

積雪寒冷都市において地区エネルギーと雪処理エネルギーを考慮した都市空間像の開発

積雪寒冷都市における都市デザイン その9

正会員 ○高梨 潤 *
同 瀬戸口 剛 **
同 堤 拓哉 ***
同 松山 倫之 ****

低炭素都市 都市デザインプロセス 地区エネルギー評価
積雪寒冷都市 風雪シミュレーション 雪処理エネルギー

1. 研究の背景

地球環境問題を背景に建築都市分野では、地区や街区などのエリア総体で、エネルギー消費を低減する都市空間像が求められている。しかし、現行の都市デザインは、用途の決定が先行し形態の検討が後回しになっているため、用途に起因する地区エネルギー（以下地区E）と形態に起因する都市空間の整合がとれていない。用途と形態を並列に検討し、エネルギーを考慮した都市空間像が必要である。

また、積雪寒冷都市では、冬季の雪処理エネルギー（以下雪処理E）が膨大で、雪処理Eを考慮した都市空間が必要である。特に都心部では、ロードヒーティングや建物の高容積化・高度利用化により、雪処理E、地区Eともに膨大で、地域冷暖房等のエネルギーの面的利用により雪処理Eと地区Eの低減に取り組んでいる。しかし、都市空間像と連動したものではなく、エネルギーを考慮した適切な空間像が求められる。

2. 研究の目的と方法

本論では、積雪寒冷都市における都市デザインに、環境・エネルギーの視点を組み込み、マイクログリッドによる雪処理Eと地区Eを考慮した都市空間像を開発することを目的とする。前編¹⁾同様、積雪寒冷都市の中でも積雪が多く、人口密度が高い札幌市都心部で、地域冷暖房がなされている4街区を対象とした。

前編では、i) 札幌都心街区における更新パターンを決定し、ii) 風雪シミュレーションとその環境・エネルギー評価を行い、iii) ii) の評価結果より、積雪寒冷都市都心再開発の空間像とデザインガイドラインを導いた。

本編では、①雪処理Eと地区Eの評価を行うためii) の評価視点に地区エネルギーの視点を加え、②i) の更新パターン（詳細は図3-A）に対してエネルギーシミュレーションを行う。③②の結果に対して環境・エネルギー評価を行い、④③積雪寒冷都市におけるエネルギーを考慮した適切な都市空間像を導き、⑤エネルギーと都市空間像を一体的に検討する都市デザインプロセスを考察する。

3. 評価視点と評価方法

街区空間の評価視点は、前編の評価視点に地区Eの視点(C: エネルギー (表1))を加えた、A:アーバンデザイン、B: 歩行空間の快適性、C: エネルギー(c1 雪処理E、c2 地区E、c3 年間エネルギー (以下年間E)、c4 効率性、c5 地区で消費するEに占める雪処理Eの割合 (以下E比較))とした。風雪シミュレーションは前稿と同様であり、エネルギーシミュレーションは、参考資料²⁾より年間負荷、月別代表日の時刻別負荷を明らかにし、一次エネルギーの値は、月別代表日の時刻別負荷の値から、CGS評価プログラム³⁾を用いて算出した。

表1 地区E評価の概要

評価視点	評価方法	
c1 雪処理E	①運搬排雪、②ロードヒーティングについて街区積雪総量から日射や都市の潜熱等による自然融解量を引き、1日の運搬排雪・ロードヒーティングに必要なエネルギー量を算出【算出データ】過去5年間(2006-2010)の1日あたりの融雪量: 37.6mm/日 ・運搬排雪(車道) ・ロードヒーティング(歩道・敷地内OS部) 札幌市の雪の密度: 393.9kg/m ³ 雪融解熱: 333MJ/ton 10tダンプ燃費(軽油): 2.5km/L 灯油発熱熱: 36.7MJ/L 雪堆積場までの往復距離: 10.6km ロードヒーティング熱効率: 20% 軽油のエネルギー-単位熱量: 38.2MJ/L	
C エネルギー	c2 地区E	1年間に地区で必要となる負荷(二次エネルギー)、年間電力負荷と年間熱負荷の値の和 【凡例】Qyear: 年間負荷 i: 用途 $Qyear = \sum_{i=1}^n Area-i * qyear-i$ Area: 床面積 qyear: 年間負荷原単位 【設定】算出可能用途: 業務、商業、宿泊、医療 用途別年間負荷 = 用途別年間負荷原単位 * 用途別床面積 熱負荷 = 給湯負荷 + 暖房負荷 + 冷房負荷
	c3 年間E	1年間に地区で消費される一次エネルギー 【CGS供給可能建物規模】 CGS評価プログラムを用い、供給可能建物 業務系建物: 延床面積10,000 m ² 以上 部分と既存システム建物部分の値の和で算出 宿泊複合建物: 延床面積5,000 m ² 以上 【設定】 一次エネルギー-換算値 設定 【CGS供給対象外の建物】既存システム 電力 昼間(8:00-22:00): 9.97MJ/kWh (ガス冷暖水器+給湯ボイラ)を用いる 電力 夜間(22:00-8:00): 9.28MJ/kWh ※CGSのシステム容量は、10,000 m ² ガス 13A(HHV) : 44.08MJ/m ³ 900kWのガスエンジンを基準として供給 建物延床面積との比率により算出
c4 効率性	冬季(12,1,2月の90日間)の雪処理Eと地区Eを加算し、地区で消費する年間のEを算出 エネルギー効率 = 年間負荷 / 消費量として算出	
c5 E比較	雪処理E、地区Eともに冬季(12,1,2月の90日間)の値に換算し算出 地区消費するEに対して雪処理Eが占める割合(%) = 雪処理E / (雪処理E + 地区E) * 100	

4. 更新パターンの評価・比較 [地区Eについて] (図1)

4-1. I 個別開発とII 一体開発の比較

II 一体開発は、【C: エネルギー】[c2 地区E] 建物の共同化によって熱負荷の大きい宿泊の割合が増加するため、年間負荷、消費量共に増加する。[c3 年間E] 地区Eが大きいため、地区Eの比較に準じる。[c4 効率性] 排熱利用が可能な宿泊が多く複合化されたため、効率性が高い。

4-2. iv 屋外OS型とv 高層アトリウム型の比較

v 高層アトリウム型は、【C: エネルギー】[c2 地区E] 熱負荷の大きい宿泊がより増加するため、年間負荷、消費量共に増加する。[c3 年間E] 雪処理Eと地区Eの比較に準じる。[c4 効率性] 建物をより共同化したことで、排熱利用が可能な宿泊がより多く複合化され、効率性が高い。

4-3. i 現況更新型とii 壁面統一型の比較

ii 壁面統一型は、【C: エネルギー】[c2 地区E] 熱負荷の大きな宿泊が複合化されているため、年間負荷、消費量共に増加する。[c4 効率性] 排熱利用の可能な宿泊が複合化されたため、効率性が高い。

4-4. i 現況更新型とiii 上層SB型の比較

【C: エネルギー】大きな差は見られない。

4-5. ii 壁面統一型とiii 上層SB型の比較

iii 上層SB型は、【C: エネルギー】[c2 地区E] 複合化しないため、年間負荷、消費量共に減少する。[c3 年間E] 雪処理Eと地区Eの比較に準じる。[c4 効率性] 上層をSBしたことで基準階面積が縮小し、排熱利用が可能な宿泊が多く複合化できず、効率性が低い。

5. 積雪寒冷都市において雪処理Eと地区Eを考慮した都市空間像

札幌市都心部では、雪処理Eは、地区で消費するEに対して、8.7%~11.3%と大きいため、雪処理Eと地区Eを鑑

みた都市デザインを行くことが重要である。(図1-c5)以下、本論より得られた、エネルギーを考慮した都市空間像を導くガイドラインを述べる。

①敷地を統合し建物を共同化することは、1) 基準階面積を大きく確保でき、用途複合化を進めることができ、CGSに基づく地区のエネルギー効率性が向上するため有効である。(4-1) また、2) 壁面後退で街路空間を大幅に拡張でき、吹き払いにより積雪量が減少するため、積雪寒冷都市における雪処理E低減としても有効である。(4-1)

②建物を高層化することは、吹き下ろしの風が強くなり、歩行環境が悪化し雪処理Eも増大し、望ましくない。(4-2)

③個別開発の場合、協調化して上層部をSBさせることは、1) 風上側では、低層部が上層部からの逆流を防ぎ吹き払いが小さくなり、風下側では、上層部から吹き下ろされた雪が低層屋上に積もるため街路空間の積雪量が減少し、雪処理Eを低減するため有効である。しかし、2) 基準階面積を縮小させ複合化を抑制するため、敷地が狭小に細分化された街区においては望ましくない。(4-3, 4, 5)

6. エネルギーと都市空間像を一体的に検討する都市デザインプロセスの考察(図2)

環境・エネルギーの視点を組み込み、雪処理E、地区Eを考慮した都市空間像が開発できた。以下のプロセスで都市デザインを行うことが重要である。

(1) 地域の課題等を踏まえ、地区・街区空間における開発・

更新の方向性と検討項目を抽出し、建物のボリューム、用途配置を並行して検討し、更新パターンを決定する。

(2) 検討項目を検証するため、更新パターンに対して、環境・エネルギーのシミュレーションを行う。

(3) (2) のシミュレーション結果を用い、検討項目に対してそれぞれの更新パターンの評価を行う。

(4) (3) の評価結果より、当該敷地における環境・エネルギーに配慮した望ましい空間像を実現するためのガイドラインを明らかにし、それをさらに詳細の街区デザイン、または、建築ボリュームの計画にフィードバックし検討を進める。

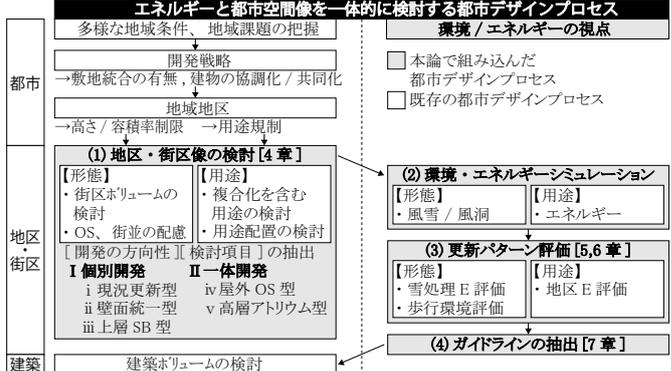


図2 エネルギーと都市空間像を一体的に検討する都市デザインプロセス
本研究は、科学研究費補助金基盤研究(A)の助成を受けて行われた。

注釈1) 風雪シミュレーションを用いた都市再開発の空間像とデザインガイドラインの提案 低炭素都市実現に向けた都市デザイン その6 2) 都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設備と評価/空気調和・衛生学会編 札幌市都市部 都市熱源ネットワーク調査報告書 平成12年3月/札幌市 3) 都市ガスによるコージェネレーション評価プログラム-CASCADE III / 空気調和・衛生学会

評価視点	i 現況更新型	ii 壁面統一型	iii 上層SB型	iv 屋外OS型	v 高層アトリウム型
開発手法	個別開発	個別開発	個別開発	一体開発	一体開発
更新手法	現況更新	協調更新	協調更新	共同更新	共同更新
用途複合性	【面積比率】【面積表】 他 444㎡(0%)/-1,784㎡ 駐 27,276㎡(7%)/+6,942㎡ 医 12,121㎡(3%)/+99㎡ 学 705㎡(0%)/-3,346㎡ 商 79,905㎡(19%)/+5,604㎡ 業 289,127㎡(71%)/+9,236㎡ 【特性】 ・現況と同様に業務、商業が全体の90%を占める □複合化率:0.2%	【面積比率】【面積表】 他 0㎡(0%)/-2,228㎡ 駐 32,170㎡(8%)/+11,386㎡ 医 12,268㎡(3%)/+246㎡ 学 26,972㎡(6%)/+22,876㎡ 商 87,157㎡(21%)/+12,856㎡ 業 263,078㎡(62%)/-16,813㎡ 【特性】 ・宿泊施設が6%増加 □複合化率:6.4%	【面積比率】【面積表】 他 0㎡(0%)/-2,228㎡ 駐 31,104㎡(7%)/+10,320㎡ 医 12,082㎡(3%)/+60㎡ 学 0㎡(0%)/-4,096㎡ 商 85,073㎡(20%)/+10,772㎡ 業 299,609㎡(70%)/+19,718㎡ 【特性】 ・現況と同様に業務、商業が全体の90%を占める □複合化率:0%	【面積比率】【面積表】 他 0㎡(0%)/-2,228㎡ 駐 30,470㎡(7%)/+9,686㎡ 医 12,613㎡(3%)/+591㎡ 学 34,617㎡(8%)/+30,521㎡ 商 83,810㎡(19%)/+9,509㎡ 業 274,527㎡(63%)/-5,364㎡ 【特性】 ・宿泊施設が8%増加 □複合化率:7.9%	【面積比率】【面積表】 他 0㎡(0%)/-2,228㎡ 駐 31,599㎡(7%)/+10,815㎡ 医 12,783㎡(3%)/+761㎡ 学 58,000㎡(14%)/+53,904㎡ 商 100,386㎡(24%)/+26,085㎡ 業 218,630㎡(52%)/-61,261㎡ 【特性】 ・宿泊施設が14%増加 ・業務が19%減少 □複合化率:13.8%
更新パターン	延床面積:413,993㎡ 容積率:977% CGS供給面積:293,011㎡ 空地率:22%	延床面積:421,645㎡ 容積率:994% CGS供給面積:290,862㎡ 空地率:22%	延床面積:421,708㎡ 容積率:995% CGS供給面積:301,883㎡ 空地率:24%	延床面積:421,333㎡ 容積率:995% CGS供給面積:387,478㎡ 空地率:25%	延床面積:421,398㎡ 容積率:995% CGS供給面積:397,318㎡ 空地率:23%
エネルギー	運搬排雪E 2.3GJ/日 ロードヒーティングE 325.3GJ/日 雪処理総E 327.5GJ/日 電力負荷 235,333.2GJ 熱負荷 198,258.8GJ 地区内年間負荷 433,592.0GJ CGS供給エリア 590,117.7GJ 既存供給エリア 249,968.0GJ 地区全体 840,085.7GJ 年間E比較 29,448(GJ) + 840,086(GJ) = 869,564(GJ) 433,592.0(GJ)/840,085.7(GJ) = 0.5161 29,477.9(GJ)/(29,477.9(GJ)+231,213.3(GJ))*100 = 11.3%	運搬排雪E 2.3GJ/日 ロードヒーティングE 334.0GJ/日 雪処理総E 336.4GJ/日 電力負荷 246,903.5GJ 熱負荷 220,171.3GJ 地区内年間負荷 467,074.7GJ CGS供給エリア 612,731.6GJ 既存供給エリア 273,702.0GJ 地区全体 886,433.6GJ 年間E比較 30,274(GJ) + 886,434(GJ) = 916,707(GJ) 467,074.7(GJ)/886,433.6(GJ) = 0.5269 30,273.8(GJ)/(30,273.8(GJ)+243,089.8(GJ))*100 = 11.1%	運搬排雪E 2.1GJ/日 ロードヒーティングE 296.8GJ/日 雪処理総E 298.9GJ/日 電力負荷 241,394.0GJ 熱負荷 202,387.0GJ 地区内年間負荷 443,781.0GJ CGS供給エリア 609,237.4GJ 既存供給エリア 251,580.1GJ 地区全体 860,817.5GJ 年間E比較 26,898(GJ) + 860,818(GJ) = 887,716(GJ) 443,781.0(GJ)/860,817.5(GJ) = 0.5155 26,898.0(GJ)/(26,898.0(GJ)+236,678.7(GJ))*100 = 10.2%	運搬排雪E 1.5GJ/日 ロードヒーティングE 253.0GJ/日 雪処理総E 254.5GJ/日 電力負荷 246,538.5GJ 熱負荷 224,776.9GJ 地区内年間負荷 471,315.3GJ CGS供給エリア 806,256.6GJ 既存供給エリア 73,423.2GJ 地区全体 879,679.8GJ 年間E比較 22,907(GJ) + 879,680(GJ) = 902,586(GJ) 471,315.3(MJ)/879,679.8(GJ) = 0.5358 22,906.6(MJ)/(22,906.6(MJ)+241,522.5(GJ))*100 = 8.7%	運搬排雪E 1.6GJ/日 ロードヒーティングE 266.4GJ/日 雪処理総E 268.0GJ/日 電力負荷 254,039.9GJ 熱負荷 241,758.0GJ 地区内年間負荷 495,797.8GJ CGS供給エリア 857,717.5GJ 既存供給エリア 54,130.6GJ 地区全体 911,848.1GJ 年間E比較 24,116(GJ) + 911,848(GJ) = 935,964(GJ) 495,797.8(GJ)/911,848.1(GJ) = 0.5437 24,116.1(GJ)/(24,116.1(GJ)+249,767.8(GJ))*100 = 8.8%

図1 更新パターン評価図

* 国土交通技官
** 北海道大学大学院工学研究院 教授 博士(工学)
*** 北方建築総合研究所 主査 博士(工学)
**** 北海道大学大学院 修士課程

* Engineering Official of Land, Infrastructure and Transport
** Prof., Faculty of Eng., Hokkaido Univ., Dr.Eng.
*** Senior Researcher, Hokkaido Research Organization, Dr.Eng
**** Master' course Graduate School of Eng., Hokkaido Univ