.2 \times 0.0367)$	tCO ₂ /日

3.6 街区消費エネルギーの算定方法

近年、建築物の省エネルギー化に向けた法制度の整備が進んでいる。平成25年、28年には建築物省エネ法の改正により建築物消費エネルギー性能基準が示され、2,000㎡以上の非住宅大規模建築物に適合義務を課す方針となっている。したがって本研究では、街区内建物の消費エネルギー量を、建物ごとの平成28年省エネルギー基準における基準一次エネルギー消費量（以下、建物基準E）から把握する。建物基準Eの算出は、エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）Ver.2.1³⁻³⁷⁾を使用し、標準入力法により行うものとした。

建物基準Eは①空調設備②換気設備③照明設備④給湯設備⑤昇降機⑥その他の6項目で算出され、①～④、⑥は対象室の建物用途と室用途、床面積によって規定される³⁻³⁸⁾。

各室用途及び室床面積は、一次エネルギー消費量算定プログラム解説³⁻³⁹⁾に用いられているモデル建物（以下、モデル建物）を基準とし、モデル建物の事務室以外の諸室を、X）延床面積を基準とする諸室、Y）階面積を基準とする諸室、Z）その他の諸室、の3つに分類して表3-7のように設定した。各諸室の「室用途」はモデル建物と同様としている。そして、X）～Z）で設定した諸室以外の部分の室用途を、物販店舗等の階では「大型店売場」、事務所等の階では「事務室」とした。

⑤昇降機は、モデル建物と同様に、積載重量（1150kg）、定格速度（120m/min）、輸送能力係数（1.6）、速度制御方式（VVVF（電力回生あり、ギアレス））を設定した。台数は、文献³⁻⁴⁰⁾より、事務室と大型店売場の合計床面積に対して、2000㎡につき1台として算定した。非常用昇降機は、全ての対象建物で必要となるが、31mを超える部分の階の床面積が1,500㎡を超える建物はないとし、1台とした。その他の設定はモデル建物と同様とし、積載重量（1150kg）、定格速度（105m/min）、輸送能力係数（1.0）、速度制御方式（VVVF（電力回生あり、ギアレス））を設定した。

以上より、算出された街区内の建物基準Eを基に、冬季1日に相当する街区内の建物基準Eの合計、街区消費エネルギー（以下、街区消費E）を算出した。文献³⁻⁴¹⁾より札幌市における事務所建物の月間1次エネルギー消費原単位は表3-8の通りであり、冬季（12月～1月、90日間）の1次エネルギー消費量原単位は、年間の29.6%にあたる。原単位の割合を用いて冬季の合計建物基準E、冬季1日あたりの街区消費Eを算出する。

3-37) 国立研究開発法人建築研究所：エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）Ver.2.1.1, 2016.5（オンライン）, <http://building.app.lowenergy.jp/>（入手2016-07-20）

3-38) 国立研究開発法人建築研究所：基準一次エネルギー消費量の算定根拠, 2014.06.2（オンライン）, <http://www.kenken.go.jp/becc/building.html>（入手2016-07-20）

3-39) 国立研究開発法人建築研究所、独立行政法人建築研究所：平成25年省エネルギー基準（平成25年1月公布）等関係技術資料—一次エネルギー消費量算定プログラム解説（非住宅建築物編）—, 国土技術政策総合研究所資料（762）, 2013.11

3-40) 「オフィスブック」制作グループ：オフィスブック 彰国社 2011

3-41) 羽山広文ほか：札幌市における業務用建物のエネルギー消費実態調査：建築のエネルギー消費調査研究委員会報告、日本建築学会北海道支部研究報告集 Vol.75, pp339-346, 2002.6

表 3-7 街区内建物の室用途と室床面積の設定

X) 延床面積を基準とする諸室	延床面積に対する割合 (%)	Y) 階床面積を基準とする諸室	階床面積に対する割合 (%)
清掃員控室	0.22	廊下	9.84
書庫	0.21	各階機械室	5.29
更衣室	0.12	DS	0.60
受水槽室	0.91	PS	0.76
機械室 (B2F)	1.96	EPS	0.68
非常用発電機室	0.70	アラーム弁室	0.21
電気室	0.80	男子便所	1.80
MDF 室	0.22	女子便所	1.80
地下倉庫	0.71	多目的便所	0.44
便所 (B2F)	0.08	湯沸コーナー	0.78
シャワー室	0.08	倉庫	0.73
消火ポンプ室	0.15		
中央監視室	0.85		
Z) その他の諸室	設定条件		
エントランスホール (1F)	1 階床面積の 22.40%		
警備員室	1 階床面積の 1.98%		
階段室	22.4 m ² を各階 2 か所		
EV ホール	上層部階床面積の 4.16%		
非常用 EV 乗降ロビー	11.2 m ²		
非常用 EV 機械室	28.8 m ²		
EV 機械室	16 m ² × EV 台数		

表 3-8 札幌市の事務所建物月別 1 次エネルギー消費量原単位

4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
131	107	132	160	171	143	115	135	172	183	177	169

(MJ/m²・月)

3.7 第 3 章のまとめ

第 3 章では、北方型スマート街区検討に向けて、デザインプロセスの構成と、分析評価手法として①風雪シミュレーションの方法、②風シミュレーションの方法、③除雪エネルギーの分析手法、④街区消費エネルギーの算定方法について明かにした。以降の章では、本章で示したデザインプロセスの構成と分析評価手法に基づき、北方型スマート街区のモデル検討を行う。

4. 北方型スマート街区の都心再開発モデルの開発

4.1 研究の背景と目的

4.2 研究の方法

4.3 開発方針デザインの開発

4.3.1 対象街区の概要

4.3.2 現況の街区空間形態に対する風雪環境評価

4.3.3 開発方針デザインの検討モデル

4.3.4 開発方針デザインの風雪環境評価

4.3.5 開発方針デザインの除雪エネルギーの分析

4.3.6 開発方針デザインの街区消費エネルギーの分析

4.3.7 開発方針デザイン検討のまとめ

4.4 形態ボリュームデザインの開発

4.4.1 対象街区の概要

4.4.2 形態ボリュームデザインの検討モデル

4.4.3 形態ボリュームデザインの風雪環境評価

4.4.4 形態ボリュームデザインの除雪エネルギーの分析

4.4.5 形態ボリュームデザイン検討のまとめ

4.5 第4章のまとめ

4.5.1 都心再開発モデルのデザインガイドライン

4.5.2 都心再開発モデルのデザインプロセス

4. 1 研究の背景と目的

4章では、2章で明らかにした街区タイポロジーのうち、「高容積高層街区」の街区空間形態に焦点を当て、風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーを低減する北方型スマート街区の都心再開発モデルについて、そのデザインガイドラインとデザインプロセスを明らかにすることを目的とする。

近年、大都市都心部では、都市人口の増加や都市の集約化に伴い、都心の高度利用が求められており、高層高容積建築へ更新する地区が増加している。高層で高容積の建築は、その大きなボリュームのために、周辺の屋外環境への影響が大きい。また、高層高容積建築へ更新する多くのプロジェクトでは、都心部でも核となる主要なエリアで計画されることが多く、屋外の都市活動の促進を期待して、広場等の屋外公共空間が同時に計画される。したがって、積雪寒冷都市の都心部では、雪の影響に配慮し、建築形態と屋外公共空間を一体的にデザインする北方型スマート街区のデザイン手法が特に求められる。

4. 2 研究の方法

4章の構成と都心再開発モデルの検討プロセスを図4-1に示す。

4.3章では、街区の開発方針デザインについて検討を行う。まず、現況の街区空間形態に対して環境・エネルギー評価を行い、対象街区における風雪環境の課題を明らかにする。次に、想定される街区の開発方針に則った2つの開発方針モデルを計画し、それらに対して環境・エネルギー評価を行う。以上より、開発方針モデルの街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギー量の関係を明らかにする。また、除雪エネルギーの分析では、札幌都心部で最も容積率が大きいモデルであり、街区内建物の消費エネルギーも最も大きいと考えられる本モデルにおいて、除雪に要するエネルギー量（以下、除雪エネルギー量）と街区内建物の消費エネルギーを比較し、街区全体のエネルギー消費に対する除雪エネルギー量の低減効果を明らかにする。

4.4章では、4.3章で明らかになった最も風雪の影響を低減する開発方針に基づき、形態ボリュームデザインの検討を行う。まず、現在の札幌都心分都における高層高容積街区の空間形態を分析し、その特徴を明らかにする。次に、明示した特徴に基づく4つの検討モデルを計画し、それらに対して環境・エネルギー評価を行う。以上より、形態ボリュームモデルの街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギーの関係を明らかにする。

4.5章では、4.3章および4.4章の結果とその検討プロセスを

統合して、都心再開発モデルのデザインプロセスとして整理し、そのプロセスの特徴を明示する。

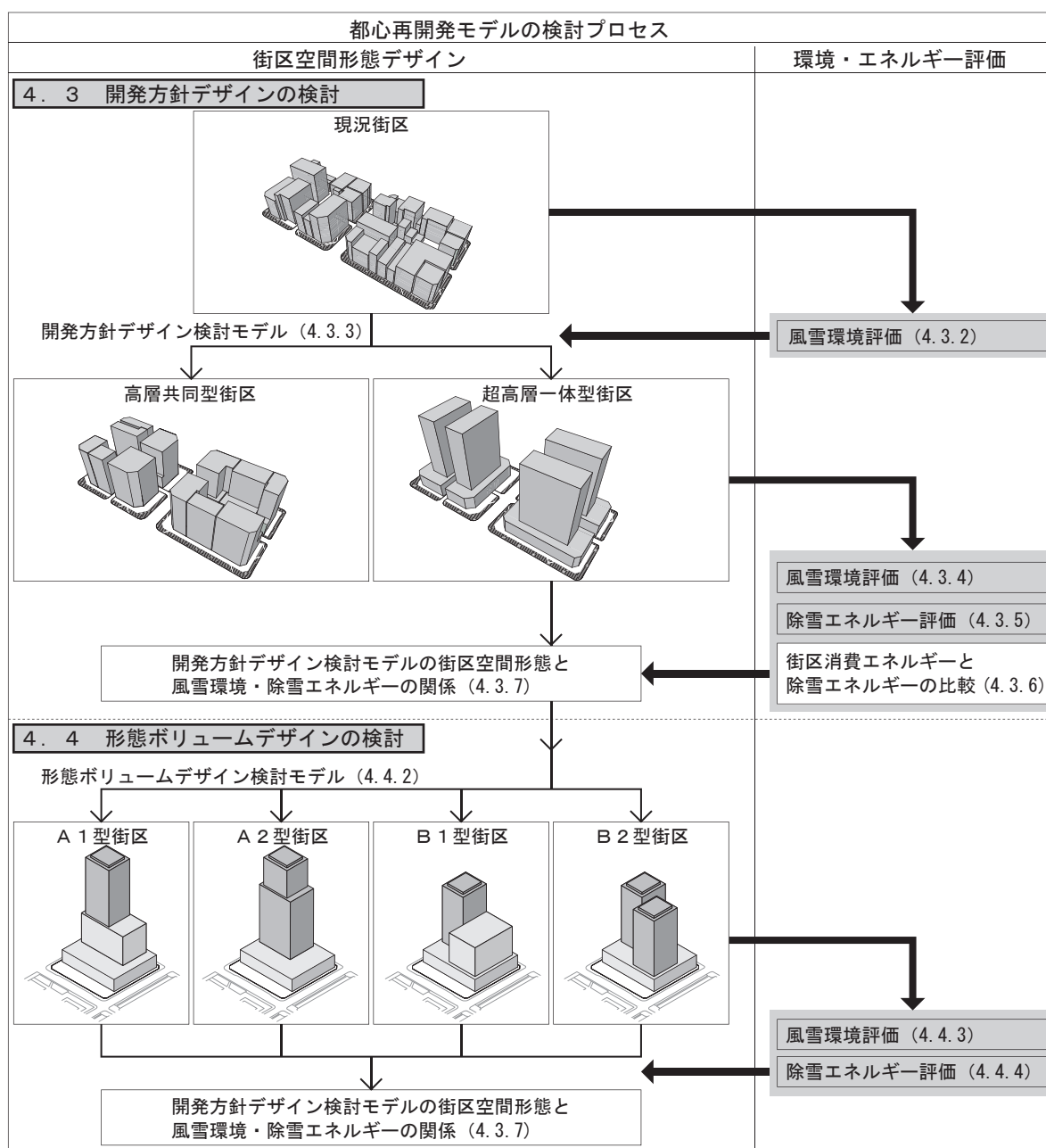


図 4-1 都心再開発街区モデルの検討プロセス

4.3 開発方針デザインの開発

4.3.1 対象街区の概要

4.3章では、高容積高層街区において、開発方針の異なる街区空間形態の影響を検討するため、対象街区として、札幌都心部の北3西4街区と北2西4街区を選定した（図4-2）。対象街区の土地利用区分は商業地域で、指定容積率は800%、建蔽率は80%である。対象街区西側は、札幌駅前通りの賑わい創出のために地区計画が設定され、容積率の緩和等が規定されている（表4-1）。札幌駅前通りと北3条通りは、さっぽろ都心まちづくり戦略の主要な骨格軸にあたり、対象街区は、都心の賑わいを創出する拠点として開発が見込まれる街区である。また対象街区西隣の2街区は、都市再生特別地区に指定され、一体的な再開発が行われており、対象街区は同様に開発される可能性もある。対象街区の現況の空間形態を図4-3に示す。

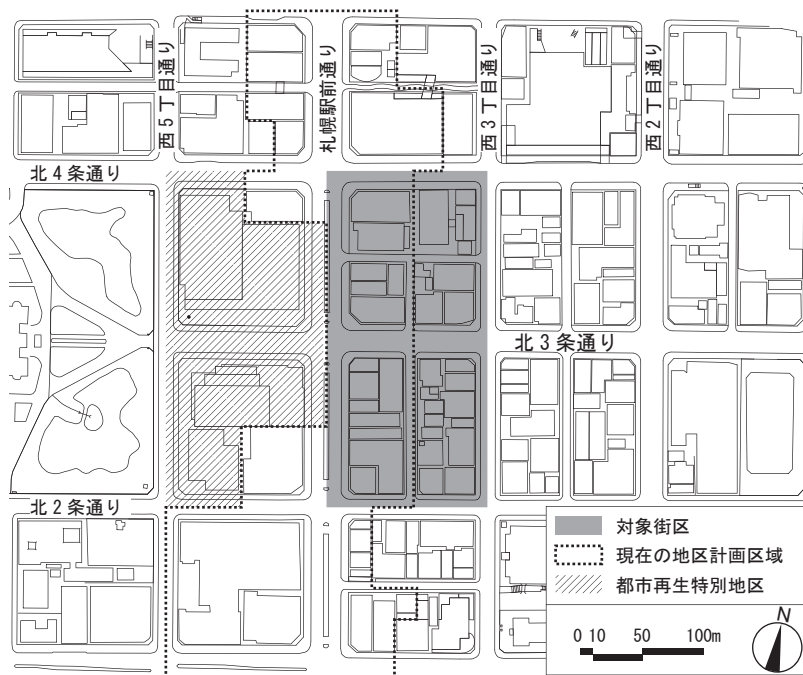


図4-2 開発方針デザイン検討の対象街区

表4-1 現状の地区計画の概要

容積率緩和：	敷地面積 200m ² 以下	： +100%
	200m ² を超え 300m ² 以下	： +200%
	300m ² を超える	： +250%
容積率緩和条件：	・札幌駅前通りから 2m 以上の壁面後退	
	・上記を除く幅員 10m 以上の道路から 0.5m 以上壁面後退	
	・幅員 10m 未満の道路は 1m の壁面後退	
	・札幌駅前通り沿道建物は地下 2 階で地下歩行空間と接続	
高さ規制：	最高高さ 60m	

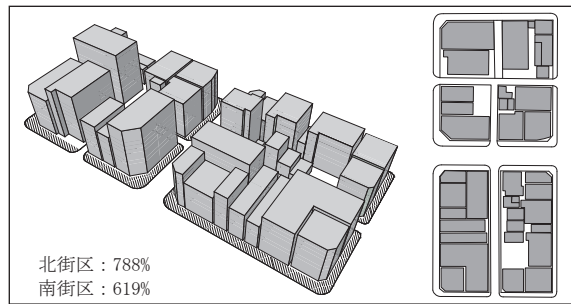


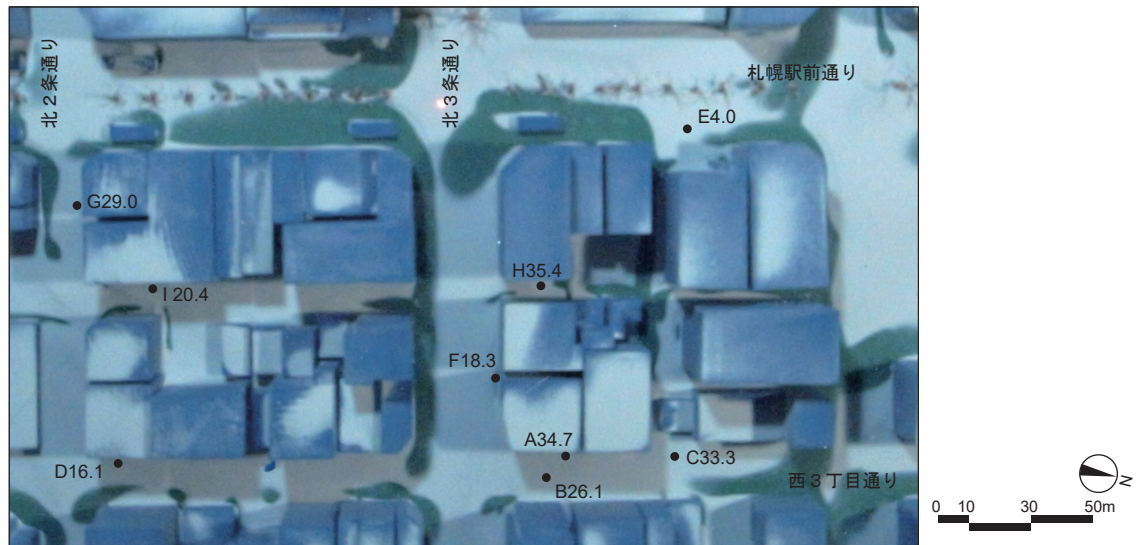
図 4-3 対象街区における現況の街区空間形態

4.3.2 現況の街区空間形態に対する風雪環境評価

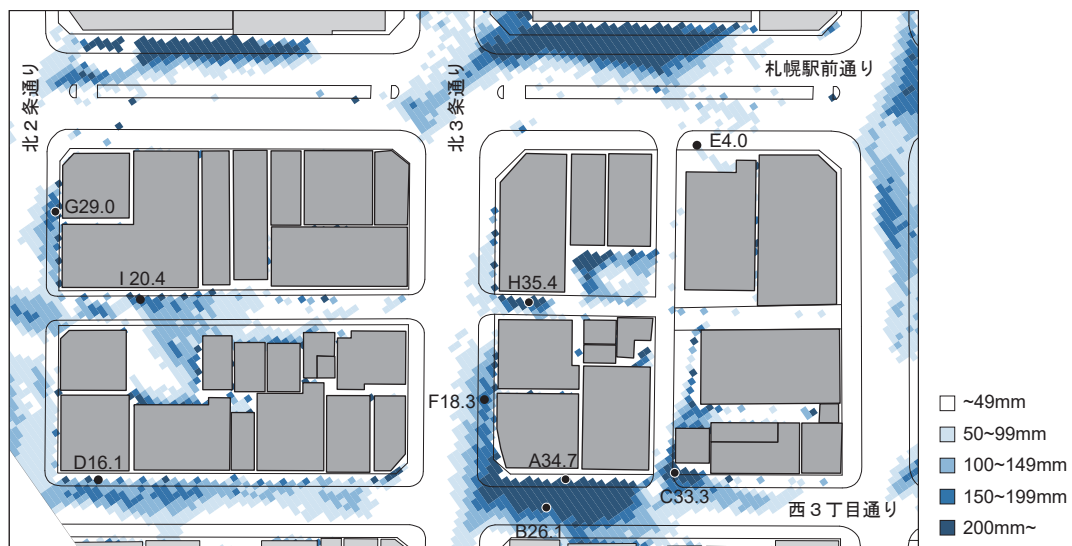
現況の街区空間形態に対する風雪シミュレーションの結果を図 4-4 に示す。風下側の街路である西 3 丁目通りに、多くの雪の吹きだまりが見られる。北街区歩道上の A 点で 34.7cm、車道上 B 点で 26.1cm 積雪しており、自動車の交通や歩行の大きな障害となり得る。また北街区の中通りとの交差点付近 C 点でも 33.3cm の積雪が見られ、交通障害となる可能性がある。南街区周辺は、北街区と比べて小さな吹きだまりが多数あり、歩道上の D 点では 16.1cm の積雪が見られる。一方、札幌駅前通りでは積雪がほぼ無く、多くとも E 点で 4.0cm である。北 3 条通りでは、歩道上 F 点で 18.3cm の積雪が見られ、歩行障害の基準に近い値となる。北 4 条通りでは、大きな吹きだまりは無いが、局所的に G 点 29.0cm の吹きだまりが見られる。街区の中通りでは、北街区 H 点で 35.4cm、南街区 I 点で 20.4cm の積雪があり、歩行や交通障害となり得る。

風速は全体的に弱い。歩行者が非常に寒いと感じる平均風速 3.0m/s 以上の寒風ポイントは無く、寒いと感じる平均風速 1.5m/s 以上 3.0m/s 未満の冷風ポイントは 10 ヶ所、寒く感じない平均風速 1.5m/s 未満の弱風ポイントは 57 ヶ所である。風速は最大 2.0m/s で風環境の顕著な悪化は見られない。

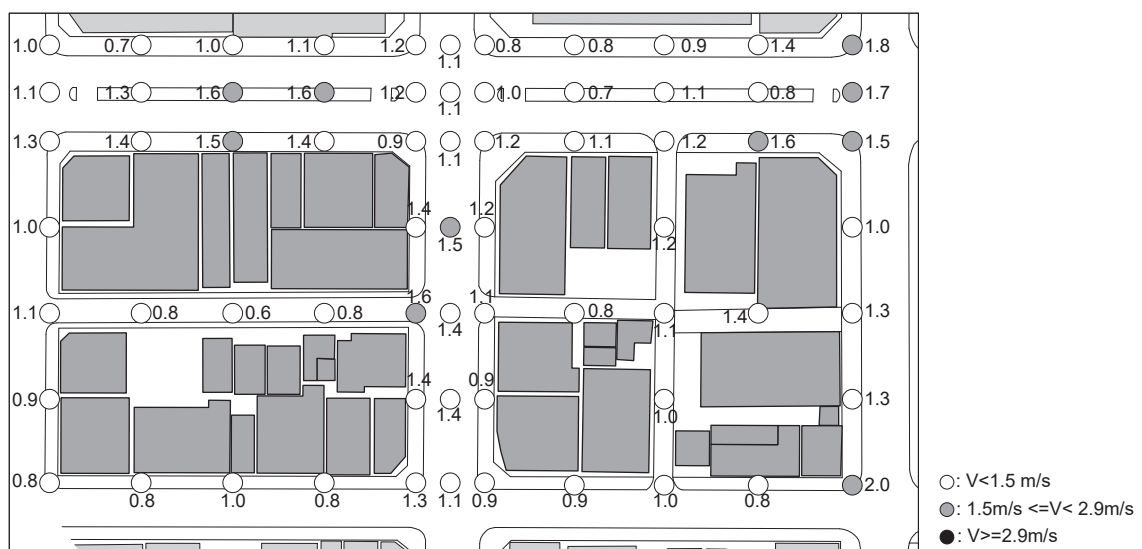
以上より現況街区では、風下側の西 3 丁目通りで雪の吹きだまりによる歩行や交通の障害が懸念され、北 3 条通り歩道上では歩行障害の基準値に近い雪の吹きだまりが見られる。札幌駅前通りでは、雪による問題は見られない。その他の場所では、小さな吹きだまりが複数見られ、これは建物形状が統一されず街区空間形態の壁面や高さに凹凸が多いので、風の乱れが頻繁に起きているためと考えられる。風は全体的に弱く顕著な問題はないことが明らかとなった。



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

図 4-4 現況の街区空間形態の風雪シミュレーション結果

4.3.3 開発方針デザインの検討モデル

街区の開発方針の違いと、屋外公共空間における風雪の影響を明らかにするため、検討すべき街区空間形態として、2つの異なる開発方針に基づいて建物更新を行った「高層共同型街区」「超高層一体型街区」の2つのモデルを計画した（図4-5）。

高層共同型街区は、現状の地区計画を参考に、隣接する敷地が統合し小規模な個別開発により建物が更新されることを想定したモデルである。建物高さの最高限度は、地区計画と同じ60mとしている。周囲の建物と同様に、統一されたスカイラインを形成するよう、高層部を街区外周街路に面するよう配置し、街区の中通りに低層部が面するよう配置した。

超高層一体型街区は、近隣街区の再開発で用いられている都市再生特別地区を参考に、街区の半分が統合され大規模な一体開発により建物が更新されることを想定したモデルである。建物高さの最高限度は都市再生特別地区と同じ100mとしている。一般的な超高層の再開発と同様に、歩行空間への圧迫感とビル風を軽減するため、低層の基壇部を設け、高層部を建物中央に配置している。

北3条通りは都心計画における重要な骨格軸であることから、高層共同型街区と超高層一体型街区に共通して、対象街区西側での再開発と同様に、10m壁面後退しOSを設ける計画とした。また、他の街区外周街路に対しても、現状の地区計画を参考に、共通して5mの壁面後退を設けた。街区空間形態の違いによる風雪への影響を明らかにするため、高層共同型街区と超高層一体型街区の街区全体の空間ボリュームは同様とし、街区容積率を、北街区は818%、南街区は824%と揃えて計画した。

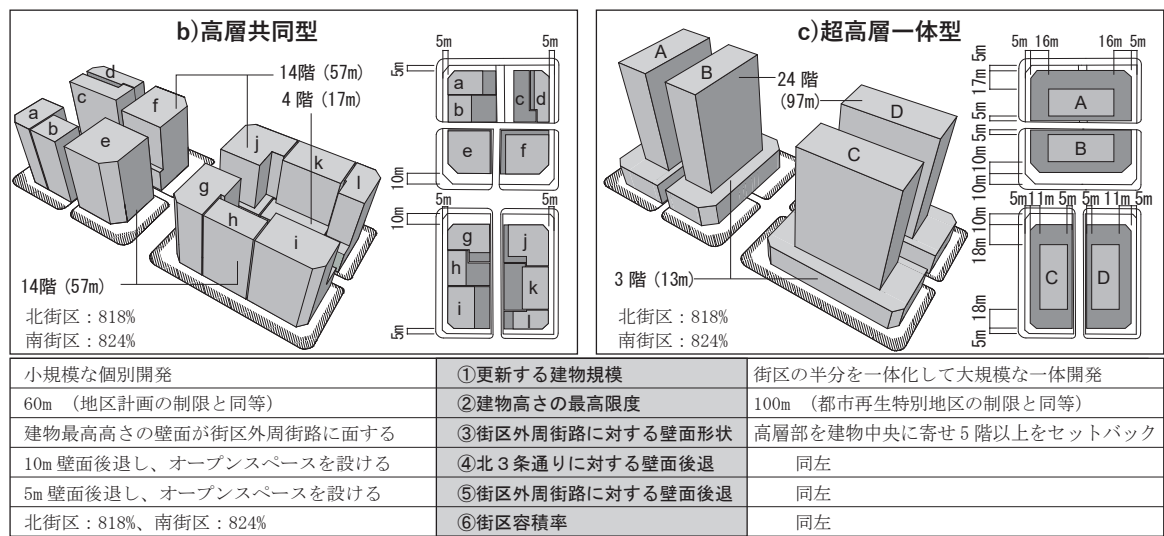


図4-5 開発方針デザインの検討モデル

4.3.4 開発方針デザインの風雪環境評価

1) 高層共同型街区の風雪シミュレーション結果

高層共同型街区の風雪シミュレーション結果を図4-6に示す。積雪状況は、西3丁目通りの交差点周辺に雪の吹きだまりが見られる。北街区歩道上A点で21.9cm、車道上B点で29.7cm、南街区車道上C点で21.9cmの積雪があり、いずれも歩行や自動車の交通障害となり得る。現況街区と比較して、北街区周辺の雪の吹きだまりは減少した。南街区周辺の歩道では、積雪範囲は減少するが、北2条通りとの交差点付近の吹きだまりは増加した。札幌駅前通りでは、ほぼ積雪がない(E点0.0cm)。北3条通りでは、北街区OSのD点で21.8cmの積雪があるが、歩道上に大きな雪の吹きだまりはなく、南街区OSのF点では雪が吹き払われて全くない。北2条通りでは、西3丁目通りとの交差点付近の歩道上G点で24.7cmの雪の吹きだまりがあり、歩行障害となり得る。街区中通りでは、南街区H点で29.7cmの吹きだまりが見られた。

風速は全体的に弱く、寒風ポイントは無く、冷風ポイントは25ヶ所、弱風ポイントは48ヶ所である。現況街区と比べると風速は上昇し、西3丁目通り北街区歩道上で最大+0.6m/s、札幌駅前通り東側歩道上で最大+0.4m/s、北3条通り歩道上で最大+0.4m/s上昇するが、風による顕著な歩行環境の悪化は見られない。

以上より高層共同型街区では、西3丁目通りで、北街区歩道上や北2条通りとの交差点で雪の吹きだまりが見られ、歩行や交通の障害となり得るが、現況街区に比べてその範囲は減少する。南街区では、西3丁目通り歩道上の積雪は現況街区に比べ低減するが、北2条通りとの交差点付近で雪の吹きだまりが増加する。これは、街区外周街路に面する建物の壁面や高さが統一されて風の乱れが減少し、雪が風下側に流れやすくなったため、卓越風に対して建物の影となる箇所にも雪が吹きだまったためと考えられる。また、街路に面する建物高さが高くなり、高層部から地上へと吹き降ろす風が増加して歩道上の雪を吹き払い、その雪が街区風下側に集められたことも影響したと考えられる。一方で、風による歩行環境の顕著な悪化は見られないことが明らかとなった。

2) 超高層一体型街区の風雪シミュレーション結果

超高層一体型街区の風雪シミュレーション結果を図4-7に示す。積雪状況を見ると、西3丁目通り北街区歩道上A点で17.3cmの雪の吹きだまりが見られるが、現況街区に比べてその大きさは非常に小さい。西3丁目通りと北2条通りの交差点に大きな雪の吹きだまりが見られ、歩道上B点で31.0cmあり、歩行障害となり得る。札幌駅

前通りではほぼ積雪がなく、多くともC点 11.0cm である。北3条通りでは、局所的に北街区OSのD点で 24.5cm の積雪があるが、歩道上の積雪は少なく、南街区OSには全くない (E点 0.0cm)。北4条通り車道上F点で 25.2cm の積雪があり、交通障害となり得る。北2条通りでは歩道上G点で 36.0cm、車道上H点で 35.3cm の積雪があり、歩行と交通の障害となり得る。街区中通りでは、北街区I点で 25.2cm、南街区J点で 21.0cm の積雪があるが、その範囲は小さい。

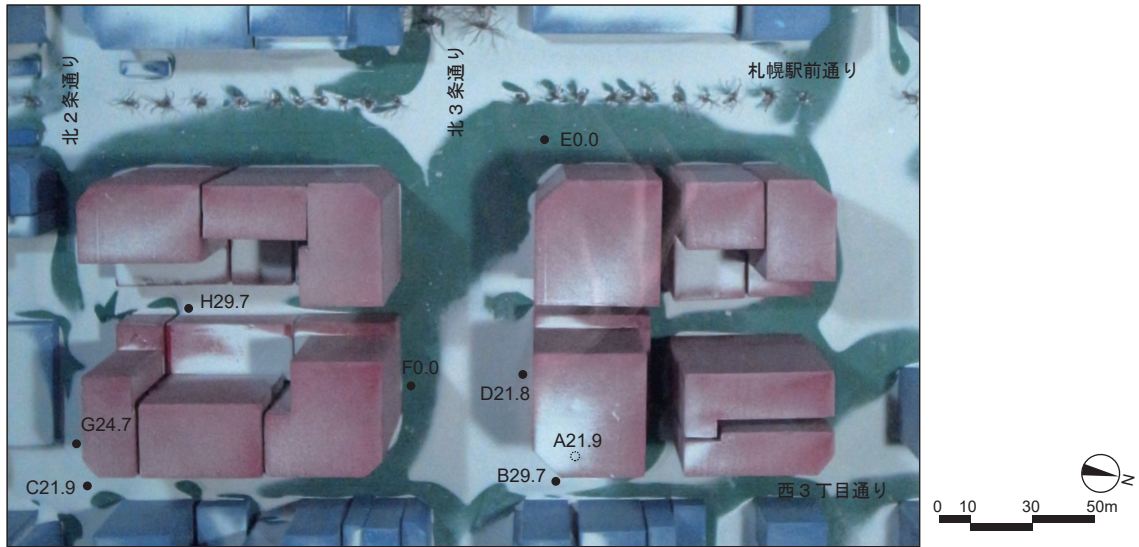
街区全体の風は、他の街区空間形態に比べて強いが全体的には弱く、寒風ポイントは無く、冷風ポイントは 43 ヶ所、弱風ポイントは 28 ヶ所である。現況街区と比較して、西3丁目通り歩道上で最大 +1.5m/s、札幌駅前通り東側歩道上では最大 +0.4m/s、北3条通り歩道上では最大 +0.9m/s の上昇が見られる。これは、街区中央の高層部に当たった卓越風が吹き降ろすためと考えられる。

以上より超高層一体型では、全体的に雪の吹きだまりが少なく、局所的に見られる西3丁目通りと北2条通りとの交差点付近での雪の吹きだまりは、交通や歩行の障害となり得る。これは建物が高層化したため、高層部に当たり地上へと吹き降ろす風が増加し、歩道上の雪の吹き払い、その雪が卓越風に対して影となる街区風下側に集められたためと考えられる。また、高層部より吹き降ろす雪の一部が低層部屋根面に積雪し、歩道上の積雪を低減したことも影響したと考えられる。高層部から吹き降ろす風により、歩道上での風速は上昇し、特に風下側の西3丁目通りで大きく上昇するが、顕著な風環境の悪化は見られない。

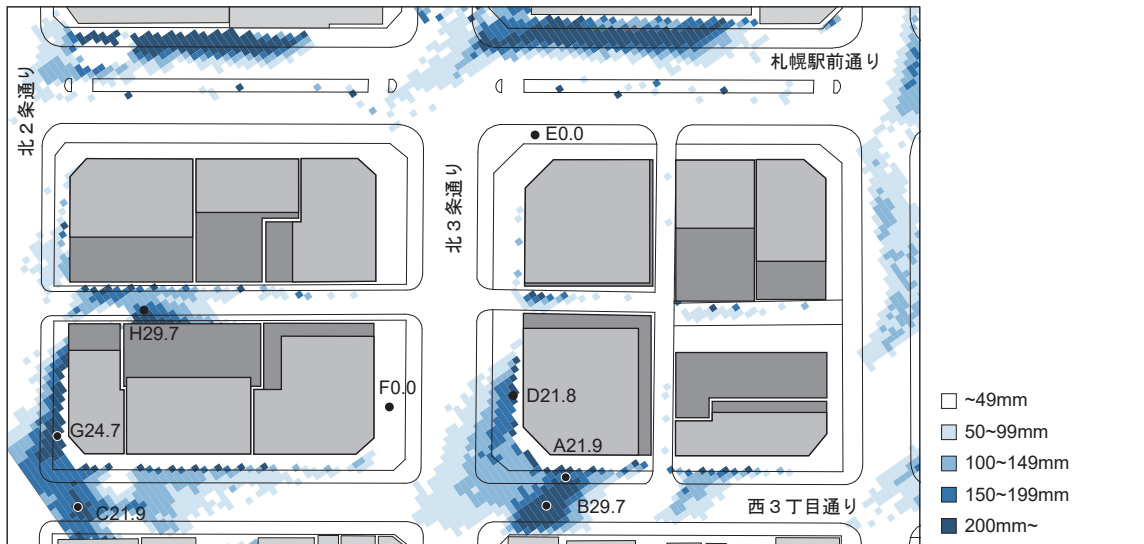
3) 風雪環境に関する現況と2つの検討モデルの比較

以上の風雪環境の分析より、以下4点が明らかとなった。

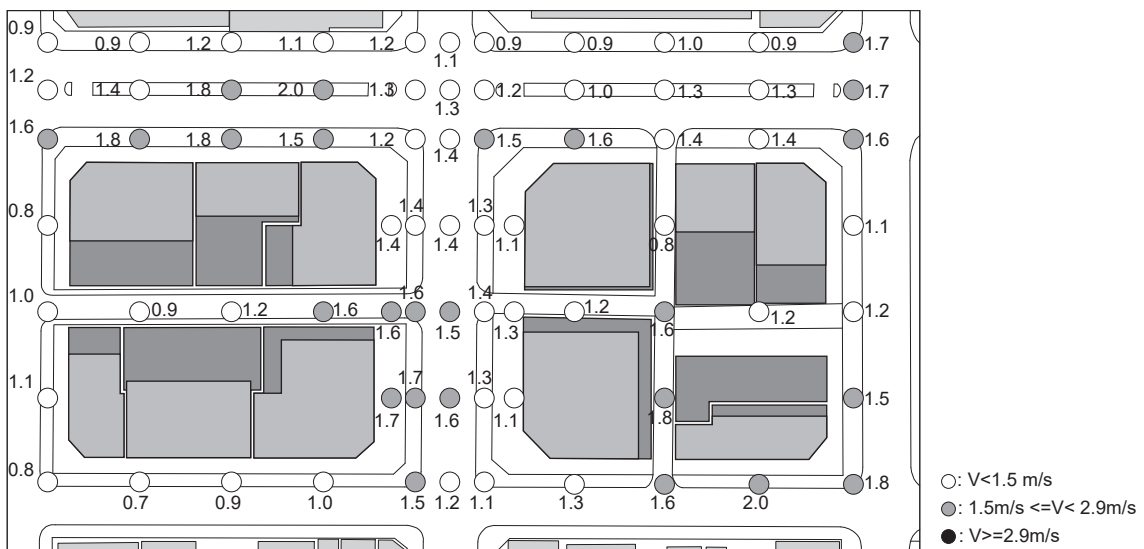
- (a) 現況街区と比較して、容積率を増加し高層建物に更新した街区空間形態（高層共同型街区、超高層一体型街区）は、地上部の風速を上昇させるが、風による歩行環境の顕著な悪化は見られない一方、屋外公共空間の積雪状況により大きな影響を与える。
- (b) 高層共同型街区と超高層一体型街区は、現況街区に比べ、地上部の風速を増加させ、雪の吹きだまりの範囲を縮小し、雪の吹き払いの範囲を増加する。一方、卓越風に対して建物の影となる風下側隅角部（西3丁目通りの北3条通りとの交差点や北2条通りとの交差点付近）に吹きだまりを形成する傾向がある。これは、建物の高層化により地上に吹き降ろす風が増加し、雪を吹き払ったことに加え、建物高さや壁面を統一して街区空間形態の凹凸が減少し、風の乱れが抑制されたためと考えられる。
- (c) 高層共同型街区と超高層一体型街区は共に、通り沿いに設けた



a) 風雪シミュレーション結果

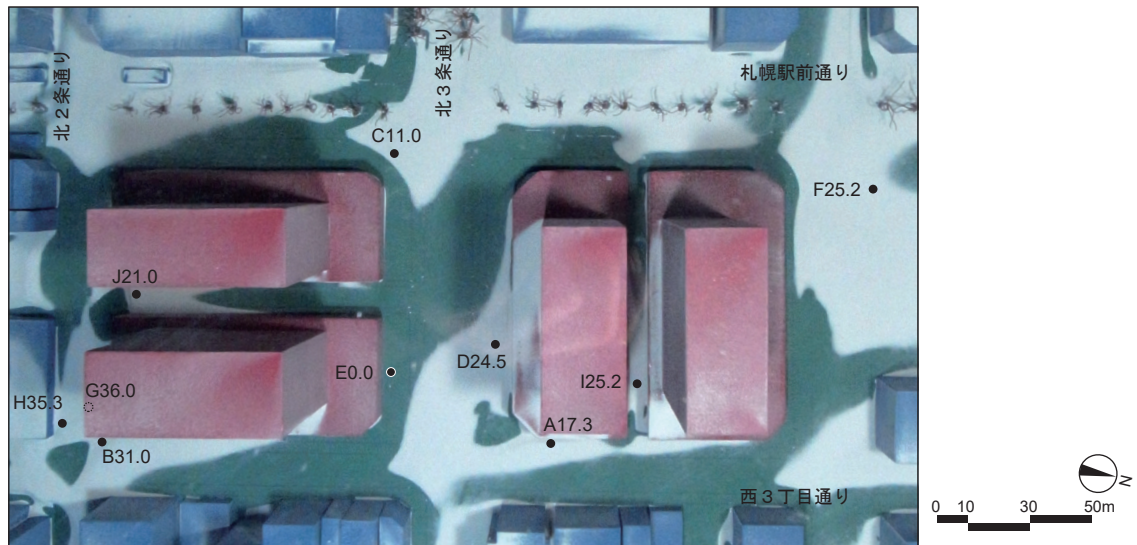


b) 対象街区周辺の積雪

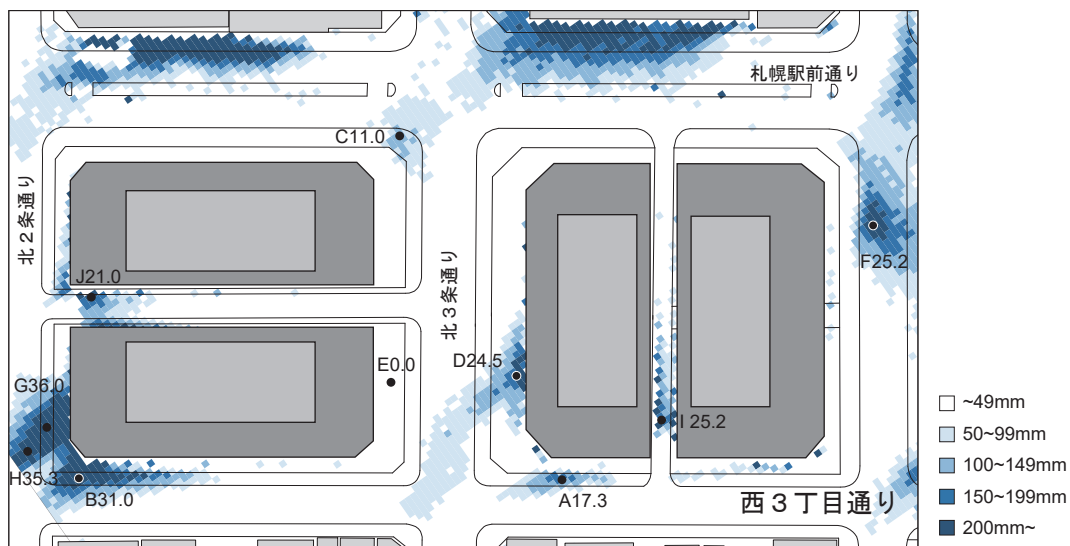


c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

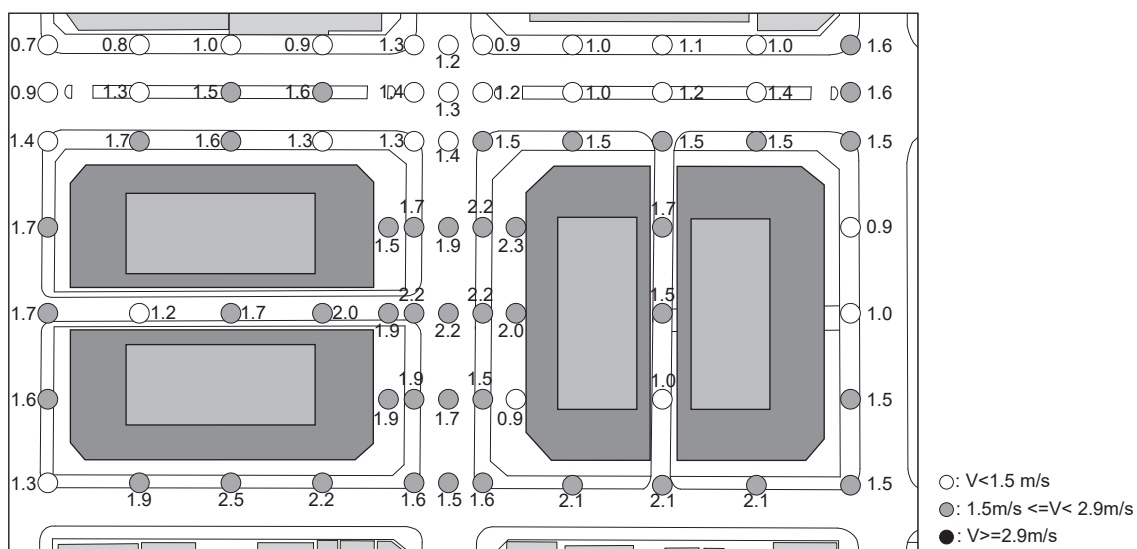
図 4-6 高層共同型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ(m/s)

図 4-7 超高層一体型街区の風雪シミュレーション結果

OSに雪の吹きだまりが誘導されたため、現況街区に比べて、北3条通り歩道上の雪の吹きだまりを減少する。

(d) 高層共同型街区に比べて、超高層一体型街区の方がより雪の吹きだまりを減少させる。これは建物がより高層化したため、高層部から吹き降ろす風がより増加し、雪の吹き払いが増えたこと、中高層部をセットバックしたことで、低層部屋根面に積雪し、歩道上の積雪が減少したためと考えられる。

4.3.5 開発方針デザインの除雪エネルギーの分析

風雪シミュレーションの結果を用いて、公共空間の積雪量と除雪量（表4-2）、及び各検討モデルにおける必要除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量を算出した（表4-3）。

除雪エネルギー量は、現況街区で 276.1 GJ/日、高層共同型街区で 175.3 GJ/日、超高層一体型街区で 140.8 GJ/日。除雪CO₂は、現況街区で 18.7 tCO₂/日、高層共同型街区で 11.9 tCO₂/日、超高層一体型街区で 9.6 tCO₂/日となった。また、除雪エネルギーのうち、街区内建物ごとにエネルギーを負担すると考えられる歩道・OSの除雪エネルギーは、現況街区で 274.6 GJ/日、高層共同型街区で 174.3 GJ/日、超高層一体型街区で 140.0 GJ/日であった。以上より、現況街区に対して、高層共同型街区は 37%、超高層一体型街区は 49%

表 4-2 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量

検討モデル	現況街区	高層共同型街区	超高層一体型街区
公共空間（車道、歩道、OS）での積雪総量	1,057.7 m ³ /日	747.7 m ³ /日	748.8 m ³ /日
公共空間（車道、歩道、OS）での除雪総量	659.3 m ³ /日	425.2 m ³ /日	336.8 m ³ /日
車道上の除雪量	240.6 m ³ /日	159.4 m ³ /日	123.3 m ³ /日
車道上の除雪量の割合	36.5 %	37.5 %	36.6 %
歩道・OS上の除雪量	418.7 m ³ /日	265.8 m ³ /日	213.5 m ³ /日
歩道・OS上の除雪量の割合	63.5 %	62.5 %	63.4 %

表 4-3 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

検討モデル		現況街区		高層共同型街区		超高層一体型街区	
車道の 除雪E とCO ₂ 排 出量	1) 車道上の除雪量	240.6	m ³ /日	159.4	m ³ /日	123.3	m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	94.8	t/日	62.8	t/日	48.6	t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	9	台/日	6	台/日	5	台/日
	4) 運搬排雪トラック（10t）の移動距離	100.5	km/日	66.6	km/日	51.5	km/日
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	40.2	L/日	26.6	L/日	20.6	L/日
	6) 運搬排雪に必要なエネルギー量	1.5	GJ/日	1.0	GJ/日	0.8	GJ/日
	7) 運搬排雪による二酸化炭素排出量	0.1	tCO ₂ /日	0.1	tCO ₂ /日	0.1	tCO ₂ /日
歩道・ OSの 除雪E とCO ₂ 排 出量	8) 歩道・OS上の除雪量	418.7	m ³ /日	265.8	m ³ /日	213.5	m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	164.9	t/日	104.7	t/日	84.1	t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	54.9	GJ/日	34.9	GJ/日	28.0	GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	274.6	GJ/日	174.3	GJ/日	140.0	GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	7482.0	L/日	4749.5	L/日	3815.0	L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	18.6	tCO ₂ /日	11.8	tCO ₂ /日	9.5	tCO ₂ /日
	14) 除雪に必要なエネルギーの合計	276.1	GJ/日	175.3	GJ/日	140.8	GJ/日
15) 除雪による二酸化炭素排出量の合計	18.7	tCO ₂ /日	11.9	tCO ₂ /日	9.6	tCO ₂ /日	

の除雪Eを低減し、超高層一体型街区は、高層共同型街区に対して20%の除雪Eを低減することが明らかとなった。

4.3.6 開発方針デザインの街区消費エネルギーの分析

街区全体で消費するエネルギーに対する除雪エネルギーの影響を明らかにするため、街区内建物の消費エネルギーを把握し、街区消費エネルギーを分析する。

各検討モデルにおける街区内建物の階床面積と延床面積は、表4-4に示す通りである。まず、街区空間形態の各建物における階ごとの用途を設定した（表4-5）。周囲の建物用途構成を参考に、高層共同型街区の建物は、地階および低層階（地下1階～4階）を「物販店舗等」とし、上層階（5階～14階）を「事務所等」とした。超高層一体型街区と高層共同型街区の「事務所等」の延床面積は、同程度となるよう設定した。

表 4-4 街区内建物の面積構成

高層共同型	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
B2F-4F	928	1,081	747	727	1,597	1,729	1,102	1,022	1,495	1,476	1,681	666
5F-14F	672	522	747	593	1,517	1,409	942	543	940	1,243	943	532
延床面積	12,288	11,706	11,952	10,292	24,752	24,464	16,032	11,562	18,370	21,286	19,516	9,316
超高層一体型	A			B			C			D		
B2F-1F	4,419			3,761			3,798			4,011		
2F-3F	3,977			3,385			3,418			3,610		
4F-24F	1,360			1,360			1,360			1,360		
延床面積	49,771			46,613			46,790			47,813		
・高層共同型街区と超高層一体型街区の合計延床面積は揃えている。(単位:㎡)												
・超高層一体型街区の低層部(2〜3階)は、同様の再開発である対象街区西隣の建物を参考に、吹抜け(階床面積の10%)を設け、その面積を除いた値を階床面積としている。												

表 4-5 街区内建物の用途設定

	高層共同型	超高層一体型	
	建物 a～l	建物 A・B	建物 C・D
物販店舗等	B1F-4F	B1F-4F	B1F-5F
事務所等	5F-14F	5F-24F	6F-24F
事務所等床面積	106,030m ²	106,080m ²	

表 4-6 街区内建物の基準一次消費量

高層共同型	a	b	c	d	e	f
(GJ/ 年)	29,400.7	30,535.8	25,560.2	23,349.6	57,325.2	58,137.3
	g	f	i	j	k	l
	36,782.0	29,190.6	46,020.1	49,501.9	50,136.9	20,024.4
合計 (GJ/ 年)	455,964.7					
超高層一体型	A		B		C	D
(GJ/ 年)	122,288.4		111,418.6		115,278.9	119,057.0
合計 (GJ/ 年)	468,042.9					

表 4-7 街区内建物の消費エネルギーと除雪エネルギー

	単位	高層共同型	超高層一体型
合計建物基準E	GJ/年	455,964.7	468,042.9
冬季の合計建物基準E	GJ	135,128.3	138,707.8
冬季1日の合計建物基準E	GJ/年	1,501.4	1,541.2
街区消費E = (冬季1日の合計建物基準E + 除雪E)	GJ/日	1,675.7	1,681.2
街区消費Eに対する除雪Eの割合	%	10.4	8.3

建物基準Eを算出した結果を表4-6に、街区空間形態ごとの冬季1日あたりの街区消費エネルギー（以下、街区消費E）と、それに対する除雪E^{注4-1)}の割合を表4-7に示した。

街区内の建物基準Eの合計（以下、合計建物基準E）は、高層共同型街区で455,964.7 GJ/年、超高層一体型街区で468,042.9 GJ/年となる（表4-6）。冬季の合計建物基準Eは、高層共同型街区で135,128.3 GJ、超高層一体型街区で138,707.8 GJとなる。従って、冬季1日の合計建物消費Eは、高層共同型街区で1,501.4 GJ/日、超高層一体型街区で1,541.2 GJ/日となる。以上より、街区空間形態ごとの冬季1日に消費する街区消費Eは、高層共同型街区で1,675.7 GJ/日、超高層一体型街区で1,681.2 GJ/日である。街区消費Eに対する除雪Eの割合は、高層共同型街区で10.4%、超高層一体型街区で8.3%である。よって、高容積高層街区において、除雪Eは街区消費Eのおよそ1割に相当することが明らかとなった。また、合計建物基準Eは、高層共同型街区に比べ超高層一体型街区の方がわずかに大きい、これは建物1棟の床面積が大きく、管理・共用部等の占める割合が小さくなり、空調・照明エネルギー等をより消費する事務所・物販店舗等の面積が大きくなったためと考えられる。そして、除雪Eは超高層一体型街区の方が小さいことから、街区消費Eに対する除雪Eの割合は、高層共同型街区の方が大きくなったと考えられる。

上記で分析した街区Eに対する除雪Eの割合は、今後適合が義務化される建物基準Eに基づいた値であり、建築の省エネ技術が進むに従い、街区消費Eに対する街区内建物の消費エネルギーが占める割合は低減し、相対的に除雪Eの割合はより上昇する。すなわち、積雪寒冷都市において街区全体の省エネルギー化を考える上で、除雪Eは無視できない値であり、高層高容積街区での開発方針計画段階において、除雪E評価を組み込んだ街区消費Eと街区空間形態とを合わせた計画手法の重要性が明らかとなった。

注4-1) 街区消費エネルギーの分析に用いる除雪エネルギー量は、街区内建物の消費エネルギーとの関係を明らかにするため、4.3.5章で明らかにした除雪エネルギーのうち、建物毎の負担が想定される歩道・OSの除雪エネルギー量とした。

4.3.7 開発方針デザイン検討のまとめ

4.3章では、風雪シミュレーションを用いて、高容積高層街区における開発方針の異なる3つの街区空間形態（現況型街区、高層共同型街区、超高層一体型街区）に対して、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除雪に要するエネルギー量（以下、除雪E）と二酸化炭素排出量を算出し、街区消費エネルギー（以下、街区消費E）との比較を行った。その結果、積雪寒冷都市に望ましい高層高容積街区の

街区空間形態に関する 5 つの特徴（A 1 ～ A 5）と街区消費 E における除雪 E の位置づけ（B）を明らかにした（図 4-8）。

A）積雪寒冷都市に望ましい高層高密街区の街区空間形態

高層高密街区の街区空間形態である高層共同型街区、超高層一体型街区は、冬季の屋外公共空間において、いずれも顕著な風環境の悪化は見られない一方、積雪状況に大きな影響が見られる。従って、積雪寒冷都市では、風環境よりも積雪状況に大きな影響を与えるため、積雪環境の評価を計画に組み込むことが重要である。

A 1）高層共同型街区と超高層一体型街区は、現況街区に比べて、街区周囲の雪の吹き払いの範囲を増加させ、吹きだまりを低減する。これは、街区全体の空間コントロールを行い、壁面と建物高さを統一して街区空間形態の凹凸を抑えて、風の乱れを低減したためと考えられる。一方、街区風下側では卓越風に対して影になるため、吹き払われた雪が溜まり、吹きだまりが形成されやすい。

A 2）高層共同型街区と超高層一体型街区は、街区周囲の屋外公共空間の総積雪量も低減するため、除雪 E も低減する。

A 3）高層共同型街区と高層一体型街区は、街路に対して壁面位置を後退し、オープンスペースを設けたため、雪の吹きだまりをオープンスペース内に導き、歩道上の積雪を低減する。

A 4）超高層一体型街区は、高層一体型街区と比較して、より高層化して中高層部をセットバックしたことにより、高層部に当たり地上へ吹き降ろす風を増加させるため、歩道上の雪の吹き払いを増加し、低層部屋根面に積雪するため、地上の屋外公共空間の雪の吹きだまりをより低減する。

A 5）超高層一体型街区は、高層一体型街区と比較して、地上の積雪量を低減するため、除雪 E もより低減する。超高層一体型街区は、高層共同型街区に比べ 2 割程度の除雪 E を低減する。

B）街区消費 E における除雪 E の位置づけ：除雪 E は、冬季の街区消費 E のおよそ 1 割に相当し、その割合は建物の省エネルギー化が進むほどより増大する。除雪 E は街区空間形態の影響を受けることから、積雪寒冷都市におけるスマート街区の構築には、街区空間形態と除雪 E の検討をデザインプロセスに組み込むことが重要である。また、本研究では建物の消費エネルギーの大きい高層高容積の街区を対象に、街区 E と除雪 E の関係を議論したが、建物の消費エネルギーの小さいその他の街区（中層建築街区など）では、除雪 E の影響はより大きくなると考えられる。

モデル	開発方針	冬季の風雪環境評価 (4.3.2, 4.3.4)	除雪エネルギー評価 (4.3.5)	街区消費エネルギー分析 (4.3.6)	A 開発方針モデルの望ましい街区空間形態
現況街区	現況の建物形状を再現	(4.3.2) ●西3丁目通りに大きな雪の吹きだまりがある。 ●細かな雪の吹きだまりが複数見られる。	除雪E : 274.6 GJ/日		現況街区 VS 高層共同型街区 A1 現況街区に比べ、顕著な風環境の悪化はない。 ●積雪状況に大きな影響する。
高層共同型街区	個別開発 隣合う敷地を統一し、小規模に開発 建業高さ：高層 ●最高高さ60m ●最高高さの建物を街区外周に配置	(4.3.4) ●北街区西3丁目通りに吹きだまりがあるが、現況街区より小さい。 ●南街区西3丁目通りで、積雪範囲は減少するが、交差点付近で増加する。	除雪E : 174.3 GJ/日 ●現況街区に比べて少なく、37%低減する。 ●超高層一体型街区に比べ増加する。 ●いずれも、歩道上の積雪量が影響している。	建物基準E : 1,501.4 GJ/日 街区消費E : 1,675.7 GJ/日 除雪Eの割合 : 10.4 % ●建物基準Eは、超高層一体型街区に比べ、わずかに少ない。 ●街区消費Eはほぼ同程度で、除雪Eの割合は大きい。	高層共同型街区 VS 超高層一体型街区 A4 超高層一体型街区は、高層化と中高層部セットバックにより、歩道上の雪の吹き払いを増加。低層部屋根面に積雪し、地上の積雪を低減する。 A5 地上の積雪量を低減し、除雪Eを約2割低減。
超高層一体型街区	一体開発 街区半分の敷地を統合し一体開発 建業高さ：超高層 ●最高高さ100m ●最高高さの建物を街区中央に配置	(4.3.4) ●最も雪の吹きだまりを低減する。 ●街区風下側の西3丁目通りの交差点付近で、一部吹きだまりが見られる。	除雪E : 140.0 GJ/日 ●現況街区に比べて非常に少なく、48%低減する。 ●高層共同型街区に比べて、20%減少する。 ●これは歩道上の積雪の大幅な低減が影響している。	建物基準E : 1,541.2 GJ/日 街区消費E : 1,681.2 GJ/日 除雪Eの割合 : 8.3 % ●建物基準Eは、高層共同型街区より、若干多い。 ●街区消費Eはほぼ同程度で、除雪Eの割合は高層共同型街区よりわずかに多い。	A2 街区周囲の屋外公井空間の総積雪量も低減し、除雪Eも低減。 A3 吹きだまりをオーストリアに導き、歩道の積雪を低減。

B 除雪Eは、冬季の街区消費Eのおよそ1割に相当する。

街区の省エネルギー化において、除雪Eは無視できない道であり、除雪E評価を組み込んだ街区消費Eと街区空間形態の計画手法が重要。

街区消費Eにおける除雪Eの位置づけ

図 4-8 開発方針検討まとめ

4.4 形態ボリュームデザインの開発

4.3章では、都心再開発モデルの開発方針デザインについての検討を行い、開発方針デザインとして、超高層一体型街区は、雪の吹きだまりを低減し、街区の除雪エネルギー量を低減するため優位であることが明らかとなった。4.4章では、高容積高層街区の更新において、開発方針デザインが超高層一体型街区であった場合における街区内建築の形態ボリュームデザインについて検討を行う。

4.4.1 対象街区の概要

4.4章における形態ボリュームデザイン検討の対象街区を図4-9に示す。対象街区は札幌都心部でも商業・ビジネスの中心に位置しており、第2次都心まちづくり計画⁴⁻¹⁾においては、重要な5つの骨格軸のうち2つの骨格軸（はぐくみの軸、つながりの軸）の交点に位置するとともに、都心エリアに3ヶ所定められている「交流拠点」のひとつにあたり、札幌都心部の都市計画においても極めて重要な街区である。特に対象街区（大通西1丁目街区）、北1条西1丁目街区、大通東1丁目街区の3つの街区は、「創成1.1.1区」と呼ばれ、魅力的で活力ある都心まちづくりを先導する機能と空間の確保が求められており、北1条西1丁目街区は、近年既に大規模な再開発が実行され、対象街区でも再開発による整備が検討されている⁴⁻²⁾。

4-1) 札幌市：第2次都心まちづくり戦略, 2016.6 (オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/toshin2.html> (入手2017-11-07)

4-2) 札幌市：(仮称) 市民交流複合施設整備基本計画, 2013.5 (オンライン), http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/project/documents/kihonkeikaku_honpen.pdf (入手2017-11-07)

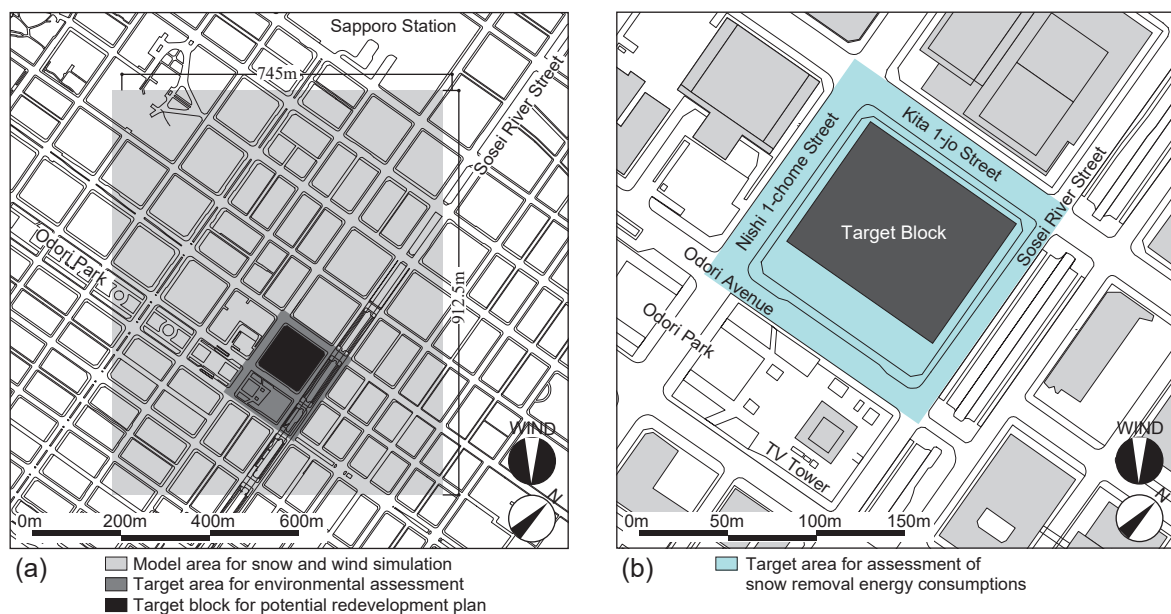


図 4-9 形態ボリュームデザイン検討の対象街区

4.4.2 形態ボリュームデザインの検討モデル

1) 札幌都心部の高層高容積街区の街区空間形態分析

都心再開発モデルの形態ボリュームデザイン検討モデルを計画するにあたり、現在の札幌都心部に存在する高層高容積街区の街区空間形態を分析した。3章において明らかにした高容積高層街区のうち建物高さ60m以上の建築を含む街区を図4-10に示す。まず、街区内の建物を建物高さ別に「60m超（高層）」「60m以下45m超（中層）」「45m以下（低層）」の3種類に分類した^{注4-2), 4-3)}。そして、対象7街区の街区空間形態を分析すると以下の3つの特徴が明らかとなった。

- ①すべての高層建築物および高層部には、低層建築物もしくは低層部（基壇部）が隣接して建てられている。
- ②建築高さ比率（街区内建物の平均高さに対する最高高さの比率）を見ると、2つのグループに分類できる（グループA：建築高さ比率2.0以上、グループB：建築高さ比率2.0未満）。
- ③対象7街区には、中層建築物もしくは中層部を含む街区（グループ1）と、含まない（グループ2）街区がある。

注4-2) 平成29年現在の建築基準法では、高さが60mを超える建築物は、時刻歴応答解析による構造計算が必須であり、高さ45mを超える建築物についても状況に応じて必要であるとしている⁶⁻³⁾。その他、高さ制限の条例等でも多く用いられることから、45m、60mを建築物の高さを分類する基準として用いた。

4-3) 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課：建築構造設計基準の資料平成27年版，2015.3（オンライン），<http://www.mlit.go.jp/common/000111676.pdf>

2) 形態ボリュームデザインの検討モデル

以上の3つの特徴より、札幌都心部における高層高容積街区の空間形態の特徴として、4つの傾向を導き出した（図4-11）。そして4つの傾向に対応した4つの形態ボリュームデザイン検討モデル（A1型街区、A2型街区、B1型街区、B2型街区）を計画した（図4-12）。4つの検討モデルの容積率は1000%で統一し、低層基壇部の形状は同様としている。

A1型街区：建築高さ比率が2.0以上あり、中層部のある検討モデル

A2型街区：建築高さ比率が2.0以上あり、中層部のない検討モデル

B1型街区：建築高さ比率が2.0未満で、中層部のある検討モデル

B2型街区：建築高さ比率が2.0未満で、中層部のない検討モデル

3) 形態ボリュームデザイン検討モデルの分析プロセス

4つの形態ボリュームデザイン検討モデルの分析プロセスを図4-13に示す。次章以降で行う風雪環境評価、除雪エネルギー分析のいずれにおいても、以下の5段階のプロセスに基づき検討モデルの評価を行う。

- ①グループAの共通点：A1型街区とA2型街区の比較分析。
- ②グループBの共通点：B1型街区とB2型街区の比較分析。

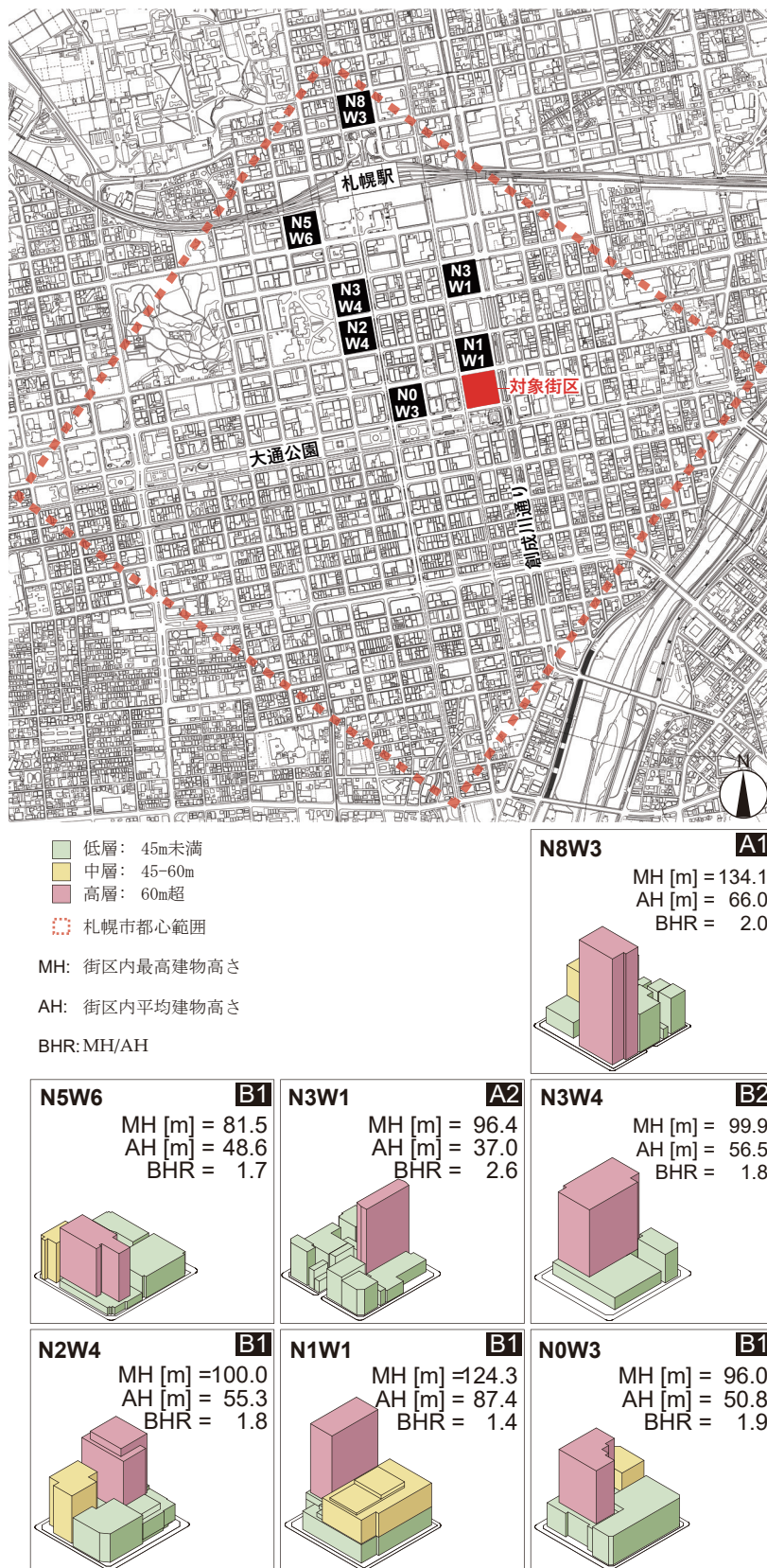


図 4-10 札幌都心部の高層高容積街区

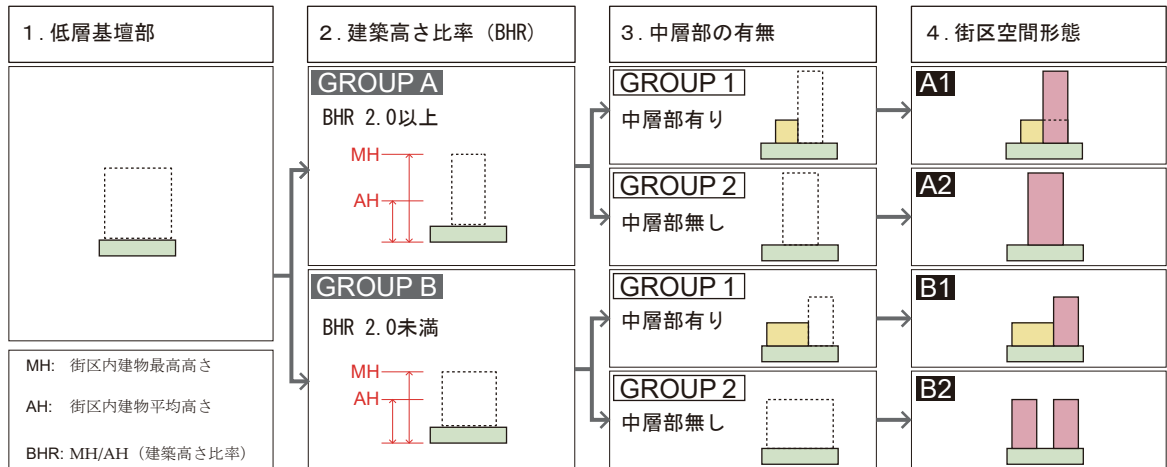


図 4-11 札幌都心部の高層高容積街区の街区空間形態分析

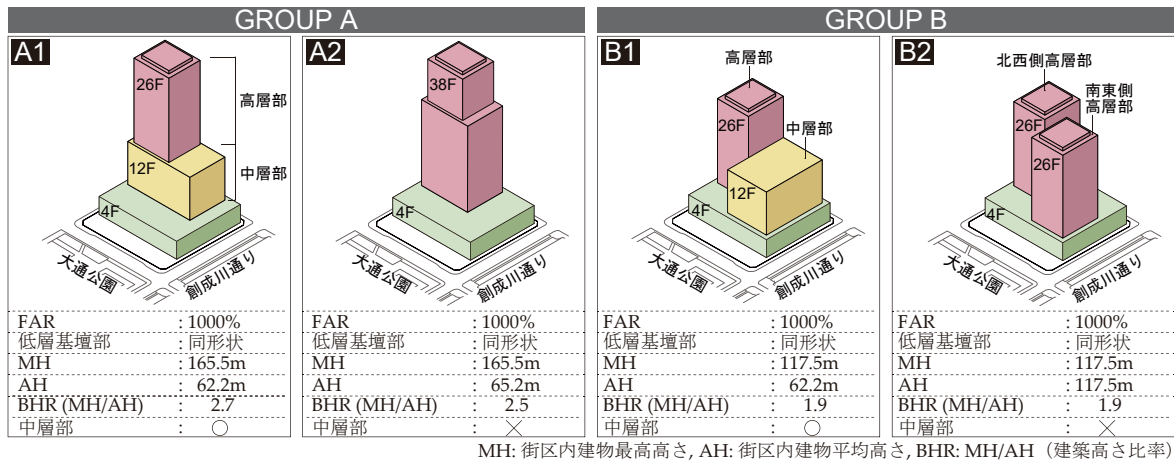


図 4-12 形態デザイン検討モデル

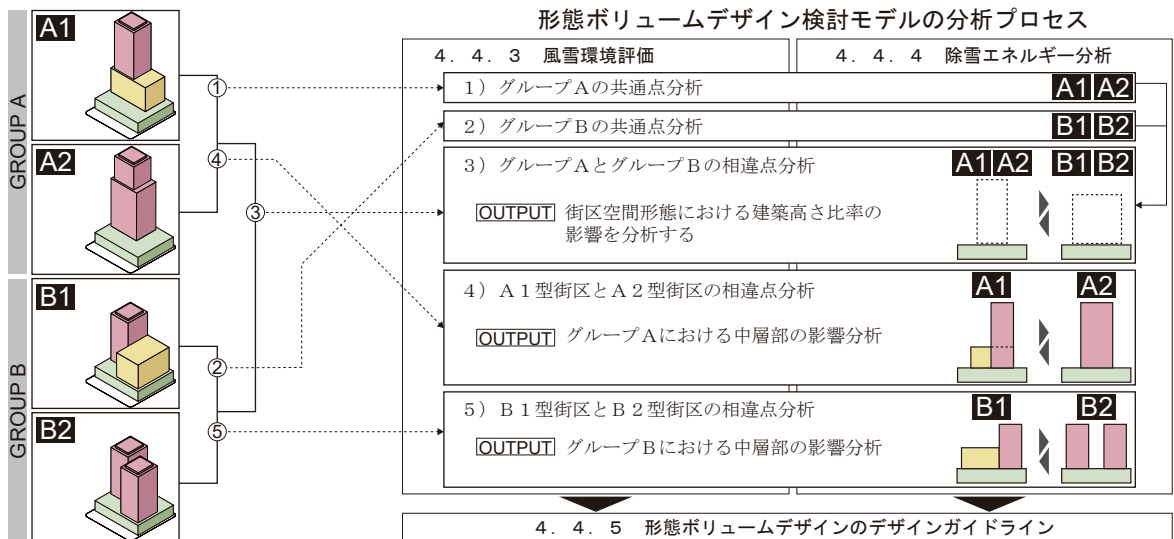


図 4-13 検討モデル分析プロセス

- ③グループAとBの相違点：上記①②に基づく、グループAとグループBの相違点の分析。街区空間形態における建築高さ比率の影響を分析する。
- ④A 1 型街区とA 2 型街区の相違点：建築高さ比率 2.0 以上の街区空間形態における中層部の影響を分析する。
- ⑤B 1 型街区とB 2 型街区の相違点：建築高さ比率 2.0 未満の街区空間形態における中層部の影響を分析する。

4.4.3 形態ボリュームデザインの風雪環境評価

4.4.2 章で示した4つの検討モデルに対して風雪シミュレーションを行い、風雪環境評価を行った。風雪シミュレーションの結果を図4-14～4-17に示す。

1) グループAの共通点：

大通公園沿いのオープンスペースで雪の吹きだまりが見られる（図4-14，4-15，点A）。また、創成川通りと北1条通りの交差点付近でも、雪の吹き払いが見られる（図4-14，4-15，点B）。創成川通り沿いの歩道上では雪の吹き払いが見られ（図4-14，4-15，点C）、創成川通りと大通の交差点付近でも雪の吹き払いが見られる（図4-14，4-15，点D）。さらに、対象街区の南西側にある街区周辺で大きな雪の吹き払いが見られる（図4-14，4-15，点E）。

2) グループBの共通点：

大通公園沿いのオープンスペースで雪の吹きだまりが見られる（図4-16，4-17，点A）。その積雪深は、B 1 型街区で23.0cm、B 2 型街区で23.1cmとほぼ同程度であり、オープンスペース利用者の歩行障害となる可能性がある。また、創成川通り沿いの歩道でも雪の吹きだまりが見られる。大通公園沿いのオープンスペースで雪の吹きだまりが見られる（図4-16，4-17，点C）。創成川通りと大通の交差点付近でも雪の吹きだまりが形成され、その積雪深は、B 1 型街区で15.9cm、B 2 型街区で16.6cmである（図4-16，4-17，点D）。

3) グループAとBの相違点：

グループAとグループBの風雪シミュレーション結果を比較すると、大きく2つの違いが見られる。

まず、創成川通り沿いの歩道において、グループAでは雪の吹き払いが見られる一方、グループBでは雪の吹きだまりが形成された（図4-14～4-17，点C）。これは、グループAでは街区内建物の高さが高いため、高層部から吹き降ろす風によって地上の雪が吹き払われる一方、グループBでは北西側高層部から吹き降ろす風が、南西側高層部や中層部に遮られたために、地上の風速が低減され、雪

が吹き溜まったと考えられる。加えて、グループAではグループBに比べて、低層基壇部の屋根面積が大きくなることから、低層基壇部屋根面の積雪量が多くなり、地上の積雪が低減したと考えられる。

2つ目に、創成川通りと大通の交差点付近において、グループAでは雪の吹き払いが見られたが、グループBでは雪の吹きだまりが見られた（図4-14～4-17，点D）。これは、グループAの方が街区内建物の高さが高いため、高層部から地上へ吹き降ろす風が増加し、地上の雪を吹きとばしたためであると考えられる。

4) A1型街区とA2型街区の相違点：

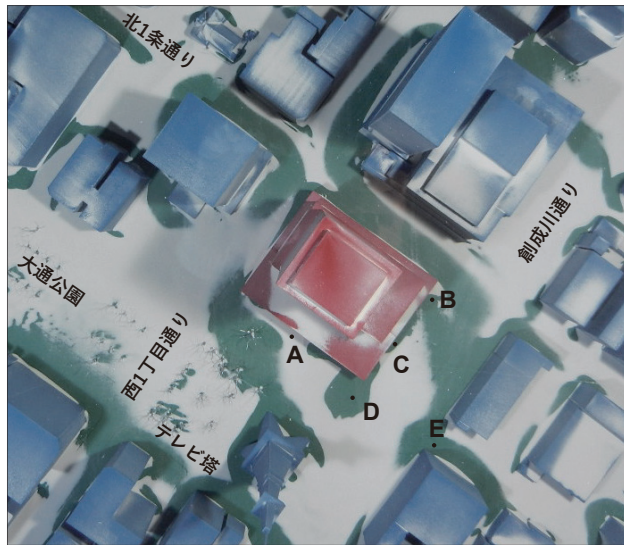
A1型街区とA2型街区を比較すると、大通公園沿いのオープンスペースにおける雪の吹きだまりの積雪深に違いが見られる（図4-14，4-15，点A）。A1型街区では12.0cm、A2型街区では26.6cmあり、A1型街区での積雪深の方が低い。これは、低層基壇部屋根面積に関して、A2型街区に比べて、A1型街区の方が大きいため、屋根面での積雪が増加し地上の積雪が低減したためであると考えられる。

5) B1型街区とB2型街区の相違点：

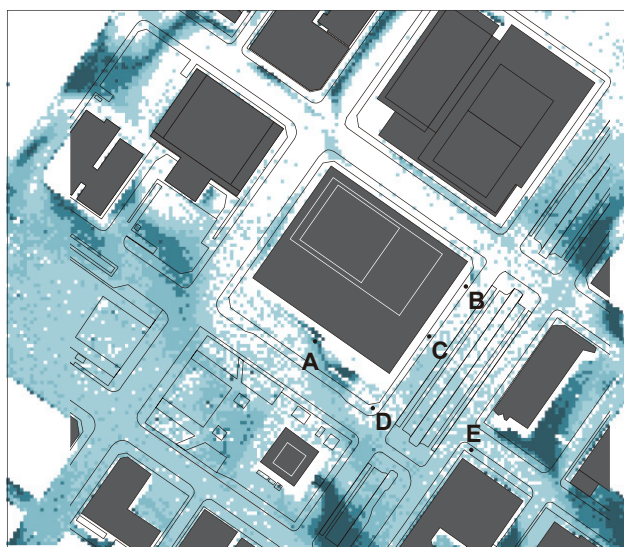
B1型街区とB2型街区を比較すると大きく2つの違いがある。

まず、創成川通りと北1条通りの交差点付近において、B1型街区では雪の吹きだまりが形成されている一方、B2型街区では雪の吹き払いは見られる（図4-16，4-17，点B）。B1型街区では、高層部から吹き降ろす風が、中層部によって遮られるため、地上の風速が低減され、雪の吹きだまりが形成されたと考えられる。

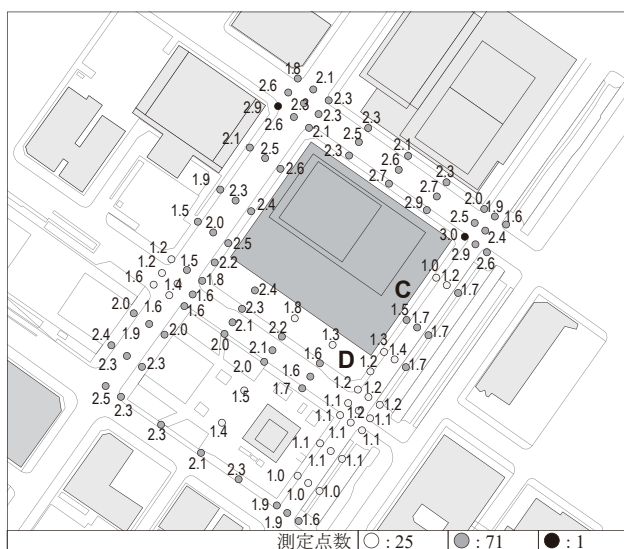
2つ目に、対象街区南西側の街区周辺の積雪状況に違いが見られる（図4-16，4-17，点E）。B2型街区では、小さな雪の吹き払いが見られる一方、B1型街区では、積雪深21.6cmの雪の吹きだまりが形成されている。これは、B2型街区では、北西側高層部にぶつかった風が、地上へと吹き降ろし、雪の吹き払いが形成される一方、B1型街区では、北西側高層部から吹き降ろす風が中層部によって遮られたために、地上の風速が低減され、雪の吹きだまりを形成したと考えられる。



a) 風雪シミュレーション結果

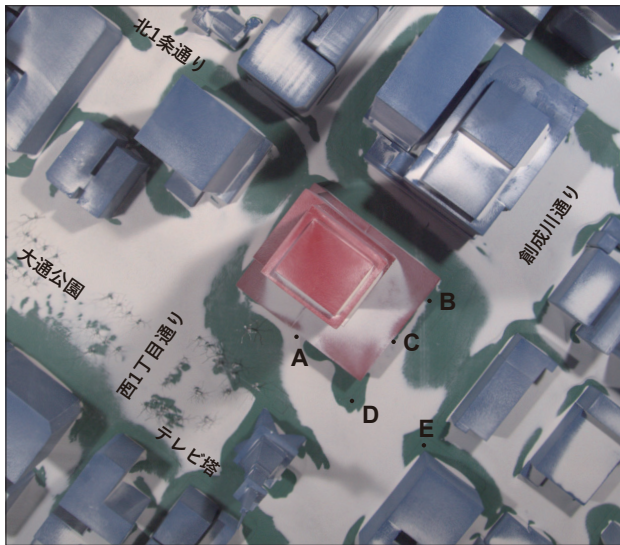


b) 対象街区周辺の積雪

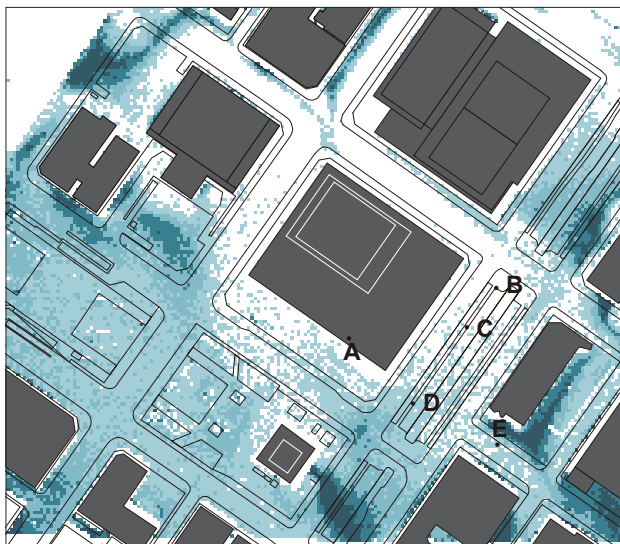


c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

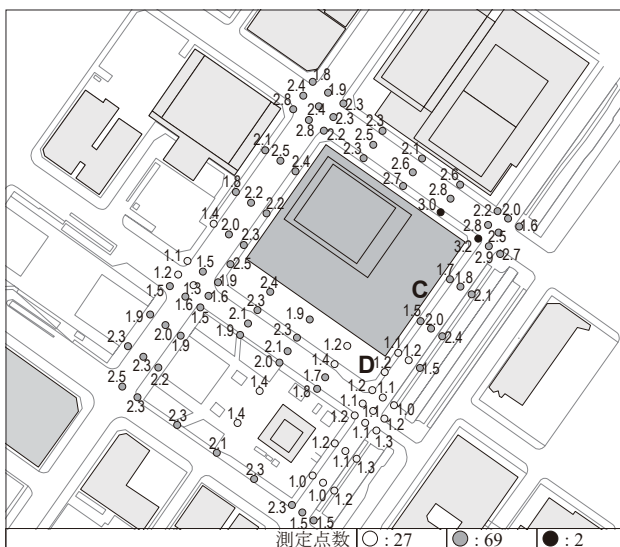
図 4-14 A 1 型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果

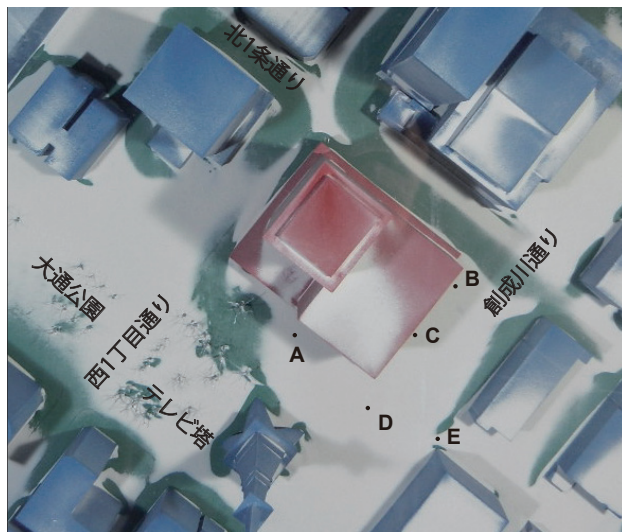


b) 対象街区周辺の積雪

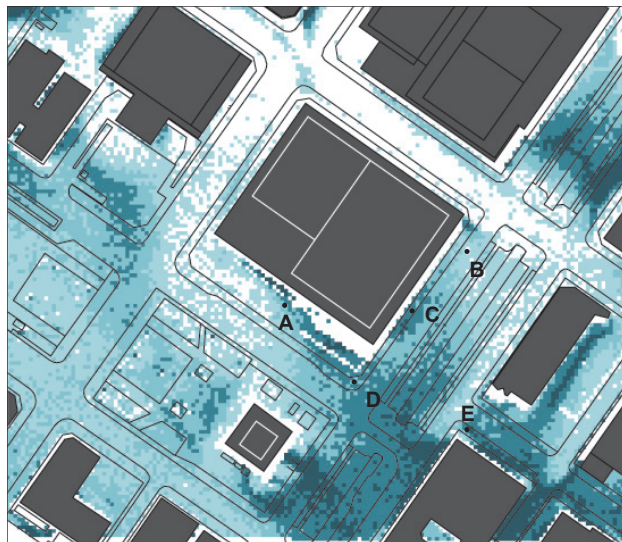


c) 歩行空間での風の強さ(m/s)

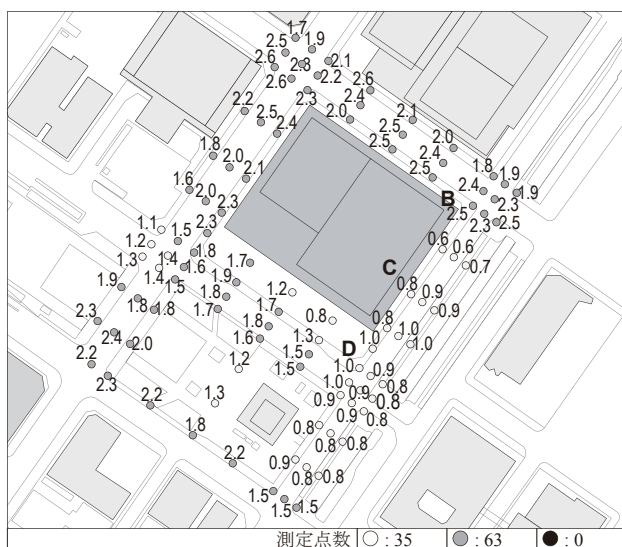
図 4-15 A 2 型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果

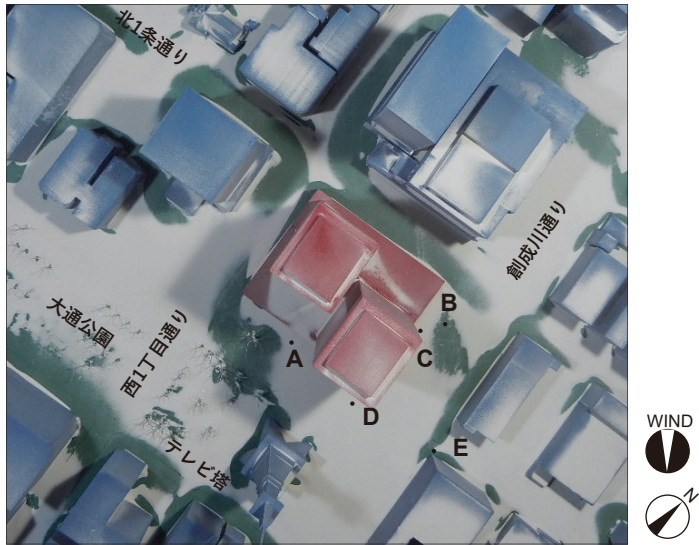


b) 対象街区周辺の積雪

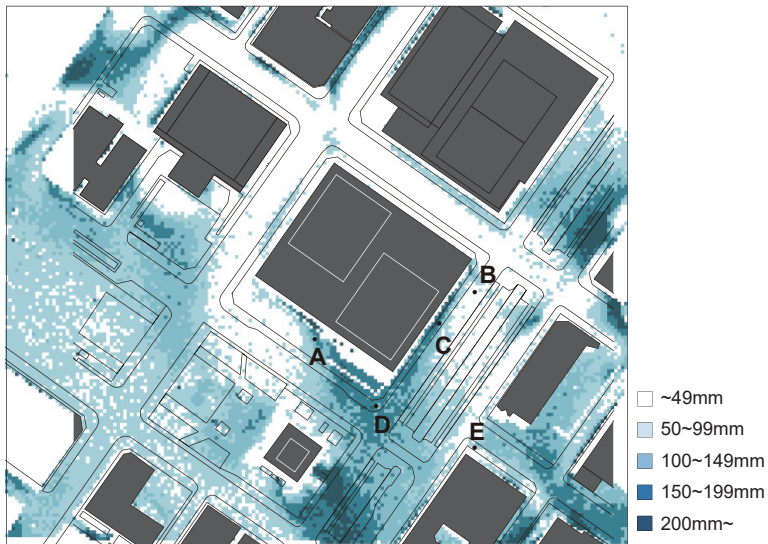


c) 歩行空間での風の強さ(m/s)

図 4-16 B 1 型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ(m/s)

図 4-17 B 2 型街区の風雪シミュレーション結果

4.4.4 形態ボリュームデザインの除雪エネルギーの分析

風雪シミュレーションの結果を用いて、各検討モデルの除雪エネルギー量および二酸化炭素排出量を算出した。算出結果を表4-8、4-9に示す。

1) グループAの共通点：

グループAの検討モデルでは、比較的公共空間での積雪量が小さく、除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量も小さい。A1型街区では、除雪に要するエネルギー量は76.9GJ/日、二酸化炭素排出量は5.22tCO₂/日である。A2型街区では、除雪に要するエネルギー量は43.1GJ/日、二酸化炭素排出量は2.92tCO₂/日である。

2) グループBの共通点：

グループBの検討モデルでは、比較的公共空間での積雪量が大きく、除雪に要するエネルギー量と二酸化炭素排出量も大きい。B1型街区では、除雪に要するエネルギー量は152.0GJ/日、二酸化炭素排出量は10.32tCO₂/日である。B2型街区では、除雪に要するエネルギー量は130.7GJ/日、二酸化炭素排出量は8.88tCO₂/日である。

3) グループAとBの相違点：

グループAとグループBの除雪エネルギー量を比較すると、グループBに比べて、グループAの検討モデルでは、除雪エネルギー量は小さい。これは、グループAの検討モデルでは、街区内建物の高さ

表4-8 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量

検討モデル	A1型街区		A2型街区		B1型街区		B2型街区	
公共空間（車道、歩道、OS）での積雪総量	599.6	m ³ /日	478.0	m ³ /日	869.0	m ³ /日	702.6	m ³ /日
公共空間（車道、歩道、OS）での除雪総量	220.4	m ³ /日	150.8	m ³ /日	462.7	m ³ /日	369.0	m ³ /日
車道上の除雪量	113.4	m ³ /日	93.6	m ³ /日	258.2	m ³ /日	186.7	m ³ /日
車道上の除雪量の割合	51.5	%	62.1	%	55.8	%	50.6	%
歩道・OS上の除雪量	106.9	m ³ /日	57.2	m ³ /日	208.3	m ³ /日	182.3	m ³ /日
歩道・OS上の除雪量の割合	48.5	%	37.9	%	45.2	%	49.4	%

表4-9 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

検討モデル		A1型街区		A2型街区		B1型街区		B2型街区	
車道の除雪EとCO ₂ 排出量	1) 車道上の除雪量	113.4	m ³ /日	93.6	m ³ /日	258.2	m ³ /日	186.7	m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	44.7	t/日	36.9	t/日	101.7	t/日	73.5	t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	45	台/日	37	台/日	102	台/日	74	台/日
	4) 運搬排雪トラック（10t）の移動距離	450.0	km/日	370.0	km/日	1020.0	km/日	740.0	km/日
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	180.0	L/日	148.0	L/日	408.0	L/日	296.0	L/日
	6) 運搬排雪に必要なエネルギー量	6.8	GJ/日	5.6	GJ/日	15.4	GJ/日	11.2	GJ/日
	7) 運搬排雪による二酸化炭素排出量	0.46	tCO ₂ /日	0.38	tCO ₂ /日	1.05	tCO ₂ /日	0.76	tCO ₂ /日
歩道・OSの除雪EとCO ₂ 排出量	8) 歩道・OS上の除雪量	106.9	m ³ /日	57.2	m ³ /日	208.3	m ³ /日	182.3	m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	42.1	t/日	22.5	t/日	82.0	t/日	71.8	t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	14.0	GJ/日	7.5	GJ/日	27.3	GJ/日	23.9	GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	70.1	GJ/日	37.5	GJ/日	136.6	GJ/日	119.6	GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	1,911.1	L/日	1,021.3	L/日	3,721.6	L/日	3,258.6	L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	4.76	tCO ₂ /日	2.54	tCO ₂ /日	9.27	tCO ₂ /日	8.11	tCO ₂ /日
	14) 除雪に必要なエネルギーの合計	76.9	GJ/日	43.1	GJ/日	152.0	GJ/日	130.7	GJ/日
	15) 除雪による二酸化炭素排出量の合計	5.22	tCO ₂ /日	2.92	tCO ₂ /日	10.32	tCO ₂ /日	8.88	tCO ₂ /日

が高く、高層部から地上へ吹き降ろす風が増加し、地上により多くの雪の吹き払いを形成することから、地上の積雪量が低減されたためと考えられる。また、低層基壇部の屋根面積もグループAの方が大きくなるため、低層基壇部屋根面の積雪がより多く、地上の積雪量を低減したことも影響したと考えられる。

4) A 1 型街区と A 2 型街区の相違点：

A 2 型街区は、A 1 型街区に比べて除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量が小さい。これは、A 1 型街区に比べて、A 2 型街区では低層基壇部の屋根面積が大きいため、低層基壇部屋根面の積雪が増加し、地上の積雪が低減し、除雪エネルギーが低減したと考えられる。

5) B 1 型街区と B 2 型街区の相違点：

B 1 型街区は、B 2 型街区に比べて、除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量が多い。これは、B 1 型街区では北西側高層部から吹き降ろす風が中層部に遮られたために、地上の風速が低減し、雪の吹きだまりの増加により公共空間の積雪量が増加し、除雪エネルギーが増加したと考えられる。

4.4.5 形態ボリュームデザイン検討のまとめ

4.4 章では、北方型スマート街区の都心再開発モデル検討において、超高層一体型街区を開発方針とした場合の形態ボリュームデザインの検討を行った。まず、札幌都心部の高層高容積街区の街区空間形態の特徴に分析し、その特徴より建築高さ比率の大小（グループA：建築高さ比率 2.0 以上、グループB：建築高さ比率 2.0 未満）と中層部の有無（グループ1：中層部有り、グループ2：中層部無し）による、4つの検討モデル（A 1 型街区、A 2 型街区、B 1 型街区、B 2 型街区）を計画した。そして、4つの検討モデルに対して風雪シミュレーションを用いて、風雪環境評価と除雪に要するエネルギー量の分析を行い、形態ボリュームデザインと風雪環境、除雪エネルギーの関係を明らかにした。本章で行った評価検討プロセスと明らかにした形態ボリュームデザインの整理を図 6-18 に示す。

- ①建築高さ比率 [図 4-18(b)]：グループAのように建築高さ比率の大きい形態ボリュームデザインは、公共空間の風雪環境を向上させ、除雪エネルギー量を低減する。これは、建築高さ比率が大きい場合、街区内建物の高さが高く、低層基壇部の屋根面積が大きくなるため、地上の雪の吹き払いを増加する高層部からの風の吹き降ろしが増加し、また低層基壇部の屋根への積雪が増加することで、地上の雪の吹きだまりと積雪量が低減するためと考えられる。

②グループAにおける中層部 [図 4-18(c)] : グループAの形態ボリュームデザインにおいて、中層部の無い街区空間形態は、公共空間の雪の吹きだまりが少なく、除雪エネルギー量を低減する。これは、中層部が無い場合、低層基壇部の屋根面積がより大きくなることから、低層基壇部屋根面の積雪が増加し、地上の積雪が低減されるためであると考えられる。

③グループBにおける中層部 [図 4-18(c)] : グループBのように建築高さ比率の小さい形態ボリュームデザインにおいて、中層部が有る街区空間形態は、公共空間における雪の吹きだまりを増加し、除雪エネルギー量も増加する。これは、②と同様に低層基壇部の屋根面積が小さくなることで、低層基壇部屋根面の積雪が減少し、地上の積雪が増加することに加えて、高層部から吹き降ろす風が中層部に遮られることによって、地上の風速が低減されるため、公共空間における雪の吹きだまりが増加したと考えられる。

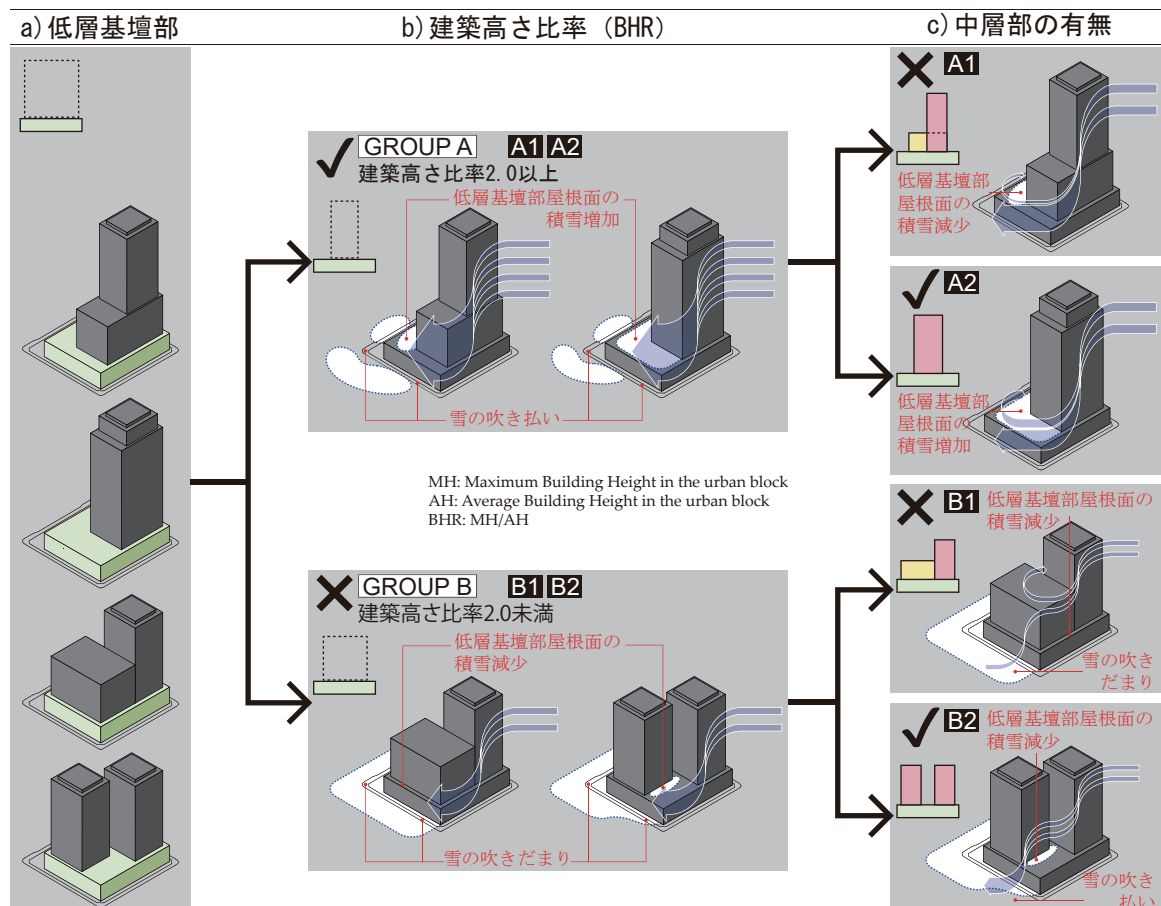


図 4-18 形態ボリュームデザイン検討のまとめ

4.5 第4章のまとめ

4章では、札幌市都心部における高容積高層街区を対象に、風雪の影響を低減し、除雪エネルギーを低減する街区空間形態について、開発方針デザインと形態ボリュームデザインの大きく2つの検討段階で分析を行った。その検討プロセスと結果より、北方型スマート街区「都心再開発モデル」のデザインガイドラインとデザインプロセスを明らかにした（図4-19）。

4.5.1 都心再開発モデルのデザインガイドライン

開発方針デザインの検討として、現況、高層共同型街区、超高層一体型街区の3つの街区空間形態について、環境・エネルギー評価を行った。街区全体で形態コントロールが行われていない現況の街区と街区の形態コントロールを行った他の2つのモデルを比較した結果、壁面を統一することで不規則な雪の吹きだまりがなくなり、屋外公共空間の積雪量も低減すること、壁面後退によりオープンスペースを形成すると歩道上の積雪が回避されることが明らかとなり、街区全体での形態コントロールの重要性が明らかとなった。

高層共同型街区と超高層一体型街区を比較すると、超高層一体型街区では、高層部からの風の吹き降ろしによって歩道上の雪が吹き払われ、また低層基壇部屋根面の積雪によって、地上の積雪量が低減されるため、雪の吹きだまりが少なく、除雪エネルギー量も低減できることが明らかとなった。

形態ボリュームデザインの検討として、超高層一体型街区の開発方針を基に、建築高さ比率（街区内最高建物高さ／街区内平均建物高さ）と中層部の有無により4つの街区空間形態（A1型：建築高さ比率2.0以上中層部有り、A2型：建築高さ比率2.0以上中層部無し、B1型：建築高さ比率2.0未満中層部あり、B2型：建築高さ比率2.0未満中層部無し）を計画し、環境エネルギー評価を行った。

グループA（A1型、A2型）とグループB（B1型、B2型）を比較すると、グループAの街区空間形態は、建物高さが高く、低層基壇部の屋根面積が大きくなるため、高層部から吹き降ろす風の増加によって地上の雪の吹き払いが増加し、低層基壇部屋根面の積雪によって地上の積雪量が低減するため、除雪エネルギー量も低減し、グループBの街区空間形態よりも優位であることを明示した。

A1型とA2型を比較すると、A2型の方が中層部がないために低層基壇部の屋根面積がより大きく、低層基壇部屋根の積雪が増加して地上の積雪量と除雪エネルギー量を低減するため、より優位であることが明らかとなった。

B 1 型と B 2 型を比較すると、グループ A の比較と同様に、B 2 型街区の方が中層部がなく、低層基壇部の屋根面積の増加によって地上の積雪量と除雪エネルギー量が低減し、優位であることが明らかとなった。

以上より 4 つの形態ボリュームデザインを比較すると、建築高さ比率 2.0 以上の突出した高層部があり、中層部のない A 2 型が最も望ましい街区空間形態であることが明らかとなった。

4.5.2 都心再開発モデルのデザインプロセス

開発方針デザイン検討段階において、検討モデルにおける街区内の建物基準消費エネルギーを算出し、除雪エネルギー量と合わせた、街区内部消費エネルギー量を算出した。その結果、除雪エネルギー量は、冬期 1 日あたりの街区消費エネルギー量の約 1 割に相当するため、積雪寒冷都市の都市デザインにおいて、除雪エネルギー量を低減する街区空間形態の検討が重要であることを明示した。

また、検討段階毎の街区空間形態の違いによる風雪環境や除雪エネルギー量の差を比較すると、検討段階の順序によらず街区空間形態の違いによる影響は非常に大きく、都心再開発モデルの検討では、検討段階ごとの環境・エネルギー評価が重要であることが明らかとなった。また、後の検討段階である形態ボリュームデザインの街区空間形態では、開発方針デザインで選択しなかった街区空間形態（高層共同型街区）以上に風雪環境の悪化や除雪エネルギー量の増加した街区空間形態（B 1 型）も見られた。これは、「低層基壇部屋根面積増加による地上の積雪量低減」という超高層一体型街区の優位性の要因が、形態ボリュームデザインにおいて中層部の計画によって無くなったためであると考えられる。初期の検討段階では、風雪環境に影響を与える街区空間形態の要素を明確に把握し、後の検討段階において適切に組み込むことが重要である。

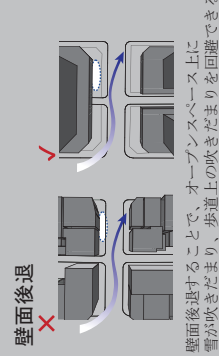
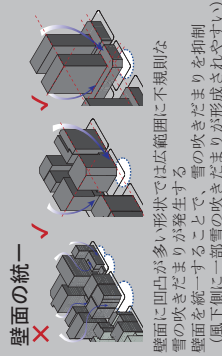
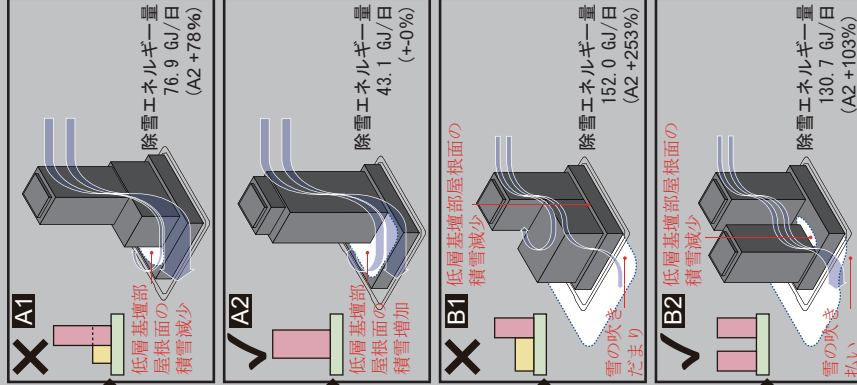
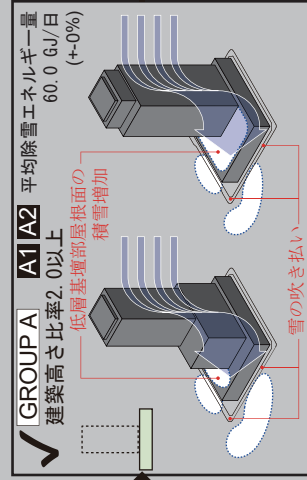
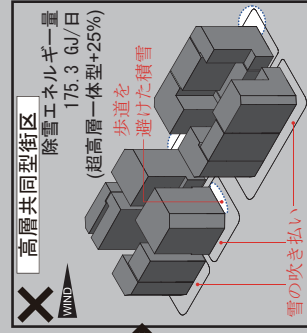
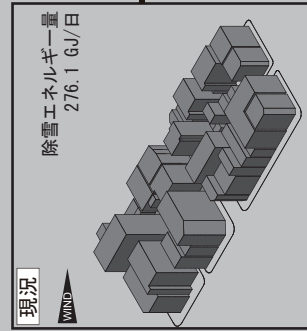
DESIGN PROCESS

STEP1: 開発方針デザイン

STEP2: 形態ボリュームデザイン①

STEP3: 形態ボリュームデザイン②

DESIGN GUIDELINES



壁面後退することで、オーブンスペース上に雪が吹きだまり、歩道上の吹きだまりを回避できる

ADVICES

- 除雪に要するエネルギー量は、街区全体のエネルギー消費量の約1割に相当する
- 検討プロセスの順序を問わず、街区空間形態の風雪環境への影響は大きい
- 初期の検討段階において街区空間形態と風雪環境の関係を把握し、後の検討に活かすことが重要

図 4-19 都心再開発モデルのデザインプロセスとデザインガイドライン

5. 積雪寒冷都市の都心オープンスペースにおける微気候と利用行動

5.1 研究の背景と目的

5.2 都心オープンスペースの屋外環境と利用行動

5.2.1 研究の目的

5.2.2 研究の方法

5.2.3 屋外環境の変化と着座行動

5.2.4 考察：北3条広場における屋外環境と着座行動の特性

5.3 寒冷移行期における都心オープンスペースの空間構成と利用行動

5.3.1 研究の目的

5.3.2 研究の方法

5.3.3 都心オープンスペースの空間構成と屋外環境の特性

5.3.4 屋外環境の変化と着座行動の関係分析

5.3.5 考察：札幌の都心オープンスペースにおける屋外環境と着座行動

5.4 積雪寒冷期における都心オープンスペースの利用行動

5.4.1 研究の目的

5.4.2 研究の方法

5.4.3 積雪状況とアクティビティ

5.4.4 考察：北3条広場における積雪寒冷期の利用行動の特性

5.5 第5章のまとめ

5.1 研究の背景と目的

1) 背景と目的

(1) 北方型スマート街区の都心再開発モデルとオープンスペース

高層高密度化する都市において、都心のオープンスペース（以下、OS）は、快適な都市環境の形成やアメニティの向上のために重要である。しかし、積雪寒冷都市では都心OSの利用行動や屋外環境に対するデザインの配慮が十分ではなく、ほとんど利用されないものも多い。都心の高容積高層街区では、多くの場合高層建築に付随してオープンスペースが計画される。また高層建築は、その大きなボリュームにより隣接する都心OSの屋外環境に大きな影響を与えることから、屋外環境に対する特段の配慮が求められる。良好な屋外環境をもった都心OSの形成には、周辺高層建築と都心OSとの一体的なデザインが求められる。

4章では、高容積高層街区を対象に、スマート街区の都心再開発モデルとして、屋外公共空間の微気候に影響を与える街区建築の形態について検討を行った。5章では、屋外公共空間の微気候に影響されるオープンスペースの利用行動を把握し、望ましい北方型スマート街区のOSデザインを明らかにすることを目的とする。

積雪寒冷都市の都心OSでは、夏季が冷涼で快適である一方、秋季から冬季にかけての気温低下に伴って利用が大きく減少し、一年の中で利用されない期間が長い。積雪寒冷都市の都心OSには、その特有の気候に合わせて、気温低下に伴う利用の減少を抑制し、なるべく長期間利用されるような計画や設計が求められる。さらに冬季には積雪という温暖地域とは全く異なる屋外環境要素がある。積雪は、歩行障害など都心OS利用の大きな妨げとなる一方、雪まつりのように雪を活用した特有の利用行動を生み出すきっかけともなりうる。特有の気候を持つ積雪寒冷都市の都心OSでは、以下に示す2点を考慮した屋外公共空間のデザイン方針（北方型スマート街区のオープンスペースデザイン方針）が想定される。

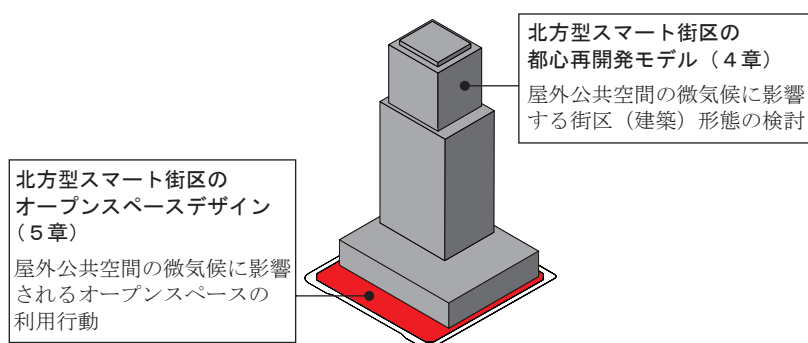


図 5-1 本章の位置づけ

①気温低下に伴う都心OS利用減少の抑制

②積雪による都心OS利用の障害の軽減と特有の利用行動の促進

以上より5章では、上記2点に配慮した北方型スマート街区のOSデザインに向けて、積雪寒冷都市の都心OSにおける屋外環境と利用行動の関係を明らかにすることを目的とする。

2) 本研究に関する既往研究

これまでもOSに関する研究は数多く行われている。例えば田口ら(2011)⁵⁻¹⁾は、都市計画における人間に対する認識を明らかにすることを目的に、東京の駅前広場の滞留行動を抽出し、人間行動の認識を通じた印象の形成について分析を行っている。近江ら(1992)⁵⁻²⁾は、都市の建物や敷地内にある私的なOSを対象に、空間構成とその形成要因について分析し、利用行動からみた領域形成について論じている。積田ら(2005)⁵⁻³⁾土田ら(2005)⁵⁻⁴⁾は、OSにおける空間認識と空間構成との関係を定量的に分析している。OSの空間構成と人の行動や空間構成と空間認識の関係性について分析を行った研究は多く見られるが、屋外環境に関する議論は少ない。出口ら(1993)⁵⁻⁵⁾桑田ら(1993)⁵⁻⁶⁾惣野ら(1993)⁵⁻⁷⁾は、公開空地を対象に、街区や空地の空間構成の与える屋外環境や人の感覚への影響を明らかにしている。蔵澄ら(2012)⁵⁻⁸⁾は、温冷感評価(TSV)と快適感評価(TCV)を用いて、15の観測地点で夏季と冬季の屋外環境における人体の生理的・心理的反応を調査し、ETFeによる快適温熱環境範囲を示している。木内(2001)⁵⁻⁹⁾は、温度負荷量TLと温冷感指数TSIの2つの指標を示し、夏季と冬季について、他の温冷感指標(不快指数、風力冷却指数、新標準有効温度SET*)との比較を行っている。多くの既往研究で、屋外環境条件と人の感覚については詳細な分析が行われているが、屋外環境と利用行動との関係について分析を行った研究は少ない。友田ら(2009, 2010)^{5-10), 5-11)}は、大阪市内のオフィスビルに付随する公開空地を対象に、利用行動と屋外環境の関係について分析を行っている。しかし、冬季には気温が零下に達するような積雪寒冷都市を対象に、屋外環境と利用行動の関係を調査した既往研究はない。

空間構成の屋外環境への影響、及び屋外環境と人の感覚に関する研究は多く見られるが、屋外環境とアクティビティの関係を分析した研究は少なく、特に積雪寒冷都市の屋外環境を対象とした研究は見られない。特徴的な気候をもつ積雪寒冷都市の都心OSでは、屋外環境は利用行動を大きく左右する重要な要素であり、両者の関係を分析した本研究の意義は大きい。

5-1) 田口友子, 後藤春彦: 駅前広場における滞留行動が観察者に与える印象、人間行動の実態調査に基づく景観構成要素の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 641-642, 2011

5-2) 近江隆, 北原啓司: Small-Urban-Spaces 内外の行為からみたSUS領域の形成, 日本建築学会計画系論文報告集, No. 433, pp. 119-127, 1992

5-3) 近積田洋, 土田寛: 休憩行為に関する嗜好空間の分析—都市のパブリックスペースの研究(その1)—, 日本建築学会計画系論文集, No. 591, pp. 87-94, 2005

5-4) 土田寛, 積田洋, 「休憩および待ち合わせ行為に関する嗜好空間の分析—都市のパブリックスペースの研究(その2)」, 日本建築学会計画系論文集, No. 596, pp. 59-66, 2005

5-5) 出口敦, 三浦昌生, 篠崎道彦, 桑田仁, 村田英樹: 中庭型空地における日射量に関する基礎的研究—オープンスペースの環境計画に関する研究(その1)—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1405-1406, 1992

5-6) 桑田仁, 山田学, 出口敦, 惣野正己: オープンスペースの環境評価に関する研究—その1 公開空地をケーススタディとして—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 333-334, 1993

5-7) 惣野正己, 桑田仁, 出口敦, 山田学, 西村幸夫: オープンスペースの環境評価に関する研究—その2 住宅団地をケーススタディとして—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 335-336, 1993

5-8) 蔵澄美仁, 土川忠浩, 近藤恵美, 石井仁, 深川健太, 大和義昭, 飛田国人, 安藤由佳, 松原斎樹, 堀越哲美: 屋外環境における至適温熱環境に関する研究, 人間と生活環境, 19(2), pp. 115-127, 2012

5-9) 木内豪: 屋外空間における温冷感指標に関する研究, 日本気象学会「天気」, Vol. 48, No. 9, pp. 11-21, 2001

5-10) 友田誠, 相良和伸, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 仲宗根遥: 都市オープンスペースにおけるアクティビティ評価に関する研究, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp. 57-60, 2009

5-11) 友田誠, 山中俊夫, 相良和伸, 甲谷寿史, 桃井良尚: 都市のオープンスペースにおけるアクティビティ評価に関する研究(その2) アクティビティの日変動特性の季節による差異, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp. 97-100, 2010

3) 5章の構成

前述した2つの北方型スマート街区のオープンスペースデザイン方針に基づき、5章は、以下に示す大きく3つの研究を構成する（図5-2）。研究は、世界の積雪寒冷都市のなかでも人口が多く、積雪量の多い札幌市都心部のOSを対象に、屋外調査による屋外環境と利用行動の計測を行った。

まず5.2章では、北3条広場を対象に、都心OSの利用行動として着座行動に着目し、屋外環境（気温、日射、風速）の変化と着座行動への影響を分析する。

次に5.3章では、研究対象を3箇所6タイプの都心OSに広げて、屋外環境の変化と着座行動への影響の分析を行い、2.3章で明示した屋外環境と着座行動の関係性の確認と都心OSの空間構成の違いによる着座行動への影響を明らかにする。以上より、積雪寒冷都市・札幌の都心OSにおいて、気温低下に伴う利用減少を抑制する方策を明らかにする。

5.4章では、積雪期に着目し、北3条広場における都心OSの利用行動と積雪の関係を分析し、積雪による都心OS利用の障害と積雪期特有の利用行動を明らかにする。

5.5章では、以上で明らかになった積雪寒冷都市・札幌における都心OSの屋外環境と利用行動の関係を整理する。

積雪寒冷都市の 都心OSの課題	①気温低下に伴う都心OS利用減少の抑制 ②積雪による都心OS利用の障害の軽減と積雪期特有のアクティビティ促進	
	対象時期	利用行動
	春→夏→秋→冬	着座行動
	積雪期	歩行 アクティビティの種類
対象OS	北3条広場	5.2章
	6タイプの 都心OS	5.3章
		5.4章

図5-2 5章の構成

5.2 都心オープンスペースの屋外環境と利用行動

5.2.1 研究の目的

5.2章では、積雪寒冷都市における高層建築と都心OSとの一体的なデザイン手法の構築に向けて、通年の屋外環境の変化と利用行動の変化を把握することで、都心OSにおける屋外環境と利用行動の関係性を明らかにすることを目的とする。さらに屋外環境と利用行動の関係性を明示することにより、積雪寒冷都市に望ましい都心OSのデザインの方向性を示す。

5.2.2 研究の方法

1) 調査対象の概要

世界の積雪寒冷都市の中で、特に人口が多い札幌市において、高層高容積の再開発が進む都心部で、唯一「広場」として都市計画決定されている北3条広場を対象とした(図5-3)。北3条広場は、都市計画道路から都市計画広場に計画変更がなされ、都市再生特別地区に指定された南北に隣接する街区と共に整備された。札幌の都心OSの中でも特に利用者が多く、重要な役割を期待されている場所である⁵⁻¹²⁾。測定点範囲は、幅25m、長さ91m。測定点は広場中央と南北の歩道の3列で等間隔に5か所ずつ、合計15か所設定した。北側に面するNビルは地上20階、容積率1,237%、南側に面するMビルは地上23階、容積率948%、建物高さはいずれも約100mである。

5-12) 星卓志：札幌都心部における人のための公共空間の計画と整備，都市計画，日本都市計画学会，Vol. 63, No. 6, pp.36-39, 2014

2) 調査分析方法

本章の研究では、屋外環境と利用行動の関係について、屋外環境要素と着座行動に焦点を当てて調査を行った。調査は、2015年8月～2016年8月の1年間、平日と休祝日をそれぞれ月1～2回^{注5-1)}の頻度で行った。調査は、全34日(平日17日、休祝日17日)行い(表5-1)、時間は、最も利用が見込まれる12時から13時とした。

注5-1) 調査はひと月に平日と休祝日それぞれ2回を基本として計画したが、広場のイベント利用等により調査が行えない場合があり、調査回数が少ない月がある。

屋外環境要素は、気温、日射、風速の3要素について測定した。気温・風速は、調査日の気象庁のデータにより地域全体の屋外環境条件を把握すると同時に、対象エリア内の15の測定点(図5-2、A1～C5)で、15分毎に1分間、1分間に4回、合計で16回の計測を行い、その平均値を把握した。測定には、温度・風速計(Kestrel4500Pocket Weather Tracker + ウィンドベイン、米国ニールセン・ケラーマン社)を用いた(写真5-1)。日射は、調査日毎に日向・日陰(木陰を含む)を区別し、その範囲を把握した。

都心OSのアクティビティについて、J. ゲール⁵⁻¹³⁾は、「出来事の数」と「持続時間」の積によって評価されることを提言しており、公共空間における行為として「着座」は特に重要であることを指摘

5-13) J. ゲール，「屋外空間の生活とデザイン」，1990，pp.96-100，190-200，鹿島出版会

表 5-1 5.2章の研究の調査日

調査日	
平日	2015 年： 8/28, 9/15, 9/30, 10/14, 10/26, 11/12, 12/24 2016 年： 1/5, 2/4, 2/18, 3/4, 4/20, 5/6, 5/20, 6/10, 8/19
休祝日	2015 年： 8/30, 9/12, 9/26, 10/10, 10/17, 11/21, 12/5, 12/13 2016 年： 1/3, 1/11, 2/7, 2/20, 3/5, 4/2, 4/24, 5/8, 5/22

表 5-2 調査項目と使用機器

調査項目	使用機器
気温	Kestrel4500Pocket Weather Tracker + ウィンドベイン, 米国ニールセン・ケラーマン社
風速	
日射	目視による記録、およびインターバルカメラ (TLC200Pro, Brinno 社, GoPro HERO4, タジマモーターコーポレーション) により撮影
着座行動	インターバルカメラ (TLC200Pro, Brinno 社, GoPro HERO4, タジマモーターコーポレーション) により撮影

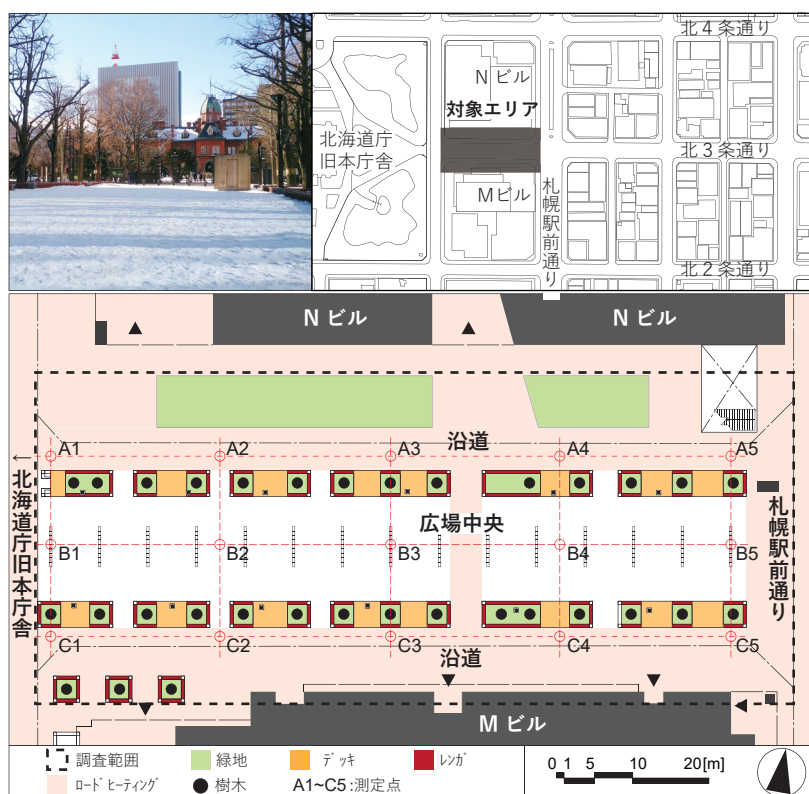


図 5-3 調査対象：札幌市北 3 条広場



写真 5-1 Kestrel4500, ウィンドベイン



写真 5-2 インターバルカメラ



GoPro HERO4

している。したがって本研究では、利用行動として「着座」に着目し、調査期間における着座組数と着座時間を測定した。また、着座位置を把握し、最寄りの測定点の風速値と対応させて分析を行った。調査項目と調査に使用した機器を表 5-2 に示す。

5.2.3 屋外環境の変化と着座行動

1) 対象都心広場の屋外環境の変化と着座行動

本研究では、利用行動の目的や種類が異なると考えられることから、平日と休祝日とを区別して分析を行った。

屋外環境（気温、日射、風速）の変化に関する測定結果を図 5-4 ～ 5-6 に示す。気温と風速は、エリア全体の値として気象庁のデータを使用し、測定点毎のデータと比較した。

屋外環境に関して、気温は、平日では最高で 28.3℃（調査日 8/19）、最低で -2.9℃（調査日 1/5）であり、休祝日では、最高で 27.6℃（調査日 5/22）、最低で -4.5℃（調査日 1/11）であった。エリア全体や各測定点での差はほぼ無いが、気温 20℃以上の調査日ではばらつきが見られた（図 5-4）。風速は、測定点間での値のばらつきが

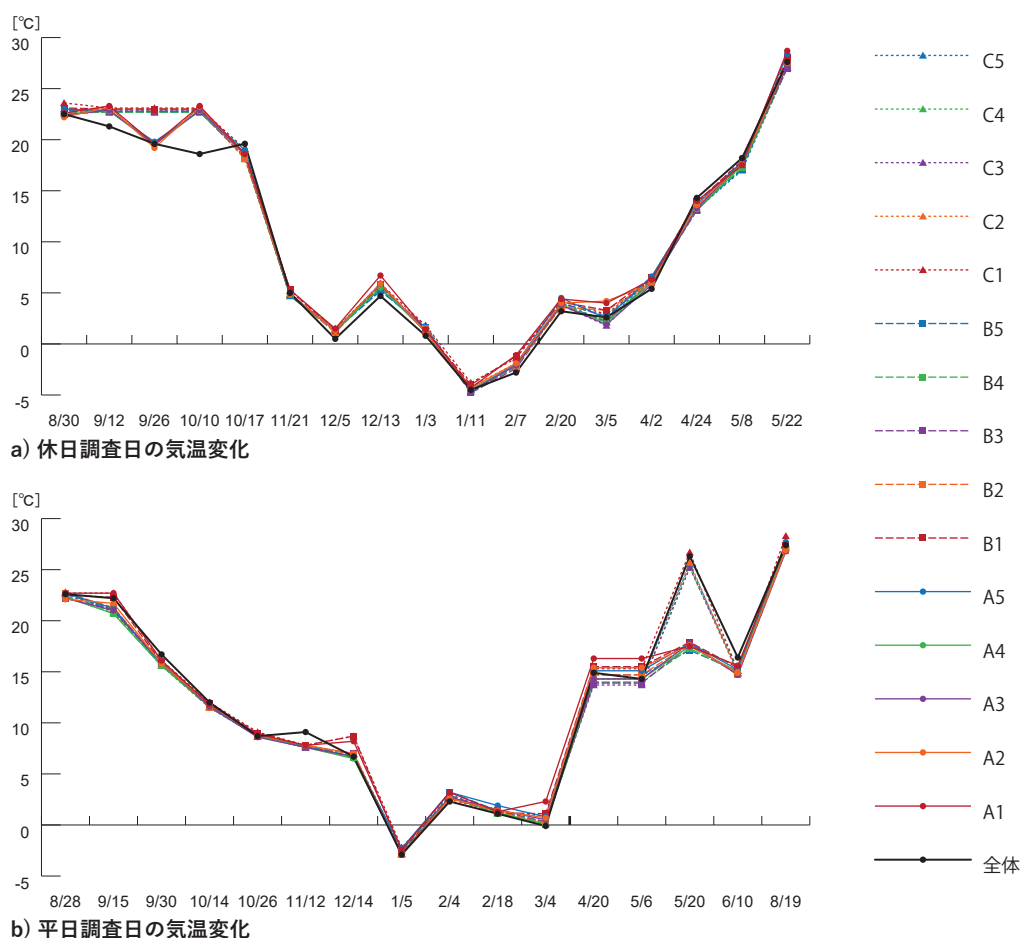


図 5-4 調査日の気温変化

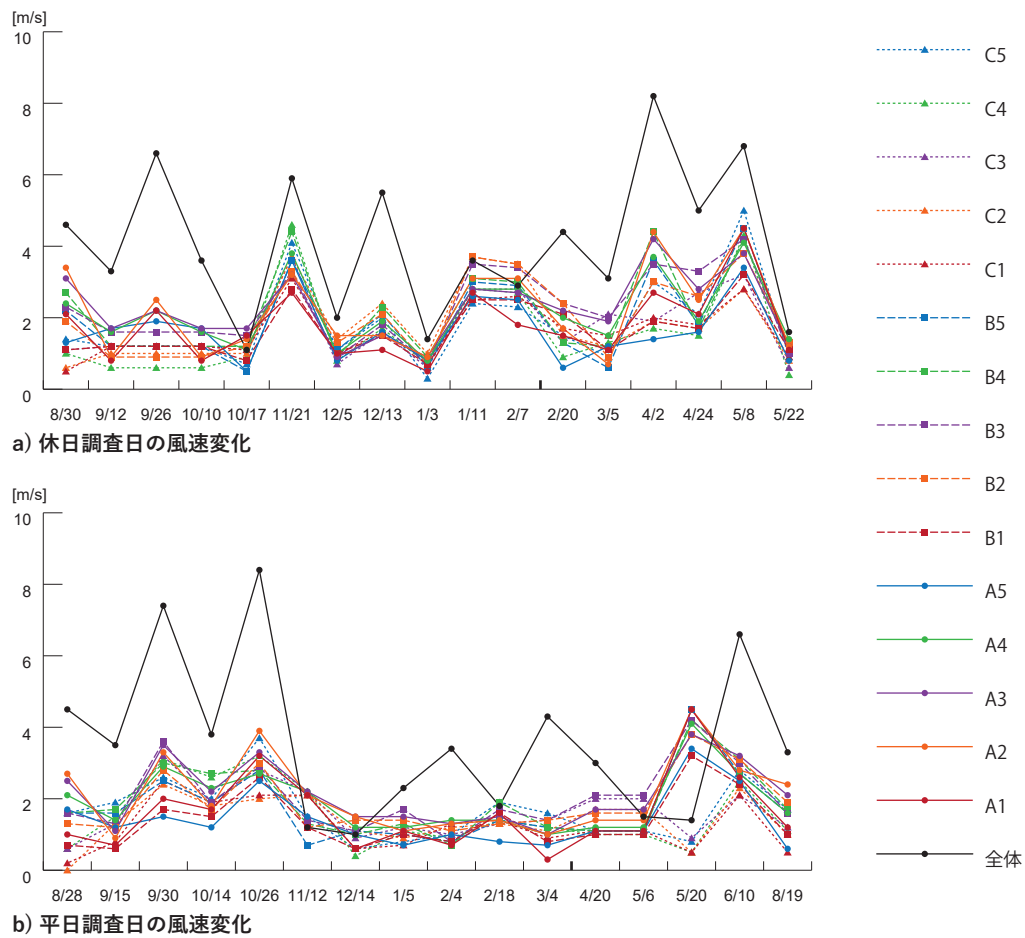


図 5-5 調査日の風速変化

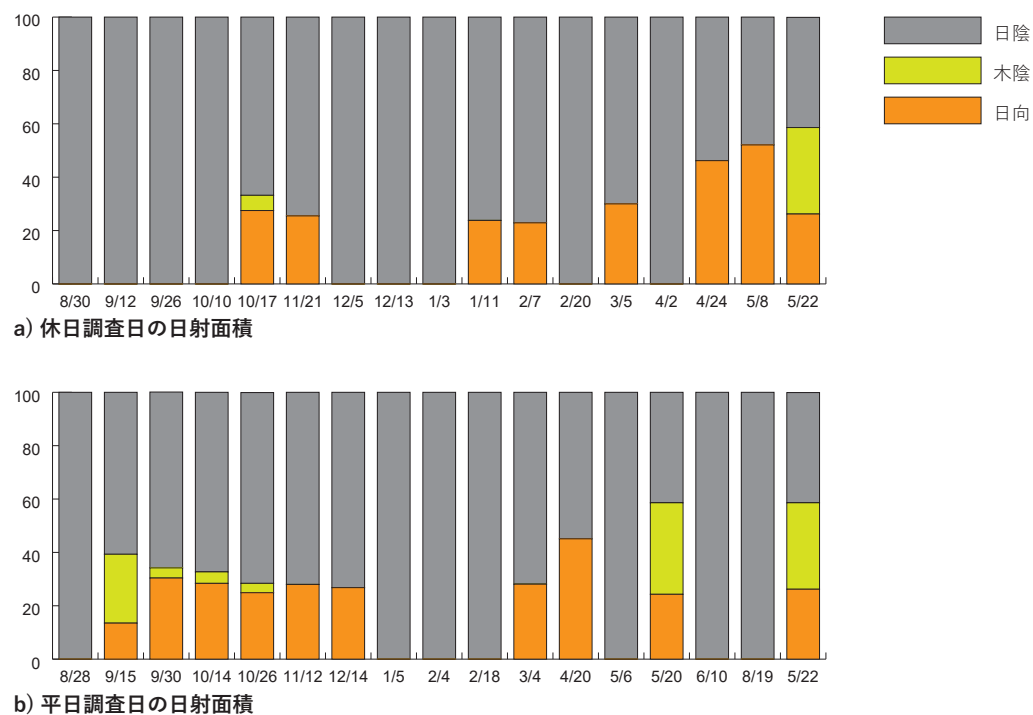


図 5-6 調査日の日射面積

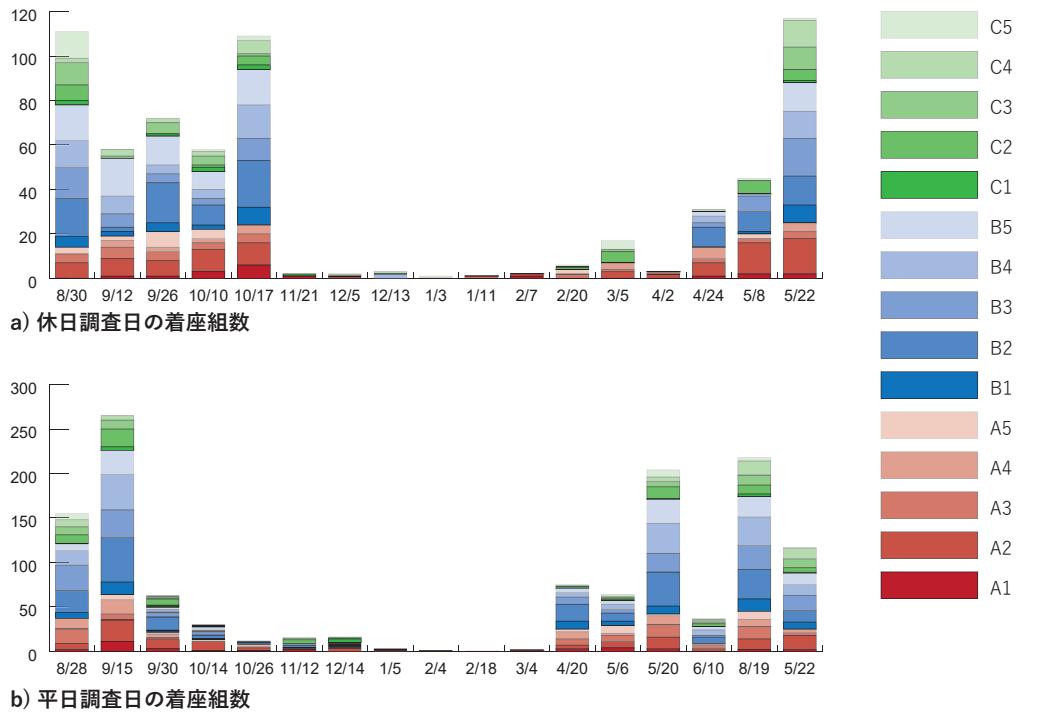


図 5-7 調査日の着座組数

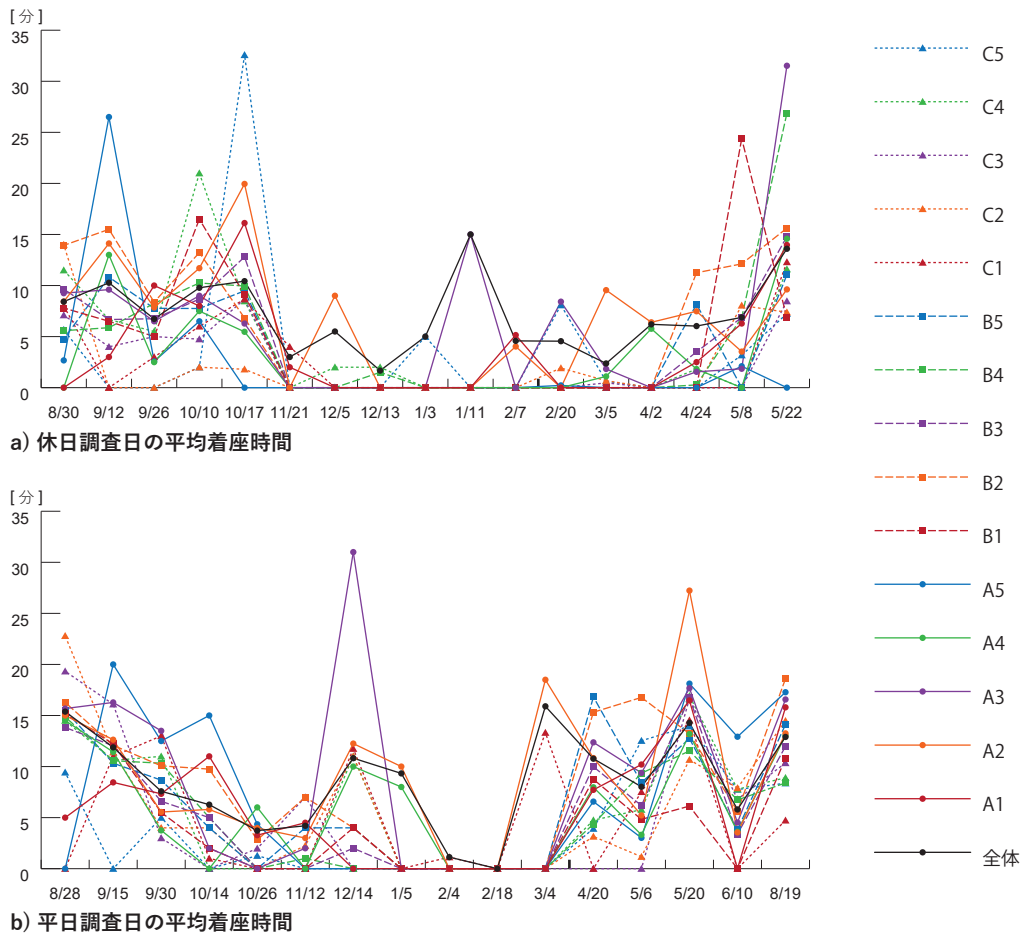


図 5-8 調査日の平均着座時間

大きく、同じ調査日でも測定点によって風環境が大きく異なっていることが分かる。測定点間での風速の差は、平日で最大 4.0m/s（調査日 5/20）、休祝日で最大 3.0m/s（調査日 8/30, 4/2）の差が見られた（図 5-5）。日射は、日向の着座面積の割合が、4～5月の時期に大きくなり、10～3月では同程度となった（図 5-6）。

着座行動に関して、着座組数は、9月下旬から10月にかけて大きく減少、12～2月ではほぼ0となり、5月に大きく増加していた。気温が低下するにしたがって着座組数は減少し、上昇するにしたがって増加する傾向が確認できた（図 5-7）。平均着座時間は、着座組数と同様に、気温低下に伴って減少する大きな傾向は見られたが、測定点や調査日によるばらつきが大きいことが確認された（図 5-8）。

2) 気温の変化による着座行動への影響

全ての調査日において、気温と着座組数、平均着座時間との関係について分析を行った。1) より、気温はエリア全体と測定点の間に大きな差は見られなかったことから、エリア全体の気温を用いて、調査日毎の気温と測定日毎の合計着座組数、平均着座時間の平均値について散布図を作成し、回帰直線と寄与率 (R^2) を求めた。

(1) 気温の変化と着座組数

気温と着座組数の関係を図 5-9-a に示す。全体として、平日休祝日ともに気温と着座組数の相関は高く（平日 $R^2=0.7$ 、休祝日 $R^2=0.8$ ）、気温が低下するにしたがって着座組数が減少する傾向が確認された。平日では、気温 20℃程度を境に着座組数が大きく減少する傾向が確認された。また、平日では気温 2.3℃、休祝日では 5.4℃以下になると、着座組数は 10 組未満となり、着座行動がほとんど見られなくなる。これらの気温となる時期は、雪が積もり始める時期と概ね一致した。

(2) 気温の変化と着座時間

気温と平均着座時間の関係を図 5-9-b に示す。平日、休祝日ともに気温と平均着座時間の相関は低い（平日 $R^2=0.2$ 、休日 $R^2=0.2$ ）。これは、着座する時間に関しては、気温変化とはあまり関係なく、その他の屋外環境条件、もしくは利用目的に応じて着座時間が決められるためと推察される。

3) 日射による着座行動・快適感への影響

調査日のうち、天気が晴れで、日影の差が明確に確認された日（平日：9日、休祝日：8日）を抽出し、日射と着座組数、着座時間との関係について分析を行なった。尚、木陰への着座は、「日向を避けて着座位置を決定している」と考え、日陰への着座と判断して分析を行った。

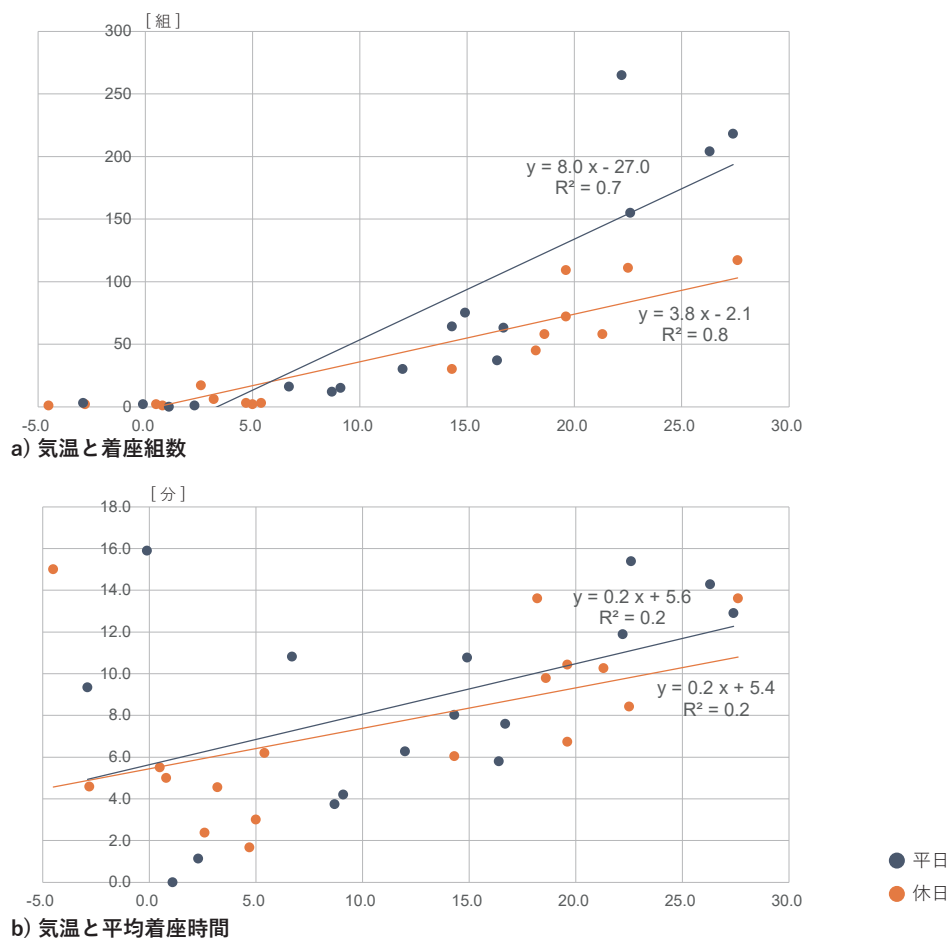


図 5-9 気温と着座行動

(1) 日射と着座組数

対象の調査日について、全体の着座組数に対する日射の着座組数の割合と、日射の着座面の割合との関係を図 5-10-a に示す。平日と休祝日それぞれのデータを、気温が高い調査日から順に並べている。

平日では、気温が 26.3℃から 22.2℃に低下した際、日射の着座面積の割合を日射の着座組数の割合が上回った。また、気温が 8.7℃から 6.7℃に低下した際、日射の着座面積の割合が日射の着座組数の割合を上回り、気温 6.7℃以下の調査日では、日射と着座組数の関係は見られなかった。休祝日では、気温は 27.6℃から 19.6℃に低下した際、日射の着座面積の割合を日射の着座組数の割合が上回った。また、気温が 5.0℃から 2.6℃に低下した際、日射の着座面積の割合が日射の着座組数の割合を上回り、気温 2.6℃以下の調査日では、日射と着座組数の関係は見られなくなった。

以上より、気温 26.3℃以上では日射の着座組数は減少する傾向にあり、気温 22.2℃以下 8.7℃以上では、日射の着座組数が増加する傾向にある。これは、気温が低くなるにつれて日射の明るさや暖か

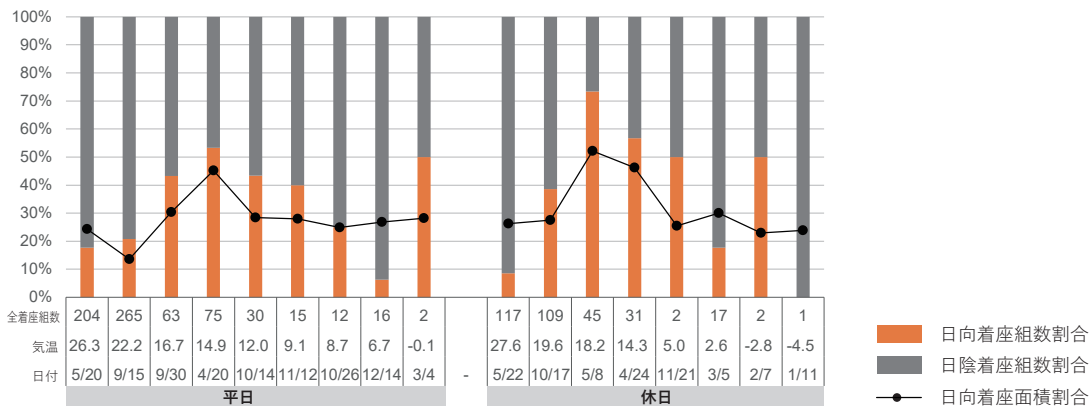
さが好まれるようになったためと考えられる。また、気温 6.7℃以下では、日射による着座組数への影響は見られない。

(2) 日射と着座時間

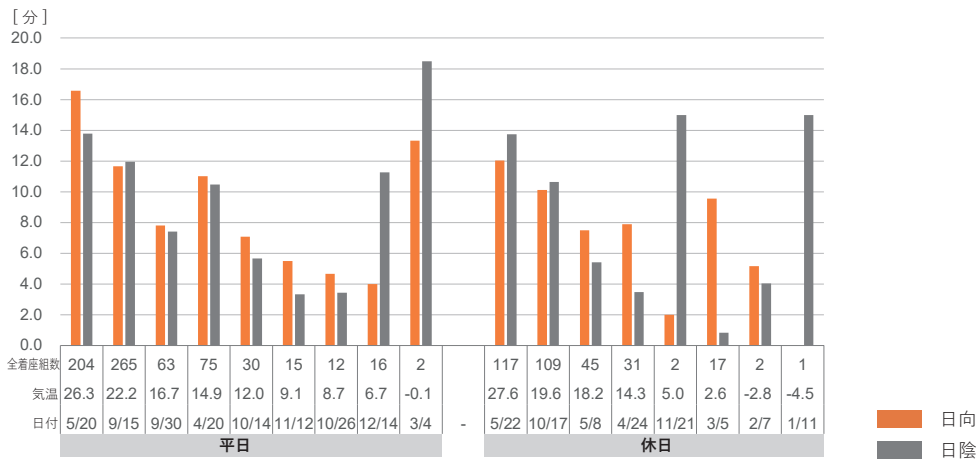
日向の平均着座時間と日陰の平均着座時間の比較を図 5-10-b に示す。着座組数の分析と同様に、平日と休休日それぞれのデータは、気温が高い調査日から順に並べている。

平日について、気温が 16.7℃以下 8.7℃以上の調査日では、日向の着座時間が日陰の着座時間を上回った。一方、気温が 22.2℃以上、もしくは 6.7℃以下では、日射と着座時間の関係は見られなかった。休休日では、気温が 19.6℃から 18.2℃に低下した際、日向の着座時間が日陰の着座時間を上回った。また、気温が 14.3℃から 5.0℃に低下した際、日陰の着座時間が日向の着座時間を上回り、気温 5.0℃以下では、日射と着座時間の関係は見られなかった。

以上より、気温 19.6℃以上では日射と着座時間の関係性は見られず、日射の着座時間への影響は小さいと考えられる。気温 18.2℃以下 8.7℃以上では、日向の着座時間が増加する傾向が見られ、日向ほど長く着座すると考えられる。また、気温 6.7℃以下では日射に



a) 日射と着座組数



b) 日射と平均着座時間

図 5-10 日射と着座行動

よる着座時間への影響は見られない。気温 6.7℃以下では、着座組数、着座時間ともに日射の影響が見られなかったことから、気温 6.7℃以下では日射による着座行動への影響は少なく、気温が低すぎるため日射の影響が小さい、着座する人がコート等を着込む時期になり日射に対する反応が小さい、着座組数が少ないために傾向が確認されなかった等の理由が推察される。

4) 風速の変化による着座行動への影響

すべての調査日において、測定点毎の平均風速と測定エリア内の着座組数、平均着座時間について、散布図を作成し分析を行った。

(1) 風速の変化と着座組数

風速と着座組数の関係を図 5-11-a に示す。平日に関して、気温 26.3℃以上の調査日では、風速と着座組数との関係は見られなかった。気温 12.0～22.6℃の調査日では、風速が大きいほど着座組数の最大値が減少する傾向が見られた。気温 9.1℃以下の調査日では、いずれも着座組数が少なく、風速との関係は見られなかった。休日に関して、気温 14.3～27.6℃の調査日で、風速が大きいほど着座組数の最大値が減少する傾向が見られた。また、気温 5.0℃以下の

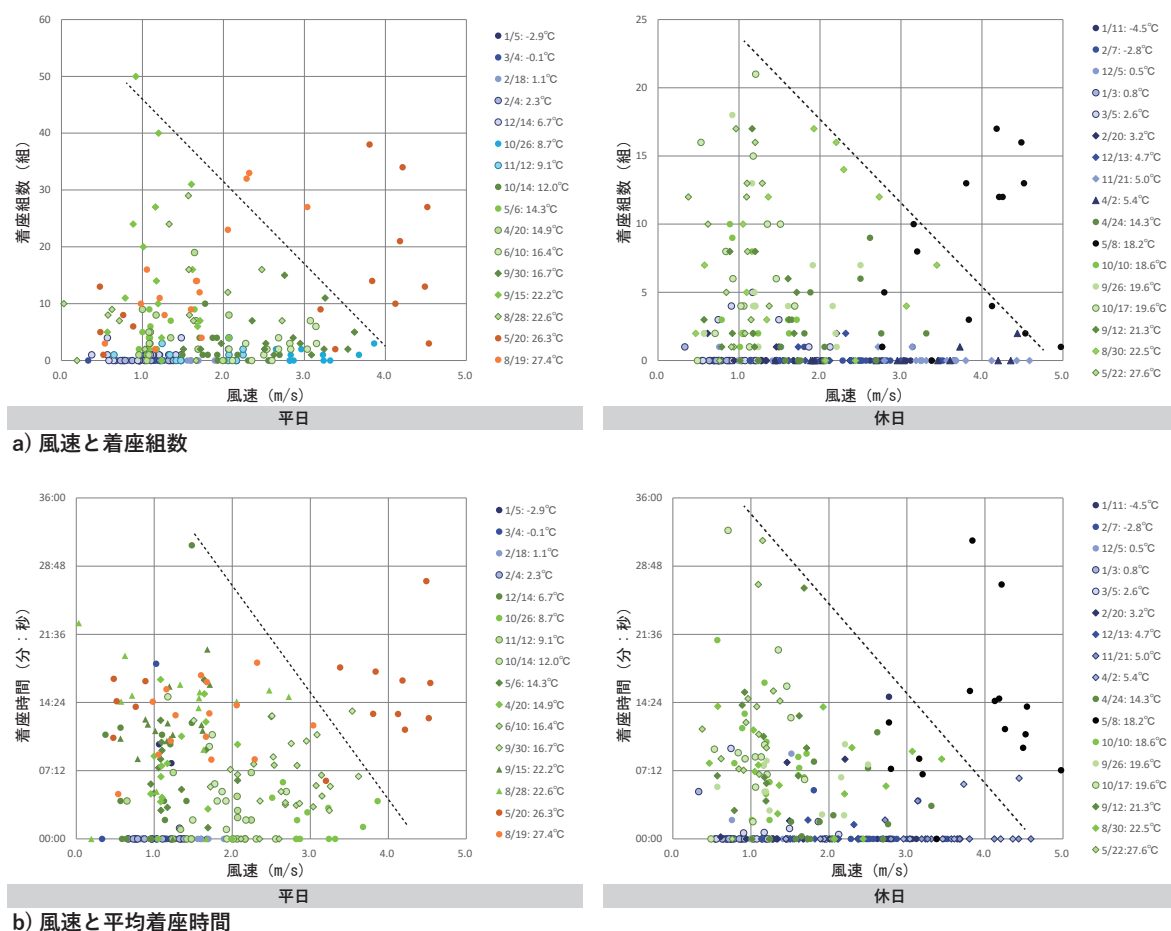


図 5-11 風速と着座行動

調査日では、着座組数が少なく、風速との関係は見られなかった。

以上より、気温 12℃程度以上の時期では、風速が大きい場合、着座しようとする人が減少すると考えられる。

(2) 風速の変化と着座時間

風速と着座時間の関係を図 5-11-b に示す。平日に関して、気温 26.3℃以上の調査日では、風速と着座時間との関係は見られない。気温 6.7～22.6℃の調査日では、風速が大きいほど着座時間の最大値が減少する傾向が見られた。気温 6.7℃以下の調査日では、着座時間のばらつきが大きく、風速との関係は見られない。休祝日に関して、気温 14.3～27.6℃の調査日では、風速が大きいほど着座時間の最大値が減少する傾向が見られた。気温 5.4℃以下の調査日では着座時間のばらつきが大きく、風速との関係は見られなかった。

以上より、気温 6.7℃程度以上では、風速が大きい場合、着座した人が留まる時間が減少すると考えられる。

5.2.4 考察：北3条広場における屋外環境と着座行動の特性

5.2章では、積雪寒冷都市である札幌市の都心OSにおいて、年間を通した屋外環境と着座行動の調査を行い、屋外環境要素（気温、日射、風）と着座行動（着座組数、着座時間）の関係を分析し、以下の関係性を明らかにした。分析結果の整理を図 5-12 に示す。

①気温変化と着座組数には相関関係が見られ、気温低下に伴って着座組数は減少する。特に気温 20℃付近を境に着座組数が大きく減少する傾向が見られる。また、気温 5℃付近を下回ると着座行動はほとんど見られなくなる。したがって、気温 20～5℃周辺の時期において着座組数の減少をなるべく抑制することが重要である。着座時間については、気温との関係が少ない。日射や風といった他の屋外環境要素の影響を考慮することが重要であると考えられる。

②日射と着座行動の関係について、気温 20～5℃周辺の時期では、着座組数と着座時間のいずれも、日向を好む傾向が見られた。日向における明るさや暖かさが、着座行動を促し、また着座した人をより長く滞在させることに効果的であると考えられる。

③風速と着座行動に関して、気温 20～10℃周辺の時期では、風速が大きいほど着座組数や着座時間の最大値が減少する傾向が見られた。風速が大きい場合、着座行動を起こしづらく、また着座した場合にも長く滞在しない傾向があると考えられる。

以上に明示した3点の屋外環境と着座行動の関係性より、積雪寒冷都市・札幌の都心OSでは、屋外環境と着座行動の関係は、以下

に示す大きく3種類の傾向に分かれると考えられる。

- 1) 温暖期（気温 20℃以上程度）：全体的に着座行動が多く、気温以外の屋外環境の影響は比較的小さく、日向を避ける傾向、大きな風速を嫌う傾向が見られる。
- 2) 寒冷移行期（気温 20～5℃程度）：着座行動が大きく変化する時期であり、気温以外の屋外環境の影響を強く受ける。日射環境に関しては、日向が好ましく、着座行動を促し、長く滞在させる効果があると考えられる。風環境に関しては、風速が大きいほど着座行動の発生を抑制し、着座時間も低減させる可能性がある。
- 3) 積雪寒冷期（気温 5℃以下程度）：寒さが厳しいため、着座行動がほとんど見られなくなる。また、降雪・積雪が見られる時期とほぼ同時期であり、雪の影響による着座行動の減少も考えられる。

5.2章では、積雪寒冷都市・札幌の北3条広場を対象に、屋外調査によって屋外環境と着座行動の関係性の分析を行い、大きく3種類の傾向（温暖期、寒冷移行期、積雪期）に整理し、各傾向内での環境要素（気温、日射、風）と着座行動（着座組数、着座時間）の関係性が明らかとなった。

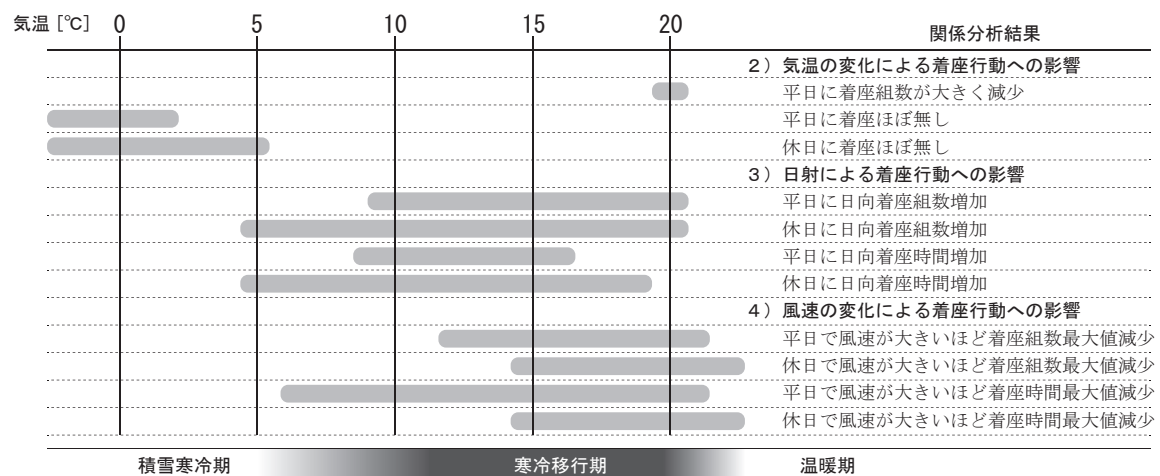


図 5-12 北3条広場における屋外環境と着座行動の関係分析結果整理

5.3 寒冷移行期における都心オープンスペースの空間構成と利用行動

5.3.1 研究の目的

5.2章では、札幌市都心部の北3条広場を対象に屋外調査を行い、都心OSにおける屋外環境と着座行動の関係性を明らかにした。5.3章では、研究対象を増やし、前章で示した屋外環境と着座行動の関係性を確認する。また、空間構成の異なる都心OSの屋外環境と着座行動の関係を比較することにより、空間構成の違いが生み出す屋外環境（以下、微気候）の差と、その微気候の違いによる着座行動への影響を明らかにすることを目的とする。

5.3.2 研究の方法

図5-13に、5.3章の構成を示す。5.3.3章では、調査対象地の選定を行い、各OSの空間構成を把握する。5.3.4章では、実施した屋外調査の結果を整理し、実測結果から各OSにおける屋外環境の特徴と、着座行動の傾向を整理する。5.3.5章では、屋外環境と着座行動の関係性を分析する。

調査対象は、5.2章と同様に、世界の積雪寒冷都市の中でも特に人口が多く、大規模再開発に伴う都市OSの整備が進む札幌市都心部を対象とした。札幌市の都心OSのうち、滞留を目的とした着座スペースが整備されており、かつ建築物の配置と接道条件により、空間構成の異なるOSを持つ3つの地区（北3条広場、エルプラザ、アスティ45）で6タイプのOS（A1～C2）を対象とした。図5-14に各OSの空間構成の特徴を示す。

本章の研究では、各対象OSにおける環境条件の特徴と利用行動の関係性に焦点を当て、屋外環境要素・利用行動について実態調査を行った。調査は、2016年9月から、2017年5月のうち、積雪のない6か月間、月1～2回の頻度で行った。調査は全8日行い、時間帯は、最もOSの利用が見込まれる12時から13時までとした。今回の調査では利用行動と環境条件の関係性に焦点を当てており、オフィスワーカーの昼休みなどによる利用時間の制約を可能な限り排除するため、調査はいずれも休祝日に行った（表5-2）^{注5-2)}。屋外環

注5-2) 4/23は北3条広場にてイベントが開催されたため、C1とC2での調査は中止とした。また、4/29はエルプラザが休館日のため調査協力が得られず、Bでの調査は中止とした。

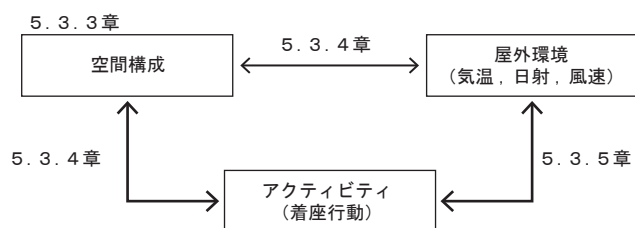


図 5-13 5.3章の分析構成



図 5-14 調査対象のオープンスペース

境要素の測定、および着座行動の観測方法については、5.2.2章と同様の方法を用いた。

5.3.3 都心オープンスペースの空間構成と屋外環境の特性

各調査日について、環境条件と利用状況を整理する。気象庁データより各調査日での札幌広域の気象状況を把握した（表5-3）。

調査日中の気温は、最高で25.1℃（9/3）、最低で5.3℃（3/18）であり、対象のOS間で大きな差異は見られなかった（図5-15）。

各OSにおける風速は、BとC2では、ほぼ全ての調査日で風速が大きい。A2とA3では、安定して風速が低い。A1とC1では、風速の変動が大きく、安定しない（図5-16）。

各OSの日射環境に関して、着座面における日向面積の割合を比較した。調査代表日におけるOSの日影を図5-16に示す。日向面積の割合によって、OSを、①日向の多いOS（着座面の50%以上が日向）、②日向の少ないOS（着座面積の日向が50%未満）、③日向のないOS（日向の着座面なし）の3種類に分類した。

以上の結果より、風速・日射環境に基づいてに、対象OSを表

表5-3 本研究の調査日

	9/3	9/22	10/29	11/12	3/18	4/23	4/29	5/21
気温 (°C)	25.1	19.8	5.5	7.8	5.3	8.4	15.1	22.4
風速 (m/s)	6.5	5.4	10.4	0.8	5.2	3.3	4.9	2.9
天気	曇り	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	曇り

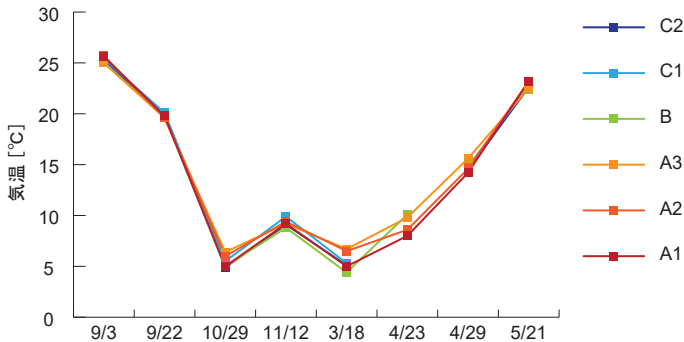


図5-15 調査対象エリア毎の気温変化

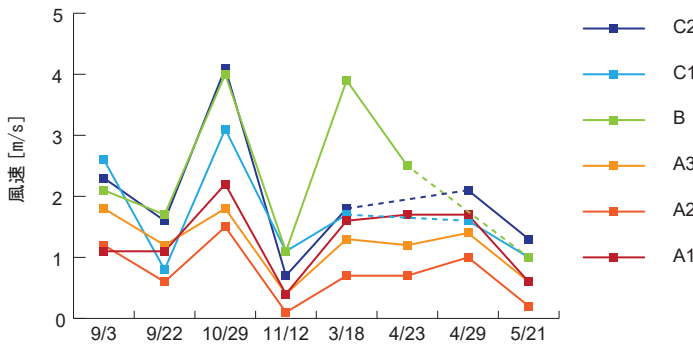


図5-16 調査対象エリア毎の風速変化

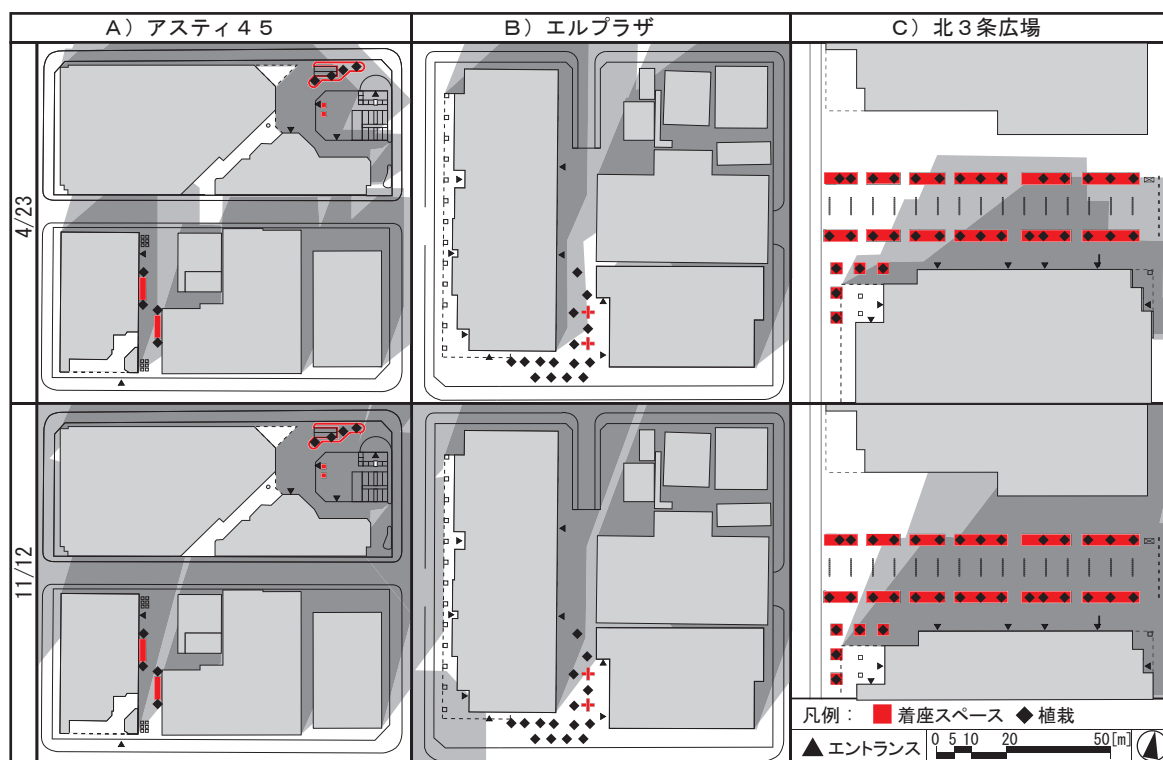


図 5-17 調査対象エリア毎の日向面積

5-4 のように分類した。

次に対象OSにおける着座行動の傾向について整理する。着座箇所をプロットし、着座行動の分布を把握した。どのOSでも、エントランスの周辺は多く着座する傾向が見られた（図 5-18）。

5.3.4 屋外環境の変化と着座行動の関係分析

1) 気温による着座行動への影響

気温変化と着座行動の関係を図 5-19 に示す。気温 20℃以上では、着座組数、着座時間ともに気温の大きな影響は見られない。また気温 5℃以下では、着座行動は非常に少なく、いずれのOSでもほぼ見られなくなった。寒さが厳しいため、どのような空間や微気候でも着座行動がほとんど起こらなかったと考えられる。気温 20℃から 5℃程度までの気温帯では、OSによって着座行動の変化の仕方にばらつきが見られる。これは、OSによって異なる、気温以外の日射・風速といった屋外環境要素も着座行動に影響しているためであると考えられる。したがって、以下では気温 20～5℃を寒冷移行期とし、この時期に焦点を当てて日射と風速の影響を分析した。

表 5-4 風速・日射環境によるOSの分類

		風環境		
		風が弱いOS	風が不安定なOS	風が強いOS
日射環境	日向の多いOS	-	C 1	B
	日向の少ないOS	-		C 2
	日向のないOS	A 2, A 3	A 1	



図 5-18 対象エリアでの着座位置

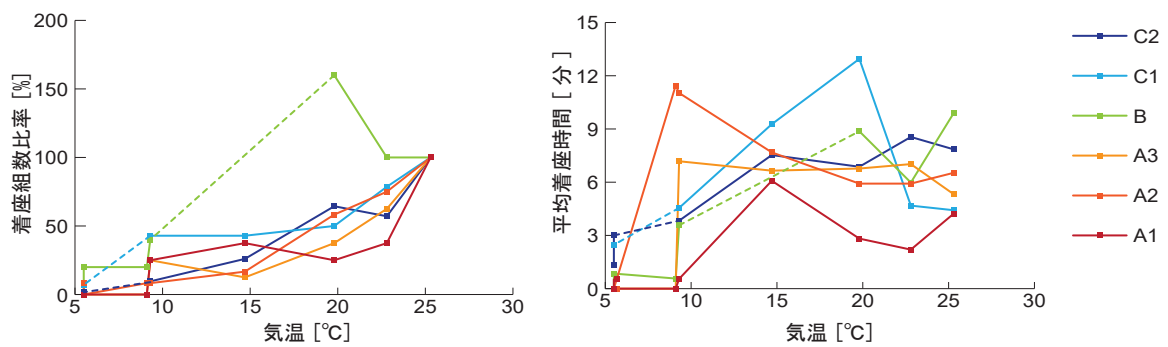


図 5-19 気温と着座行動

2) 日射による着座行動への影響

日向のあるOSにおける、気温変化と着座行為の関係を図5-20に示す。日向の多いOS（B、C1）では、気温20～8℃程度まで着座組数の減少率が他のOSと比較して小さく、減少が抑制されている。着座時間については、日射による影響が見られない。

寒冷移行期におけるの日影形状と着座位置を図5-21に示す。気温7.8℃以下の調査日では、日向の着座面へ集中する様子が見られ、日向の着座面が好んで選択されていると考えられる。

3) 風速による着座行動への影響

風環境の異なるOSごとに、気温変化と着座行動の関係を図5-22に示す。着座組数の変化について、風環境の異なるOS間での差異は見られなかった。

着座時間の変化について、風が弱いOS（A2、A3）では、他のOSに比べて、気温20℃から8℃程度まで気温が低下する中でも、着座時間の減少が比較的少ないことが明らかとなった。

5.3.5 考察：札幌の都心オープンスペースにおける屋外環境と利用行動

5.3章では、積雪寒冷都市の都心OSにおける、屋外環境と着座行動の関係性について、3地区6タイプのOSを対象に屋外調査を行い、以下4点を明らかにした。

①気温20℃以上では、着座組数、着座時間、着座位置に関して屋外環境の影響は少なく、屋外環境の差異によらず多くの着座行動が見られた。また気温5℃以下で積雪のある時期には、OSでの着座行動は、寒さが厳しくほぼ見られない。

②気温20℃以下5℃程度までの寒冷移行期では、OSによって、着座組数の減少や着座時間、着座位置が異なり、気温以外の屋外環境要素（日射、風）の影響が見られる。そのため、寒冷移行期での着座行動の促進には、OSの微気候をコントロールし、着座行動に望

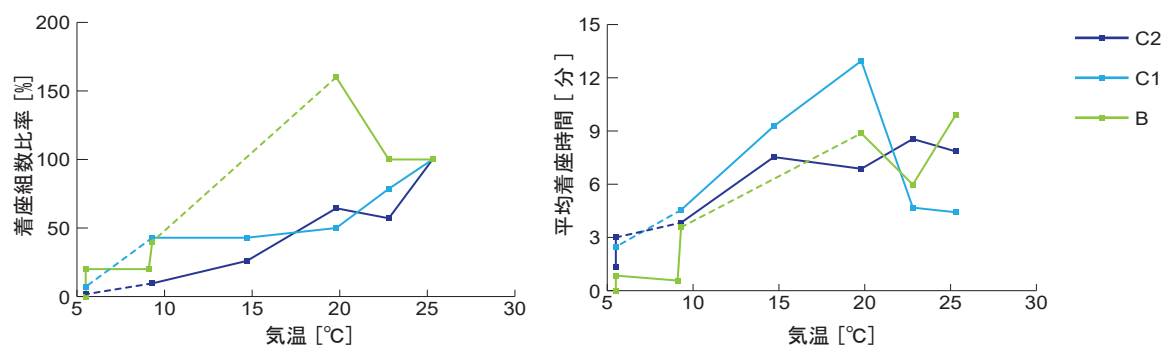


図 5-20 日射と着座行動

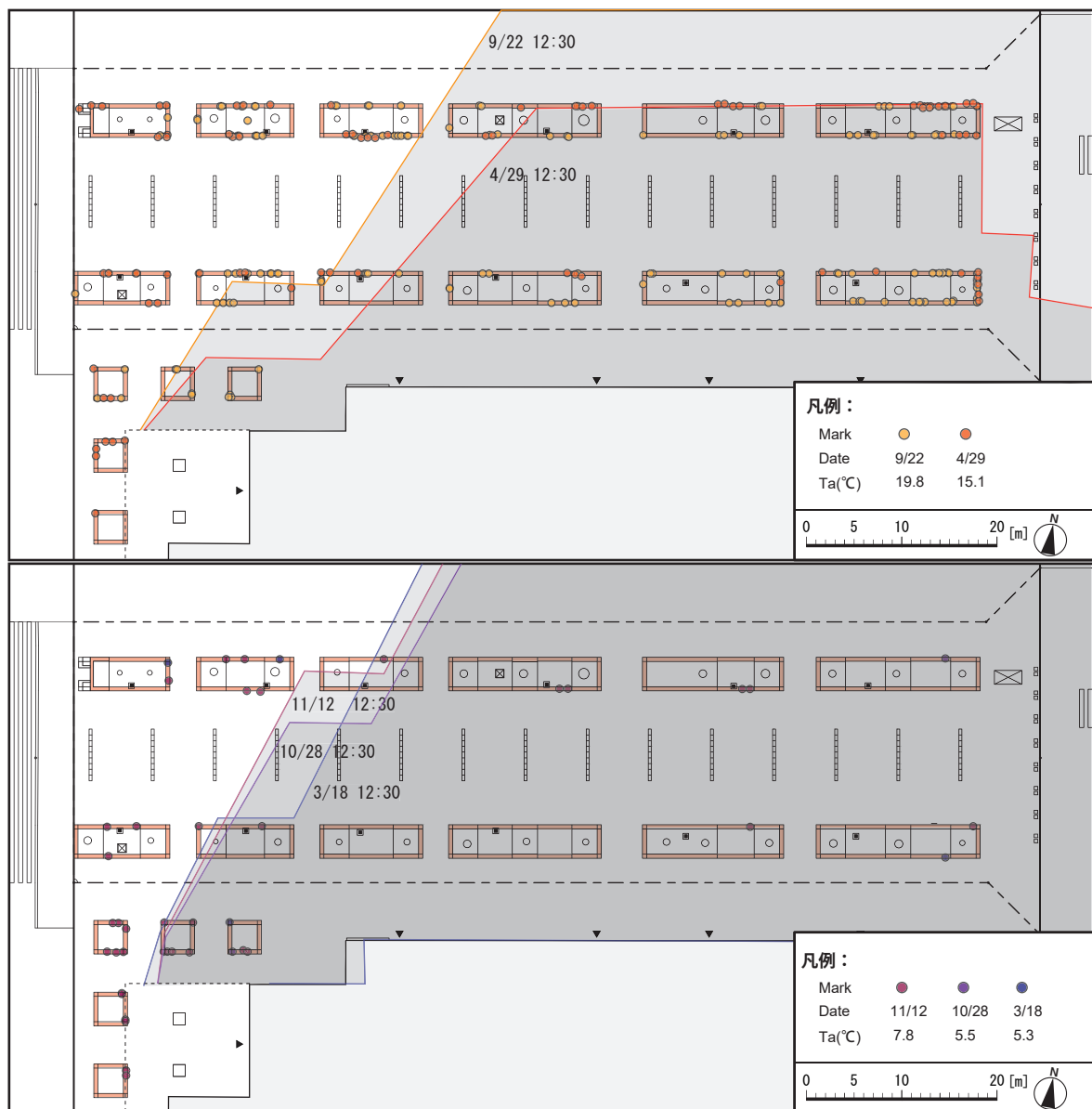


図 5-21 寒冷移行期の日影と着座位置

ましい環境を創出することが重要であると考えられる。

③寒冷移行期の着座行動では、日向の着座スペースが好まれ、日向の多いOSでは8℃程度まで着座組数の減少が抑制される。日向のある状況が、着座行動のきっかけになっており、着座組数の増加を促すと考えられる。

④寒冷移行期において、風が弱いOSでは、気温が低下するなかでも着座時間の減少が抑制される。風速を低減することで、着座した人がより長い時間滞在できる環境を創出できると考えられる。

5.3章では、空間構成の異なる複数の都心OSを対象に屋外調査を行うことで、積雪寒冷都市の都心OSにおける屋外環境と着座行

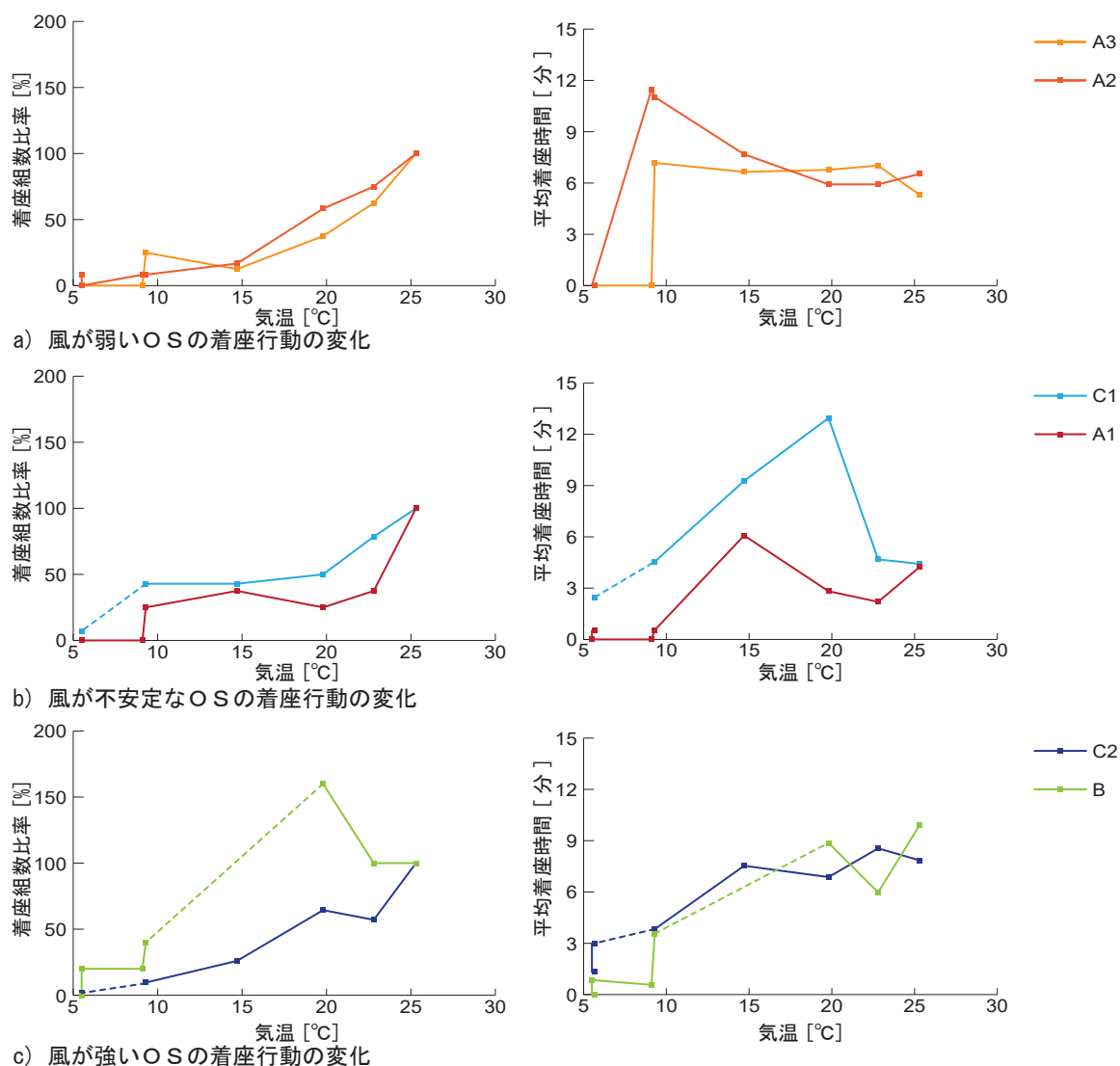


図 5-22 風速と着座行動

動の関係を明らかにした。5.2章で明示した屋外環境と着座行動に関する3種類の傾向（温暖期、寒冷期、積雪寒冷期）の区分については、同様の傾向を北3条広場以外のOSでも確認することができた。また寒冷移行期における日射と着座行動の関係については、着座組数への影響が強く、着座時間への影響は少ないことが確認された。風速と着座行動の関係については、着座組数への影響は少なく、着座時間への影響が強いことが確認された。

以上より本研究では、積雪寒冷都市の都心OSにおいて、気温20～5℃程度の寒冷移行期に、着座行動と気温以外の屋外環境要素の関係が強いことを明らかにした。積雪寒冷都市の都心OS利用を促すには、寒冷移行期において日向面積をなるべく大きくするデザイン（例えば、高層部を棟状にするなど）と、風速を低減するデザインするデザイン（例えば、低層基壇部を大きくする、街路樹を植えるなど）が特に重要であると言える。

5.4 積雪寒冷期における都心オープンスペースの利用行動

5.4.1 研究の目的

5.2章、5.3章では、積雪寒冷都市の都心OSにおける着座行動に着目し、屋外環境と着座行動の関係性を明らかにすることで、気温の低下に伴う都心OSの利用減少を抑制する方針を示した。5.4章では、5.1章において提示した積雪寒冷都市の都心OSの課題のうち「積雪による都心OS利用の障害の軽減と特有のアクティビティの促進」に焦点を当てる。前章までに提示した大きく3種類の傾向（温暖期、寒冷移行期、積雪寒冷期）のうち、積雪寒冷期に着目し、積雪状況と着座行動以外のアクティビティを分析することにより、積雪とアクティビティの関係性を明らかにすることを本章の目的とする。

5.4.2 研究の方法

調査対象は、5.2章と同様に世界でも有数の積雪寒冷都市である札幌市都心部とし、唯一の都市計画広場である北3条広場とした。屋外環境要素の計測について、気温、日射、風速は5.2章と同様の方法で行った。

積雪については目視により状況を把握した上で、15箇所の測定点の積雪深を測定しその平均値を算出した。それらの情報を基に、松沢ら⁵⁻¹⁴⁾が示す新路面分類（図5-23）を参考に、OS内の雪質を9種類に分類し（図5-24）、その範囲を記録した。

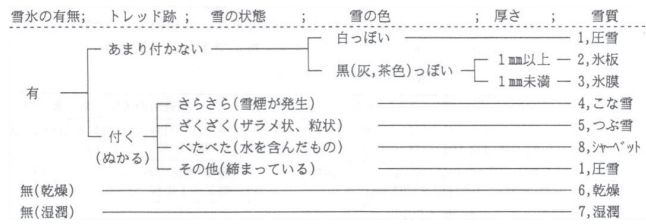
アクティビティは5.2章と同様にビデオカメラで撮影を行った。

調査は、積雪期を想定し、積雪直前の時期を含めた期間で、降雨や降雪のない日とし、合計6日間行った。調査時間は、前章と同様にOSの利用が最も見込まれる12～13時の1時間とした。

5.4.3 積雪状況とアクティビティ

1) 調査結果の概況

表5-5に調査結果の概況を示す。11/12と11/21では、積雪はないが気温は7.7℃と4.9℃と低く、前章で示した積雪寒冷期の直前にあたる。OS内における着座以外のアクティビティを分析し、立ち止まり、雪遊び、歩行の大きく3種類に分類した（図5-25）。11/12、11/21の調査日では積雪は見られず、12/18以降の調査日で積雪が確認された。積雪がある調査日では、着座する人はほとんど見られなかった。また、積雪のある調査日では、歩行者数の減少も見られた。対象の北3条広場は、地下歩行空間があり、積雪のある時期には地上の歩行者が地下へ流れたためと考えられる。一方で、積雪のある

図 5-23 新路面分類²⁻¹⁴⁾

5-14) 松沢勝, 加治屋安彦, 石本敬志:
新路面分類と 94/95 冬期路面状況, 北
海道の雪氷, No. 14, 52-55, 1995

1) 乾燥

地面に積雪が無く、地面が乾いている状況



2) 湿潤

地面に積雪が無く、地面が濡れている状況



3) 圧雪①

地面に積雪があり、足跡がつくが、白色をしていて地面が見えない状況



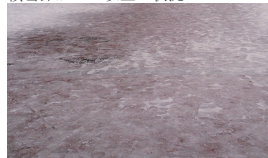
4) 圧雪②

地面に積雪があり、足跡がつくが、締まっている状況



5) 氷板

地面に積雪があり、足跡がつかず、透明で地面が見え(黒色や灰色)、積雪深が 1mm 以上の状況



6) 氷膜

地面に積雪があり、足跡がつかず、透明で地面が見え(黒色や灰色)、積雪深が 1mm 未満の状況



7) こな雪

地面に積雪があり、足跡がつき、さらさらと雪煙が発生する状況



8) つぶ雪

地面に積雪があり、足跡がつき、ざくざくと粒状の状況



9) シャベット

地面に積雪があり、足跡がつき、べたべたと水を含む状況



図 5-24 雪質の分類



図 5-25 積雪期のアクティビティ

表 5-5 屋外環境とアクティビティの概況

屋外環境						アクティビティ				
年月日	気温 [°C]	風速 [m/s]	天気	積雪深 [cm]		着座 [人]	立止り [人]	雪遊び [人]	歩行 [人]	立止り / 歩行 [%]
2015	11/12 平日	7.7	1.7	晴	0	15	60	0	1,406	4.3
	11/21 休日	4.9	3.5	晴	0	2	43	0	683	6.3
	12/18 平日	2.1	2.0	晴, 曇	17.4	0	99	34	853	11.6
2016	1/3 休日	1.3	0.7	曇	4.1	1	140	4	332	42.2
	1/7 平日	-1.3	2.0	晴, 曇	3.1	4	25	0	761	3.3
	1/17 休日	-1.9	1.1	晴, 雪	7.6	1	79	18	333	23.7

調査日には、立ち止まる人の増加が見られ、その多くは写真撮影を行っていた。その他、積雪のある調査日には「雪遊び」という新たなアクティビティが見られた。

各調査日における積雪状況を図 5-26 に示す。12/18 ではつぶ雪、1/3 および 1/7 では氷板、1/17 ではこな雪と圧雪が多くの範囲で見られた。観測された積雪状況を基に、12/18 と 1/17 の調査日を「積雪あり」、1/3 と 1/7 の調査日を「滑りやすい路面」として区分し、分析を行った。

2) 歩行経路と積雪

各調査日における歩行動線の軌跡、および立ち止まりと雪遊びの位置を図 5-27 ～ 5-29 に示す。

積雪のない調査日には、南北方向に広場を横断する動線が、最短経路以外にも多く見られた。また、広場を東西に通過する動線も多く、動線が広場中央の幅員一杯に分散していた。

積雪がある状況では、広場を東西、南北に通過する動線は、最短経路、除雪箇所、ロードヒーティングの敷設箇所に集中していた。また、積雪によって広場中央への進入は減少している一方で、雪遊びや写真撮影のための立ち止まりは増加しており、通過目的以外のアクティビティの割合が増加した。

滑りやすい路面の調査日には、積雪がある状況と比較して、広場中央の動線が分散する傾向が見られた。氷板が多く積雪が少ないため、雪遊びは減少していた。一方で、滑りやすい路面を楽しむために広場中央へ進入し立ち止まる人も見られ、特に休祝日で広場中央に入り込む人が多く見られた。

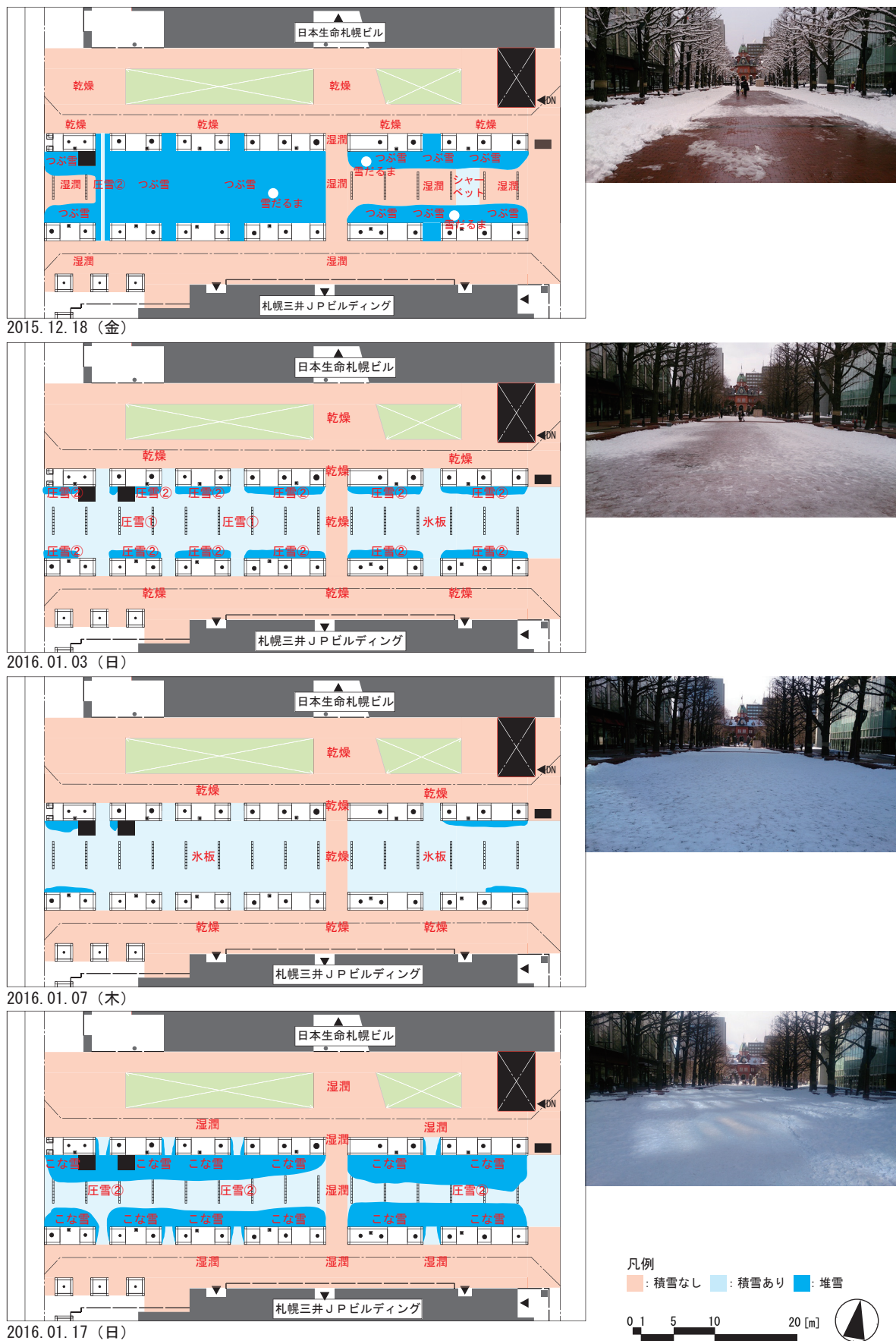


図 5-26 調査日積雪状況

5.4.4 考察：北3条広場における積雪寒冷期の利用行動の特性

5.4章では札幌市の都心OSである北3条広場を対象に、屋外調査を行い、積雪期における屋外環境とアクティビティの関係について分析を行った。その結果、以下に示す3点が明らかとなった。

①積雪のある時期では、「着座」と「歩行」は減少する。歩行経路は、積雪のある箇所を避けて選択される傾向にあり、積雪深が大きい場合によりその傾向は強くなる。したがって出入口付近や出入口を結ぶ最短経路等、動線上必要となる箇所では、歩行の障害となる恐れがあるため、積雪を低減する配慮が求められる。

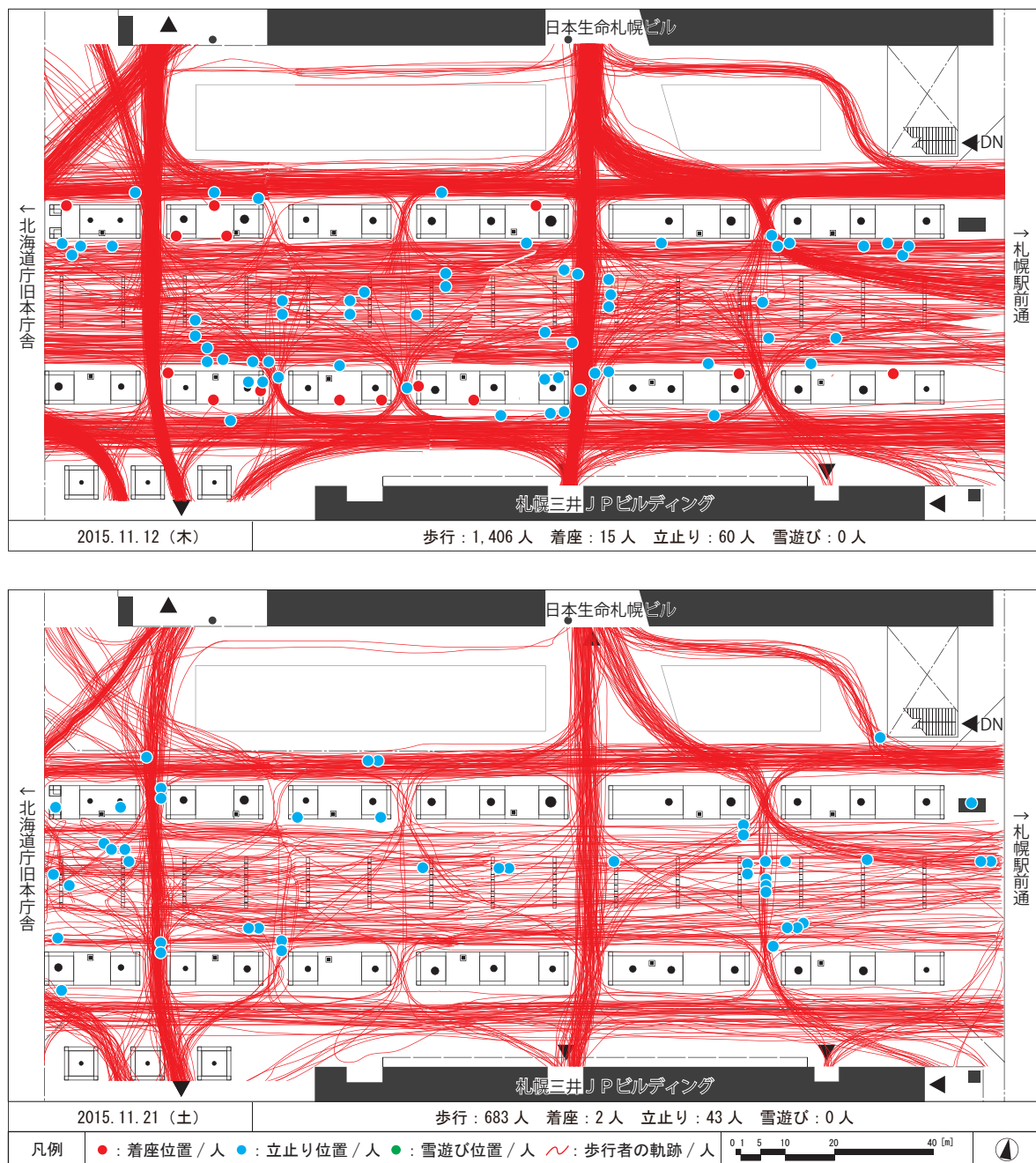


図 5-27 積雪なしでの利用行動プロット図

②一方で、積雪のある時期には、「立ち止まり」が増加する。立ち止まりの多くは写真撮影を行っており、積雪寒冷都市らしい冬の景観が好まれたものと考えられる。

③また、積雪のある時期では、「雪遊び」という新たな種類のアクティビティが発生する。積雪寒冷都市特有で、積雪期のみに見られる、貴重なアクティビティであると言える。

以上より、積雪は、歩行の障害となることから、出入口や主要動線では積雪を低減するよう建築形態の配慮や除雪が求められる一方、立ち止まりの増加や雪遊びのような新たなアクティビティを促す効

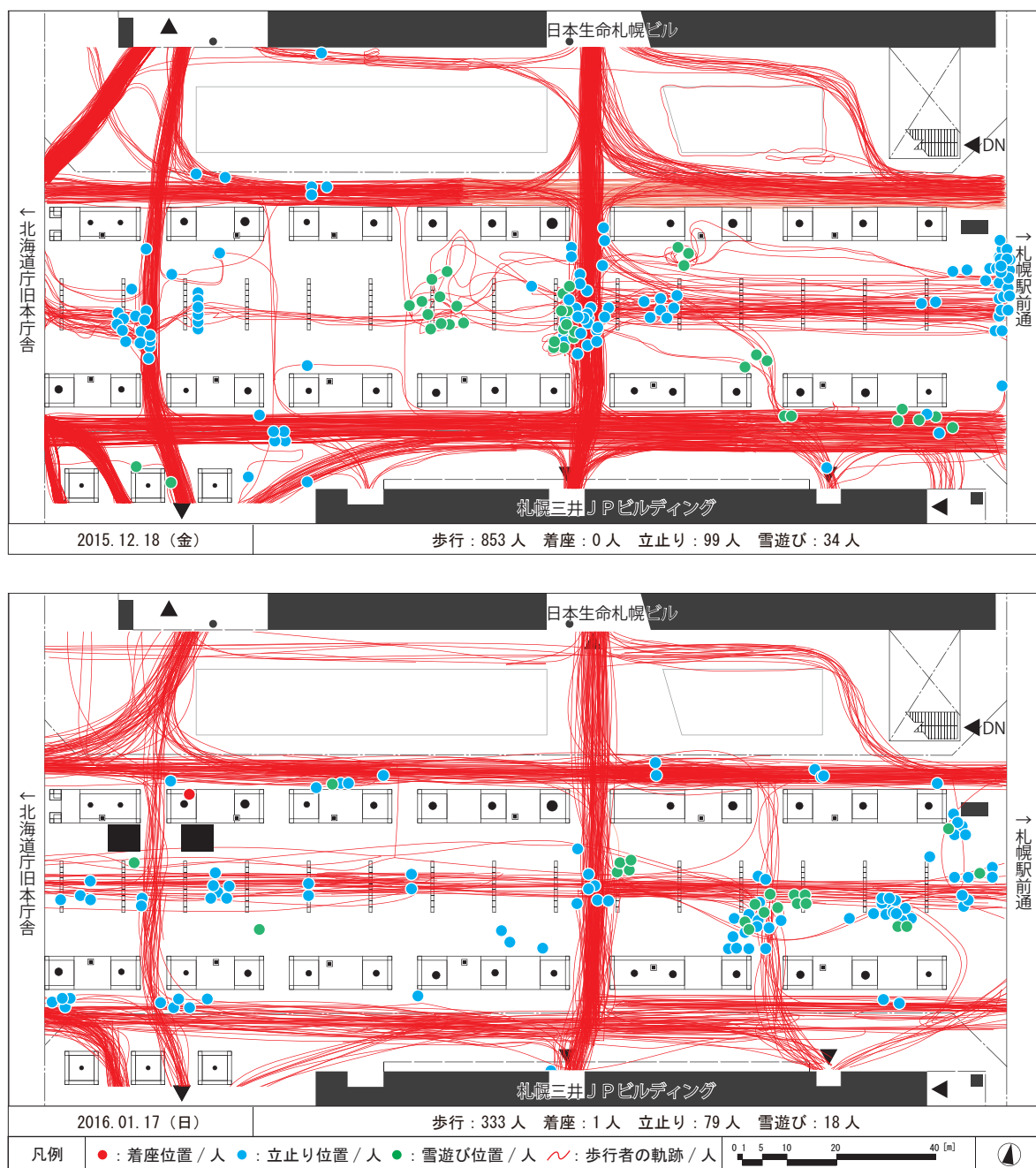


図 5-28 積雪ありでの利用行動プロット図

果があり、適度な積雪が積雪期の都心OSの利用促進につながると考えられる。したがって、積雪寒冷都市の都心OSのデザインでは、必要な動線経路とその他のアクティビティを行うスペースとを見極め、必要動線の除雪を行いながらも、雪を残す動線や雪遊びを行える堆雪スペースを確保することが望ましい。

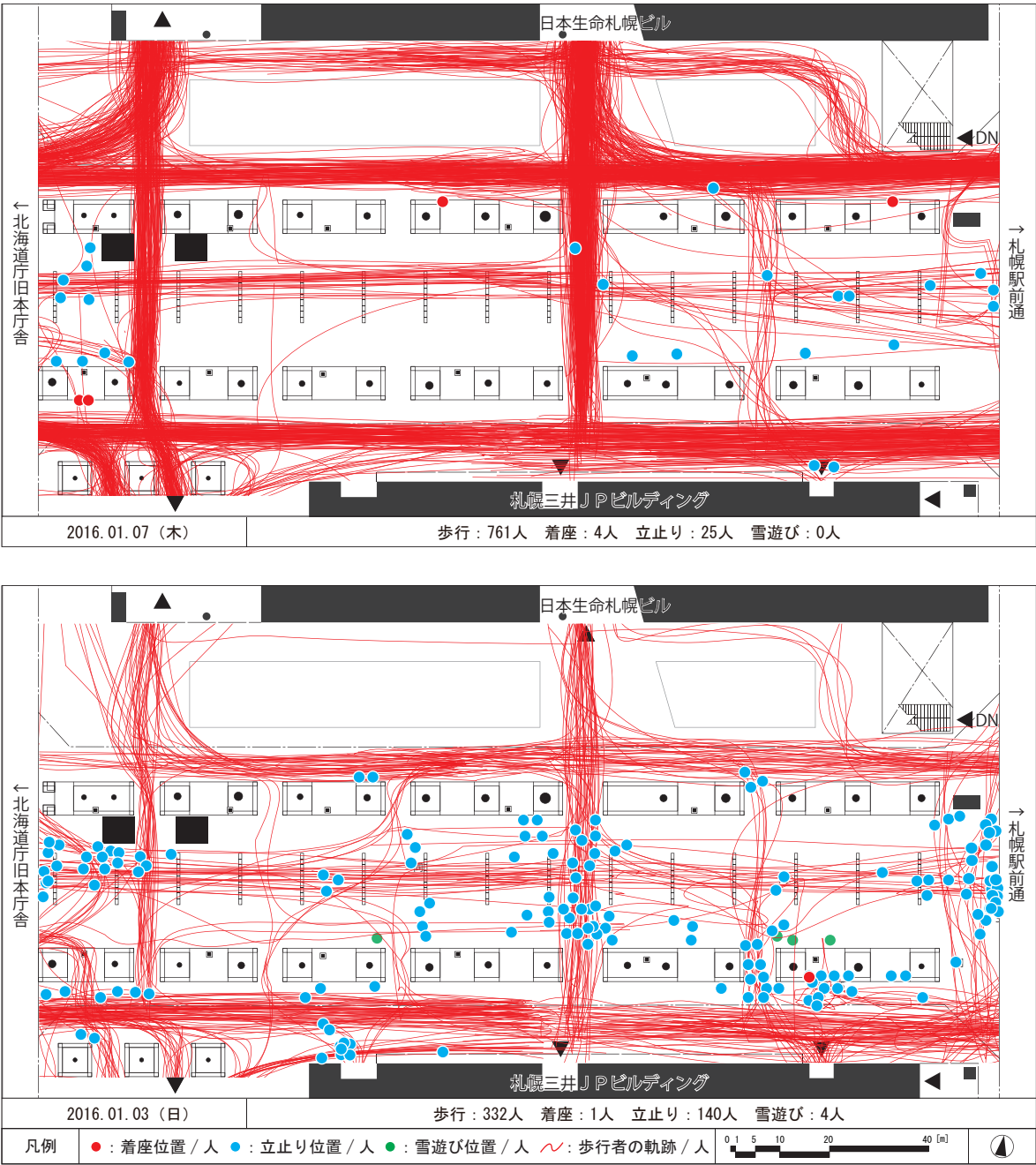


図 5-29 滑りやすい路面での利用行動プロット図

5.5 第5章のまとめ

5章では、積雪寒冷都市における都心OSの課題（①気温低下に伴う都心OS利用減少の抑制、②積雪による都心OS利用の障害の軽減と特有のアクティビティの促進）解決に向けて、積雪寒冷都市の都心OSにおける屋外環境とアクティビティの関係を明らかにすることを目的に、札幌市都心部のOSを対象に屋外調査を行った。

5.2章では、北3条広場を対象に、年間を通じた屋外環境の変化と着座行動の関係を分析した。その結果、屋外環境と着座行動の関係を次に示す大きく3種類の傾向に分類した。

温暖期（気温20℃以上程度）では、全体的に着座行動が多く、気温以外の屋外環境の影響は比較的小さいく、日向を避ける傾向、大きな風速を嫌う傾向が見られる。

寒冷移行期（気温20～5℃程度）は、着座行動が大きく変化する時期であり、気温以外の屋外環境の影響を強く受ける。日射環境に関しては、日向が好ましく、着座行動を促し、長く滞在させる効果があると考えられる。風環境に関しては、風速が大きいほど着座行動の発生を抑制し、着座時間も低減させる可能性がある。

積雪寒冷期（気温5℃以下程度）は、寒さが厳しいため、着座行動がほとんど見られなくなる。また、降雪・積雪が見られる時期とほぼ同時期であり、雪の影響による着座行動の減少も考えられる。

5.3章では、対象を北3条広場、エルプラザ、アスティ45の3つのエリアの6箇所のOSとし、OSの空間構成の違いによる屋外環境と着座行動の関係を分析した。その結果、対象OS間で比較した場合にも5.2章で示した3種類の傾向があること確認し、各傾向について次のことを明示した。

温暖期（気温20℃以上程度）では、着座行動への屋外環境の影響は少なく、屋外環境の差異によらず多くの着座行動が見られ、積雪期（気温5℃以下程度）には、OSでの着座行動は、寒さが厳しくほぼ見られない。寒冷移行期（気温20℃以下5℃程度）では、OSによって、着座組数の減少や着座時間、着座位置が異なり、気温以外の屋外環境要素（日射、風）の影響が見られる。したがって、寒冷移行期での着座行動の促進には、OSの微気候をコントロールし、着座行動に望ましい環境を創出することが重要である。

寒冷移行期の着座行動では、日向の着座スペースが好まれ、日向の多いOSでは8℃程度まで着座組数の減少が抑制される。日向のある状況が、着座行動のきっかけになっており、着座組数の増加を促すと考えられる。

寒冷移行期において、風が弱いOSでは、気温が低下する中でも

着座時間の減少が抑制される。風速を低減することで、着座した人がより長い時間滞在できる環境を創出できると考えられる。

したがって、寒冷移行期における都心OSの利用を促す望ましいOSデザインとして以下の2点が挙げられる。

- ①日向面積を多く確保するデザイン（東西幅を抑えた棟状など）
- ②地上の風速を抑制するデザイン（大きな基壇部、街路樹など）

5.4章では、積雪寒冷期に焦点を当て、北3条広場における屋外環境とアクティビティの関係を分析した。その結果、次のことを明らかにした。

積雪は着座、歩行に対しては障害となる。そのため入口付近や出入口を結ぶ最短経路等、動線上必要となる箇所では積雪の低減や除雪が必要である。

一方で積雪は、写真撮影などの立ち止まりを増加させ、「雪遊び」という積雪寒冷期特有のアクティビティを発生させる。そのため、必要な動線経路とその他のアクティビティを行うスペースとを見極め、必要動線の除雪を行いながらも、雪を残す動線や雪遊びを行える堆雪スペースを確保することが望ましい。

以上より5章では、積雪寒冷都市の都心OSにおいて、北方型スマート街区のオープンスペースデザイン方針として、気温低下に伴う利用減少を抑制する方針、および積雪期における利用の障害と特有のアクティビティを促進する方針を明らかにした。積雪寒冷都市の都心OSの利用を促すには、以上に示した方針を、周辺建築を含めたOSデザインと対応させて計画を行うことが重要である。

6. 北方型スマート街区の既成市街地更新モデルの開発

6.1 研究の背景と目的

6.2 研究の方法

6.3 開発方針デザインの開発

6.3.1 対象街区の概要

6.3.2 開発方針デザインの検討モデル

6.3.3 開発方針デザインの風雪環境評価

6.3.4 開発方針デザインの除雪エネルギーの分析

6.3.5 開発方針デザイン検討のまとめ

6.4 形態ボリュームデザインの検討

6.4.1 対象街区の概要

6.4.2 現況更新型街区の街区空間形態に対する風雪環境評価

6.4.3 形態ボリュームデザインの検討モデル

6.4.4 形態ボリュームデザインの風雪環境評価

6.4.5 形態ボリュームデザインの除雪エネルギーの分析

6.5 部分形態デザインの開発

6.5.1 部分形態デザインの検討モデル

6.5.2 部分形態デザインの風雪環境評価

6.5.3 部分形態デザインの除雪エネルギーの分析

6.5.4 部分形態デザイン検討のまとめ

6.6 第6章のまとめ

6.6.1 既成市街地更新モデルのデザインガイドライン

6.6.2 既成市街地更新モデルのデザインプロセス

6.1 研究の背景と目的

6章では、2章で明らかにした街区タイポロジーのうち、「高容積中層街区」の街区空間形態に焦点を当て、風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーを低減する北方型スマート街区の「既成市街地更新モデル」のデザインガイドラインとデザインプロセスを明らかにすることを目的とする。

6.2 研究の方法

6章の構成と既成市街地更新モデルの検討プロセスを図6-1に示す。6章は以下の大きく3つの段階で構成される。

6.3章では、街区の開発方針デザインについて検討を行う。まず、開発方針の異なる街区空間形態を計画し、環境エネルギー評価を行う。その結果に基づき、開発方針デザインモデルの街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギーとの関係を明らかにする。

6.4章では、6.3章で明らかになった最も風雪の影響を低減する開発方針に基づき、形態ボリュームデザインの検討を行う。まず、現在の街区更新の方針に則った街区空間形態を計画し、風雪環境評価によって、風雪環境の課題を把握する。次に、街区全体で形態コントロールを行った3つの検討モデルを計画し、それらに対して環境・エネルギー評価を行う。以上より、形態ボリュームモデルの街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギーの関係を明らかにする。

6.5章では、6.4章で明らかにした、最も風雪の影響を低減する形態ボリュームデザインに基づき、部分形態デザインの検討を行う。形態ボリュームデザインにおける風雪環境の課題を念頭に、2つの部分形態デザインモデルを計画し、環境エネルギー評価を行う。その結果に基づき、部分形態デザインの街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギーとの関係を明らかにする。

6.6章では6.3章～6.5章の結果より、既成市街地更新モデルの各検討段階における街区空間形態と風雪環境・除雪エネルギーの関係を、デザインガイドラインとデザインプロセスとして考察する。

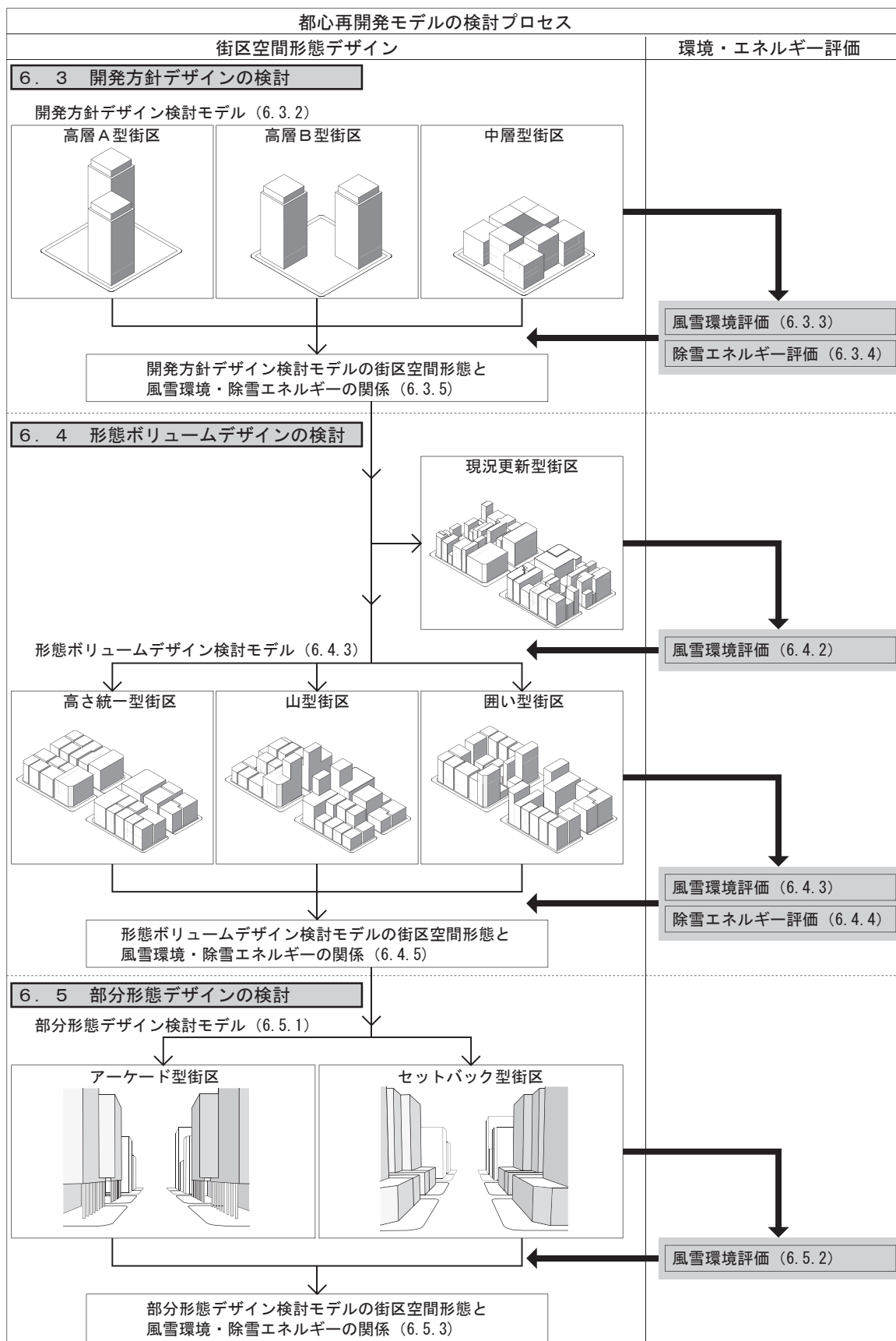


図 6-1 既成市街地更新モデル検討の検討プロセス

6.3 開発方針デザインの検討

2章で分類した高容積中層街区に該当する街区空間形態と風雪環境の関係について、瀬戸口ら⁶⁻¹⁾が風雪シミュレーションを用いた分析を行っている。本章の研究では、瀬戸口らの既往研究を北方型スマート街区の既成市街地モデルにおける開発方針デザインの風雪環境評価と位置づけ、瀬戸口らの用いた対象街区および検討モデルに基づき、風雪環境評価の確認を行うとともに、除雪に要するエネルギー量の分析を行うことで、開発方針デザインの検討を行う。

6-1) 瀬戸口剛ほか：風雪シミュレーションを用いた高層建築街区と中層建築街区が周辺の公共空間に与える風雪環境評価，日本建築学会計画系論文集 No. 614, pp167-174, 2007.4

6.3.1 対象街区の概要

対象街区の概要を図6-2に示す。対象街区は、瀬戸口らの既往研究当時は、大規模な駐車場として利用されていたが、現在は既に再開発が行われている。土地利用用途区分は商業地域で、指定容積率は800%であったが、都市再生特別地区に指定され、容積率の限度は900%まで緩和されている。しかし、本章では既往研究との関係明確にするため、瀬戸口らの既往研究時の状況を基本として、検討を行うものとする。対象街区周辺の状況は、都市計画の特別な指定はなく、札幌都心部として一般的なものであり、既成市街地モデルの開発方針デザインを検討するに十分であると考えられる。街区周辺の歩道は、既往研究当時も現在も非常に人通りが多く、冬季でも良好な歩行環境が求められる。

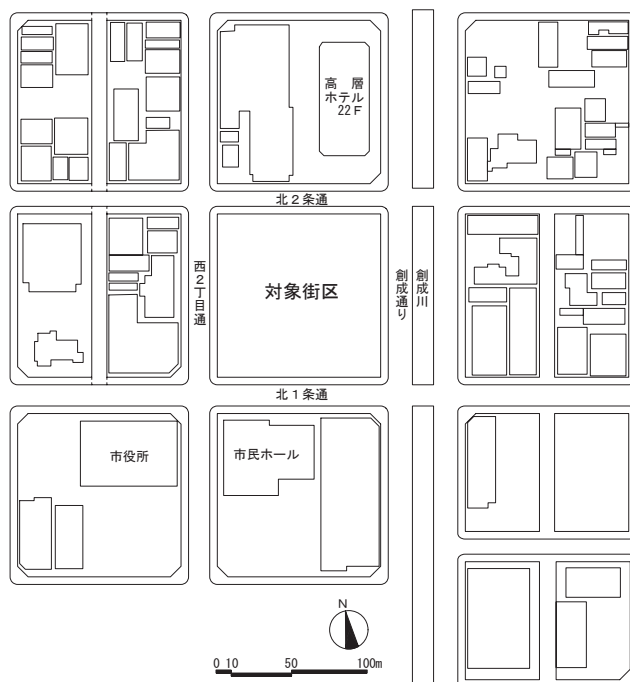


図6-2 開発方針デザイン検討の対象街区

6.3.2 開発方針デザインの検討モデル

開発方針デザインの検討モデルには、瀬戸口ら⁶⁻¹⁾の研究に基づき、高層建築に更新された場合の2つのモデル（高層A型街区、高層B型街区）と中層建築に更新された場合のモデル（中層型街区）の、計3つの検討モデルを用いた（図6-3）。

高層A型街区：街区内のオープンスペースが高層建築と街路によって囲まれ、人々が滞留しやすことを意図して、33階建てのツインタワーとしている。卓越風の流れる方向に対して、ほぼ直列に2棟の高層建築を配置し、風上方向となる北西タワーと、風下方向となる南東タワーの2棟で構成される。

高層B型街区：高層A型街区と同形状のツインタワーを、卓越風の流れる方向とほぼ直交に、並列に2棟の高層建築を配置している。2棟の高層建築とも同時に卓越風を受ける形で、北東タワーと南西タワーが街区の北東、南西にそれぞれ配置されている。

中層型街区：中層型は11階建てと14階建てとなるよう計画している。建蔽率を高めて屋外空地を少なし、高さを抑えると同時に、街区周辺の通りの賑わいを生み出すことを目的としている。周辺の街路沿いに街並を形成するために、建築物の壁面が単調にならないよう変化を持たせている。中央にアトリウムを設け、公共空間としている。建築面積の大きい中層型の場合、中庭空間の質は重要である。中庭での活動を促し、また中庭にしか面さない居室も多くなるため、中庭に良好な環境を備えていなければならない。そのため、中層型の開発では中庭をアトリウムとしている。

街区容積率は、いずれのモデルも800%で統一し、建蔽率は、高層A型街区と高層B型街区で25%、中層型街区で74%とした。

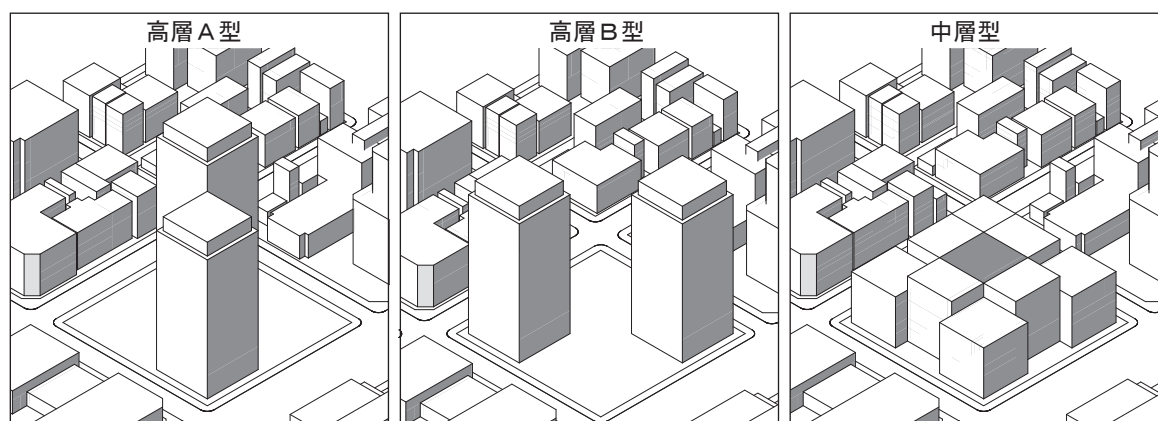


図6-3 開発方針デザインの検討モデル

6.3.3 開発方針デザインの風雪環境評価

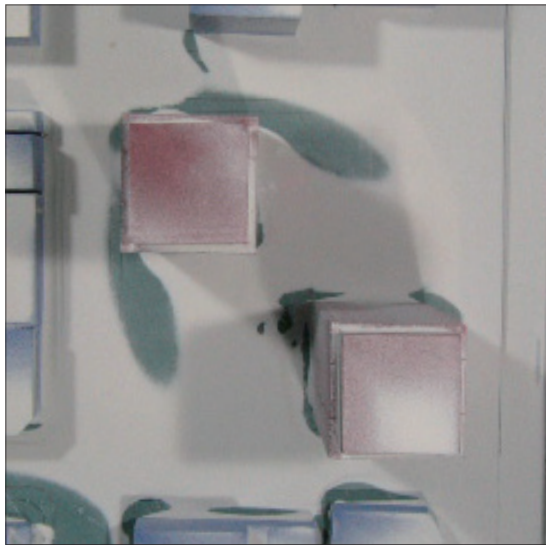
3つの検討モデルに対する風雪シミュレーションの結果を図6-4～6-6に示す。

高層A型において、公共空間の積雪状況では、風上側の建物において建物周りの雪の吹き払いが顕著に見られる。吹き払いは、歩道にまで及んでいる。また、その風下側に一部吹き溜りが見られる。直列型の配置は風上側の建物において卓越風の影響を大きく受けるのに対し、風下側の建物の影響は小さい。また風環境では、建築脇で強風が見られる。両建築において、建築脇に入る前と後では大きく風の強さが異なる。南側の歩道で4m/s以上の風が吹いており、流入前の2倍近くの値を示している。これは、気温以上に寒さを感じさせる大きな要因となり、歩行空間としては劣悪である。

高層B型において、公共空間の積雪状況では、2つの建物において建物周りの雪の吹き払いが顕著に見られる。並列型の配置は2つの建物において卓越風の影響を大きく受けることがわかる。吹き払いの雪は後方に向かって大きく広がり、吹きだまりを形成している。また、2つの建物に挟まれた風上側のオープンスペースにも大きな吹き溜りを形成している。風環境では、建築脇で強風が見られる。高層A型と同様に、両建築において、建築脇に入る前と後では大きく風の強さが異なる。特に北側の建築では、流入前に1.5m/sであった風が、脇に入ると2倍以上の値を示している。これは、気温以上に寒さを感じさせる大きな要因となり、歩行空間として劣悪である。

中層型において、公共空間の積雪状況では、建物の風上側の面において建物周りの雪の吹き払いが見られる。しかし、高層の2つのパターンの街区に比べると、吹き払いの量は少ない。そのため、屋外空間全般、歩道、車道に対する風雪の影響は小さいことが分かる。したがって冬季の歩行環境が安全に保たれている。また、高層の2つのパターンの街区に比べると、屋根に溜まる積雪量は多い。風環境では、風下側で強風が吹く傾向にある。全体的に風の乱れが見られ、特に風下側の歩行空間での風の強さの差は3.7m/sから1.0m/sまであり、歩行空間として快適なわけではない。しかし、3つの街区の中では、各点における最大瞬間風速の値が最も小さな値を示す上、1.5m/s以下の点が確認できたのもこの街区だけであった。

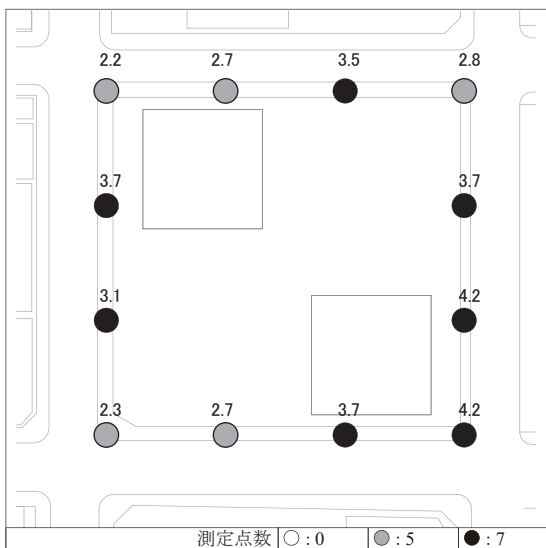
以上より、高層建築街区（高層A型、高層B型）は、建物による吹き溜り、吹き払いの影響が極めて大きい。これは周辺街区に比べ建物が高層であるため、風の抵抗となり、上下方向への風の乱れを引き起こすためと考えられる。風の乱れに伴う、積雪の乱れが極めて大きいいため、歩行環境が極めて悪い。また、大きく設けられたオー



a) 風雪シミュレーション結果

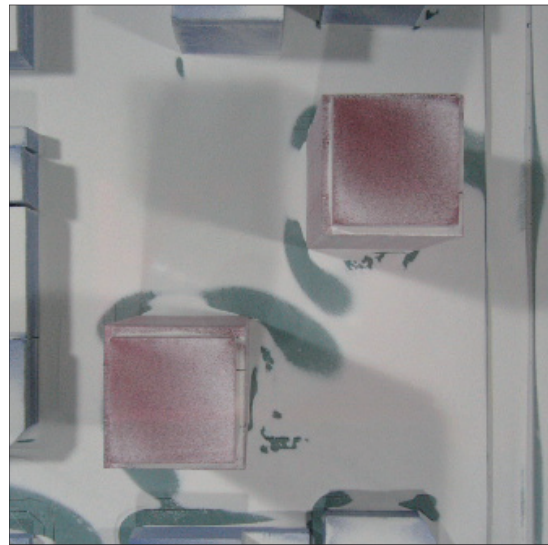


b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

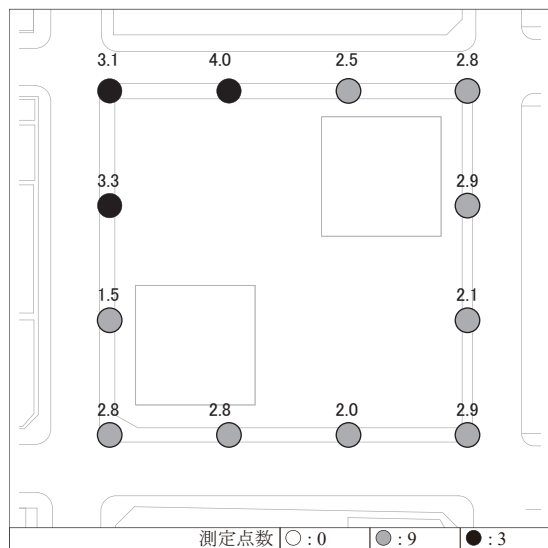
図 6-4 高層A型の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

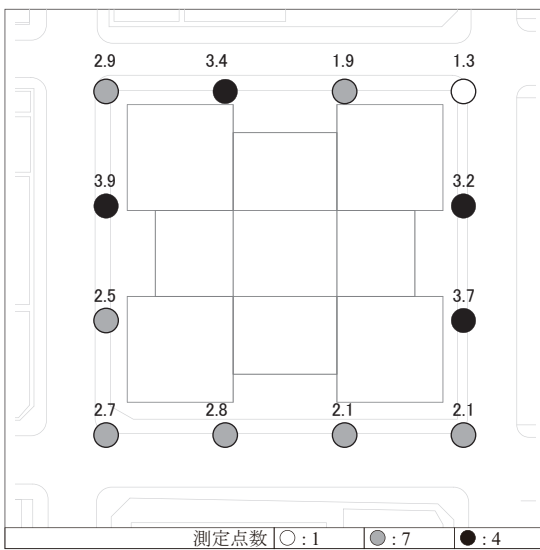
図 6-5 高層B型の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ(m/s)

図 6-6 中層型の風雪シミュレーション結果

プンスペースも、大きな吹き溜り、もしくは吹き払いのある場所となっており、風雪環境は悪く、冬季にほとんど利用されないことが予想される。

一方、中層建築街区（中層型）は比較的積雪の乱れが少ない。これは高さが一定であり、周辺街区との高さの差も少ないため、また風が比較的安定しているためと考えられる。外壁部分の凹み周辺に吹き溜りが見られるが、これは街路風の乱れによるものとする。凹みによる小さなポケットスペースの計画には風雪環境を考慮したデザインが求められる。

6.3.4 開発方針デザインの除雪エネルギーの分析

開発方針デザインに関する3つの検討モデルについて、風雪シミュレーションの結果から屋外公共空間における積雪量を把握し（表6-1）、除雪エネルギー量と二酸化炭素排出量を算出した（表6-2）。

その結果、除雪に必要なエネルギー量は、高層A型街区は45.2 GJ/日、高層B型街区は104.0 GJ/日、中層型街区は53.8 GJ/日であった。また除雪による二酸化炭素排出量は、高層A型街区で3.07 tCO₂/日、高層B型街区で7.06 tCO₂/日、中層型街区で3.65 tCO₂/日であった。高層B型街区では、他の2つの街区空間形態に比べて約2倍の除雪エネルギー量となった。これは建蔽率が小さいためにオープンスペースの面積が大きいことに加えて、2つの高層棟が風向に

表6-1 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量

検討モデル	高層A型街区	高層B型街区	中層型街区
公共空間（車道、歩道、OS）での積雪総量	289.9 m ³ /日	384.8 m ³ /日	224.7 m ³ /日
公共空間（車道、歩道、OS）での除雪総量	105.8 m ³ /日	175.3 m ³ /日	104.4 m ³ /日
車道上の除雪量	40.6 m ³ /日	20.6 m ³ /日	25.4 m ³ /日
車道上の除雪量の割合	38.3 %	11.7 %	24.4 %
歩道・OS上の除雪量	65.3 m ³ /日	154.8 m ³ /日	79.0 m ³ /日
歩道・OS上の除雪量の割合	61.7 %	88.3 %	75.6 %

表6-2 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

検討モデル		高層A型街区		高層B街区		中層型街区	
車道の 除雪E とCO ₂ 排出量	1) 車道上の除雪量	40.6	m ³ /日	20.6	m ³ /日	25.4	m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	16.0	t/日	8.1	t/日	10.0	t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	20	台/日	21	台/日	17	台/日
	4) 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
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	64.0	L/日	67.2	L/日	54.4	L/日
	6) 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
	7) 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
歩道・ OSの 除雪E とCO ₂ 排出量	8) 歩道・OS上の除雪量	65.3	m ³ /日	154.8	m ³ /日	79.0	m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	25.7	t/日	61.0	t/日	31.1	t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	8.6	GJ/日	20.3	GJ/日	10.4	GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	42.8	GJ/日	101.5	GJ/日	51.8	GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	1166.2	L/日	2765.8	L/日	1411.4	L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	2.90	tCO ₂ /日	6.89	tCO ₂ /日	3.51	tCO ₂ /日
	14) 除雪に必要なエネルギーの合計	45.2	GJ/日	104.0	GJ/日	53.8	GJ/日
15) 除雪による二酸化炭素排出量の合計		3.07	tCO ₂ /日	7.06	tCO ₂ /日	3.65	tCO ₂ /日

対して並行に並んでいるために、雪を受ける建築の壁面積が大きく、街区内に多くの雪が堆積したためと考えられる。また高層A型街区と中層型街区に大きな差は見られなかった。高層A型街区は、2つの高層棟が風向に対して直列に配置したことで、雪を受ける建築の壁面積が小さくなり、雪が街区内に溜まらず風下へ流れたためと考えられる。中層型街区は建蔽率が大きく、オープンスペースが小さいことから、街区内の積雪量が少なく、除雪エネルギーが低減された。

6.3.5 開発方針デザイン検討のまとめ

6.3章では、北方型スマート街区の既成市街地モデルの開発方針デザインについて、3つの街区空間形態（高層A型街区、高層B型街区、中層型街区）を計画し、環境・エネルギー評価による検討を行った。その結果、以下の3点を明らかにした。

- ① 3つの街区空間形態において、中層型街区は、雪の吹きだまりが少なく、除雪エネルギー量も少ないため、最も望ましい街区空間形態である。
- ② 中層型街区において、壁面角周辺では剥離風により風速が増加し、壁面凹部では雪の吹きだまりが形成されやすいため、壁面はなるべく揃え、凹凸が少ない形態とすることが望ましい。
- ③ 高層A型街区と高層B型街区を比較すると、雪の吹きだまりについては大きな差はないが、風環境では高層A型街区の方が風速が増加する。一方、除雪エネルギー量については、高層A型街区の方が少ない。

6.4 形態ボリュームデザインの開発

6.3章では、既成市街地更新モデルの開発方針デザインについて検討を行い、開発方針として、中層型街区は風雪の影響を低減し、高層A型街区や高層B型街区に比べて優位性があることが明らかとなった。6.4章では、開発方針デザインが中層型街区であった場合における街区内建築の形態ボリュームデザインについて検討を行う。

6.4.1 対象街区の概要

検討する対象街区を図6-7に示す。対象とする狸小路地区は、札幌都心部のなかでも、多くの歩行者が屋外公共空間を回遊する地区である。地区の中心となる狸小路商店街は街区中通りに形成された、札幌で最も古い商店街であり、全天候型のアーケードがある歩行者専用街路で、多くの来街者が集まる。札幌都心部の商業・ビジネスの中心エリアである大通地区やすすきの地区に近いことから、狸小路商店街の周辺には商業ビルやオフィスビルが集積し、地区内は冬季でも多くの歩行者が回遊している。

対象とする2街区は、札幌駅前通りと狸小路が交差する地点で、狸小路のなかでも最も集客力の高い街区である。対象街区の都市計画による土地利用用途区分は商業地域で、指定容積率は800%、近年再開発の議論もある地域である。対象街区周辺も歩行者の往来が多く、冬季の屋外公共空間の歩行環境が重要である。周辺街路のうち、札幌駅前通りは幅員20間（約36m）、西3丁目通りと西5丁目通りは幅員11間（約20m）、南2条通りと南3条通りも幅員11間（約20m）である。札幌駅前通りじゃ、札幌駅から中島公園まで続く札幌都心部の都市軸であり、自動車の交通とともに歩行者も多く、冬季の良好な歩行環境が強く求められる場所である。

本章は、対象街区を中心に、周辺10街区を含む合計12街区の地区を対象として、既成市街地更新モデルの形態ボリュームデザインの検討を行った。

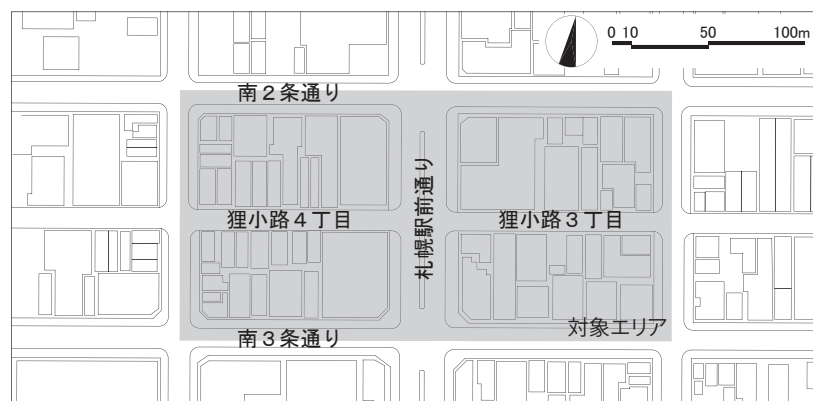


図6-7 形態ボリュームデザイン検討の対象街区

6.4.2 現況更新型街区の街区空間形態に対する風雪環境評価

1) 現況更新型街区の計画

まず、現状の街区空間形態のまま街区単位での空間形態コントロールを行わず、建物ごとに個別に更新された場合の検討モデルとして、現況更新型街区を計画した（図 6-8）。現在の狸小路地区の3階建て以上の建築物の平均階数が8.4階であることから、対象街区のなかで現在3階以下で低利用となっている建築物を8階まで更新する計画とした。街区容積率は東街区が570%、西街区が630%とした。

2) 風雪シミュレーション結果

現況更新型街区に対して風雪シミュレーションを行った結果を図 6-9 に示す。多くの雪の吹きだまりが南2条通り車道上に形成されている（図 6-9 点A、B、C、D）。これらの雪の吹きだまりはいずれも積雪深が200mm以上あり、交通障害となる恐れがある。また、大きな雪の吹きだまりが南3条通りの歩道上で見られる（図 6-9 点E、F）。これらの積雪深も200mm以上あり、歩行者の障害となり得る。札幌駅前通りの積雪状況は、東側と西側で大きく異なる。西側では一様に積雪しているのに対して、東側では積雪が少なく、雪の吹き払いが見られる。しかし、東側歩道上に小さな雪の吹きだまりが見られ、歩行者が特に多い通りであることから、大きな影響があると考えられる（図 6-9 点G）。

風環境については、南2条通りの歩道上で不快と感じられる3.0m/sの風速が見られる。3.0m/sの風速が見られた地点はいずれも交差点付近であり、多くの歩行者の往来や建物の主出入口が集中する場所であることから、大きな課題であると言える。

3) 風雪環境評価項目の整理

現況更新型街区の風雪シミュレーション結果に基づき、対象街区における風雪環境評価項目の分析を行った。風雪環境評価項目として、以下に挙げる4つの都市計画課題（PI-A, B, C, D）と4つの都市環境課題（PI-A1, C1, C2, C3）を整理した（図 6-10）。

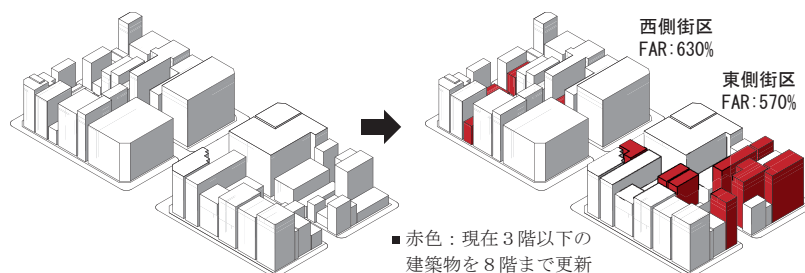


図 6-8 現況更新型街区の街区空間形態

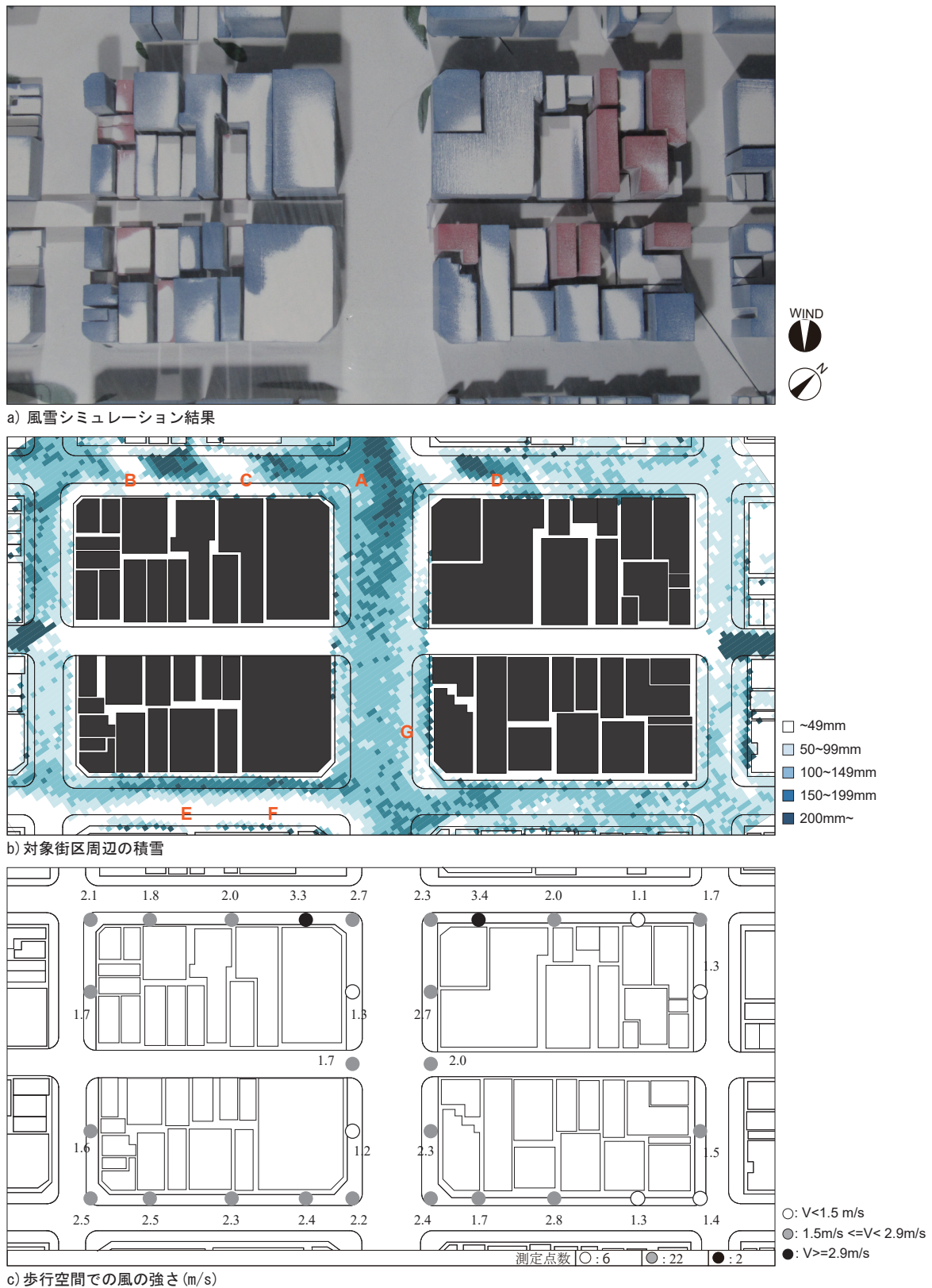


図 6-9 現況更新型の風雪シミュレーション結果

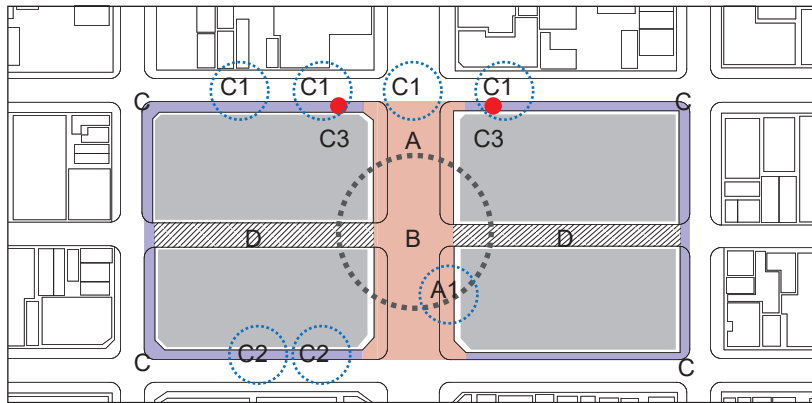


図 6-10 現況更新型の風雪環境評価項目の整理

- PI-A) 札幌駅前通りは札幌都心部の中心に位置し、最も重要な都市計画上の骨格軸である。多くのオフィスや商業機能が札幌駅前通り沿いに集積しており、歩行者の往来も非常に多い通りであることから、良好な歩行環境の形成が特に求められる。
- PI-A1) 現況更新型街区の風雪シミュレーションでは、札幌駅前通り東側歩道上に雪の吹きだまりが形成されており、歩行者の大きな障害となりうる。
- PI-B) 札幌駅前通りと狸小路との交差点は、重要な 2 本通りが交差する都市計画重要なエリアであり、都市デザインとしてのランドマークの形成が求められる。
- PI-C) 対象街区は、商業およびオフィス機能の建築物への更新が想定される。したがって建物出入口では頻繁に人の出入りが想定され、対象街区外周には多くの建物出入口が面し、人の出入りや搬出入等のための車も多く停車すると考えられることから、対象街区外周の歩道環境や道路環境に対して配慮が求められる。
- PI-C1) 現況更新型街区での風雪シミュレーションでは、南 2 条通りの車道上に大きな雪の吹きだまりが形成されており、交通障害を引き起こす恐れがある。
- PI-C2) 現況更新型街区での風雪シミュレーションでは、南 3 条通りの歩道上に大きな雪の吹きだまりが形成されており、歩行障害となりうる。
- PI-C3) 現況更新型街区での風雪シミュレーションでは、南 2 条通りの歩道上で風環境の悪化による歩行環境の悪化が懸念される。
- PI-D) 狸小路は札幌都心部における重要な歩行者空間であり、全天候型のアーケードもあることから、季節や天候を問わず

多くの歩行者の往来がある。よって狸小路に面する建築物は良好な歩行環境を形成する建築デザインが求められる。

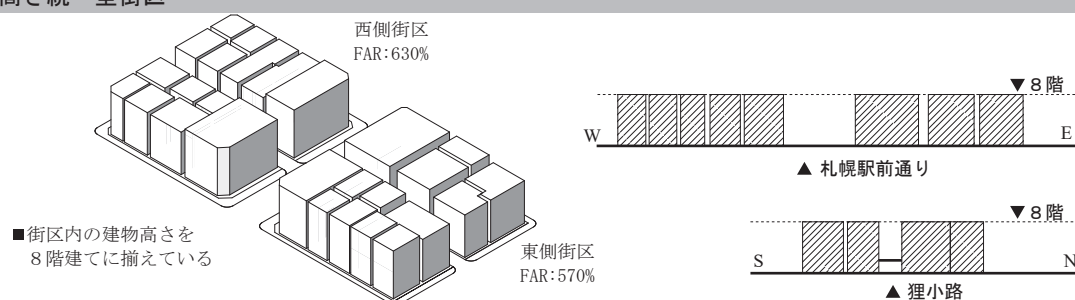
6.4.3 形態ボリュームデザインの検討モデル

6.4.2章で整理した風雪環境評価項目に基づき、形態ボリュームデザインの検討モデルとして、高さ統一型街区、山型街区、囲い型街区の3つのモデルを計画した（図6-11）。各モデルにおける街区容積率は、いずれも現況更新型街区と揃えている。高さ統一型街区は1つのデザイン方針に基づいて街区内建物のすべてを計画しており、山型街区と囲い型街区は、風雪環境項目における都市計画課題に対応して、建築物の高さを決定した。都市計画課題と各検討モデルにおける建物高さとの対応関係を表6-3に示す。検討モデルの詳細については、以下の通りである。

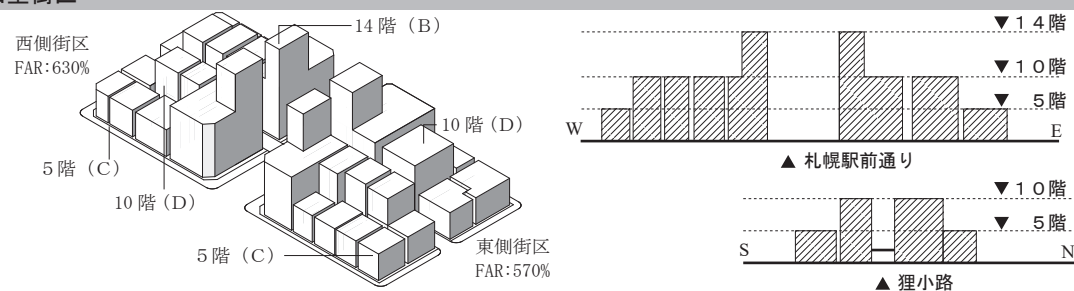
1) 高さ統一型街区：

街区全体の建築物を目標とする高さである8階建てに揃えて、す

高さ統一型街区



山型街区



囲い型街区

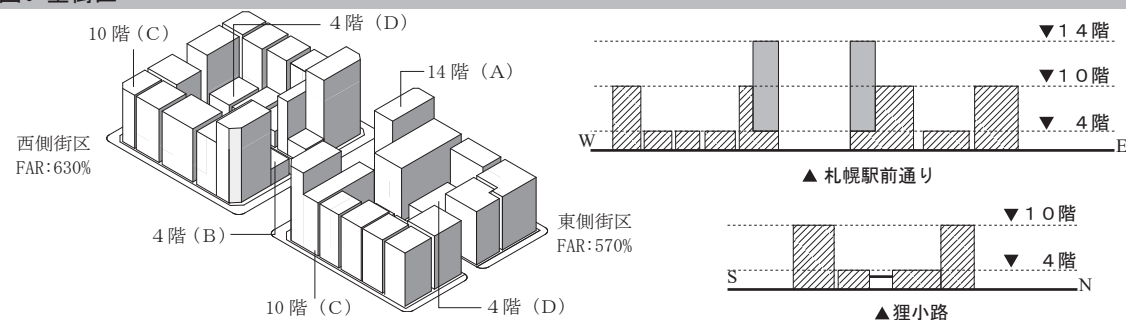


図6-11 形態ボリュームデザインの検討モデル

表 6-3 都市計画課題と検討モデル内の建築高さの関係

	PI-A	PI-B	PI-C	PI-D
高さ統一型街区	中層	中層	中層	中層
山型街区	高層	高層タワー	低層	高層
囲い型街区	高層タワー	低層	高層	低層

べて同じ高さになるようにコントロールした街区空間形態である。その際、敷地が細分化された隣接する建築物は、それらを共同化して更新をしている。上記で示した都市計画課題において札幌駅前通りにおけるランドマークの形成等の配慮が求められているが、それよりも高さが統一された街区空間形態となることを優先している。建築物の高さをすべて揃えることで、街区周辺の気流の乱れを少なくするとともに、統一した街並みの形成が見込まれる。

2) 山型街区：

山型街区は、都市計画課題 PI-C よりも PI-D を優先して計画した街区空間形態である。【PI-C に対する建築デザイン】：対象街区の四周の歩行空間の開放性を高め、日照や通風を多くするために、街路沿いの建築物を 5 階建てに低く抑えている。【PI-D に対する建築デザイン】：対象街区の四周を低層としたことから、その代わりに、街区中央部分を 10 階建てに高くしている。【PI-A, B に対する建築デザイン】：街区空間内で高さの違いを出している上、PI-A を考慮し、札幌駅前通り沿いの建築物は 10 階建てとし、PI-B を考慮し、交差点部に面する箇所はランドマークとなるようにさらに高く 14 階建てとした。実際に再開発を進める場合でも、この場所は周辺よりも高くなることが想定される。

3) 囲み型街区

囲み型街区は、都市計画課題 PI-D よりも PI-C を優先して計画した街区空間形態である。【PI-D に対する建築デザイン】：対象街区中通りの狸小路に対して日照や通風を多くするために、街区中央部分の建築物を 4 階建てに低く抑えている。【PI-C に対する建築デザイン】：対象街区中央部分を低層としたことから、その代わりに、街区外周の建築物を 10 階建てに高くしている。【PI-A, B に対する建築デザイン】：街区空間内で高さの違いを出している上、PI-A を考慮し、札幌駅前通り沿いの建築物は 14 階建てとし、PI-B を考慮し、交差点部に面する箇所は囲われた辻の公共空間を形成するため 4 階建ての低層とした。

6.4.4 形態ボリュームデザインの風雪環境評価

3 つの形態ボリュームデザイン検討モデルについて、風雪シミュレーションによる風雪環境評価を行った。風雪シミュレーションの

結果を図 6-12 ～ 14 に示す。各風雪シミュレーション結果について、前章で示した風雪環境評価項目 PI-A ～ PI-C3 について分析を行った。PI-D は全天候型アーケードに覆われた通りのため、風雪環境の影響をほとんど受けないと考え、風雪環境評価分析からは除外した。

1) 風雪環境評価項目 PI-A、PI-A1、PI-B に関する風雪環境評価

高さ統一型街区では、札幌駅前通りにおいて大きな雪の吹きだまりは見られず、雪は一様に堆積した（図 6-12）。高さ統一型街区では、街区内建物の高さが揃っているため対象街区周辺での風雪の乱れが少なく、地上での雪の吹きだまりが形成されづらくなり、雪が一様に堆積したと考えられる。また、高さ統一型街区における PI-A1 については、札幌駅前通り歩道上に現況更新型街区とほぼ同様の小さな雪の吹きだまりが見られた（図 6-12 点 A1a）。

山型街区では、札幌駅前通りの南西側に大きな雪の吹きだまりが見られ（図 6-13 点 Aa、Ba）、東側では雪の吹き払いが見られた（図 6-13 点 A1b、Ab、Bb）。風環境について、山型街区と現況更新型街区とを比較すると、山型街区では札幌駅前通りの東側歩道上の風速が上昇しており、これは東側街区の高層タワー部からの風の吹き降ろしによるものと考えられる。すなわち、高層タワー部からの風の吹き降ろしによって、札幌駅前通り東側歩道上の雪が吹き飛ばされて雪の吹き払いを形成し、一方吹き飛ばされた雪が南西側に堆積し、雪の吹きだまりを形成したと考えられる。したがって、山型街区では PI-A1 に関して積雪状況の改善は見られる一方、風環境は悪化したと言える。

囲み型街区でも、山型街区と同様に札幌駅前通りの南西側に大きな雪の吹きだまりが見られ、東側では雪の吹き払いが見られた（図 6-14 点 Ac、Ad）。しかし南西側の雪の吹きだまりの大きさは、山型街区に比べて小さい。囲み型街区では、札幌駅前通りと狸小路との交差点に低層部が面するため、低層部屋根面に雪が堆積し、地上での積雪を低減したと考えられる。札幌駅前通り東側の雪の吹きだまりは、現況更新型とほぼ同様の形状となった（図 6-14 点 A1c）。

2) 風雪環境評価項目 PI-C、PI-C1 ～ C3 に関する風雪環境評価

対象街区周辺の歩道上では、山型街区では多くの雪の吹きだまりが見られる一方、高さ統一型街区と囲み型街区では積雪が少ない。

風雪環境評価項目 PI-C1 について高さ統一型街区と現況更新型街区を比較すると、高さ統一型街区では南 2 条通りの雪の吹きだまりが増加している（図 6-12 点 C1a、C1b）。これは、街区内建物の高さが揃っているため、雪や風の乱れが少なくなり、雪が街区内等に堆積せず、対象西側街区の風下側に堆積したためと考えられる。風雪

環境評価項目 PI-C2 について高さ統一型街区の結果を見ると、南 3 条通りにおける雪の吹きだまり形状は、現況更新型街区とほぼ同様であった（図 6-12 点 C2a、C2b）。

風雪環境評価項目 PI-C1 について山型街区と現況更新型街区を比較すると、山型街区では南 2 条通りの雪の吹きだまりが増加している（図 6-13 点 C1c、C1d、C1e）。風雪環境評価項目 PI-C2 について山型街区の結果を見ると、南 3 条通りの雪の吹きだまりも増加している（図 6-13 点 C2c、C2d）。また大きな雪の吹きだまりが札幌駅前通りと南 3 条通りの交差点に形成されている（図 6-13 点 Ca）。これらの積雪状況は、街区外周の建物高さが低いために、雪が地上へと導かれやすいためと考えられる。

風雪環境評価項目 PI-C1 について囲み型街区と現況更新型街区を比較すると、南 2 条通りにおける雪の吹きだまり形状はほぼ同様である（図 6-14 点 C1f、C1g、C1h）。風雪環境評価項目 PI-C2 について囲み型街区の結果を見ると、南 2 条通りの雪の吹きだまりが減少している。これは囲み型街区では、街区内側の建物高さが低く、街区内側の建物の屋根面に雪が堆積したため、風下側となる南 2 条通りの積雪が低減されたと考えられる。

風雪環境評価項目 PI-C3 については、高さ統一型街区は現況更新型街区とほぼ同様だが、山型街区と囲み型街区では風速が低減した。

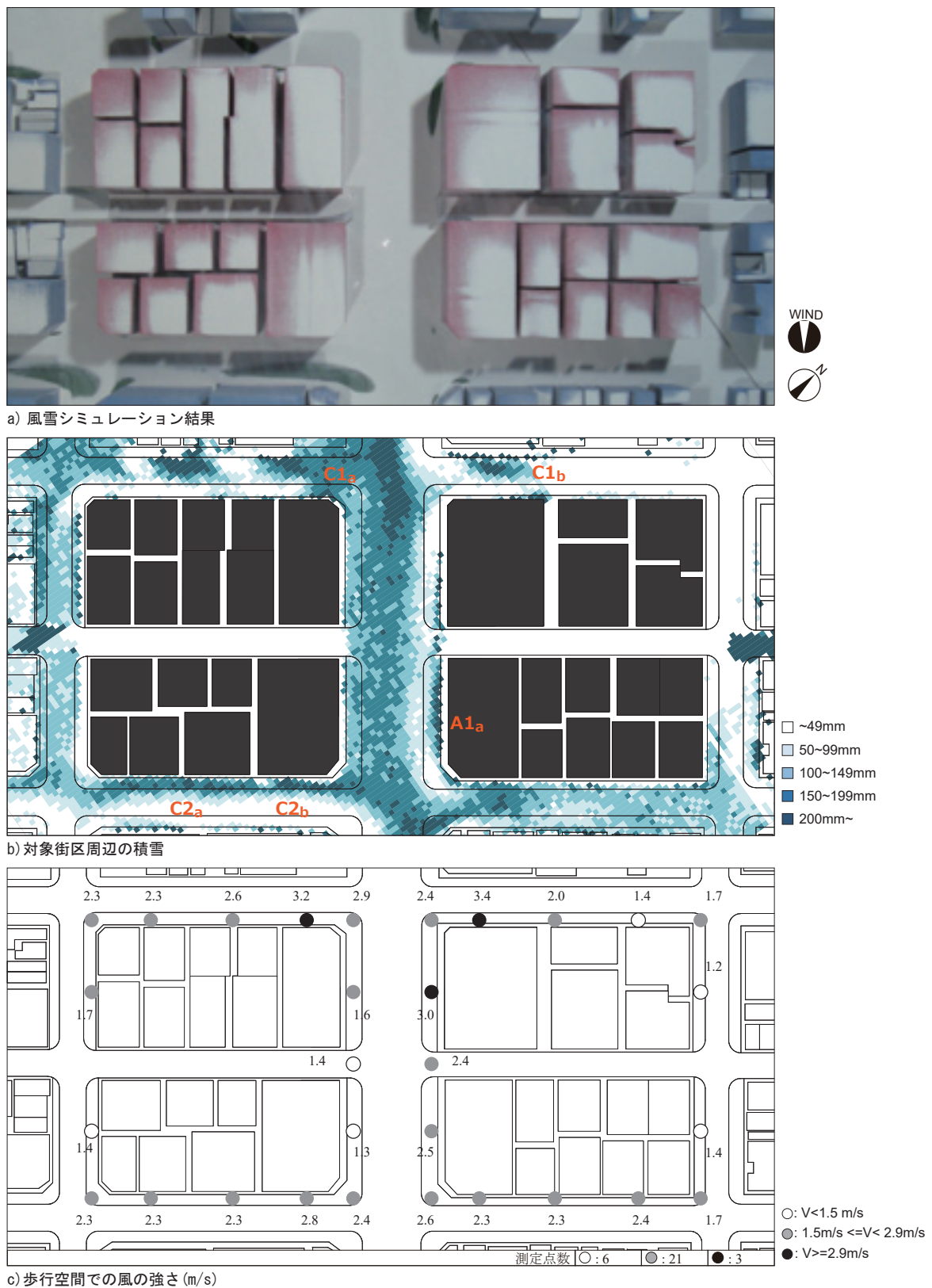
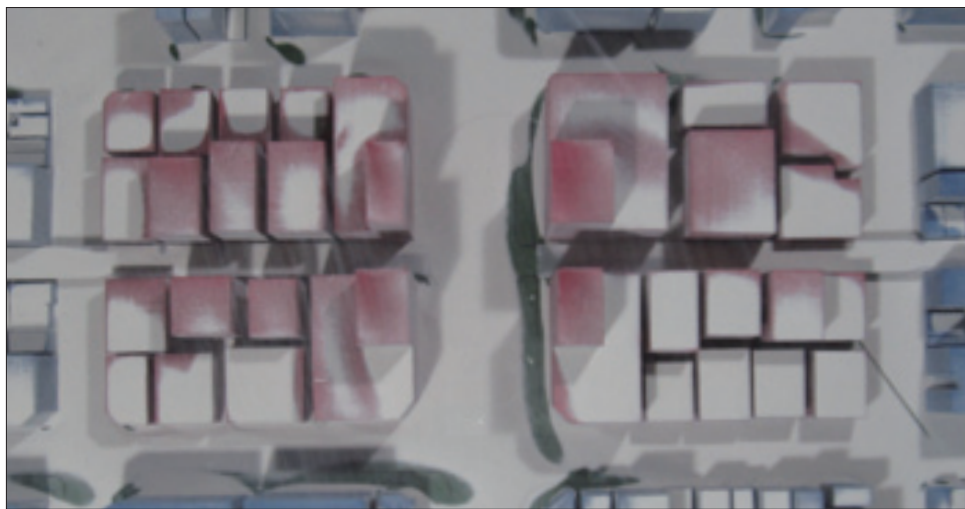
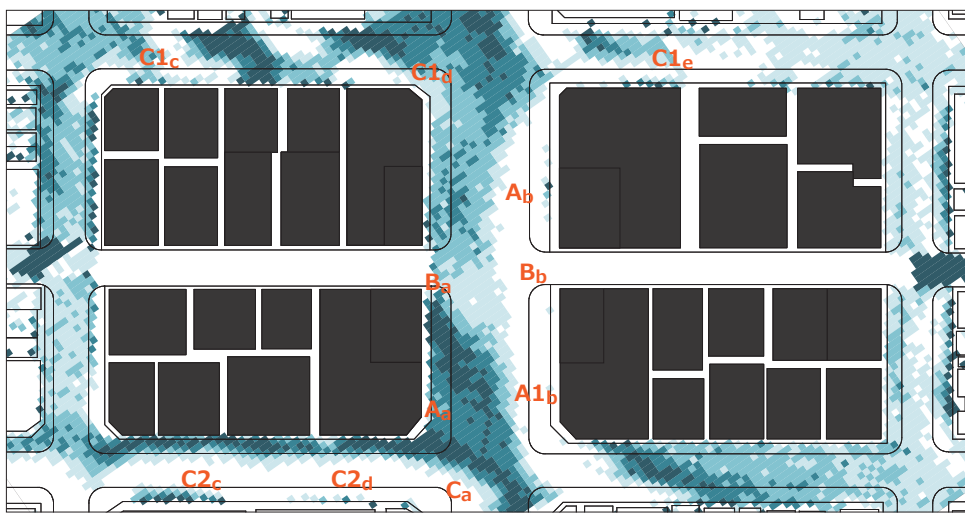


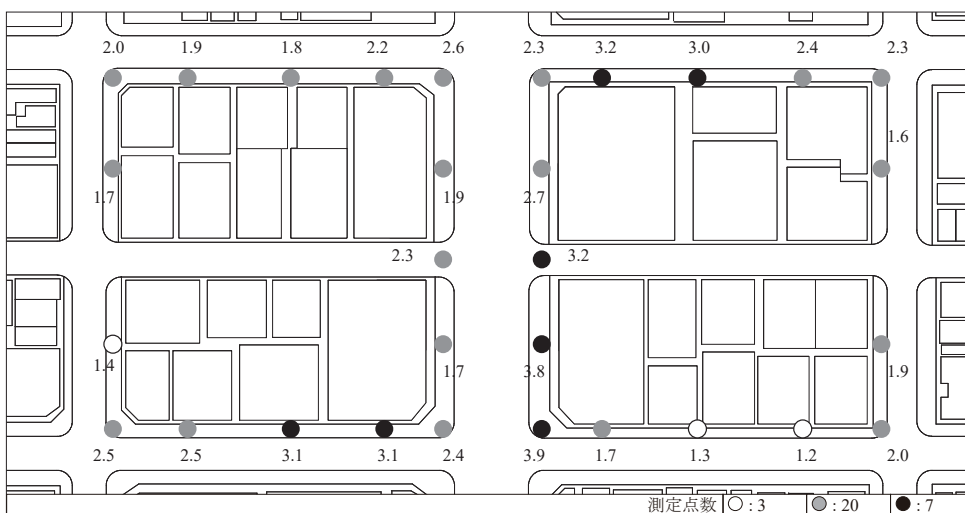
図 6-12 高さ統一型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) 歩行空間での風の強さ (m/s)

図 6-13 山型街区の風雪シミュレーション結果

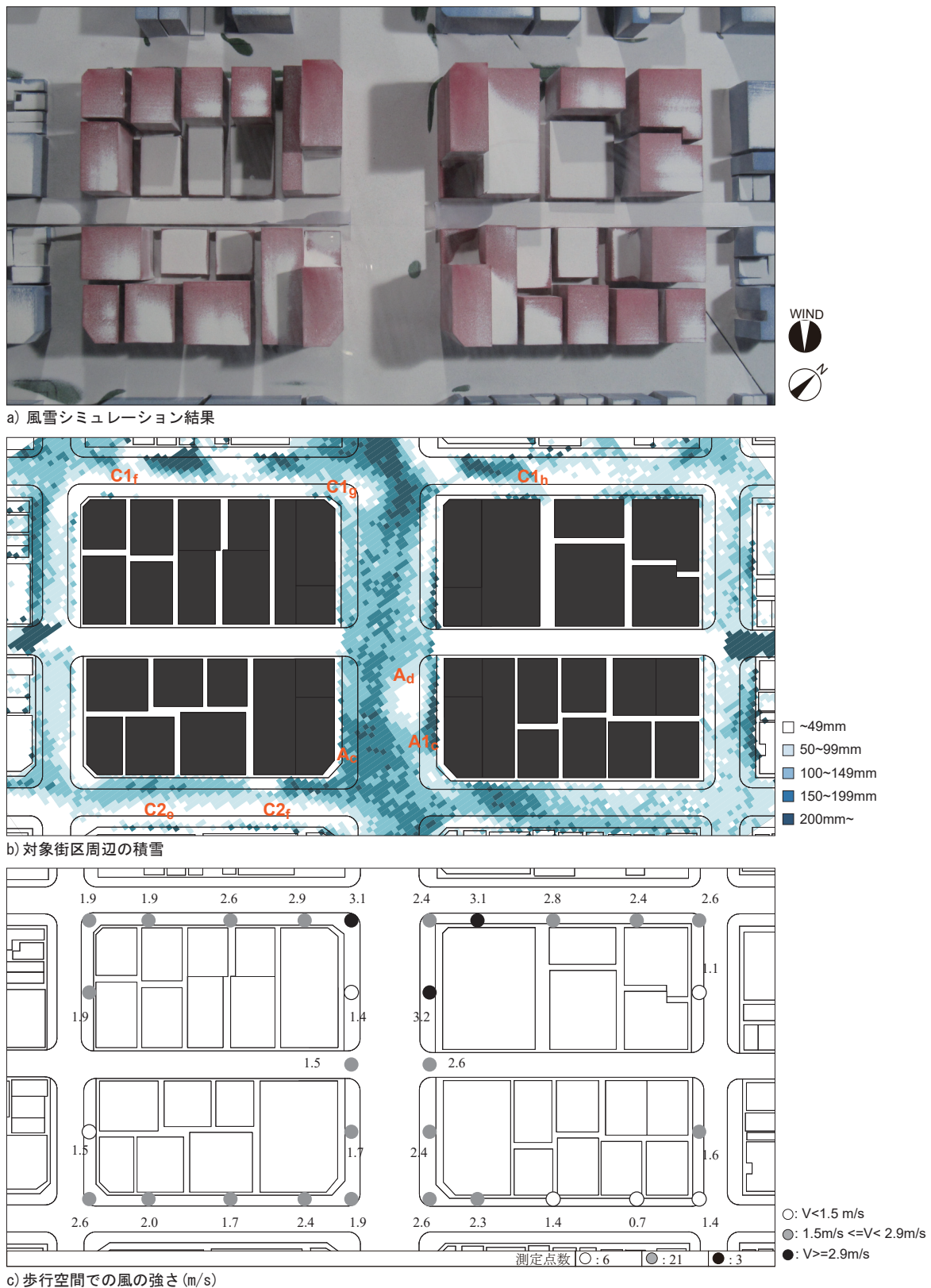


図 6-14 囲い型街区の風雪シミュレーション結果

6.4.5 形態ボリュームデザインの除雪エネルギーの分析

形態ボリュームデザインにおける4つの街区空間形態モデルについて、風雪シミュレーション結果を用いて、屋外公共空間の積雪量を把握し（表6-4）、除雪に必要なエネルギー量と除雪による二酸化炭素排出量を算出した^{注6-1)}（表6-5）。除雪に必要なエネルギー量は、現況更新型街区で141.7 GJ/日、高さ統一型街区で166.3 GJ/日、山型街区で158.4 GJ/日、囲い型街区で123.0 GJ/日。除雪による二酸化炭素排出量は、現況更新型街区で9.61 tCO₂/日、高さ統一型街区で11.28 tCO₂/日、山型街区で10.75 GJ/日、囲い型街区で8.35 GJ/日で、高さ統一型街区が最も多く、囲い型街区が最も少なかった。高さ統一型街区は、街区内の建物高さが揃っており、風の乱れが少ないために、屋外公共空間に様に積雪しているため、また公共空間における積雪量が最も多いため、除雪エネルギー量も多くなったと考えられる。山型街区と囲い型街区を比較すると、公共空間における積雪総量はほぼ同様であるが、囲い型街区の除雪エネルギー量は、山型街区に比べて2割程度減少している。山型街区では歩道・OS上の積雪が多く、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。山型街区は街区外周部が低層のため、街区外周に風雪が流れ込みやすくなったと考えられる。また、歩道上の積雪は、歩行環境に影響するだけでなく、除雪エネルギーにも大きく影響を与えることが明らかとなった。

注6-1) 6.4章における風雪シミュレーションは、瀬戸口らの研究(6-2)と同様の検討モデルで行っているが、除雪エネルギーの値は異なっており、これは、除雪エネルギーの算出方法による違いである。瀬戸口らの研究では、対象エリア内の積雪総量を算出後、「自然融雪量×対象エリア面積」の値を対象エリア内の自然融雪量としているが、本研究では3章に示したとおり、雪の吹きだまり等の影響を考慮するため、測定点毎に「積雪深－自然融雪量」の値を算出し、その総和を除雪量としている。

6-2) 瀬戸口剛ほか：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 No. 682, pp2789-2798, 2012.12

表6-4 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量

検討モデル	現況更新型街区	高さ統一型街区	山型街区	囲い型街区
公共空間（車道、歩道、OS）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（車道、歩道、OS）での除雪総量	785.5 m ³ /日	875.7 m ³ /日	742.2 m ³ /日	699.7 m ³ /日
車道上の除雪量	573.2 m ³ /日	626.0 m ³ /日	503.8 m ³ /日	515.2 m ³ /日
車道上の除雪量の割合	73.0 %	71.5 %	67.9 %	73.6 %
歩道・OS上の除雪量	212.3 m ³ /日	249.7 m ³ /日	238.3 m ³ /日	184.4 m ³ /日
歩道・OS上の除雪量の割合	27.0 %	28.5 %	32.1 %	26.4 %

表6-5 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

検討モデル	現況更新型街区	高さ統一型街区	山型街区	囲い型街区
車道の除雪EとCO ₂ 排出量	1) 車道上の除雪量	573.2 m ³ /日	626.0 m ³ /日	503.8 m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	225.8 t/日	246.6 t/日	198.4 t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	20 台/日	21 台/日	17 台/日
	4) 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
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	64.0 L/日	67.2 L/日	54.4 L/日
	6) 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
	7) 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
歩道・OSの除雪EとCO ₂ 排出量	8) 歩道・OS上の除雪量	212.3 m ³ /日	249.7 m ³ /日	238.3 m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	83.6 t/日	98.3 t/日	93.9 t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	27.8 GJ/日	32.7 GJ/日	31.3 GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	139.2 GJ/日	163.7 GJ/日	156.3 GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	3794.0 L/日	4461.8 L/日	4259.4 L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	9.45 tCO ₂ /日	11.11 tCO ₂ /日	10.61 tCO ₂ /日
	14) 除雪に必要なエネルギーの合計	141.7 GJ/日	166.3 GJ/日	158.4 GJ/日
15) 除雪による二酸化炭素排出量の合計		9.61 tCO ₂ /日	11.28 tCO ₂ /日	10.75 tCO ₂ /日

6.5 部分形態デザインの検討

6.4章では、既成市街地更新モデルの形態ボリュームデザインについて検討を行い、街区の空間形態コントロールを行わない現況更新型街区と、街区の空間コントロールを行った3つの検討モデル（高さ統一型街区、山型街区、囲み型街区）の計4つの検討モデルについて環境・エネルギー評価を行った結果、囲み型街区が、公共空間における雪の吹きだまりを低減し、除雪に要するエネルギー量を最も低減するため、最も優位であることが明らかとなった。6.5章では、囲み型街区を形態ボリュームデザインとした場合の部分形態デザインについて検討を行う。

6.5.1 部分形態デザインの検討モデル

6.4章での形態ボリュームデザインの環境・エネルギー評価の結果、囲み型街区は他の検討モデルに比較して優位性が確認される一方、札幌駅前通りにおける雪の吹きだまりが課題として明らかとなった。そこで部分形態デザインの検討では、札幌駅前通り沿いのデザインに焦点を当て、検討モデルとして、アーケード型街区とセットバック型街区を計画した（図6-15）。各モデルで用いられた手法である「通り沿いのアーケード形成」、「通り沿いに対する上層部のセットバック」はいずれも札幌都心を含め多くの都市において、大通りに面する建物形態コントロールの手法として一般的なものである。

1) アーケード型街区

札幌駅前通り沿いに面して3層分の高さのある屋根付き歩廊（アー

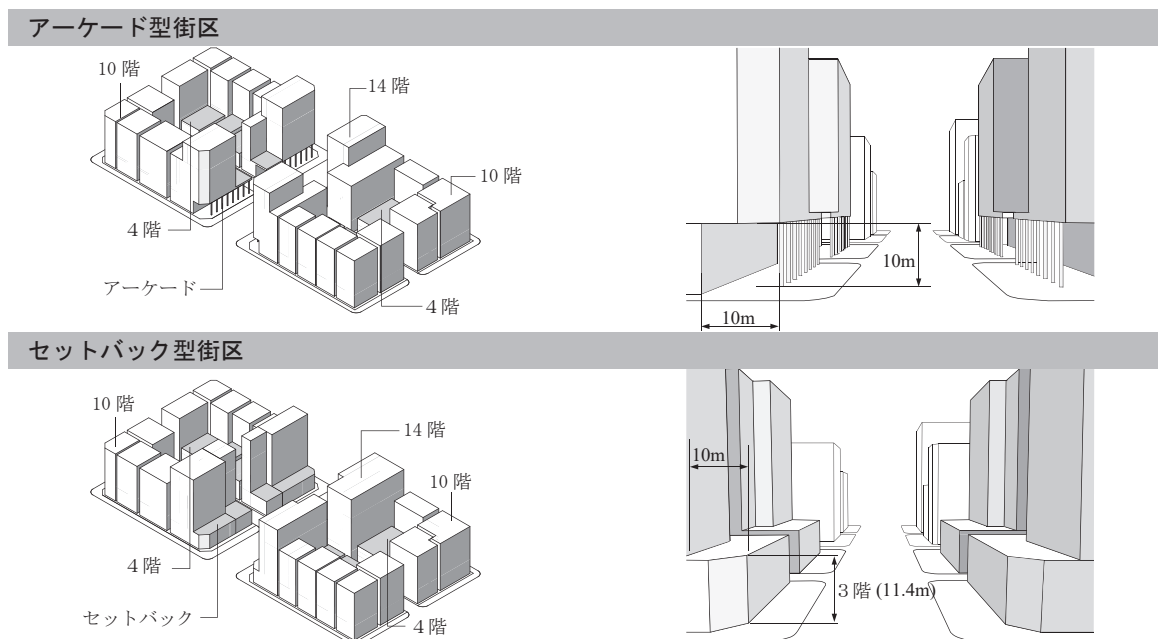


図6-15 部分形態デザインの検討モデル

ケード)を計画した。このデザイン手法は温暖地域でも雨を防ぐ、夏期の日射を遮る等の目的でよく用いられるものである。アーケードは、幅 10m、高さ 10m で計画した。

2) セットバック型街区

札幌駅前通り沿いの建物について、4 階以上の階を通りから 10m セットバックし、駅前通りに対して日射をより多く取り入れ、歩行者に開放感を与え、圧迫感を軽減することを意図した部分形態デザインである。

6.5.2 部分形態デザインの風雪環境評価

2 つの部分形態デザイン検討モデルに対して風雪シミュレーションを行った結果を図 6-16、17 に示す。

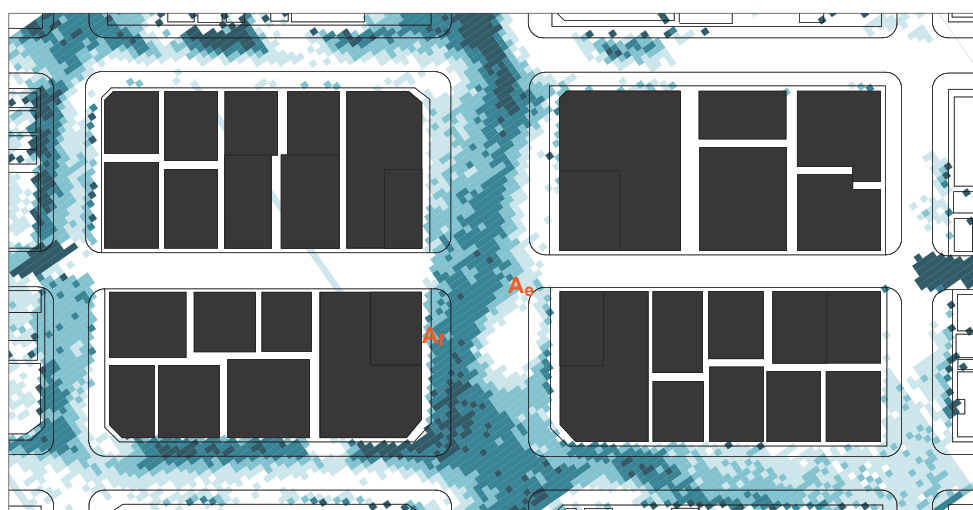
アーケード型街区と囲み型街区を比較すると、アーケード型街区では札幌駅前通りの東側歩道上の雪の吹きだまりが低減しているが(図 6-16 点 Af)、西側歩道上では新たに雪の吹きだまりが形成されている(図 6-17 点 Ae)。また、アーケード内部に多くの雪が堆積している。東側ではアーケードによって歩道上を流れる風が増加することで積雪が低減されたと考えられる。一方で西側では、東側に堆積しなかった雪が西側に流され、さらにアーケードによって雪の流れが阻害され、アーケード内に雪が堆積したものと考えられる。

セットバック型街区と囲み型街区を比較すると、セットバック型街区では札幌駅前通り東側の雪の吹きだまりの大きさが小さくなっているが(図 6-17 点 Ah)、西側では吹きだまりがわずかに増大している(図 6-17 点 Ag)。駅前通り沿いにセットバックを計画したことにより、西側の低層部屋根面には積雪が見られ、それにより東側歩道上の積雪が低減したと考えられる。一方で、高層部から吹き降ろす風が低層部に当たり、地上の風速が低減することから、西側の雪の吹きだまりがわずかに増加したものと考えられる。また、南 3 条通りと札幌駅前通りの交差点付近の雪の吹きだまりがわずかに減少した(図 6-17 点 Ai)。

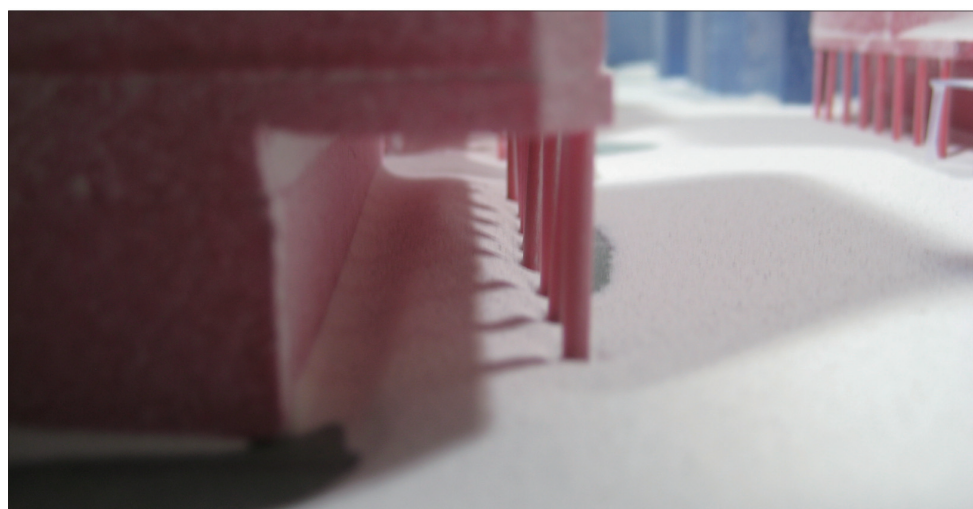
2 つの部分形態デザインの風雪シミュレーション結果と、4 つの形態ボリュームデザインの結果とを比較すると、部分形態デザインの検討モデル間の差は、形態ボリュームデザインの検討モデル間の差に比べて非常に小さい。したがって、部分形態デザインの街区全体の風雪環境に対する影響は、形態ボリュームデザインのそれに比べて小さいと言える。一方で、部分形態デザインの影響は、アーケード内の雪の吹きだまりや雪の吹きだまりのわずかな減少など、局所的な風雪環境に影響していることが明らかとなった。



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪

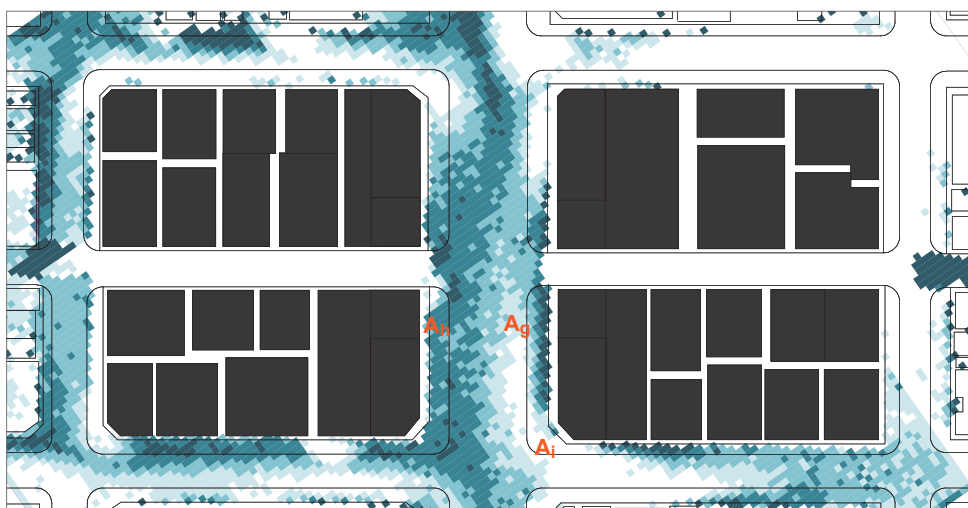


c) アーケード内の積雪状況

図 6-16 アーケード型街区の風雪シミュレーション結果



a) 風雪シミュレーション結果



b) 対象街区周辺の積雪



c) セットバック部分の積雪状況

図 6-17 セットバック型街区の風雪シミュレーション結果

6.5.3 部分形態デザインの除雪エネルギー量分析

2つの部分形態デザイン検討モデルに対する風雪シミュレーション結果を用いて、公共空間の積雪量を把握し（表7-6）、除雪に必要なエネルギー量と除雪による二酸化炭素排出量を算出した（表6-7）。なお、積雪深の測定は模型上部からのレーザーによるため、アーケード型街区におけるアーケード内の除雪量は除かれている。

除雪に必要なエネルギー量は、アーケード型街区で133.3 GJ/日、セットバック型街区で147.4 GJ/日。除雪による二酸化炭素排出量は、アーケード型街区で9.05 tCO₂/日、セットバック型街区で10.00 tCO₂/日であり、街区空間形態の基本とした囲い型街区と比較すると、わずかに増加している。いずれの街区空間形態も、囲い型街区に比べて公共空間における積雪総量が増加したため、除雪エネルギー量も増加したものと考えられる。しかし、部分形態デザインにおける街区空間形態の違いによる除雪エネルギー量の差は、形態ボリュームデザインにおける差と比べると小さく、街区空間形態による風雪環境への影響は小さいと言える。

6.5.4 部分形態デザイン検討のまとめ

6.5章では、形態ボリュームデザインとして囲い型街区を基本とし、部分形態デザインとしてアーケード型街区とセットバック型街区の2つの街区空間形態モデルを計画し、環境・エネルギー評価を

表 6-6 風雪シミュレーション結果による公共空間の積雪量と除雪量

検討モデル		囲い型街区		アーケード型街区		セットバック型街区	
公共空間（車道、歩道、OS）での積雪総量		1045.3	m ³ /日	1068.4	m ³ /日	1061.9	m ³ /日
公共空間（車道、歩道、OS）での除雪総量		699.7	m ³ /日	739.8	m ³ /日	756.4	m ³ /日
車道上の除雪量		515.2	m ³ /日	539.6	m ³ /日	534.7	m ³ /日
車道上の除雪量の割合		73.6	%	72.9	%	70.7	%
歩道・OS上の除雪量		184.4	m ³ /日	200.2	m ³ /日	221.7	m ³ /日
歩道・OS上の除雪量の割合		26.4	%	27.1	%	29.3	%

表 6-7 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

検討モデル		囲い型街区		アーケード型街区		セットバック型街区	
車道の除雪EとCO ₂ 排出量	1) 車道上の除雪量	515.2	m ³ /日	539.6	m ³ /日	534.7	m ³ /日
	2) 車道上の除雪重量	203.0	t/日	212.5	t/日	210.6	t/日
	3) 運搬排雪トラック（10t）の必要台数	17	台/日	17	台/日	17	台/日
	4) 運搬排雪トラック（10t）の移動距離	136.0	km/日	136.0	km/日	136.0	km/日
	5) 運搬排雪に必要な軽油量	54.4	L/日	54.4	L/日	54.4	L/日
	6) 運搬排雪に必要なエネルギー量	2.1	GJ/日	2.1	GJ/日	2.1	GJ/日
	7) 運搬排雪による二酸化炭素排出量	0.14	tCO ₂ /日	0.14	tCO ₂ /日	0.14	tCO ₂ /日
歩道・OSの除雪EとCO ₂ 排出量	8) 歩道・OS上の除雪量	184.4	m ³ /日	200.2	m ³ /日	221.7	m ³ /日
	9) 歩道・OS上の除雪重量	72.6	t/日	78.9	t/日	87.3	t/日
	10) 融解に必要なエネルギー量	24.2	GJ/日	26.3	GJ/日	29.1	GJ/日
	11) RHの稼働エネルギー量	120.9	GJ/日	131.3	GJ/日	145.4	GJ/日
	12) RHに必要な灯油量	3295.6	L/日	3577.5	L/日	3961.2	L/日
	13) RHによる二酸化炭素排出量	8.21	tCO ₂ /日	8.91	tCO ₂ /日	9.86	tCO ₂ /日
14) 除雪に必要なエネルギーの合計		123.0	GJ/日	133.3	GJ/日	147.4	GJ/日
15) 除雪による二酸化炭素排出量の合計		8.35	tCO ₂ /日	9.05	tCO ₂ /日	10.00	tCO ₂ /日

行った。その結果、以下の3点を明らかにした。

- ①アーケード型街区では、札幌駅前通り西側の歩道上やアーケード内に雪の吹きだまりが形成され、囲い型街区と比較して歩行環境の悪化が見られる。街区の風下側ではアーケードによって雪の流れが阻害され、吹きだまりが形成されたと考えられる。アーケード（屋根付き歩廊）は、雨や雪から歩行者を守るデザインとして一般的であるが、吹雪の場合には雪の吹きだまりの形成を促す場合もあり、積雪寒冷都市において必ずしも有効なデザインとは言えない。
- ②セットバック型街区では、囲い型街区と比較して、札幌駅前通り東側の雪の吹きだまりがわずかに低減し、西側の雪の吹きだまりがわずかに増加した。
- ③囲い型街区、アーケード型街区、セットバック型街区を比較すると、風雪環境に関してはアーケード型街区において悪化が見られ、他の2つに大きな差はない。除雪エネルギー量については囲い型街区が最も少ないが、その差は小さく、部分形態デザインの違いによる風雪環境への影響は比較的小さいと言える。

6.6 第6章のまとめ

6章では、札幌市都心部における高容積中層街区を対象に、風雪の影響を低減し、除雪エネルギーを低減する街区空間形態について、開発方針デザインと形態ボリュームデザイン、部分形態デザインの大きく3つの検討段階で分析を行った。その検討プロセスと結果より、北方型スマート街区の既成市街地モデルのデザインガイドラインとデザインプロセスを明らかにした（図6-18）。

6.6.1 既成市街地更新モデルのデザインガイドライン

開発方針デザインの検討として、高層棟を風に直列に配置した高層A型街区、高層棟を風に並列に配置した高層B型街区、中層型街区の3つの街区空間形態について、環境・エネルギー評価を行った。風雪環境については、高層A型街区と高層B型街区は、広いオープンスペースでの雪の吹きだまりが多く、中層型街区は雪の吹きだまりが少ない上、歩道上の風速も小さく最も優位であった。除雪エネルギー量は高層B型街区が極めて大きく、高層A型街区と中層型街区に大きな違いは見られなかった。したがって、開発方針デザインとして、空地が少なく、建物高さを抑えた中層型街区が、最も風雪の影響が小さく、除雪エネルギー量も低減し優位であった。

形態ボリュームデザインの検討として、中層型街区の開発方針を基本に、街区全体での形態コントロールを行わない現況更新型街区と、街区で形態コントロールを行った高さ統一型街区、山型街区、囲い型街区の計4つの街区空間形態を計画し、環境・エネルギー評価を行った。

風雪環境に関して、現況更新型街区では細かな雪の吹きだまりが見られ、高さ統一型街区は全体的に積雪が多い。山型街区では札幌駅前通り西側や南3条通り歩道に大きな雪の吹きだまりが形成され、囲い型街区では全体的に雪の吹きだまりが低減された。また、除雪エネルギー量は、高さ統一型街区が全体的に積雪量が多いため最も大きく、次いで山型街区が歩道上の積雪が多いため2番目に大きくなった。囲い型街区は街区内側の低層部屋根面に積雪するため、公共空間の雪の吹きだまりと除雪エネルギーを低減した。したがって、形態ボリュームデザインとして囲い型街区が最も優位であることが明らかとなった。

そして部分形態デザインの検討として、囲い型街区の形態のボリュームデザインを基本に、札幌駅前通りに面する形状の異なる、アーケード型街区とセットバック型街区を計画し、環境・エネルギー評価を行った。アーケード型街区ではアーケード内に雪の吹きだま

りが見られた。セットバック型街区では、札幌駅前通り東側の雪の吹きだまりがわずかに減少し、西側の吹きだまりがわずかに増加した。また、除雪エネルギー量については、囲い型が最も少なかった。したがって、アーケード型街区、セットバック型街区のいずれも囲い型街区よりも風雪環境や除雪エネルギーの悪化が見られ、囲い型街区がわずかに優位であることが明らかとなった。

6.6.2 既成市街地更新モデルのデザインプロセス

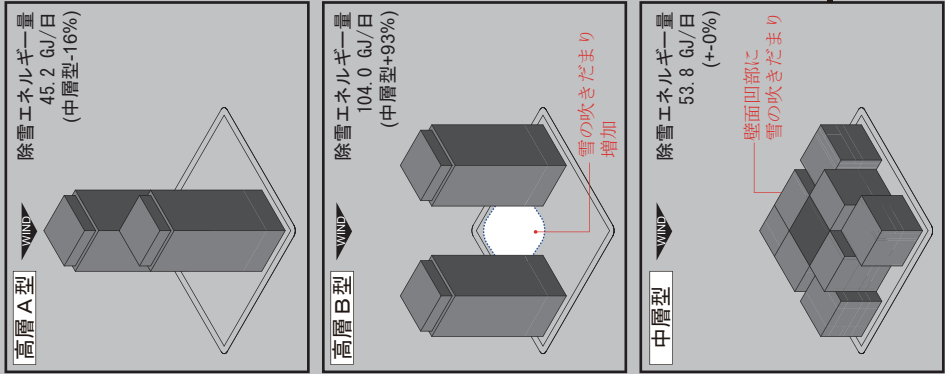
検討段階ごとに街区空間形態の違いによる風雪環境の差を見ると、開発方針デザインの違いによる風雪環境や除雪エネルギーの変化が最も大きく、形態ボリュームデザイン、部分形態デザインとプロセスが進むにつれて、街区空間形態の違いによる風雪環境への影響が小さくなる傾向が見られた。したがって、北方型スマート街区の既成市街地更新モデルのデザインプロセスでは、早期の計画プロセスほど環境・エネルギー評価を組み込む効果は大きく、重要である。

一方で、部分形態デザインの段階では、細かな積雪状況の変化が確認でき、局所的な風雪環境の影響を把握する上でも風雪シミュレーションを組み込んだデザインプロセスが有効であることが明らかとなった。

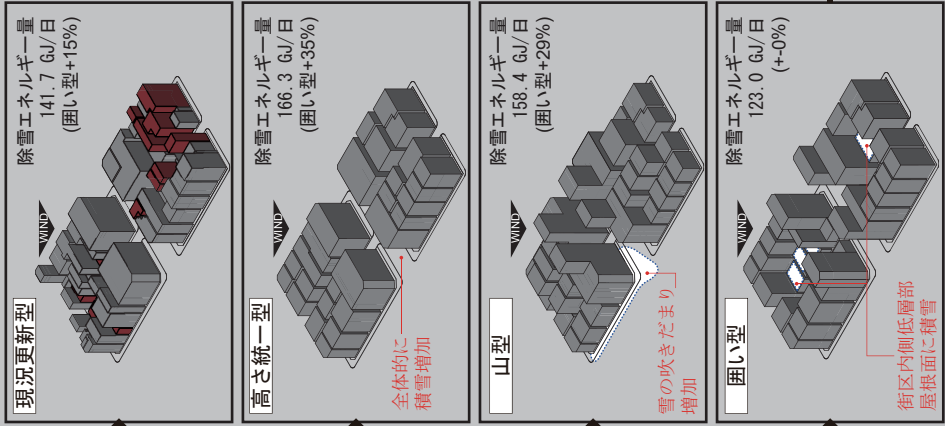
DESIGN
PROCESS

STEP1: 開発方針デザイン

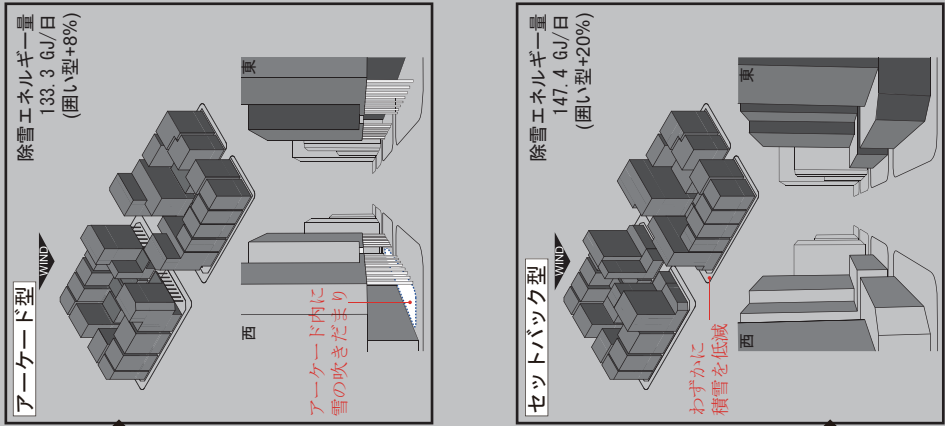
DESIGN
GIDELINES



STEP2: 形態ボリュームデザイン



STEP3: 部分形態デザイン



ADVICES

- 形態ボリュームデザインに比べて、部分形態デザインの風雪の影響は小さい
- 早期の検討プロセスでの環境エネルギー評価がより重要である

図 6-18 既成市街地更新モデルのデザインプロセスとデザインガイドライン

7. 積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた 市庁舎計画デザインプロセス

7.1 研究の背景と目的

7.2 研究の方法

7.3 北見市新市庁舎計画の概要

7.3.1 北見市の気候

7.3.2 北見市新市庁舎計画を含む都市拠点の計画

7.4 北見市新市庁舎計画の計画検討

7.4.1 北見市新市庁舎計画における2つの配置計画検討案

7.4.2 屋外環境における風雪環境事項

7.5 風雪シミュレーションによる風雪環境評価

7.6 風雪環境評価結果の基本設計への反映

7.7 第7章のまとめ

7. 1 研究の背景と目的

第7章では、これまで研究を行った風雪シミュレーションを用いた風雪環境評価を組み込んだ都市デザイン手法を、実際の計画に応用し、風雪環境評価を施設計画へと反映するデザインプロセスを開発することを目的とする。

具体的には、著者が実際に協働した北見市新市庁舎計画において、その施設計画に対して風雪環境評価を行い、その結果を施設計画へと反映する。そして、施設計画の最終案までのデザインプロセスを示し、その効果を明らかにする。

7. 2 研究の方法

風雪シミュレーションの方法は、3章にしたものと同様に行った。実験に使用した風洞装置は、北方建築総合研究所所有の回流型風洞装置である。測定部の断面は幅 150cm、高さ 70cm、測定風洞の長さは 7.0m である。模擬雪は北海道の雪に近い安息角を示す活性白土を使用し、測定部風上の紛体供給ノズルから、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た。供給は毎回一定量とし、供給速度 480 g/min、一回当たりの総供給量は 10 kg とした^{注 7-1)}。模擬雪の堆積深はトラバース装置に取り付けたレーザー変位計（キーエンス社製 LK2500）を用いて、2 mm 間隔で計測した。

模型は、地表面はランバーコア板にペイント仕上げしたもの、建築物にはスタイロフォームを使いジェッソ仕上げをしたものを使用した。7章の風雪シミュレーションには、対象街区及びその周辺部の縮尺 1/400 の模型を作製し用いた。模型の再現範囲は、縦方向（卓越風の方

注 7-1) 活性白土 10kg を降雪させた実験時間は 23.4 分である。1 日相当の実験時間は 3.6 分（24 時間 / 400 = 1440 分 / 400 = 2.88 分）で、実験時間 23.4 分は 6.5 日間に相当する（23.4 分 / 3.6 分 = 6.5 日）、模擬雪の堆積量は平均 0.98mm となり、日降雪に換算すると 6cm に相当する（0.98mm / 6.5 日 × 400 = 60mm）。本研究の風雪シミュレーションで降雪させた、活性白土 10kg を 23.4 分は、日降雪 7cm が 6.5 日間降り続いたことに相当する。本研究では実験結果を 6.5 で割ることで 1 日当たりの積雪深として評価している。

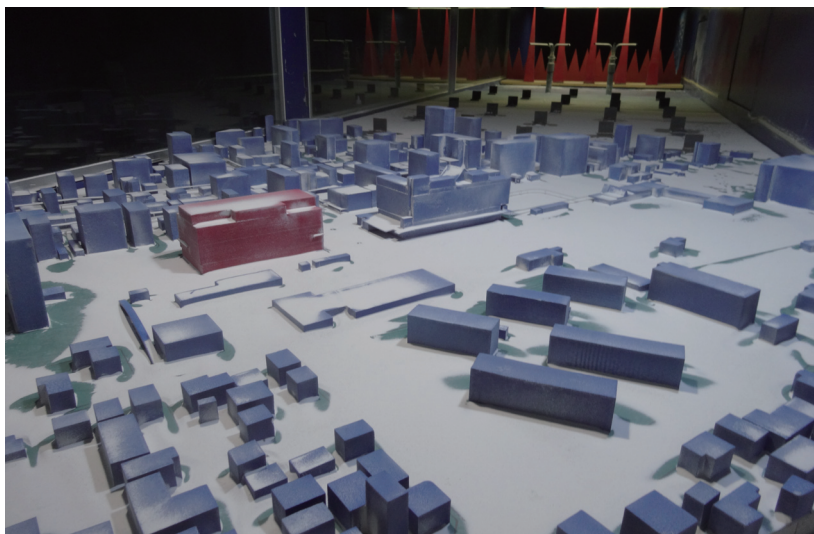


写真 7-1 風雪シミュレーション模型

7.3 北見市新市庁舎計画の概要

7.3.1 北見市の気候

北見市は、北海道東部に位置する人口約12万人の都市である。北海道内の都市としては積雪量が多い都市ではないが、近年積雪量が増加傾向にあり（図7-1）、中心市街地では大雪による交通障害も見られ、風雪の影響を低減することは大きな課題の一つとなっている。気象庁データより2015年における北見市の1年間の積雪状況の変化を図7-2に示す。日降雪量が70cmを超える大雪の日や、積雪深が100cmを超える時期が見られ積雪が障害となる地域であると言える。

冬期の風環境について、過去5冬期間（2010～2015年度12月～3月）の気象データより、降雪時の分析を行った（図7-3）。日降雪5cm以上となる降雪時の風向は、南西が最も多く、次いで北が多い。また風向別の累積降雪量を見ると、北が最も多く、次いで南西が多い。以上のことから、風雪シミュレーションの実験風向は、北と南西を設定した。風洞風速の設定は、風向別平均風速に基づき、気象台高さにおいて、北風向時は2.8m/s、南西風向時は1.6m/sとした。

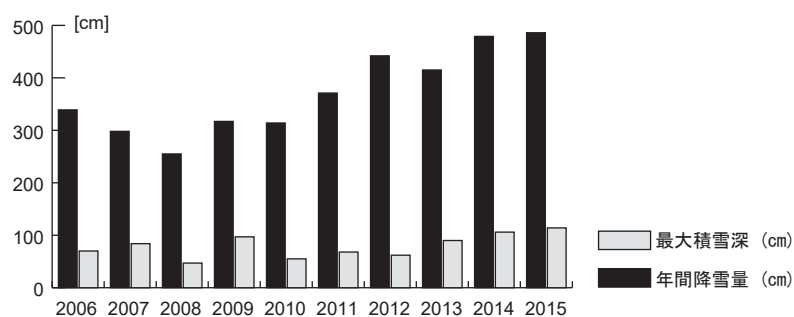


図 7-1 北見市の積雪の経年変化

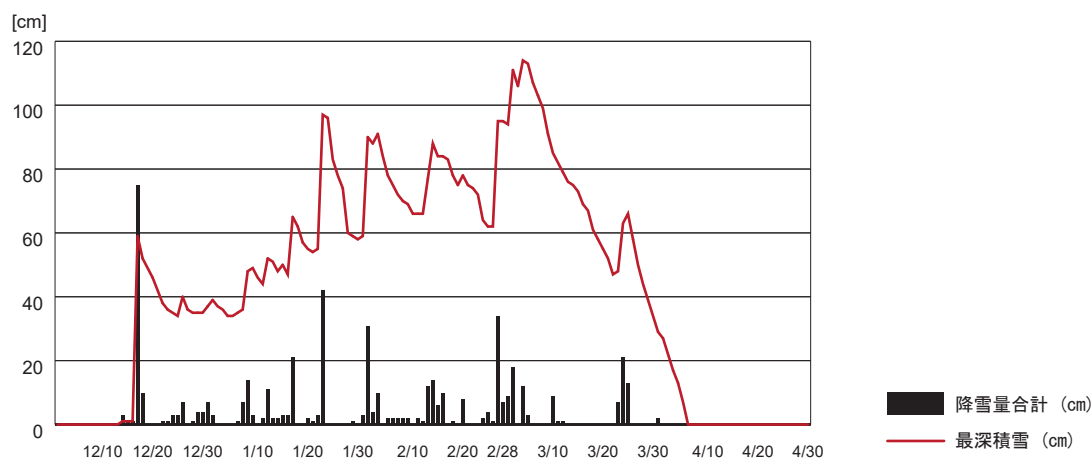


図 7-2 2015 年の北見市の積雪

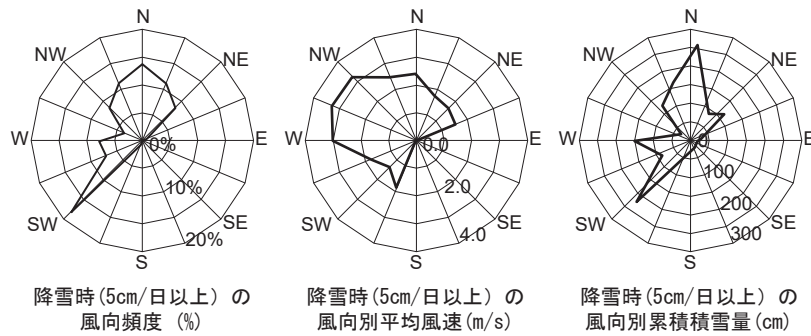


図 7-3 冬季の北見市の風向

7.3.2 北見市新市庁舎計画を含む都市拠点の計画

北見市新市庁舎は、JR 北見駅の西側、まちきた大通りビルの隣に計画されている。平成 22 年の北見市都市再生基本構想⁷⁻¹⁾では、2 つの拠点エリアの形成とそれらを 1 本の軸で結ぶ「2 拠点 1 軸構想」が掲げられており、市庁舎、まちきた大通りビル、JR 北見駅を含めたエリアを、2 拠点の一つ、複合交通・地域交流拠点として位置づけている(図 7-4)。複合交通・地域交流拠点では、新市庁舎が計画されている市庁舎ゾーン、まちきた大通ビルを含む商業・地域交流ゾーン、北見駅および駅前広場の複合交通ゾーン、3 つのゾーンの一体化が目指されており、その連続性確保のための歩行者回遊導線を創出し、中心市街地活性化と、賑わいある新しい都市景観の創出

7-1) 北見市，北見市都市再生基本構想，<http://www.city.kitami.lg.jp/docs/2011080400015/>（入手 2017-12-07）

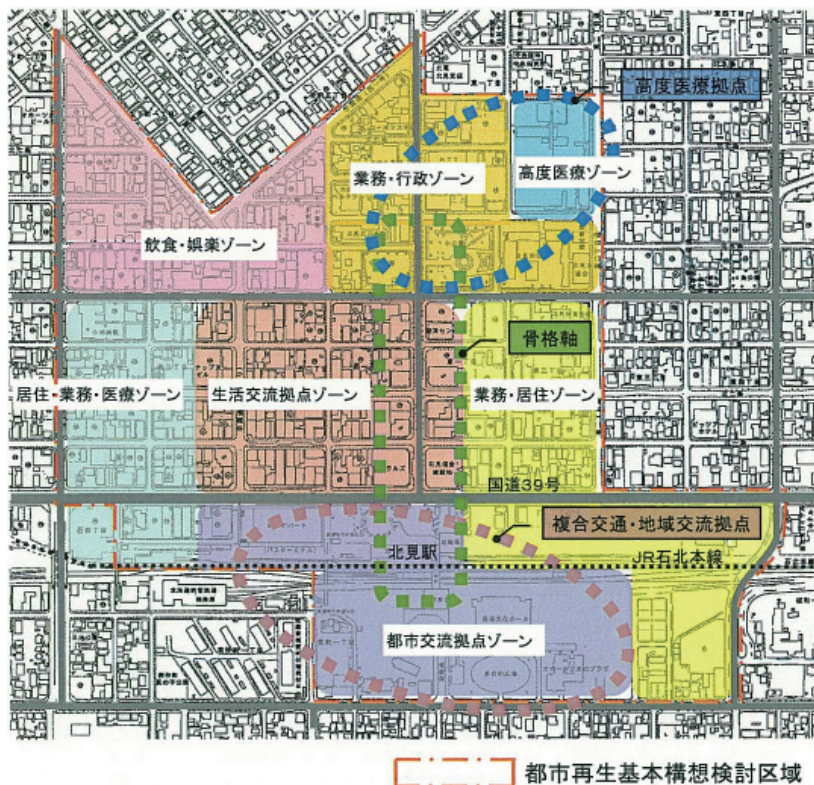


図 7-4 北見市都市再生基本計画⁷⁻¹⁾

が目指されている。新市庁舎計画は、この複合交通・地域交流拠点を方向づける新たな施設として期待されている。複合交通・地域交流拠点の計画を図7-5、新市庁舎計画の諸元を表7-1に示す。

北見市新市庁舎計画では、まちきた大通ビルとの連携が重視され、基本計画から基本設計では、計画条件として以下8項目を基に、建物配置計画と建築内部の利用検討が行われた。

- ①新市庁舎主要窓口必要面積（1,500 m²）を1階に確保
- ②効率的な平面ボリューム（1フロア2,700 m²を確保）
- ③平面駐車場を150台確保
- ④まちきた大通ビル駐車場と連携できる車の主動線
- ⑤駐車場から新市庁舎、まちきた大通ビル双方へのスムーズなアクセス
- ⑥まちきた大通ビルとの一体性と歩行者動線の連携
- ⑦まちきた大通ビルへの搬入動線
- ⑧敷地前面のメインストリート（国道39号線）と連続性を確保し、新しい都市景観を創出

表 7-1 積雪量と積雪深

1. 敷地面積	8,200 m ²
2. 用途地域	商業地域
3. 建蔽率	80 %
4. 容積率	600 %
5. 計画規模	地下1階、地上7階
6. 計画延床面積	18,000 m ²

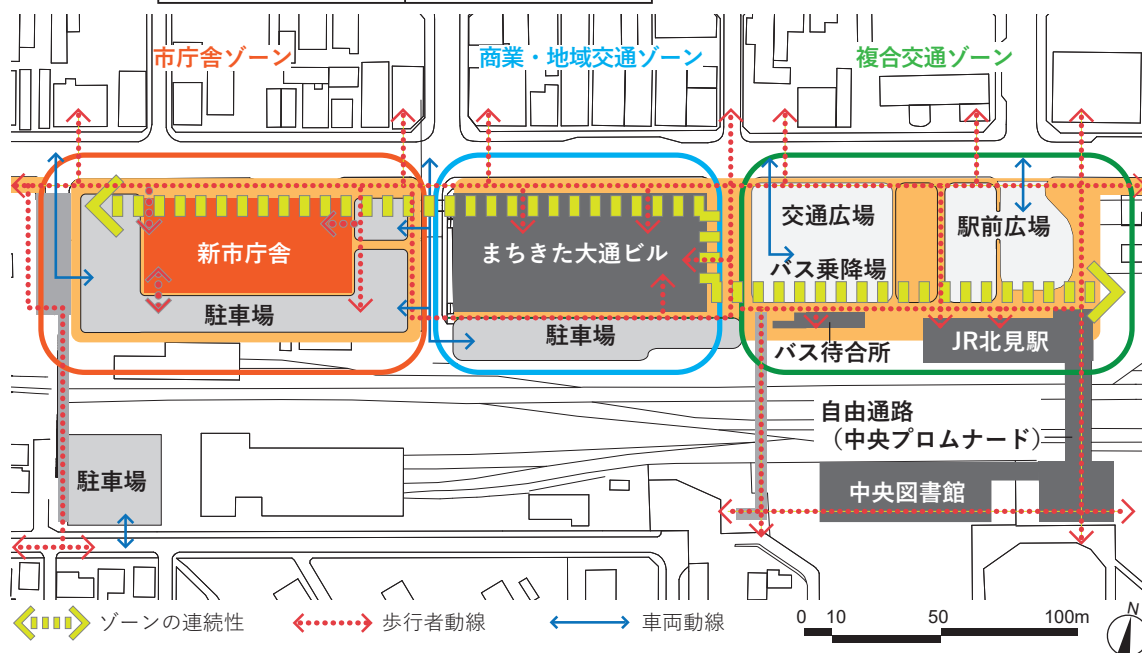


図 7-5 北見市新市庁舎を含む複合交通・地域交流拠点の計画

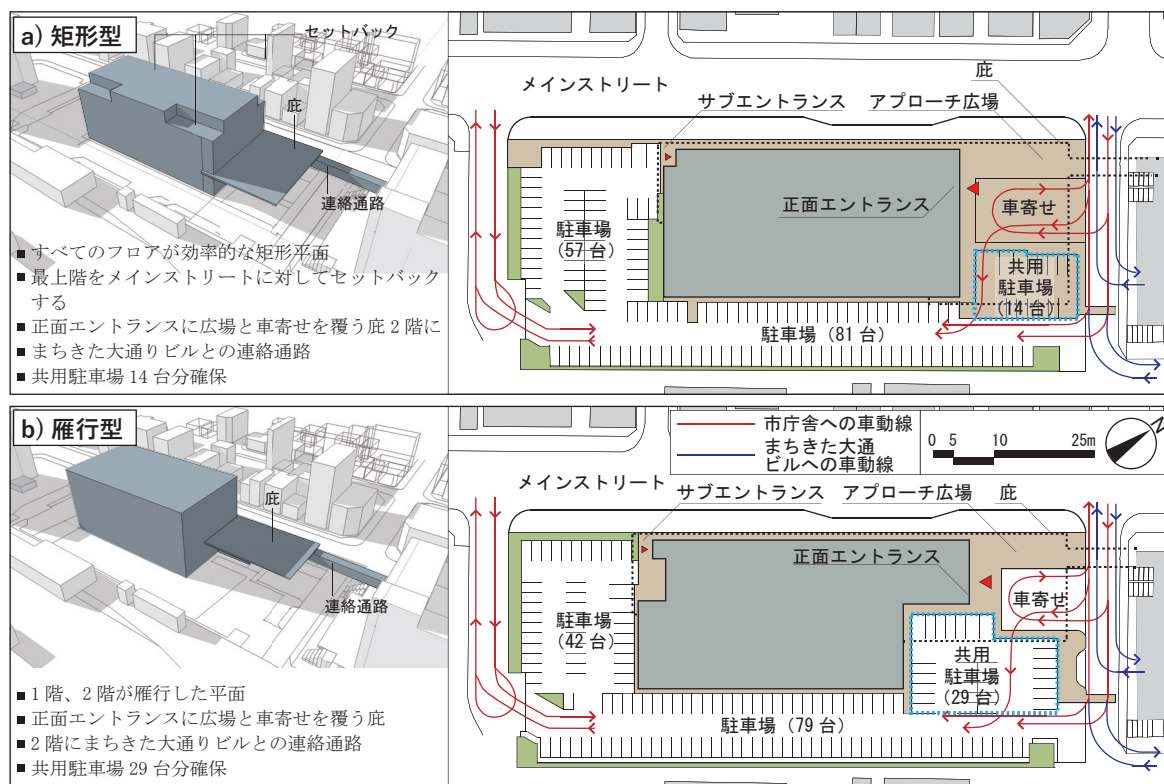
7.4 北見市新市庁舎計画の計画検討

7.4.1 北見市新市庁舎計画における2つの配置計画検討案

前章で示した8項目に配慮し、建築内部の利用計画がおおまかに定められた段階で、配置計画の検討案として2つの検討案が作成された(図7-6)。

1) 矩形型(図7-6a):すべてのフロアが矩形となり、効率的な利用を優先した案である。新市庁舎とまちきた大通りビルの間に駐車場(以下、共用駐車場)14台分を設け、一方で歩行者動線の連携がとれるよう、敷地中央に建物を配置している。1~6階で十分な床面積が確保でき、延べ床面積を揃えるため、最上階は市街地側と山側の東西に対してセットバックし、屋外テラスを設けている。正面エントランス(以下、正面E)には広場と車寄せを覆う庇を設置し、悪天候でも利用できるよう配慮し、2階にはまちきた大通りビルとの連絡通路を設けている。

2) 雁行型(図7-6b):まちきた大通りビルと駐車場の連携を向上させるために、共用駐車場の駐車台数をなるべく多く確保する案である。共用駐車場には29台分のスペースが確保されている。1階、2階は、29台の共用駐車場を設けながら主要窓口面積を確保するために、雁行した平面形となる。矩形型案と同様に、正面Eには広場と車寄せを覆う庇を設置し、2階にまちきた大通りビルとの連絡通路を設けている。



7.4.2 屋外環境における風雪環境事項

北見市新市庁舎計画では、複合交通・地域交流拠点エリア形成のために、隣接するまちきた大通ビルとの連携が強く求められた。新市庁舎の配置計画段階で、外構部分の屋外環境は、冬季の風雪の影響を低減することが重要視され、特に以下5点で雪の吹きだまりを低減することが求められた。

- A) 正面E周囲（アプローチ広場、車寄せ）
- B) 共用駐車場
- C) メインストリート歩道
- D) サブエントランス（以下、サブE）
- E) 敷地全体の除雪負担

以上の屋外環境における重要検討事項について、冬季の風雪の影響を明らかにするため、建築内部の利用計画と並行して風雪シミュレーションによる屋外風雪環境の分析を行った。

7.5 風雪シミュレーションによる風雪環境評価

矩形型と雁行型に対する風雪シミュレーションの結果を図 7-7 ～ 7-10 に示す。前章の屋外環境における風雪環境事項に対して、風雪シミュレーション結果を分析し、以下の内容を明示した。

1) 両検討案に共通する風雪環境の課題

A) 正面 E 周囲：北風向では、庇下の正面 E 脇に雪の吹きだまりが見られる（図 7-7 点 A₁、図 7-9 点 A₂、A₃）。これは、正面 E の壁面に卓越風が 125° の角度で当たり、雪が吹き戻されること、および庇下に雪が吹き込み、風下に吹き流されないためと考えられる。北風向で庇下に雪が吹きだまることは、両検討案に共通した課題である。一方、南西風向では、建物の風下となり積雪は少ない。正面 E 周囲の積雪量と平均積雪深は、北風向と南西風向ともに、両検討案に差は見られない（表 7-2）。

B) 共用駐車場：北風向では、大きな雪の吹きだまりはなく、風雪による顕著な問題は見られない。1 日あたりの積雪量は、矩形型 19.6m³/日、雁行型 23.1m³/日であり、1m²あたりの平均積雪深は、矩形型 51mm、雁行型 48 mm と違いは少ない。南西風向でも、大きな吹きだまりはなく、1 日あたりの積雪量は、矩形型 23.1m³/日、雁行型 51.5m³/日であり、平均積雪深は、矩形型 59mm、雁行型 65mm と違いは少ない（表 7-2）。

D) サブ E：北風向では、大きな雪の吹きだまりはない。積雪の多い箇所でも、矩形型で点 D₁ 25mm、雁行型で点 D₃ 25mm である。同様に、南西風向でも大きな雪の吹きだまりはなく、矩形型で点 D₂ 43mm、雁行型で点 D₄ 75 mm（図 7-7、図 7-9）である。建物の隅角部では剥離風が生じやすく、いずれの場合も剥離風により雪が吹き払われたためと考えられる。

E) 敷地全体の除雪負担：敷地の総積雪量は、北風向の場合、矩形型で 268.6m³/日、雁行型で 256.0m³/日。南西風向では、矩形型で 497.6m³/日、雁行型で 503.2m³/日であり、2つの検討案に大きな差はない（表 7-2）。

以上より、B) 共用駐車場、D) サブ E、E) 敷地全体の除雪負担に関する敷地の総積雪量は、2つの検討案に差は見られず、配置計画による風雪環境への影響は低いことが明らかとなった。

表 7-2 風雪シミュレーションによる積雪量と積雪深

		矩形型案		雁行型案	
		北	南西	北	南西
敷地総積雪量	m ³ /日	268.6	497.6	256.0	503.2
正面エントランス周囲積雪量	m ³ /日	34.4	57.9	26.2	60.0
正面エントランス周囲平均積雪深	mm/日	41	70	36	82
共用駐車場積雪量	m ³ /日	19.6	23.1	38.0	51.5
共用駐車場平均積雪深	mm/日	51	59	48	65
メインストリート歩道 局所的な吹きだまりの測定点数		5	212	19	218

2) 風雪環境に課題が見られた箇所での検討案の比較

A) 正面E周囲：2つの検討案で、北風向における正面E周囲の雪の吹きだまりの形状に違いがみられる。矩形型は、正面E脇に1ヶ所の大きな吹きだまりを形成する。積雪深は点A₁で222mmであり、歩行障害の基準^{注7-2)}に近い。雁行型は、正面E脇と入隅部の2ヶ所に吹きだまりを形成している。積雪深は、正面E前で点A₂158mm、入隅部で点A₃250mmであり、歩行障害となる恐れがある。正面E前面の雪の吹きだまりは矩形型の方が大きく、これは卓越風に面する壁面長さが、矩形型は37.0m、雁行型は26.6mと、矩形型の方がより長く、正面E壁面に吹き戻される雪が多いためと考えられる。一方雁行型では、正面E脇の入隅部点A₃に250mmの歩行障害となり得る大きな吹きだまりがある。これは正面Eの壁面に吹き戻された雪が堆積し、その一部が隅角部での剥離風によって吹き流され、入隅部に吹きだまったためと考えられる（図7-7、図7-9）。

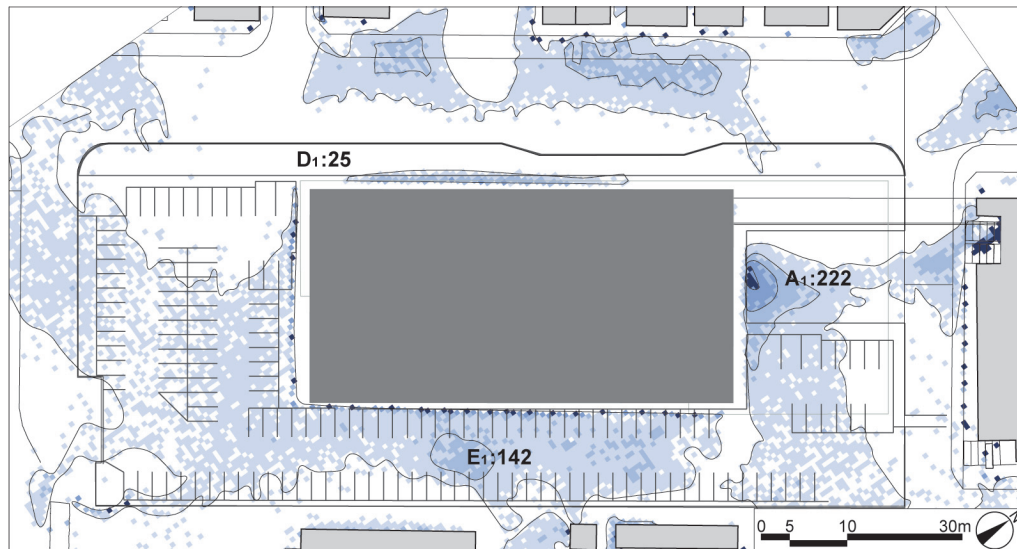
C) メインストリート歩道：メインストリート歩道の積雪は、北風向と南西風向のいずれの場合でも、矩形型に比べて雁行型の方が比較的多くなっている。矩形型は、北風向では最大値62mm、平均値17mmであり、南西風向では最大値173mm、平均値117mmである。一方雁行型は、北風向では最大71mm、平均値18mm、南西風向では最大値192mm、平均値123mmである。また積雪深が44.3mmを超える測定点^{注7-3)}は、矩形型は北風向で5点、南西風向で212点。雁行型は、北風向で19点、南西風向で218点ある（表7-2）。したがって雁行型の方が局所的な雪の吹きだまりを歩道上に形成し、歩行環境が比較的悪化しやすい。これは、歩道に面する壁面長さが矩形型案73.6mに対して、雁行型案は82.6mと長く、卓越風を受ける面積が大きいため、歩道上に吹き降ろす風が増加し、路面の積雪を乱したためと考えられる。メインストリート歩道は、新市庁舎・まちきた大通ビル・北見駅を連携する重要な歩行者空間であり、新市庁舎計画における歩道の積雪状況を改善する効果は大きい。

E) 敷地全体の除雪負担：北風向における線路側駐車場の雪の吹きだまりに、2つの検討案の違いが見られる。矩形型は点E₁で142mm、雁行型は点E₂で164mmと、雁行型の方が深い積雪深の吹きだまりとなり、積雪の偏りによる除雪の問題が懸念される^{注7-4)}。矩形型は、延べ床面積を揃えて最上階をセットバックしたため、そこに積雪し、駐車場に吹き降ろす雪が低減されたと考えられる。また、雁行型では卓越風に対して壁面が雁行するため、隅角部での雪の吹き払いが大きく、雪が風下側で吹きだまったと考えられる。

注7-2) 北見市を網走地方気象台によると、12時間降雪の深さが250mm以上で大雪注意報が発令されることから、積雪深250mmを歩行障害となる基準として雪の吹きだまりの評価を行った。

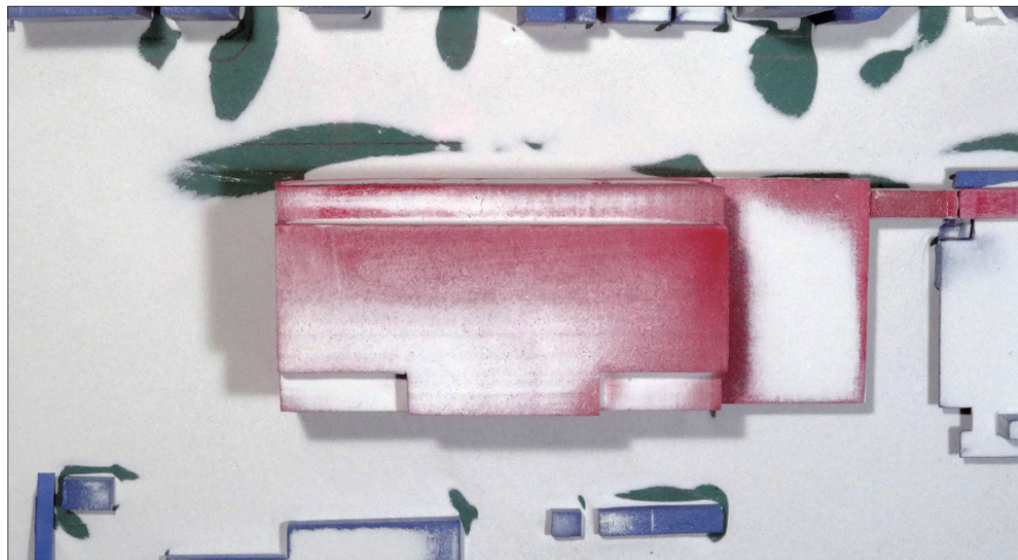
注7-3) 北見市の気象庁地上気象観測より、過去5年間（2010～2015年度、12月～3月）の一日当たりの自然融雪量は44.3mmであることから、44.3mm以上の積雪は、自然融雪後も積雪が残り歩行環境の悪化を招くとして評価を行った。

注7-4) 駐車場等の除雪は、基準箇所での積雪深さが基準値以上となると行われる。積雪の偏りが見られる箇所では、基準値以上の積雪が放置される可能性がある。したがって、除雪においては積雪の偏りが少ないものほど望ましいとして評価した。

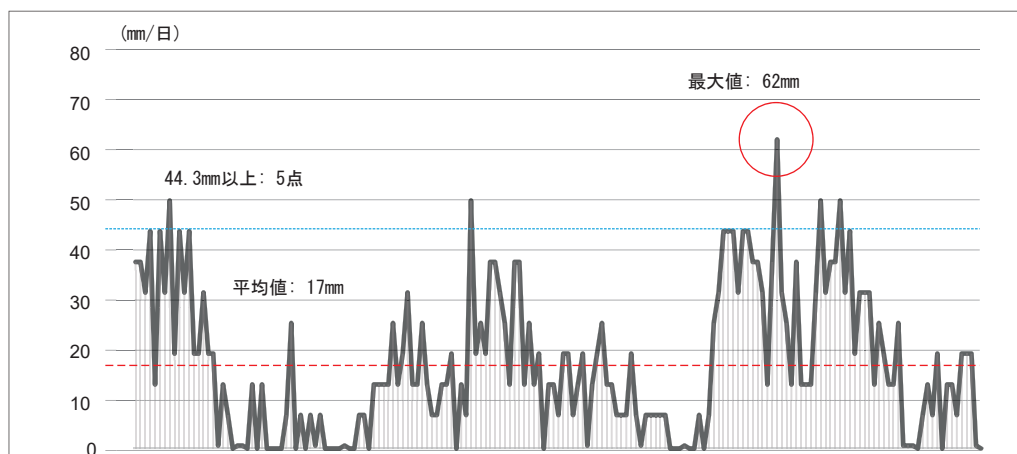


1) 積雪深の解析

0mm 50mm 100mm 150mm 200mm 250mm 300mm

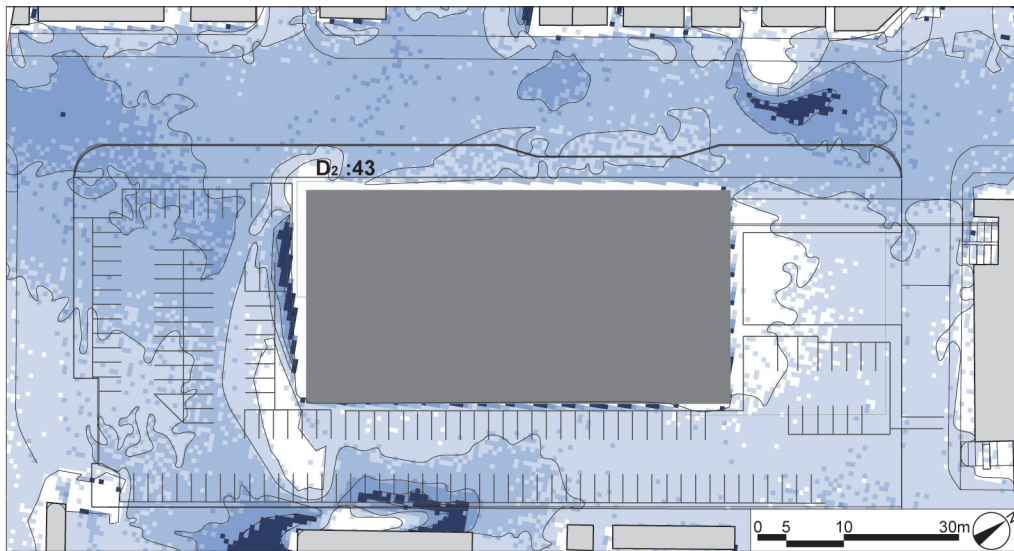


2) 風雪シミュレーション結果写真

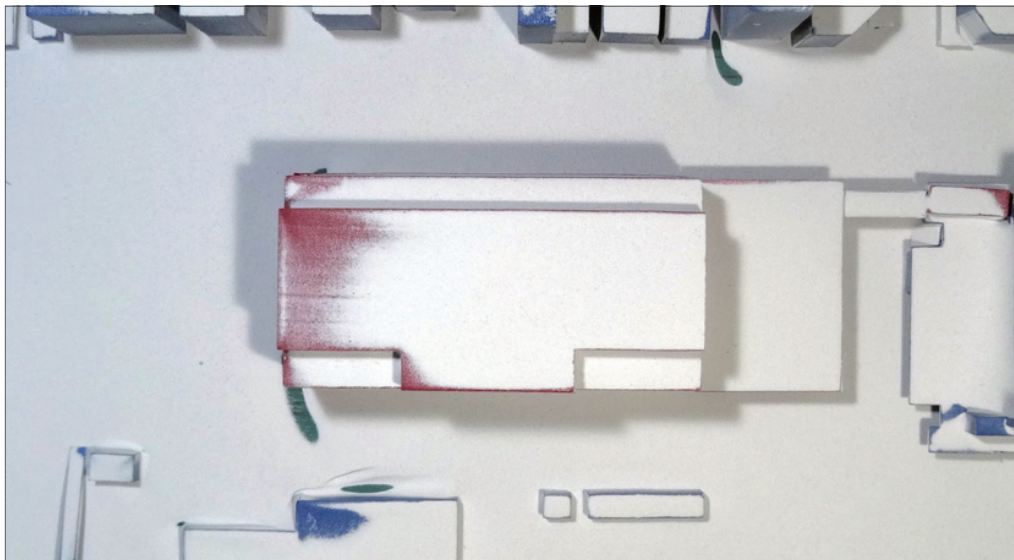


3) メインストリート沿いの歩道の積雪深 (mm/日)

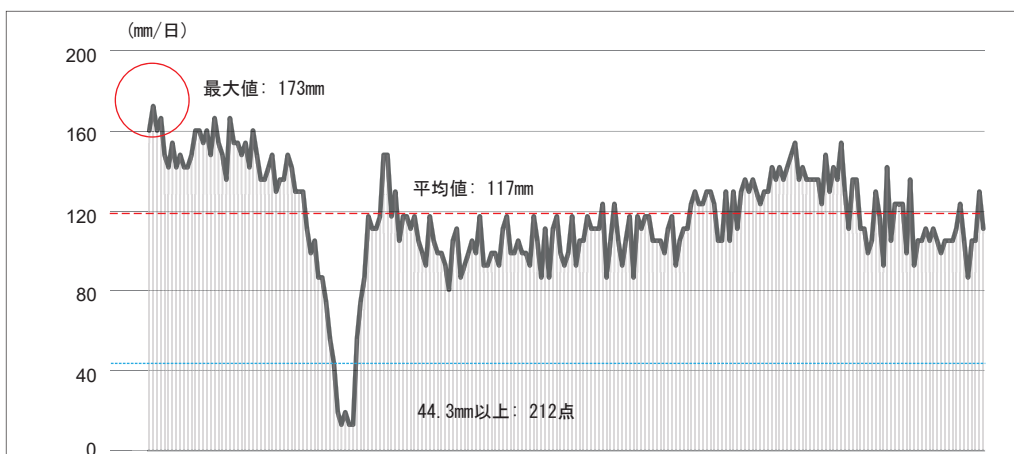
図 7-7 北風向時の矩形型の風雪シミュレーション結果



1) 積雪深の解析

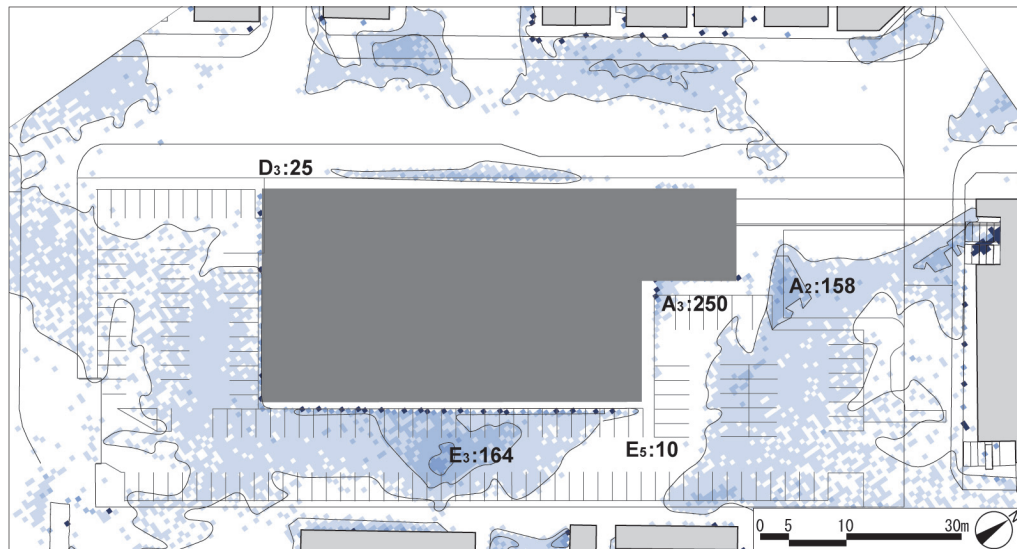


2) 風雪シミュレーション結果写真

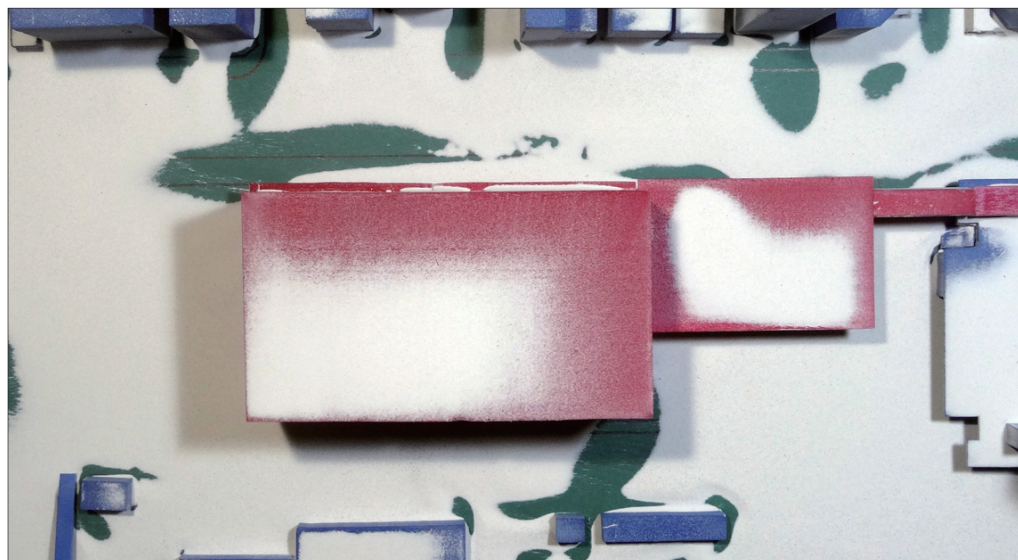


3) メインストリート沿いの歩道の積雪深 (mm/日)

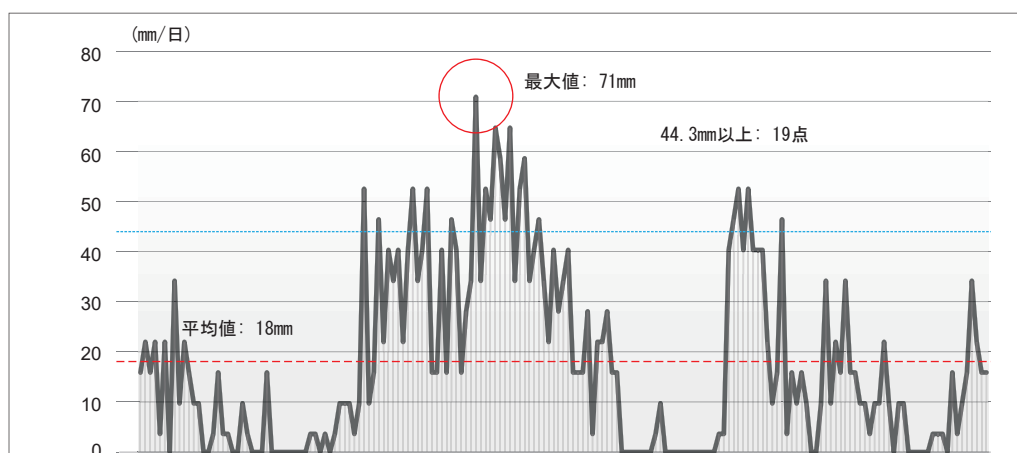
図 7-8 南西風向時の矩形型の風雪シミュレーション結果



1) 積雪深の解析

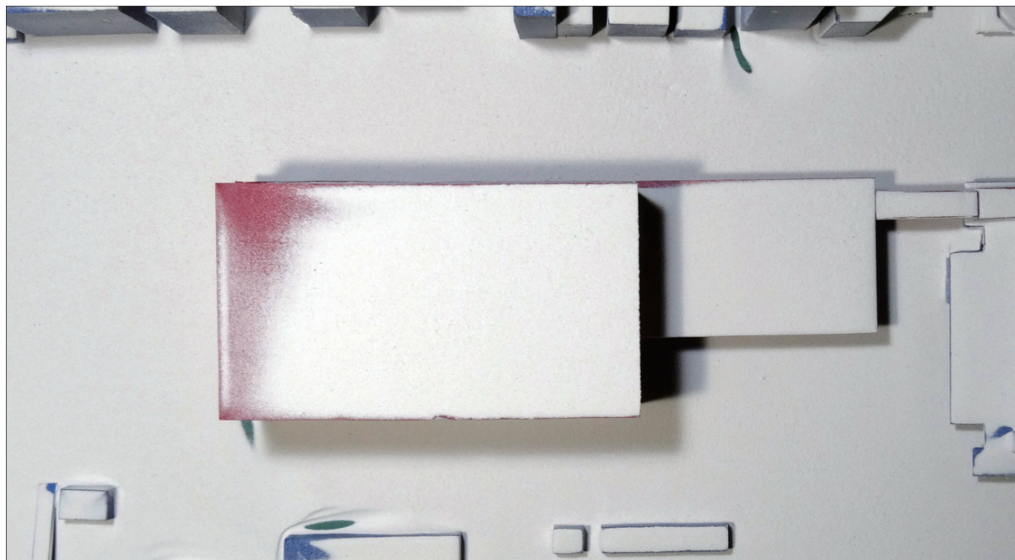
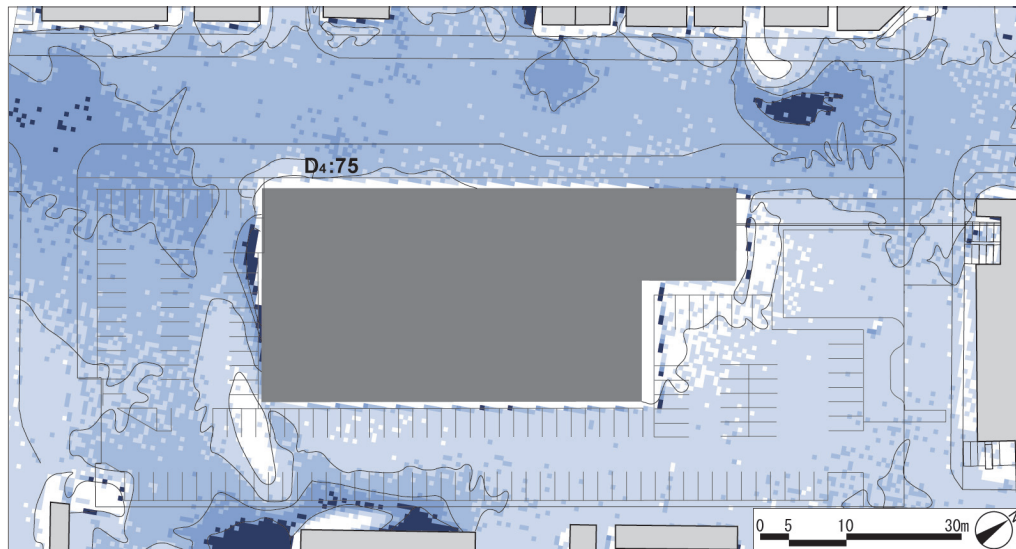


2) 風雪シミュレーション結果写真

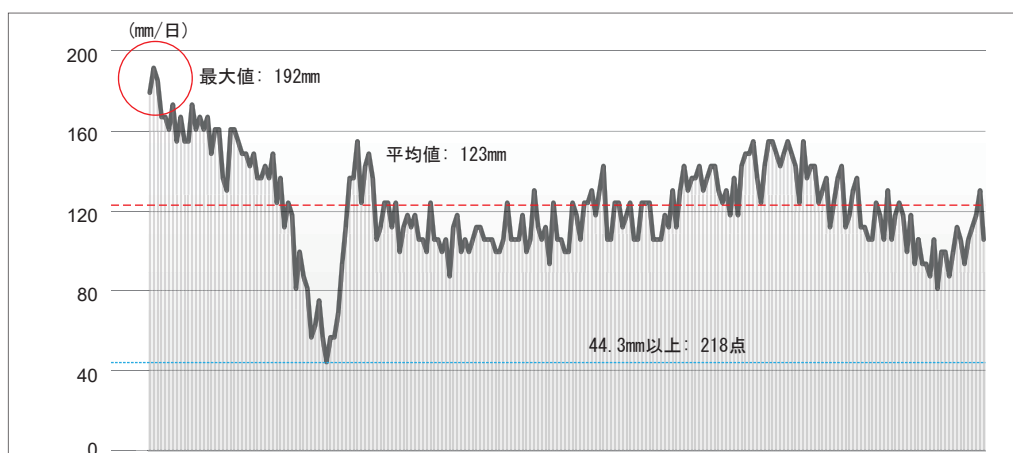


3) メインストリート沿いの歩道の積雪深 (mm/日)

図 7-9 北風向時の雁行型の風雪シミュレーション結果



2) 風雪シミュレーション結果写真



3) メインストリート沿いの歩道の積雪深 (mm/日)

図 7-10 南西風向時の雁行型の風雪シミュレーション結果

7.6 風雪環境評価結果の基本設計への反映

風雪シミュレーションにより明示した2つの検討案の風雪環境評価の結果を整理し（表7-3）、新市庁舎計画に反映した。

①風雪環境評価による矩形型の優位性提示と配置計画への反映：

風雪環境評価の結果より、矩形型はメインストリート歩道で局所的な雪の吹きだまりを低減し、北側風向で線路側駐車場の雪の吹きだまりを低減して除雪負担を軽減することから、外構計画において比較的優位である。この風雪環境における優位性と、建築内部の計画的な検討結果を合わせて、矩形型を基本とした配置計画が採用された。

②風雪環境評価による矩形型の課題提示と施設計画への反映：

風雪環境評価より、矩形型の課題として、北風向の場合、正面E周囲の底下に歩行障害となり得る、雪の吹きだまりが形成されることを示した。その解決方策として、雪をため込みやすい底の面積縮小、底下におけるロードヒーティング敷設が、施設計画に反映された。

検討を反映した基本設計案を図7-11に示す。

表 7-3 2つの配置計画検討案の風雪環境評価

	矩形型		雁行型	
	北風向	南西風向	北風向	南西風向
A) 正面エントラン周囲	底下で1ヶ所大きな雪の吹きだまりが見られる	雪の吹きだまりはない	底下で2ヶ所雪の吹きだまりが見られる	雪の吹きだまりはない
B) 共同駐車場	雪の吹きだまりは無く、雁行型案と平均積雪深に差はない	同左	同左	同左
C) メインストリート歩道	局所的な雪の吹きだまりが比較的減している	同左	局所的な雪の吹きだまりが比較的増加している	同左
D) サブエントランス	顕著な雪の吹きだまりはない	同左	同左	同左
E) 敷地全体の除雪負担	敷地全体の積雪量に差は無く、線路側駐車場の雪の吹きだまりを低減する	敷地全体の積雪量に差は無い	敷地全体の積雪量に差は無いが、線路側駐車場の雪の吹きだまりを増大	敷地全体の積雪量に差は無い

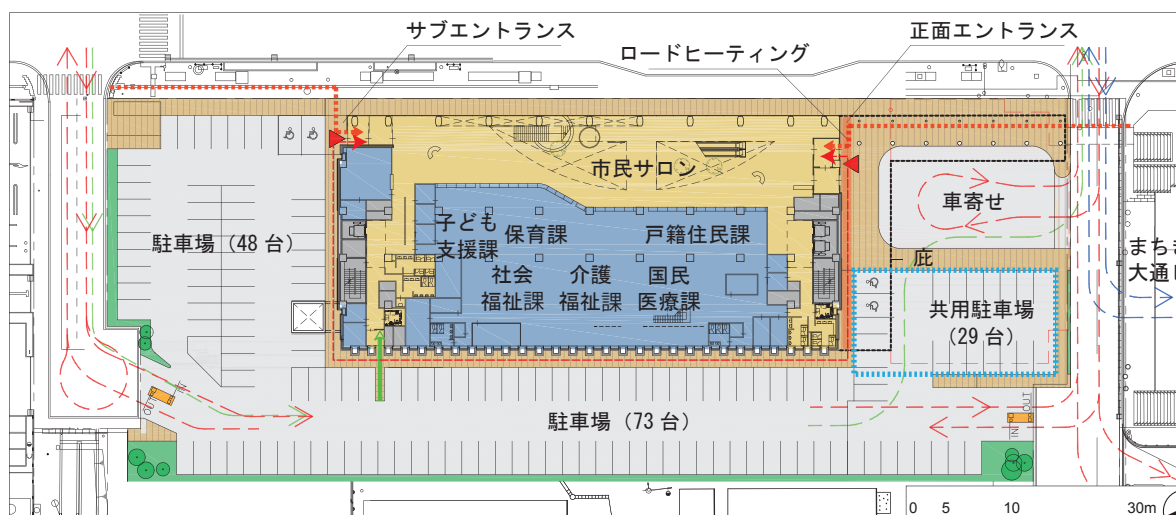


図 7-11 北見市新市庁舎の基本設計案

7.7 第7章のまとめ

7章では、北見市新市庁舎計画における配置計画の2つの検討案（矩形型、雁行型）で、風雪シミュレーションを用いた風雪環境評価を行い、以下3点を明示した。

- ① 2つの検討案に共通する課題として、正面Eの底下で雪の吹きだまりが形成され、歩行障害となり得る。
- ② 共用駐車場、サブE、敷地全体の積雪量は、2つの検討案で差がなく、配置計画の違いによる風雪環境への影響は低い。
- ③ 矩形型は、メインストリート歩道の局所的な雪の吹きだまりを比較的低減し、北風向時に線路側駐車場の吹きだまりを低減することから、雁行型と比較して、外構計画において風雪環境に優位性がある。

以上の風雪環境評価の結果を新市庁舎計画にフィードバックすることで、以下2点が計画反映された。

- ① 矩形型が外構計画で比較的優位であることを示し、建築内部の計画的検討と合わせて、矩形型の配置計画が採用された。
- ② 風雪環境評価より、正面E周囲の底下に雪の吹きだまりができ、改善が必要であることを示した。その対策として、庇縮小による雪の吹き込み低減と、庇下でのロードヒーティング敷設が建築設計に組み込まれた。

以上の7章で明らかにした計画検討と風雪環境評価の対応を図7-12に示す。新市庁舎の計画検討と並行して、風雪環境評価を行うことは、矩形型が外構計画で比較的優位であることを示し、配置計画で採用される一要因となり、庇下の雪の吹きだまりの課題を明示したことで建築設計で対応できた。そして風雪環境評価を組み込んだ都市デザインプロセスに関して以下5点があきらかとなった。

- ① 都市デザインと並行して風雪環境評価を行うことにより、逐次風雪環境評価の結果を都市デザインに反映することができる。したがって、都市デザインと並行して風雪環境評価を行うことは有用である。
- ② 風雪環境評価項目を計画の早期に設定することで、早い段階で風雪環境に配慮した形態を導き出すことができる。
- ③ 風雪環境評価を行うことにより、風雪の影響を低減する配置や形態を明示することができ、都市デザインにおいて、検討案を選定する際に風雪環境を考慮した判断材料を提示できる。
- ④ 風雪の影響を受ける設計ポイントを明示することができ、風雪環境評価後に形態を変更する場合にも、風雪環境を考慮した検討が可能である。

⑤風雪の課題を計画検討段階で把握できるため、詳細設計や設備設計等の後のデザインプロセスにおいて、課題への対応策が検討できる。

以上より、本研究で示した計画デザインと並行して風雪環境評価を行うデザインプロセスは、実際のプロジェクトにおいても有効であることが明らかとなった。冬季に積雪の課題を抱える積雪寒冷都市の都市デザインでは、この都市デザイン手法が重要である。

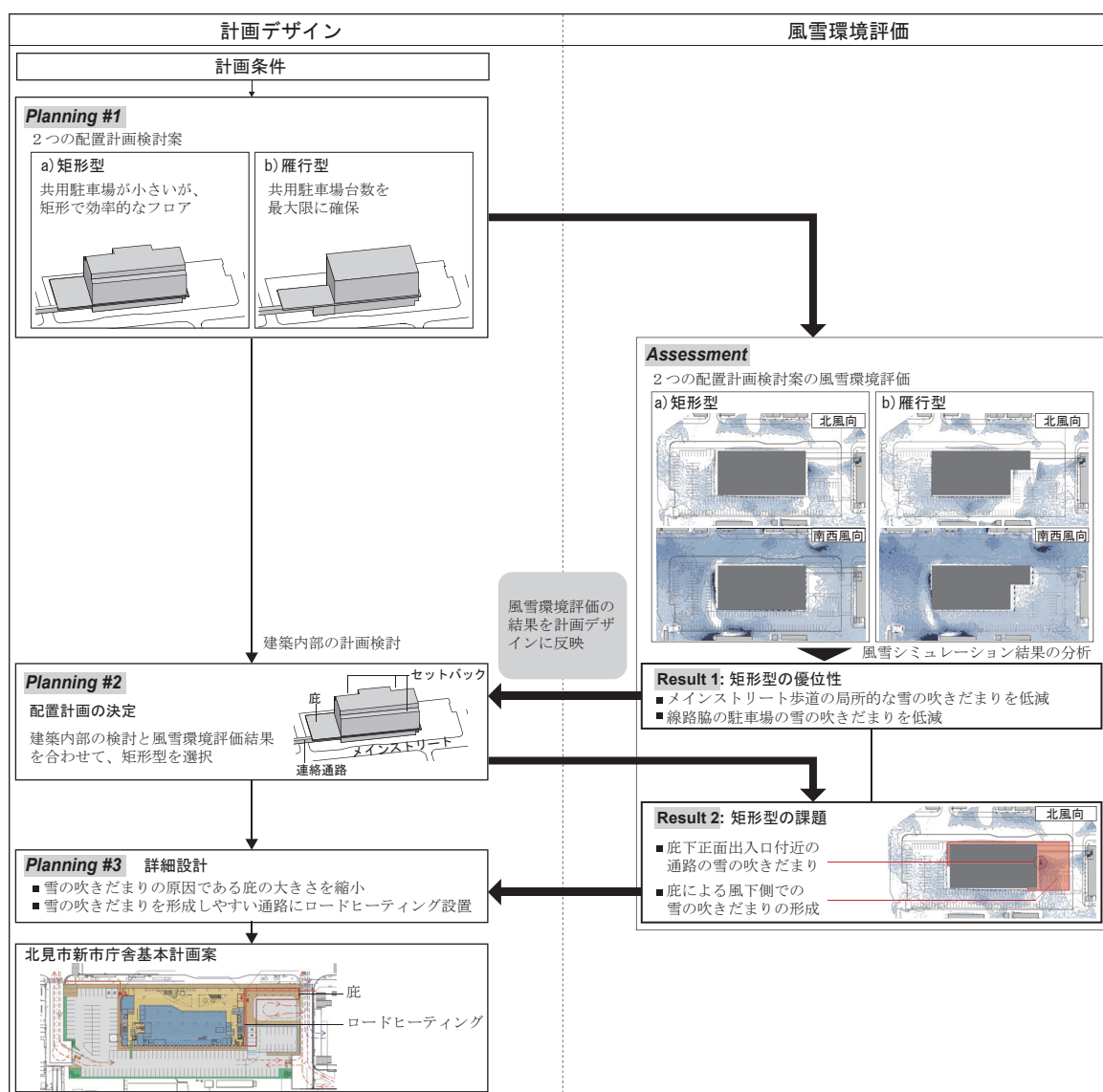


図 7-12 風雪環境評価を組み込んだ北見市新市庁舎の計画プロセス

8. 総合考察・結論

8. 1 総括

8. 2 今後の展望と課題

8.1 総括

都市デザインでは、地域の気候に配慮した快適な都市環境の創出が求められる。特に積雪寒冷都市では、冬の寒さや積雪など気候による特有の課題があり、温暖地域とは異なるアプローチが求められる。これまで積雪寒冷都市では、アトリウムや地下道など、雪や寒さから空間を遮断する手法が用いられてきたが、これらは整備に多くのコストがかかる上、内部の暖房に莫大なエネルギーを消費し、持続可能な手法とは言い難い。雪や寒さを遮断だけでなく、建物の配置や形態等によりそれらの影響を低減する、自然共生型の都市空間像が求められる。

また近年は、エネルギー消費を抑えたサステナブルな都市づくりが目指されている。スマートグリッドや建物間電熱融通等、設備システムに関する検討は数多く行われているが、都市空間に関する研究や取組みは少なく、目標とする都市空間像は明らかになっていない。エネルギー消費の低減を目指した建築形態や都市構造の検討は、都市空間にも大きく影響するため、そのコントロールが必要であり、特に都市デザインの最小単位である街区スケールでは、エネルギー消費を低減する空間像が求められる。

本論は、積雪寒冷都市において、屋外公共空間の風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーを低減する「北方型スマート街区」による都市デザイン手法についての研究をまとめたものである。本章は、総括として本論の全8章で明らかにした結論を整理する。

第1章「序論」では、都市空間コントロール手法の課題、サステナブルな都市づくりに向けた国内外の取組みと課題、積雪寒冷都市特有の都市・建築デザインにおける課題について整理を行い、本論の目的である、積雪寒冷都市における屋外公共空間の風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーを低減する都市空間像と、そのデザイン手法構築の必要性を明かにした。

第2章「札幌都心部の街区空間タイポロジー」では、北方型スマート街区検討の対象である札幌都心部の街区空間形態の分析を行なった。札幌市都心部の135街区の街区空間形態について、街区容積率、空地率、建築数、平均建物高さ、最大建物高さ、建物高さのばらつきの6項目を構成要素としてクラスター分析を行い、9つのグループ(a:低容積中層街区、b:低容積空疎街区、c:低容積低層街区、d:低容積細分化街区、e:高容積高層街区、f:中容積単一街区、g:中容積空疎街区、h:中容積中層街区、i:高容積中層街区)を導き出した。

また9つのグループの街区空間形態の特徴を分析し、以下の5点を明らかにした。

- ①グループa～dの街区は低容積街区で、都心周縁部に位置しており、今後容積を増加する方向で更新される街区グループであると考えられる。
- ②グループf～hの街区は中容積街区であり、グループfとgは、建築数が少なく、役所やホテル建築といった特殊な機能の建築で構成される街区空間形態であると考えられる。
- ③現在の都心部の多くはグループhの中容積中層街区で構成されており、札幌市都心部の中心エリアにおける既成市街地の主な街区空間形態であると言える。
- ④グループiの高容積中層街区は、札幌市都心部の中心エリアでも都市軸沿い等の主要なエリアに位置する街区であり、既成市街地が更新される際の一つの方向性であると考えられる。
- ⑤グループeの高容積高層街区は、札幌市都心部中心エリアの主要なエリアに位置しており、近年再開発によって更新された建築を含む街区であることから、今後が都心の街区が更新される際の一つの方向性であると考えられる。

以上の分析より、現在札幌都心部の中心エリアはグループhの中容積中層街区が多くを占めており、今後これらの街区が容積を増加する方向で更新される際には、隣接する小さな敷地を統合して建築単位で更新するグループhのような「高容積中層街区」、あるいは再開発を行い一体的な更新を行うグループeのような「高容積高層街区」のいずれかの方向性が考えられる。このことから、以降の章における北方型スマート街区の検討にあたっては、高容積高層街区への更新、及び高容積中層街区への更新の2つの街区空間形態に着目し、それぞれ「都心再開発モデル（4章）」「既成市街地更新モデル（6章）」として検討を行うものとした。

第3章「北方型スマート街区の分析評価手法」では、屋外公共空間の風雪の影響を低減し、除雪に要するエネルギーを低減する「北方型スマート街区」の分析評価（以下、環境エネルギー評価）の手法を示した。

既往研究における風雪環境評価を組み込んだ都市デザインプロセスの整理から、都市デザインプロセスと分析評価プロセスを並行して行う構造を明らかにし、分析評価方法を「風雪環境評価」から除雪エネルギー分析を加えた「環境エネルギー評価」へと発展させたデザインプロセスを提示して、その分析評価手法を明示した。

風雪環境の分析評価手法では、風洞装置による風雪シミュレーションと風シミュレーションの方法や設定について概説した。

除雪エネルギーの分析方法では、風雪シミュレーション結果を用いて、公共空間の積雪量を把握し、除雪エネルギー量と除雪による二酸化炭素排出量を算出する方法を示した。また、都市デザインによって除雪エネルギーを低減する重要性を確認するため、街区内全体のエネルギー消費量に対する除雪エネルギーの割合を算定する方法を示した。街区消費エネルギー量は、屋外の除雪エネルギーと街区内建物のエネルギー消費量の総和とし、街区内建物のエネルギー消費量として、建築物省エネ法に基づく建築物消費エネルギー性能基準を用いた手法を明示した。

第4章「北方型スマート街区の都心再開発モデルの開発」では、2章で示した「高容積高層街区」における北方型スマート街区について検討した。その結果、都心再開発モデルのデザインガイドラインとデザインプロセスの要点として次のことを明らかにした。

1) 都心再開発モデルのデザインガイドライン

1 A) 開発方針デザイン：

現況、高層共同型街区、超高層一体型街区の3つの街区空間形態について、環境エネルギー評価を行った。街区全体で形態コントロールが行われていない現況の街区と街区の形態コントロールを行った他の2つのモデルを比較した結果、壁面を統一することで不規則な雪の吹きだまりがなくなり、屋外公共空間の積雪量も低減すること、壁面後退によりオープンスペースを形成すると歩道上の積雪が回避されることを明らかにし、街区全体での形態コントロールの重要性を明示した。

高層共同型街区と超高層一体型街区を比較すると、超高層一体型街区では、高層部からの風の吹きおろしによって歩道上の雪が吹き払われ、また低層基壇部屋根面の積雪によって、地上の積雪量が低減されるため、雪の吹きだまりが少なく、除雪エネルギー量も低減できることが明らかとなった。

1 B) 形態ボリュームデザイン：

超高層一体型街区の開発方針デザインを基本に、建築高さ比率（街区内最高建物高さ／街区内平均建物高さ）と中層部の有無によって4つの街区空間形態（A1型：建築高さ比率2.0以上中層部有り、A2型：建築高さ比率2.0以上中層部無し、B1型：建築高さ比率2.0未満中層部有り、B2型：建築高さ比率2.0未満中層部無し）を計画し、環境エネルギー評価を行った。

グループA（A1型、A2型）とグループB（B1型、B2型）を比較すると、グループAの街区空間形態は、建物高さが高く、低層基壇部の屋根面積が大きくなるため、高層部から吹き降ろす風の増加によって地上の雪の吹き払いが増加し、低層基壇部屋根面の積雪により地上の積雪量が低減するため、除雪エネルギー量も低減し、グループBの街区空間形態よりも優位であることを明らかにした。

A1型とA2型を比較すると、A2型の方が中層部がないために低層基壇部の屋根面積がより大きく、低層基壇部屋根の積雪が増加し地上の積雪量と除雪エネルギー量を低減するため、優位である。

B1型とB2型を比較すると、グループAの比較と同様に、B2型街区の方が中層部がなく低層基壇部の屋根面積の増加によって地上の積雪量と除雪エネルギー量が低減し、優位である。

以上より4つの形態ボリュームデザインを比較すると、建築高さ比率2.0以上の突出した高層部があり、中層部のないA2型が最も望ましい街区空間形態であると言える。

2) 都心再開発モデルのデザインプロセス

開発方針デザイン検討段階において、検討モデルにおける街区内消費エネルギー量と除雪エネルギーとの比較を行った。その結果、除雪エネルギー量は、冬期1日あたりの街区消費エネルギー量の約1割に相当するため、積雪寒冷都市において街区の省エネルギー化を行うにあたっては、除雪エネルギー量を低減する街区空間形態の検討が重要であることを明示した。

検討段階毎の街区空間形態の違いによる風雪環境や除雪エネルギー量の差を比較すると、検討段階の順序によらず街区空間形態の違いによる影響は非常に大きく、都心再開発モデルの検討では、検討段階ごとの環境エネルギー評価が重要であることが明らかとなった。また、後の検討段階である形態ボリュームデザインの街区空間形態では、開発方針デザインで選択しなかった街区空間形態（高層共同型街区）以上に風雪環境の悪化や除雪エネルギー量の増加した街区空間形態（B1型）も見られた。これは、開発方針デザインにおける「低層基壇部屋根面積増加による地上の積雪量低減」という超高層一体型街区の優位性の要因が、形態ボリュームデザインでの中層部の計画によって無くなったためであると考えられる。都市デザインと並行して環境エネルギー評価を行う都心再開発モデルのデザインプロセスでは、初期の検討段階における、風雪環境に影響を与える街区空間形態の要素を明確に把握し、後の検討段階において適切に組み込むことが重要であると言える。

第5章「積雪寒冷都市の都心オープンスペースにおける微気候と

利用行動」では、札幌都心部の空間構成が異なるオープンスペース（以下OS）を対象に屋外調査を行い、北方型スマート街区のOSデザインとして、積雪寒冷都市の都心OSにおける、気温低下に伴う利用行動の減少を抑制するデザインと、冬特有の利用行動を促進、創出するデザインについて、3つの調査により明らかにした。

5.3章では、札幌市都心部で唯一の都市広場である北3条広場を対象とし、年間を通じた屋外環境（気温、日影、風速）の変化と着座行動（着座組数、着座時間）の変化を把握した。その結果、屋外環境と着座行動の関係として、大きく3種類の傾向を示した。

- ①温暖期（気温20℃以上程度）では、全体的に着座行動が多く見られ、日向を避ける傾向、強い風速を嫌う傾向が見られるが、屋外環境の影響は比較的小さい。
- ②積雪寒冷期（気温5℃以下程度）では、寒さが厳しいために、着座行動がほとんど見られなくなる。また、この気温5℃以下となる時期は、降雪・積雪が見られる時期とほぼ同時期であり、着座行動の減少の要因として雪の影響も加わったと考えられる。
- ③寒冷移行期（気温20～5℃程度）では、着座行動が大きく変化する時期であり、気温以外の屋外環境（日影、風速）の影響を強く受ける。日影環境について、日向では着座組数・着座時間が増加し、日向が好まれる傾向が見られる。寒冷移行期の日向は、着座行動を促し、長く滞在させる効果があると考えられる。風環境について、風速が大きいほど着座行動の発生を抑制し、着座時間も低減させる傾向が見られる。

5.4章では、空間構成の異なる3地区6箇所の都心OS（北3条広場、エルプラザ、アスティ45）を対象に屋外調査を行い、各都心OSにおける屋外環境と着座行動の変化を把握し、OS毎の屋外環境と着座行動の関係を比較分析した。その結果、対象の都心OS間で比較した場合にも5.3章で示した3種類の傾向があること確認し、各時期における屋外環境と着座行動の関係性の特徴について以下のことを明示した。

- ①温暖期（気温20℃以上）では、着座行動への屋外環境の影響は少なく、屋外環境の差異によらず、どの都心OSでも比較的多くの着座行動が見られる。
- ②積雪寒冷期（気温5℃以下）では、寒さが厳しく積雪も見られるために、どの都心OSでも着座行動はほぼ見られない。
- ③寒冷移行期（気温20℃以下5℃程度）では、OSによって、着座組数の減少や着座時間、着座位置が異なり、気温以外の屋外環境要素（日影、風）の影響が強く見られる。日影環境について

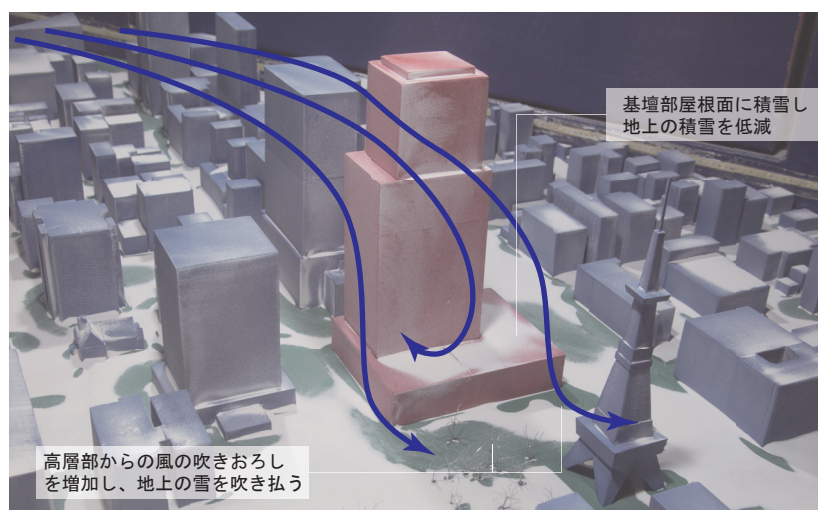


図 8-1 都心再開発モデルのデザインガイドライン

は、日向の着座スペースが好まれ、日向の多いOSでは8℃程度まで着座組数の減少が抑制される傾向が確認された。日向のある状況が、着座行動のきっかけになっており、着座組数の増加を促すものと考えられる。風環境について、風が弱いOSでは、気温が低下するなかでも着座時間の減少が抑制される傾向が確認された。したがって、風速を低減することで、着座した人がより長い時間滞在できる環境を創出できると考えらえる。

以上の分析より、積雪寒冷都市における気温低下に伴う都心OSの利用減少を抑制するには、気温20～5℃程度の寒冷移行期における日影、風環境のコントロールが重要であり、日向面積を増加して着座行為を促し、風速を低減して滞在時間が増大するよう配慮することが有効であることを明らかにした。

5.5章では、積雪寒冷期に焦点を当て、北3条広場を対象に積雪環境とアクティビティの関係性を分析した。その結果、積雪は着座、歩行に対しては障害となり、入口付近や出入口を結ぶ最短経路等、動線上必要となる箇所では積雪の低減や除雪が必要であることを把握した。その一方で、写真撮影などの立止りを増加させ、「雪遊び」という積雪期特有のアクティビティを発生させることを明らかにした。したがって、積雪寒冷期の都心OSのデザインでは、必要な動線経路とその他のアクティビティを行うスペースとを見極め、必要動線の除雪を行いながらも、雪を残す動線や雪遊びを行える耐雪スペースを確保することが望ましく、一律に除雪するのではなく、積雪をコントロールすることが、積雪寒冷都市の冬期特有の魅力を持った都心OSのデザインにつながると考えられる。

さらに第4章と第5章の結論を統合すると、北方型スマート街区

の都心再開発モデルのデザインガイドラインの可能性として、以下の3点が明かとなった。

- ①街区風下側の壁面を後退しOSを設けるデザインは、歩道の積雪を低減することに加えて、OSに雪を溜め、積雪期のアクティビティを促す。
- ②高層部を棟状とする（建築高さ比率が大きい）デザインは、風雪の影響を低減することに加えて、OSの日向面積を大きくし、寒冷移行期の着座行動を促す。
- ③基壇部を大きくするデザインは、屋根面の積雪を増加して地上の積雪を低減することに加えて、地上の風速を低減し、寒冷移行期の着座行動を長く維持させることに貢献する。

第6章「北方型スマート街区の既成市街地更新モデルの開発」では、「高容積中層街区」における北方型スマート街区について検討した。その結果、既成市街地更新モデルのデザインガイドラインとデザインプロセスの要点として次のことを明らかにした。

1) 既成市街地更新モデルのデザインガイドライン

1 A) 開発方針デザイン：

高層棟を風に直列に配置した高層A型街区、高層棟を風に並列に配置した高層B型街区、中層型街区の3つの街区空間形態について、環境エネルギー評価を行った。風雪環境については、高層A型街区と高層B型街区は、広いオープンスペースでの雪の吹きだまりが多く、中層型街区は雪の吹きだまりが少ない上、歩道上の風速も小さく最も優位であった。除雪エネルギー量は高層B型街区が極めて大きく、高層A型街区と中層型街区に大きな違いは見られなかった。したがって、開発方針として、空地が少なく、建物高さを抑えた中層型街区が、最も風雪の影響が小さく、除雪エネルギー量も低減し優位である。

1 B) 形態ボリュームデザイン：

中層型街区の開発方針デザインを基本に、街区全体での形態コントロールを行わない現況更新型街区と、街区で形態コントロールを行った高さ統一型街区、山型街区、囲い型街区の計4つの街区空間形態を計画し、環境エネルギー評価を行った。

風雪環境に関して、現況更新型街区では細かな雪の吹きだまりが見られ、高さ統一型街区は全体的に積雪が多い。山型街区では札幌駅前通り西側や南3条通り歩道に大きな雪の吹きだまりが形成される一方で、囲い型街区では全体的に雪の吹きだまりが低減された。また、除雪エネルギー量は、高さ統一型街区が全体的に積雪量が多

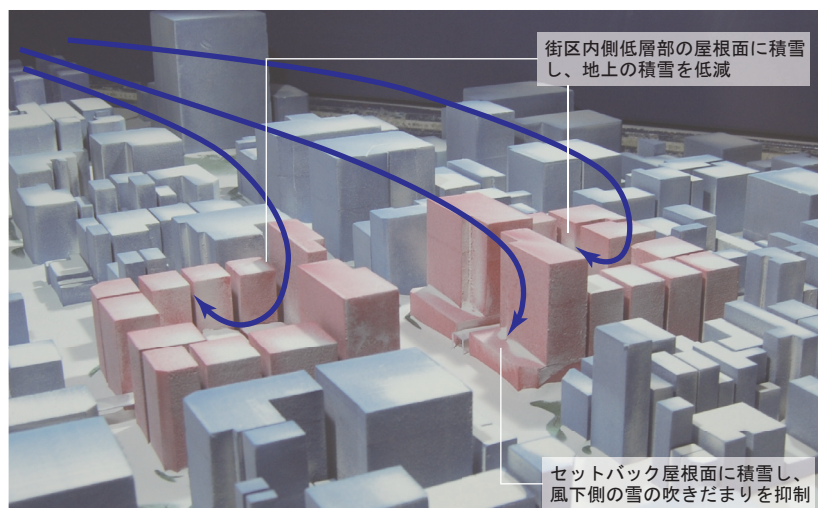


図 8-2 既成市街地更新モデルのデザインガイドライン

いため最も大きく、次いで山型街区が歩道上の積雪が多いため大きくなった。囲い型街区は街区内側の低層部屋根面に積雪するため、公共空間の雪の吹きだまりと除雪エネルギーを低減した。したがって、形態ボリュームデザインとして囲い型街区が最も優位である。

1 C) 部分形態デザイン：

囲い型街区の形態のボリュームデザインを基本に、札幌駅前通りに面する形状の異なる、アーケード型街区とセットバック型街区を計画し、環境エネルギー評価を行った。アーケード型街区ではアーケード内に雪の吹きだまりが見られた。セットバック型街では、札幌駅前通り東側の雪の吹きだまりがわずかに減少し、西側の吹きだまりがわずかに増加した。また、除雪エネルギー量については、囲い型が最も少なかった。したがって、アーケード型街区、セットバック型街区のいずれも囲い型街区よりも風雪環境や除雪エネルギーの悪化が見られ、囲い型街区がわずかに優位である。

2) 既成市街地更新モデルのデザインプロセス

検討段階毎に街区空間形態の違いによる風雪環境の差を見ると、開発方針デザインの違いによる風雪環境や除雪エネルギーの変化が最も大きく、形態ボリュームデザイン、部分形態デザインとプロセスが進むにつれて、街区空間形態の違いによる風雪環境への影響が小さくなる傾向が見られた。したがって、北方型スマート街区「既成市街地更新モデル」のデザインプロセスにおいては、早期の段階ほど環境エネルギー評価を組み込む効果は大きく、重要である。一方で、部分形態デザインに環境エネルギー評価を組み込むことは、街区全体の風雪環境や除雪エネルギーへの影響は小さいが、局所的な風雪環境の変化を把握する上で有効であることが明らかとなった。

第7章「積雪寒冷都市における風雪シミュレーションを用いた市庁舎計画デザインプロセス」では、実際のプロジェクトにおいて、風雪シミュレーションを用いた風雪環境評価を行い、風雪環境評価を組み込み込んだ具体的なデザインプロセスとその効果を明示した。

筆者が実際に協働した北見市新市庁舎計画の基本設計段階において、2つの配置計画案に対して風雪シミュレーションによる風雪環境評価を行い、風雪環境評価の結果を計画案に反映したデザインプロセスの分析を行った。

以上の分析考察の結果、風雪環境評価を組み込んだ北方型都市デザインプロセスの要点として次の5点を明らかにした。

- ①都市デザインと並行して風雪環境評価を行うことにより、逐次風雪環境評価の結果を都市デザインに反映することができる。
したがって、都市デザインと並行して行うこと、及び各計画段階で逐次結果を反映することが重要である。
- ②風雪環境評価項目を計画の早期に設定することで、早い段階で風雪環境に配慮した形態を導き出すことができる。
- ③風雪環境評価を行うことにより、風雪の影響を低減する配置や形態を明示することができ、都市デザインにおいて、検討案を選定する際に風雪環境を考慮した判断材料を提示できる。
- ④風雪の影響を受ける設計ポイントを明示することができ、風雪環境評価後に形態を変更する場合にも、風雪環境を考慮した検討が可能である。
- ⑤風雪の課題を計画検討段階で把握できるため、詳細設計や設備設計等の後のデザインプロセスにおいて、課題への対応策が検討できる。

以上の本研究で明らかにした北方型スマート街区の都市デザイン手法の意義として、デザインガイドラインは、積雪寒冷都市独自の地区計画や高さ規制などへの社会実装が想定される。さらに世界の積雪寒冷都市においても、雪の状況の違いなどはあるが、その基本的な空間デザインコンセプトは応用可能であると考えられる。また、環境エネルギー評価を並行させるデザインプロセスは、世界の積雪寒冷都市において広く応用可能であると考えられる。

8.2 今後の展望と課題

本論は、積雪寒冷都市を対象に、風雪の影響と冬季のエネルギー消費を低減する北方型スマート街区による都市デザイン手法について研究を行った。世界の大都市のなかでも特に降雪の多い札幌市都心部を対象に、風雪シミュレーションを用いた風雪環境評価と除雪エネルギー評価を組み込んだ北方型スマート街区による都市デザイン手法を提示し、札幌市都心部における街区空間像のデザインガイドラインとデザインプロセスを明らかにした。本論の成果を基に、今後の積雪寒冷都市の都市デザイン研究として、以下4点の展開が今後重要であると考ええる。

1) 多様な北方型スマート街区の空間形態検討

本論では、北方型スマート街区のデザインプロセスを構築することに主眼を置き、都市デザイン手法の道筋を示すことに研究の焦点を当て、「都心再開発モデル」と「既成市街地更新モデル」のそれぞれに関して、北方型スマート街区として優位なデザインガイドラインの基本的な方針を示すことはできた。今後は各検討段階において、より多様な街区空間形態にでの検討を重ね、風雪の影響を低減する積雪寒冷都市固有の都市デザインを発見していくことが求められる。

2) 研究対象スケールの発展

本論は、都市デザインの基本単位として「街区」に着目し、街区単位で空間形態の検討を行い、積雪寒冷都市に望ましい「北方型スマート街区」による都市デザイン手法を明らかにした。都市人口の増加や、集約化に伴う都市更新が進む現代の積雪寒冷都市では、風雪の影響や除雪エネルギーを低減し、冬の都市生活の魅力を向上させる都市形態「北方型スマートシティ」の構築が望まれる。街区が複数になれば、その空間形態による風雪の動態への影響がより複雑に変化することが推察され、一方で都市計画・都市デザインとしても、スケールに応じて考慮すべき事項や求められる事項が変わる。本研究の成果を基礎に、研究対象のスケールを拡大し、地区や都市スケールに応じたさらなる研究が必要である。

3) 風雪シミュレーション手法の発展

本論では、風洞装置を用いた風雪シミュレーションを基本に、北方型スマート街区の検討を行った。しかし、風洞装置による実験では、模型作成や積雪深の測定にある程度の時間が必要であり、また風洞サイズによって対象のスケールや大きさが制限される。上記1) 2)の研究を行うにあたっては、より簡便で、より大規模なスケールでの風雪シミュレーションが求められる。現在、CFDでのコン

ピュータシミュレーションを用いた風雪シミュレーションの研究も見られるが、その方法はまだ時間や労力を必要とする上、複雑な形態を扱う都市デザインへの適用には再現性に課題が多い。今後、1) 2) の研究を行うにあたっては、コンピュータシミュレーションによる簡便な方法の検討や、風洞装置とコンピュータを併用したシミュレーション方法等、風雪シミュレーションの方法についても発展させる必要がある。

4) 研究対象都市の展開

本論では、都市人口が多く降雪量が多い上、グリッド都市であるために街区空間形態と風雪の関係性が把握しやすいこと等を理由に、札幌市都心部を対象に研究を行った。しかし、都市規模や地域の生活文化等によって求められる都市空間像は異なり、例えば北海道内の他都市では、求められる容積率や建物高さ、降雪時の風向などが異なり、札幌とは別の「北方型スマート街区」の空間形態が求められる。また他国の積雪寒冷都市となれば、文化的な背景の違いから、気候に対するアクティティも異なるため、風雪環境の評価基準も札幌とは異なる。本論で示した街区空間形態のデザインガイドラインは、他都市にそのまま適用することはできないが、本論で明示した「北方型スマート街区」という方針とその都市デザイン手法、デザインガイドラインを導き出すプロセスは普遍的なものであり、世界の積雪寒冷都市においても有効である。本論が示した手法を基礎に、他都市での研究を展開し、「北方型スマート街区」「北方型スマートシティ」の都市デザイン研究を発展させていくことが望まれる。

参考文献

- 1-1) 青木仁：なぜ日本の街はちぐはぐなのかー都市生活者のための都市再生論，日本経済新聞社，2002
- 1-2) Ernest Burden: Design Simulation: Use of Photographic and electronic Media in Design and Presentation, John Wiley & Sons Inc, 1985
- 1-3) Peter Bosselmann: Representation of Places: Reality and Realism in City Design, Univ of California Press, 1998
- 1-4) Daniel G. Parolek AIA, Karen Parolek, Paul C. Crawford FAICP : Form Based Codes: A Guide for Planners, Urban Designers, Municipalities, and Developers, Wiley, 2008
- 1-5) 李寶欒，高見沢実，野原卓：マイアミ市におけるニューアーバニズム型ゾーニングの全面適用に関する考察，都市計画論文集，46(1), 69-76, 2011
- 1-6) 山村真司：スマートシティはどうつくる？，NSRI 選書，2014
- 1-7) 岡部明子：サステイナブルシティ EU の地域・環境戦略，学芸出版社，2003
- 1-8) 岡部明子：持続可能な都市社会の本質ー欧州都市環境録書に探る，千葉大学公共研究，24, 116-141, 2006
- 1-9) 国際開発計画 (UNDP)：ミレニアム開発目標 (オンライン)，http://www.jp.undp.org/content/dam/tokyo/docs/Publications/GeneralBrochure/UNDP_Tok_MDGs2014_20141222.pdf (入手 2017-12-09)
- 1-10) 国連開発計画 (UNDP)：持続可能な開発アジェンダ (オンライン)，<http://www.jp.undp.org/content/tokyo/ja/home/sdg.html> (入手 2017-12-09)
- 1-11) 日本建築学会編：スマート時代のサステイナブル都市・建築デザイン，彰国社，2015
- 1-12) Panasonic：世界のエコタウン フライブルク (オンライン)，<https://www2.panasonic.biz/es/solution/fujisawa/ecotown/freiburg.html> (入手 2017-12-09)
- 1-13) Harfencity Hamburg (オンライン)，<http://www.harfencity.com> (入手 2017-12-09)
- 1-14) 五十嵐敏郎：ハンプルク市の挑戦ハーフェンシティ計画，安寧の都市研究，4,47-51，京都大学安寧の都市ユニット，2013
- 1-15) 国土交通省：平成 19 年度国土交通白書 (オンライン) <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/> (入手 2017-12-09)
- 1-16) トウインクリス，佐々木 仁：Step Change：BedZED が切り開いた英国のゼロカーボンロードマップ，建築雑誌，129(1653), 40-41, 2014
- 1-17) Zed Factory：BedZED (オンライン)，<https://www.zedfactory.com/bedzed> (入手 2017-12-09)
- 1-18) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構：CASBEE (オンライン)，<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/index.htm> (入手 2017-12-09)
- 1-19) TU Wien: European Smart Cities (オンライン)，<http://smart-cities.eu/?cid=1&ver=4> (入手 2017-12-09)
- 1-20) APEC Energy Working Group: The Concept of the Low-Carbon Town in the APEC Region Sixth Edition (オンライン)，<http://aperc.icej.or.jp/publications/reports/lcmt.html> (入手 2017-12-09)
- 1-21) S. Salat: Cities and Forms, on sustainable urbanism, CSTB Urban Morphology Laboratory, 2011
- 1-22) ノルマンプレスマン，絵内正道訳：北国のまちづくりと景観ー気候に結びつけたデザイン，北海道大学図書刊行会，2002
- 1-23) 札幌市：世界冬の都市市長会 (オンライン)，<https://www.city.sapporo.jp/somu/kokusai/wwwcam/index-j.html> (入手 2017-11-16)
- 1-24) 日本建築学会：建築教材雪と寒さと生活 I 発想編，第 1 版第 4 刷，彰国社，1997
- 1-25) D. Phillips: Defining Winter's Misery, Chinook, Winter/Hiver, 16-19, 1987
- 1-26) 吉原美保子，絵内正道，羽山弘文，森太郎：北海道における気候の厳しさ指数，日本建築学会北海道支部研究報告集，74, 195-198, 2001
- 1-27) 吉原美保子，絵内正道，羽山弘文，森太郎，田村佳愛：北海道における気候の厳しさ指数，日本建築学会大会学術講演梗概集，913-914, 2002

- 1-28) 絵内正道, Norman Pressman, Annie Luttgen, 鄭茂余, Jorma Heikkien: Winter Cities における児童の冬の適応に関する調査結果, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 76, 451-452, 2003
- 1-29) 簗川恭子, 絵内正道, 羽山弘文: 積雪寒冷地域と温暖地域の小学生における冬の捉え方, 日本建築学会北海道支部研究報告集, 77, 189-192, 2004
- 1-30) 本間義規, 絵内正道, 浦田香苗: Winter Cities における冬への適応に関する調査 - 北東北地域・岩手県を対象として -, 日本建築学会東北支部研究報告会, 97-100, 2005
- 1-31) 札幌市: 雪対策実績 (オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kensetsu/yuki/jigyoubudget.html> (入手 2017-11-16)
- 1-32) The Architecture Guide for Northern Norway and Svalbard: Bo i nord boligområde (オンライン), http://arkitekturguide.uit.no/categories.php?cat_id=429 (入手 2017-11-16)
- 1-33) 日本建築学会, 日本建築士会連合会, 日本建築士事務所協会連合会, 日本建築家協会, 建設業協会: 地球環境・建築憲章 (オンライン), <https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2000/000707.htm> (入手 2017-11-16)
- 1-34) 五十嵐太郎: 終わりの建築／始まりの建築 — ポスト・ラディカリズムの建築と言説, INAX 出版, 2001
- 1-35) B. ルドフスキー, 渡辺武信訳: 建築家なしの建築, 鹿島出版会, 1984
- 1-36) イアン・L・マクハーグ, インターナショナルランゲージアンドカルチャーセンター 訳: デザイン・ウィズ・ネイチャー, 集文社, 1994
- 1-37) 古市徹雄: Towards Nature, 大連理工大学出版社, 2014
- 2-1) 都市環境デザイン会議: 日本の都市デザイン (1) 北海道・東北・関東編 建築資料研究者, 2003
- 2-2) CBRE Japan 全国主要都市ビジネスパーソンガイド札幌 (オンライン), https://www.cbre-propertysearch.jp/article/business_area_guide-sapporo (入手 2017-12-07)
- 2-3) 札幌市, 都心まちづくり計画 (オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/documents/keikakusyo.pdf> (入手 2017-12-07)
- 2-4) 札幌市, さっぽろ都心まちづくり戦略 (オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/documents/senryaku.pdf> (入手 2017-12-07)
- 2-5) 札幌市, 第2次都心まちづくり計画 (オンライン), <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/toshin2.html> (入手 2017-12-07)
- 3-1) 一般財団法人北海道建築指導センター: 北方型住宅 (オンライン), <http://www.hokkaido-ksc.or.jp/index.php?id=207> (入手 2017-12-10)
- 3-2) Hebbert, M.; Jankovic, V. Cities and Climate Change: The Precedents and Why They Matter. Urban Stud. 50, 1332-1347, 2013
- 3-3) Juan, S.; Yoon, S. Deduction of Optimum Surface Design Factors for Enhancement of Outdoor Thermal Environment in a Micro-Scale Unit. Sustainability, 9, 1381, 2017
- 3-4) Heidari, A.; Sahebzadeh, S.; Dalvand, Z. Natural Ventilation in Vernacular Architecture of Sistan, Iran; Classification and CFD Study of Compound Rooms. Sustainability, 9, 1048, 2017
- 3-5) Yuan, C.; Ng, E. Building porosity for better urban ventilation in high-density cities—A computational parametric study. Build. Environ. 50, 176-189, 2012
- 3-6) Yuan, C.; Ng, E. Practical application of CFD on environmentally sensitive architectural design at high density cities: A case study in Hong Kong. Urban Clim. 8, 57-77, 2014
- 3-7) Ng, E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities—Air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. Build. Environ. 44, 1478-1488, 2009
- 3-8) Ng, E.; Yuan, C.; Chen, L.; Ren, C.; Fung, J.C. Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong. Landsc. Urban Plan. 101, 59-74, 2011
- 3-9) Szűcs, Á. Wind comfort in a public urban space—Case study within Dublin Docklands. Front. Arch. Res. 2, 50-66, 2013

- 3-10) Blocken, B.; Janssen, W.D.; Hoff, T.V. CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University campus. *Environ. Model. Softw.* 30, 15–34, 2012
- 3-11) Capeluto, I.G.; Yezioro, A.; Shaviv, E. Climatic aspects in urban design—A case study. *Build. Environ.* 38, 827–835, 2003
- 3-12) ノルマンプレスマン, 絵内正道訳: 北国の街づくりと景観 気候に結び付けた都市デザイン 北海道大学図書刊行会 2002
- 3-13) Ebrahimabadi, S.; Nilsson, K.L.; Johansson, C. The problems of addressing microclimate factors in urban planning of the subarctic regions. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.* 42, 415–430, 2015
- 3-14) Tominaga, Y.; Okaze, T.; Mochida, A. CFD modeling of snowdrift around a building: An overview of models and evaluation of a new approach. *Build. Environ.* 46, 899–910, 2011
- 3-15) Okaze, T.; Tominaga, Y.; Mochida, A. Development of new snowdrift model based on two transport equations of drifting snow density: Numerical prediction of snowdrift around building using CFD (Part 2). *J. Environ. Eng.* 78, 149–156, 2013
- 3-16) Kim, H.; Macdonald, E. Wind and the city: An evaluation of San Francisco's planning approach since 1985. *Environ. Plan. B Urban Anal. City Sci.* 44, 10–32, 2015
- 3-17) Peter BOSSELMANN: Sun, wind, and pedestrian comfort: a study of Toronto's Central Area, Center for the Built Environment UC Berkeley, 1990.12
- 3-18) 湯川崇、苫米地司ほか: 積雪寒冷都市における住宅地街区内の雪堆積状況に関する研究 - 吹雪風洞実験におけるシミュレーションによる分析 -, 日本建築学会技術報告集, Vol.18, No.40, pp1013-1017, 2012.10
- 3-19) 苫米地司、上田宏: 模型雪を用いた風洞実験の適用について (その2、摩擦応力と模型雪の堆積性状の対比)、日本建築学会北海道支部研究報告集, No.67 pp69-72, 1994.3
- 3-20) 湯川崇, 谷口尚弘, 苫米地司: 積雪寒冷地における敷地内の雪堆積可能面積と住戸配置に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, No.650, pp.781-786, 2010.4
- 3-21) 土屋学ほか: 階段状屋根の雪の吹きだまりに影響を及ぼす風の流れの特性に関する研究、日本建築学会構造系論文集, No.555, pp53-59, 2002.5
- 3-22) 三橋博巳: 建築物の雪の吹きだまりと吹雪風洞実験、日本雪氷学会誌、雪氷 Vol.65, No.3, pp287-295, 2003.3
- 3-23) 瀬戸口剛ほか: 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, 日本建築学会計画系論文集 No. 604, pp131-138, 2006.6
- 3-24) Tsuyoshi Setoguchi: New Urban Design Approaches with Snow Simulations for Cold and Snowy Cities Tsuyoshi, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol.7, No. 1, 93-99, 2008.5
- 3-25) 瀬戸口剛: 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, 日本建築学会計画系論文集 Vol.74, No.642, pp1777-1786, 2009.8
- 3-26) Tsuyoshi Setoguchi: Public Square Design with Snow and Wind Simulations Using Wind Tunnel, Wind Tunnels and Experimental Fluid Dynamics Research, pp463-478 INTECH, 2011.7
- 3-27) 瀬戸口剛、堤拓哉: 風雪シミュレーションを用いた高層建築街区と中層建築街区が周辺の公共空間に与える風雪環境評価、日本建築学会計画系論文集 No.614, pp167-174, 2007.4
- 3-28) 瀬戸口剛、堤拓哉: 積雪寒冷都市のための風雪シミュレーションを用いた高層街区と中層街区の風雪影響の比較、日本建築学会計画系論文集 No.619, pp101-108, 2007.9
- 3-29) 堤拓哉: 吹雪風洞、日本風工学会誌, Vol.34, No.1, No.118, pp36-41, 2009
- 3-30) 日本建築学会: 建物荷重指針・同解説, pp26-27, 2015
- 3-31) Yutaka Anno: REQUIREMENTS FOR MODELING OF A SNOWDRIFT, *Cold Regions Science and Technology*, Vol.8, pp241-252, 1984
- 3-32) 西尾文彦、石田完: 地吹雪における乱れのエネルギー消散率、低温科学、A31, pp69-85, 1973

- 3-33) 苦米地司、上田宏：模型雪を用いた風洞実験の適用について（その2、摩擦応力と模型雪の堆積性状の対比）、日本建築学会北海道支部研究報告集、No.67 pp69-72, 1994
- 3-34) 江守一郎ほか：模型実験の理論と応用 技報堂出版 2000.3
- 3-35) 久保田ほか：実在する 270m 平方の住宅地における地域的な風通しに関する風洞実験、建築群の配置・集合形態が地域的な風通しに及ぼす影響 その1、日本建築学会計画系論文集 No.529, pp109-116, 2000
- 3-36) 澤山一博ほか：ロードヒーティング用ファジィ制御システムの開発、北海道立工業試験場報告 No.294, 1995
- 3-37) 国立研究開発法人建築研究所：エネルギー消費性能計算プログラム（非住宅版）Ver.2.1.1, 2016.5（オンライン）, <http://building.app.lowenergy.jp/>（入手 2016-07-20）
- 3-38) 国立研究開発法人建築研究所：基準一次エネルギー消費量の算定根拠、2014.06.2（オンライン）, <http://www.kenken.go.jp/becc/building.html>（入手 2016-07-20）
- 3-39) 国立研究開発法人建築研究所、独立行政法人建築研究所：平成 25 年省エネルギー基準（平成 25 年 1 月公布）等関係技術資料—一次エネルギー消費量算定プログラム解説（非住宅建築物編）—, 国土技術政策総合研究所資料 (762), 2013.11
- 3-40) 「オフィスブック」制作グループ：オフィスブック 彰国社 2011
- 3-41) 羽山広文ほか：札幌市における業務用建物のエネルギー消費実態調査：建築のエネルギー消費調査研究委員会報告、日本建築学会北海道支部研究報告集 Vol.75, pp339-346, 2002.6
- 4-1) 札幌市：第2次都心まちづくり戦略, 2016.6（オンライン）, <http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/plan/toshin2.html>（入手 2017-11-07）
- 4-2) 札幌市：（仮称）市民交流複合施設整備基本計画, 2013.5（オンライン）, http://www.city.sapporo.jp/kikaku/downtown/project/documents/kihonkeikaku_honpen.pdf（入手 2017-11-07）
- 4-3) 国土交通省大臣官房官庁営繕部整備課：建築構造設計基準の資料平成 27 年版, 2015.3（オンライン）, <http://www.mlit.go.jp/common/000111676.pdf>
- 5-1) 田口友子、後藤春彦：駅前広場における滞留行動が観察者に与える印象、人間行動の実態調査に基づく景観構成要素の分析、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 641-642, 2011
- 5-2) 近江隆、北原啓司：Small-Urban-Spaces 内外の行為からみた SUS 領域の形成、日本建築学会計画系論文報告集, No. 433, pp. 119-127, 1992
- 5-3) 近積田洋、土田寛：休憩行為に関する嗜好空間の分析—都市のパブリックスペースの研究（その1）—, 日本建築学会計画系論文集, No. 591, pp. 87-94, 2005
- 5-4) 土田寛、積田洋、「休憩および待ち合わせ行為に関する嗜好空間の分析—都市のパブリックスペースの研究（その2）」, 日本建築学会計画系論文集, No. 596, pp. 59-66, 2005
- 5-5) 出口敦、三浦昌生、篠崎道彦、桑田仁、村田英樹：中庭型空地における日射量に関する基礎的研究—オープンスペースの環境計画に関する研究（その1）—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1405-1406, 1992
- 5-6) 桑田仁、山田学、出口敦、惣野正己：オープンスペースの環境評価に関する研究—その1 公開空地をケーススタディとして—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 333-334, 1993
- 5-7) 惣野正己、桑田仁、出口敦、山田学、西村幸夫：オープンスペースの環境評価に関する研究—その2 住宅団地をケーススタディとして—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 335-336, 1993
- 5-8) 蔵澄美仁、土川忠浩、近藤恵美、石井仁、深川健太、大和義昭、飛田国人、安藤由佳、松原斎樹、堀越哲美：屋外環境における至適温熱環境に関する研究、人間と生活環境, 19(2), pp. 115-127, 2012
- 5-9) 木内豪：屋外空間における温冷感指標に関する研究、日本気象学会「天気」, Vol. 48, No. 9, pp. 11-21, 2001

- 5-10) 友田誠, 相良和伸, 山中俊夫, 甲谷寿史, 桃井良尚, 仲宗根遥: 都市オープンスペースにおけるアクティビティ評価に関する研究, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp. 57-60, 2009
- 5-11) 友田誠, 山中俊夫, 相良和伸, 甲谷寿史, 桃井良尚: 都市のオープンスペースにおけるアクティビティ評価に関する研究(その2) アクティビティの日変動特性の季節による差異, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp. 97-100, 2010
- 5-12) 星卓志: 札幌都心部における人のための公共空間の計画と整備, 都市計画, 日本都市計画学会, Vol. 63, No. 6, pp. 36-39, 2014
- 5-13) J. ゲール, 「屋外空間の生活とデザイン」, 1990, pp. 96-100, 190-200, 鹿島出版会
- 5-14) 松沢勝, 加治屋宏彦, 石本敬志: 新路面分類と 94/95 冬期路面状況, 北海道の雪氷, No. 14, 52-55, 1995
- 6-1) 瀬戸口剛ほか: 風雪シミュレーションを用いた高層建築街区と中層建築街区が周辺の公共空間に与える風雪環境評価, 日本建築学会計画系論文集 No. 614, pp. 167-174, 2007.4
- 6-2) 瀬戸口剛ほか: 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 No. 682, pp. 2789-2798, 2012.12

査読付き掲載論文リスト

- (1) Norihiro Watanabe, Tsuyoshi Setoguchi, Kosuke Maeda, Daiki Iwakuni, Zhiming Guo and Takuya Tsutsumi: Sustainable Block Design Process for High-Rise and High-Density Districts with Snow and Wind Simulations for Winter Cities, Sustainability, Vol. 9, No. 11, 2132, 2017, IF=1.789
- (2) 渡部典大, 瀬戸口剛, 松山倫之, 郭芷銘, 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スマート街区の空間形態とエネルギー消費, 日本建築学会計画系論文集, Vol. 82, No. 733, 735-744, 2016
- (3) Norihiro WATANABE, Tsuyoshi SETOGUCHI, Koya SATO and Takuya TSUTSUMI: New City Block Design Approaches Incorporating Environmental Assessment for Downtown Districts in Cities with Severe Winter Climates, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 15, No. 3, 455-462, 2016, IF=0.277
- (4) Norihiro WATANABE, Tsuyoshi SETOGUCHI, Shota YOKOYAMA, Zhiming GUO and Takuya TSUTSUMI: Urban-Design Process with Snow and Wind Simulations: A Study on the Kitami City Hall, Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 11, No. 2, 107-120, 2016
- (5) Zhiming GUO, Tsuyoshi SETOGUCHI, Norihiro WATANABE and Ke Huo: Optimization Design of Open Space Based on Microclimate and Behavior in China, Journal of Civil Engineering and Architecture, Vol. 11, 617-634, 2017
- (6) 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, Vol. 77, No. 682, 2789-2798, 2012

謝 辞

本論文は、北海道大学大学院工学院建築都市空間デザイン専攻都市地域デザイン学研究室において、瀬戸口剛教授の御指導の下、研究を行いまとめたものです。本論文の基となった修士課程時代の研究から、研究の意義、研究の視点、論理展開、海外ジャーナルの投稿に向けた文章表現に至るまで、懇切にご指導いただきましたことを厚く御礼申し上げます。瀬戸口教授には、本論文の積雪寒冷都市の研究を通して、北海道で「世界最先端」の研究を行う理念とその実践をご教示いただきました。博士課程の期間中には本論文執筆に関わる研究以外にも、夕張市、北見市、下川町などでの研究や、恵庭市での公共施設計画設計、極東ロシアの大学との協働など、数多くの研究やプロジェクトに関わる機会を頂き、筆者の研究の幅が大きく広がる貴重な経験を得るとともに、研究を社会に還元する姿や国際的な活動姿勢を現場で間近に見せていただき、研究姿勢を学ばせていただきました。先生の御指導に再度感謝致すとともに、筆者もそれらを範として今後とも努力を積み重ねていく所存です。

副査をお引き受けいただいた小澤丈夫教授、森傑教授には、論文の構成や研究の意義に対して貴重なご意見を頂き、本研究をまとめるにあたって貴重な示唆をご教示いただきましたことを心より御礼申し上げます。

学位授与審議委員会をお引き受けいただき、ご丁寧なご意見やアドバイスを頂きました、岡崎太郎教授、岡田成幸教授、飯場正紀教授、千歩修教授、菊池優教授、羽山広文教授、森太郎准教授に、心より御礼申し上げます。

都市地域デザイン学研究室の小篠隆生准教授には、研究生活の様々な場面で、研究内容から建築・都市デザイン思想に至るまで幅広くご指導いただきましたことを厚く御礼申し上げます。

北海道総合研究機構北方建築総合研究所の堤拓哉氏には、修士課程での研究より、風洞実験で数多くご協力頂くとともに、風雪環境の分析方法や屋外環境の調査方法など、本論文の研究において数多くのご意見を頂き、環境分野の視点から御指導をいただきました。

当時北海道総合研究機構北方建築総合研究所におられました北海道科学大学福島明教授には、本研究の基礎となった修士論文の研究において、除雪エネルギーや積雪寒冷都市の建築消費エネルギーの考え方について貴重なご示唆を頂きました。

北見市都市再生推進室の皆様には、北見市新市庁舎計画での研究において、多くのご協力を頂きました。実際の計画に関わらせていただき、その計画の中で研究が行えたことで、本研究の成果が大きく発展致しました。

ロシア、極東連邦大学の Prof. Valeriy K. MOOR、Prof. Elena A. ERY SHEVA、Prof. Valeriy A. Savostenko には、本研究に関連した研究調査を行った極東連邦大学での留学において、ウラジオストクでの調査に多くのご協力をいただくとともに、留学経験を通して、本研究の意義やロシアにおける発展の可能性などを感じる貴重な経験をさせていただきました。

ロシア、太平洋国立大学の Prof. Vera I. Luchkova には、RJE3 プログラムでの研究交流や、ハバロフスクでフォーラムを通して、本研究の独自性やロシアにおける発展の可能性など貴重なご意見をいただきました。

そして、都市地域デザイン学研究室の皆様には、本研究を進めるにあたり、屋外調査やデータ分析など、多くのご協力を頂きましたことを、記して御礼申し上げます。

最後に、これまでの研究生活を応援し支えてくれた家族に心から感謝し、謝辞に伝えさせていただきます。

2018 年 3 月 渡部典大