

戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究

一通風性能の簡易・定量的評価方法に関する研究一



新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻
社会基盤・建築学コース(建築系)

有波裕貴
赤林伸一教授

指導教員

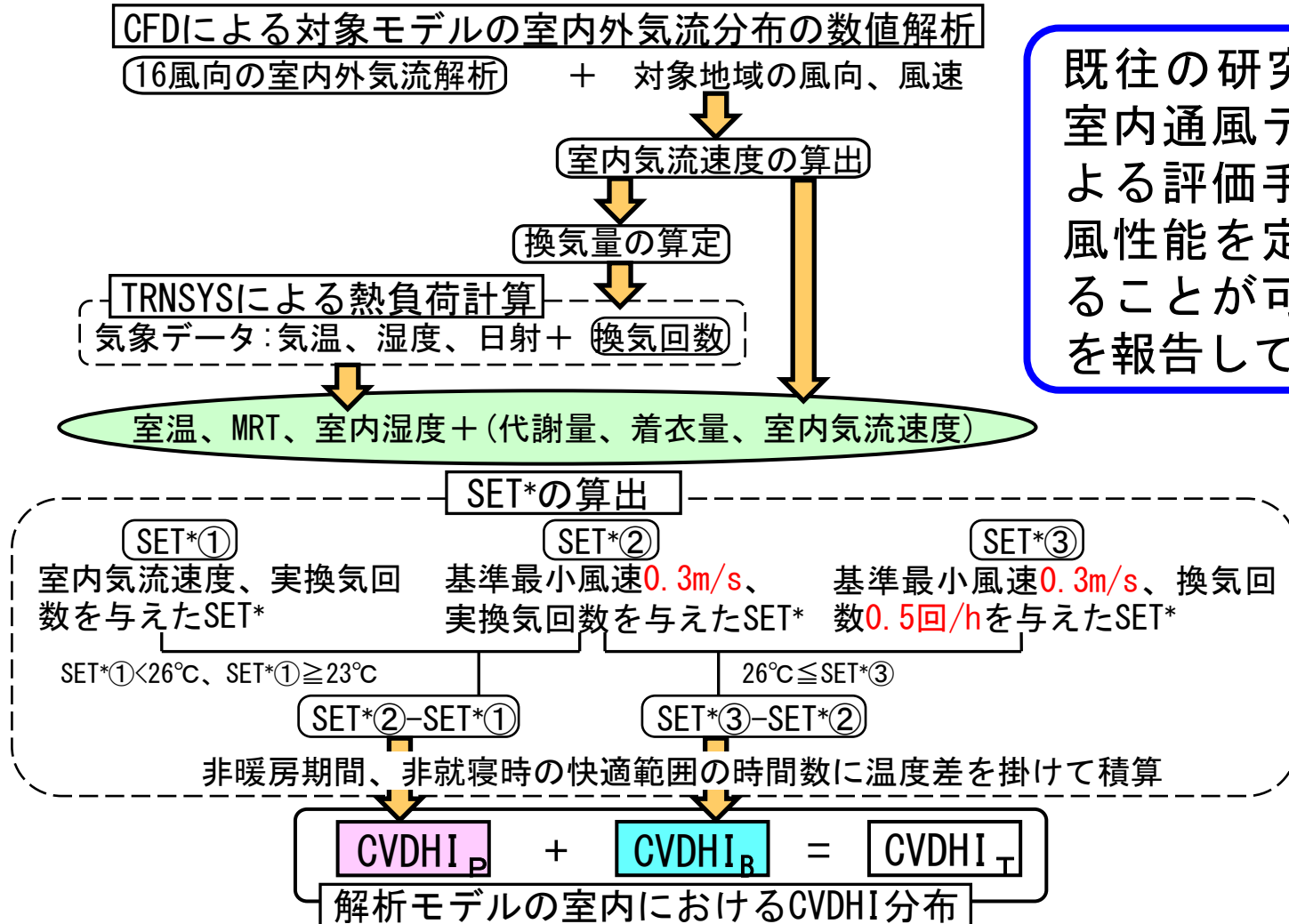
1 研究目的

1 研究目的

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・評価は重要であると考えられる。自然エネルギーの有効利用法の1つである通風の利用は、室内居住環境を改善させることが可能であり、冷房の使用率を低下させ、冷房用エネルギーの削減が期待されるため、今後の積極的な利用が望まれる。

住宅の通風性能は、住宅の間取りや開口条件以外に地域の風向・風速、建蔽率などの住宅周辺の条件等により大きく異なり、定量的に評価することが極めて困難である。しかし、風通しや陽当たりの良さは住宅の性能として重要であり、このため特に通風性能を簡易・定量的に評価することは必要不可欠な課題となっている。

1 研究目的



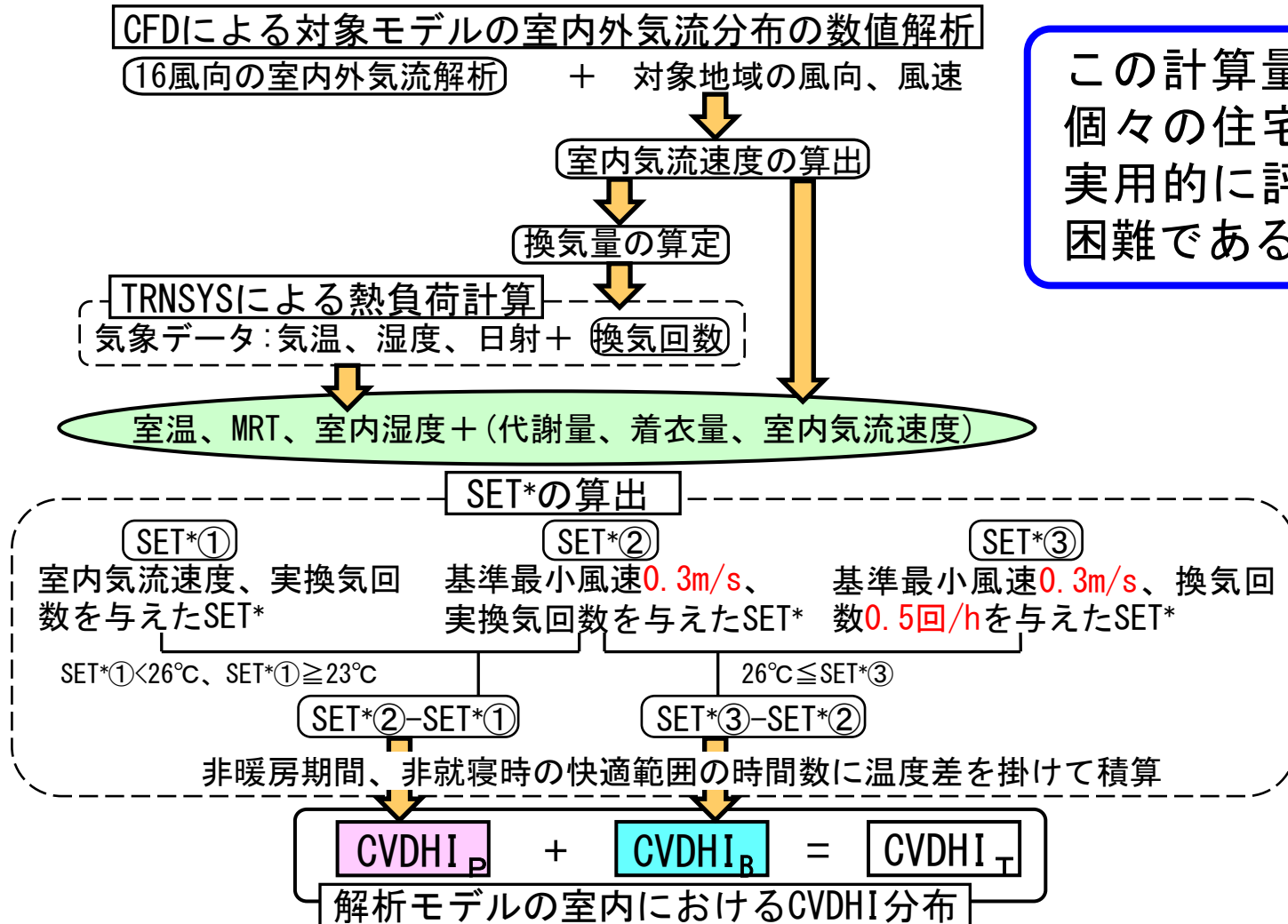
既往の研究^{文1~4)}では、室内通風デグリアワーによる評価手法を用いて通風性能を定量的に評価することが可能であることを報告している。

※ CVDHI_P: 通風によって生じる可感気流による体感温度低下の効果

CVDHI_B: 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

図1 室内通風デグリアワー(Cross Ventilation Degree Hour of Inside Area)の算出フロー

1 研究目的



この計算量は膨大であり、個々の住宅の通風性能を実用的に評価することは困難である。

※ $CVDHI_P$: 通風によって生じる可感気流による体感温度低下の効果

$CVDHI_B$: 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

図1 室内通風デグリアワー(Cross Ventilation Degree Hour of Inside Area)の算出フロー

1 研究目的

本研究では、実在の戸建住宅の平面計画を通風経路に着目して類型化を行い、外壁の開口条件と間仕切り壁による室同士の接続状況を考察することで、通風性能をより簡易に評価する通風性能簡易評価モデルを作成する。

このモデルを対象としてCFD解析を行い、窓面積率(窓面積/床面積)を変化させて実換気回数を算出する。十分な室温低下効果を得るために必要な換気回数(有効換気回数)を満たす最小の窓面積率(有効窓面積率)を検討し、開口条件と通風性能の関係を明らかにする。又、外部風向が変化する場合における通風量の変化による各室の室温の相違を比較・検討し、室温と通風量の関係を明らかにする。

更に、解析対象モデルの建蔽率を変化させてCFD解析を行い、全国842地域を対象に有効窓面積率を算出し、戸建住宅における通風性能の簡易・定量的な評価方法を提案することを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象

対象とする戸建住宅の平面計画は大手ハウスメーカー7社が各社のホームページ※²上に公開している平面計画8戸、ハウジング新潟^{文5)}に掲載されている平面計画50戸の計58戸(2階建て56戸、1階建て2戸)とする。各平面計画を通風経路に着目して各階毎に分類し、モデル化を行うことで通風性能簡易評価モデルを作成する。

※2 大和ハウス工業 <http://www.daiwahouse.co.jp/>
積水ハウス <http://www.sekisuihouse.co.jp/>
住友林業 <http://sfc.jp/>
セキスイハイム <http://www.sekisuiheim.com/>
ミサワホーム http://www.misawa.co.jp/index_h.html
旭化成ホームズ <http://www.asahi-kasei.co.jp/j-koho/index.html/>
パナホーム <http://www.panahome.jp/>

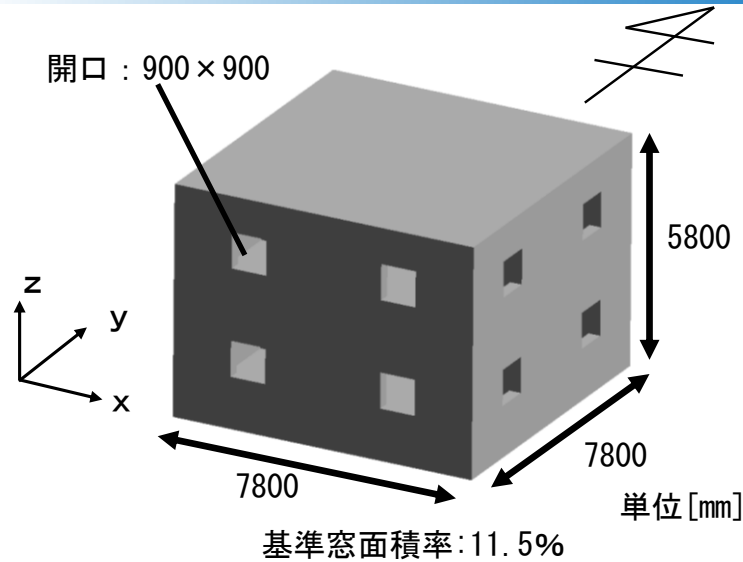
文5) 新潟日報社 ハウジング新潟2000、2001、2002、2003、2011

2.2 通風経路のモデル化

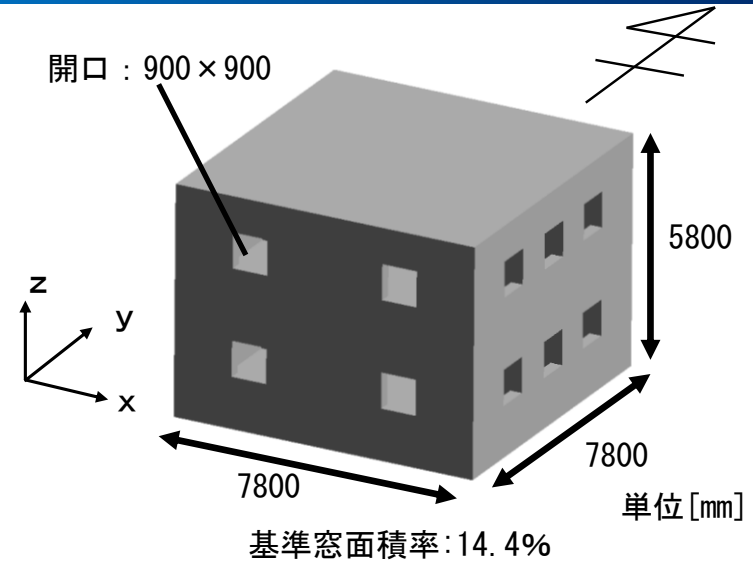
実在住宅の平面計画は、風上側から風下側の室まで通気輪道が形成される際に、間仕切り壁や外壁の開口条件など通風経路上で相対的に大きな抵抗となる要素が存在する。本研究ではこの点に着目して類型化を行う。

但し、トイレや浴室等の水回りは湿気や汚染物質、臭気などを拡散させないために通風時には扉を閉めると考え除外する。

2.3 解析条件

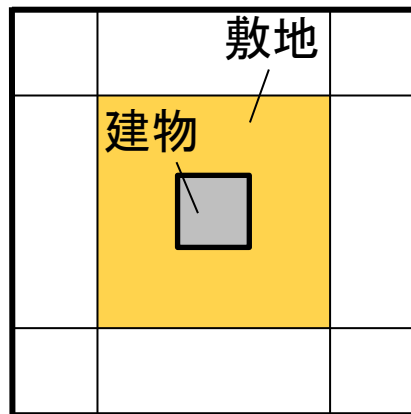


(1) プランA、B、C外観

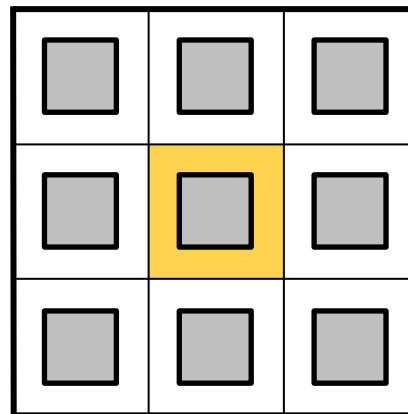


(2) プランD、E外観

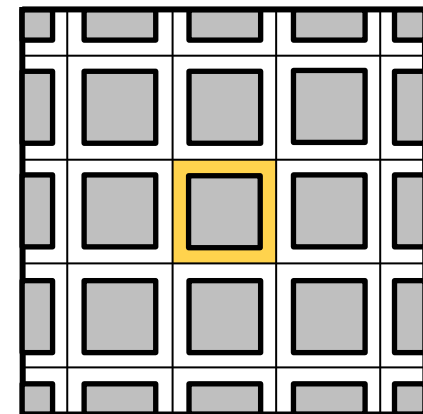
図2 解析対象モデル



(1) 建蔽率10%



(2) 建蔽率30%



(3) 建蔽率50%

図3 街区モデルの概要

2.5 換気回数による通風性能評価

換気回数による通風性能評価^{文6)}に基づき、自然通風による排熱効果によって各階の平均室内外温度差が 1°C 未満となるGrade①を対象とし、有効換気回数は20回/hとする。

表 換気回数による通風性能評価

	一定の開口面積により得られる換気回数と平均室内外温度差	
Grade①	換気回数20回/h、平均室内外温度差 1°C 未満	良
Grade②	換気回数10回/h、平均室内外温度差 1°C	
Grade③	換気回数4回/h、平均室内外温度差 2°C	通風性能
Grade④	換気回数2回/h、平均室内外温度差 3°C	
Grade⑤	換気回数0.5回/h、平均室内外温度差 4°C 以上	悪

文6) 赤林・坂口・有波・佐藤 「戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究 その23～24」
日本建築学会大会学術講演梗概集、2011年

2.8 各窓面積率における実換気回数算出

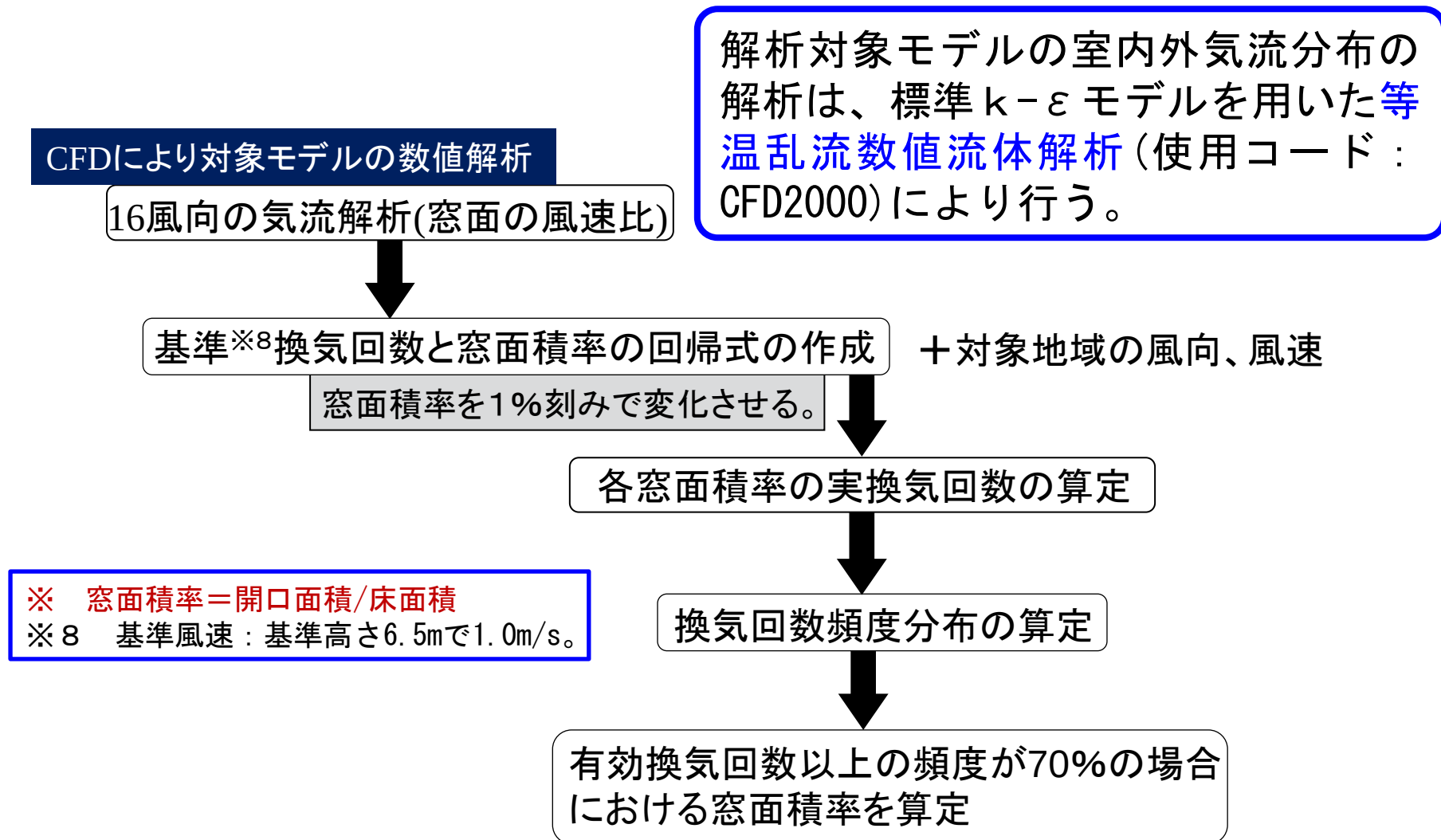


図 有効窓面積率の算出フロー

2.8 各窓面積率における実換気回数の算出

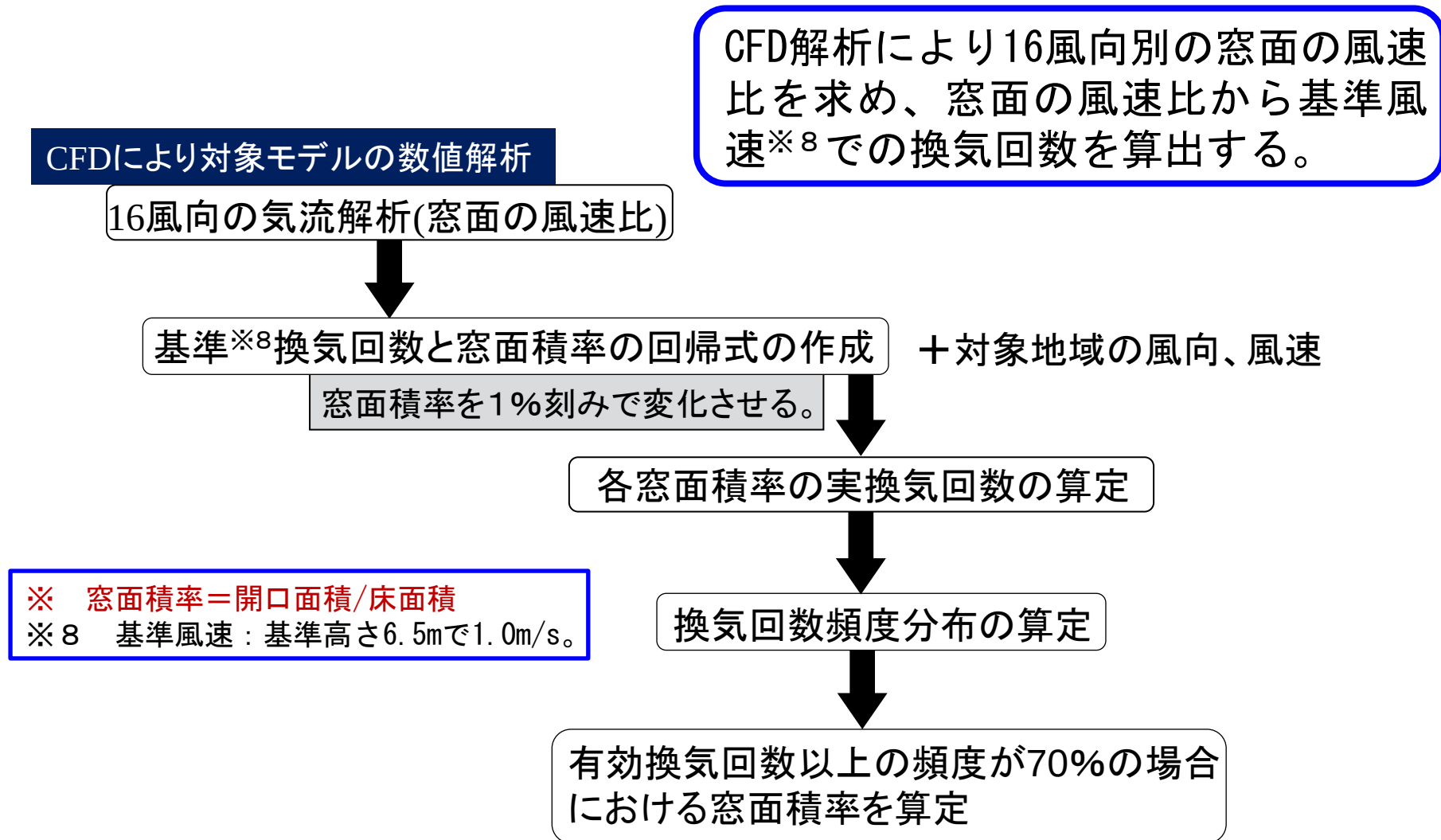


図 有効窓面積率の算出フロー

2.8 各窓面積率における実換気回数算出

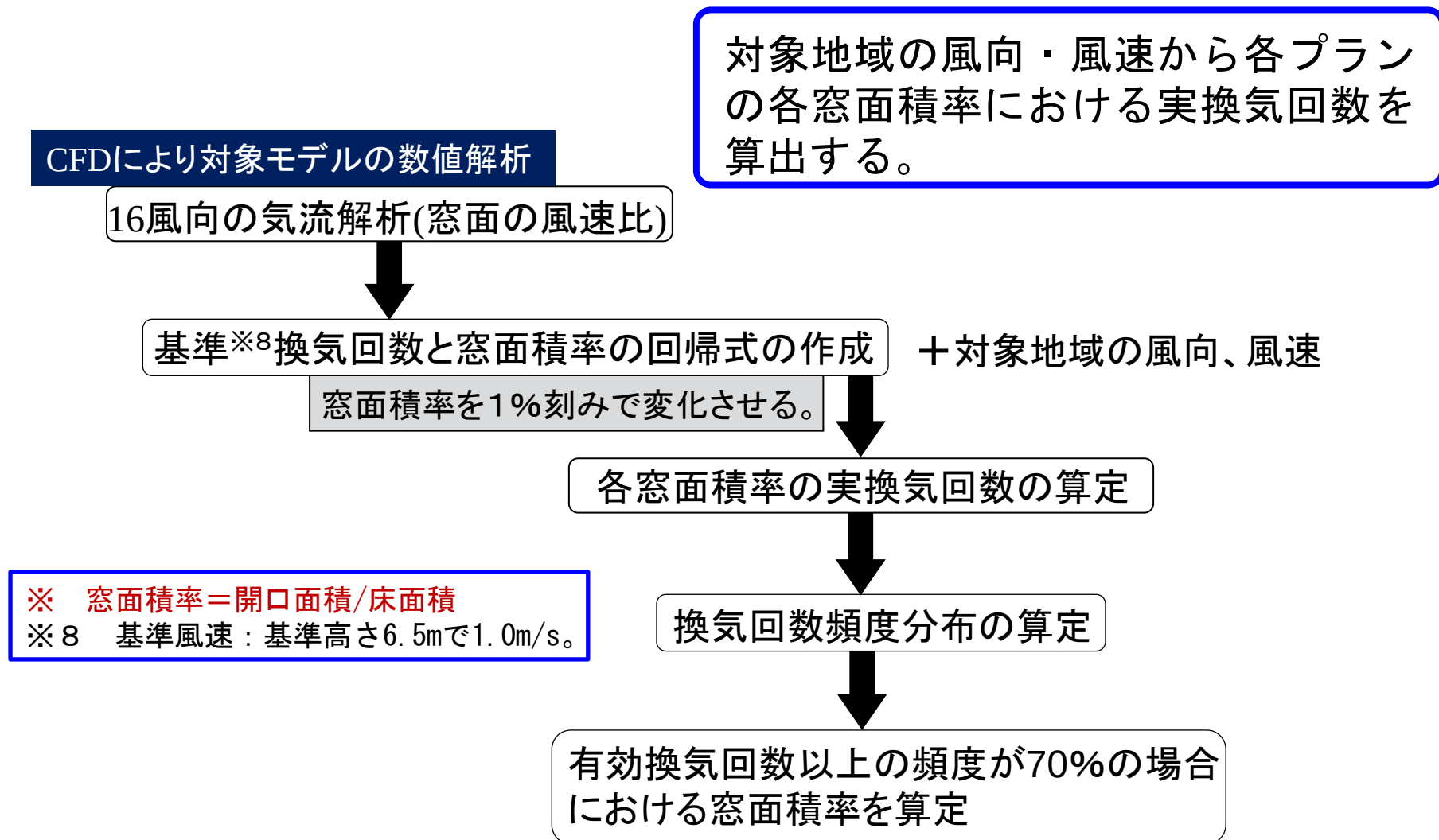


図 有効窓面積率の算出フロー

2.9 有効窓面積率

各地域の非暖房期間における無風の相対頻度は1割から2割までが最も高く、2割以下では全国842地域に対する累積頻度は70%程度、3割以下では80%を超える。

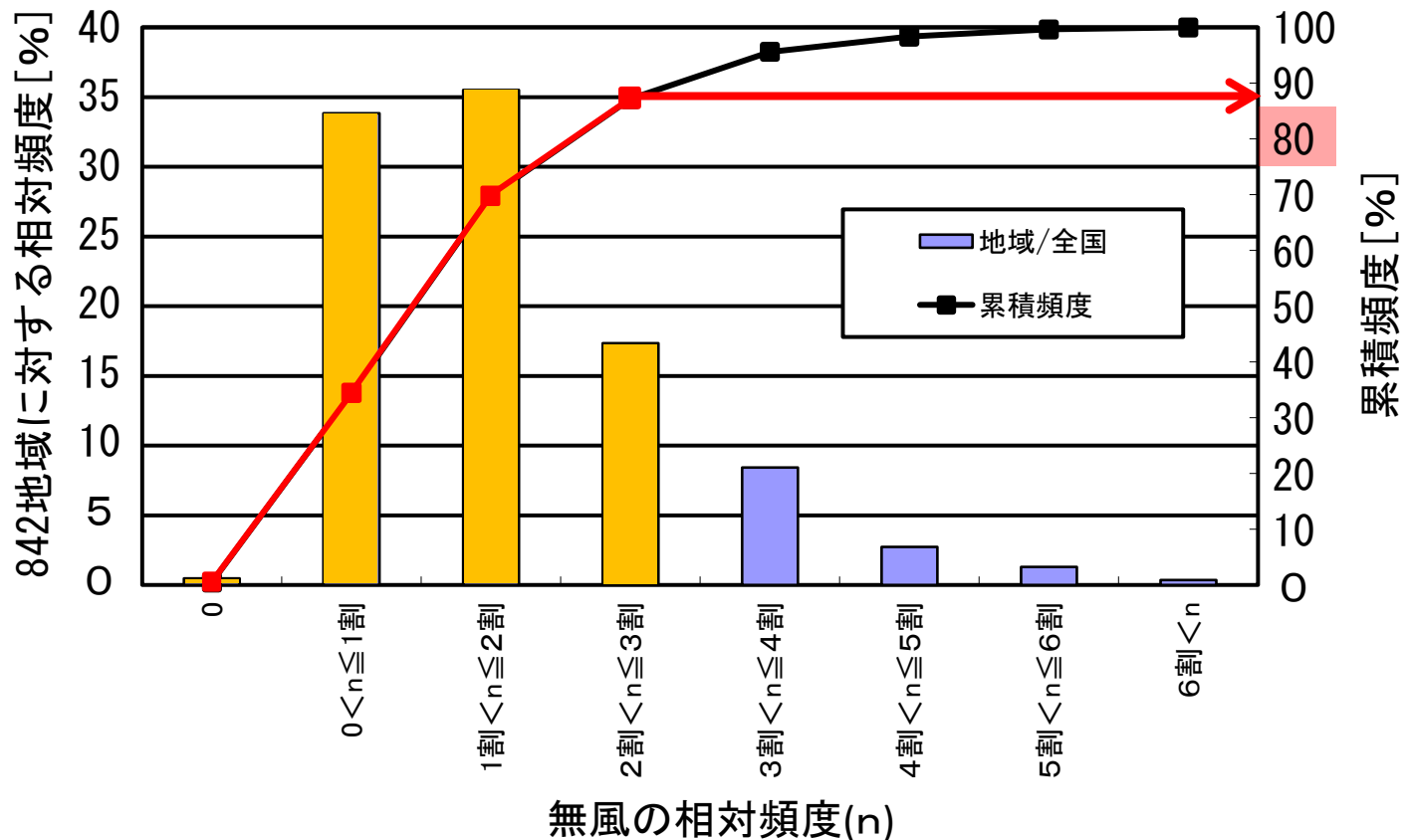


図5 非暖房期間における全国の外部風が無風の頻度分布

2.9 有効窓面積率

無風の場合、換気回数と窓面積率は比例しないので、有効換気回数以上の相対頻度が7割以上の時に通風による室温低下効果が十分に得られると考えられる。

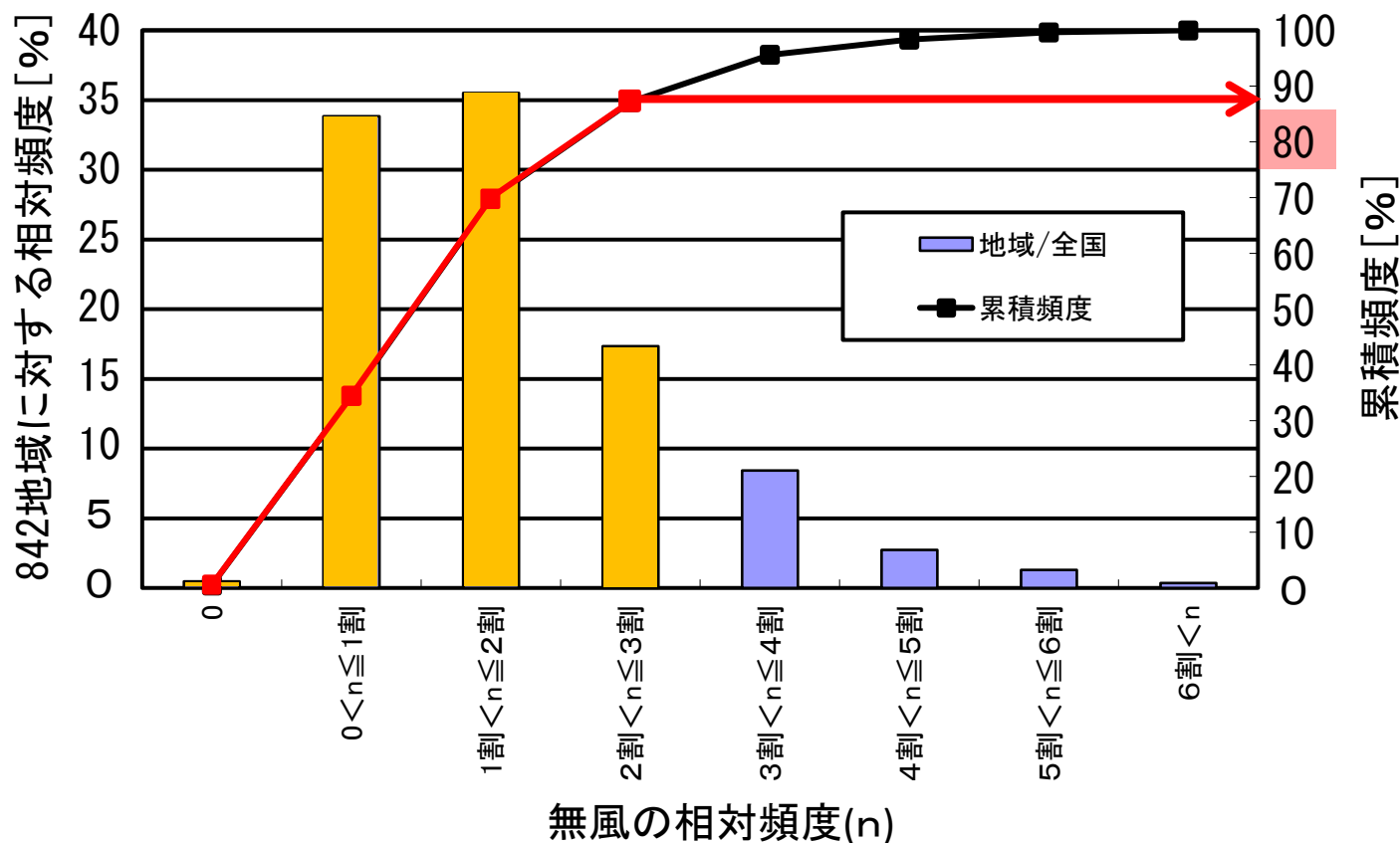


図5 非暖房期間における全国の外部風が無風の頻度分布

2.9 有効窓面積率

この効果が得られる**最小の窓面積率**を換気回数による通風性能評価Grade①(有効換気回数20回/h)を満たす**有効窓面積率**とし、全国842地域で算出する。

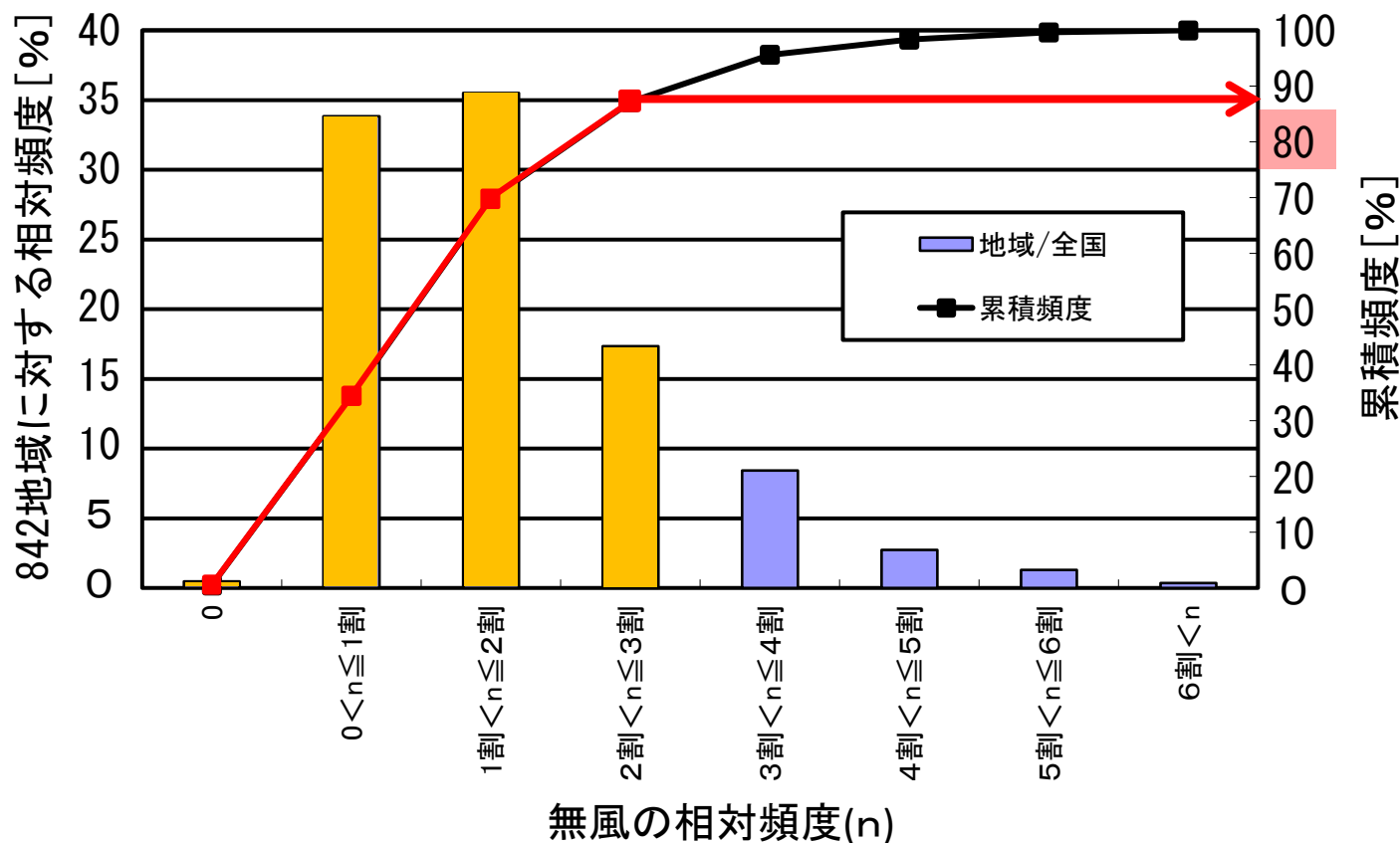


図5 非暖房期間における全国の外部風が無風の頻度分布

3 通風性能簡易評価モデルの作成



3.1 通風経路による実在平面計画のモデル化

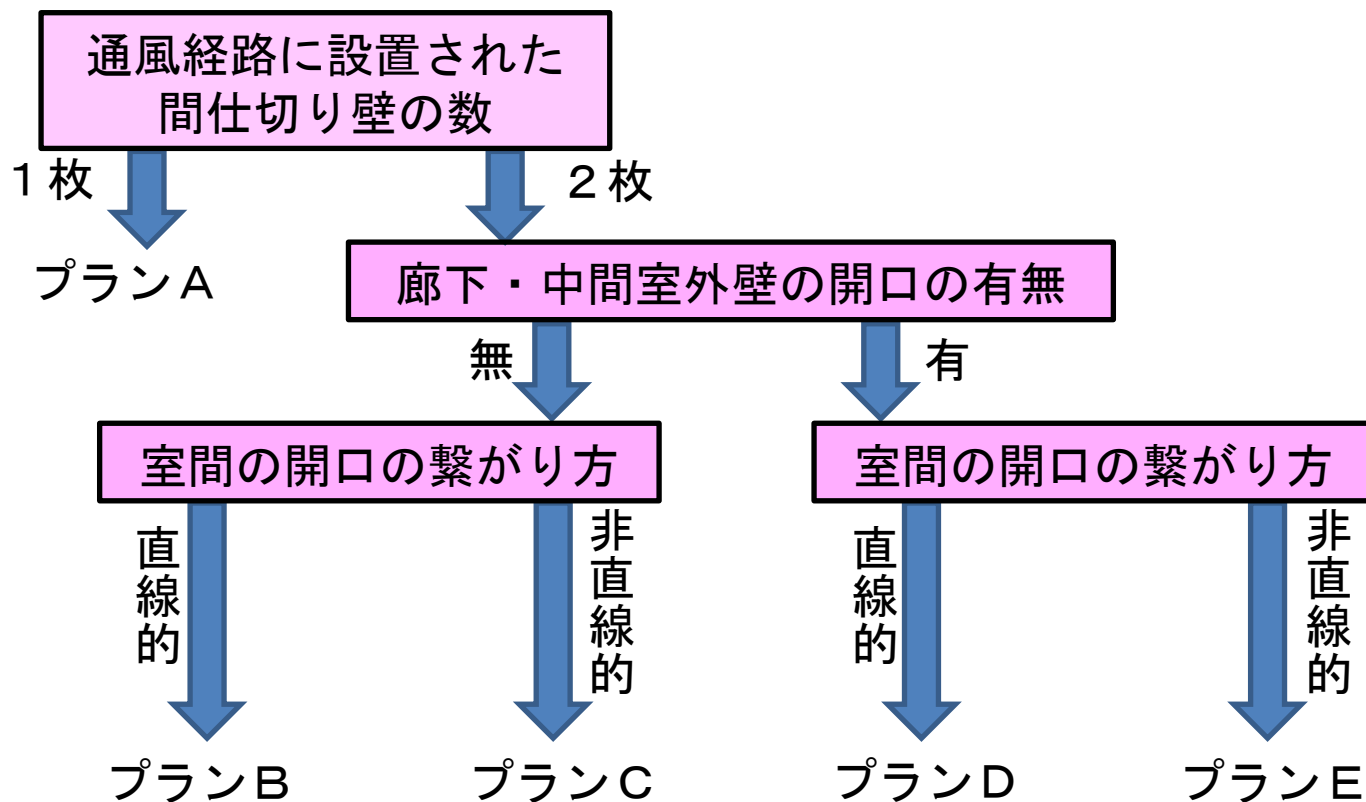
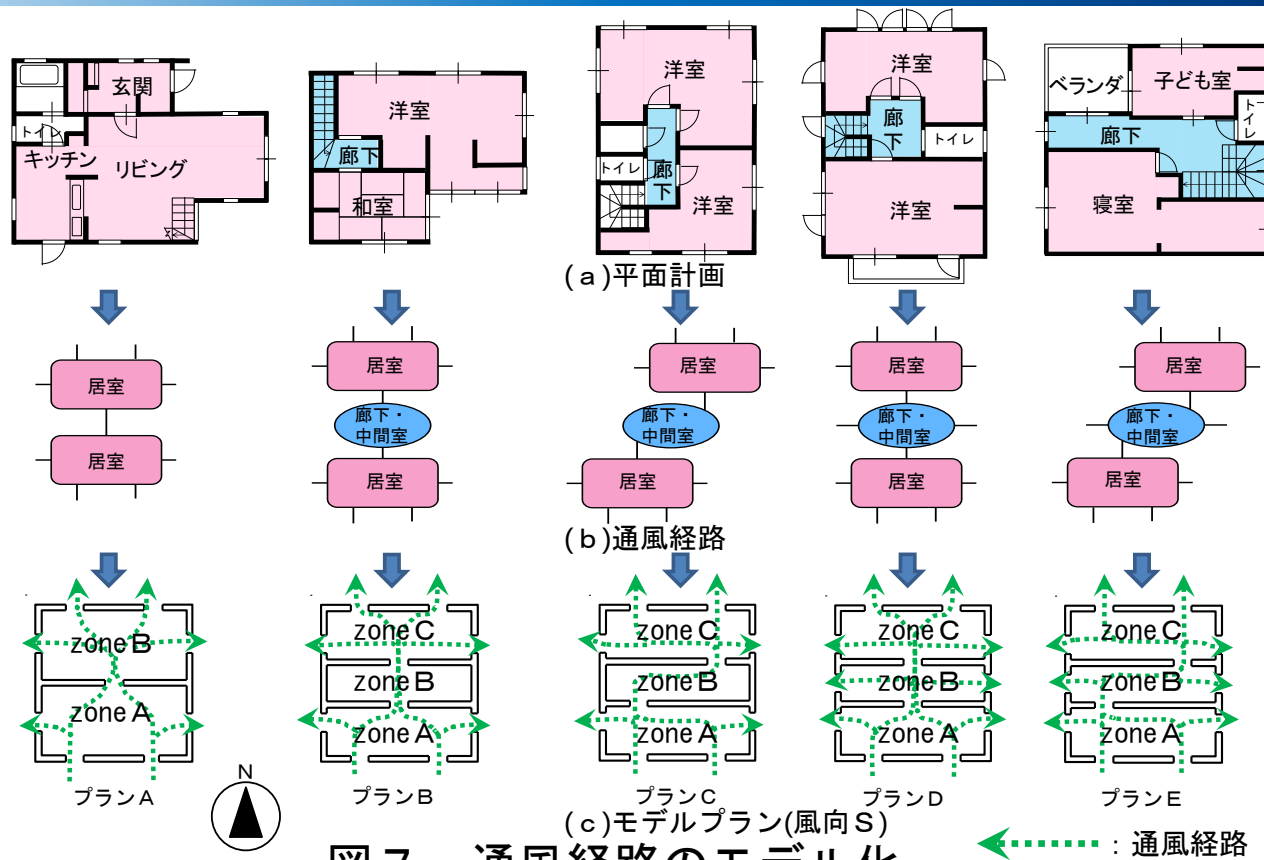


図6 住宅平面計画の分類フロー

平面計画は各階において通風性能に影響を及ぼす間仕切り壁の数、中間室外壁の開口の有無、空間の開口の繋がり方の3要素において類型化を行う。

3.1 通風経路による実在平面計画のモデル化



平面計画はプランAからプランEの5つと通風に影響を及ぼす間仕切り壁が存在しないパターン(単純住宅モデル^{文6)})の計6つに分類することが可能と考えられる。

文6) 赤林・坂口・川崎・窪田「戸建住宅を対象とした通風性能評価に関する研究その21、22」日本建築学会大会学術講演梗概集、2010年

3.3 通風性能簡易評価モデル

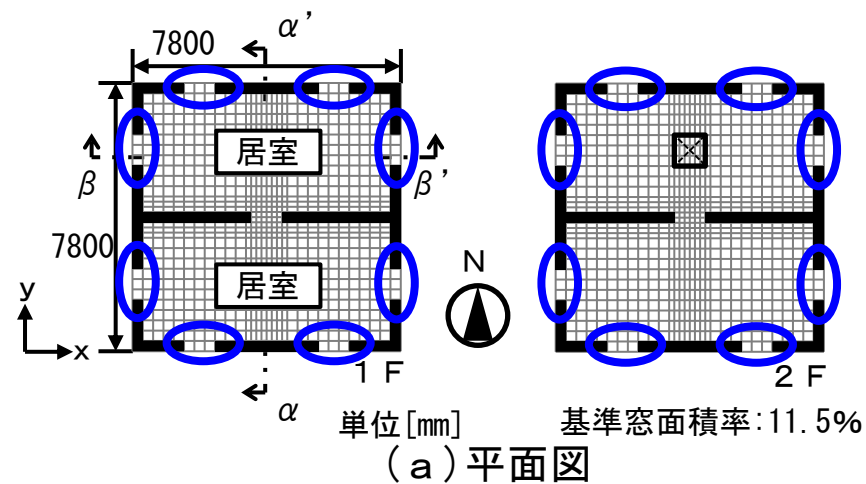


図 通風性能簡易評価モデル(プランA)

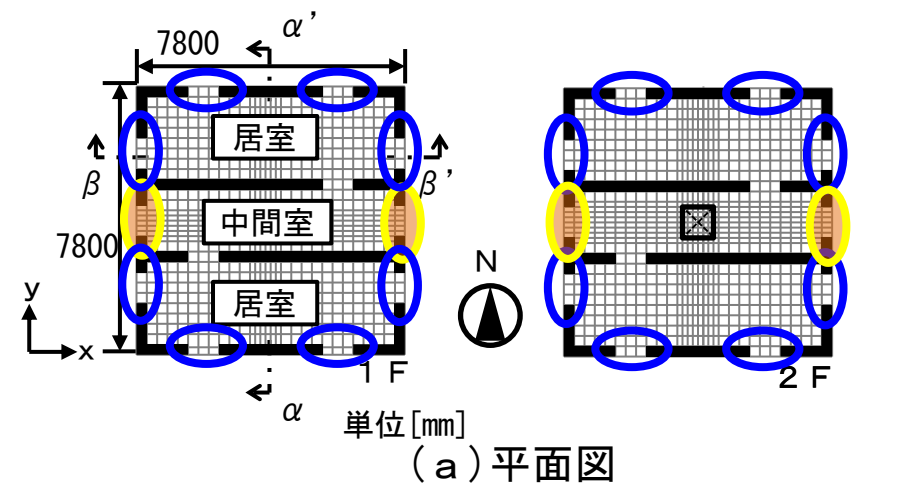


図 9 通風性能簡易評価モデル(プランE)

外壁の開口は一般的な窓の開放面積である 0.81m^2 ($900\text{mm} \times 900\text{mm}$) を基準として各室に4箇所ずつ、プランD、Eでは中間室に2箇所ずつ設ける。

3.3 通風性能簡易評価モデル

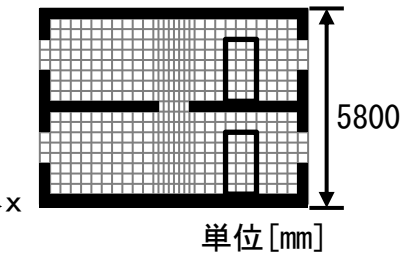
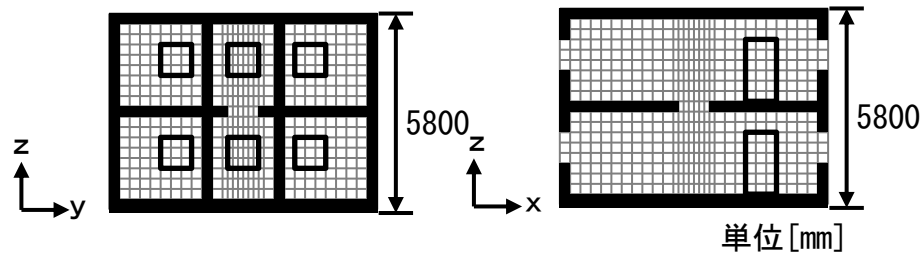
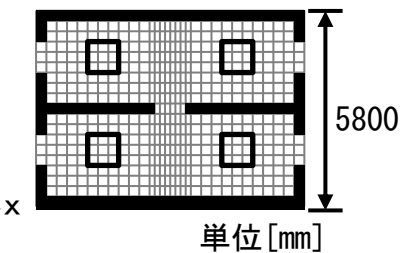
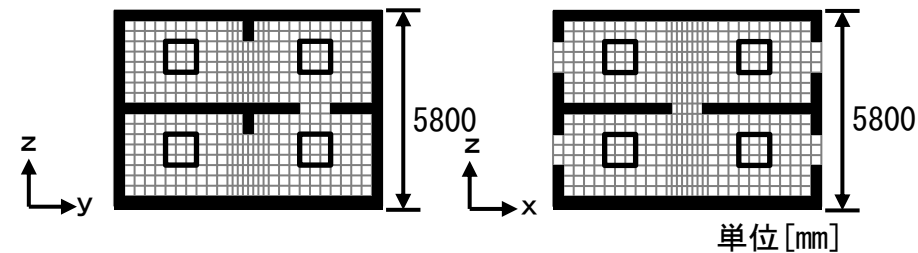
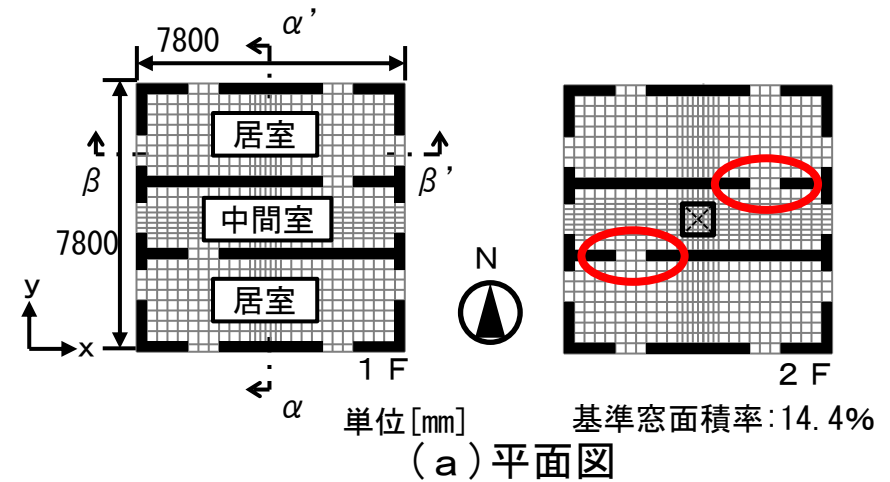
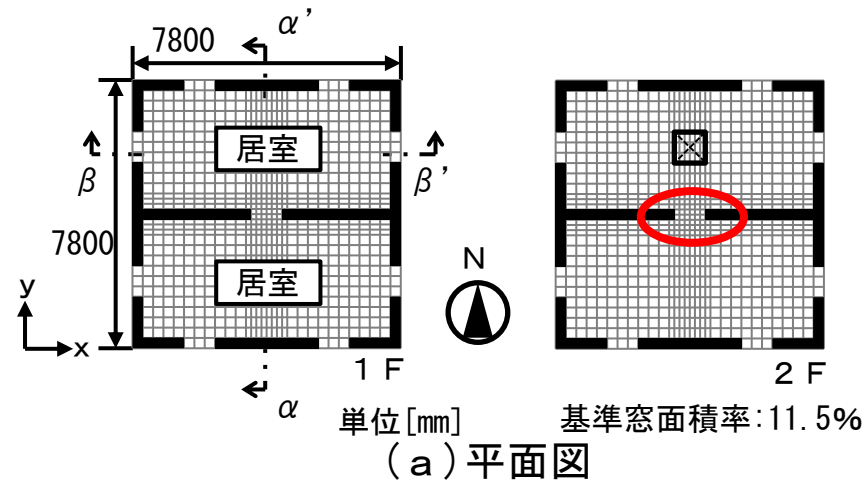


図 通風性能簡易評価モデル(プランA)

図9 通風性能簡易評価モデル(プランE)

間仕切り壁の開口面積は 1.62m^2 ($900\text{mm} \times 1800\text{mm}$) とし、プランA、B、Dは間仕切り壁中央部に、プランC、Eは外壁から 1200mm 内側に設ける。

■ 4 建蔽率 0 % (単体) を対象とした解析結果

4.1 換気回数と窓面積率の関係

どのプランでも窓面積率に比例して、換気回数は増加する。

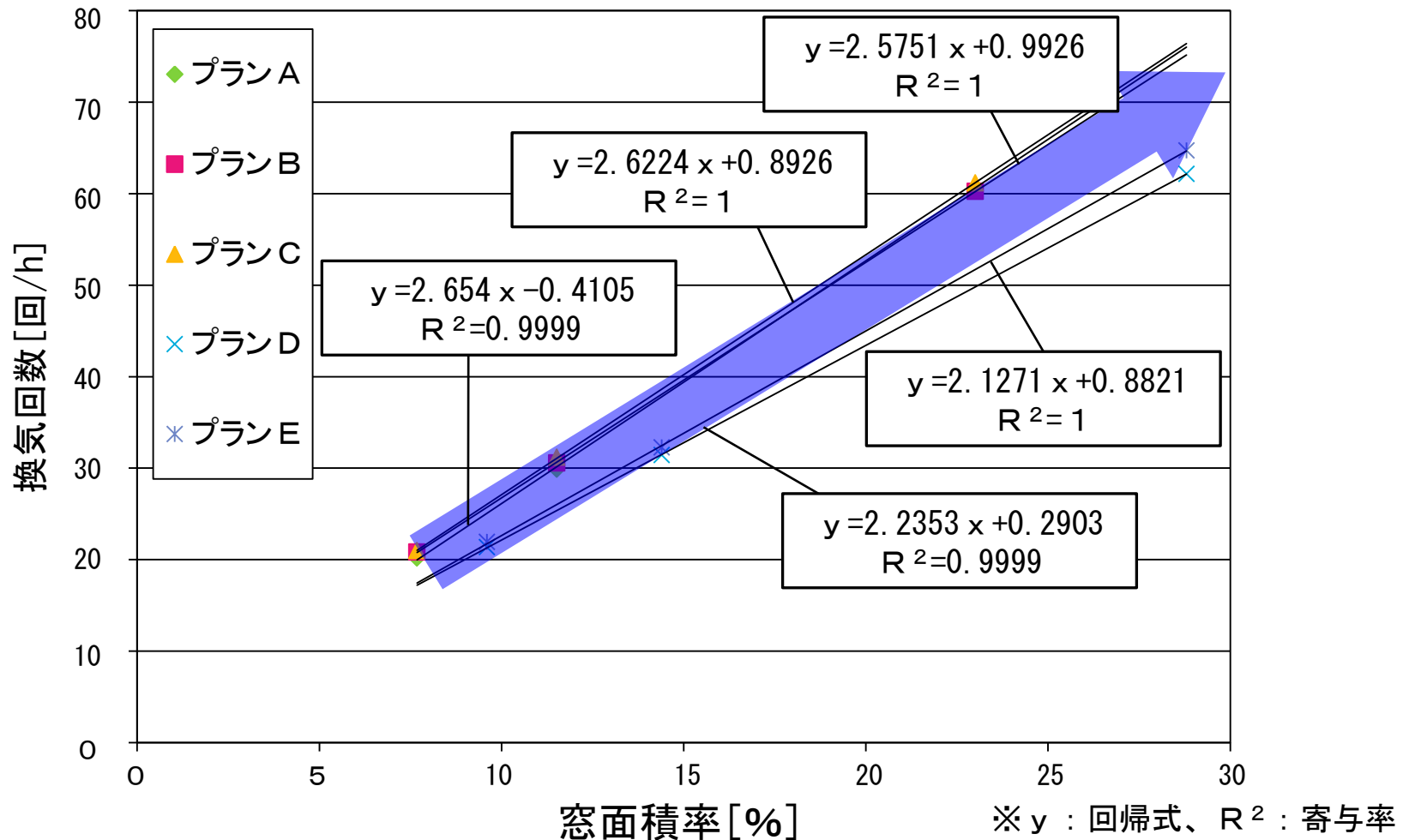
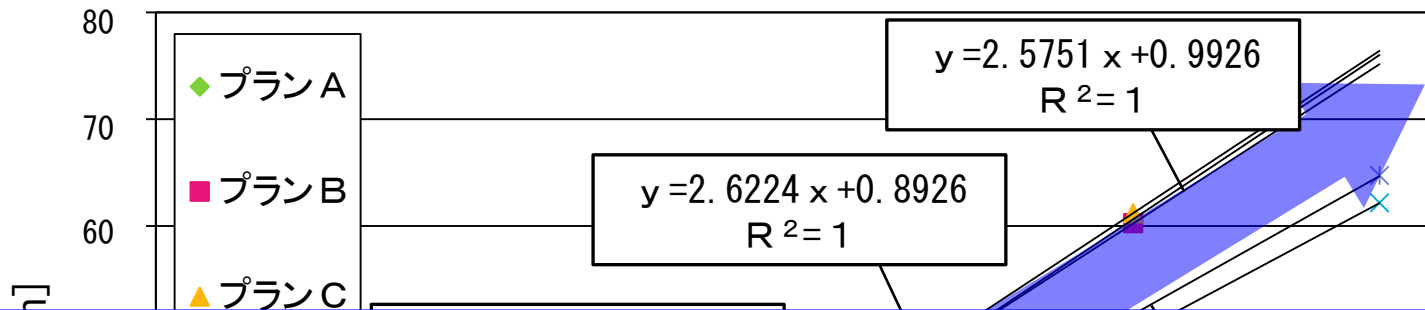


図10 換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率（建蔽率0%、風向S、2F）

4.1 換気回数と窓面積率の関係

どのプランでも窓面積率に比例して、換気回数は増加する。



この回帰式を用いて窓面積率を1%刻みで変化させて全国842地域における有効窓面積率の分布を求める。

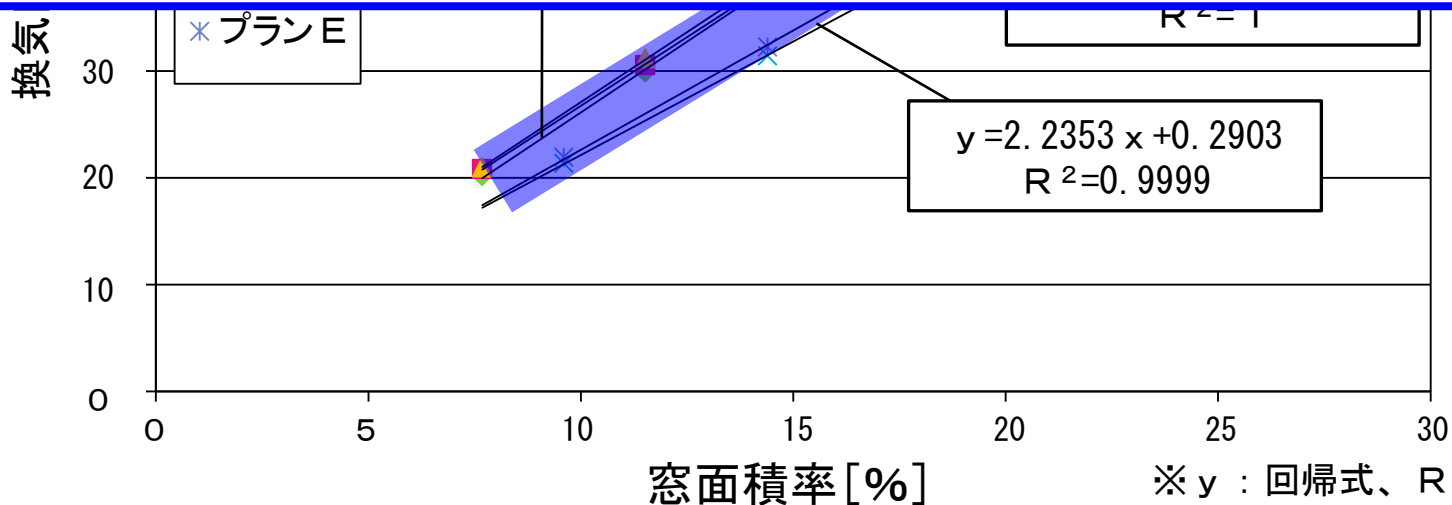


図10 換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率（建蔽率0%、風向S、2F）

4.4 有効窓面積率マップ

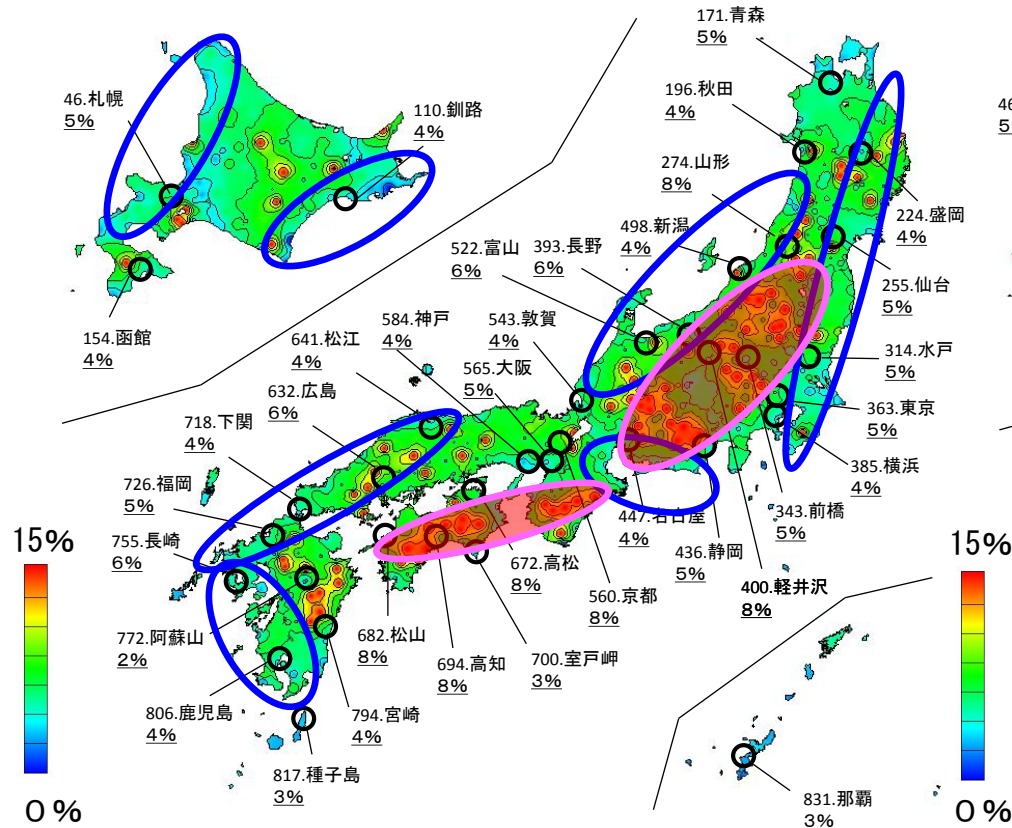


図14 プランAにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

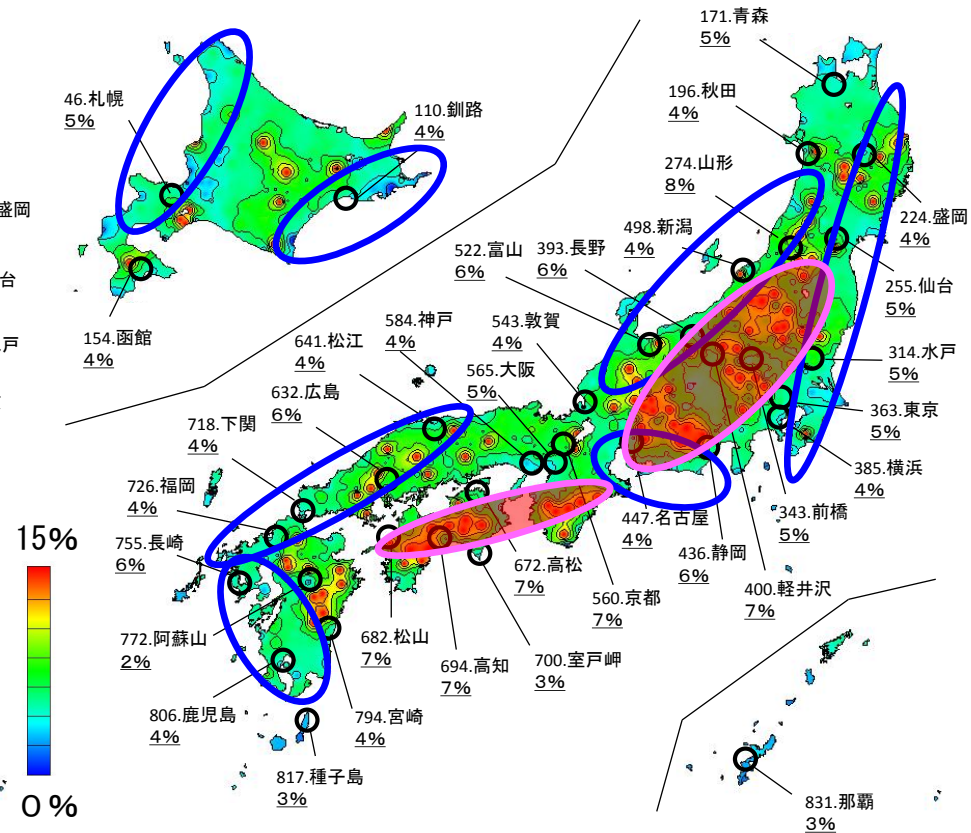


図15 プランEにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

有効窓面積率は、風速の速い海沿いの地域では低く、風速の遅い内陸部は高い傾向がある。

4.4 有効窓面積率マップ

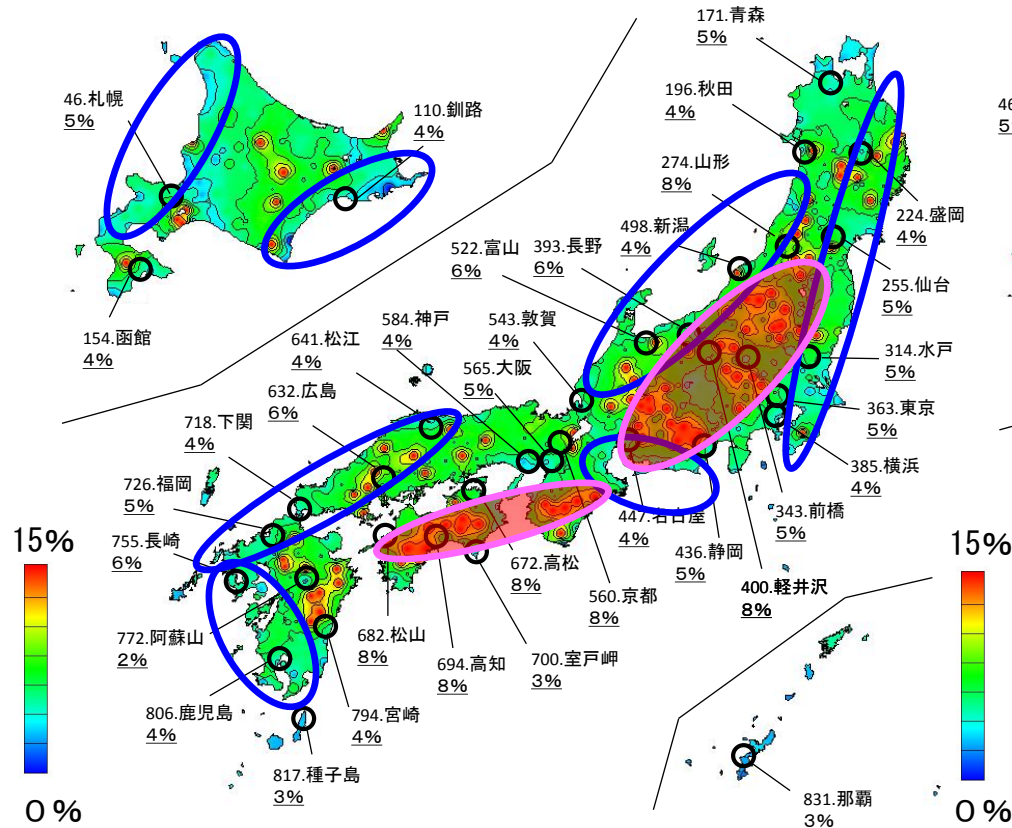


図14 プランAにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

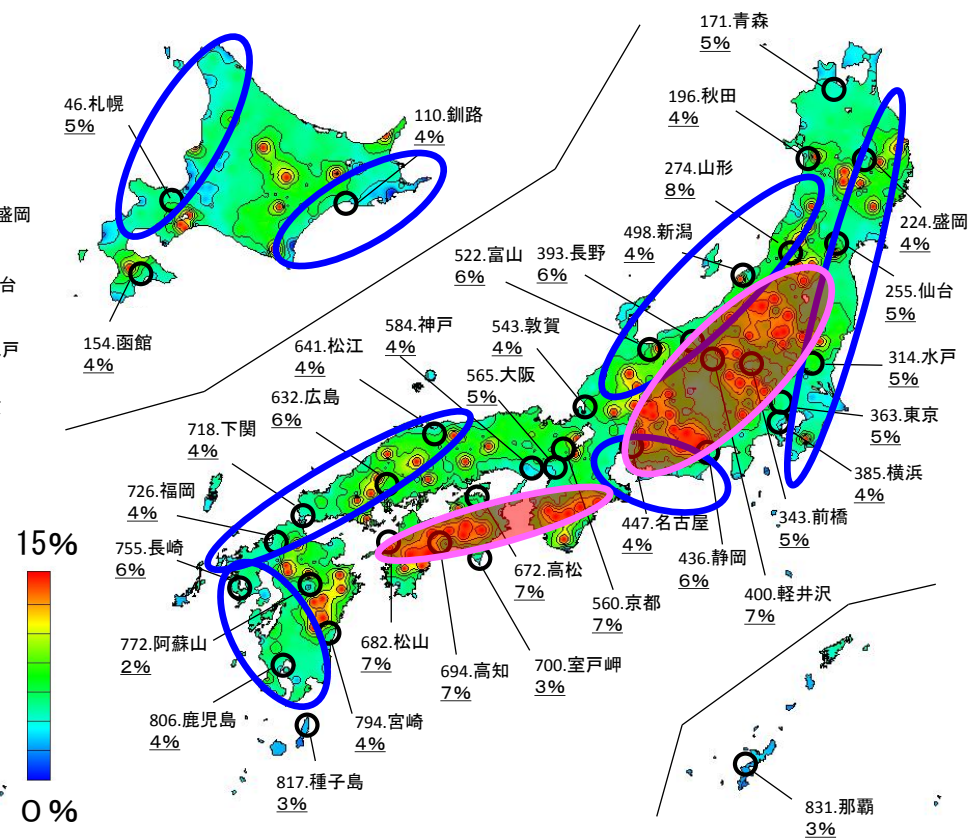


図15 プランEにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

プランAとEを比較すると、有効窓面積率の分布には殆ど変化が見られない。

4.4 有効窓面積率マップ

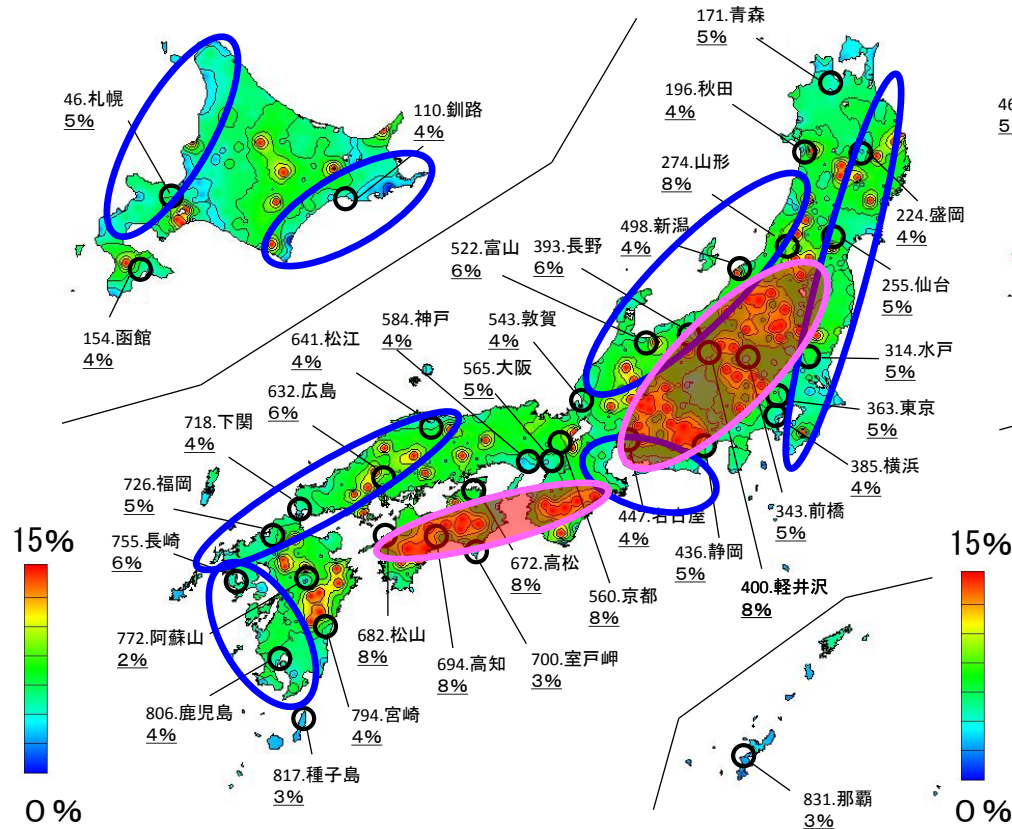


図14 プランAにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

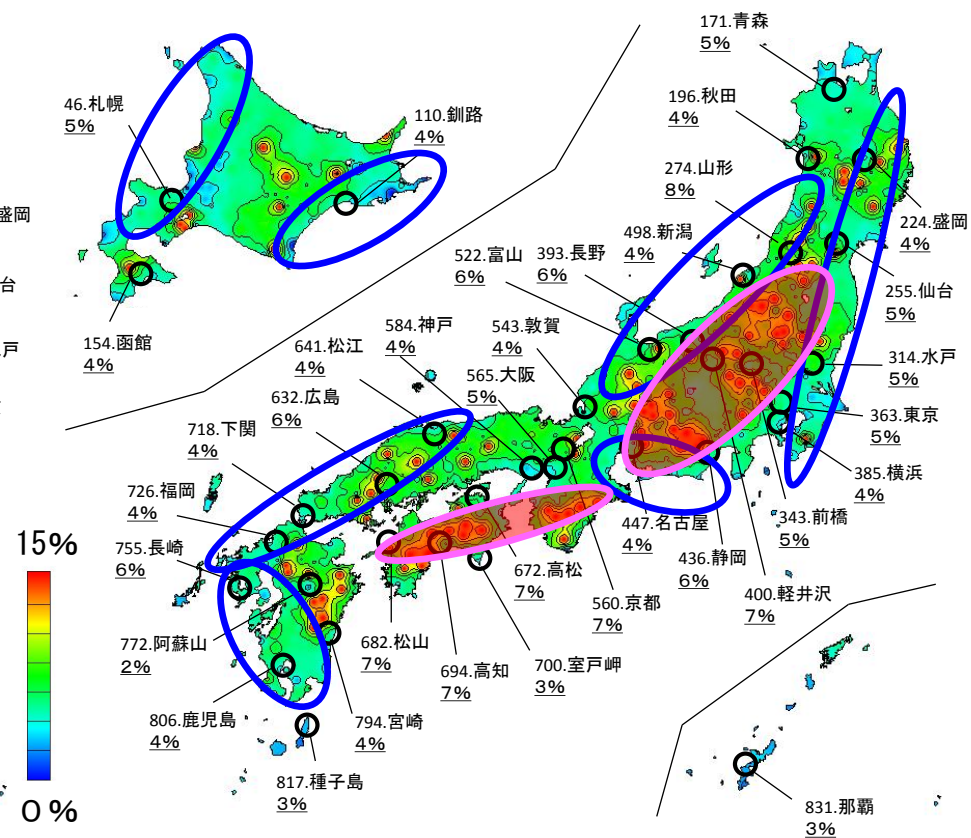


図15 プランEにおける有効窓面積率マップ(建蔽率0%(単体)、2F)

建蔽率0%(単体)モデルでは間仕切り壁や開口条件の違いによって通風性能は殆ど変化しないと考えられる。

■建蔽率10%、30%、50%を対象とした解析結果

5.1 換気回数と窓面積率の関係

換気回数は窓面積率に比例して増加する。

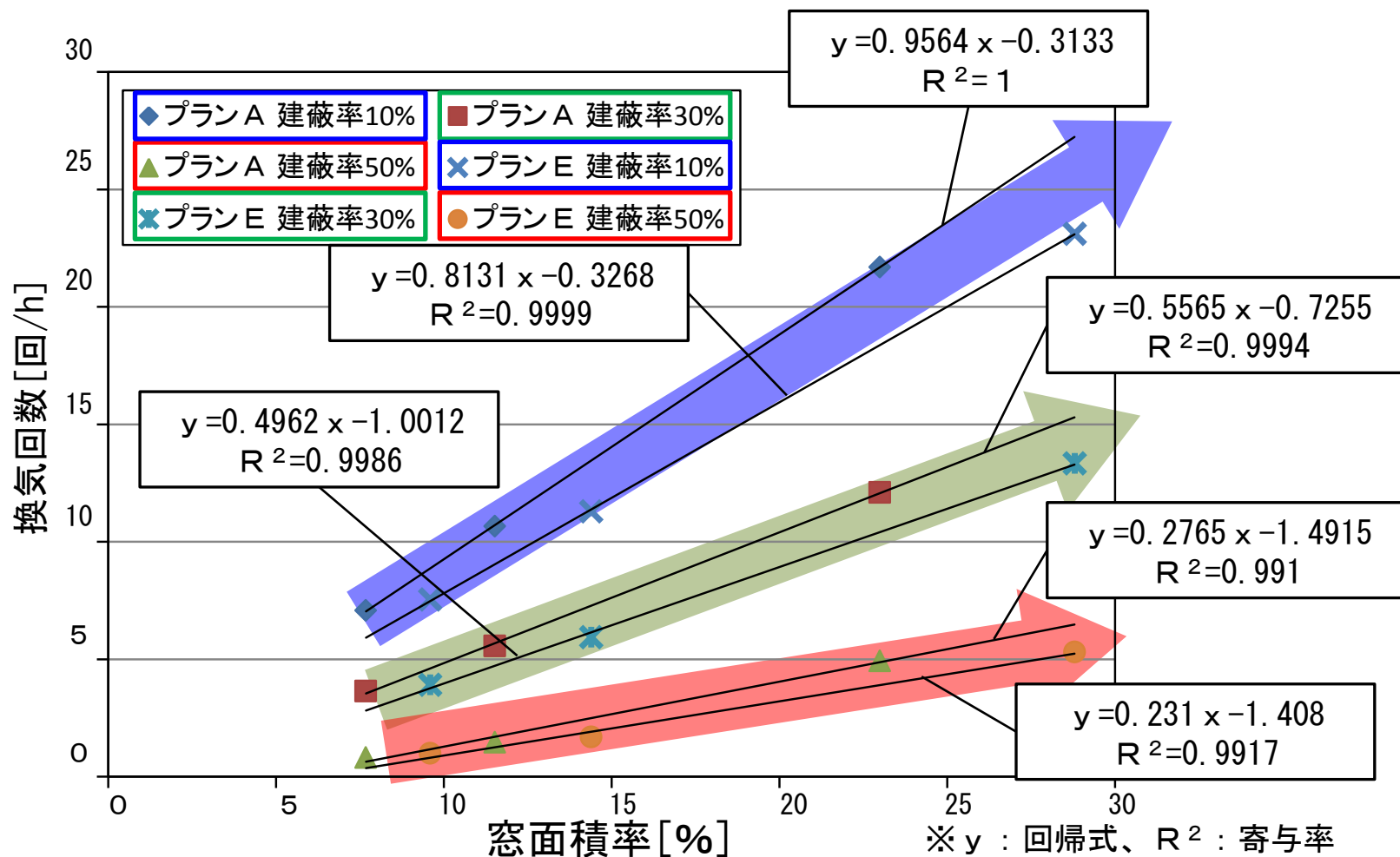


図16 換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率 (プランA・E、風向S、2F)

5.1 換気回数と窓面積率の関係

この回帰式を用いて全国842地域を対象に有効窓面積率を算出する。

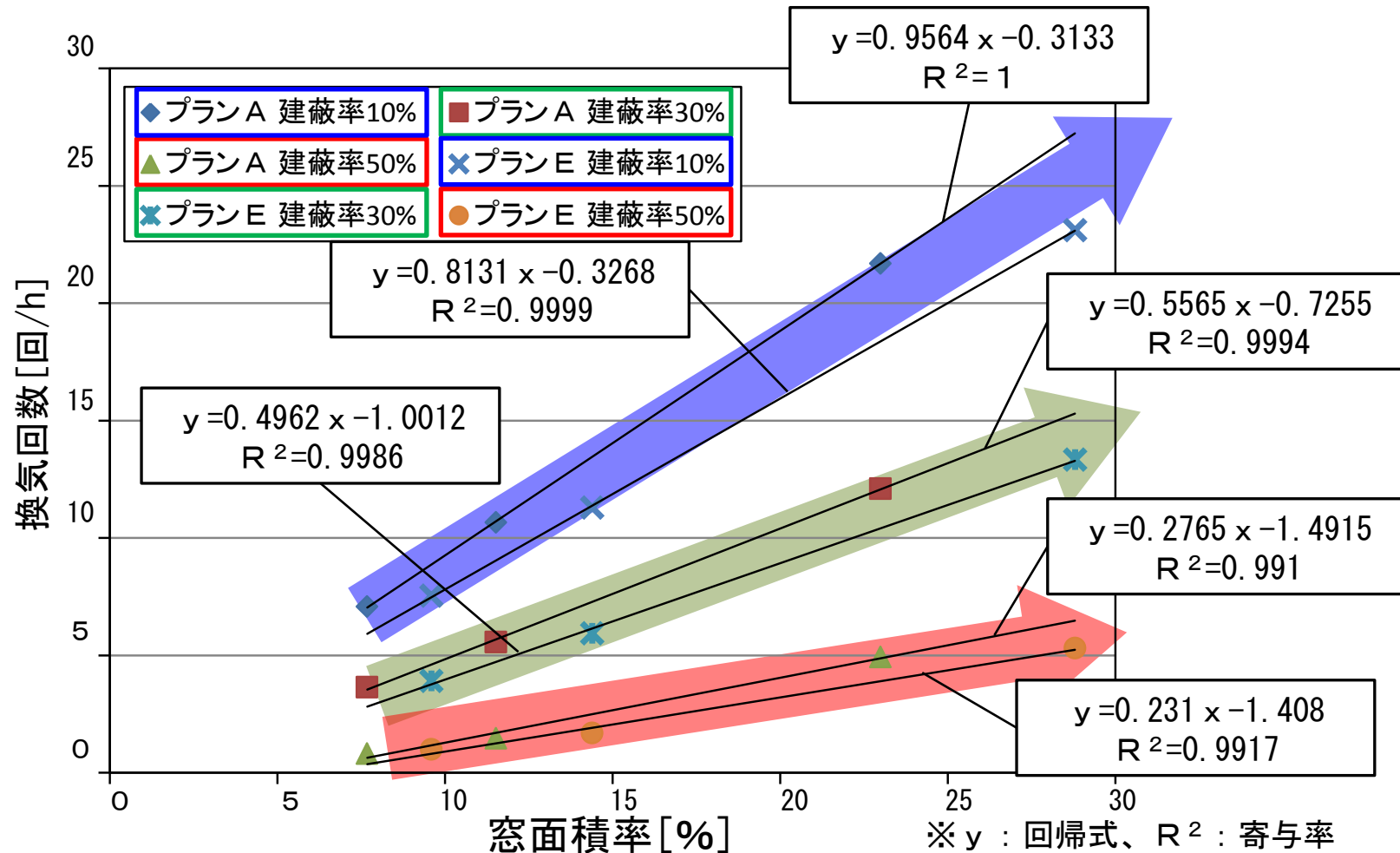


図16 換気回数と窓面積率の回帰式及び寄与率（プランA・E、風向S、2F）

5.2 11都市における有効窓面積率の比較

建蔽率が高くなる程、有効窓面積率は高くなる。

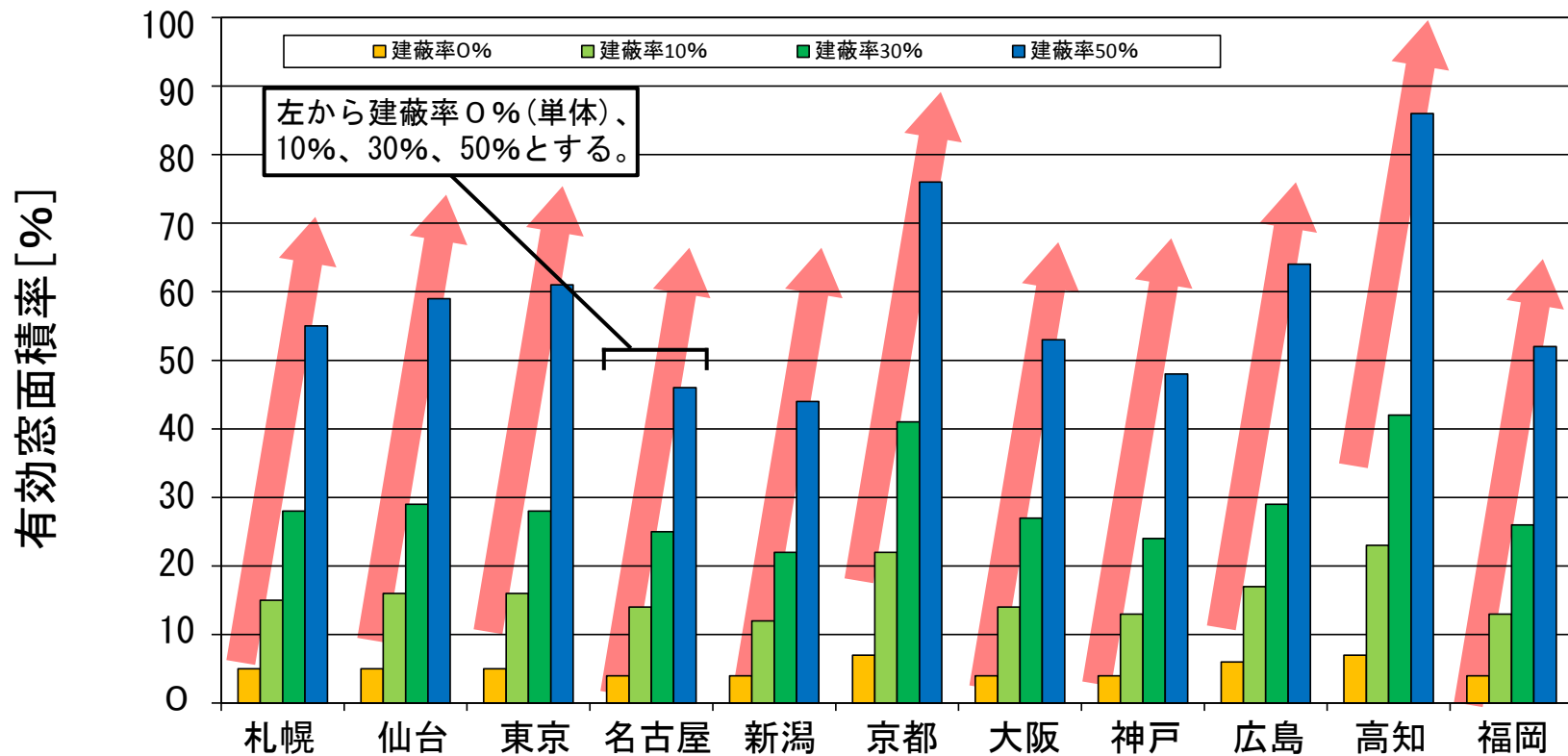


図17 各建蔽率における11都市の有効窓面積率（プランE、2F）

5.2 11都市における有効窓面積率の比較

建蔽率50%の2階では、有効窓面積率は新潟や福岡等の風速の速い地域においては40～50%程度と相対的に低く、京都や高知等の風速の遅い地域では75～85%程度と高い。

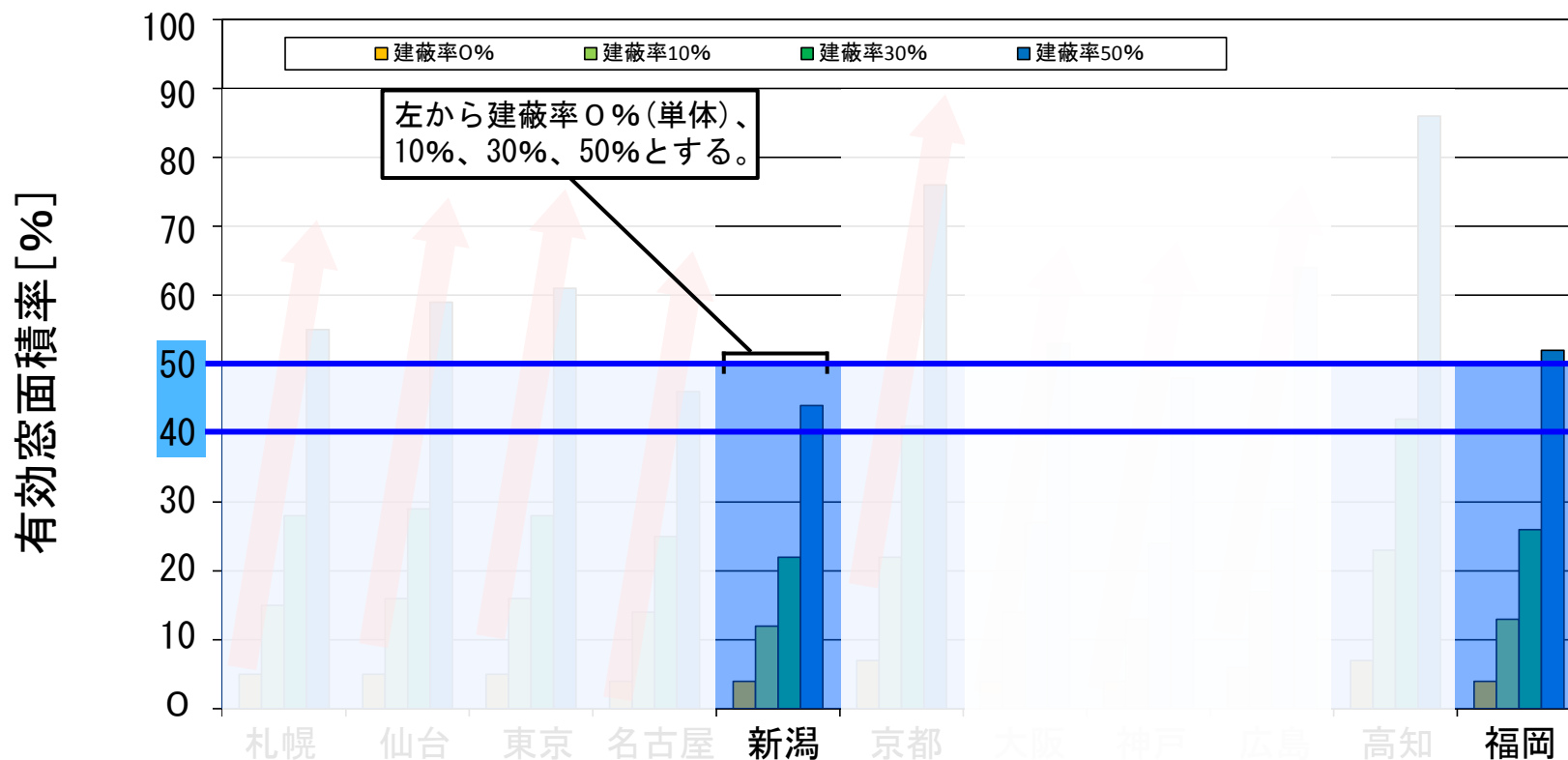


図17 各建蔽率における11都市の有効窓面積率（プランE、2F）

5.2 11都市における有効窓面積率の比較

建蔽率50%の2階では、有効窓面積率は新潟や福岡等の風速の速い地域においては40～50%程度と相対的に低く、京都や高知等の風速の遅い地域では75～85%程度と高い。

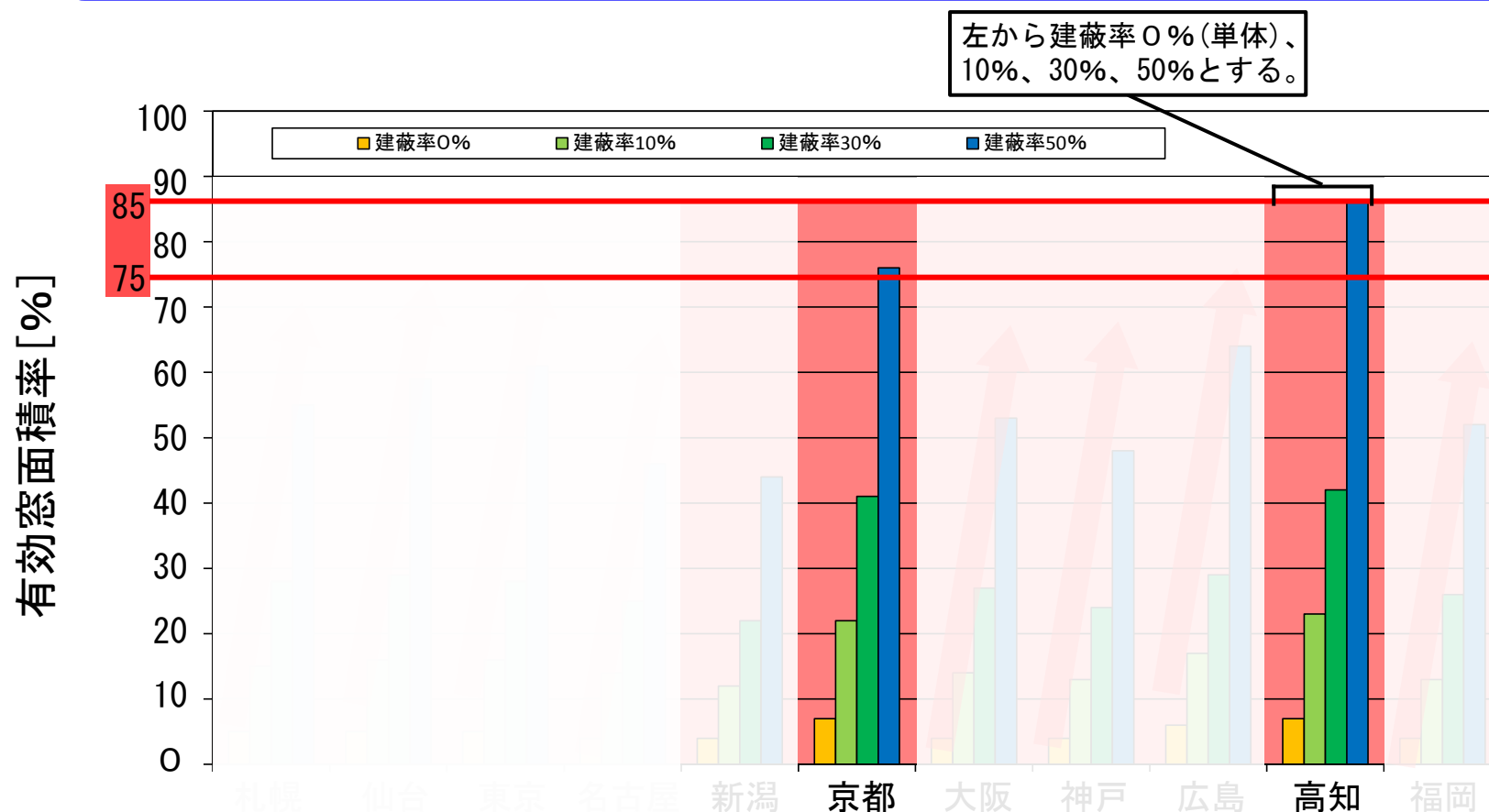
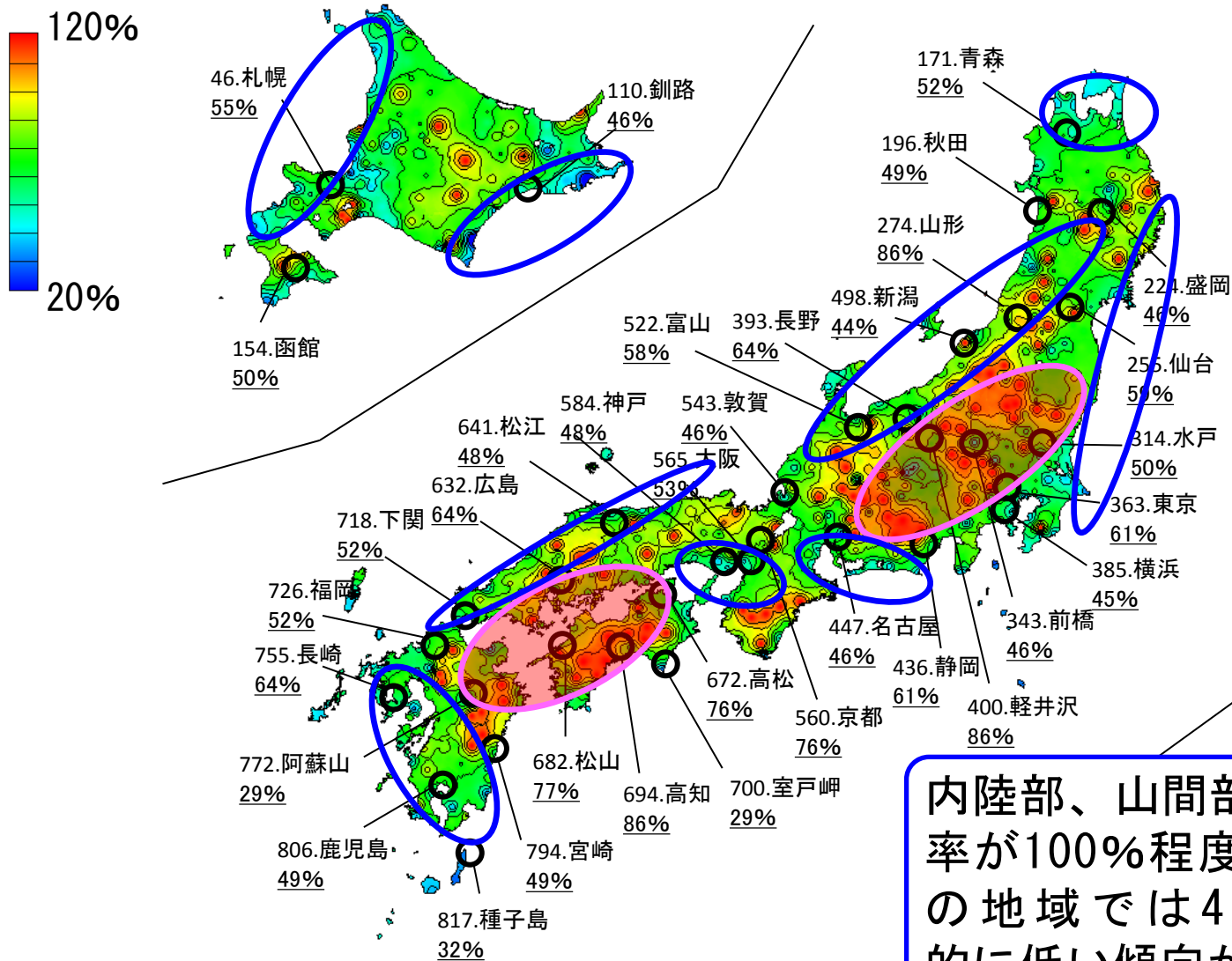


図17 各建蔽率における11都市の有効窓面積率（プランE、2F）

5.3 有効窓面積率マップ



内陸部、山間部では有効窓面積率が100%程度と高く、海沿いの地域では40%程度と相対的に低い傾向がある。

図18 プランEにおける有効窓面積率マップ (建蔽率50%、2F)

5.3 有効窓面積率マップ

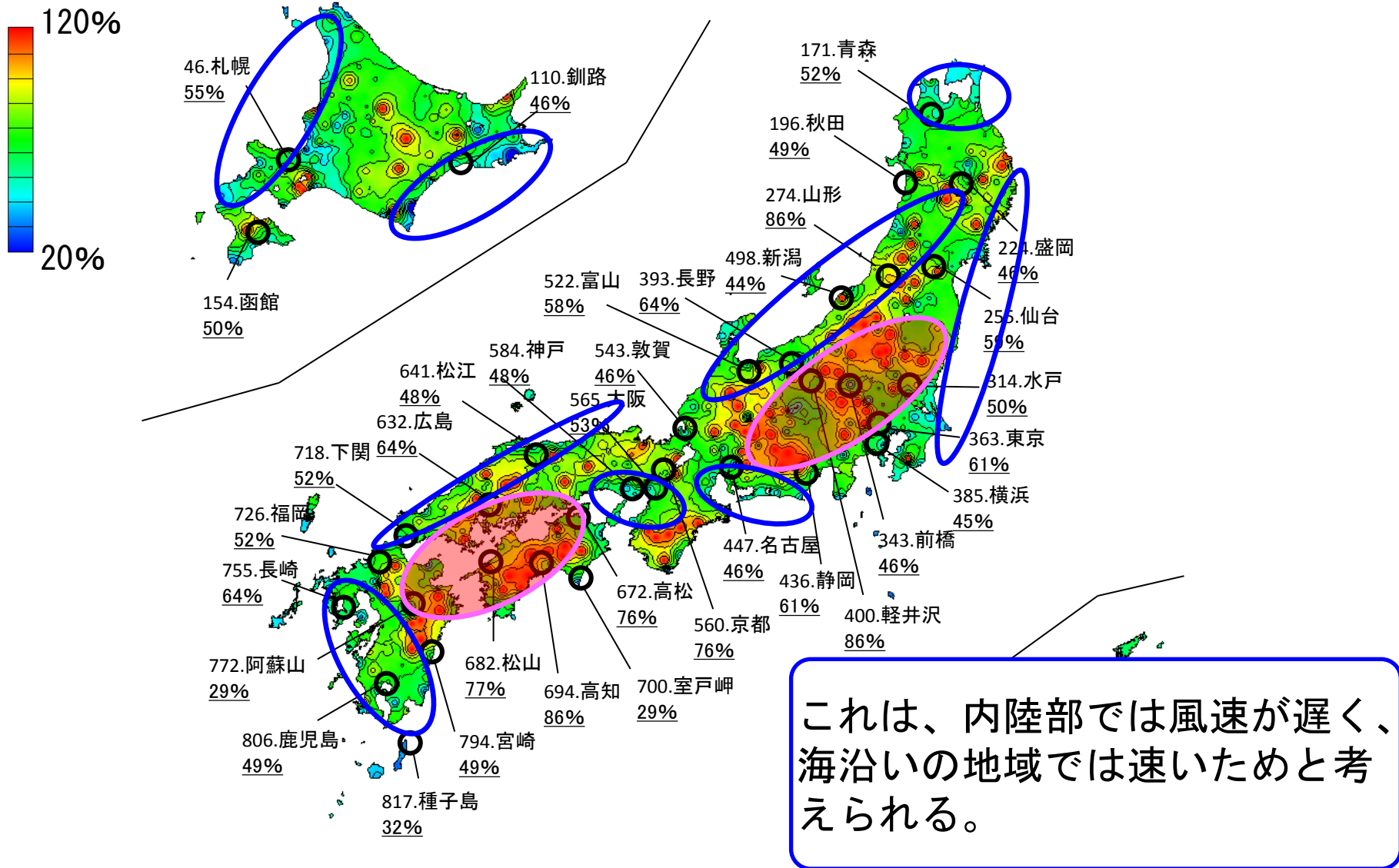


図18 プランEにおける有効窓面積率マップ (建蔽率50%、2F)

5.4 各プランの比較

建蔽率50%では、プランD、EがプランA、B、Cと比較して5～15%程度高い。

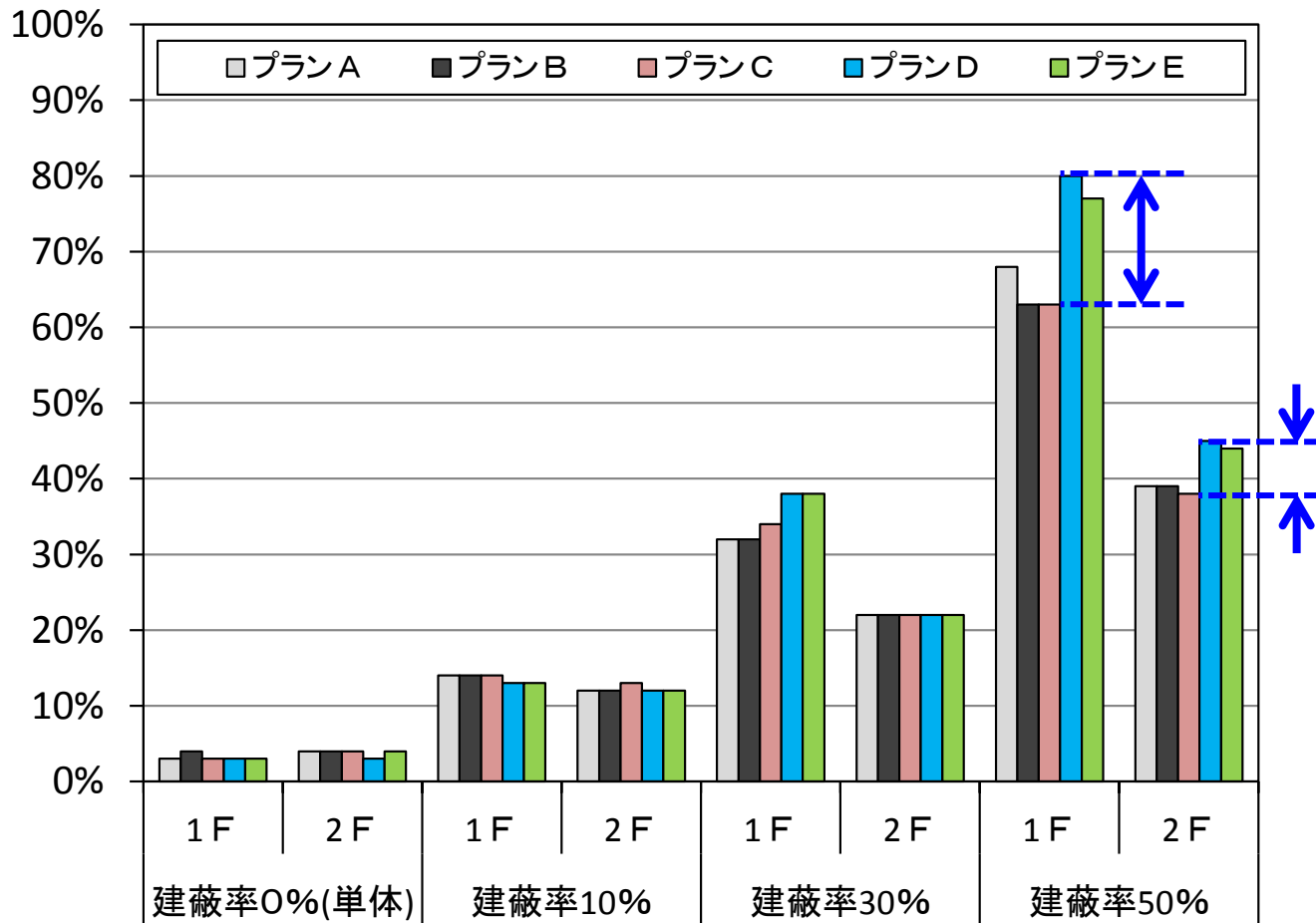


図19 新潟における各プランの有効窓面積率

5.4 各プランの比較

建蔽率の変化による有効窓面積率の変化と比較してプランの相違による有効窓面積率の変化は小さい。

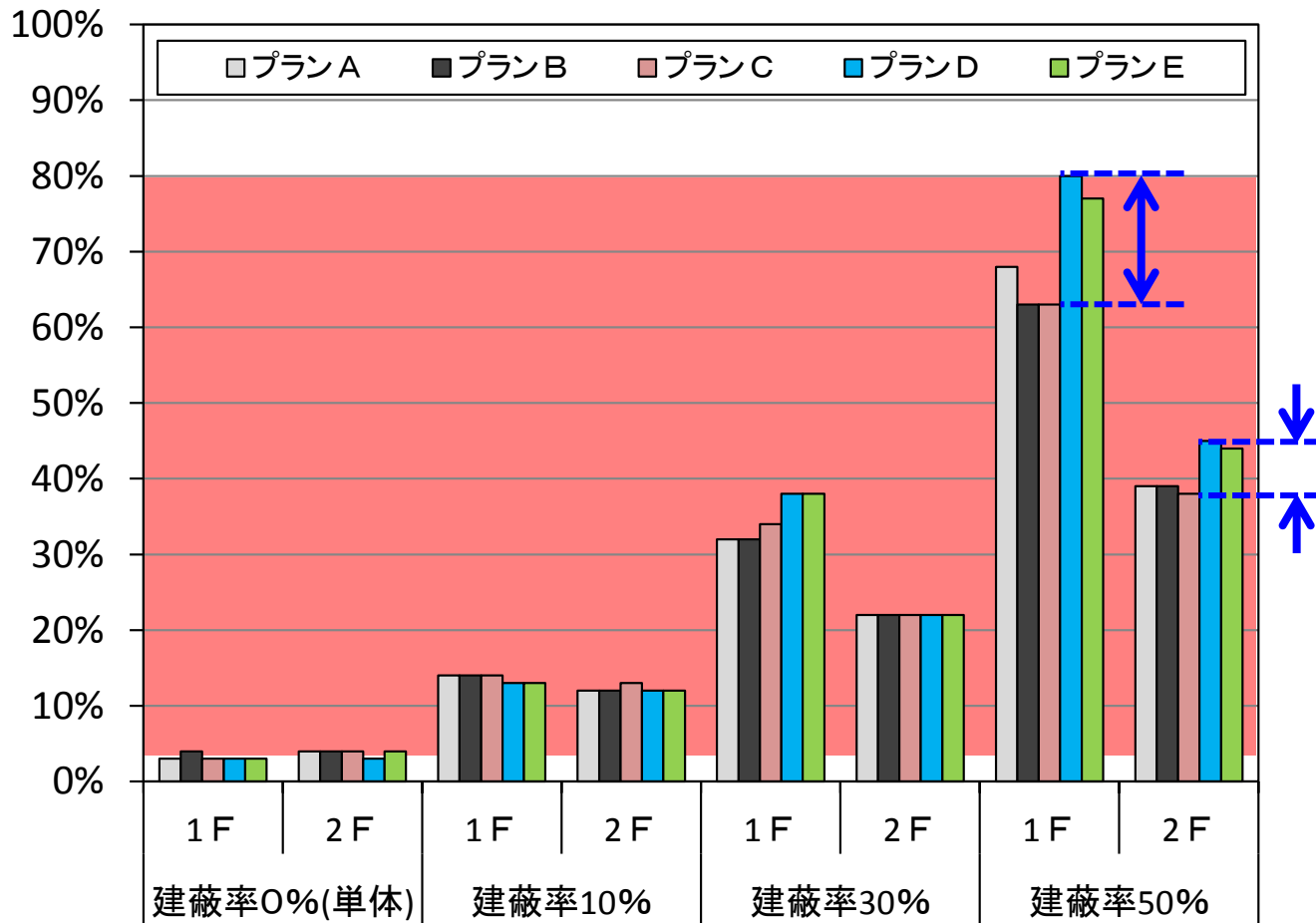
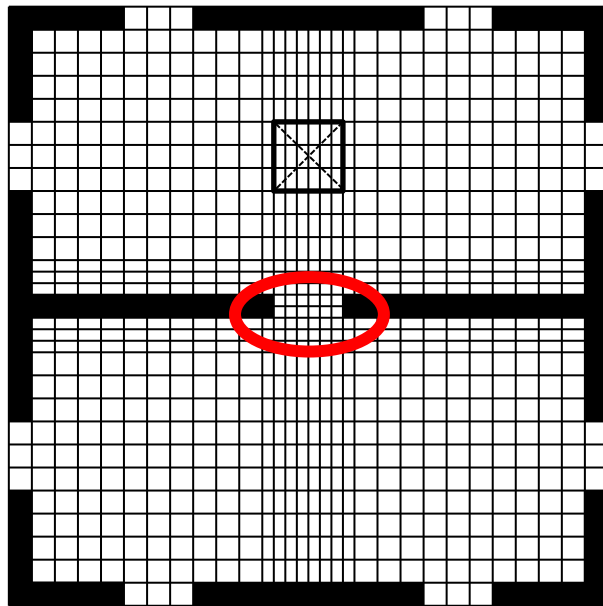


図19 新潟における各プランの有効窓面積率

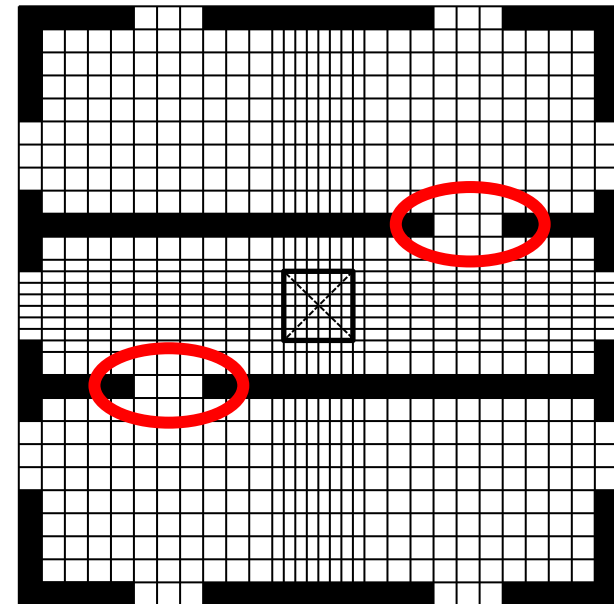
5.4 各プランの比較

本研究では、基準窓面積率を変化させてCFD解析を行う際、間仕切り壁の開口面積(900mm×1800mm)は一定としている。

 : 一定開口面積の開口



(a) プランA平面図(2F)



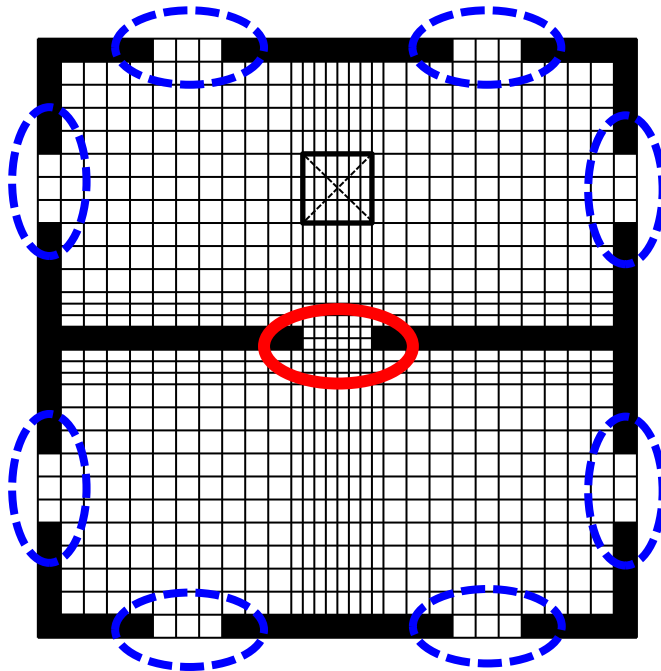
(b) プランE平面図(2F)

図 通風性能簡易評価モデル

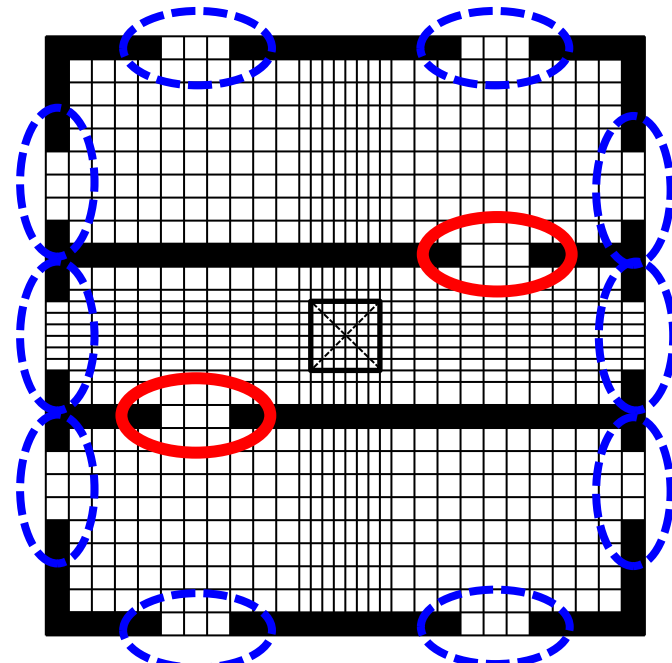
5.4 各プランの比較

外部風を駆動力とした自然通風量は、通風経路上で最小面積となる開口部の抵抗による影響が相対的に大きいため、最小の開口面積が同じ場合、各プランで通風性能の変化は少ないと考えられる。

○ : 開口面積を変化させる開口 ○ : 一定開口面積の開口



(a) プランA平面図(2F)



(b) プランE平面図(2F)

図 通風性能簡易評価モデル

5.4 各プランの比較

本研究による分類方法により、対象建物の平面計画を通風経路に注目した各プランに分類し、建物の周辺状況に応じて各建蔽率における各地域の有効窓面積率を外壁開口面積の基準とすることで、比較的簡易・定量的に住宅の通風性能を評価することが可能であると考えられる。

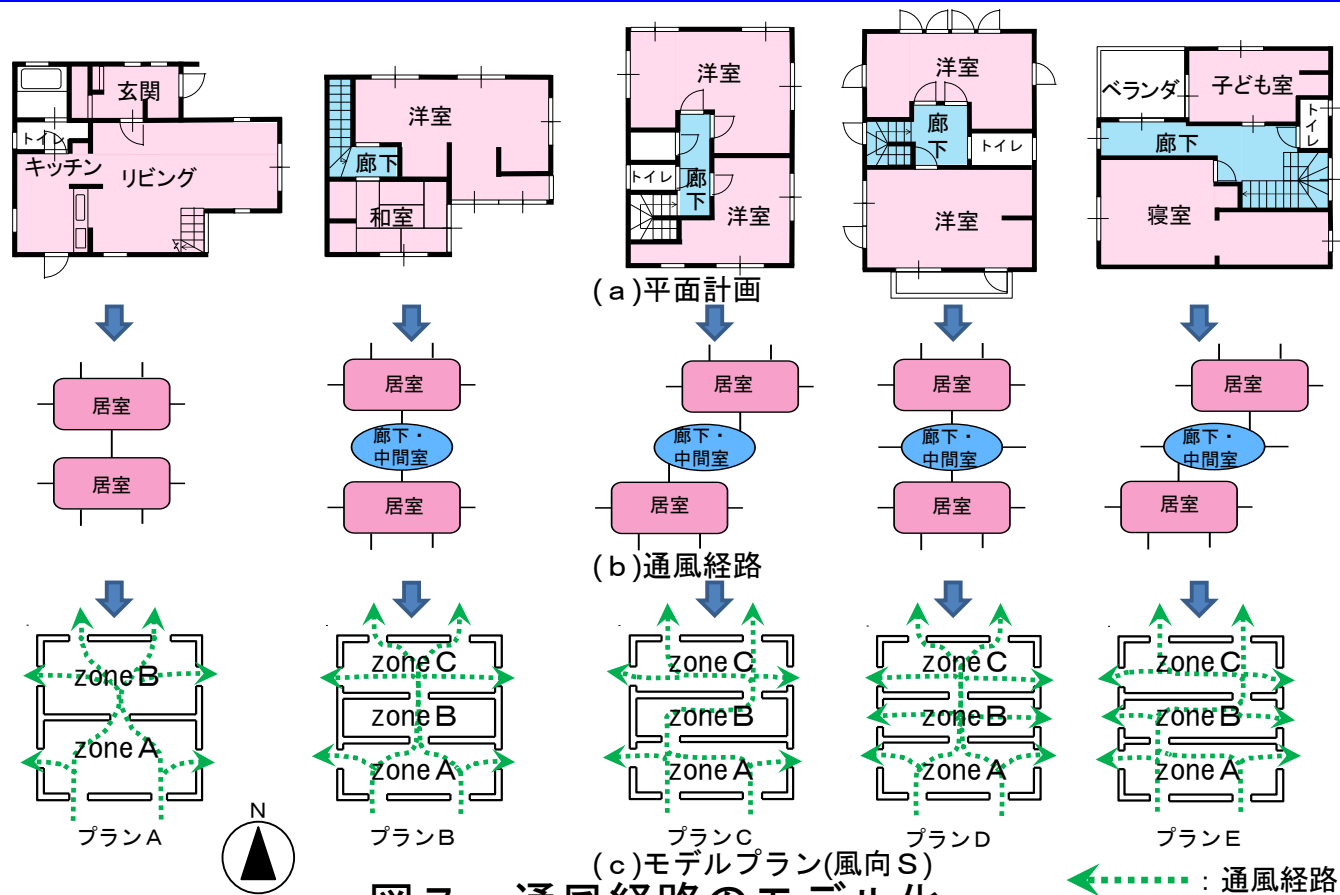


図7 通風経路のモデル化

6 結論

6.1 通風性能簡易評価モデル

- ①平面計画は各階において通風性能に影響を及ぼす間仕切り壁の数、中間室外壁の開口の有無、室間の開口の繋がり方の3要素で類型化を行う。
- ②平面計画はプランAからプランEの5つと通風に影響を及ぼす間仕切り壁が存在しないパターン(単純住宅モデル)の計6つに分類することが可能と考えられる。
- ③平面計画の類型化により通風性能簡易評価モデルを作成する。外壁の開口は一般的な窓の開放面積である 0.81m^2 として各室に4箇所ずつ、プランD、Eでは中間室に2箇所ずつ設ける。間仕切り壁の開口は 1.62m^2 とする。

6.2 建蔽率0%(単体)を対象とした解析結果

- ①各階における各室の平均室内外温度差の相違は、平均室内外温度差が 1°C 程度となる窓面積率4%又は5%の場合においても $0.2\sim 0.6^\circ\text{C}$ 程度と少ない。
- ②通風量が十分な場合、各階における各室の平均室内外温度差の相違は少なく、通風性能評価は各階で行うことが可能であると考えられる。
- ③どのプランでも新潟や福岡などの風速の速い地域では有効窓面積率は4~5%程度と比較的低く、京都や高知などの風速の遅い地域では有効窓面積率は7~8%程度と比較的高い傾向がある。
- ④プランの相違による有効窓面積率の変化は、どの地域でも1%程度であり、建蔽率0%(単体)モデルの場合は、どの地域でもプランによって有効窓面積率の差はあまりないと考えられる。

6.3 建蔽率10%、30%、50%を対象とした解析結果

- ①有効窓面積率は新潟や福岡等の風速の速い地域では、相対的に低く、京都や高知等の風速の遅い地域では高い。
- ②建蔽率の変化による有効窓面積率の変化と比較してプランの相違による有効窓面積率の変化は小さい。
- ③戸建住宅における通風性能では、外壁開口条件及び間仕切り壁開口位置による平面計画の相違と比較して、通風経路上の最小開口面積の方が通風性能に与える影響が相対的に大きいと考えられる。
- ④本研究による分類方法により、対象建物の平面計画を通風経路に着目した各プランに分類し、有効窓面積率を基準とすることで、比較的簡易・定量的に住宅の通風性能評価することが可能であると考えられる。