

戸建住宅の建物配置と通風量に関する研究

竹本 優貴^{1*}・竹林 英樹^{1*}

¹工学研究科建築学専攻

キーワード： 戸建住宅、自然通風、CFD、換気回数、住宅団地

本研究では、実在住宅モデルを対象として開口面積や主風向と換気回数の関係を分析した。更に、モデル化した住宅街区を対象として隣棟間隔や角地などの住宅配置と平均通風量比の関係を分析した。標準的な住宅団地では、南側と北側の住宅間の換気回数に大きな差が生じるが、隣棟間隔を広くするか、雁行配置にすると、住宅団地全体の通風状態が改善される。主風向に応じて換気回数が大きくなる場合とあまり変化しない場合があるため、対象地域の主風向に応じて配置の検討を行う必要がある。芦屋市内の住宅団地の様に整列配置の住宅団地モデルに配置パターンが類似している場合には計算結果の傾向と概ね一致する。ただし、周辺のオープンスペースやわずかな形態の違いにより、換気回数が大きく変化する場合もあるため、周辺の住宅配置や街区特性の局所的な影響にも配慮する必要がある。

1. はじめに

自然環境との親和性や省エネルギーを意識したライフスタイルを志向する居住者にとって住宅周辺の微気候を有効に活用した環境改善は魅力的な方策である。また、中間期、夏期において通風を利用することは、省エネルギーを図りつつ、室内温熱環境を改善することに有効である。通風利用による室内温熱環境改善効果は、可感気流による体感温度低下効果より、排熱効果が大幅に大きいことが赤林ら¹⁾により明らかになっている。本研究においても室内温熱環境改善効果を排熱効果（換気回数）により評価する。

本研究では、実在住宅モデルを対象として開口面積や主風向と換気回数の関係を分析する。更に、モデル化した住宅街区を対象として隣棟間隔や角地などの住宅配置と平均通風量比の関係を分析する。

2. 建物形状及び開口条件と換気回数の関係

2.1 計算の概要

2階建て戸建住宅12プランを対象として数値計算を行った。計算対象住宅を表1、計算領域とその中の詳細領域を図1、例としてプラン1の解析対象モデルを図2、計算条件を表2に示す。

解析には、RANSモデル系の標準k- ϵ 乱流モデルを用いた。計算領域は詳細領域と周辺領域に分けて設定し、詳細領域の格子間隔は、100mm×100mm×100mmを基準とし、開口部の形状や大きさを再現するために、最小のメッシュ幅を60mmとし、周辺領域は徐々に広がる不等間隔とした。開口部は網戸の設置を考慮し、開口率70%とした。全96パターン（12プラン×8風向）の計算結果で開口部の風速を算出した。

表1 計算対象住宅

プラン番号	延床面積(m ²)	玄関方位	屋根形状	リビング階段	階段位置
1	117.0	S	寄棟	無	NE
2	117.0		切妻	無	NW
3	118.8		切妻	有	E
6	125.5	EW	寄棟	有	N
13	117.0		寄棟	無	N
14	118.0		切妻	有	N
15	118.5		切妻	無	N
17	122.0		寄棟	有	Center
22	116.0	N	切妻	無	W
23	116.0		寄棟	無	N
24	116.5		寄棟	有	Center
26	122.5		切妻	有	E

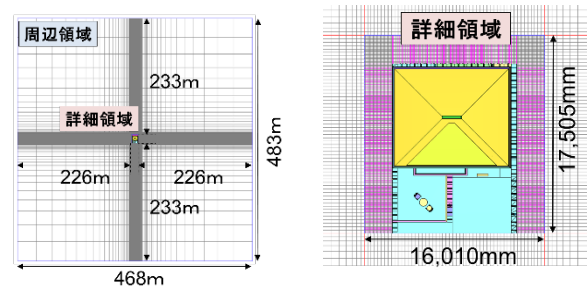


図1 計算領域（左）と詳細領域（右）

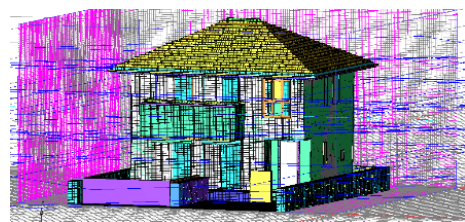


図2 解析対象モデルの例（プラン1）

2. 2 開口面積と換気回数

開口部の流入風速から各プランの換気回数を求め、建物形状と換気回数との関係を考察する。各プランの方位別開口面積を図3に示す。南側開口面積を図3に示す。南側開口面積は、プラン3とプラン22を除いて非常に大きく、東、西、北側開口面積は全てのプランで小さい。

開口面積率（東・西・南・北）と換気回数（風向E・W・S・N）の関係を図4に示す。全体的に南側開口面積率は大きく、北側・東側・西側開口面積率は小さい。北側・東側・西側開口面積率の増加に伴い、換気回数も増加する。南側開口面積率と換気回数には相関がみられず、ばらついている。

以上より、主風向側の開口面積が増加すると、換気回数は増加するが、大きな開口面積を有する南側では、既に大きな換気回数になっており、開口面積が増加しても換気回数は変化しない。

3. 隣棟間隔および住宅配置と換気回数の関係

3. 1 計算の概要

赤林ら⁹⁾は各方位に同面積の開口を設けた単純住宅モデルを用いて、周辺建蔽率を段階的に変化させたときの建蔽率と平均通風量比の関係を求めた。また、住宅団地内の隣接する4つの単純住宅モデルを対象に、室内通風デグリーアワーを算出し、建物の配置計画や建蔽率との関係を求めた²⁾。本研究では、宅地計画における通風への配慮を想定し、隣棟間隔および住宅配置（整列と雁行配置）に注目して検討を行う。

2階建て単純住宅モデルを用いて、住宅団地モデルを構成する。単純住宅モデルの立面図・平面図・俯瞰図と寸法を図5、図6、表3に示す。表1の2階建て戸建住宅12プランの寸法の平均に基づき決定した。一般的な戸建住宅団地を想定し、住宅は5棟×2列を1ブロックとし、団地内の道路幅は6mとした。東西に主要道路を持つ住宅団地と、南北に主要道路をもつ住宅団地を対象とする。住宅団地モデルの寸法の例を図7、配置パターンを表4に示す。ただし、住宅団地モデルの寸法や、単純住宅モデルの敷地寸法は住宅団地モデルの配置パターンによっても変化する。東西と南北の隣棟間隔を2m、5m、8mと変化させ、雁行配置の場合は東西（南北）に移動させる距離を変化させた。隣棟間隔を変化させる場合は解析対象領域以外の住宅団地モデルも同様に变化させ、雁行配置に変更する場合は、解析対象領域のみ変化させた。

計算領域の例を図8に示す。計算条件は表2と同様のものであり、計算領域や開口部の設定方法も前章の方法を踏襲した。住宅の配置に対称性がある場合はN、NW、S、SW、Wの5風向、対称性が見られない場合はE、N、NE、NW、W、S、SE、SW、Wの8風向で計算を行った。詳細領域内部の住宅団地を解析対象領域とし、各単純住宅モデルに立地箇所に応じて①～⑩の番号を割り当てた。

3. 2 計算結果と考察

計算結果のコンター図の例を図9に示す。主要道路が東西の場合の標準的な住宅団地モデルでは、主要道路上で風速が大きくなり、開口が主要道路に面している住宅や風上側の住宅において風がよく流入している。流入風向が45度（風向SW、風向NW）の場合、風上側の角地の住宅で特に風が流入している。東西・南北の隣棟間隔を広げると、住宅間に風の道が形成され風速が大きくな

表2 計算条件

熱流体解析ソフト	STREAM ver.8, ver.9
乱流モデル	標準k-εモデル(RANSモデル系)
流入境界	基準高さ17.2mを3.8m/sとしたべき乗則
流出境界	自然流出流入境界(法線速度勾配0)
側面境界	free-slip条件
上空境界	
地表面境界	一般化対数則条件
建物壁面境界	
圧力損失境界	開口率70%
地表面粗度区分	Ⅲ(べき数a=0.20)
収束判定条件	10^{-4}
解析風向	N, E, S, W, NE, NW, SE, SW

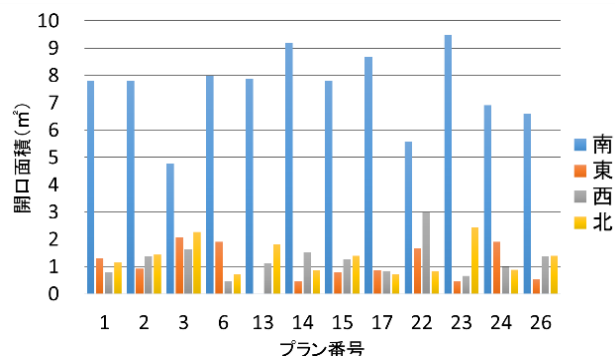


図3 各プランの方位別開口面積

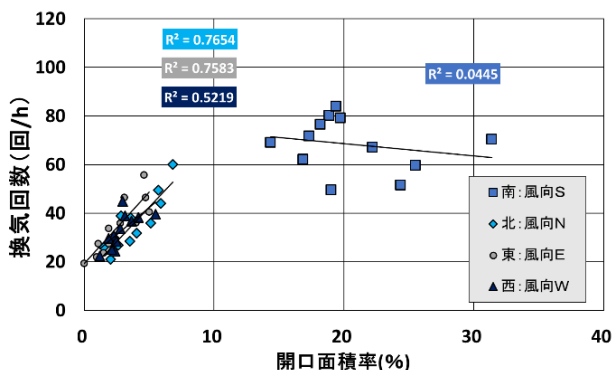


図4 開口面積率（東・西・南・北）と換気回数（風向E・W・S・N）の関係

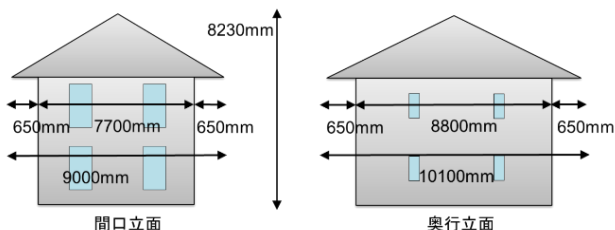


図5 単純住宅モデルの立面図

っている。雁行配置にすると、整列配置の際に生じていた風の道に相当する箇所に住宅が位置するため、風下側の住宅でも風上側の住宅同様に風が流入している。南北主要道路の場合も、東西主要道路の場合と同様の傾向が確認される。

3. 3 隣棟間隔および雁行配置と換気回数の関係

立地箇所別の平均換気回数を図10に示す。東西主要道路の場合、角地、すなわち、南側住宅の①と⑤、北側住宅の⑥と⑩の換気回数が比較的大きい。南側住宅（①～⑤）の換気回数は、北側住宅（⑥～⑩）より全体的に大きい。雁行配置にすることで南側住宅と北側住宅の換気回数の差が減少し、全体的に大きくなる。南北主要道路の場合も、角地、すなわち、西側住宅の①と⑤、東側住宅の⑥と⑩の換気回数が比較的大きい。西側住宅（①～⑤）と東側住宅（⑥～⑩）の換気回数にほとんど差はない。

隣棟間隔別、立地箇所別平均換気回数を図11に示す。東西主要道路の住宅団地モデルの場合、東西の隣棟間隔を広げると、住宅間に風の道が形成されて風速は大きくなるが、換気回数は大きく増加しない。ただし、東西の住宅間の換気回数の差は小さくなる。雁行配置にすると、整列配置の場合に生じていた風上側と風下側の換気回数の差が小さくなる。また、東西隣棟間隔が5mの場合、南側と北側の住宅間で生じていた大きな換気回数の差はほぼなくなり、大きな値となる。南北主要道路の住宅団地モデルの場合、南北隣棟間隔を広げると、角地の換気回数は大きく増加しないが、南北の住宅間の換気回数の差は小さくなる。

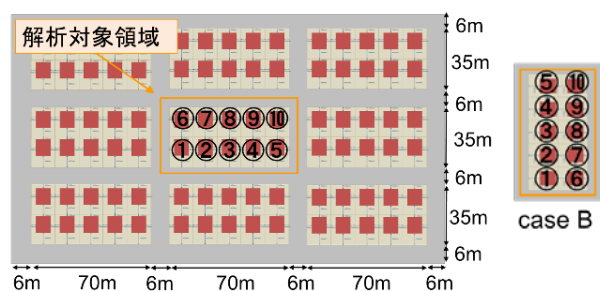


図7 住宅団地モデルの寸法の例（case A-5）と立地箇所番号割り振り

表4 住宅団地モデルの配置パターン

東西主要道路				南北主要道路			
整列配置		隣棟間隔		整列配置		隣棟間隔	
		東西	南北			東西	南北
case A-1		2m	2m	case B-1		2m	2m
case A-2		2m	5m	case B-2		2m	5m
case A-3		2m	8m	case B-3		2m	8m
case A-4		5m	2m	case B-4		5m	2m
case A-5		5m	5m	case B-5		5m	5m
case A-6		5m	8m	case B-6		5m	8m
case A-7		8m	2m	case B-7		8m	2m
case A-8		8m	5m	case B-8		8m	5m
case A-9		8m	8m	case B-9		8m	8m
雁行配置				雁行配置			
		隣棟間隔				隣棟間隔	
		東西	南北			東西	南北
case A-10	南側東3.5m	5m	5m	case B-10	西側北6.05m	2m	2m
case A-11	南側東5.5m	2m	2m	case B-11	西側北6.05m	5m	2m
case A-12	南側東5.5m	2m	5m	case B-12	西側北7.55m	2m	5m
case A-13	南側東7.0m	5m	5m	case B-13	西側北7.55m	5m	5m
case A-14	北側東3.5m	5m	5m	case B-14	東側北6.05m	2m	2m
case A-15	北側東5.5m	2m	2m	case B-15	東側北6.05m	5m	2m
case A-16	北側東5.5m	2m	5m	case B-16	東側北7.55m	2m	5m
case A-17	北側東7.0m	5m	5m	case B-17	東側北7.55m	5m	5m

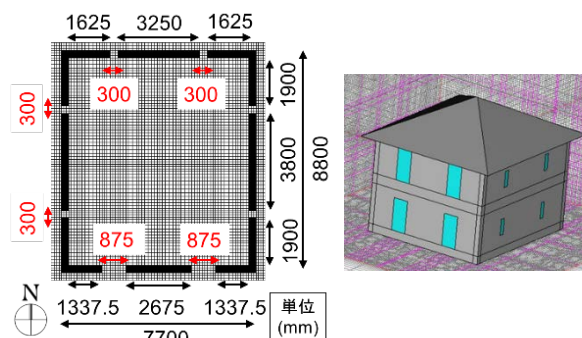


図6 単純住宅モデルの平面図（左）と俯瞰図（右）

表3 単純住宅モデルの寸法

各パラメータ	12プラン平均	単純住宅モデル
延床面積(m ²)	118.7	135.5
間口(m)	7.7	7.7
奥行き(m)	8.8	8.8
高さ(m)	8.2	8.2
南側開口面積(m ²)	7.5	7.5
東側開口面積(m ²)	1.1	1.2
西側開口面積(m ²)	1.2	1.2
北側開口面積(m ²)	1.3	1.2
合計開口面積(m ²)	11.1	11.1

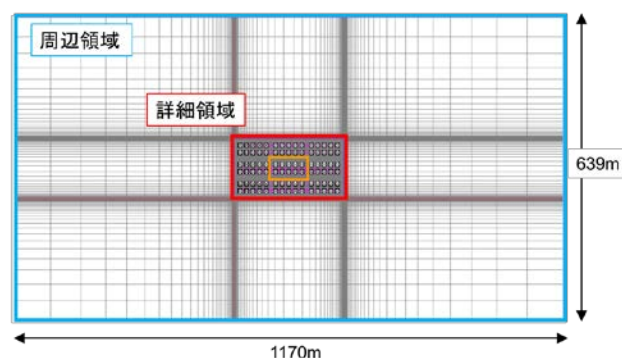


図8(a) 計算領域の例（case A-5, 周辺領域）

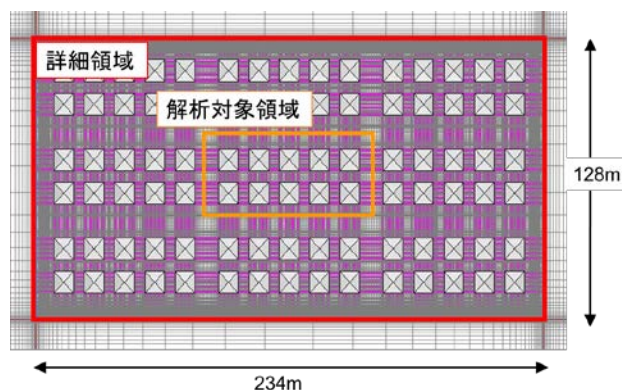


図8(b) 計算領域の例（case A-5, 詳細領域）

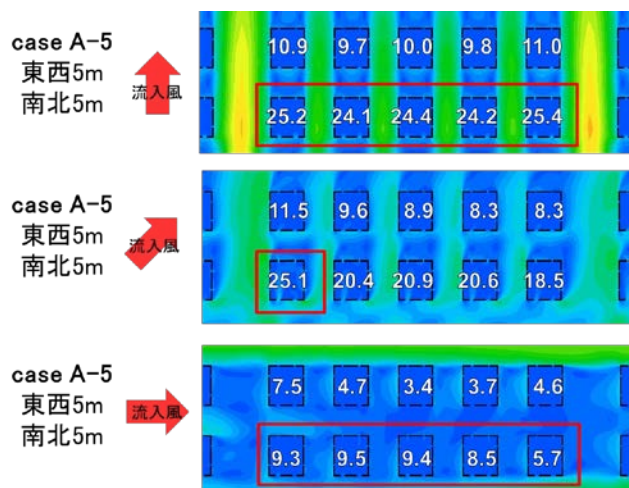


図9(a) case A-5

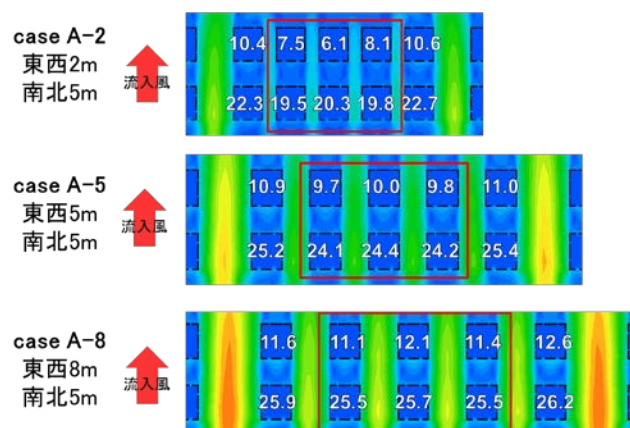


図9(b) 東西隣棟間隔変化 (case A)

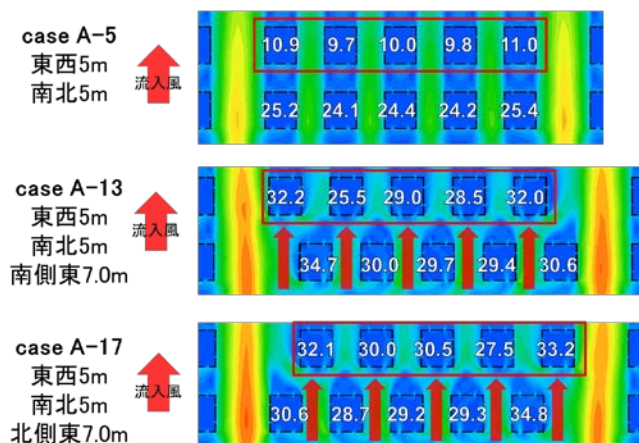


図9(c) 雁行配置 (case A)

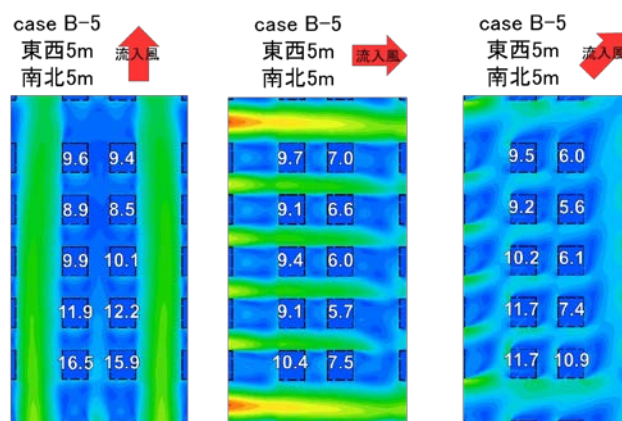


図9(d) case B-5

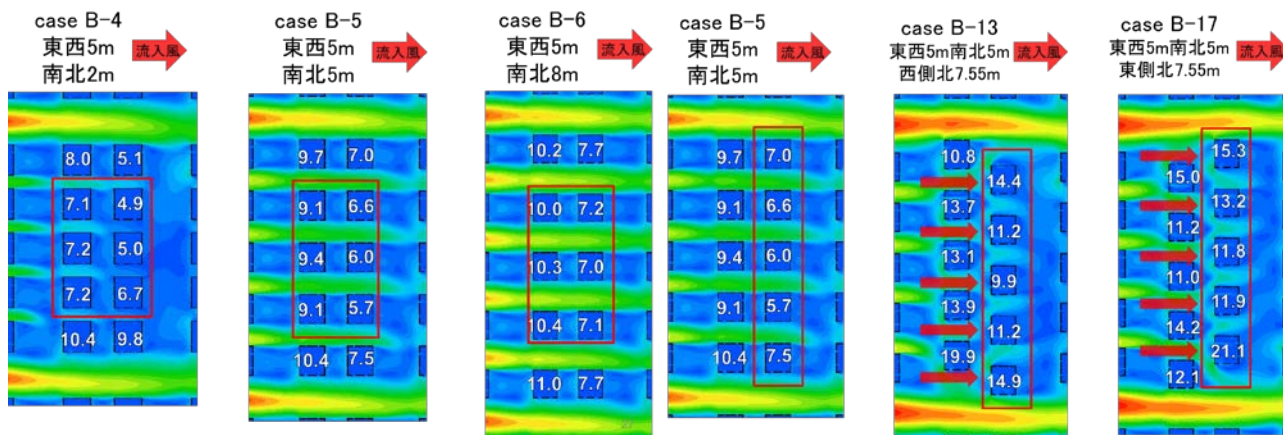


図9(e) 南北隣棟間隔変化 (case B)

図9(f) 雁行配置 (case B)

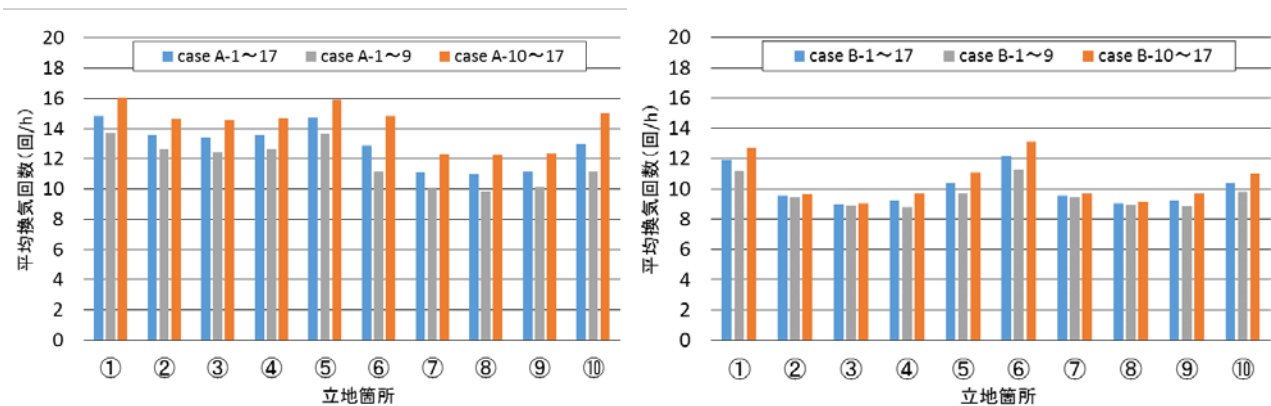


図10 立地箇所別平均換気回数

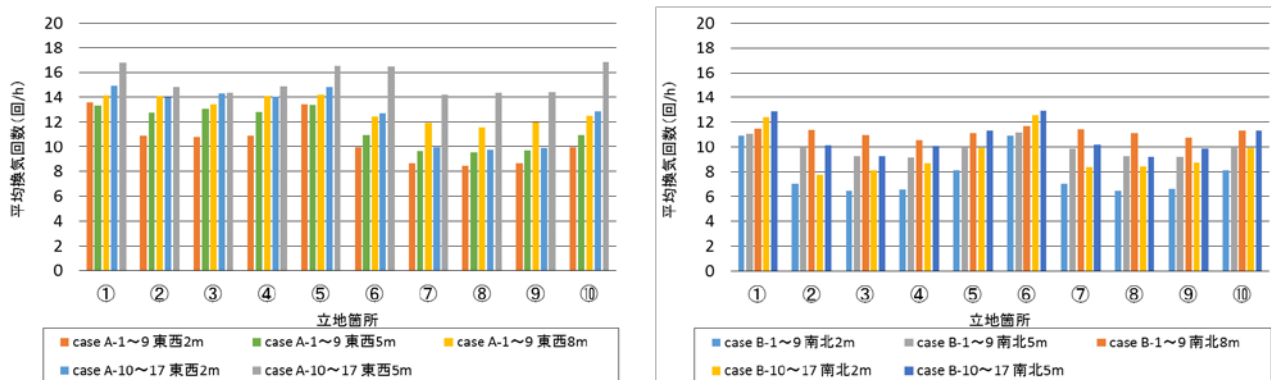


図11 隣棟間隔別、立地箇所別平均換気回数

4. 実街区における検討

4. 1 概要

典型的な新興住宅地である芦屋市内の住宅団地を対象として同様の検討を行う。解析対象モデルを図12に示す。住宅団地内の住宅を、単純住宅モデルに置き換えて計算を行い、換気回数を算出し、住宅団地モデルの計算結果と比較する。解析対象領域内の単純住宅モデルに立地箇所に応じて①～④の番号を割り振った。計算条件などは住宅団地モデルの計算と同様である。

4. 2 計算結果と考察

計算結果のコンター図の例を図12に示す。芦屋市内の住宅団地は、典型的な新興住宅団地であり、住宅の形状のばらつきが少なく、住宅区画も整理されており、整列配置の住宅団地モデルに配置パターンが類似している。解析対象領域の北と南に存在する道路沿いのオープンスペースから風が流入している。

4. 3 実街区における隣棟間隔と換気回数の関係

風向別の換気回数を図14に示す。同様の隣棟間隔を持ち同じ立地箇所である、整列配置の住宅団地モデルの単純住宅モデルを比較対象として選定する。芦屋市の立地箇所①の住宅では、風向0°の場合を除いて整列配置と同様である。風向0°の場合には南に存在する道路沿いのオープンスペースからの流入量が増加している。



図12 解析対象モデル（芦屋市）

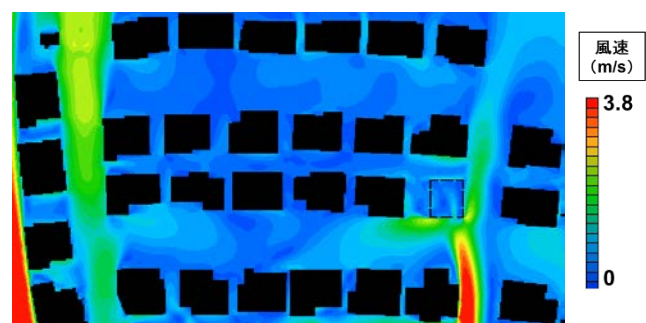


図13 計算結果の例（芦屋市：case 1, 風向S）

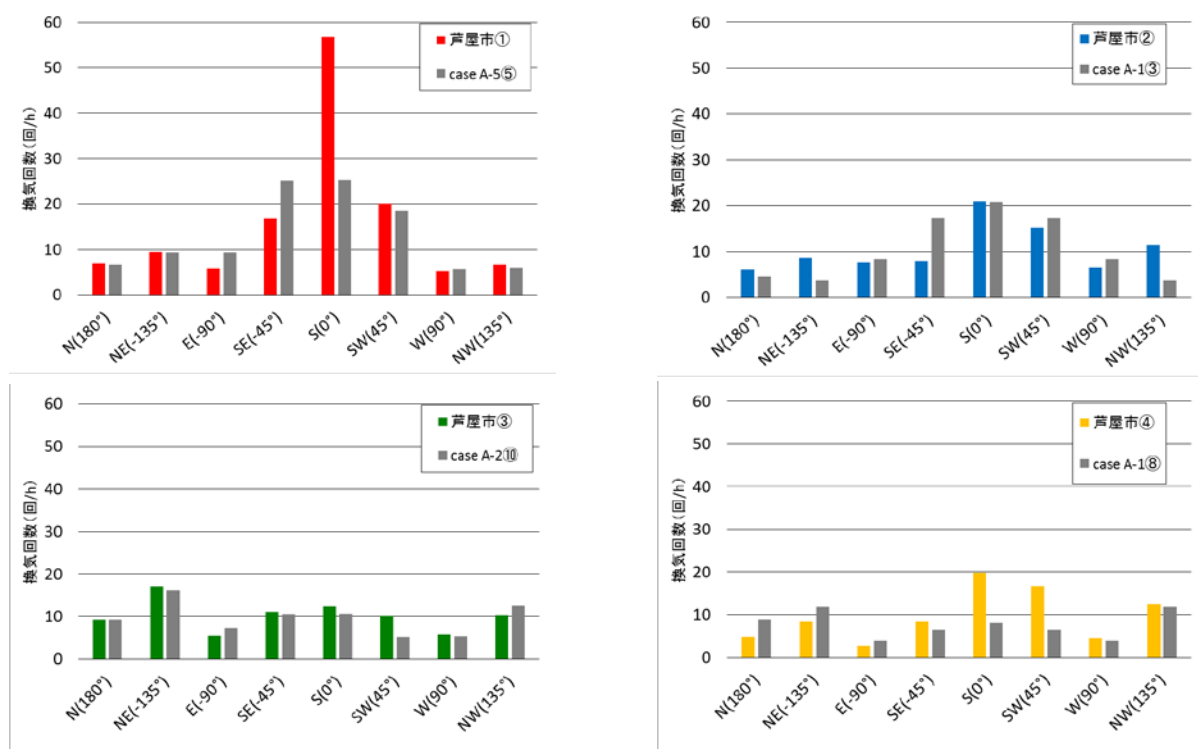


図11 隣棟間隔別、立地箇所別平均換気回数

5. 結論

本研究では、実在住宅モデルを対象として開口面積や主風向と換気回数の関係を分析した。更に、モデル化した住宅街区を対象として隣棟間隔や角地などの住宅配置と平均通風量比の関係を分析した。

実在住宅モデルにおいて、各方位に開口面積が大きく取られている場合は、明確な通風輪道が形成され換気回数は大きくなる。主風向側の開口部の面積が増加すると換気回数は増加するが、南側開口面積と換気回数には関係は確認されない。全てのプランで南側開口面積が大きく、十分に大きな換気回数となるためである。玄関方位などのプランによる影響より、地域の主風向による影響が大きいと考察された。

標準的な住宅団地では、北、南の風向の場合には、風上側と風下側の換気回数の差が大きい。風向が住宅団地に対して45度の場合には、風上側の角地の換気回数が大きい。西、東の風向の場合には、開口面積の大きい南側開口が道路に面しているため、南側の住宅の換気回数が大きい。

東西主要道路の住宅団地モデルの場合、東西の隣棟間隔を広げると、住宅間に風の道が形成されて風速は大きくなるが、換気回数は大きく増加しない。ただし、東西の住宅間の換気回数の差は小さくなる。南北隣棟間隔を広げると、南側の住宅の換気回数は増加しないが、南北の住宅間の換気回数の差は小さくなる。雁行配置にすると、整列配置の場合に生じていた風上側と風下側の換気回数の差が小さくなる。整列配置の際に生じていた風の道の上に住宅が位置するため、面積の大きい南側開口から風が流入する。

南北主要道路の住宅団地モデルの場合、東西の隣棟間隔を広げても換気回数は大きく増加せず、南北の住宅間の換気回数の差もほとんど変化しない。南北隣棟間隔を広げると、角地の換気回数

は大きく増加しないが、南北の住宅間の換気回数の差は小さくなる。雁行配置で住宅を北側へ平行移動すると、整列配置の際に生じていた風の道の上に住宅が位置するため、風向E、Wの場合の換気回数が大きくなる。住宅を交互に東へ移動させると、南側の風向の場合に、開口面積の大きい南側開口から風が流入し、整列配置の場合よりも換気回数が大きくなる。

主風向により換気回数が大きくなる場合とあまり変化しない場合があるため、対象地域の主風向に応じて適切な配置を検討する必要がある。芦屋市内の住宅団地の様に整列配置の住宅団地モデルに配置パターンが類似している場合には計算結果の傾向と概ね一致する。ただし、周辺のオープンスペースやわずかな形態の違いにより、換気回数が大きく変化する場合もあるため、周辺の住宅配置や街区特性の局所的な影響にも配慮する必要がある。

[謝辞] 本研究は神戸大学持続的住環境創成（積水ハウス）寄附講座の平成27年度研究費を受けて実施したものである。本研究を実施するにあたってご協力頂いた積水ハウス株式会社の角本茂氏、板倉浩二氏、埴淵晴男氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 赤林伸一，坂口淳，細野淳美，佐藤英樹，久保俊輔：室内気流分布を考慮した通風性能評価に関する研究，日本建築学会環境系論文集，No. 633，1261-1266，2008
- 2) 川崎みなも，赤林伸一，坂口淳，山口遵：戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究 その18 戸建て住宅団地の配置計画と通風性能に関する研究，日本建築学会北陸支部研究報告集，第52号，251-254，2009