

有効換気回数及び有効窓面積率による住宅の通風性能評価に関する研究

STUDY ON THE EVALUATION OF CROSS VENTILATION PERFORMANCE OF DETACHED HOUSE BY EFFECTIVE AIR CHANGE RATE AND EFFECTIVE OPENING AREA OF WINDOWS RATIO

有波裕貴^{*}, 赤林伸一^{**}, 大嶋拓也^{***}, 坂口 淳^{****}

Yuki ARINAMI, Shin-ichi AKABAYASHI, Takuya OSHIMA and Jun SAKAGUCHI

The effect of improving indoor environment by the cross ventilation, the rate to discharge thermal energy by the ventilation is larger than the reduction effects of SET* by indoor air flow. In this study, the relationship between the difference of indoor temperature and outdoor temperature by the effect of ventilation will be less than 1°C and the opening area of windows ratio are calculated for a simple and the standard AIJ detached house model. The relationship between the air change rate, opening area of windows conditions and cross ventilation performance of the detached house is clarified.

The results are as follows;

- (1) When air change rate is 20 times/h, the inside air temperature becomes nearly equal to the outside air temperature due to the discharge thermal energy by the ventilation.
- (2) The opening area of windows ratio tends to be high in the inland, and it tends to be low in the city along the sea in Japan.
- (3) Results of standard AIJ detached house model, the opening area of windows ratio with which ventilation rate is 20 times/h becomes a low value of feasibility. The opening area of windows ratio with which ventilation rate is 10 times/h becomes a values that may be realized.

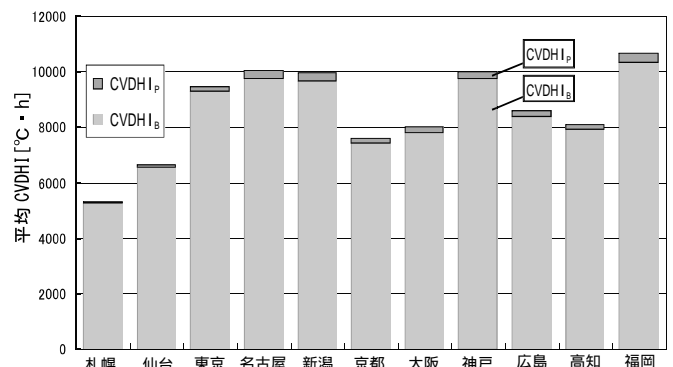
Keywords : Detached House Model, Cross Ventilation, Effective Air Change Rate, Effective Opening Area of Windows Ratio

戸建住宅モデル, 通風, 有効換気回数, 有効窓面積率

1. はじめに

近年、CO₂などの排出増加に伴う地球温暖化対策を背景に、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。そこで、自然エネルギーの有効利用法の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、冷房用エネルギーの削減効果があるため、今後の積極的な利用^{注1)}が望まれる。

図1に主要11都市の平均CVDHI(室内通風デグリアワー: Cross Ventilation Degree Hour of Inside Area¹⁾)を示す。通風による室内環境改善効果には、通風による排熱効果(CVDHI_g²⁾)と室内気流速度による体感温度の低下効果(CVDHI_p³⁾)がある。筆者らの既往の研究^{2), 8)}によれば、日射による窓面の日射熱取得や壁面・屋根の貫流熱、室内発熱などに対する通風による排熱効果(CVDHI_g)の割合が極めて大きい。自然通風を効果的に利用するためには、通風による排熱効果(CVDHI_g)に着目して室内温熱環境改善効果を検討する必要がある。



※1 CVDHI(室内通風デグリアワー): 室内気流分布に着目し、人体が室内において地域条件(地域の気象条件: 風向・風速・外気温・湿度・日射量等)、立地条件(建物周囲の条件: 建蔽率の変化等)、建物条件(建物の性能条件: 形状・平面・開口等、シェルター性能)から受ける影響を温熱環境評価尺度(SET)によって評価したもの。筆者らの既往の研究(参考文献2、8、9、10)では、通風によって得られる室温低下効果(体感温度の低下を含む)として非暖房期間において累積して算出している。
※2 CVDHI_g: 日射等の影響を受ける室内において、通風により室内の熱を屋外に排出する排熱効果。
※3 CVDHI_p: 通風によって生じる可感気流による体感温度の低下効果。

図1 主要11都市の平均CVDHI

^{*} 新潟大学大学院自然科学研究科 大学院生

^{**} 新潟大学大学院自然科学研究科 教授 工学博士

^{***} 新潟大学工学部建設学科 助教 博士(環境学)

^{****} 新潟県立大学国際地域学部国際地域学科 教授 博士(工学)

Graduate Students, Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ.

Prof., Division of Science and Technology, Graduate School of Niigata Univ., Dr. Eng.

Research Assoc., Faculty of Engineering, Niigata University, Ph. D. Environ.

Prof., Faculty of International Studies and Regional Development, Department of International Studies and Regional Development, University of Niigata Prefecture, Dr. Eng.

及び扉を閉鎖し、浴室は窓を閉鎖し、室内扉は開放する。洗面室は窓及び室内扉を開放してCFD解析を行う。換気回数を設定する場合は、対象モデルは建蔽率^{注4)}0% (単体)とし、対象地域は新潟のみとする。実換気回数を用いる場合も、対象モデルは建蔽率0% (単体)とし、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都市とする。窓面積率を算出する場合は、対象街区は建蔽率0% (単体)、10、30、50%とし、対象地域は標準気象データが整備されている全国842都市とする。建蔽率0% (単体)のCFD解析は1/4乗則の流入風を与え、建物単体の解析を行っている。建蔽率10、30、50%のCFD解析は解析領域周囲の境界条件は周期境界を与え、連続した住宅団地の中央部の住宅を対象とする。建蔽率10、30、50%の解析での基準風速(6.5m高さ)の風速は建物がない解析を別途行い3.0m/sになるように上空面の風速を調整して解析を行っている。

2.2 解析方法

(1) 設定換気回数による室温の解析

図4に室温の算出フローを示す。室温の算出には、熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSを用いる。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)¹¹⁾を用い、解析時には気象データの気温、日射に加えて換気回数を設定^{注5)}し、どのモデルでも1階、2階をそれぞれ1室として対象住宅モデルの室温を算出する。算出した値から、室温が外気温とほぼ等しくなるために必要な最少の換気回数(有効換気回数)を各階で求める。

(2) 実換気回数による解析

室内外気流分布の解析は、標準k-εモデルを用いた等温乱流数値流体解析(使用コード:CFD2000)により行う。CFDにより16風向別の開口部風速比^{注6)}を求める。開口部の風速比から換気回数を算出し、各地域の風向・風速から実換気回数を算出する。

(3) 室内発熱負荷の算出

室内発熱負荷の算出には、生活スケジュール自動生成プログラムSCHEDULE^{注7)}を用いる。設定条件は両親、子供2人の4人家族とし、其々の生活パターンから冬期、中間期、夏期の平日、休日における各部屋の時間毎の室内発熱負荷(人体、照明、各種家電機器の発熱)を算出する。次に12~3月を冬期、7~9月を夏期、その他の月を中間期とし、算出した室内発熱負荷から1F、2Fの年間の室内発熱負荷を作成し、TRNSYSで室内発熱負荷を加えた計算を行う。図5にSCHEDULEで計算した夏期・平日の室内発熱負荷を示す。他室よりもLDKにおける室内発熱負荷が大きい。

(4) 窓面積率の算出

図6に窓面積率の算出フローを示す。CFDにより16風向別の開口部風速比を求め、開口部の風速比から基準風速(基準高さ6.5m地点で風速1.0m/sの時)での換気回数を算出する。窓面積率と換気回数はほぼ比例する(寄与率0.96以上)ので、算出した換気回数と窓面積率の回帰式を求め、窓面積率を1%刻みで変化させ、各窓面積率の実換気回数を算出する。

(5) 有効窓面積率

図7に非暖房期間における全国の外部風が無風の相対頻度分布を示す。無風頻度は1割から2割までの頻度が最も高く、無風頻度2割までの累積頻度は70%程度となる。無風頻度3割の場合の累積頻度は80%を超える。無風の場合、窓面積率と換気回数は比例しないので、

有効換気回数以上の相対頻度の非暖房期間に占める割合が7割以上の時に、室温と外気温がほぼ等しくなる効果を十分に得られると考え、この効果が十分に得られる最小の窓面積率を有効窓面積率とする。

3. 単純戸建住宅モデルを対象とした解析結果

3.1 有効換気回数

(1) 日平均室内外温度差

図8に新潟における換気回数を設定する場合の日平均室内外温度差を示す^{注8)}。対象日は新潟の非暖房期間と日平均外気温が最高となる7月23日である。換気回数が増加すると、室温と外気温の差は小さくなり、7月23日、非暖房期間ともに換気回数20回/hでは室温と外気温の差は約0.7となる。室温と外気温の差が1未満の時に十

表1 各モデルの解析条件(建蔽率0%(単体))

| 解析風向数 | 16風向 | |
|-----------|-----------------------------|---|
| 解析領域メッシュ数 | 単純住宅 | $54(x) \times 54(y) \times 37(z) = 107,892$ |
| | 標準住宅 | $78(x) \times 72(y) \times 41(z) = 230,256$ |
| 室内解析メッシュ数 | 単純住宅 | $26(x) \times 26(y) \times 19(z) = 12,844$ |
| | 標準住宅 | $42(x) \times 36(y) \times 23(z) = 34,776$ |
| 延べ床面積 | 単純住宅 | 100.44㎡ |
| | 標準住宅 | 109.98㎡ |
| 基準開口面積 | 単純住宅 | $0.9 \times 1.8 \times 12 = 19.44\text{㎡}$ |
| | 標準住宅 | 15.52㎡ |
| 境界条件 | 流入:1/4乗則(基準高さ6.5m、風速3.0m/s) | |
| 乱流モデル | 標準k-εモデル(等温) | |
| 熱損失係数 | 単純住宅 | 2.16W/(㎡・K) |
| | 標準住宅 | 1.98W/(㎡・K) |

表2 各モデルの解析条件(建蔽率10%、30%、50%)

| 解析風向数 | 16風向 | | |
|-----------|--------------|--|---|
| 解析領域メッシュ数 | 単純住宅 | 建蔽率10% | $164(x) \times 178(y) \times 37(z) = 1,080,104$ |
| | | 建蔽率30% | $96(x) \times 110(y) \times 37(z) = 390,720$ |
| | | 建蔽率50% | $74(x) \times 88(y) \times 37(z) = 240,944$ |
| | 標準住宅 | 建蔽率10% | $68(x) \times 68(y) \times 41(z) = 189,584$ |
| | | 建蔽率30% | $60(x) \times 60(y) \times 41(z) = 147,600$ |
| | | 建蔽率50% | $54(x) \times 54(y) \times 41(z) = 119,556$ |
| 室内解析メッシュ数 | 単純住宅 | $26(x) \times 26(y) \times 19(z) = 12,844$ | |
| | 標準住宅 | $42(x) \times 36(y) \times 23(z) = 34,776$ | |
| 延べ床面積 | 単純住宅 | 100.44㎡ | |
| | 標準住宅 | 109.98㎡ | |
| 基準開口面積 | 単純住宅 | $0.9 \times 1.8 \times 8 = 13.0\text{㎡}$ | |
| | 標準住宅 | 15.52㎡ | |
| 境界条件 | 流入・流出:周期境界条件 | | |
| 乱流モデル | 標準k-εモデル(等温) | | |

表3 各モデルの部位別熱貫流率

| 部材 | モデル | 構成材 | 熱貫流率(W/㎡・K) |
|------|------|--|-------------|
| 屋根 | 単純住宅 | 石膏ボード、セルローズファイバー(厚さ160mm)、合板、スレート | 0.215 |
| | 標準住宅 | 石膏ボード、セルローズファイバー(厚さ160mm)、空気層、合板、スレート | 0.209 |
| 外壁 | 単純住宅 | 石膏ボード、フェノールフォーム断熱材(厚さ40mm)、合板、モルタル | 0.431 |
| | 標準住宅 | 石膏ボード、フェノールフォーム断熱材(厚さ40mm)、空気層、合板、モルタル | 0.408 |
| 1階床 | 標準住宅 | 床板、合板、グラスウール(厚さ100mm) | 0.337 |
| 2階床 | 単純住宅 | カーペット、合板、空気層、石膏ボード(1階天井) | 1.916 |
| | 標準住宅 | | |
| 窓ガラス | 標準住宅 | ペアガラス | 2.7 |

表4 11都市の非暖房期間と平均風速

| 都市 | 非暖房期間 | 平均風速[m/s] | |
|-----|------------|-----------|------|
| 札幌 | 6/29~9/10 | 76日 | 1.78 |
| 仙台 | 6/12~9/25 | 105日 | 1.86 |
| 東京 | 5/7~10/12 | 158日 | 1.76 |
| 名古屋 | 5/7~10/13 | 159日 | 2.14 |
| 新潟 | 5/29~10/2 | 126日 | 2.41 |
| 京都 | 5/8~10/13 | 158日 | 1.51 |
| 大阪 | 5/6~10/10 | 157日 | 1.96 |
| 神戸 | 5/8~10/18 | 163日 | 2.18 |
| 広島 | 5/7~10/5 | 159日 | 1.77 |
| 高知 | 5/15~10/19 | 157日 | 1.43 |
| 福岡 | 5/8~11/7 | 183日 | 2.07 |

分に室温が低下していると考え、換気回数 20 回 /h^{注9)} を単純戸建住宅モデルの有効換気回数と設定する。

(2) 換気回数 20 回 /h 以上の相対頻度

図 9 に主要 11 都市の換気回数 20 回 /h 以上の相対頻度を示す。単純戸建住宅モデル (建蔽率 0 % : 単体) では、どの都市も換気回数 20 回 /h 以上の相対頻度が約 90% を超えており、十分な室内環境改善効果が得られていると考えられる。ある程度の開口面積以上で室内環境改善効果は同様であると考えられる。

3.2 有効窓面積率

(1) 換気回数と窓面積率の関係

図 10 に建物^{注10)}の風向 S における換気回数と窓面積率の関係を、

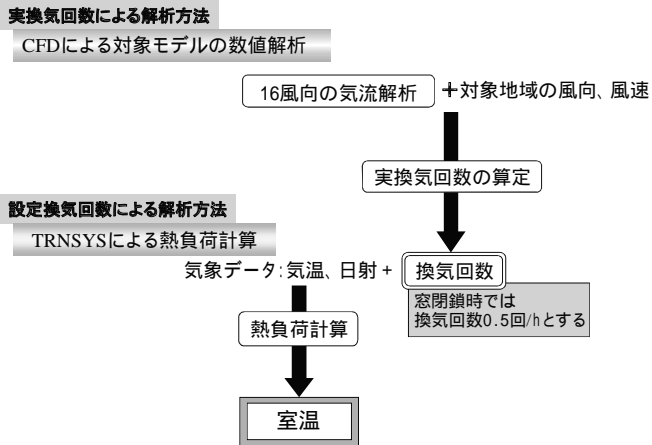


図 4 室温の算出フロー

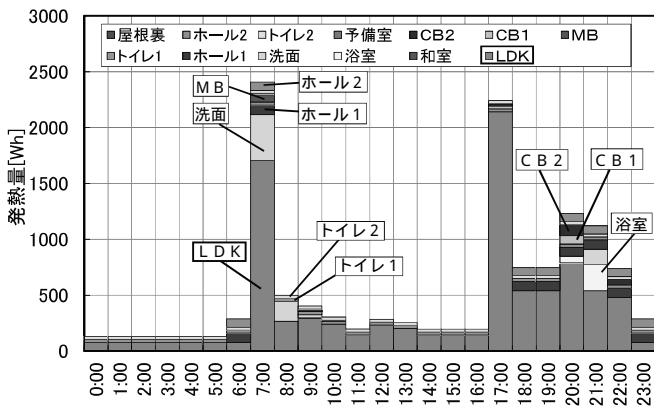


図 5 室内発熱負荷 (夏期・平日)

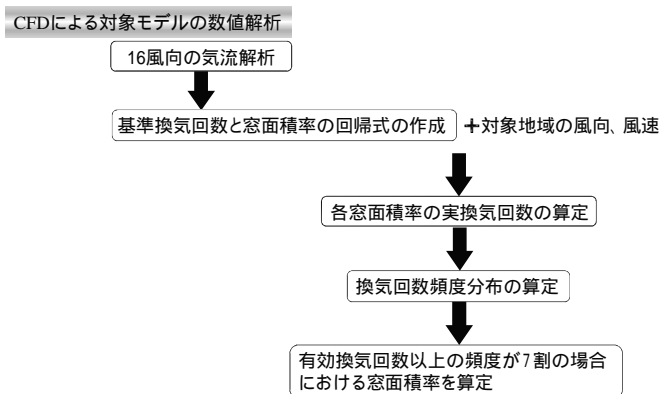


図 6 窓面積率の算出フロー

表 5 に各建蔽率の回帰式と寄与率を示す。紙面の都合上、本論文では風向 S の風向の結果を示しているが、他の風向についても風向 S と同様の結果であり、建蔽率が高くなる程、傾きが小さくなり、換気回数が減少する^{注11)}。建蔽率 0 % (単体) と建蔽率 10、30、50% の換気回数の差は大きい。1 F、2 F 共に回帰式はどの建物位置でも差は殆どなく、いずれの回帰式においても寄与率は 0.96 以上となる。この回帰式を用いて、窓面積率を 1 % 刻みとして換気回数を算出し、全国の有効窓面積率の分布を求める。

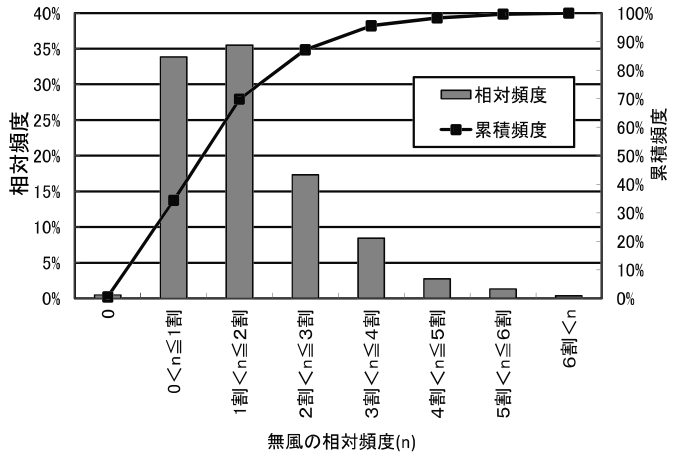


図 7 非暖房期間における全国の外部風が無風の相対頻度分布

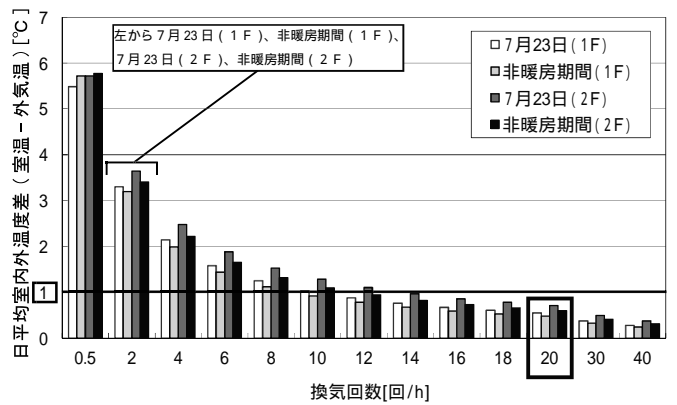


図 8 換気回数を設定する場合の日平均室内外温度差 (新潟、単純戸建住宅モデル)

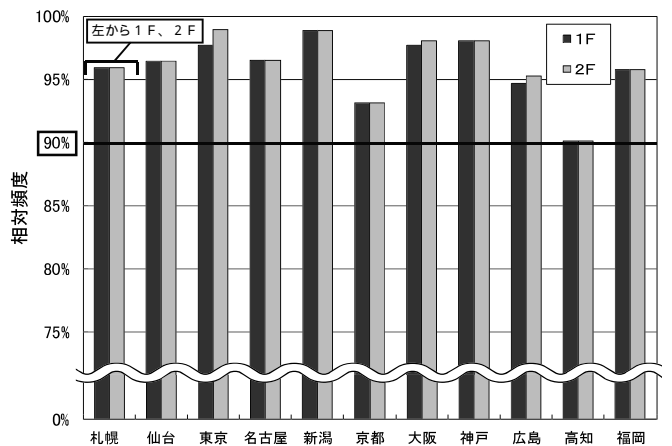


図 9 主要 11 都市の換気回数 20 回 /h 以上の相対頻度 (単純戸建住宅モデル : 建蔽率 0 % (単体)、建物)

4.2 有効窓面積率

(1) 換気回数と窓面積率の関係

表6に各建蔽率の回帰式^{注12)}と風向Sの寄与率を、図15に各建蔽率における換気回数と窓面積率の関係(風向S)を示す。建蔽率が高くなる程、傾きが小さくなる。建蔽率0%(単体)と建蔽率10、30、50%の換気回数の差は大きい。又、回帰式では風向により換気回数が大きく変化し、風向Sの寄与率は0.96以上となる。この回帰式を用いて、窓面積率を1%刻みとして換気回数を算出し、全国の有効窓面積率の分布を求める。

(2) 主要11都市における有効窓面積率(Grade)

図16に2Fの主要11都市における各建蔽率の有効窓面積率を示す。どの地域でも建蔽率が高くなる程、有効窓面積率は高くなる。新潟や神戸などの風速の速い地域では有効窓面積率は5%(建蔽率0%)~100%(建蔽率50%)程度と比較的低く、京都や広島、高知などの風速の遅い地域では有効窓面積率は10%(建蔽率0%)~140%(建蔽率50%)程度と高い傾向がある。建蔽率50%では、東京、京都、広島、高知の4都市では有効窓面積率が140%を超えている。

(3) 有効窓面積率マップ(Grade)

図17に建蔽率50%における有効窓面積率マップを示す。有効窓面積率は地域によって異なり、有効窓面積率は海沿いの地域で80~90%程度と相対的に低い傾向がある。これは海沿いの地域では風

速が速いためと考えられる。また、他の内陸部などの地域では有効窓面積率が140%以上となっており、実現性のある値とは言い難い。

(4) 主要11都市における有効窓面積率(Grade)

図18に主要11都市における各建蔽率の有効窓面積率を示す。どの地域でも建蔽率が高くなる程、有効窓面積率は高くなる。通風性能評価Gradeの場合と比較すると、有効窓面積率は実現性のある値であると考えられる。

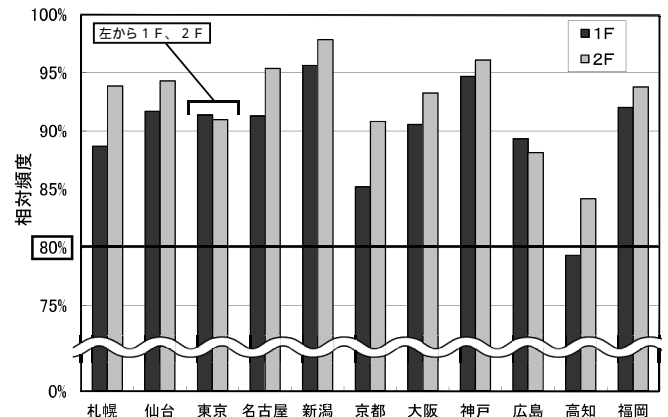


図14 主要11都市の換気回数20回/h以上の相対頻度(標準住宅モデル(戸建):建蔽率0%(単体))

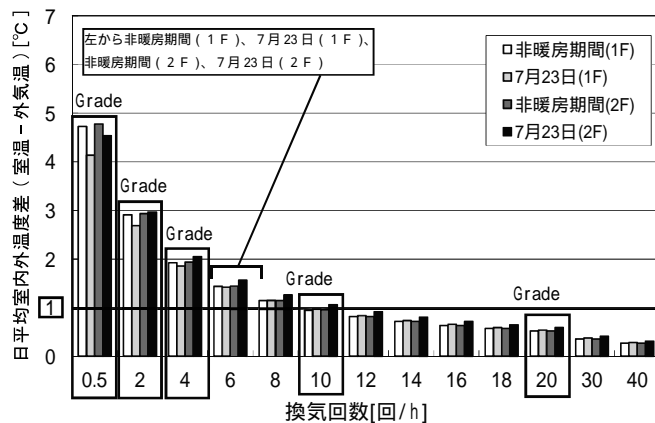


図13 換気回数を設定する場合の日平均室内外温度差(新潟、標準住宅モデル(戸建))

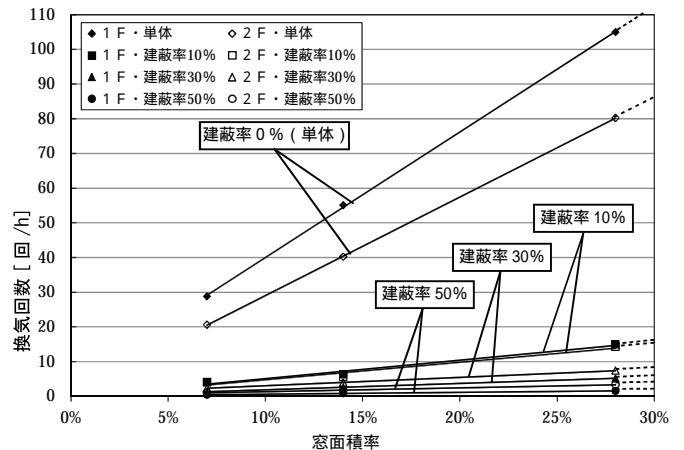


図15 換気回数と窓面積率の関係(標準住宅モデル(戸建):風向S)

表6 各建蔽率の回帰式と風向Sの寄与率(標準住宅モデル(戸建))

| | 単体 | | 建蔽率10% | | 建蔽率30% | | 建蔽率50% | |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1F | 2F | 1F | 2F | 1F | 2F | 1F | 2F |
| NNE | $y = 208.67x - 3.8896$ | $y = 223.1x + 3.8323$ | $y = 24.995x - 0.1321$ | $y = 30.124x + 1.0423$ | $y = 12.236x + 0.2122$ | $y = 16.674x + 0.7372$ | $y = 2.6469x + 0.5807$ | $y = 11.106x - 0.0768$ |
| NE | $y = 157.27x - 2.2731$ | $y = 177.59x + 11.346$ | $y = 21.386x + 0.5047$ | $y = 29.213x + 1.3259$ | $y = 14.703x + 0.3385$ | $y = 17.77x + 0.5514$ | $y = 8.1271x + 0.6922$ | $y = 11.936x - 0.0791$ |
| ENE | $y = 139x + 3.3624$ | $y = 179.61x + 8.8624$ | $y = 19.724x + 0.3346$ | $y = 31.743x + 0.6989$ | $y = 15.34x + 0.4679$ | $y = 17.309x + 0.5182$ | $y = 9.6766x + 0.6833$ | $y = 8.5206x + 0.3435$ |
| E | $y = 82.997x + 6.4504$ | $y = 217.66x - 1.1405$ | $y = 13.571x + 0.558$ | $y = 41.99x + 0.2117$ | $y = 11.8x + 0.3867$ | $y = 24.4x + 0.0803$ | $y = 14.825x + 0.0662$ | $y = 11.876x + 0.16$ |
| ESE | $y = 167.84x - 0.2775$ | $y = 255.22x + 2.1669$ | $y = 20.026x + 0.211$ | $y = 45.118x - 0.1454$ | $y = 14.177x + 0.4253$ | $y = 29.436x - 0.2862$ | $y = 8.8564x + 0.8297$ | $y = 17.72x - 0.2297$ |
| SE | $y = 300.89x + 4.0431$ | $y = 309.55x + 2.1158$ | $y = 33.162x + 0.167$ | $y = 44.402x + 0.2022$ | $y = 17.104x + 0.4196$ | $y = 30.476x - 0.1132$ | $y = 7.2921x + 0.8399$ | $y = 20.47x - 0.5291$ |
| SSE | $y = 361.09x + 4.9087$ | $y = 299.78x - 0.6746$ | $y = 33.162x + 0.167$ | $y = 47.647x + 0.2374$ | $y = 17.414x + 0.296$ | $y = 27.936x + 0.1768$ | $y = 6.1601x + 0.362$ | $y = 16.932x - 0.238$ |
| S | $y = 361.23x + 3.8366$ | $y = 280.12x + 0.5861$ | $y = 50.153x + 0.906$ | $y = 47.256x + 0.6153$ | $y = 18.144x + 0.0528$ | $y = 23.387x + 0.6229$ | $y = 5.0792x + 0.1252$ | $y = 10.611x + 0.3179$ |
| | $R^2 = 0.9998$ | $R^2 = 1$ | $R^2 = 0.98$ | $R^2 = 0.9641$ | $R^2 = 0.9994$ | $R^2 = 0.9995$ | $R^2 = 0.9987$ | $R^2 = 0.9928$ |
| SSW | $y = 314.52x + 1.6983$ | $y = 221.29x + 2.6075$ | $y = 43.802x + 0.5211$ | $y = 35.983x + 0.5749$ | $y = 14.899x + 0.3868$ | $y = 13.674x + 0.845$ | $y = 4.6023x + 0.429$ | $y = 9.099x + 0.2147$ |
| SW | $y = 213.46x + 6.7297$ | $y = 125.8x + 9.6884$ | $y = 32.116x + 1.1632$ | $y = 19.731x + 1.0028$ | $y = 16.2x + 0.5541$ | $y = 13.555x + 0.6432$ | $y = 7.6799x + 0.905$ | $y = 12.397x + 0.0261$ |
| WSW | $y = 219.91x + 2.9737$ | $y = 141.75x + 2.5817$ | $y = 37.078x + 0.5257$ | $y = 28.202x + 0.1053$ | $y = 18.053x + 0.5427$ | $y = 16.861x + 0.1529$ | $y = 10.708x + 0.6187$ | $y = 13.2x + 0.1836$ |
| W | $y = 282.11x + 0.282$ | $y = 138.04x - 0.4959$ | $y = 45.285x + 0.4034$ | $y = 28.984x + 0.016$ | $y = 16.266x + 0.5524$ | $y = 18.591x + 0.0856$ | $y = 13.886x + 0.106$ | $y = 9.3979x + 0.6087$ |
| WNW | $y = 302.84x + 3.5879$ | $y = 197.38x + 1.5166$ | $y = 50.252x + 0.321$ | $y = 29.423x - 0.1922$ | $y = 24.188x + 0.2278$ | $y = 18.956x - 0.0949$ | $y = 12.824x + 0.3711$ | $y = 10.802x + 0.3892$ |
| NW | $y = 341.83x - 0.2351$ | $y = 231.36x + 5.1032$ | $y = 52.411x + 0.0662$ | $y = 34.538x + 0.0322$ | $y = 22.513x + 0.1305$ | $y = 18.36x + 0.0537$ | $y = 10.337x + 0.6048$ | $y = 12.767x - 0.1348$ |
| NNW | $y = 259.9x - 2.2042$ | $y = 238.82x + 5.3604$ | $y = 35.861x + 0.2384$ | $y = 33.314x + 0.8824$ | $y = 16.492x + 0.0159$ | $y = 20.114x + 0.278$ | $y = 4.6419x + 0.3685$ | $y = 9.7234x - 0.0017$ |
| N | $y = 186.6x - 2.6804$ | $y = 218.21x + 4.6499$ | $y = 22.545x + 0.0788$ | $y = 34.451x + 1.0659$ | $y = 8.2558x + 0.0184$ | $y = 19.287x + 0.5815$ | $y = 7.4554x + 0.1234$ | $y = 10.606x + 0.1171$ |

yを換気回数、xを窓面積率とし、代表的な風向Sでは上段に回帰式、下段に寄与率を示した。

(5) 有効窓面積率マップ (Grade)

図 19 に建蔽率 50%における有効窓面積率マップを示す。有効窓面積率は内陸部で 70%程度と高く、海沿いの地域で 50 ~ 60%程度と低い傾向がある。これは内陸部は風速が遅く、海沿いの地域では速いためと考えられる。通風性能評価 Grade の場合と比較すると、有効窓面積率が低い地域では実現性のある値となる。

5. 結論

本研究では単純戸建住宅モデルと標準住宅モデルの 2 つの住宅モデルを用いて有効換気回数および有効窓面積率に関する解析を行った。以下に単純戸建住宅モデルおよび標準住宅モデルのまとめを示す。

5.1 単純戸建住宅モデル

(1) 有効換気回数

通風による換気回数が多くなる程、室温は外気温に近づき、十分

に室温が低下する有効換気回数は 20 回 /h となる。

対象とした建蔽率 0 % (単体)ではどの都市でも換気回数 20 回 /h 以上の相対頻度が 90%を超えており、十分な室内環境改善効果が得られていると考えられ、ある程度の開口面積以上では室内環境改善効果は同様であると考えられる。

無風の頻度を考慮し、有効換気回数以上の相対頻度が 7 割以上のときに室内環境改善効果が十分得られていると考え、この効果が得られる最小の窓面積率を有効窓面積率と定義する。

(2) 有効窓面積率

建蔽率 50%では有効窓面積率は内陸部で 40 ~ 60%と高く、海沿いの地域で 20 ~ 30%程度と低い傾向がある。これは内陸部は風速が遅く、海沿いの地域では速いためである。

どの都市でも建蔽率が高くなる程、有効窓面積率は高くなる。

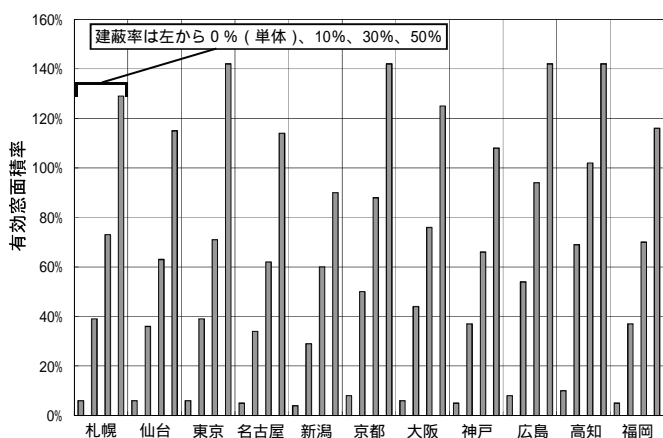


図 16 主要 11 都市における各建蔽率の有効窓面積率 (標準住宅モデル(戸建):Grade (有効換気回数 20 回/h)、2 F)

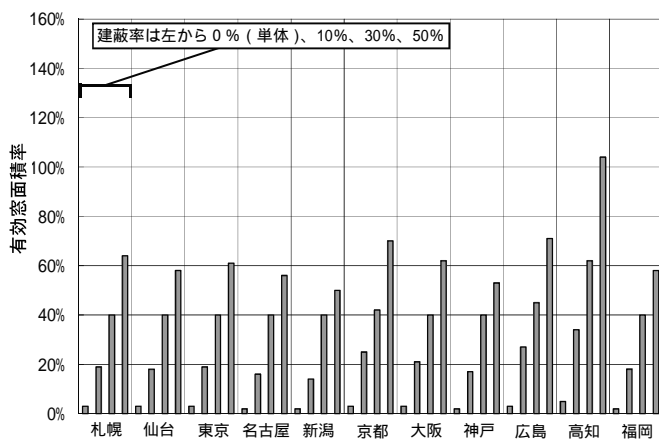


図 18 主要 11 都市における各建蔽率の有効窓面積率 (標準住宅モデル(戸建):Grade (有効換気回数 10 回/h)、2 F)

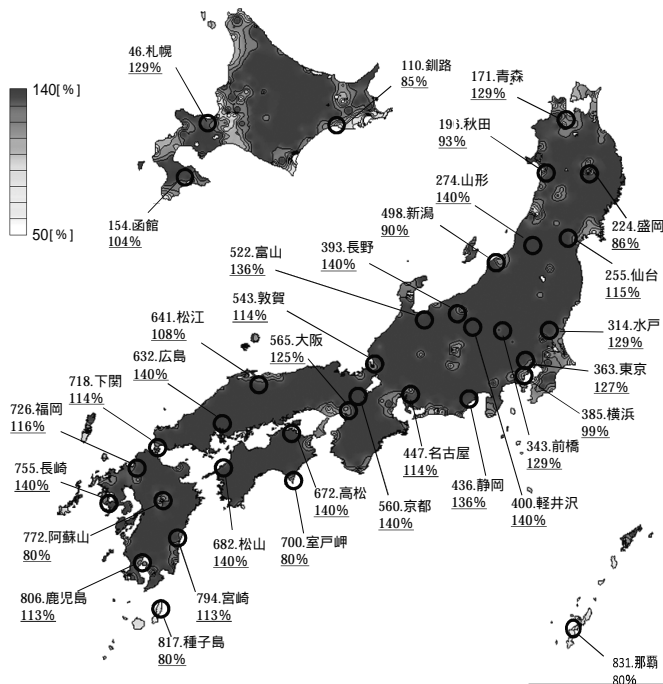


図 17 建蔽率 50%における有効窓面積率マップ (標準住宅モデル(戸建):Grade (有効換気回数 20 回/h)、2 F)

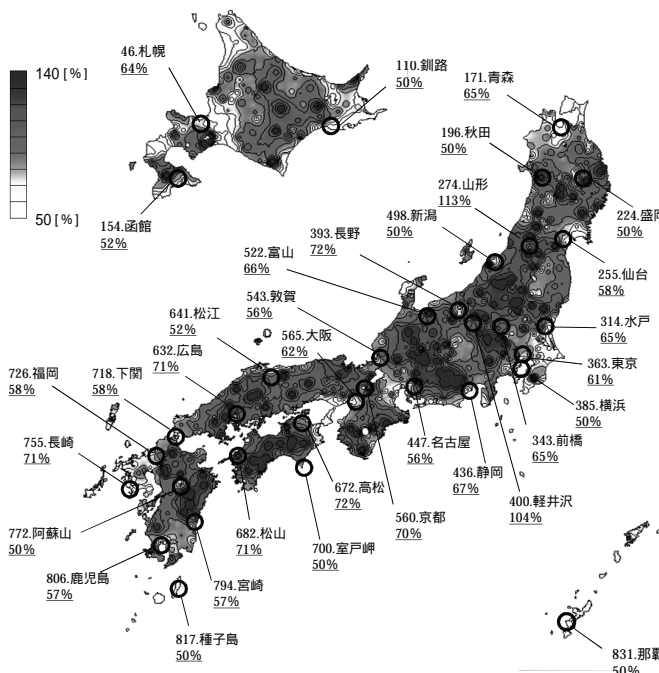


図 19 建蔽率 50%における有効窓面積率マップ (標準住宅モデル(戸建):Grade (有効換気回数 10 回/h)、2 F)

5.2 標準住宅モデル(戸建)

(1) 有効換気回数

通風による換気回数が多くなる程、室温は外気温に近づき、十分に室温が低下する換気回数は20回/hとなる。

②換気によって得られる平均室内外温度差を基に、今回対象とした建物モデルで室温と外気温の差が1℃未満、1℃、2℃、3℃、4℃以上となる換気回数20、10、4、2、0.5回/hを其々の有効換気回数として通風性能評価Grade①～Grade⑤の5段階に分類し、戸建住宅の通風性能を評価する。

(2) 有効窓面積率(Grade : 有効換気回数20回/h)

建蔽率50%では有効窓面積率が海沿いの地域で80～90%と低い傾向があるが、内陸部などの地域では140%を超える地域が多くなる。どの都市でも建蔽率が高くなる程、有効窓面積率は高くなる。

③建蔽率10%では有効窓面積率が30～50%程度と実現性のある値となるが、建蔽率30、50%では有効窓面積率は地域によって100%を超える。建蔽率50%では有効窓面積率が140%を超える地域が多く、実現性に乏しい値である。

(3) 有効窓面積率(Grade : 有効換気回数10回/h)

建蔽率50%では有効窓面積率は内陸部で70%程度と高く、海沿いの地域で50～60%程度と相対的に低い傾向がある。

通風性能評価Grade の場合と比較すると、有効窓面積率は実現性のある値となる。

5.3 単純戸建住宅モデルと標準住宅モデルの解析結果の比較

単純戸建住宅モデルと標準住宅モデルの2つの住宅モデル^{注3)}の解析結果は、本研究では窓面積率を変化させる際、間仕切り壁の開口面積を変化させていないため、標準住宅モデルは単純戸建住宅モデルと比べて間仕切り壁の開口部の影響により、有効窓面積率に2倍以上の差が生じている^{注13)}。

②通風量と間仕切り扉・窓開口部の位置、間仕切り開口部の面積、廊下の外壁にある開口部の影響については、今後検討し、次版以降で報告する予定である。

参考文献

- 1) 赤林・佐々木他：通風性能の定量的評価手法に関する研究，日本建築学会環境系論文集，No.568, pp.49-56, 2003.6
- 2) 赤林・坂口他：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, pp.1261-1266, 2008.11
- 3) 赤林伸一・村上周三他：周辺に建物群のある独立住宅の風圧分布に関する風洞実験及び換気量予測、住宅の換気通風に関する実験的研究 その1，日本建築学会計画系論文集，No.456, pp.9-16, 1994.2
- 4) 村上周三・加藤信介他：住宅の換気・通風に関する実験的研究 その2 風洞模型実験による検討結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学 pp.457-458, 1983.9
- 5) 村上周三・加藤信介・赤林伸一他：住宅の換気・通風に関する実験的研究 その8～10，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境工学，pp.547-552, 1990.9
- 6) 小橋史彦・倉淵隆・大場正昭他：通風時の建物内外気流構造を目的としたLES解析 風向0°，45°の場合のシミュレーション結果とその解析，空調調和・衛生工学会学術講演会論文集，pp.661-664, 2000.9

- 7) 澤地孝男・清田誠良他：住宅の通風設計及び性能評価に関する実模型実験 その9、その10，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2, pp.623-626, 2001.8
- 8) 赤林・坂口・細野・久保：戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究 その15～16，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2, pp.753-756, 2007
- 9) 赤林・坂口他：戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究 その17，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2, pp.699-700, 2008
- 10) 赤林・坂口他：戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究 その18～20，日本建築学会大会学術講演梗概集，D-2, pp.717-721, 2009
- 11) 赤坂裕・二宮秀與他：日本建築学会拡張アメダス気象データ，日本建築学会，1999.12

注

注1) 通風の有効利用に関する既往の研究事例としては参考文献1)～10)などがある。

注2) 非暖房期間：日平均気温が18℃を下回る期間を暖房期間とし、それ以外の期間を非暖房期間と定義する。

注3) 本研究では2種類の戸建住宅モデルを対象に解析を行っているが、「単純戸建住宅モデル」は従来の通風に関する研究(風洞実験など)で対象としている単純な戸建住宅モデルであり、「標準住宅モデル」は主に熱の分野の住宅モデルとして実績のある住宅モデルである。両モデルの使用した理由は、まず比較的単純な開口部、各階1室である単純戸建住宅モデルを対象としてロジックの構築を行い、次により実際の戸建住宅に近い標準住宅モデルで解析したためであり、両者の解析結果を示すことにより研究の有用性を明らかにしている。

注4) 本研究での建蔽率は、敷地面積に対する建築面積の割合でなく、道路の面積を含めたグロス建蔽率を用いている。

注5) 設定する換気回数は0.5回/h(窓閉鎖時) 2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、30、40回/h(年間一定)とする。

注6) 開口部風速比の算出式は以下の通りである。

$$c = \frac{\bar{U}}{V} [-] \dots(1)$$

C:開口部風速比 [-]

\bar{U} :開口面の直交方向の流速の平均値 [m/s]

V:軒高(6.5m)の基準風速(=3.0m/s) [m/s]

注7) SCHEDULE は空調調和衛生工学会「住宅の消費エネルギー計算委員会」によって作成されたものである。

注8) 日平均室内外温度差の解析では予備解析として単純戸建住宅モデル・建蔽率0%・窓面積率19%の窓開放時(実換気回数)と窓閉鎖時(換気回数0.5回/h)の室温に関する解析を行っている。新潟と東京の解析結果によると、日平均外気温が最高の日(新潟:7月23日、東京:7月25日)において窓開放時の室内外温度差は新潟、東京ともに1℃未満であり、このことから換気回数20回/h程度の通風量の場合、自然通風による排熱効果は地域による差は少ないと考えている。

注9) 日平均内外温度差が1℃未満となる換気回数を決定する際20回/hとした理由は、建築設計の実務上の有効数字や結果である室温低下効果を考慮し、決定した。

注10) 単純戸建住宅モデルの場合は建物～があるが、回帰式で殆ど差がないため、代表的なものとして建物～を示した。

注11) 建物単体と建物の周囲を建物が取り囲む場合では通風量は大きく変わる。建蔽率と通風量の関係については参考文献1)で報告している。

注12) 標準住宅モデル(戸建)の場合は建蔽率10、30、50%があるが、数値解析領域メッシュを各建蔽率に合わせて境界条件を周遊させているため、建物は1戸しかないので、回帰式も各建蔽率・各風向で1つしかない。

注13) 単純戸建住宅モデル及び標準住宅モデルの解析結果の使い分けとしては、住宅設計資料としては実際の住宅に近い標準住宅モデルの結果(有効窓面積率)を利用し、住宅の窓面積に配慮した設計を行うことができる。また、通風のメカニズムに関する研究では、以前から単純戸建住宅モデルの結果も多く示されていることから、単純戸建住宅モデルの結果も通風に関する基礎的研究において有益なデータであると考えている。