

住宅を対象とした通風性能に関する研究
 -室内気流分布を考慮した通風性能評価手法の提案-

F05D040A 久保俊輔
 指導教員 赤林伸一教授

1 研究目的

近年、CO₂などの排出増加に伴う地球温暖化問題を背景にして、住宅などで消費される民生用エネルギーを削減する事が求められている。自然エネルギーを有効に利用し、居住環境を調整する手法の開発や評価は重要であると考えられる。寒冷地を中心に普及してきた高気密・高断熱住宅は、冬季の室内温熱環境の改善、暖房負荷の低減に対しては効果を発揮している。しかし、この高気密・高断熱住宅が比較的温暖な地域にも建設されるようになり、特に夏季の室内温熱環境の悪化、冷房用エネルギーの大幅な増加が懸念されている。これに対し、自然エネルギーの有効利用の1つである通風を利用し、室内居住環境を改善させることは、冷房の使用率を低下させる効果があり、今後の積極的な利用が望まれる。

ところで、通風による効果は、立地条件・地域条件・建物形状に大きな影響を受けるが、これらの条件を考慮して通風性能を定量的に評価している例は極めて少ない。

本研究では、まず通風デグリアワー (CVDH、図1) を元に、通風を行うことによる室温低下の効果を

CVDH_B、体感温度低下の効果をCVDH_P、両者を足した値をCVDH_Tとして、通風性能の定量的評価指標を提案する。

次に4つの住宅モデルを対象に、全国主要都市において建物方位を変化させ、CVDH_B、CVDH_P、CVDH_Tをそれぞれ算出し、効果的な通風を得るための建物方位を検討する。更に、連続した街区を対象に、単純住宅モデルの配置計画をパラメータとし、CVDH_B、CVDH_P、CVDH_Tをそれぞれ算出する。CVDHを比較することにより、効果的な通風を得るための街区の配置計画を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 通風デグリアワーの定義 (CVDH: Cross Ventilation Degree Hour)

図1に屋外における通風性能評価指標の概念を示す。SET*を算出する際の風速は、人体周辺の自然対流を考慮し、最小風速を0.3m/s、最大風速を3.0m/sとする。基準最小風速(0.3m/s)時のSET*(1)の時刻変化を計算し、次に快適範囲の上限であるSET*が26℃を超えている時刻を対象に、各都市における風速データを与えた時の

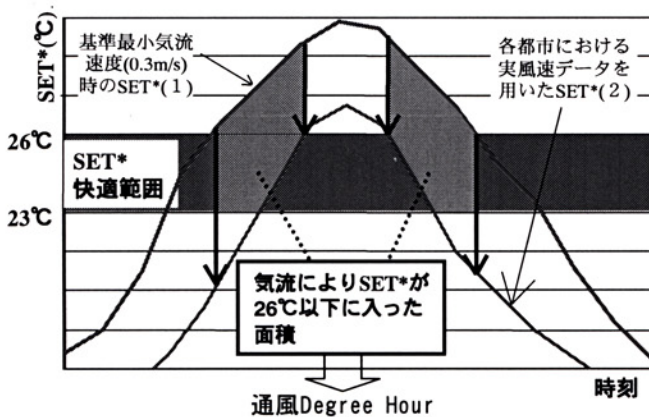


図1 通風性能評価指標の概念

表2 解析都市の非暖房期間

都市	期間始日	期間終日	日数
札幌	6月26日	9月10日	76
仙台	6月12日	9月25日	105
東京	5月7日	10月12日	158
名古屋	5月7日	10月13日	159
新潟	5月29日	10月2日	126
京都	5月8日	10月13日	158
大阪	5月6日	10月10日	157
神戸	5月8日	10月18日	163
広島	5月7日	10月5日	151
高知	5月15日	10月19日	157
福岡	5月8日	11月7日	183

表1 CFD解析条件

解析NO	対象モデル	建蔽率	風向	数値解析領域	室内解析メッシュ	境界条件	乱流モデル
1	標準住宅モデル	0% (周囲に建物が無い)	全16風向	77(x) × 70(y) × 41(z)	41(x) × 34(y) × 23(z)	流入: 1/4乗則 (基準高さ6.5m, 風速3m/s) 流出: 圧力流出	標準k-εモデル
2	実在住宅モデルA			71(x) × 81(y) × 40(z)	35(x) × 45(y) × 27(z)		
3	実在住宅モデルB			89(x) × 71(y) × 42(z)	53(x) × 35(y) × 24(z)		
4	実在住宅モデルC			102(x) × 81(y) × 41(z)	66(x) × 45(y) × 25(z)		
5	連続街区モデル	50%	74(x) × 88(y) × 37(z)	26(x) × 26(y) × 16(z)	周期境界		
		30%	96(x) × 101(y) × 37(z)				
		10%	164(x) × 178(y) × 37(z)				

SET*(2)と比較し、下限値のSET*を23として時間数にSET*の差(SET*(1)-SET*(2))を乗じてCVDHを算出する。すなわち、CVDHはそれぞれの地域において、気流のみの影響により、SET*が26を超えている時間に人の体感温度をどの程度低下させるかを示す指標であり、CVDHが大きい地域ほど通風による体感温度の低下が大きいことを示す。

2.2 解析条件

表1に対象とした住宅モデルのCFD解析条件を、表2に解析対象都市の非暖房期間を示す。標準住宅モデルと実在住宅モデルでは、周りに建物が無い(建蔽率0%)と仮定する。連続街区モデルでは、建蔽率50%、30%、10%

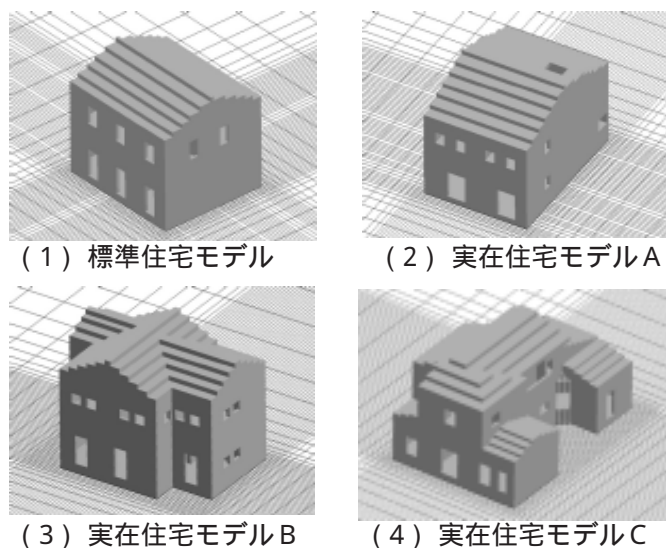


図2 解析対象住宅

表3 解析対象モデルの開口面積

対象モデル		開口面積(m ²)				
		北面	東面	南面	西面	天窗
標準住宅モデル	1F	0.96	0.00	4.32	2.08	0.00
	2F	2.40	1.44	2.88	0.96	0.00
	total	3.36	1.44	7.20	3.04	0.00
実在住宅モデルA	1F	0.48	0.48	4.32	0.48	0.00
	2F	1.08	1.28	1.92	0.96	1.20
	total	1.56	1.76	6.24	1.44	1.20
実在住宅モデルB	1F	1.08	0.72	4.32	1.28	0.00
	2F	1.28	1.08	2.52	1.44	0.00
	total	2.36	1.80	6.84	2.72	0.00
実在住宅モデルC	1F	0.84	4.16	2.94	5.08	0.00
	2F	1.56	0.72	2.56	0.80	0.00
	total	2.40	4.88	5.50	5.88	0.00

表4 対象地域の解析方位

解析風向	解析対象地域											
	札幌	仙台	東京	名古屋	新潟	京都	大阪	神戸	広島	高知	福岡	
基準風向	S											
主風向	E	SE	SW	SSE	NE	ENE	WSW	WSW	SW	SSE	NNW	
比較風向	W	E	WNW	ENE	E	WNW	ESE	NE	NW	SW	NE	

表5 解析 case

case	case01	case02	case03	case04	case05	case06	case07
	建蔽率	50%					
配置概要	整列配置	密配置	粗密配置	ランダム配置	粗密千鳥配置	密千鳥配置	千鳥配置
case	case08	case09	case10	case11	case12	case13	case14
建蔽率	30%						
配置概要	整列配置	密配置	粗密配置	ランダム配置	粗密千鳥配置	密千鳥配置	千鳥配置
case	case15	case16	case17	case18			
建蔽率	10%						
配置概要	整列配置	密配置	粗密配置	千鳥配置			

%とし、1つの街区に周期境界を適応し連続街区として解析を行う。室内のメッシュ数は固定である。

2.2.1 住宅モデル

図2に解析対象住宅を示す。解析モデルは日本建築学会標準住宅モデルと実在住宅モデル3棟の計4モデルとする。対象地域は、札幌、仙台、東京、名古屋、新潟、京都、大阪、神戸、広島、高知、福岡の11都市である。表3に解析対象モデルの開口面積を、表4に対象地域の解析方位を示す。解析方位は、基準風向、解析対象都市の主風向(最多頻度の風向)と比較風向(最小頻度の風向)の3方位とする。基準風向(S)時の建物方位を基本とし、基準風向時の南面をそれぞれ解析方位に設定する。

2.2.2 連続街区モデル

図3に解析対象街区を、表4に解析 caseを示す。解析対象は2階建の単純住宅モデルとし、4つの住戸の配置を変化させた連続した街区を対象とする。配置計画は全部で7モデル(建蔽率10%では4モデル)、建蔽率は

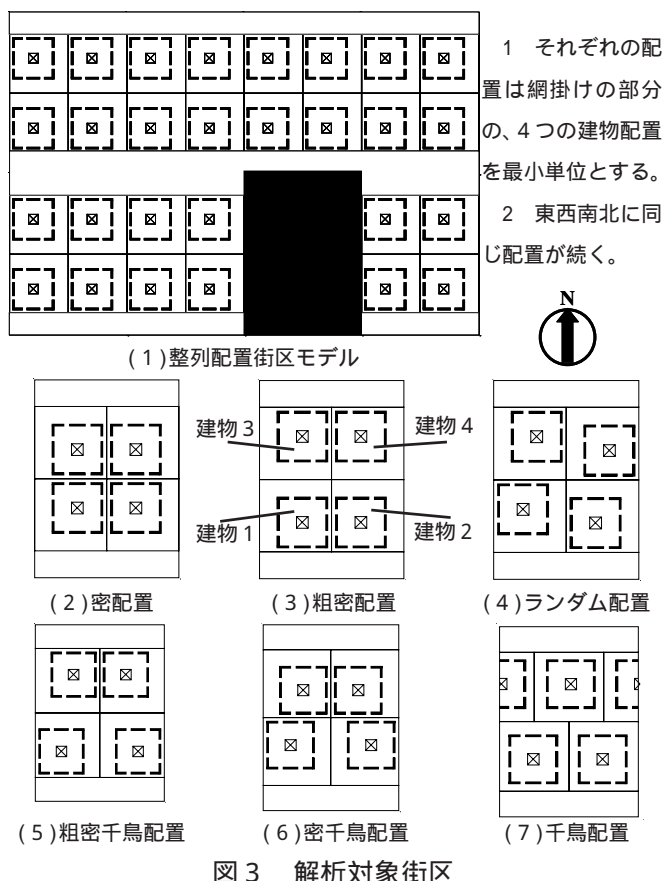


図3 解析対象街区

50%、30%、10%である。対象地域は東京、新潟とする。

2.3 解析方法

室内外気流分布は、標準k-モデルを用いた数値流体解析手法(CFD2000)により行う。基準風速高さは全caseにおいて地上6.5mとし、基準風速は3 m/sとする。気象データには、日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)を用い、熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSによりcase毎に熱負荷計算を行い、室温、MRT、湿度を

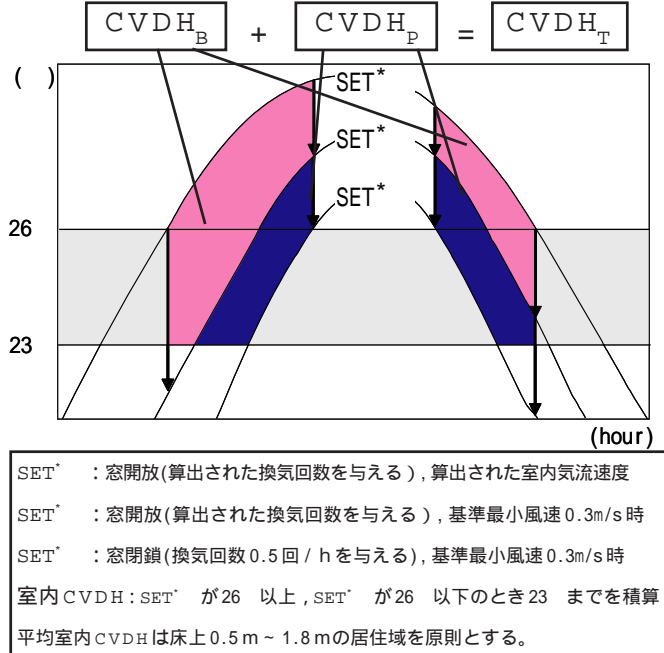


図4 室内CVDHの概念

算出する。非暖房期間において、窓閉鎖時(換気回数0.5回/h、風速0.3m/s)、窓開放時(算出された換気回数、風速0.3m/s)窓開放時(算出された換気回数、算出された室内気流速度)のSET*を計算し、通風性能評価指標(CVDH)を算出する。算出された通風性能評価指標から、効果的な通風を得るため建物方位、住宅の配置計画を明らかとする。

3 室内通風性能評価指標の提案

図4に室内CVDHの概念を示す。まず窓閉鎖時のSET*の時刻変化を計算し、次に快適範囲の上限であるSET*が26を超えている時刻を対象に、窓開放時の実風速データによる室内気流速度を与えたSET*と比較し、SET*が26を下回る範囲を抽出する。快適範囲の下限値のSET*を23として、窓開放(算出された換気回数を与える)、基準最小風速(0.3m/s)時のSET*を計算し、

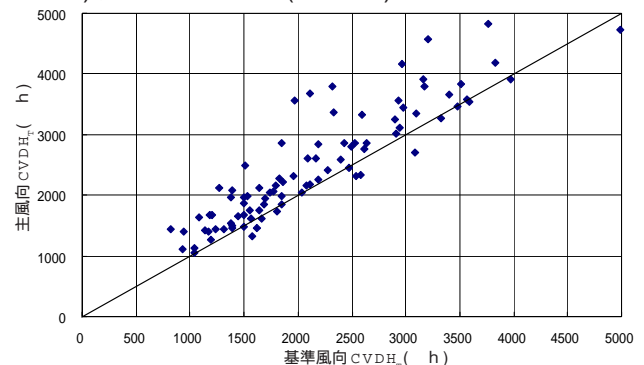


図6 基準風向と主風向のCVDH_Tの関係

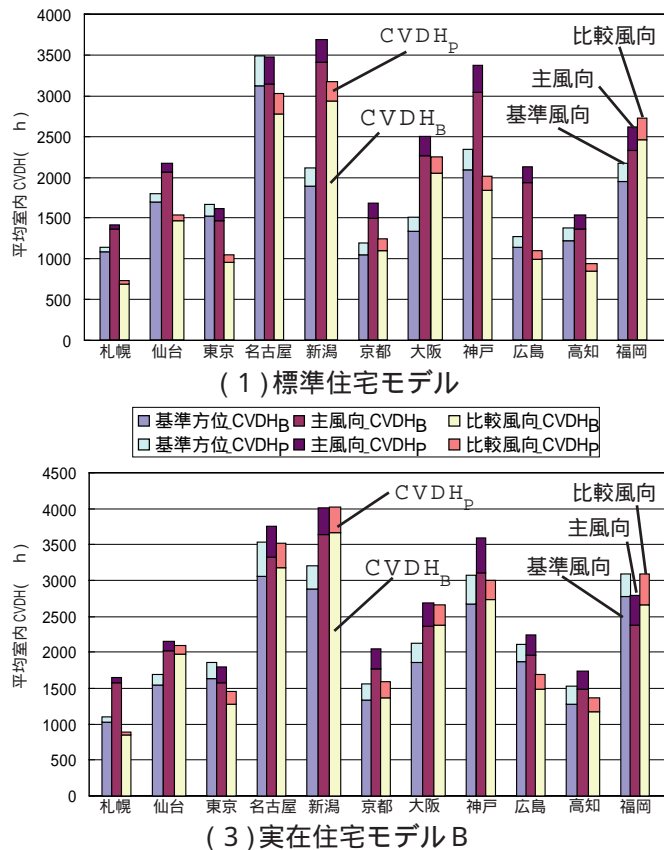


図5 各モデルの1Fにおける対象地域の風向別平均CVDH_T(平均CVDH_B + 平均CVDH_P)

SET^{*} と SET^{*} との差を非暖房期間で積算した値を CVDH_B と定義する。また、SET^{*} と SET^{*} との差を非暖房期間で積算した値を CVDH_P と定義する。CVDH_B と CVDH_P とを足し合わせたものを CVDH_T と定義する。定義より、CVDH_B は通風による換気回数の増大による室温低下の効果を示し、CVDH_P は通風により生じる室内気流による体感温度低下の効果を示す指標である。

4 建物方位と通風性能に関する検討

4.1 平均室内CVDH(床上1.1mの水平断面の平均)

図5に各モデルの1Fにおける対象地域の風向別平均

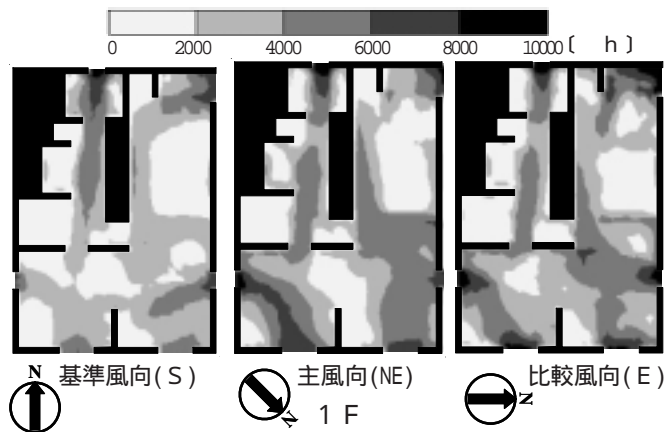
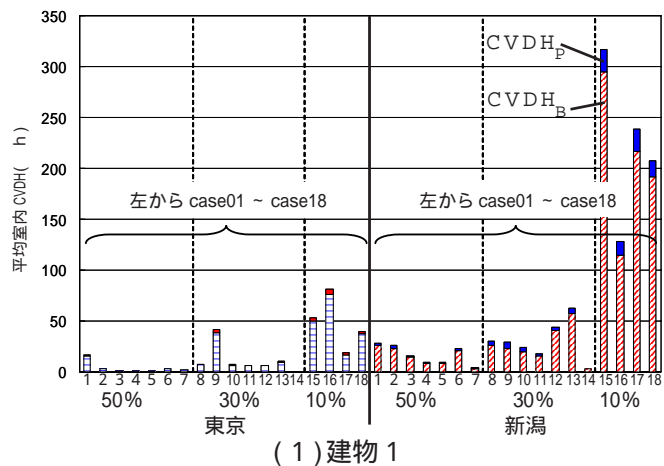
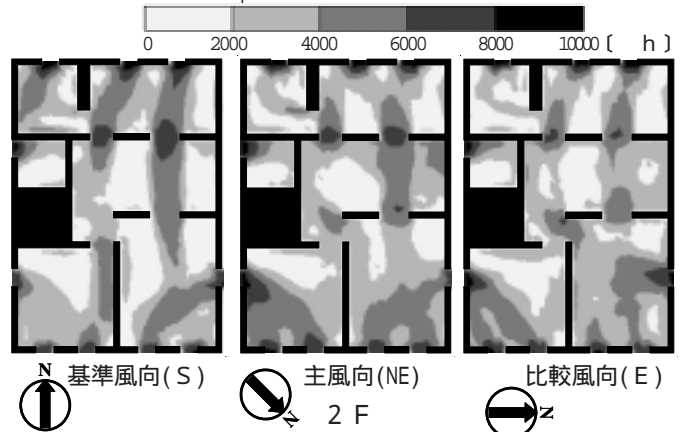
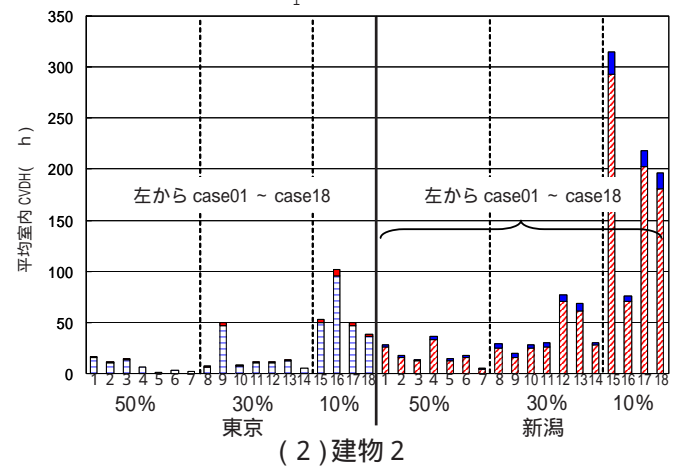


図7 新潟における実在住宅モデルAの解析方位別室内CVDH_T(床上1.1m)

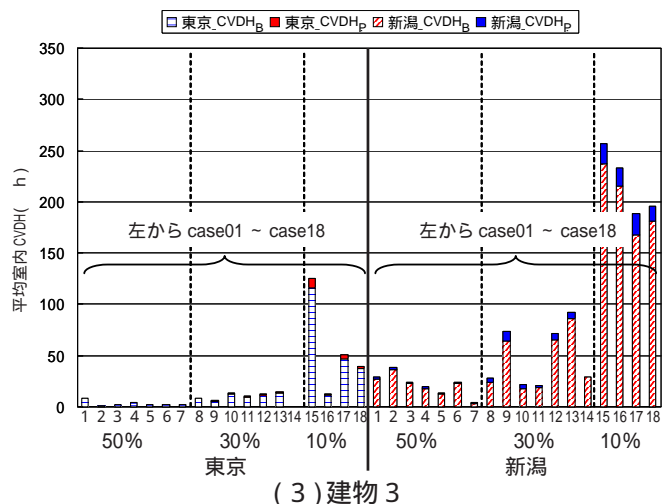
CVDH_B と平均CVDH_P、平均CVDH_T。図6に基準風向と主風向の関係を示す。各地域、各モデルで、CVDH_Bに比較して、CVDH_Pは1割程度であり、実在住宅モデルAの京都の比較風向で、CVDH_PがCVDH_Tの21.1%で最も高く、実在住宅モデルCの札幌の基準風向でCVDH_PがCVDH_Tの4.0%と最も低い。標準住宅モデルでは名古屋、福岡を除く全ての地域で、実在住宅モデルA、Bでは新潟、福岡を除く全ての地域で、主風向で平均CVDH_Tが最大となる。実在住宅モデルCでは新潟、京都、大阪、広島、福岡で主風向で平均CVDH_Tが最大となり、そのほかの地域では



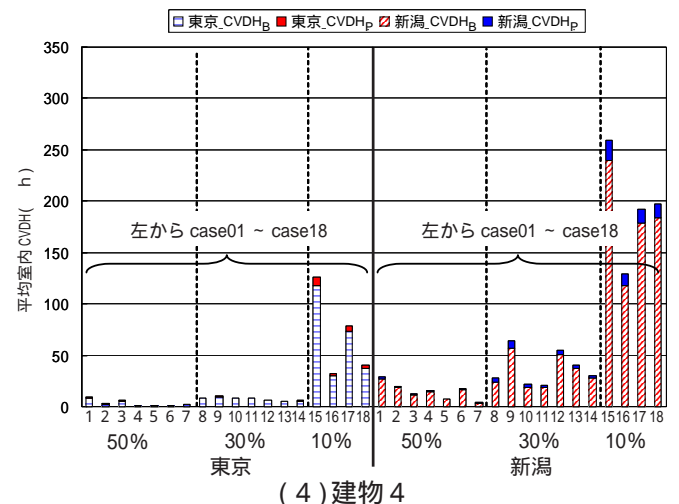
(1) 建物1



(2) 建物2



(3) 建物3



(4) 建物4

図8 東京、新潟における各caseの2Fの平均CVDH_T(平均CVDH_B + 平均CVDH_P)

基準風向で平均CVDH_Tが最大となる。新潟では、札幌、仙台を除く地域と比較して、非暖房期間は短いが、平均CVDH_Tは大きい。基準風向と比較して主風向の平均CVDH_Tが大きい。通風性能は都市(地域)により、大きく異なる。しかしながら、標準住宅モデルの新潟、神戸、実在住宅モデルCの名古屋、福岡などで、建物方位により平均CVDH_Tが1000 h以上増加する都市もあり、地域の風向風速から、建物方位を考慮することは通風計画上極めて重要であると考えられる。

4.2 室内CVDHの分布

図7に新潟における実在住宅モデルAの解析方位別室内CVDH_Tを示す。1F、2Fともに主風向(NE)でCVDH_Tが4000 h以上の面積が大きく、居室全体に広がっている。特に1Fの主風向(NE)では、窓をつなぐ通気輪道部分に6000 h以上の分布も見られる。基準風向ではCVDH_Tが4000 h以上の面積が小さく、開口部付近で値が大きくなる。

5 戸建住宅団地の配置計画に関する検討

5.1 平均室内CVDH(床上1.45mの水平断面の平均)

図8に東京、新潟における各caseの2Fの平均CVDH_B、平均CVDH_pと平均CVDH_Tを示す。どのcaseでも、CVDH_Bに比較して、CVDH_pが1割弱である。東京、新潟ともに、総2階の単純住宅モデルの住宅を配置した場合、建蔽率が50%、30%では、caseによる平均CVDH_Tは異なるが、100 hよりも小さく、通風の効果は極めて少ない。東京の建蔽率10%の整列配置case15では、建物1で54

h、建物2で53 h、建物3で125 h、建物4で126 hと南側の建物に比較して、北側の建物で平均CVDH_Tが大きい。密集配置のcase16では、建物1で81 h、建物2で102 h、建物3で13 h、建物4で37 hと南側の建物で平均CVDH_Tが大きい。新潟の建蔽率10%の整列配置case15では、建物1で317 h、建物2で315 h、建物3で257 h、建物4で259 hと全ての建物で平均CVDH_Tが250 h以上である。密集配置のcase16では、建物1で128 h、建物2で76 h、建物3で233 h、建物4で129 hと建物によるばらつきが大きく、全ての建物で平均CVDH_Tが250 h以下である。東京と比較して、どのcaseでも新潟で平均CVDH_Tが大きい。

5.2 室内CVDHの分布

図9に新潟におけるcase15、case16の2Fの室内CVDH_Tを示す。case15ではどの建物でも北東の開口部付近でCVDH_Tが大きく、case16では建物3、建物4では北側の開口部付近でCVDH_Tが大きい。建物1、建物2では南側の開口部付近でCVDH_Tが200 h以上の部分が多少見られるだけである。また、case15では、室中央部にも200 h以上の部分が見られるが、case16では他の住戸に接していない開口部付近だけである。case15では隣棟間隔が広く均等であるのに対し、case16では建物が密集しているため、他の住戸により通風を期待できない開口が生じている。

6 CVDHと換気回数との関係

図10にCVDH_B、CVDH_p、換気回数との関係を示す。CVDH_B

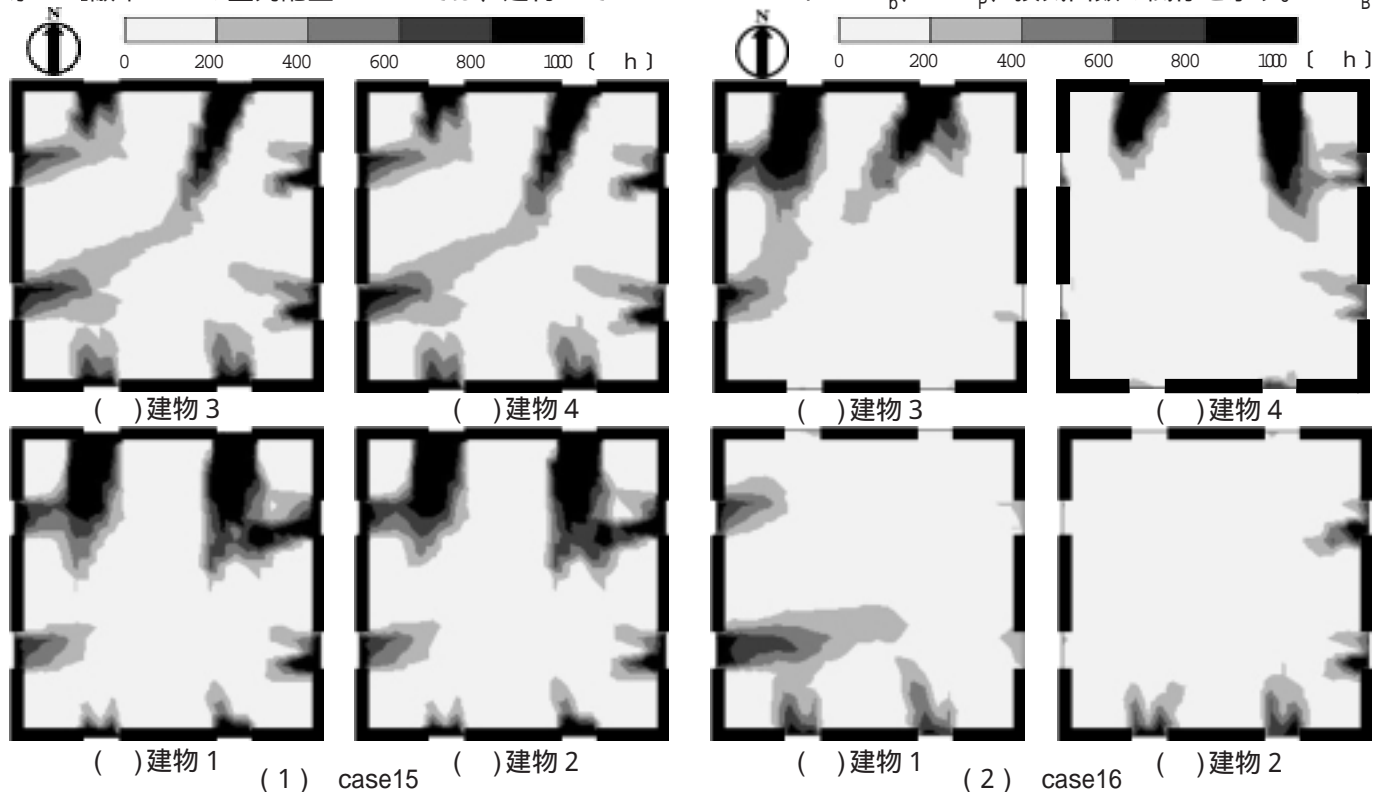


図9 新潟におけるcase15、case16の2Fの室内CVDH_T(床上1.45m)

と $CVDH_p$ の寄与率は、連続街区モデルで0.94、標準住宅モデルで0.71、実在住宅モデルAで0.83、実在住宅モデルBで0.70、実在住宅モデルCで0.78と全てのcaseで高い。 $CVDH_b$ と換気回数では寄与率が、標準住宅モデルで0.72、実在住宅モデルAで0.82、実在住宅モデルBで0.75、実在住宅モデルCで0.62と全ての住宅モデルで高く、連続街区モデルでは0.46と低い。

7 結論

7.1 建物方位

(1) 通風性能評価手法である通風デグリアワー($CVDH$)を、換気による室温低下を評価した $CVDH_b$ と、室内気流による体感温度の低下を評価した $CVDH_p$ と、両者を総合した $CVDH_T$ を新たに提案した。

(2) 建物方位を変化させた場合は、殆どの地域で主風向で平均 $CVDH_T$ が大きくなる傾向があり、比較風向では平均 $CVDH_T$ は小さくなる。建物方位での $CVDH_T$ の変化は、地域条件での $CVDH_T$ の変化に比較して小さい。

(3) 新潟では非暖房期間が短いが、平均 $CVDH_T$ は他の地域よりも大きく、基準風向(S)で $CVDH_T$ が小さく、主風向で大きい。

7.2 建物の配置計画

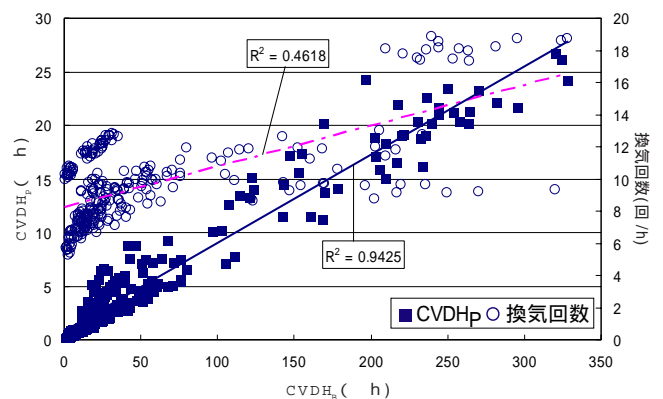
(1) 東京と比較して、新潟で $CVDH_T$ が大きい。しかし、2階建の単純住宅モデルの連続街区では、建蔽率が高

いと、通風を利用することは困難である。

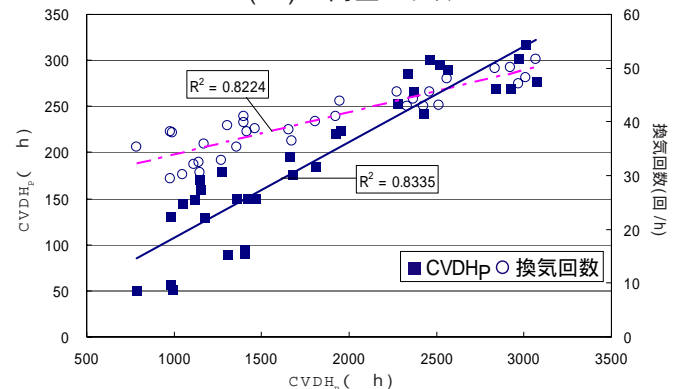
(2) 東京ではcase15では、北側の住戸で平均 $CVDH_T$ が大きく、case16では南側の住戸で平均 $CVDH_T$ が大きい。新潟では、case15ではどの住戸でも $CVDH_T$ に、大きな変化は無いが、case16では北側の住戸に比較して、南側の住戸で $CVDH_T$ が小さい。建蔽率が低い場合でも、地域の風向風速、建物配置を考える必要がある。

(3) $CVDH_b$ に比較して、 $CVDH_p$ は10分の1程度であり、両者の寄与率は低いものでも0.70以上あり高い。換気回数と $CVDH_b$ の寄与率は住宅モデルでは低いもので0.62以上であり高く、街区モデルでは0.46と低い。

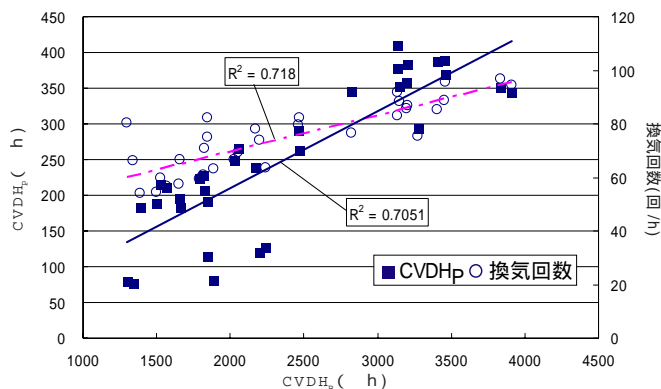
(4) 通風性能は立地条件、地域条件、建物条件の順に大きく影響していることがわかった。



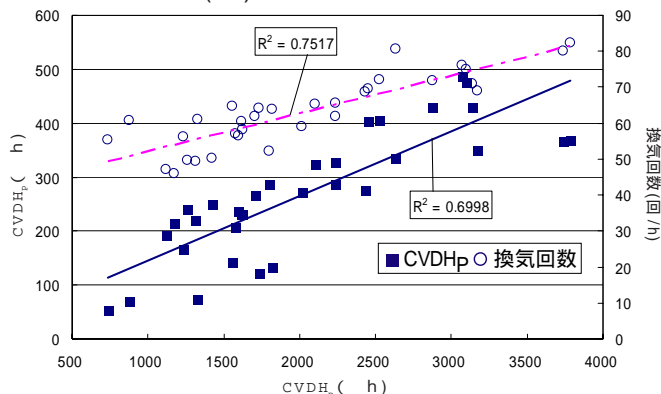
(1) 街区モデル



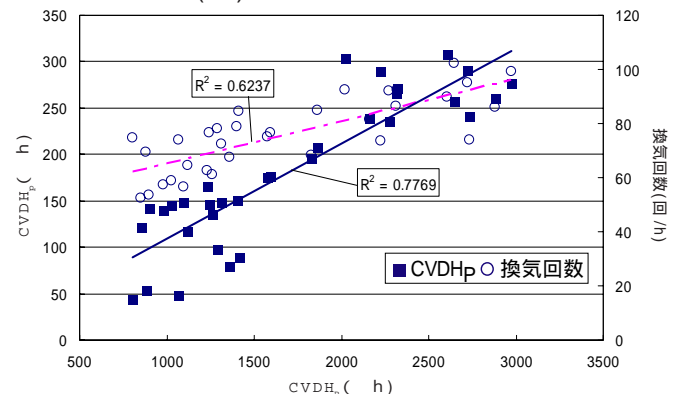
(3) 実在住宅モデルA



(2) 標準住宅モデル



(4) 実在住宅モデルB



(5) 実在住宅モデルC

図10 $CVDH_b$ 、 $CVDH_p$ 、換気回数の関係