

## 第7章 小屋裏開口面積と防露措置に関する検討

### 7.1 はじめに

委員会最終年度にあたり、現時点の知見で可能な評価の枠組みの提案と不足データを収集し、報告書をまとめる。最終成果としては、全国一律であった小屋裏開口面積の要求性能を、気象条件、気密性、外壁通気層の有無等の各種条件を勘案し整備することにより、柔軟性が高く地域の実情に適応しうる評価指針作成の根拠を提示する。

### 7.2 防湿層付グラスウールを用いた天井面の透湿抵抗

#### 7.2.1 目的

関東以西の温暖地では、木造住宅で天井断熱を行う際に防湿層付き断熱材を格子状となった野縁の上部に施工し、別張り防湿シートを省略する工法が多く採用される。この工法では、透湿性の高い石膏ボードを經由し野縁と断熱材間に生じる空気層に水蒸気が到達し易く、暖房時は浮力によって小屋裏空間へ至ることが予想される。この現象は、一般的な等温場の濃度拡散現象とは異なり、居室と小屋裏の温度差によって駆動力が上昇する。そこで本検討では、非等温場の実験により防湿層付グラスウールを用いた天井面の透湿抵抗のデータを収集する。

#### 7.2.2 実験概要

一般的な木造住宅の天井断熱状態を再現するため、野縁を取付けた石膏ボードに住宅用グラスウール断熱材を載せたものを試験体とした。試験体の概要を表1に示す。試験装置の概要を図1に、試験体の構成を図2および図3に示す。

実験は、JIS A 1324（建築材料の透湿性試験方法）の5.2カップ法に準じ、試験体取付面以外を断湿された容器内に飽和塩水溶液（塩化ナトリウム 相対湿度75%）を設置し、飽和塩水溶液の質量変化をデジタルはかりにて計測することにより透湿抵抗を算出する。容器内はヒーターにて空気温度を調整し、ファンを使用して箱内空気の攪拌（風速1 m/s以下）を行った。また、デジタル温湿度計にて箱内の温度および湿度変化を計測した。試験装置の概要を写真1に、試験体設置状況を写真2～写真4に示す。

透湿抵抗は、飽和塩水溶液の質量変化が一定となった時点で、質量増分が10g以下となる時間帯で5点以上の質量変化を測定し、JIS A 1324に準じて見かけの透湿抵抗 $R'$ を算出した。試験条件を表2に示す。なお、容器については予め不透湿のシート材料を使用して測定を行い、装置からの校正透湿量を算定した（図4）。

表 1 試験体の概要\*1

試験体	No.1	No.2	No.3
室内側面材	普通せっこうボード 厚さ 12.5mm	普通せっこうボード 厚さ 12.5mm	普通せっこうボード 厚さ 12.5mm
断熱材	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当 公称厚さ 100mm	住宅用グラスウール断熱材 10K 相当 公称厚さ 100mm	なし
野縁	乾燥木材 幅 43mm×高さ 35mm ねじ@303mm	乾燥木材 幅 43mm×高さ 35mm ねじ@303mm	乾燥木材 幅 43mm×高さ 35mm ねじ@303mm
備考	断熱材を野縁に平行に設置	断熱材を野縁に垂直に設置	断熱材なし

備考 \*1 試験体の四周部は不透湿の材料（アルミニウムテープ）にて透湿しない状態とした。

表 2 試験条件（箱内温度）

条件 1	箱内温度 28℃（ファンのみ）
条件 2	箱内温度 33℃
条件 3	箱内温度 38℃

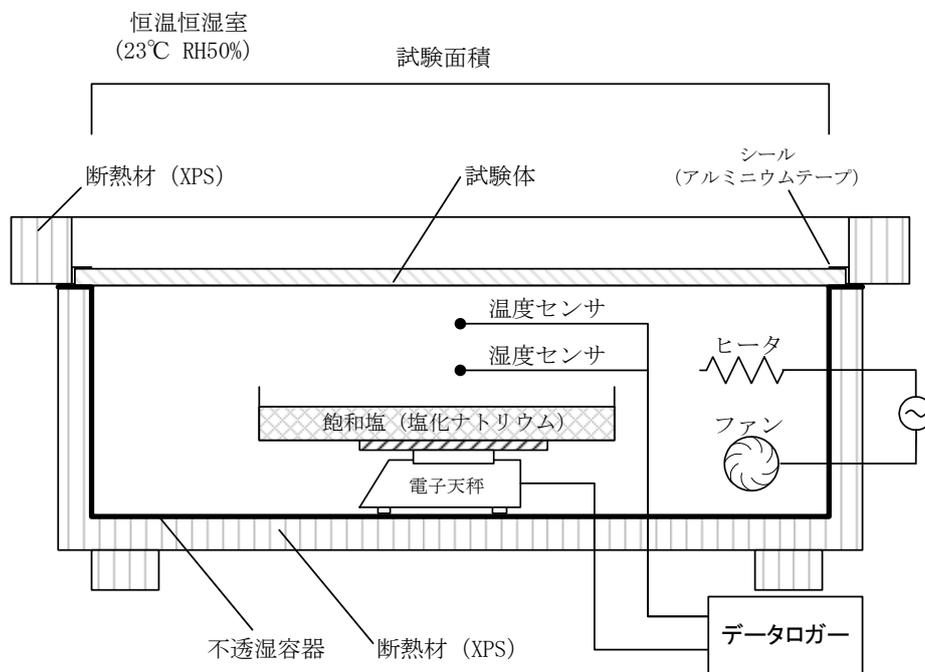


図 1 試験装置の概要

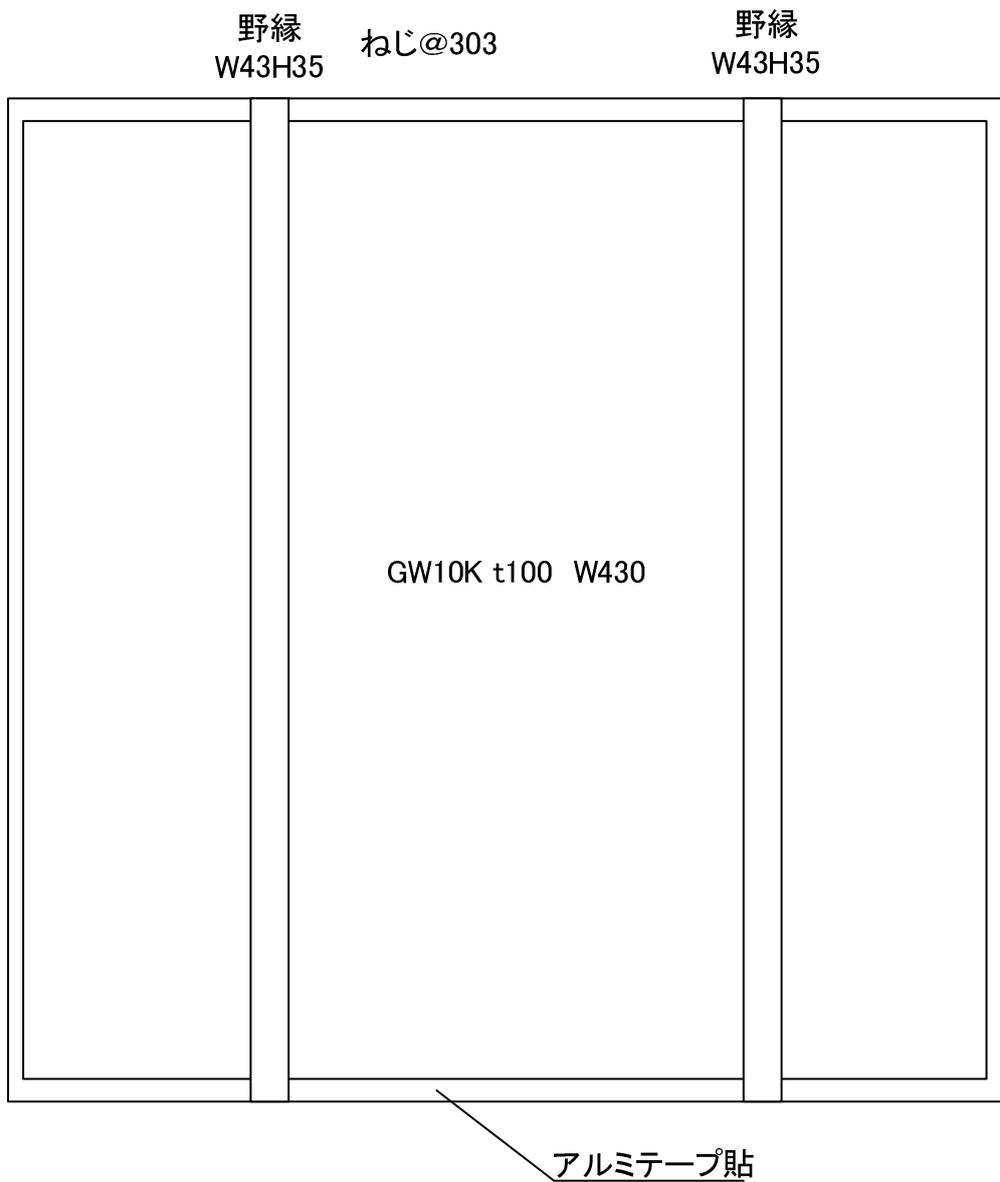
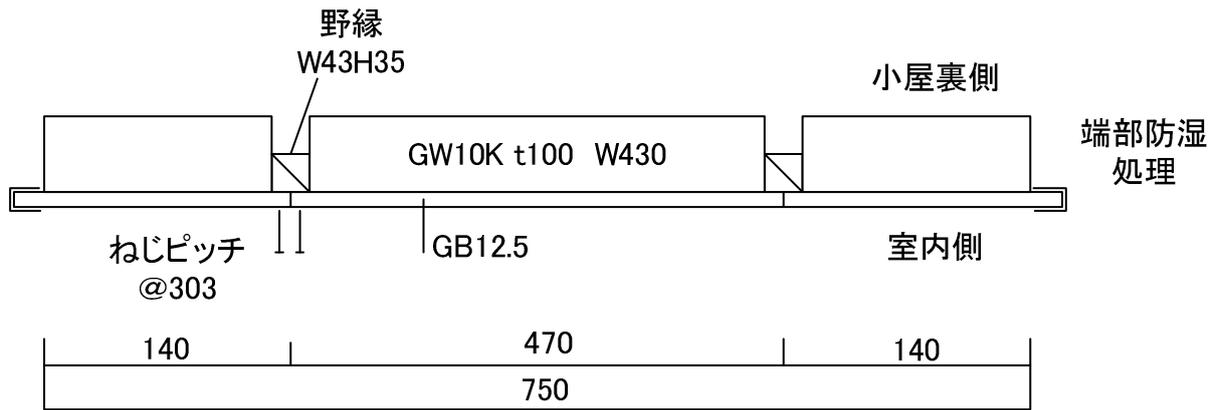


図2 試験体 (試験体 No.1)

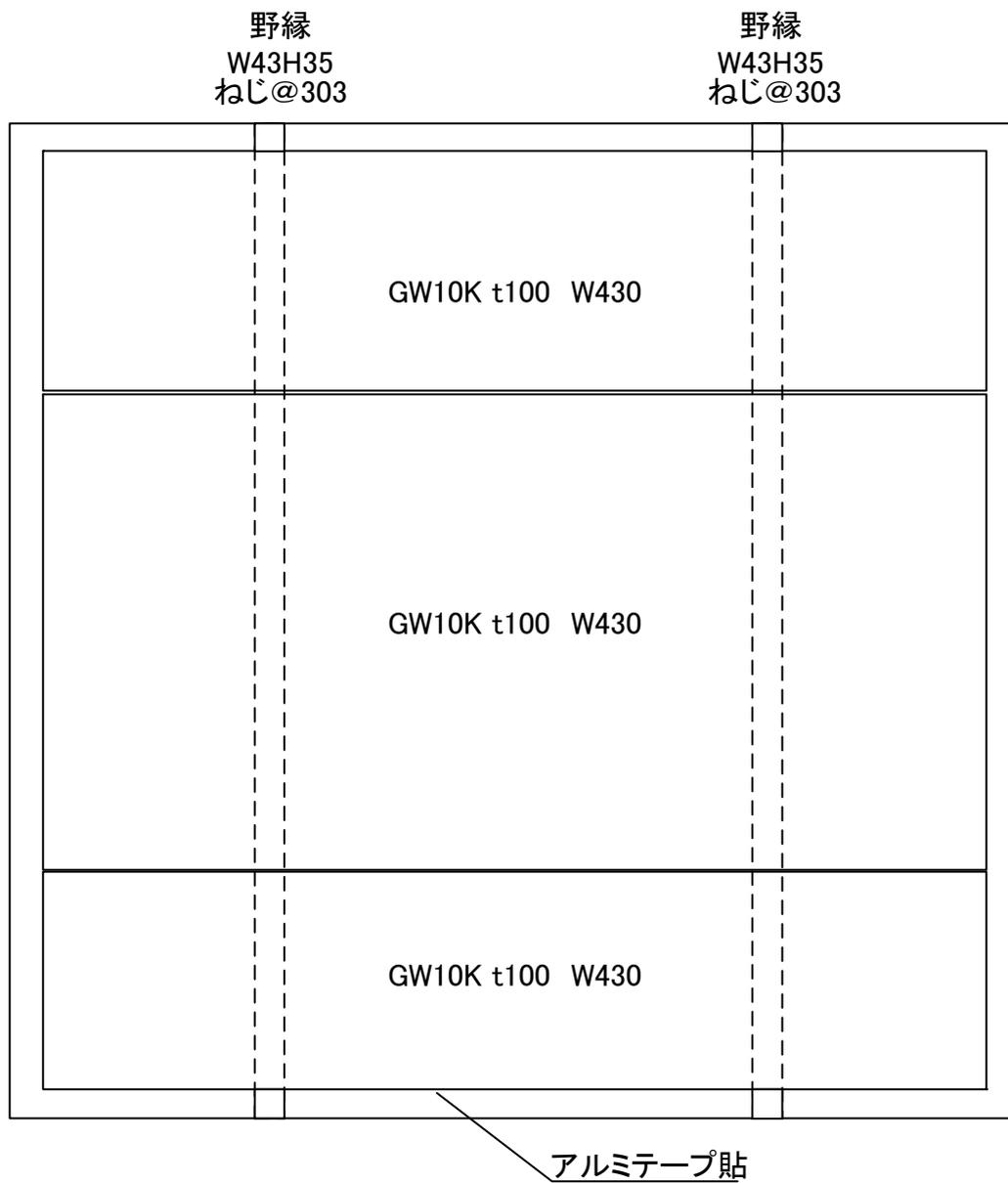
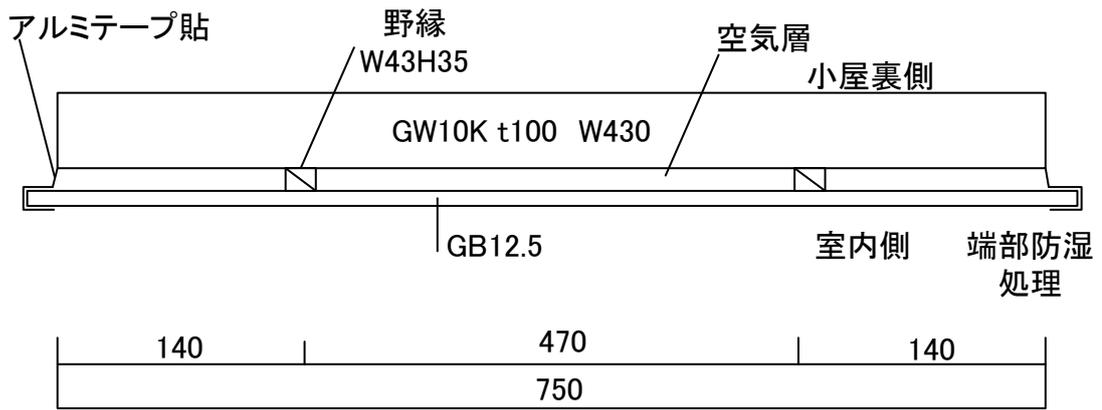


図3 試験体 (試験体 No.2)

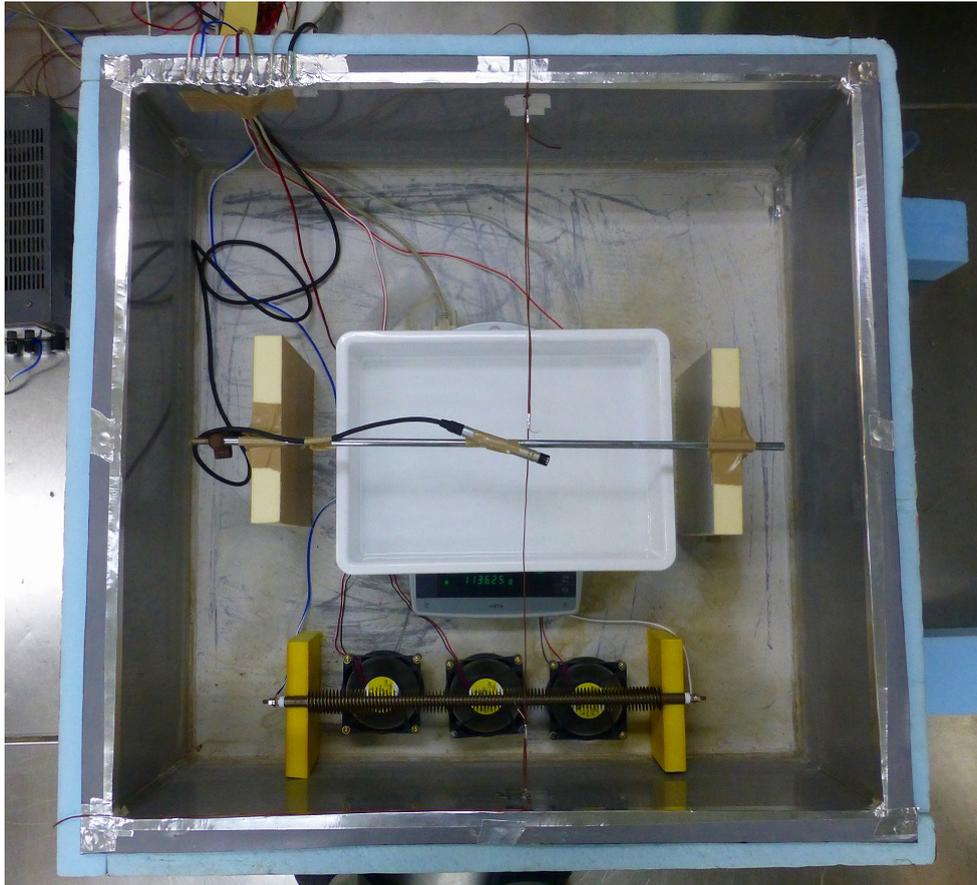


写真1 試験装置内部



写真2 試験体設置状況 (試験体 No.1)



写真 3 試験体設置状況 (試験体 No.2)



写真 4 試験体設置状況 (試験体 No.3)

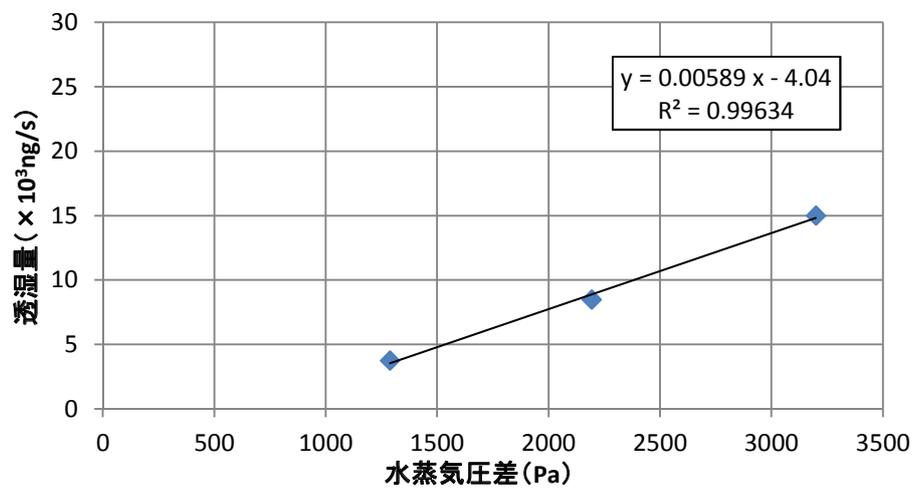


図 4 校正透湿量

### 7.2.3 測定結果

測定結果を表 3～表 5、図 5～図 7 に示す。試験体 No.3 は石膏ボードのみの値である。天井面の一般的な施工方法は野縁が交差するため、試験体 No.2 の結果が実際の物件で採用される工法であり、No.1 は桁上断熱等の仕様に該当する。

表 3 試験結果 (試験体 No.1)

試験条件		条件 1	条件 2	条件 3
試験面積	(m <sup>2</sup> )	0.5625		
試験室平均温度	(°C)	23.0	23.0	23.0
試験室平均湿度	(%)	50	50	50
試験室水蒸気圧*1	(Pa)	1405.5	1405.5	1405.5
箱内平均温度	(°C)	26.5	33.0	37.9
箱内平均湿度	(%)	74.0	71.4	69.8
温度差	(K)	3.5	10.0	14.9
箱内水蒸気圧*1	(Pa)	2563.9	3595.4	4604.9
水蒸気圧差	(Pa)	1158.4	2189.9	3199.4
透湿量 G <sub>h</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	68.3	132.7	187.9
校正透湿量 G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	2.8	8.9	14.8
通過透湿量 G <sub>n</sub> =G <sub>h</sub> -G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	65.5	123.8	173.1
見かけの透湿抵抗	[(m <sup>2</sup> ・s・Pa)/ng]	0.00995	0.00995	0.01040

注\*1) 水蒸気圧の計算は、JIS Z 8806 (湿度－測定方法) に規定する SONNTAG の式による。

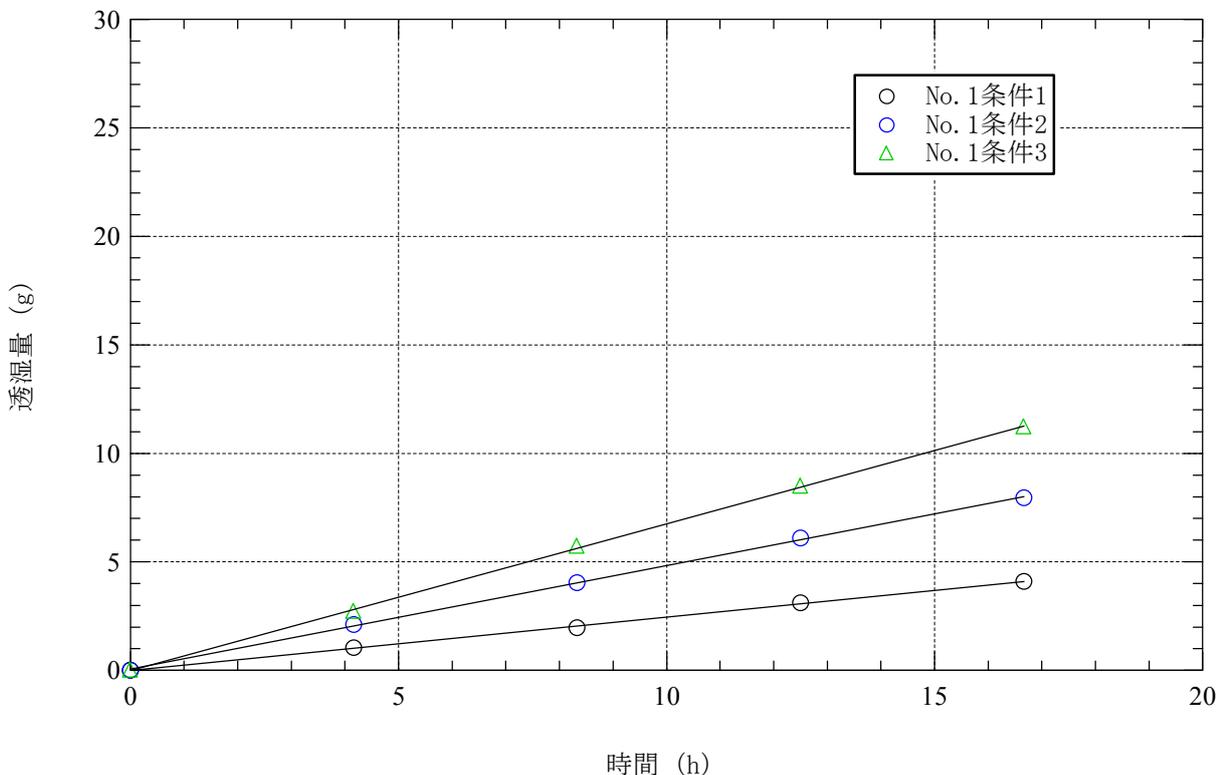


図 5 時間と透湿量の関係

表 4 見かけの透湿抵抗の測定結果 (試験体 No.2)

試験条件		条件 1	条件 2	条件 3
試験面積	(m <sup>2</sup> )	0.5625		
試験室平均温度	(°C)	23.0	23.0	23.0
試験室平均湿度	(%)	50	50	50
試験室水蒸気圧*1	(Pa)	1405.5	1405.5	1405.5
箱内平均温度	(°C)	26.6	33.0	37.6
箱内平均湿度	(%)	74.2	71.9	70.3
温度差	(K)	3.6	10.0	14.6
箱内水蒸気圧*1	(Pa)	2586.0	3620.6	4563.1
水蒸気圧差	(Pa)	1180.5	2215.1	3157.6
透湿量 G <sub>h</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	79.0	135.7	185.5
校正透湿量 G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	2.9	9.0	14.6
通過透湿量 G <sub>n</sub> =G <sub>h</sub> -G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	76.1	126.7	170.9
見かけの透湿抵抗	[(m <sup>2</sup> ・s・Pa)/ng]	0.00873	0.00983	0.01039
試験体平均温度*2	(°C)	26.4	32.5	36.7
試験体平均湿度*2	(%)	73	73	74
水蒸気圧*1*2	(Pa)	2514.3	3574.0	4573.6

注\*1) 水蒸気圧の計算は、JIS Z 8806 (湿度-測定方法) に規定する SONNTAG の式による。

\*2) せっこうボードと断熱材の間の温湿度及び水蒸気圧。

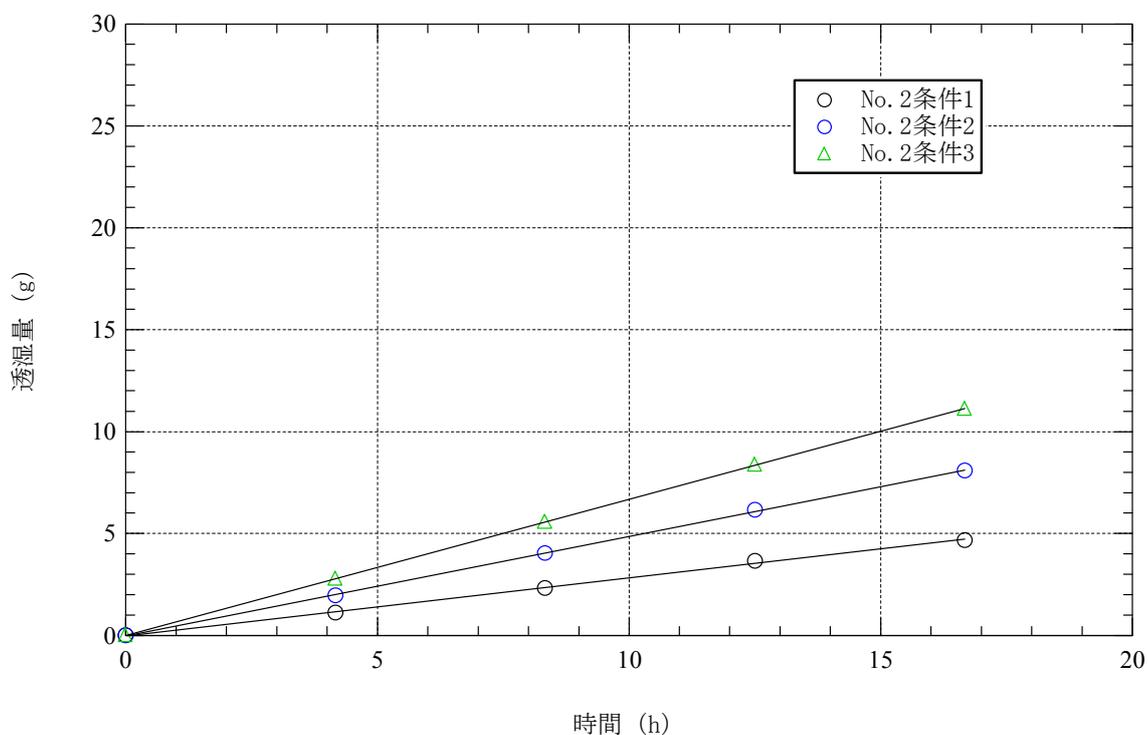


図 6 時間と透湿量の関係

表 4 見かけの透湿抵抗の測定結果 (試験体 No.3)

試験条件		条件 1	条件 2	条件 3
試験面積	(m <sup>2</sup> )	0.5625		
試験室平均温度	(°C)	23.0	—	23.0
試験室平均湿度	(%)	50	—	50
試験室水蒸気圧*1	(Pa)	1405.5	—	1405.5
箱内平均温度	(°C)	23.3	—	36.3
箱内平均湿度	(%)	65	—	47.3
箱内水蒸気圧*1	(Pa)	1,860.6	—	2,860.1
水蒸気圧差	(Pa)	455.1	—	1,454.6
透湿量 G <sub>h</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	147.2	—	474.9
校正透湿量 G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	0	—	4.5
通過透湿量 G <sub>n</sub> =G <sub>h</sub> ・G <sub>c</sub>	(×10 <sup>3</sup> ng/s)	147.2	—	470.6
見かけの透湿抵抗	[(m <sup>2</sup> ・s・Pa)/ng]	0.00174	—	0.00174

注\*1) 水蒸気圧の計算は、JIS Z 8806 (湿度—測定方法) に規定する SONNTAG の式による。

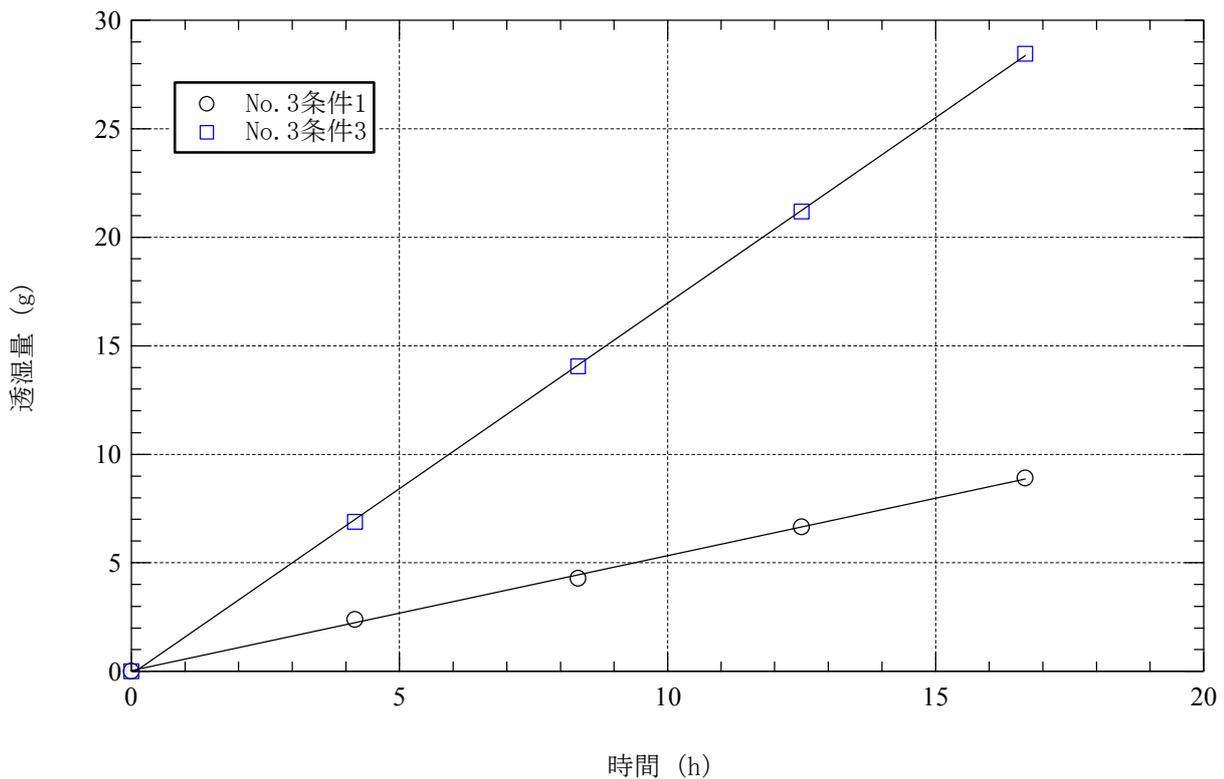


図 7 時間と透湿量の関係

#### 7.2.4 断熱材突合せ部の 1m あたりの透湿抵抗の算定

実験で得られた透湿抵抗から天井面全体の値を求めるため、突合せ部 1m あたりの透湿抵抗を算出する。算出に当たっては以下の項目を仮定する。

- 1)試験体の透湿抵抗は、防湿フィルム付グラスウール断熱材部分の透湿抵抗と、断熱材突合せ部の透湿抵抗により構成されると仮定する。
- 2)試験体における断熱材の突合せ部は、湿気が高湿側から低湿側へ一次的に流れていると仮定する。
- 3)試験体のグラスウール部分（実質部）の単位面積あたりの透湿量が同等であると仮定する。

試験体突合せ部の透湿量、試験体実質部の透湿量と試験体全体の透湿量は、式[1]の関係となる。なお、試験体 No.1 の場合、断熱材突合せ部は野縁を含むため、試験体実質部はせっこうボードから断熱材外被までの部分が該当する。試験体 No.2 の場合、断熱材突合せ部分は野縁を介さないため、試験体実質部の透湿量は、断熱材部分となるため、試験体全体の透湿量は、試験により得た見かけの透湿抵抗から、試験体 No.3 の透湿抵抗を差し引いた値とした。

$$G_A = G_T + G_J \quad \dots \text{式[1]}$$

ここに、

$G_A$  試験体全体の透湿量 (ng/s)

$G_T$  試験体突合せ部の透湿量 (ng/s)

$G_J$  試験体実質部の透湿量 (ng/s)

ここで、試験体実質部の透湿量は、構成材料の透湿抵抗に基づき計算により求めた試験体実質部の透湿抵抗  $R'_J$  をもとに、式[2]にて求めることができる。

$$G_J = \frac{A_J \times P_A}{R'_J} \quad \dots \text{式[2]}$$

ここに、

$G_J$  試験体実質部の透湿量 (ng/s)

$A_J$  : 試験体実質部の面積 (m<sup>2</sup>)

$P_A$  : 試験体の水蒸気圧差 (Pa)

$R'_J$  : 試験体実質部の透湿抵抗 [(m<sup>2</sup>・s・Pa)/ng]

式[2]にて求めた試験体実質部の透湿量と、試験により得た試験体全体の透湿量から、式[1]にて試験体突合せ部の透湿量を求め、式[3]にて断熱材突合せ部の単位長さあたりの透湿抵抗を求める。

$$R'_T = \frac{P_A \times L}{G_T} \quad \dots \text{式[3]}$$

ここに、

$R'_T$  断熱材突合せ部の単位長さあたりの透湿抵抗 [(m・s・Pa)/ng]

$P_A$  : 試験体の水蒸気圧差 (Pa)

$L$  : 断熱材突合せ部の長さ (m)

$G_T$  試験体突合せ部の透湿量 (ng/s)

試験体実質部の透湿抵抗を表 5 に、試験体 No.1、No.2 から算出した突合せ部の透湿抵抗を表 6 及び

表 7 に示す。内外温度差と突合せ部の透湿抵抗の関係を図 8 に示す。

目地を含めた透湿抵抗は付属防湿フィルム単体の 10 分の 1 程度であり、これらを勘案する必要がある。温度依存性についてはあまり大きくない結果となっており（図 8）、安全率を見込んだ値を用いれば良いと思われる。

表 5 試験体実質部の透湿抵抗\*1

試験体	材料名	厚さ (mm)	透湿率 [ng/(m・s・Pa)]	透湿抵抗 [(m <sup>2</sup> ・s・Pa)/ng]
No.1	グラスウール断熱材*2	100	170	0.000588
	付属防湿フィルム*3	—	—	0.0174
	せっこうボード*2	12.5	39.7	0.000315
	合計 $R'_J$			0.018303
No.2	グラスウール断熱材*2	100	170	0.000588
	付属防湿フィルム*3	—	—	0.0174
	合計 $R'_J$			0.017988

備考 \*1) グラスウール断熱材の穴あき外被は、透湿抵抗が非常に小さいので無視した。

\*2) 住宅の省エネルギー基準の解説 第 3 版第 7 刷（財団法人建築環境省エネルギー機構）による。

\*3) 実測値

表 6 試験体 No.1 突合せ部透湿抵抗計算結果（断熱材が野縁に並行）

項 目			条件 1	条件 2	条件 3
			$\Delta T$ 2K	$\Delta T$ 5K	$\Delta T$ 10K
通過透湿量	$G_n$	$\times 10^3$ ng/s	65.5	123.8	173.1
水蒸気圧差	$P_A$	Pa	1158.4	2189.9	3199.4
実質部面積	$A_J$	m <sup>2</sup>	0.498	0.498	0.498
実質部透湿抵抗	$R'_J$	(m <sup>2</sup> ・s・Pa)/ng	0.018303	0.018303	0.018303
実質部透湿量	$G_J$	$\times 10^3$ ng/s	31.5	59.6	87.1
突合せ部透湿量	$G_T$	$\times 10^3$ ng/s	34.0	64.2	85.4
野縁長さ	$L$	m	1.5	1.5	1.5
突合せ部透湿抵抗	$R'_T$	(m・s・Pa)/ng	0.0511	0.0512	0.0562

表 7 試験体 No.2 突合せ部透湿抵抗計算結果 (断熱材が野縁と直交)

項目	条件 1			条件 2			条件 3		
	$\Delta T$	2K		$\Delta T$	5K		$\Delta T$	10K	
No.2 見かけ透湿抵抗	$R'_{A2}$	$(m^2 \cdot s \cdot Pa)/ng$		0.00873	0.00983		0.01039		
No.3 見かけ透湿抵抗	$R'_{A3}$	$(m^2 \cdot s \cdot Pa)/ng$		0.00174	0.00174*1		0.00174		
断熱材部見かけ透湿抵抗	$R'_{A2} - R'_{A3}$	$(m^2 \cdot s \cdot Pa)/ng$		0.00699	0.00809		0.00865		
試験面積	$A$	$m^2$		0.5625	0.5625		0.5625		
試験室水蒸気圧	$P_r$	Pa		1405.5	1405.5		1405.5		
空気層水蒸気圧	$P_a$	Pa		2514.3	3574.0		4573.6		
水蒸気圧差	$P_A = P_a - P_r$	Pa		1108.8	2168.5		3168.1		
通過透湿量	$G_A$	$\times 10^3 ng/s$		89.2	150.8		206.0		
実質部透湿抵抗	$R'_J$	$(m^2 \cdot s \cdot Pa)/ng$		0.017988	0.017988		0.017988		
実質部透湿量	$G_J$	$\times 10^3 ng/s$		34.7	67.8		99.1		
突合せ部透湿量	$G_T$	$\times 10^3 ng/s$		54.5	83.0		106.9		
野縁長さ	$L$	m		1.5	1.5		1.5		
突合せ部透湿抵抗	$R'_T$	$(m \cdot s \cdot Pa)/ng$		0.0305	0.0392		0.0445		

注\*1) 条件 1 と条件 3 の平均値とした。

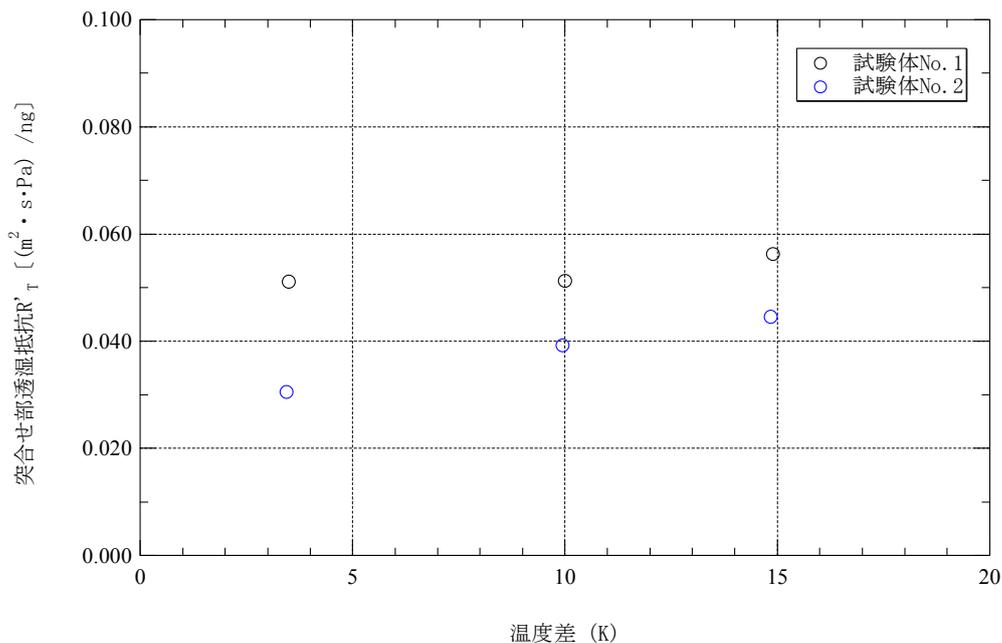


図 8 内外温度差と突合せ部の透湿抵抗の関係

### 7.3 屋根形状および地域別の小屋裏換気口の要求性能の試算

#### 7.3.1 目的

昨年度までに得られた、小屋裏換気口面積と外気流入量の関係式を用い、野地板の水分性状を閾値以下に維持するために必要な、地域別の相当開口面積を算出する。

#### 7.3.2 試算方法

本検討では野地板面での結露防止を目的とするため、閾値は野地板小屋裏側表面の1~2月における相対湿度平均値とする。また本節における相当開口面積は、換気部材の通気特性試験により得られる通気特性を考慮した開口面積を指し、有効開口面積は換気部材の図面から読み取れる実質開口面積を指す。外気流入量は、小屋裏換気口から流入する外気のほか、小屋裏に通じる通気層を有する場合は、その流入量も含まれる。計算水準は表8に示す項目とし、相当開口面積の計算は次の①~④の手順にて実施した。

表8 計算水準

住宅形式	戸建住宅
計算地点	①盛岡（寒冷地） ②宇都宮（一般地域） ③富山（降雪地域） ④福岡（温暖地域）
屋根形式	①寄棟 ②切妻 ③片流れ
小屋裏換気方式*1	①軒裏換気 ②軒裏及び棟換気（軒→棟） ③妻壁換気 ④軒裏及び妻壁換気（軒→妻）
天井面の気密性能*2	①非気密住宅（ $C_t=10$ ）相当（ $C_c=3.58$ , Type A） ②温暖地の気密住宅（ $C_t=5$ ）相当（ $C_c=0.81$ , Type B） ③寒冷地の気密住宅（ $C_t=2$ ）相当（ $C_c=0.41$ , Type C）
外壁通気層から小屋裏への外気流入	①流入あり（通気層あり） ②流入なし（通気層なし）
室内相対湿度	①50% ②60%
野地板平均相対湿度	①90% ②98%

注\*1) 評価方法基準にて規定する換気方式である。片流れ屋根の小屋裏換気方式は軒裏換気とした。

\*2)  $C_t$  は住宅気密性能の目安 ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ) ,  $C_c$  は天井面の気密性能値 ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ ) を示す。

① 単位天井面積あたりの小屋裏換気口相当開口面積  $\alpha A_c$  の計算

昨年度までの検討により、小屋裏への外気流入量と外部風速の関係式[4]が得られている。小屋裏換気口相当開口面積は、換気方式別に式[4]により単位天井面積あたりの値を計算した。

$$q = a \cdot \alpha A_c \cdot V_o + b \quad \dots \text{式[4]}$$

ここに、

$q$  : 外気流入量 (kg/m<sup>2</sup>h)

$a$  : 式[4]の勾配

$\alpha A_c$  : 単位天井面積あたりの小屋裏換気口相当開口面積 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

$V_o$  : 外部風速の期間平均値 (m/s)

$b$  : 式[4]の切片

式[4]に使用した値のうち、傾き  $a$  及び切片  $b$  を表 9 に示す。外部風速の期間平均値は、平成 25 年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 II 住宅\*1 (初版) の PP202 (付録 3.1C 通風を確保する措置の有無の判定, 表 C.5 住宅種別ごとの式(3)中の参照風速・風圧係数差の設定値) に基づき 1.5m/s とした。なお、相当開口面積は傾き  $a$  及び切片  $b$  を算出した際の下限值までとした (表 10)。

② 相当開口面積  $\alpha A$  を求めるための係数  $f_{R,\alpha A}$  の計算

図 9、10 に示す現行の基準 (評価方法基準及び北海道基準) では、小屋裏換気口の面積は、天井面積に係数を乗じることにより求める (式[5]参照)。この係数は、図 9 及び図 10 にて示すように分子を 1 とした分数で示される。現行の基準との比較を容易にするため、単位天井面積あたりの小屋裏換気口相当開口面積をもとに式[6]により係数の分母に相当する値  $f_{R,\alpha A}$  を求めた。

$$\alpha A = S_c \cdot f \quad \dots \text{式[5]}$$

ここに、

$\alpha A$  : 換気口の相当開口面積 (m<sup>2</sup>)

$S_c$  : 換気口を設置する天井面積 (m<sup>2</sup>)

$f$  : 現行の基準にて規定している係数 (例えば評価方法基準における小屋裏換気は 1/300)

$$f_{R,\alpha A} = \frac{1}{\alpha A_c \times 0.0001} \quad \dots \text{式[6]}$$

ここに、

$\alpha A_c$  : 単位天井面積あたりの相当開口面積 (cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)

$f_{R,\alpha A}$  : 換気口面積を求めるための係数 (基準値の分母に相当する値)

③ 有効開口面積  $A$  を求めるための係数  $f_{R,A}$  の計算

小屋裏換気口の形式に応じた流量係数  $\alpha$  は、図 11 の値 (相当開口面積/有効開口面積) に基づき、平均的な値として表 11 の値に設定し、有効開口面積を式[8]により計算した。

$$f_{R,A} = \frac{\alpha}{\alpha A_c \times 0.0001} \quad \dots \text{式[8]}$$

ここに,

$f_{R,A}$  : 単位天井面積あたりの有効開口面積 ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

$\alpha A_c$  : 単位天井面積あたりの相当開口面積 ( $\text{cm}^2/\text{m}^2$ )

$\alpha$  : 小屋裏換気口の通気特性により求められる流量係数 (—)

#### ④現行基準との比較

計算により求めた有効開口面積及び相当開口面積をもとに、現行の基準（評価方法基準，北海道基準）との比較を行った。

表9 式[4]における傾き a 及び切片 b

通気層	屋根形状	換気方式	天井面の 気密性能	傾き a	切片 b*1
なし	寄棟	軒裏	Type A	0.016	-0.164
			Type B	0.023	-0.152
			Type C	0.023	-0.096
		軒裏→棟	Type A	0.044	-0.542
			Type B	0.054	-0.166
			Type C	0.054	-0.054
	切妻	妻壁	Type A	0.007	-0.705
			Type B	0.016	-0.214
			Type C	0.017	-0.172
		軒裏→妻壁	Type A	0.012	-0.944
			Type B	0.025	-0.187
			Type C	0.028	-0.174
あり	寄棟	軒裏	Type A	0.014	-0.003
			Type B	0.021	0.920
			Type C	0.022	1.077
		軒裏→棟	Type A	0.057	-0.501
			Type B	0.047	0.448
			Type C	0.046	0.615
	切妻	妻壁	Type A	0.006	-0.756
			Type B	0.012	0.804
			Type C	0.014	0.920
		軒裏→妻壁	Type A	0.010	-0.276
			Type B	0.020	0.424
			Type C	0.022	0.594
	片流れ*2	軒裏	Type A	0.0306	-1.115
			Type B	0.0365	0.311
			Type C	0.0373	0.517

注\*1) 天井面の気密性能 Type A における切片 b の値 (網掛け部分) については、天井面の気密性能値 (Type A : 3.58cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, Type B : 0.81 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, Type C : 0.41 cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>) と切片 b が比例関係にあると仮定し外挿により求めた。

注\*2) 片流れの傾き a と切片 b は、Type B は宇都宮、富山、福岡の3地点の結果に基づき算出し、Type C は盛岡、宇都宮、富山の3地点の結果に基づいて算出している。また、Type A については傾き a 及び切片 b の値が無かったため、他の屋根形状における Type A の切片 b の値と同様に、天井面の気密性能と比例関係にあると仮定し外挿により求めた。

表 10 基準値及び下限値

屋根形状	換気方式	評価方法基準 (有効開口面積)		北海道基準 (相当開口面積)		$\alpha A_c$ 下限値
寄棟	軒裏換気	$\frac{1}{250}$		$\frac{1}{290}$		10.0
寄棟	軒裏換気	$\frac{1}{900}$	$\frac{1}{576}^{*1}$	$\frac{1}{1200}$	$\frac{1}{600}^{*1}$	4.34
	棟換気	$\frac{1}{1600}$		$\frac{1}{1200}$		
切妻	妻壁換気	$\frac{1}{300}$		$\frac{1}{290}^{*3}$		8.33
切妻	妻壁換気	$\frac{1}{900}$	$\frac{1}{450}^{*1}$	$\frac{1}{1200}$	$\frac{1}{600}^{*1}$	5.56
	軒裏換気	$\frac{1}{900}$		$\frac{1}{1200}$		
片流れ	軒裏換気	$\frac{1}{250}^{*3}$		$\frac{1}{290}^{*2}$		10.0

注\*1) 各換気口の基準値の合計値である。

\*2) 北海道基準には妻壁換気の基準がないため、軒換気の数とした。

\*3) 一般社団法人住宅性能評価・表示協会 住宅性能表示制度 Q&A No.3-028 による。

評価方法基準（抄）

3-1 劣化対策等級（構造躯体等）

(3) 評価基準（新築住宅）

イ 木造

① 等級 3

g 小屋裏

小屋裏（屋根断熱工法を用いていることその他の措置が講じられていることにより、室内と同等の温熱環境にあると認められる小屋裏を除く。）を有する場合にあっては、次の(i)から(iv)までのいずれかの換気方式であること。

- (i) 小屋裏の壁のうち屋外に面するものに換気上有効な位置に2以上の換気口が設けられ、かつ、換気口の有効面積の天井面積に対する割合が300分の1以上であること。
- (ii) 軒裏に換気上有効な位置に2以上の換気口が設けられ、かつ、換気口の有効面積の天井面積に対する割合が250分の1以上であること。
- (iii) 軒裏に給気口が設けられ、小屋裏の壁で屋外に面するものに排気口が給気口と垂直距離で90cm以上離して設けられ、かつ、給気口及び排気口の有効面積の天井面積に対する割合がそれぞれ900分の1以上であること。
- (iv) 軒裏に給気口が設けられ、小屋裏の頂部に排気塔その他の器具を用いて排気口が設けられ、かつ、給気口の有効面積の天井面積に対する割合が900分の1以上であり、排気口の有効面積の天井面積に対する割合が1600分の1以上であること。

図9 評価方法基準（小屋裏の基準抜粋）

19.4 天井・屋根の断熱・気密性能及び小屋裏換気

- 19.4.1 断熱性能 天井又は屋根の断熱性能及び断熱工事は、木造住宅工事仕様書（全国版）のIV.2（省エネルギー住宅工事（一般型）の仕様）の項の性能、またはそれと同等以上の性能を有するものとする。
- 19.4.2 気密性能 住宅の気密性能及び気密工事は、木造住宅工事仕様書（全国版）のIV.2（省エネルギー住宅工事（一般型）の仕様）の項の性能、またはそれと同等以上の性能を有するものとする。
- 19.4.3 小屋裏換気孔面積 小屋裏換気孔の面積は、断熱方法・屋根形状に応じて、天井もしくは屋根の断熱面積に対し、下表に示す割合以上の有効開口面積を確保する。

屋根形状・小屋裏換気方式ごとの換気孔面積比

		天井見付面積に対する 小屋裏換気孔の面積比		
		勾配屋根 (落雪屋根及び雪止め金具 などを用いる勾配屋根)		M型屋根 (フラット屋根)
		天井断熱方式	屋根断熱方式	
軒天換気方式		1/290 以上	1/240 以上	1/360 以上
むね換気併用	むね換気孔	1/1200 以上		
軒天換気方式		軒天換気孔	1/1200 以上	1/720 以上

※ここに掲げる数値は、屋根雪により発生する障害の防止を目的として定めたものであり、木造住宅工事仕様書（全国版）の8.9.1（小屋裏換気）の項の有効換気面積より大きくなる。

図10 平成 17 年 木造住宅工事共通仕様書（北海道版） 抜粋

No	設置位置	分類	取付面積 (cm <sup>2</sup> )	有効開口面積 (cm <sup>2</sup> )	
1	棟	金属製、上排気孔	172	170	
2			172	169.2	
3			258	169.2	
4		金属製、横排気孔	212.7	118.8	
5			640	330	
6			498	120	
7		樹脂製 ハニカム構造	300	250	
8			250	200	
9			250	125	
10			600	268.8	
11	176.3		188.1		
12	軒裏	スリット	773.3	228.1	
13			288	142.1*	
14		パンチング	378	208.2*	
15			200	106.8*	
16			ガラリ	800	—
17		妻	有孔ボード*	1000	43.7**
18			1000	118.3**	
19			有孔ボード* (塗装有)	1000	43.7**
20			ガラリ	748	99
21	ペントキャップ*		78.5	44.4	

\*実測値、\*\*開口率から換算

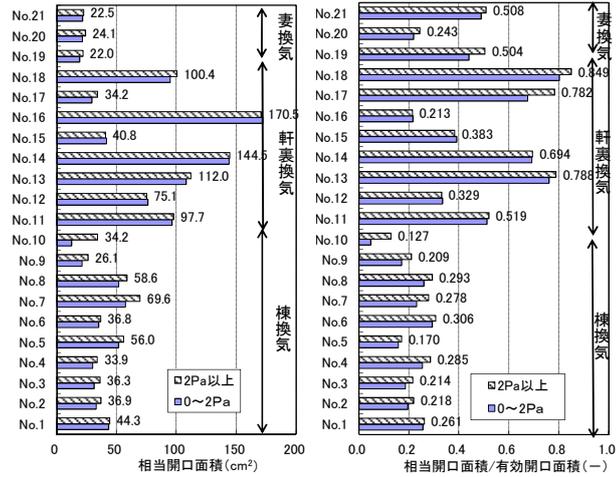


図 11 換気口形状に応じた流量係数  $\alpha$  \*1

\*1) 盛田裕紀他, 住宅用勾配屋根の耐久性向上に関する研究(その 4)小屋裏換気口の有効開口面積と相当開口面積の関係, 日本建築学会大会梗概集, 2011

表 11 流量係数  $\alpha$  の設定値

屋根形状	換気	流量係数
寄棟	軒換気	0.4
寄棟	軒換気	0.4
	棟換気	0.2
切妻	妻換気	0.4
切妻	妻換気	0.4
	軒換気	0.4

### 7.3.3 試算結果

#### (1) 野地板相対湿度と外気流入量の関係

天井面の気密性能、室内相対湿度に応じた野地板相対湿度と外気流入量の関係を図 12～図 17 に、野地板相対湿度と外気流入量の近似式を表 12 に、外気流入量の算定結果を表 13 に示す。表 13 の結果を、後述する相当開口面積算出に用いる。

#### (2) 相当開口面積による試算

相当開口面積の試算結果を表 14 及び図 18～図 21 に示す。各図は冬期の室内湿度、野地板相対湿度の閾値が異なっている。全体の傾向として、閾値の野地板相対湿度が低い場合は大きい開口が必要で、室内湿度が低い場合や外壁通気層が小屋裏へ繋がる場合は小さい開口で足りている。しかし、天井面の気密性はこれらの影響に比べ顕著となっており、TypeA では計算上  $200\text{cm}^2/\text{m}^2$  を越える値が示されている。

表 15～表 20 は必要となる相当開口面積を天井面積で除した値であり、表中の値を用いて以下の式で小屋裏換気口面積を求めることができる。網掛け部分は下限値である。

$$\text{小屋裏換気口の相当開口面積 (m}^2\text{)} = \text{天井面積 (m}^2\text{)} \div \text{表の値}$$

#### (3) 有効開口面積による試算

現行の小屋裏換気口面積の基準値は有効開口面積による表記となっており、換気量に比例する相当開口面積とは異なる。一般に有効開口面積は開口部の見付け面積と同等であり、圧力損失は考慮されていないため、相当開口面積に比べ大きい値となる。そこで、換気口の流量係数  $\alpha$  として表 11 の値を設定し、有効開口面積として試算を試みた（表 21～表 26）。

#### (4) 現行基準との比較

表 11 で求めた相当開口面積から有効開口面積へ換算する流量係数を用い、図 9、10 に示した現行基準との比較を行った。比較結果を表 27～表 29 に示す。現行基準に対する比較は倍率で表現しており、1 を越えると現行基準より大きい開口が必要であることを意味する。なお、要求性能算出にあたっては、室内相対湿度 60%、50%に加え、閾値である野地板相対湿度 90%、98%についてそれぞれ算出した。品確法の評価方法基準との比較結果を表 27、表 28 に、住宅金融支援機構の北海道版との比較結果を表 29 に示す。なお、下限値は一昨年度行ったシミュレーション計算の設定条件である基準値の 25%とした。

気密性能の低い TypeA については換気口面積の大幅な増加が必要と思われるが、長期優良住宅に限れば省エネ性能の確保のため、一定水準の気密性能を持つと仮定し、TypeB、TypeC について考察する。

一般に、温暖地に区分される表中の盛岡以外の地域における省エネ等級 4 相当の住宅では、TypeB ( $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ ) 程度の気密性能が確保されている。この場合、相対湿度の閾値を 98%とすれば妻換気の一部を除き、現行基準の仕様で結露による劣化のリスクは低く、特に小屋裏に流入する外壁通気層を伴うものでは小屋裏換気口面積の緩和も期待できる。妻換気方式については換気量が少ないため、これまでも述べたように地域によっては現行仕様の倍程度の換気口が必要と読み取れる。寒冷地である盛岡については、TypeC の気密性レベルがあれば現行仕様でも問題ない結果となっている。全体として、結果は閾値と室内湿度の設定条件で大きく異なり、室内湿度 50%、閾値 98%では宇都宮や福岡などの温暖地ならば、現行基準の半分以下が要求性能となっている。室内湿度は生活行為に伴う水分発生と暖房設備や全般換気の運転状況で大きく異なるため、基準値の変更に関してはこれらを勘案して定める必要があろう。



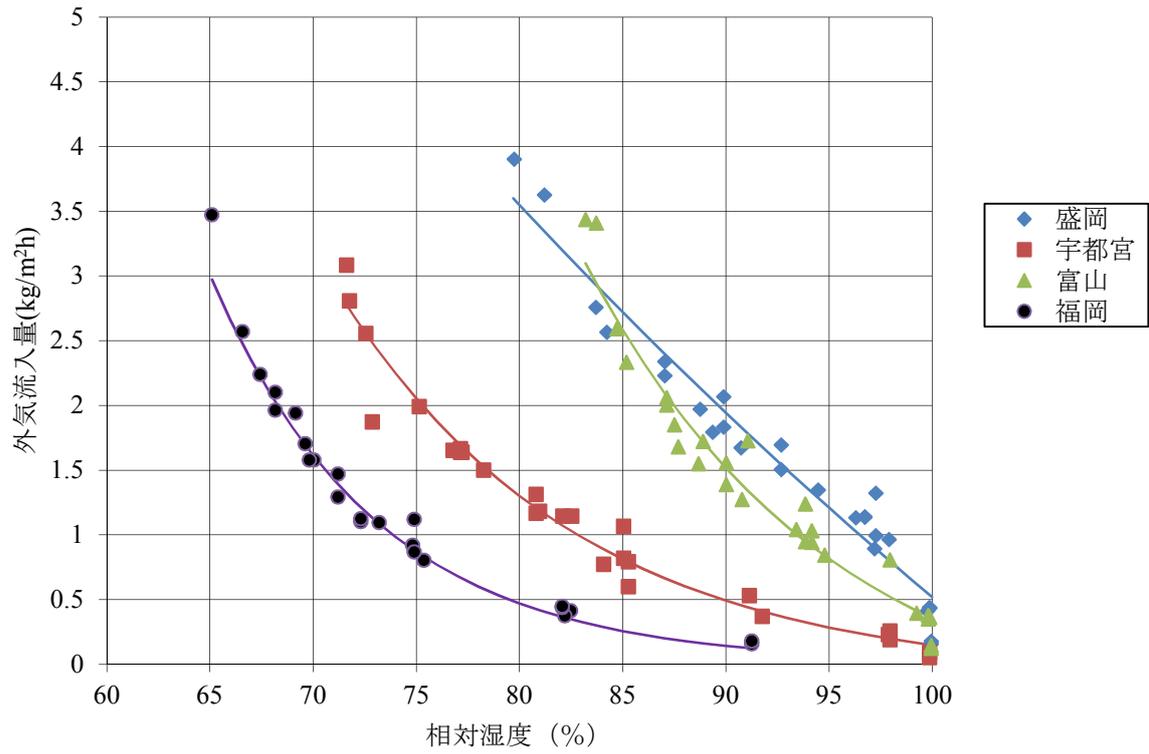


図 14 野地板相対湿度と外気流入量の関係（室内相対湿度 60%，気密区分 Type C）

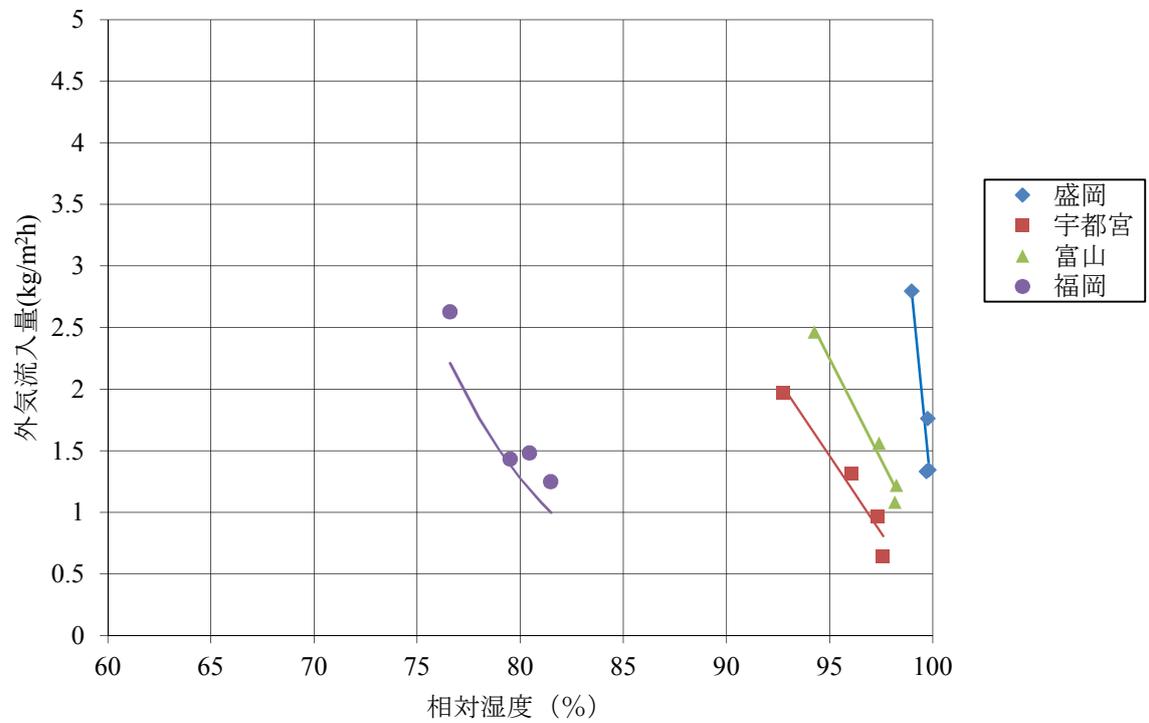


図 15 野地板相対湿度と外気流入量の関係（室内相対湿度 50%，気密区分 Type A）

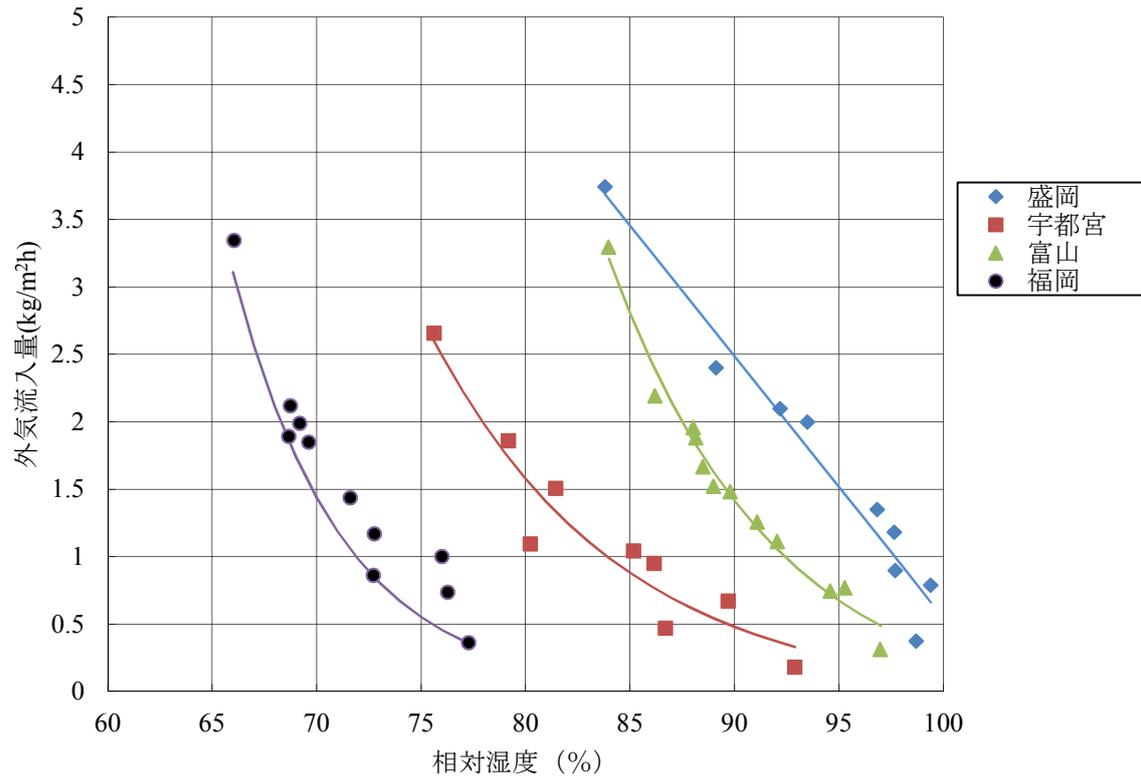


図 16 野地板相対湿度と外気流入量の関係 (室内相対湿度 50%, 気密区分 Type B)

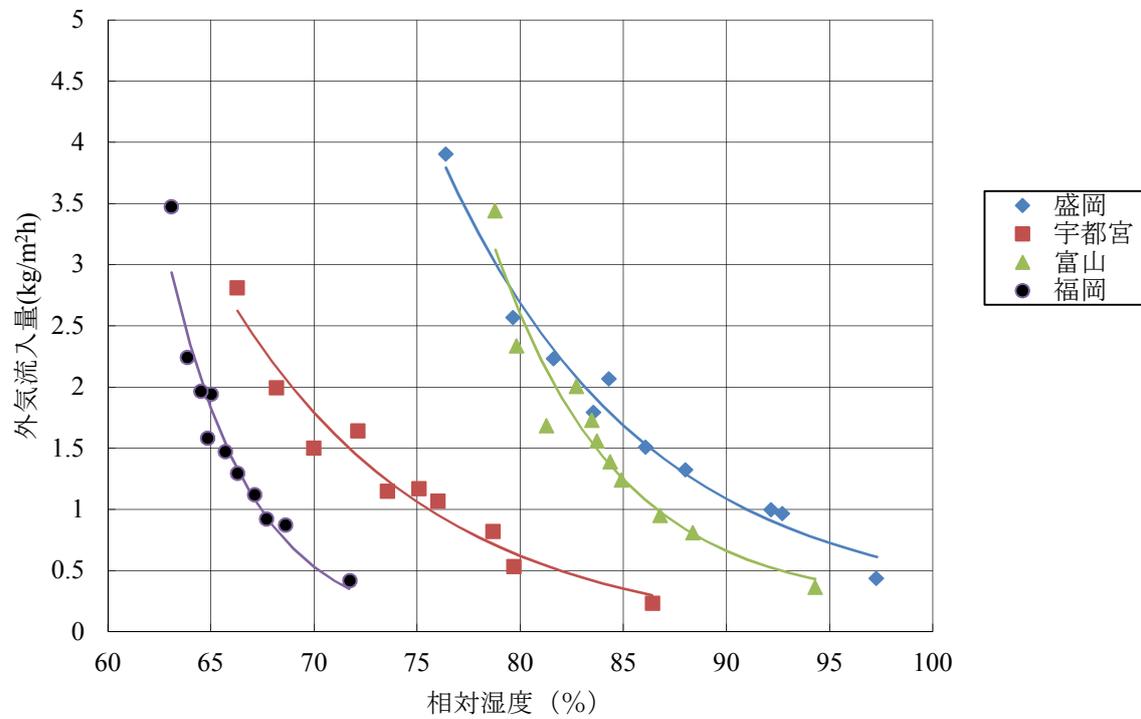


図 17 野地板相対湿度と外気流入量の関係 (室内相対湿度 50%, 気密区分 Type C)

表 12 野地板相対湿度と外気流入量の近似式

室内 相対湿度	天井面の気 密性能	計算地点	近似式*1				
			式の種類*2	変数			
				a	b	c	d
50%	Type A	盛岡	式[6]	169	-1.68	—	—
		宇都宮	式[6]	25.2	-0.25	—	—
		富山	式[6]	33.4	-0.33	—	—
		福岡	式[5]	-0.06	2.65	6.4	75.6
	Type B	盛岡	式[6]	-0.19	19.9	—	—
		宇都宮	式[5]	-0.06	2.67	9.05	75.6
		富山	式[5]	-0.17	3.37	7.91	84.0
		福岡	式[5]	0.01	3.04	5.16	66.1
	Type C	盛岡	式[5]	0.18	3.61	9.82	76.4
		宇都宮	式[5]	-0.06	2.68	9.96	66.3
		富山	式[5]	0.21	2.91	6.00	78.8
		福岡	式[5]	0.01	3.00	4.00	63.0
60%	Type A	盛岡	式[6]	1.49	-14.9	—	—
		宇都宮	式[6]	82	-0.82	—	—
		富山	式[6]	494	-4.93	—	—
		福岡	式[5]	-3.51	6.13	21.8	86.4
	Type B	盛岡	式[6]	25	-0.237	—	—
		宇都宮	式[6]	-2.68	5.23	31.3	80.8
		富山	式[5]	20.7	-0.20	—	—
		福岡	式[5]	-0.18	3.4	10.5	70.4
	Type C	盛岡	式[5]	-10.6	14.2	83.0	79.7
		宇都宮	式[5]	-0.11	2.84	11.7	71.8
		富山	式[5]	-0.51	3.61	11.8	83.2
		福岡	式[5]	-3.51	6.13	21.8	86.4

\*1) 近似式の  $x$  は相対湿度 (%),  $y$  は外気流入量 (kg/m<sup>2</sup>h) である。

\*2) 値の分布状況に応じて、指数曲線近似又は直線近似により回帰した。

$$\text{指数近似式 } y = a + b \cdot e^{-\frac{x-d}{c}} \quad \dots \text{式[5]}$$

$$\text{直線近似式 } y = ax + b \quad \dots \text{式[6]}$$

表 13 外気流入量の算定結果

室内 相対湿度	天井面の気 密性能	計算地点	外気流入量*1 (kg/m <sup>2</sup> h)	
			野地板平均相対湿度 90%	野地板平均相対湿度 98%
			50%	Type A
		宇都宮	2.708	0.707
		富山	3.884	1.260
		福岡	0.222	0.023
	Type B	盛岡	2.484	0.933
		宇都宮	0.479	0.160
		富山	1.413	0.409
		福岡	0.040	0.016
	Type C	盛岡	1.086	0.582
		宇都宮	0.191	0.054
		富山	0.660	0.329
		福岡	0.014	0.010
60%	Type A	盛岡	148.7	29.81
		宇都宮	8.538	1.967
		富山	49.70	10.23
		福岡	1.687	0.091
	Type B	盛岡	3.670	1.774
		宇都宮	1.218	0.339
		富山	2.88	1.296
		福岡	0.346	0.065
	Type C	盛岡	1.943	0.790
		宇都宮	0.492	0.196
		富山	1.516	0.517
		福岡	0.142	0.058

\*1) 表 12 の近似式に野地板の平均相対湿度を代入して求めた外気流入量の値。なお、外挿して求めた値（参考値）は網掛けとした。

表 14 単位天井面積あたりの相当開口面積 $\alpha A_c$ の計算結果（室内側相対湿度 60%）\*1

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	<u>6187</u>	<u>1258</u>	<u>376</u>	104	<u>2083</u>	<u>446</u>	92.4	<u>26.2</u>
		軒→棟換気	<u>2290</u>	<u>471</u>	<u>145</u>	44.6	<u>775</u>	<u>171</u>	40.3	<u>15.8</u>
		妻換気	<u>14310</u>	<u>2908</u>	<u>867</u>	237	<u>4815</u>	<u>1029</u>	210	<u>56.7</u>
		妻→軒換気	<u>7953</u>	<u>1606</u>	<u>471</u>	120	<u>2668</u>	<u>561</u>	105	<u>19.6</u>
	通気層 あり	軒換気	<u>7104</u>	<u>1431</u>	<u>415</u>	102	<u>2380</u>	<u>496</u>	88.4	<u>12.2</u>
		軒→棟換気	<u>1761</u>	<u>360</u>	<u>109</u>	31.5	<u>594</u>	<u>129</u>	28.2	<u>9.38</u>
		妻換気	<u>17630</u>	<u>3535</u>	<u>1013</u>	234	<u>5893</u>	<u>1213</u>	200	<u>11.1</u>
		妻→軒換気	<u>9918</u>	<u>2029</u>	<u>617</u>	181	<u>3349</u>	<u>729</u>	162	<u>56.2</u>
		片流れ	<u>3262</u>	<u>673</u>	<u>210</u>	67.1	<u>1106</u>	<u>247</u>	61.0	<u>26.2</u>
		気密 Type B	通気層 なし	軒換気	110	55.7	39.6	14.2	87.6	41.8
軒→棟換気	47.0			23.8	16.9	6.19	37.3	17.9	6.27	<u>4.34</u>
妻換気	167			85.3	61.5	23.7	133	64.8	24.0	<u>12.0</u>
妻+軒	105			53.3	38.2	14.3	83.3	40.3	14.5	<u>6.86</u>
通気層 あり	軒換気		89.0	27.6	10.0	10.0	63.4	12.2	10.0	<u>10.0</u>
	軒→棟換気		45.5	18.7	10.9	4.34	34.4	12.0	4.34	<u>4.34</u>
	妻換気		155	52.5	22.4	8.33	112	26.6	8.33	<u>8.33</u>
	妻→軒換気		109	45.2	26.6	5.56	82.2	29.2	5.56	<u>5.56</u>
	片流れ		61.4	26.7	16.6	10.0	46.9	18.0	10.0	<u>10.0</u>
	気密 Type C		通気層 なし	軒換気	58.8	25.6	17.0	10.0	46.5	17.7
軒→棟換気		24.6		10.4	6.7	4.34	19.3	7.03	4.34	<u>4.34</u>
妻換気		83.2		37.9	26.2	14.5	66.4	27.1	12.4	<u>9.08</u>
妻→軒換気		50.8		23.2	16.0	8.88	40.6	16.6	7.59	<u>5.59</u>
通気層 あり		軒換気	26.7	10.0	10.0	10.0	13.6	10.0	10.0	<u>10.0</u>
		軒→棟換気	19.2	4.34	4.34	4.34	13.0	4.34	4.34	<u>4.34</u>
		妻換気	49.3	8.33	8.33	8.33	28.7	8.33	8.33	<u>8.33</u>
		妻→軒換気	40.2	5.83	5.56	5.56	27.4	5.56	5.56	<u>5.56</u>
		片流れ	25.5	10.0	10.0	10.0	17.8	10.0	10.0	<u>10.0</u>

注\*1) 表-11 に示す下限値とした値は赤いセルとし、表-14 にて外気流入量を参考値とした値には下線を示した。

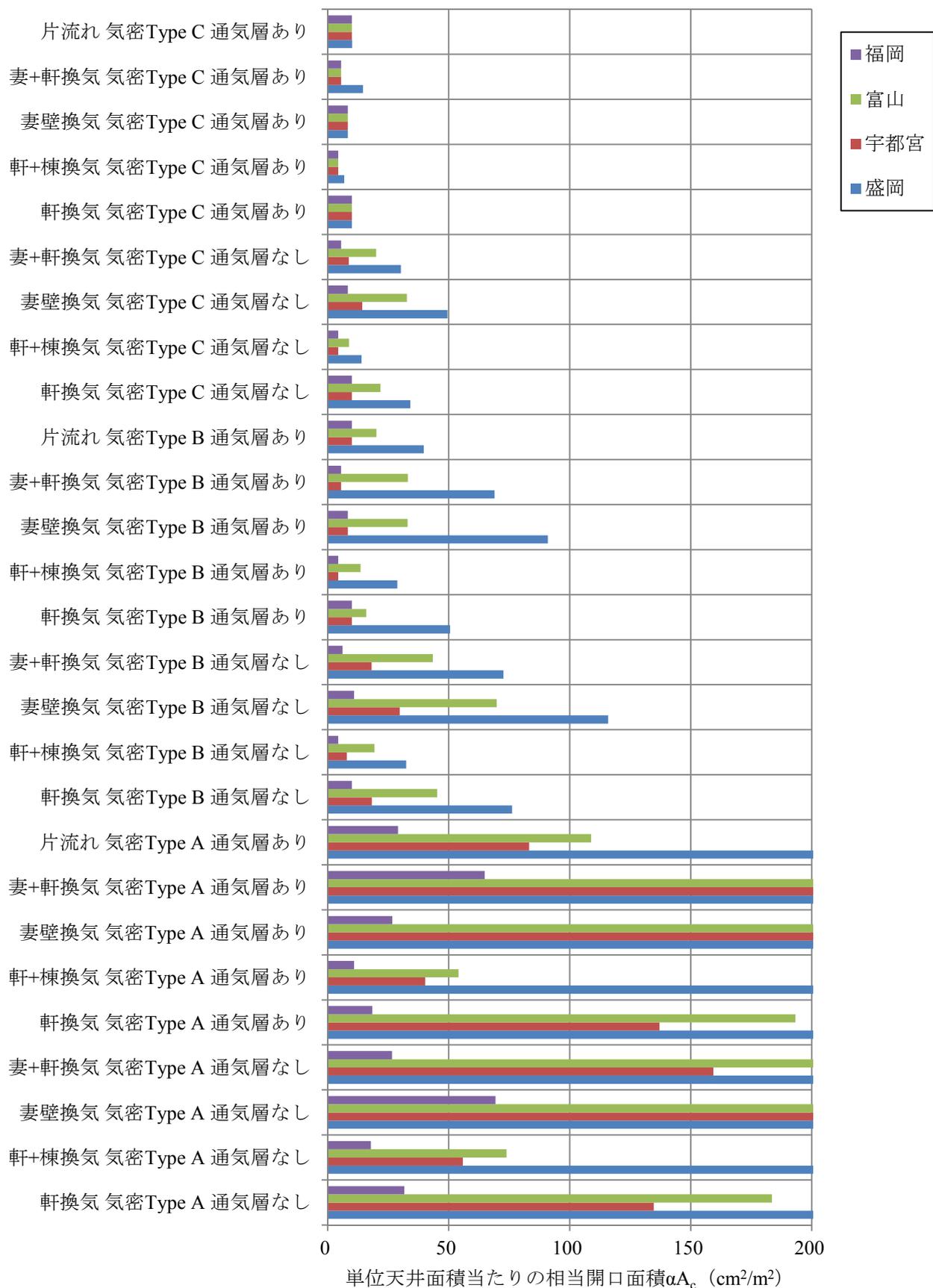


図 18 単位天井面積あたりの相当開口面積計算結果 (室内相対湿度 50%、野地板含水率 90%)

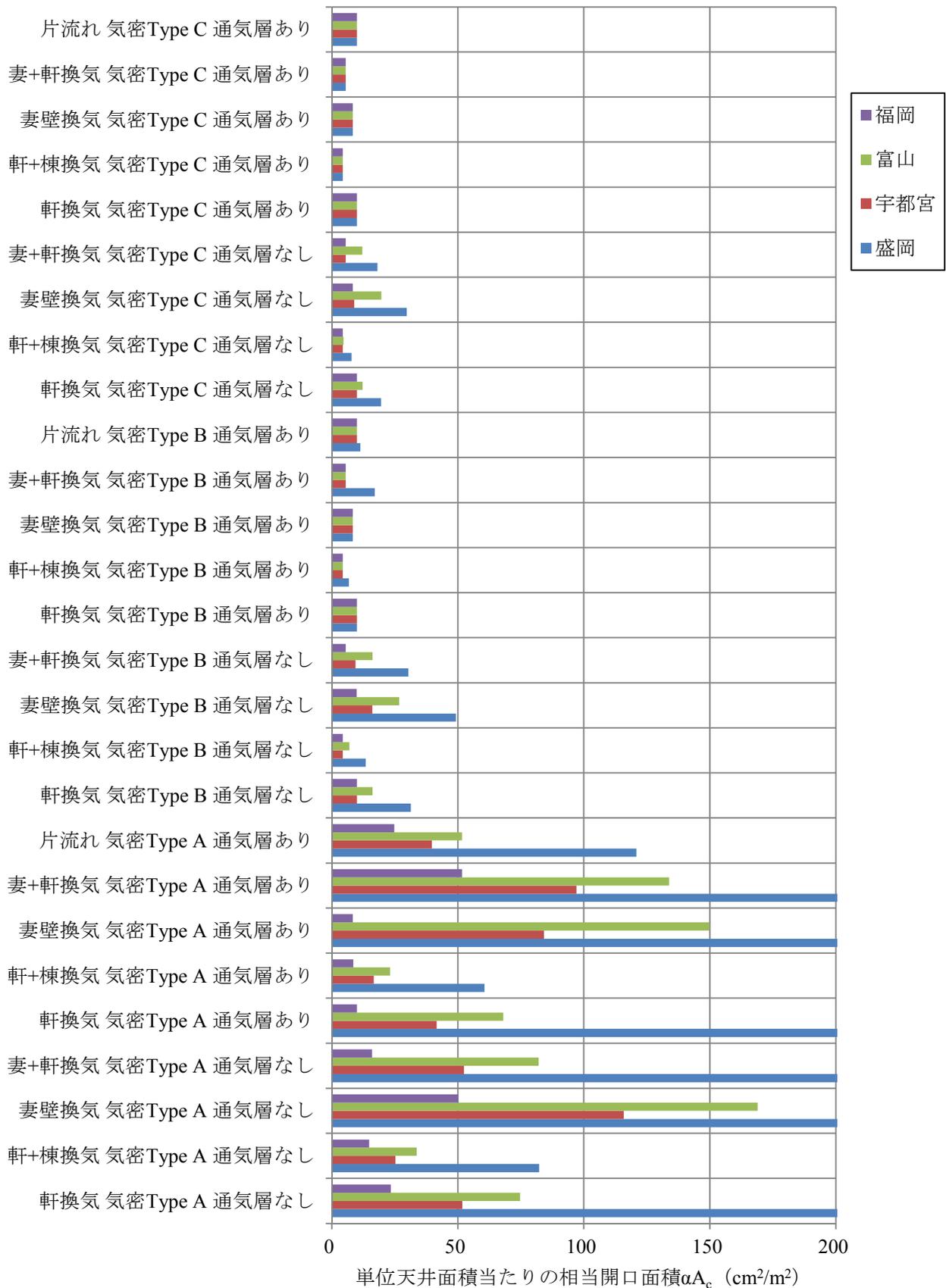


図 19 単位天井面積あたりの相当開口面積計算結果（室内相対湿度 50%、野地板含水率 98%）

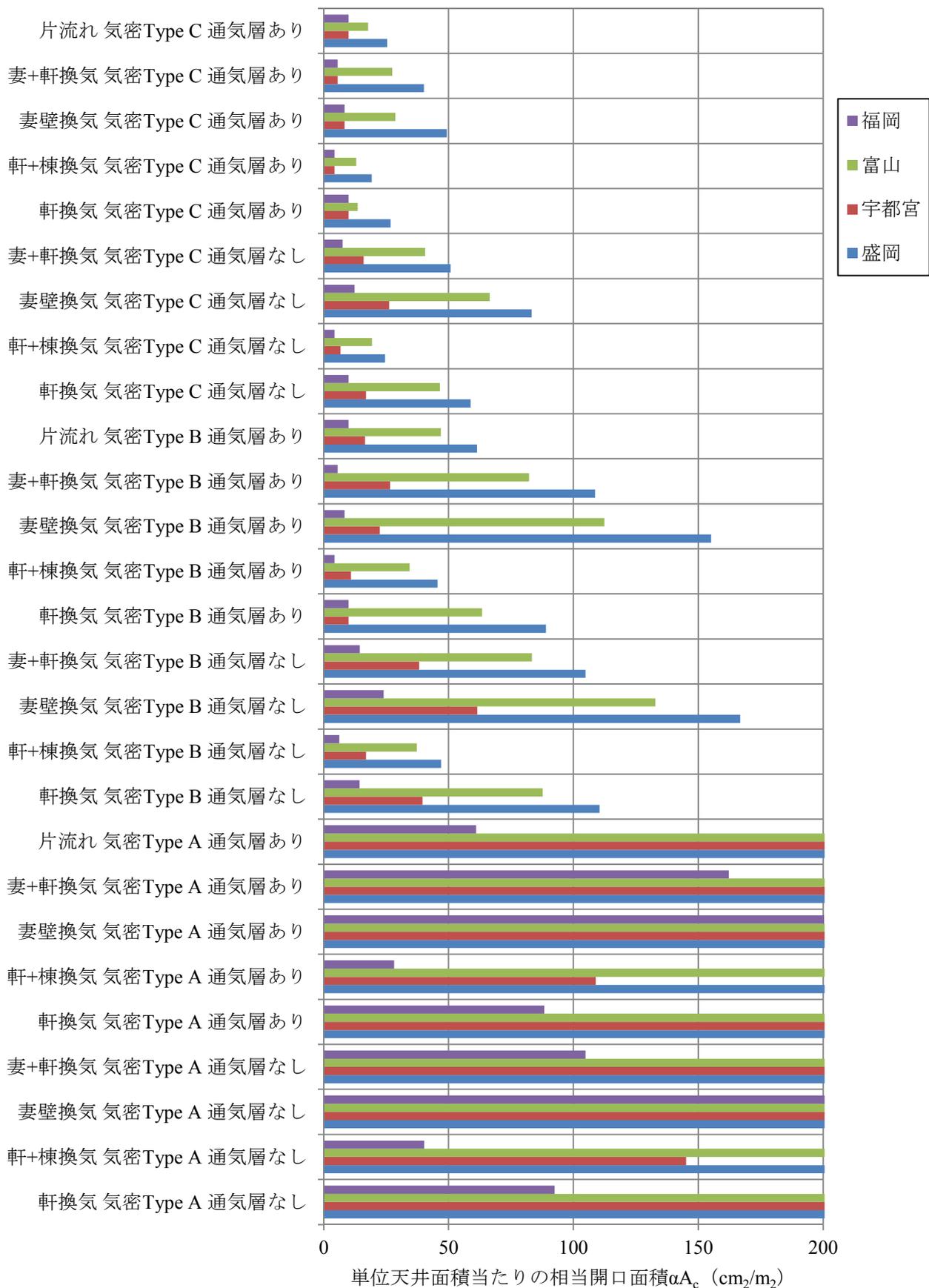


図 20 単位天井面積あたりの相当開口面積計算結果（室内相対湿度 60%、野地板含水率 90%）

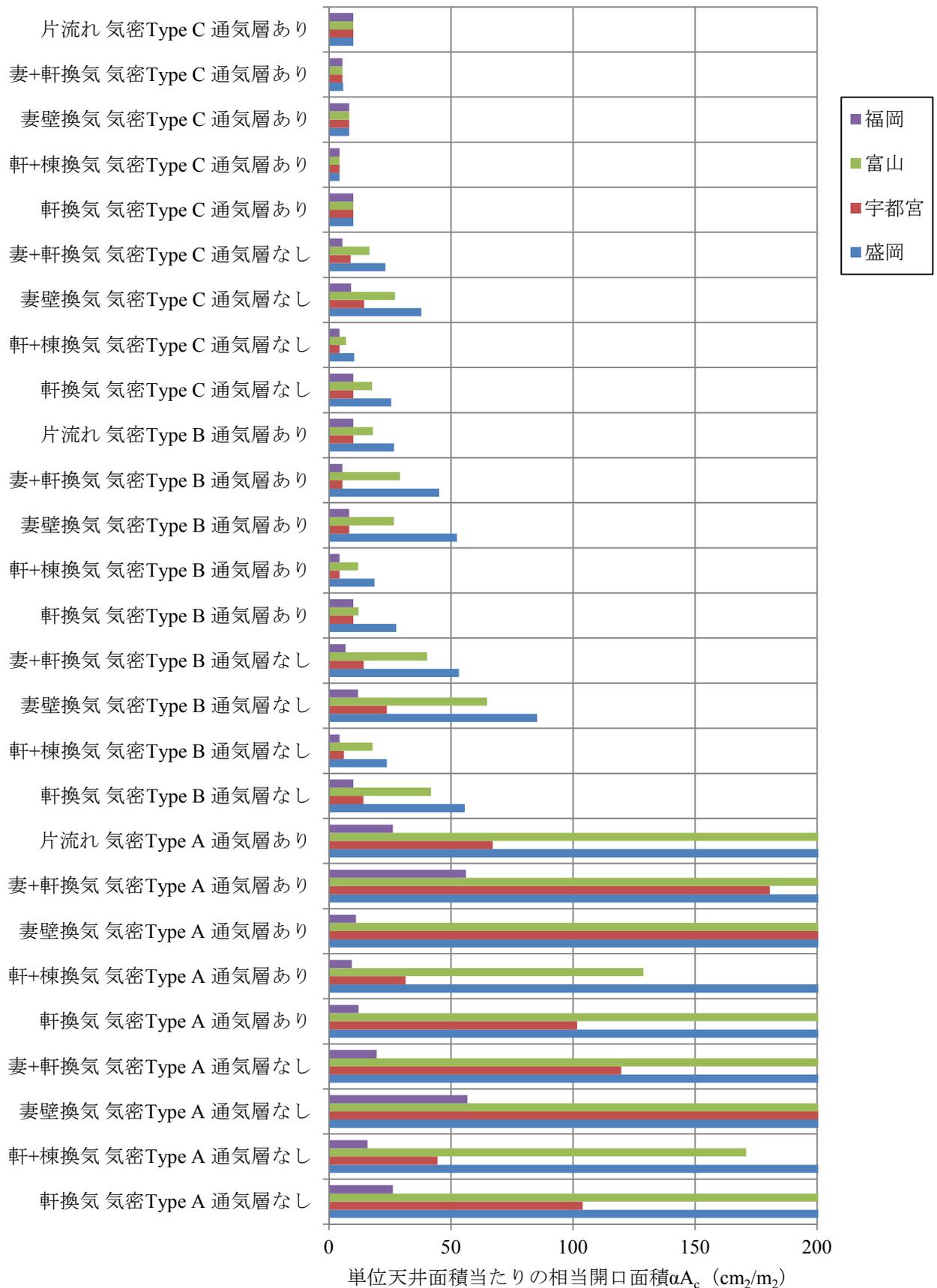


図 21 単位天井面積あたりの相当開口面積計算結果（室内相対湿度 60%、野地板含水率 98%）

表 15 係数  $f_{R,\alpha 1}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type A)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	<u>13</u>	<u>48</u>	<u>74</u>	<u>193</u>	<u>54</u>	133	<u>315</u>	<u>427</u>	
		軒棟	軒換気	<u>55</u>	<u>194</u>	<u>285</u>	<u>632</u>	<u>216</u>	474	<u>896</u>	<u>1080</u>
			棟換気	<u>96</u>	<u>339</u>	<u>499</u>	<u>1106</u>	<u>378</u>	829	<u>1568</u>	<u>1890</u>
		妻軒	妻換気	<u>5</u>	<u>21</u>	<u>32</u>	<u>86</u>	<u>23</u>	59	<u>144</u>	<u>199</u>
			妻換気	<u>20</u>	<u>78</u>	<u>124</u>	<u>380</u>	<u>90</u>	242	<u>750</u>	<u>1252</u>
			軒換気	<u>20</u>	<u>78</u>	<u>124</u>	<u>380</u>	<u>90</u>	242	<u>750</u>	<u>1252</u>
		通気層 あり	軒換気	<u>11</u>	<u>45</u>	<u>72</u>	<u>240</u>	<u>51</u>	147	<u>542</u>	<u>1000</u>
	軒棟		軒換気	<u>72</u>	<u>264</u>	<u>397</u>	<u>960</u>	<u>295</u>	690	<u>1464</u>	<u>1866</u>
			棟換気	<u>126</u>	<u>462</u>	<u>695</u>	<u>1680</u>	<u>516</u>	1207	<u>2562</u>	<u>3265</u>
	妻軒		妻換気	<u>4</u>	<u>19</u>	<u>31</u>	<u>118</u>	<u>21</u>	66	<u>375</u>	<u>1200</u>
			妻換気	<u>16</u>	<u>58</u>	<u>86</u>	<u>206</u>	<u>64</u>	148	<u>308</u>	<u>386</u>
			軒換気	<u>16</u>	<u>58</u>	<u>86</u>	<u>206</u>	<u>64</u>	148	<u>308</u>	<u>386</u>
	軒換気		<u>24</u>	<u>82</u>	<u>120</u>	<u>252</u>	<u>91</u>	193	<u>343</u>	<u>403</u>	
	片流れ	<u>13</u>	<u>48</u>	<u>74</u>	<u>193</u>	<u>54</u>	133	<u>315</u>	<u>427</u>		

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 16 係数  $f_{R,\alpha 1}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type B)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type B	通気層 なし	軒換気	131	318	547	<u>1000</u>	221	<u>616</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	
		軒棟	軒換気	493	1188	2023	<u>3687</u>	828	<u>2271</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>
			棟換気	863	2078	3540	<u>6452</u>	1448	<u>3974</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>
		妻軒	妻換気	86	203	335	<u>622</u>	143	<u>373</u>	<u>919</u>	<u>1012</u>
			妻換気	274	656	1104	<u>2118</u>	458	<u>1234</u>	<u>3246</u>	<u>3600</u>
			軒換気	274	656	1104	<u>2118</u>	458	<u>1234</u>	<u>3246</u>	<u>3600</u>
		通気層 あり	軒換気	197	1000	1000	<u>1000</u>	626	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>
	軒棟		軒換気	556	2335	3687	<u>3687</u>	1173	<u>3687</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>
			棟換気	972	4086	6452	<u>6452</u>	2053	<u>6452</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>
	妻軒		妻換気	109	1200	1200	<u>1200</u>	303	<u>1200</u>	<u>1200</u>	<u>1200</u>
			妻換気	288	1172	3600	<u>3600</u>	602	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
			軒換気	288	1172	3600	<u>3600</u>	602	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
	軒換気		251	880	1000	<u>1000</u>	496	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	
	片流れ	131	318	547	<u>1000</u>	221	<u>616</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>		

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 17 係数  $f_{R, \alpha I}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type C)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡				
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%			
気密 Type C	通気層 なし	軒換気		293	<u>511</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	458	<u>816</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	
		軒棟	軒換気		1141	<u>2044</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>	1821	<u>3397</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>
			棟換気		1997	<u>3576</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>	3187	<u>5945</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>
		妻換気		202	<u>336</u>	<u>700</u>	<u>1125</u>	305	<u>507</u>	<u>1200</u>	<u>1200</u>	
		妻軒	妻換気		660	<u>1100</u>	<u>2282</u>	<u>3600</u>	998	<u>1654</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
			軒換気		660	<u>1100</u>	<u>2282</u>	<u>3600</u>	998	<u>1654</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
	通気層 あり	軒換気		1000	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	1000	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	
		軒棟	軒換気		2349	<u>3687</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>	3687	<u>3687</u>	<u>3687</u>	<u>3687</u>
			棟換気		4111	<u>6452</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>	6452	<u>6452</u>	<u>6452</u>	<u>6452</u>
		妻換気		1200	<u>1200</u>	<u>1200</u>	<u>1200</u>	1200	<u>1200</u>	<u>1200</u>	<u>1200</u>	
		妻軒	妻換気		1366	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>	3600	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
			軒換気		1366	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>	3600	<u>3600</u>	<u>3600</u>	<u>3600</u>
	片流れ		984	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	1000	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	<u>1000</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 18 係数  $f_{R, \alpha I}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type A)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡				
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%			
気密 Type A	通気層 なし	軒換気		<u>1</u>	<u>7</u>	<u>26</u>	96	<u>4</u>	<u>22</u>	108	<u>381</u>	
		軒棟	軒換気		<u>7</u>	<u>34</u>	<u>109</u>	359	<u>20</u>	<u>93</u>	397	<u>1010</u>
			棟換気		<u>12</u>	<u>59</u>	<u>191</u>	628	<u>34</u>	<u>163</u>	695	<u>1767</u>
		妻換気		<u>0</u>	<u>3</u>	<u>11</u>	42	<u>2</u>	<u>9</u>	47	<u>176</u>	
		妻軒	妻換気		<u>2</u>	<u>12</u>	<u>42</u>	166	<u>6</u>	<u>34</u>	190	<u>1020</u>
			軒換気		<u>2</u>	<u>12</u>	<u>42</u>	166	<u>6</u>	<u>34</u>	190	<u>1020</u>
	通気層 あり	軒換気		<u>1</u>	<u>6</u>	<u>24</u>	98	<u>4</u>	<u>20</u>	113	<u>821</u>	
		軒棟	軒換気		<u>8</u>	<u>44</u>	<u>146</u>	508	<u>26</u>	<u>124</u>	567	<u>1706</u>
			棟換気		<u>14</u>	<u>76</u>	<u>255</u>	888	<u>45</u>	<u>216</u>	992	<u>2985</u>
		妻換気		<u>0</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	42	<u>1</u>	<u>8</u>	49	<u>901</u>	
		妻軒	妻換気		<u>2</u>	<u>8</u>	<u>32</u>	110	<u>4</u>	<u>26</u>	122	<u>356</u>
			軒換気		<u>2</u>	<u>8</u>	<u>32</u>	110	<u>4</u>	<u>26</u>	122	<u>356</u>
	片流れ		<u>3</u>	<u>14</u>	<u>47</u>	149	<u>9</u>	<u>40</u>	163	<u>381</u>		

注) 下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 19 係数  $f_{R, \alpha 4}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type B)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡			
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%		
気密 Type B	通気層 なし	軒換気		90	179	252	704	114	238	694	<u>1000</u>
		軒棟	軒換気	340	672	943	2586	429	893	2551	<u>3687</u>
			棟換気	594	1176	1650	4525	751	1563	4464	<u>6452</u>
		妻換気		59	117	162	421	75	154	416	<u>834</u>
		妻軒	妻換気	190	374	522	1398	240	496	1380	<u>2914</u>
			軒換気	190	374	522	1398	240	496	1380	<u>2914</u>
	通気層 あり	軒換気		112	362	1000	1000	157	822	1000	<u>1000</u>
		軒棟	軒換気	351	853	1471	3687	464	1335	3687	<u>3687</u>
			棟換気	614	1493	2574	6452	812	2336	6452	<u>6452</u>
		妻換気		64	190	445	1200	89	375	1200	<u>1200</u>
		妻軒	妻換気	184	442	752	3600	242	684	3600	<u>3600</u>
			軒換気	184	442	752	3600	242	684	3600	<u>3600</u>
	片流れ		162	374	603	1000	213	555	1000	<u>1000</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 20 係数  $f_{R, \alpha 4}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type C)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡			
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%		
気密 Type C	通気層 なし	軒換気		170	391	589	1000	215	565	1000	<u>1000</u>
		軒棟	軒換気	652	1540	2380	3687	828	2277	3687	<u>3687</u>
			棟換気	1140	2694	4164	6452	1448	3985	6452	<u>6452</u>
		妻換気		120	264	382	690	150	368	808	<u>1100</u>
		妻軒	妻換気	392	862	1248	2250	492	1204	2634	<u>3576</u>
			軒換気	392	862	1248	2250	492	1204	2634	<u>3576</u>
	通気層 あり	軒換気		374	1000	1000	1000	737	1000	1000	<u>1000</u>
		軒棟	軒換気	832	3687	3687	3687	1228	3687	3687	<u>3687</u>
			棟換気	1456	6452	6452	6452	2148	6452	6452	<u>6452</u>
		妻換気		203	1200	1200	1200	348	1200	1200	<u>1200</u>
		妻軒	妻換気	498	3428	3600	3600	728	3600	3600	<u>3600</u>
			軒換気	498	3428	3600	3600	728	3600	3600	<u>3600</u>
	片流れ		392	1000	1000	1000	560	1000	1000	<u>1000</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 21 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type A)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡			
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%		
気密 Type A	通気層 なし	軒換気		<u>5</u>	<u>19</u>	<u>29</u>	<u>77</u>	<u>21</u>	53	<u>126</u>	<u>170</u>
		軒棟	軒換気	<u>22</u>	<u>77</u>	<u>114</u>	<u>252</u>	<u>86</u>	189	<u>358</u>	<u>432</u>
			棟換気	<u>19</u>	<u>67</u>	<u>99</u>	<u>221</u>	<u>75</u>	165	<u>313</u>	<u>378</u>
		妻換気		<u>2</u>	<u>8</u>	<u>12</u>	<u>34</u>	<u>9</u>	23	<u>57</u>	<u>79</u>
		妻軒	妻換気	<u>8</u>	<u>31</u>	<u>49</u>	<u>152</u>	<u>36</u>	96	<u>300</u>	<u>500</u>
			軒換気	<u>8</u>	<u>31</u>	<u>49</u>	<u>152</u>	<u>36</u>	96	<u>300</u>	<u>500</u>
	通気層 あり	軒換気		<u>4</u>	<u>18</u>	<u>28</u>	<u>96</u>	<u>20</u>	58	<u>216</u>	<u>400</u>
		軒棟	軒換気	<u>28</u>	<u>105</u>	<u>158</u>	<u>384</u>	<u>118</u>	276	<u>585</u>	<u>746</u>
			棟換気	<u>25</u>	<u>92</u>	<u>139</u>	<u>336</u>	<u>103</u>	241	<u>512</u>	<u>653</u>
		妻換気		<u>1</u>	<u>7</u>	<u>12</u>	<u>47</u>	<u>8</u>	26	<u>150</u>	<u>480</u>
		妻軒	妻換気	<u>6</u>	<u>23</u>	<u>34</u>	<u>82</u>	<u>25</u>	59	<u>123</u>	<u>154</u>
			軒換気	<u>6</u>	<u>23</u>	<u>34</u>	<u>82</u>	<u>25</u>	59	<u>123</u>	<u>154</u>
	片流れ		<u>9</u>	<u>32</u>	<u>48</u>	<u>100</u>	<u>36</u>	77	<u>137</u>	<u>161</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 22 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type B)

計算地点		盛岡		宇都宮		富山		福岡			
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%		
気密 Type B	通気層 なし	軒換気		52	127	218	<u>400</u>	88	<u>246</u>	<u>400</u>	<u>400</u>
		軒棟	軒換気	197	475	809	<u>1474</u>	331	<u>908</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>
			棟換気	172	415	708	<u>1290</u>	289	<u>794</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>
		妻換気		34	81	134	<u>248</u>	57	<u>149</u>	<u>367</u>	<u>404</u>
		妻軒	妻換気	109	262	441	<u>847</u>	183	<u>493</u>	<u>1298</u>	<u>1440</u>
			軒換気	109	262	441	<u>847</u>	183	<u>493</u>	<u>1298</u>	<u>1440</u>
	通気層 あり	軒換気		78	400	400	<u>400</u>	250	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>
		軒棟	軒換気	222	934	1474	<u>1474</u>	469	<u>1474</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>
			棟換気	194	817	1290	<u>1290</u>	410	<u>1290</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>
		妻換気		43	480	480	<u>480</u>	121	<u>480</u>	<u>480</u>	<u>480</u>
		妻軒	妻換気	115	468	1440	<u>1440</u>	240	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
			軒換気	115	468	1440	<u>1440</u>	240	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
	片流れ		100	352	400	<u>400</u>	198	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 23 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 50% 気密 Type C)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type C	通気層 なし	軒換気	117	<u>204</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	183	<u>326</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	
		軒棟	軒換気	456	<u>817</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>	728	<u>1358</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>
			棟換気	399	<u>715</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>	637	<u>1189</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>
		妻換気	80	<u>134</u>	<u>280</u>	<u>450</u>	122	<u>202</u>	<u>480</u>	<u>480</u>	
		妻軒	妻換気	264	<u>440</u>	<u>912</u>	<u>1440</u>	399	<u>661</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
			軒換気	264	<u>440</u>	<u>912</u>	<u>1440</u>	399	<u>661</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
		軒換気	400	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	400	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	
	通気層 あり	軒棟	軒換気	939	<u>1474</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>	1474	<u>1474</u>	<u>1474</u>	<u>1474</u>
			棟換気	822	<u>1290</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>	1290	<u>1290</u>	<u>1290</u>	<u>1290</u>
		妻換気	480	<u>480</u>	<u>480</u>	<u>480</u>	480	<u>480</u>	<u>480</u>	<u>480</u>	
		妻軒	妻換気	546	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>	1440	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
			軒換気	546	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>	1440	<u>1440</u>	<u>1440</u>	<u>1440</u>
		片流れ	393	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	400	<u>400</u>	<u>400</u>	<u>400</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 24 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type A)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>10</u>	38	<u>1</u>	<u>8</u>	43	<u>152</u>	
		軒棟	軒換気	<u>2</u>	<u>13</u>	<u>43</u>	143	<u>8</u>	<u>37</u>	158	<u>404</u>
			棟換気	<u>2</u>	<u>11</u>	<u>38</u>	125	<u>6</u>	<u>32</u>	139	<u>353</u>
		妻換気	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>4</u>	16	<u>0</u>	<u>3</u>	18	<u>70</u>	
		妻軒	妻換気	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>16</u>	66	<u>2</u>	<u>13</u>	76	<u>408</u>
			軒換気	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>16</u>	66	<u>2</u>	<u>13</u>	76	<u>408</u>
		軒換気	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	39	<u>1</u>	<u>8</u>	45	<u>328</u>	
	通気層 あり	軒棟	軒換気	<u>3</u>	<u>17</u>	<u>58</u>	203	<u>10</u>	<u>49</u>	226	<u>682</u>
			棟換気	<u>2</u>	<u>15</u>	<u>51</u>	177	<u>9</u>	<u>43</u>	198	<u>597</u>
		妻換気	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>3</u>	16	<u>0</u>	<u>3</u>	19	<u>360</u>	
		妻軒	妻換気	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>12</u>	44	<u>1</u>	<u>10</u>	48	<u>142</u>
			軒換気	<u>0</u>	<u>3</u>	<u>12</u>	44	<u>1</u>	<u>10</u>	48	<u>142</u>
		片流れ	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>18</u>	59	<u>3</u>	<u>16</u>	65	<u>152</u>	

注) 下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 25 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type B)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type B	通気層 なし	軒換気	36	71	100	281	45	95	277	<u>400</u>	
		軒棟	軒換気	136	268	377	1034	171	357	1020	<u>1474</u>
			棟換気	118	235	330	905	150	312	892	<u>1290</u>
		妻換気	23	46	64	168	30	61	166	<u>333</u>	
		妻軒	妻換気	76	149	208	559	96	198	552	<u>1165</u>
			軒換気	76	149	208	559	96	198	552	<u>1165</u>
	通気層 あり	軒換気	44	144	400	400	62	328	400	<u>400</u>	
		軒棟	軒換気	140	341	588	1474	185	534	1474	<u>1474</u>
			棟換気	122	298	514	1290	162	467	1290	<u>1290</u>
		妻換気	25	76	178	480	35	150	480	<u>480</u>	
		妻軒	妻換気	73	176	300	1440	96	273	1440	<u>1440</u>
			軒換気	73	176	300	1440	96	273	1440	<u>1440</u>
		片流れ	64	149	241	400	85	222	400	<u>400</u>	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 26 係数  $f_{R,A}$  算定結果 (室内側相対湿度 60% 気密 Type C)

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡		
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%	
気密 Type C	通気層 なし	軒換気	68	156	235	400	86	226	400	<u>400</u>	
		軒棟	軒換気	260	616	952	1474	331	910	1474	<u>1474</u>
			棟換気	228	538	832	1290	289	797	1290	<u>1290</u>
		妻換気	48	105	152	276	60	147	323	<u>440</u>	
		妻軒	妻換気	156	344	499	900	196	481	1053	<u>1430</u>
			軒換気	156	344	499	900	196	481	1053	<u>1430</u>
	通気層 あり	軒換気	149	400	400	400	294	400	400	<u>400</u>	
		軒棟	軒換気	332	1474	1474	1474	491	1474	1474	<u>1474</u>
			棟換気	291	1290	1290	1290	429	1290	1290	<u>1290</u>
		妻換気	81	480	480	480	139	480	480	<u>480</u>	
		妻軒	妻換気	199	1371	1440	1440	291	1440	1440	<u>1440</u>
			軒換気	199	1371	1440	1440	291	1440	1440	<u>1440</u>
		片流れ	156	400	400	400	224	400	400	400	

注) 赤色の欄は下限値を示す。下線の値は表-14にて外気流入量を参考値とした値である。

表 27 評価方法基準と係数  $f_{R,A}$  との比較（室内側相対湿度 50%）\*1

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡	
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	50.0	13.2	8.6	3.2	11.9	4.7	2.0	1.5
		軒→棟換気	25.0	16.0	4.7	2.1	6.3	2.8	1.5	1.2
		妻換気	125.0	37.5	20.8	7.4	27.8	10.9	4.4	3.2
		妻→軒換気	62.5	30.0	10.4	3.3	13.9	5.2	1.7	1.0
	通気層 あり	軒換気	62.5	13.9	8.9	2.6	12.5	4.3	1.2	0.6
		軒→棟換気	19.2	11.8	3.4	1.4	4.5	1.9	0.9	0.7
		妻換気	250.0	42.9	20.8	5.3	31.3	9.6	1.7	0.5
		妻→軒換気	83.3	40.9	14.7	6.1	20.8	8.6	4.1	3.2
		片流れ	27.8	7.8	5.2	2.5	6.9	3.2	1.8	1.6
気密 Type B	通気層 なし	軒換気	4.8	2.0	1.1	0.6	2.8	1.0	0.6	0.6
		軒→棟換気	2.7	2.6	0.7	0.4	1.6	0.6	0.4	0.4
		妻換気	7.4	3.7	1.9	1.0	4.4	1.7	0.7	0.6
		妻+軒	4.6	3.4	1.1	0.6	2.7	1.0	0.4	0.3
	通気層 あり	軒換気	3.2	0.6	0.6	0.6	1.0	0.6	0.6	0.6
		軒→棟換気	2.4	1.3	0.4	0.4	1.1	0.4	0.4	0.4
		妻換気	5.8	0.6	0.5	0.5	2.1	0.5	0.5	0.5
		妻→軒換気	4.4	1.9	0.3	0.3	2.1	0.3	0.3	0.3
		片流れ	2.5	0.7	0.6	0.6	1.3	0.6	0.6	0.6
気密 Type C	通気層 なし	軒換気	2.1	1.2	0.6	0.6	1.4	0.8	0.6	0.6
		軒→棟換気	1.2	1.5	0.4	0.4	0.7	0.4	0.4	0.4
		妻換気	3.1	2.2	0.9	0.6	2.0	1.2	0.5	0.5
		妻→軒換気	1.9	2.0	0.5	0.3	1.3	0.8	0.3	0.3
	通気層 あり	軒換気	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
		軒→棟換気	0.6	0.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
		妻換気	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
		妻→軒換気	0.9	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
		片流れ	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

注\*1) 緑色の欄は、現行基準より厳しくなる場合を示す。

表 28 評価方法基準と係数  $f_{R,A}$  との比較 (室内側相対湿度 60%) \*1

計算地点			盛岡		宇都宮		富山		福岡	
野地板平均相対湿度			90%	98%	90%	98%	90%	98%	90%	98%
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	-	125.0	25.0	6.6	250.0	31.3	5.8	1.6
		軒→棟換気	250.0	96.0	12.5	3.7	83.3	14.7	3.4	1.3
		妻換気	-	300.0	62.5	15.6	-	83.3	13.9	3.6
		妻→軒換気	-	225.0	31.3	7.6	250.0	41.7	6.6	1.2
	通気層 あり	軒換気	-	125.0	27.8	6.4	250.0	31.3	5.6	0.8
		軒→棟換気	250.0	72.0	9.3	2.6	62.5	10.9	2.4	0.8
		妻換気	-	-	83.3	15.6	-	83.3	13.2	0.7
		妻→軒換気	-	450.0	41.7	11.4	-	50.0	10.4	3.5
		片流れ	250.0	50.0	13.9	4.2	83.3	15.6	3.8	1.6
	気密 Type B	通気層 なし	軒換気	6.9	3.5	2.5	0.9	5.6	2.6	0.9
軒→棟換気			4.0	4.6	1.4	0.5	3.1	1.5	0.5	0.4
妻換気			10.9	6.5	3.9	1.5	8.3	4.1	1.5	0.8
妻+軒			6.6	6.1	2.4	0.9	5.2	2.5	0.9	0.4
通気層 あり		軒換気	5.7	1.7	0.6	0.6	4.0	0.8	0.6	0.6
		軒→棟換気	3.8	3.6	0.9	0.4	2.9	1.0	0.4	0.4
		妻換気	10.0	3.9	1.4	0.5	7.1	1.7	0.5	0.5
		妻→軒換気	6.9	5.1	1.7	0.3	5.2	1.8	0.3	0.3
		片流れ	3.9	1.7	1.0	0.6	2.9	1.1	0.6	0.6
気密 Type C		通気層 なし	軒換気	3.7	1.6	1.1	0.6	2.9	1.1	0.6
	軒→棟換気		2.0	2.0	0.6	0.4	1.6	0.6	0.4	0.4
	妻換気		5.2	2.9	1.6	0.9	4.2	1.7	0.8	0.6
	妻→軒換気		3.2	2.6	1.0	0.6	2.6	1.0	0.5	0.3
	通気層 あり	軒換気	1.7	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6	0.6
		軒→棟換気	1.6	0.8	0.4	0.4	1.1	0.4	0.4	0.4
		妻換気	3.1	0.6	0.5	0.5	1.8	0.5	0.5	0.5
		妻→軒換気	2.5	0.7	0.3	0.3	1.7	0.3	0.3	0.3
		片流れ	1.6	0.6	0.6	0.6	1.1	0.6	0.6	0.6

注\*1) 緑色の欄は、現行基準より厳しくなる場合を示す。

表 29 北海道基準と係数  $f_{R,a1}$  (盛岡) との比較\*1

室内相対湿度		50%		60%		
野地板平均相対湿度		90%	98%	90%	98%	
気密 Type A	通気層 なし	軒換気	22.3	6.0	290.0	41.4
		軒→棟換気	17.6	5.0	150.0	28.6
		妻換気	58.0	13.8	-	96.7
		妻→軒換気	60.0	15.4	600.0	100.0
	通気層 あり	軒換気	26.4	6.4	290.0	48.3
		軒→棟換気	13.3	3.6	120.0	22.2
		妻換気	72.5	15.3	-	145.0
		妻→軒換気	75.0	20.7	600.0	150.0
		片流れ	12.1	3.5	96.7	20.7
	気密 Type B	通気層 なし	軒換気	2.2	0.9	3.2
軒→棟換気			1.9	0.8	2.8	1.4
妻換気			3.4	1.4	4.9	2.5
妻+軒			4.4	1.8	6.3	3.2
通気層 あり		軒換気	1.5	0.3	2.6	0.8
		軒→棟換気	1.7	0.4	2.7	1.1
		妻換気	2.7	0.2	4.5	1.5
		妻→軒換気	4.2	1.0	6.5	2.7
		片流れ	1.2	0.3	1.8	0.8
気密 Type C		通気層 なし	軒換気	1.0	0.6	1.7
	軒→棟換気		0.8	0.5	1.5	0.6
	妻換気		1.4	0.9	2.4	1.1
	妻→軒換気		1.8	1.1	3.1	1.4
	通気層 あり	軒換気	0.3	0.3	0.8	0.3
		軒→棟換気	0.4	0.3	1.2	0.3
		妻換気	0.2	0.2	1.4	0.2
		妻→軒換気	0.9	0.3	2.4	0.4
		片流れ	0.3	0.3	0.7	0.3

注\*1) 緑色の欄は、現行基準より厳しくなる場合を示す。

## 7.4 気流解析による小屋裏空間の温湿度分布の確認

### 7.4.1 計算概要

これまで検討した小屋裏空間のシミュレーションでは、1年に亘る非定常計算を行うため、空間を1質点で代表する換気回路網により計算を行ったが、空間内の温度及び湿度ムラの考慮はできない。そこで、これまでの検討で得た換気量が生じた際の小屋裏温湿度分布を数値流体解析（CFD解析）によって算出し、その影響を確認する。

計算は標準  $k-\epsilon$  モデルの流体解析ソフト（アドバンスドナレッジ研究所 FlowDesigner）により行った。計算対象は小屋裏空間内部とし、換気口や天井面に流入・流出条件を与え、周壁は表面温度を境界条件として与えた。室内外温湿度は小屋裏湿度が最大となる朝方を想定し、表30に示す条件とした。計算対象モデルを図22に示す。なお、計算メッシュは構造格子（約700万）、解析領域は幅8.48m、奥行10.3m、高さ1.7mとし、速度、温度、水蒸気を連成した定常計算である。

表 30 計算条件

室内空気	外気空気	空気流入量	その他
温度 20[°C] 相対湿度 40[%] 絶対湿度 7.2[g/kgDA]	温度 2[°C] 相対湿度 48[%] 絶対湿度 2.0[g/kgDA]	1) 室内空気：外気=0.5：1.0 室内空気流入量 0.456 [m <sup>3</sup> /min] 外気空気流入量 0.913[m <sup>3</sup> /min] 2) 室内空気：外気=1.0：1.0 室内空気流入量 0.913 [m <sup>3</sup> /min] 外気空気流入量 0.913[m <sup>3</sup> /min]	野地板表面温度：2[°C] 天井面表面温度：6[°C]

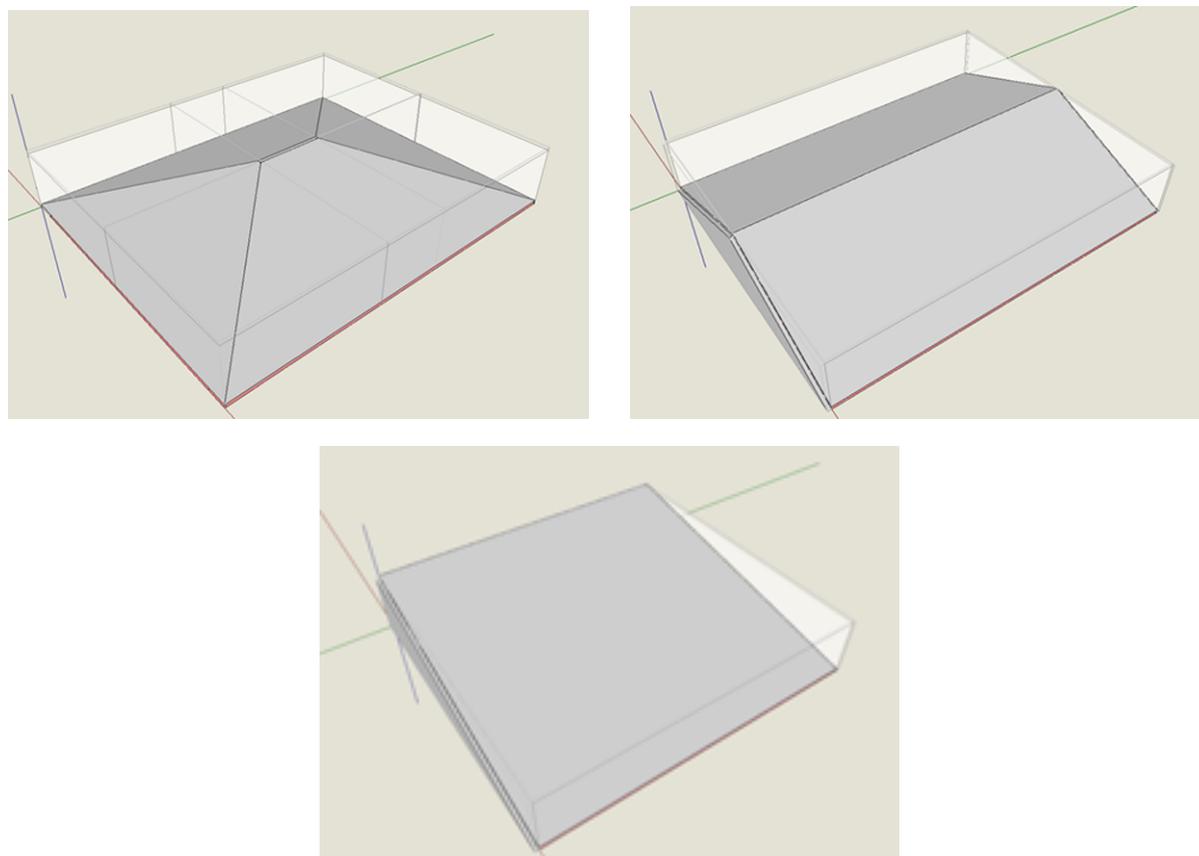


図 22 計算対象モデル（左上：寄棟、右上：切妻、下：片流れ）

境界条件(流入・流出量)【単位: m<sup>3</sup>/min】 ※: ppt上の青色:小屋裏へ流入、緑色:小屋裏から流出

寄棟					
軒		軒+棟		軒+棟	
0.5	1	0.5	1	0.5	1
流入	流出	流入	流出	流入	流出
0.912507	0.456253	0.912507	0.608338	0.912507	0.365003
0.126114	0.456253	0.252229	0.608338	0.273752	0.365003
0.126114	0.456253	0.252229	0.608338	0.126114	0.252229
0.204024		0.408049		0.273752	0.365003
1.368759	1.825014	1.825014	1.368760	1.368760	1.825015

外気流入 0.912507 0.912507 0.912507 0.912507  
 室内流入 0.456252 0.912507 0.456253 0.912508

切妻											
軒		軒+妻		軒+妻		妻		軒+棟		軒+棟	
0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1
流入	流出										
0.912507	0.456253	0.912507	0.608338	0.912507	0.456254	0.912507	0.368760	0.912507	0.273752	0.912507	0.365003
0.126114	0.456253	0.252229	0.608338	0.126114	0.456254	0.126114	0.252228	0.126114	0.273752	0.252229	0.365003
0.126114	0.456253	0.252229	0.608338	0.126114	0.456254	0.126114	0.252228	0.126114	0.273752	0.252229	0.365003
0.204024		0.408049		0.204025		0.204025		0.204025	0.547504	0.408050	0.730006
1.368759	1.825014	1.825014	1.368760	1.368760	1.825015	1.368760	1.368760	1.825010	1.368760	1.825015	1.825015

外気流入 0.912507 0.912507 0.912507 0.912507 0.912507 0.912507  
 室内流入 0.456252 0.912507 0.456253 0.912508 0.456253 0.912504 0.456253 0.912508

片流れ		軒	
0.5	1	0.5	1
流入	流出	流入	流出
0.912507	1.368760	0.912506	1.825010
0.126114		0.252228	
0.126114		0.252228	
0.204025		0.408048	
1.368760	1.825010	1.825010	1.825010

外気流入 0.912507 0.912506  
 室内流入 0.456253 0.912504

図 23 流入量の詳細

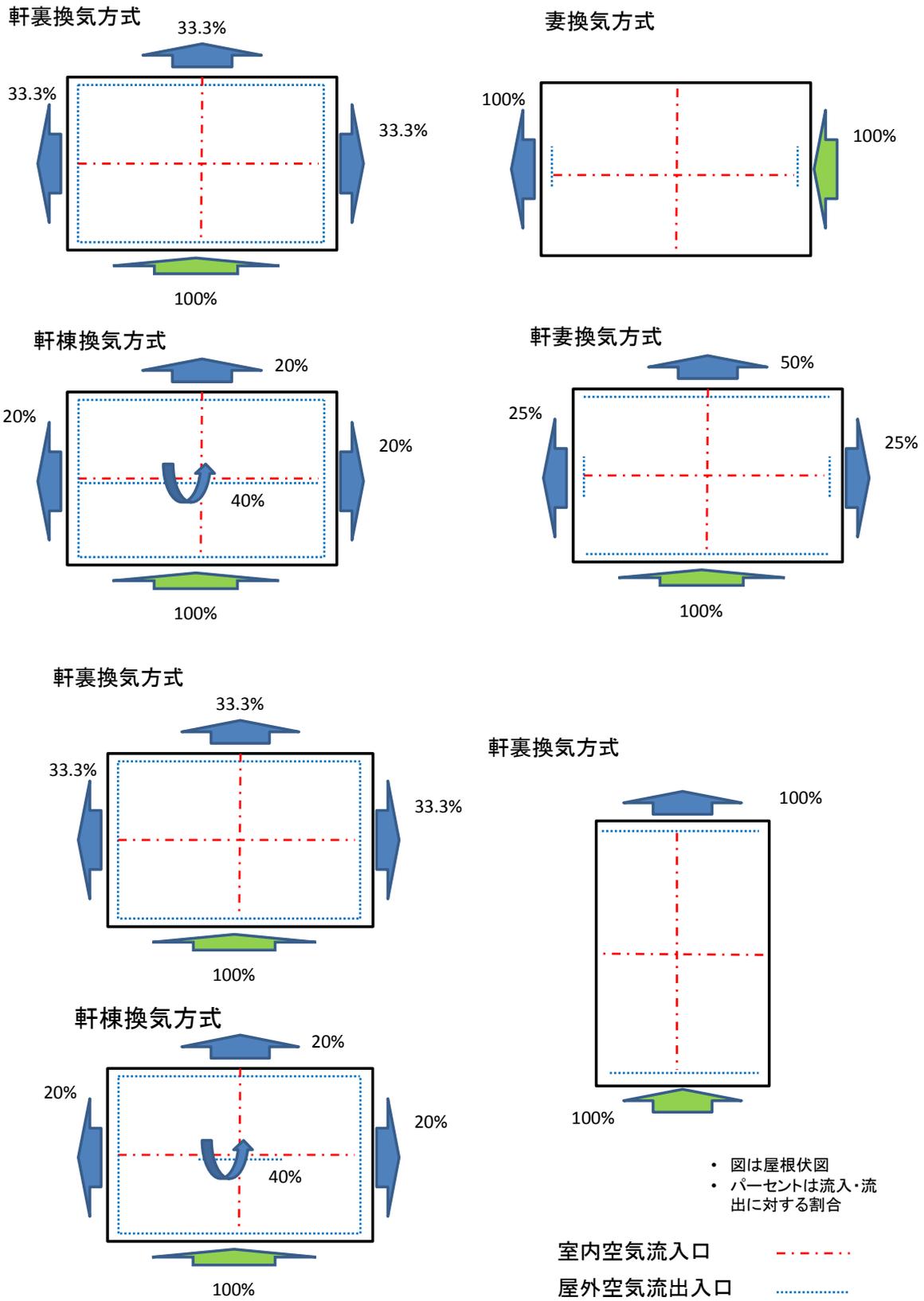


図 24 小屋裏空間への流出入の割合

## 7.4.2 計算結果

計算結果を図 25～図 38 に示す。本計算は脈動圧を想定した換気回路網によって得られた流出入に関する境界条件を与え、小屋裏空間内部の温湿度分布を求めたものであるため気流速度は低く、分布が生じ易い設定となっている。また、ソフトウェアの仕様として木部の水分吸着が考慮できないため、計算上は飽和点を越えた水分を除去し絶対湿度を求めている。これらの制約から、本節では計算結果の絶対値ではなく相対的な比較と、空間の気流性状を主として考察する。

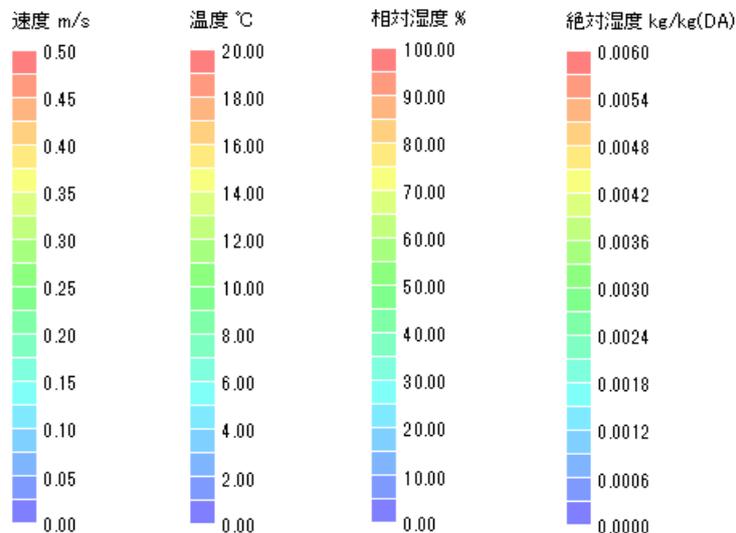
小屋裏内の気流速度はおおよそ 0.2m/s 以下で、居室からの流入箇所から上昇し、勾配屋根に沿って上昇・下降する循環流が見られる。棟換気と片流れ屋根の場合に若干差が生じており、前者は 0.23m/s (図 27)、後者は 0.1m/s 程度 (図 29) となるがオーダー的には小さく、脈動圧のみの想定では自然対流に近い気流性状であった。

小屋裏内の温度については室内空気と外気空気の比率が 0.5 : 1.0 では 4～6℃、1.0 : 1.0 では 6～8℃で 2℃程度の差が生じていた (図 25、図 26 の比較)。野地板近傍で温度成層が見られ、野地板付近で急激に温度が低下する傾向を読み取ることができる。また、軒先では中央部分に比べ 2～3℃程度の温度低下が見られ (図 26)、これまで実測で得られた傾向が再現できている。

相対湿度は室内空気と外気の比率が 0.5 : 1.0 では 50%以下、1.0 : 1.0 では条件によっては 60%を越えている。空間分布は平均に対して 20%程度あるため、温度の低い軒先で 70%を越えるケースがある。

絶対湿度は室内空気と外気空気の流入比率によって値が変わる。空間分布は流入口である天井付近の値が高いものの、高湿な空気は低温となる野地板付近までは到達していないことが読み取れる。天井付近を除けば空間分布はおおよそ 0.5g/kgDA 以下であり、小屋裏空間中の水蒸気量はそれ程大きく異ならないと思われる。しかし、上述したように温度場も勘案した相対湿度では 20%程度の分布が生じているため (図 26)、評価の際は低温となる箇所に着目することが重要であろう。換気方式の影響については、棟換気の効果が見られ、室内・外気空気の流出入が同じケースでも絶対湿度が 1g/kgDA 程度低く (図 32、図 34 の比較)、換気効率が高い傾向が見られた。

気流解析の結果を総括すると、空間内の絶対湿度分布については結露が危惧される野地板付近への水蒸気溜まりのような現象は生じておらず、一質点系の回路網計算の結果でも齟齬は生じないことが推察できる。野地面の結露に対しては、むしろ温度分布の影響が大きいものと思われ、空間中央に比べ低温である軒先や本計算では扱っていない釘貫通部等に配慮することが望ましいであろう。



結果表示用・共通カラーバーのスケール

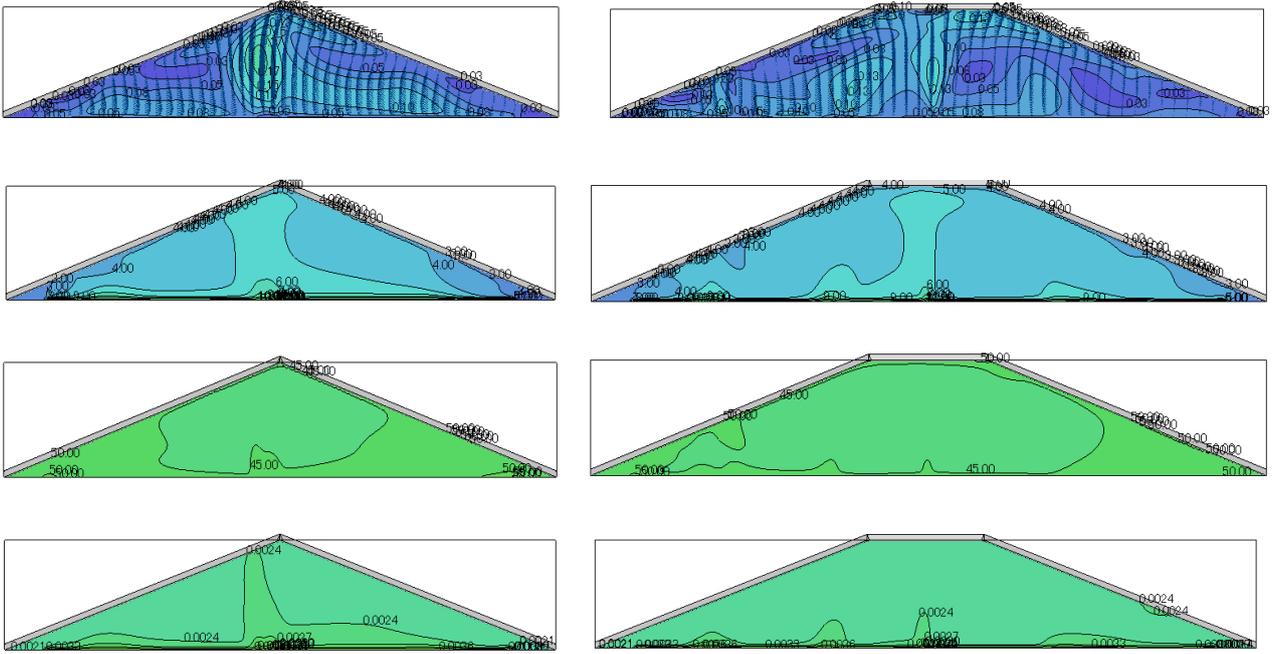


图 25 寄棟屋根・軒換気（室内空気：外気=0.5：1.0）

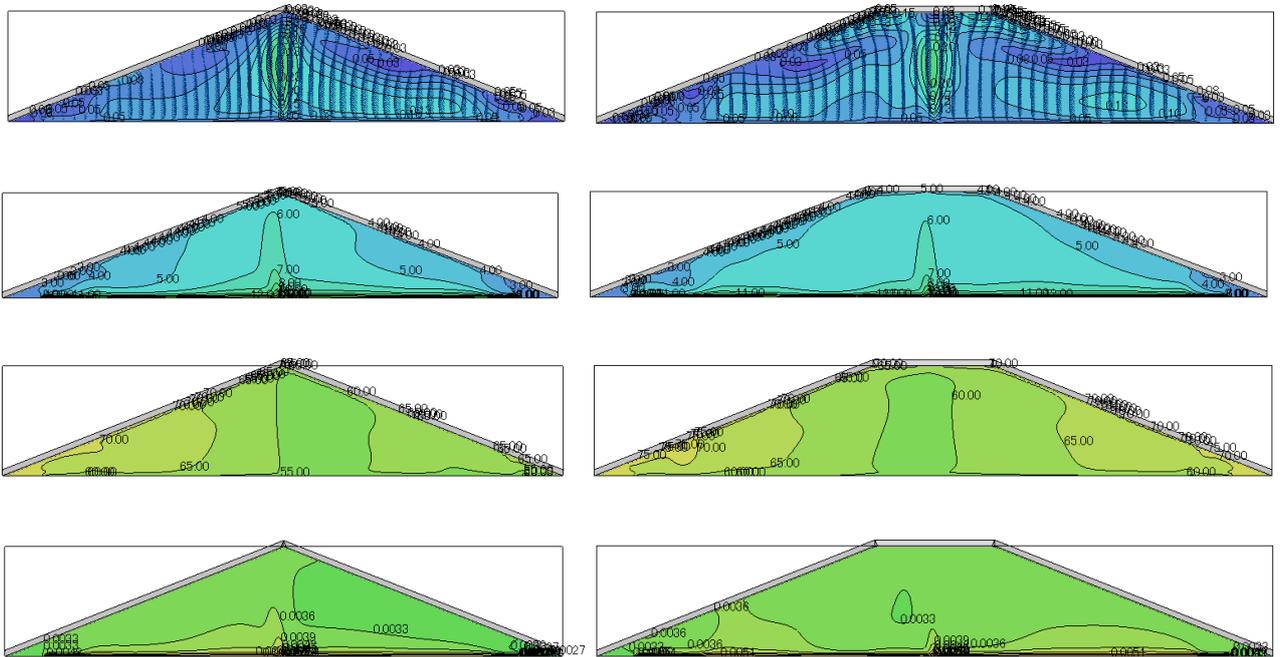


图 26 寄棟屋根・軒換気（室内空気：外気=1.0：1.0）

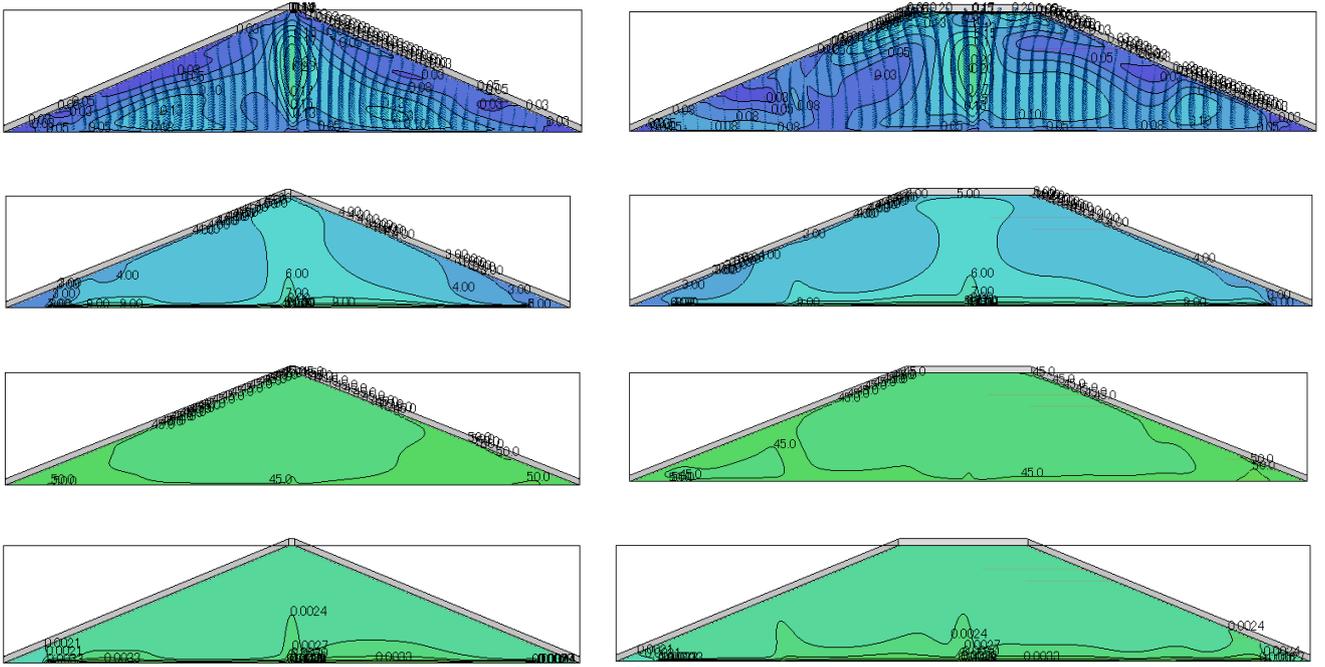


图 27 寄棟屋根・軒+棟換気（室内空気：外気=0.5：1.0）

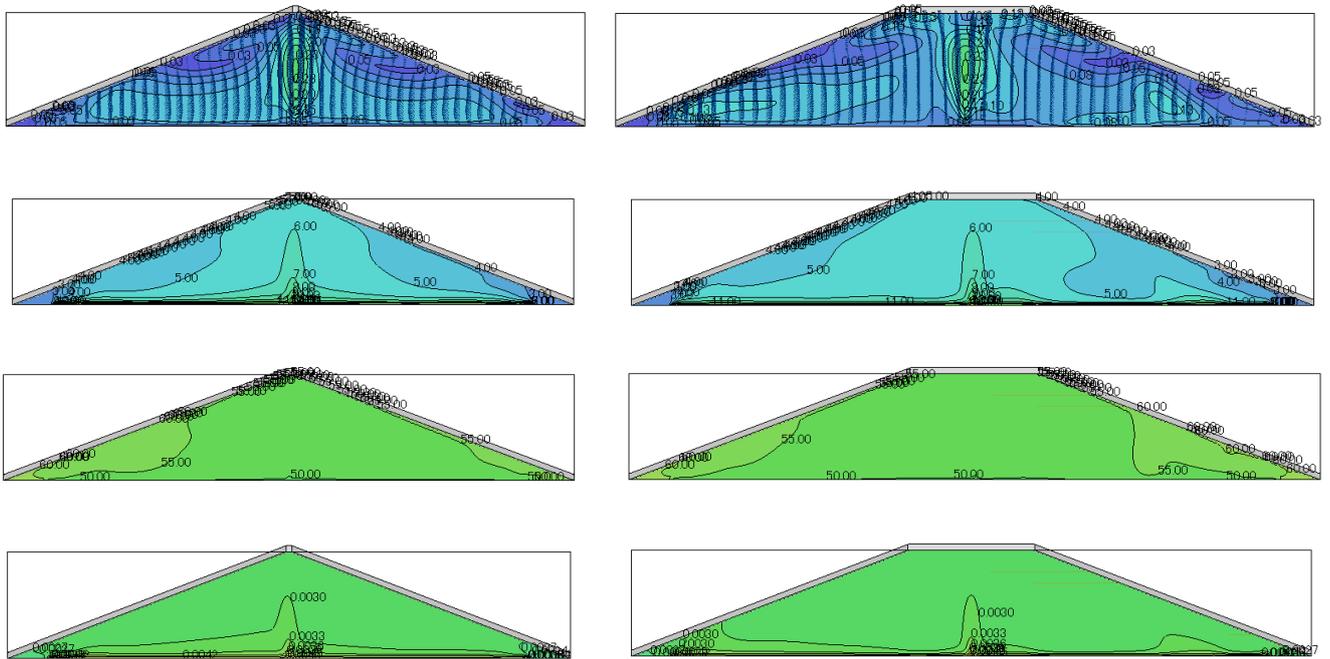


图 28 寄棟屋根・軒+棟換気（室内空気：外気=1.0：1.0）

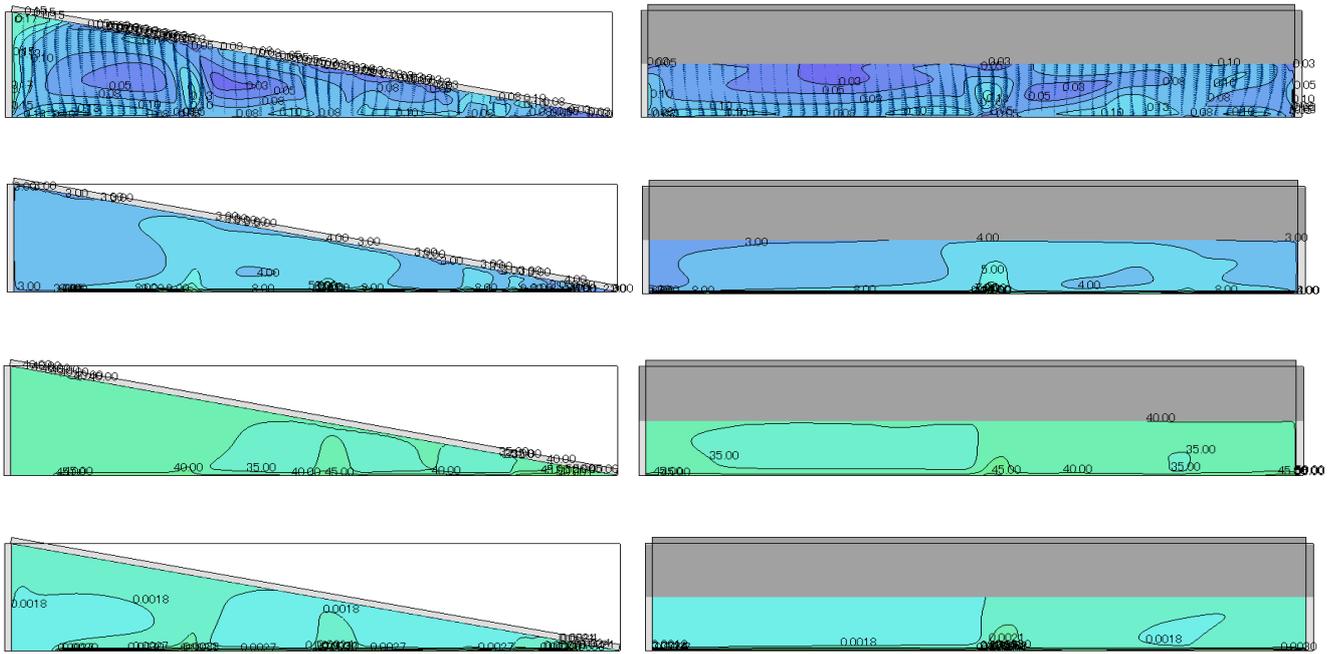


図 29 片流れ屋根・軒換気 (室内空気 : 外気 = 0.5 : 1.0)

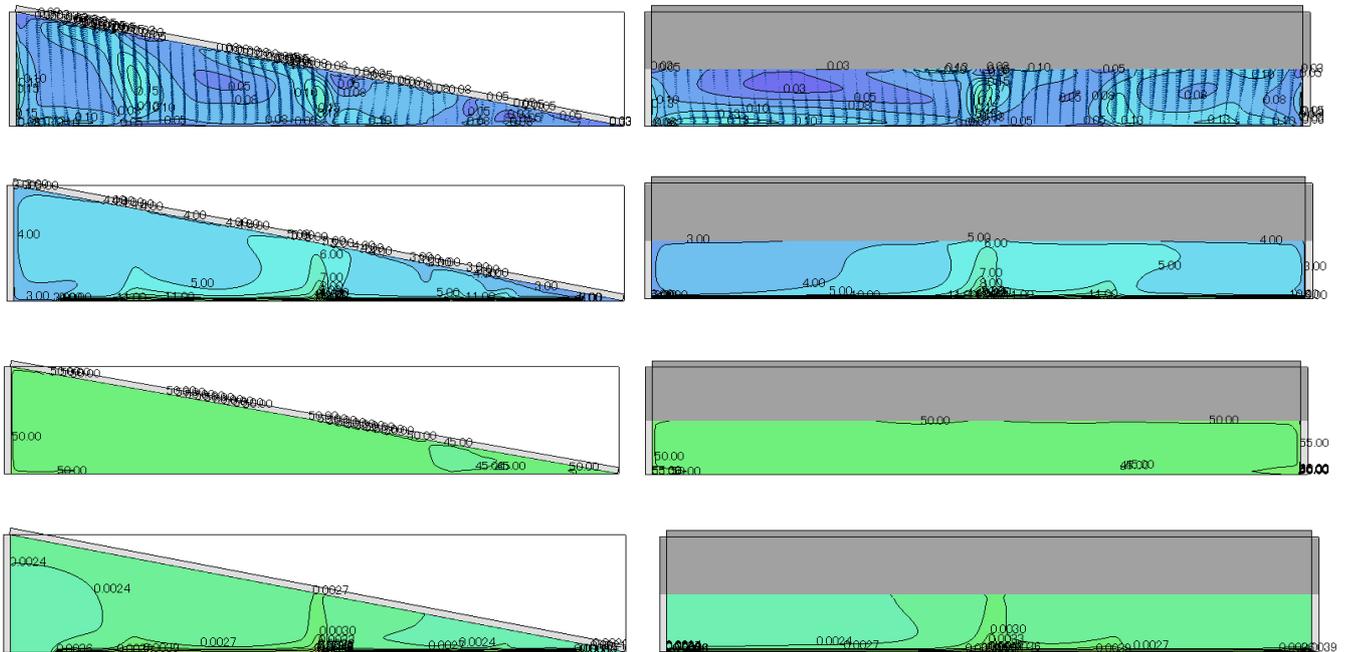


図 30 片流れ屋根・軒換気 (室内空気 : 外気 = 1.0 : 1.0)

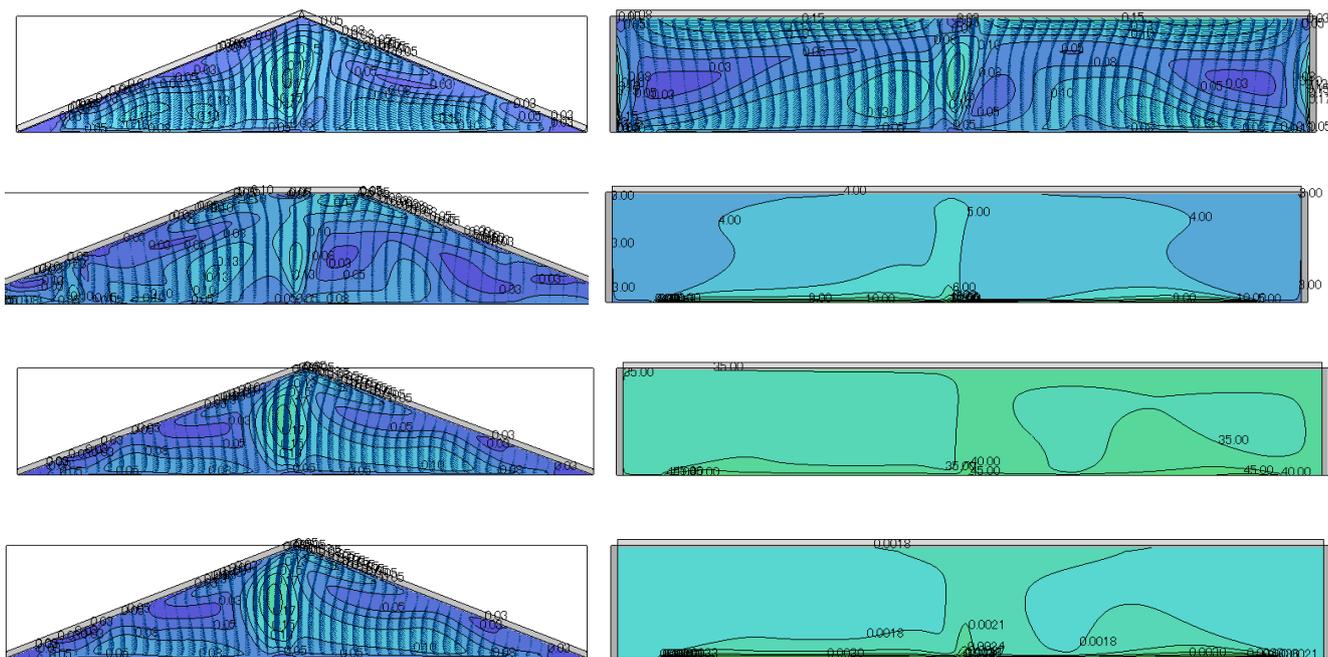


図 31 片流れ屋根・軒換気 (室内空気 : 外気 = 1.0 : 1.0)

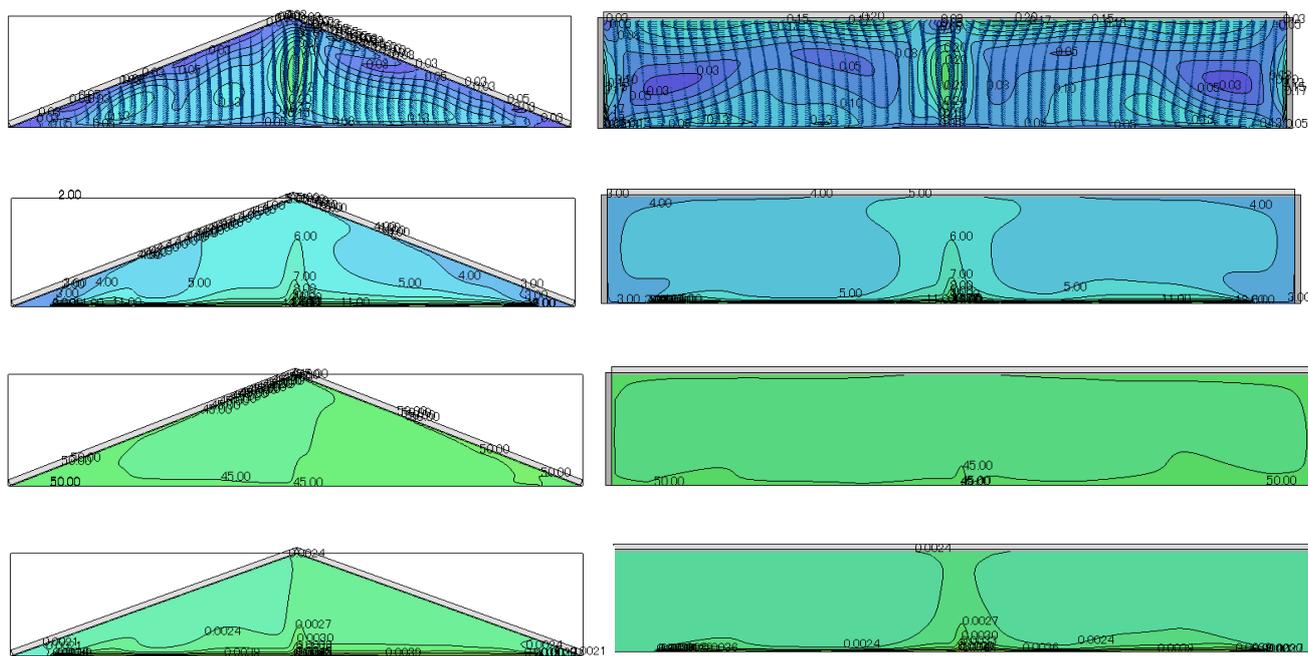


図 32 切妻根・軒換気 (室内空気 : 外気 = 1.0 : 1.0)

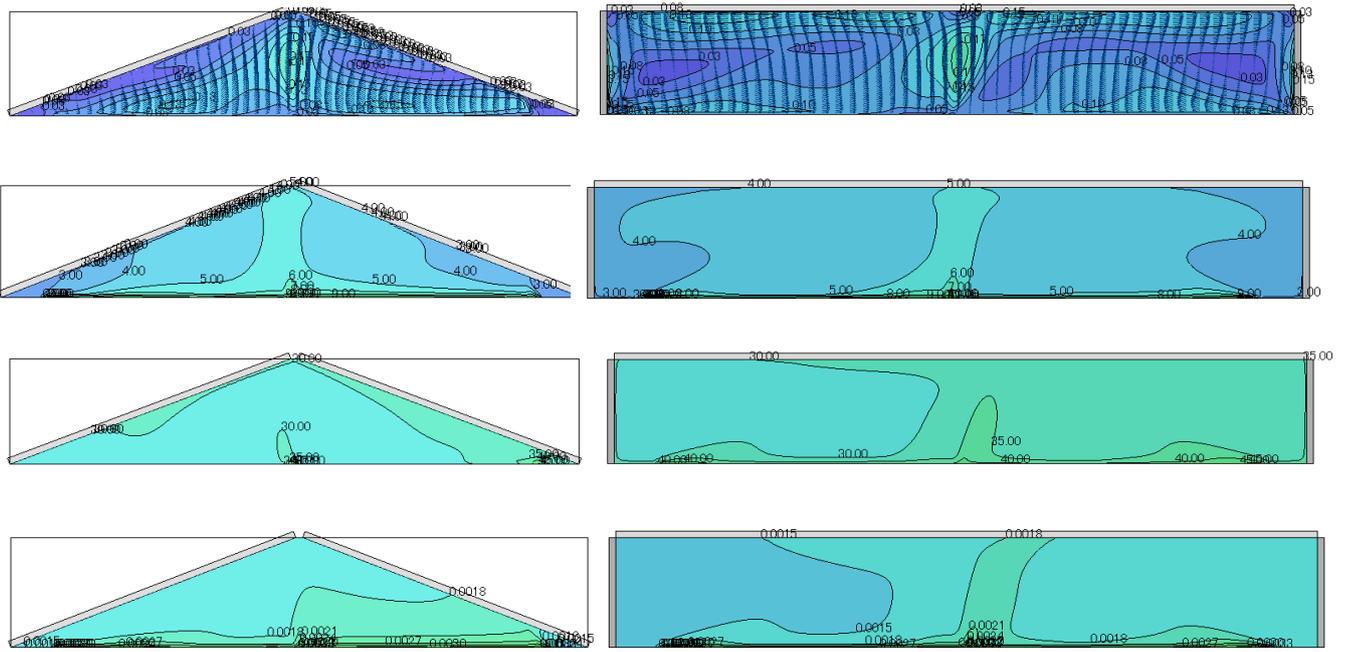


图 33 切妻根・軒+棟換気 (室内空気 : 外気=0.5 : 1.0)

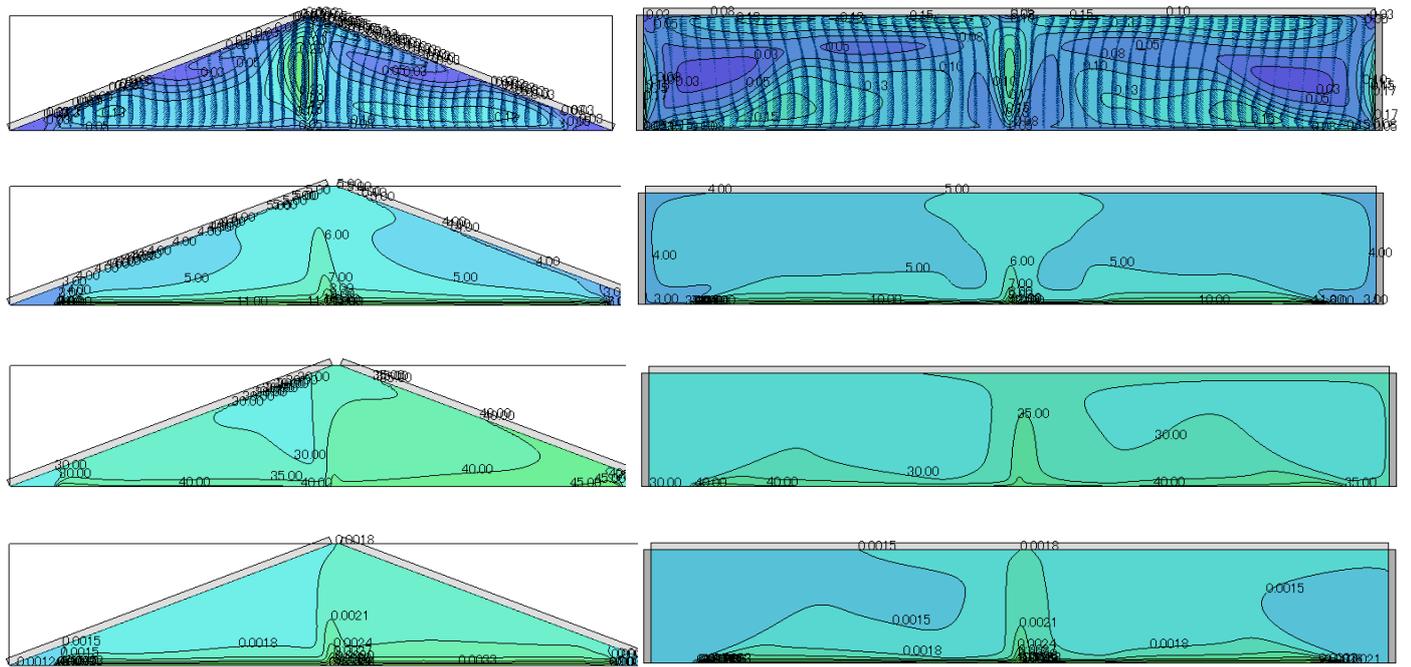


图 34 切妻根・軒+棟換気 (室内空気 : 外気=1.0 : 1.0)

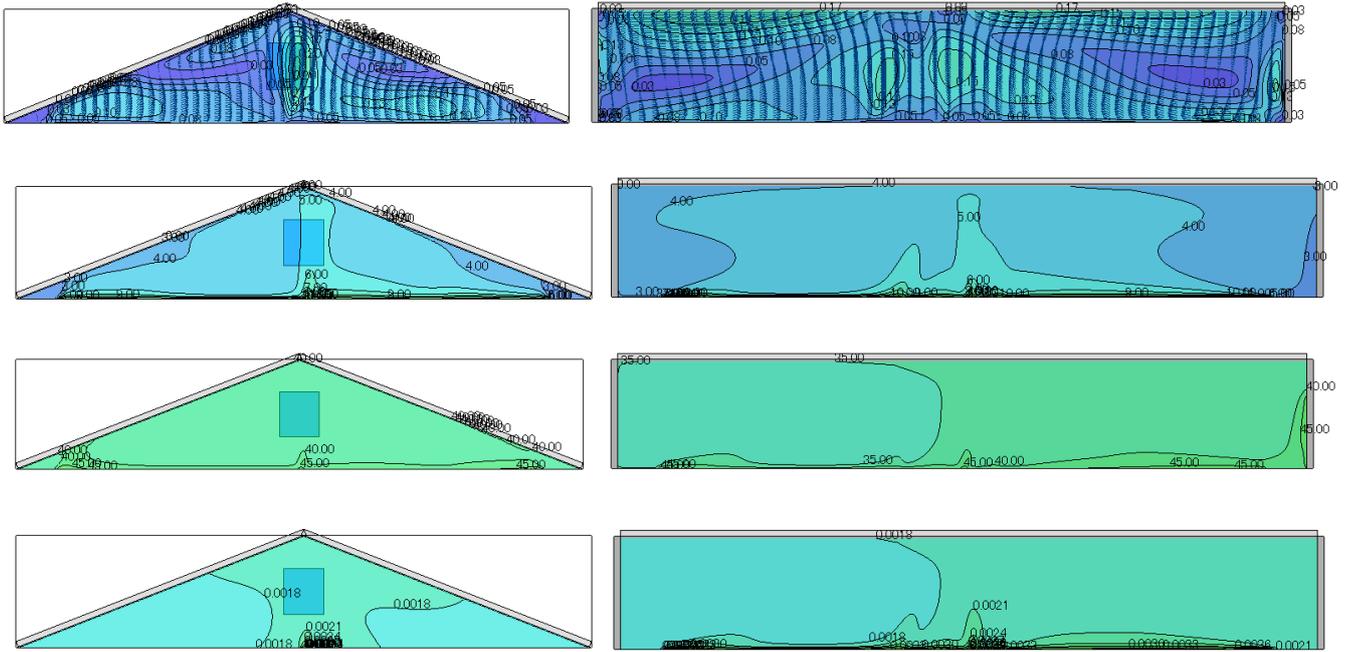


图 35 切妻根・妻換気 (室内空気 : 外気 = 0.5 : 1.0)

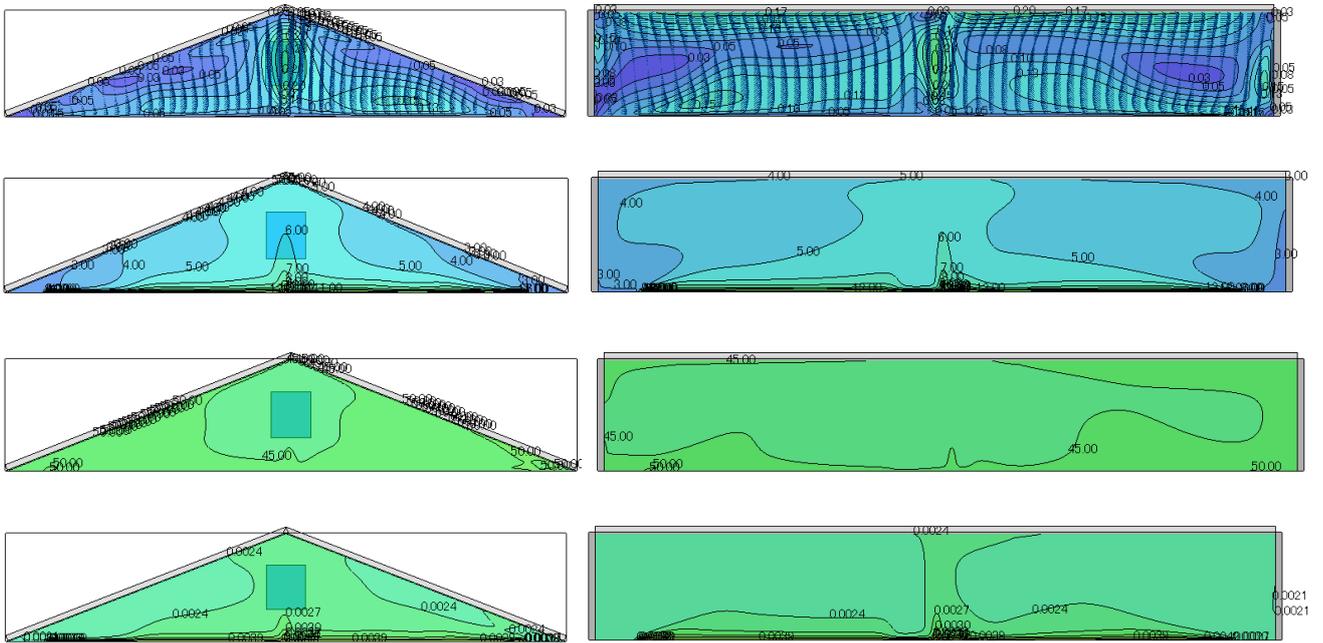


图 36 切妻根・妻換気 (室内空気 : 外気 = 1.0 : 1.0)

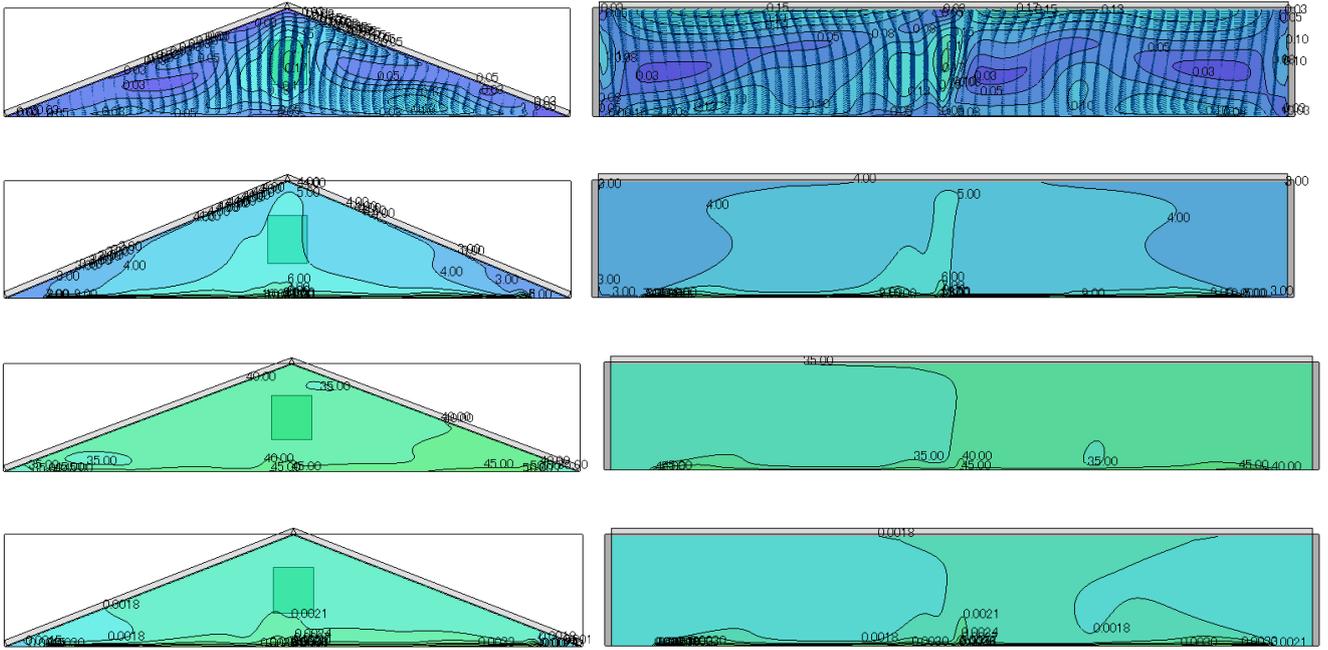


図 37 切妻根・軒+妻換気 (室内空気 : 外気=0.5 : 1.0)

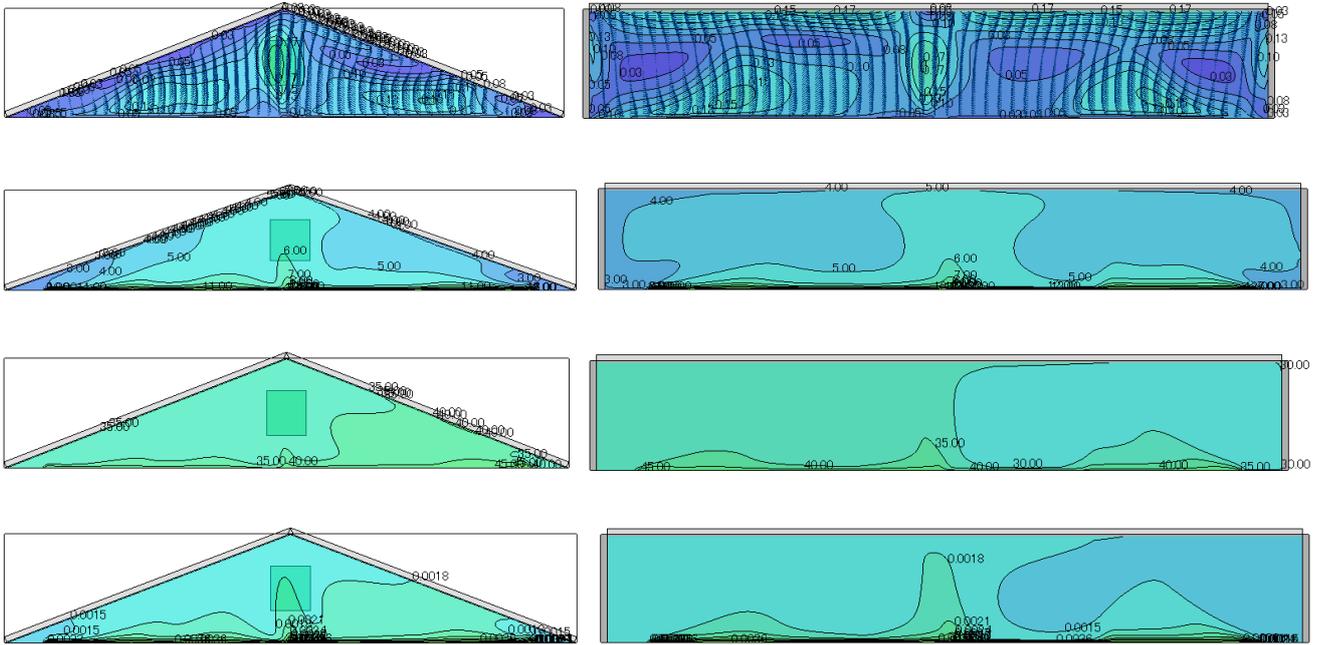


図 38 切妻根・軒+妻換気 (室内空気 : 外気=1.0 : 1.0)

## 7.5 これまでの成果の要点と木造長期優良住宅認定基準等との関係

### 7.5.1 これまで得られた知見の要約

本検討では、小屋裏換気口の要求性能を明示するため、熱水分移動と換気回路網に関する計算プログラムを用いたシミュレーション計算を行い、屋根形状、換気方式、気密性能、地域等、様々な条件を勘案した換気量と小屋裏開口面積の関係を求めた。これと並行し、実験住宅において小屋裏温湿度の実測を行い、得られたデータより計算プログラムを検証した。実験では、換気方式や天井気密性等による影響が、シミュレーション計算と同じように再現することが確認できた。

次に、小屋裏湿度に及ぼす影響が大きい天井面の気密性能の実態を把握するため、実際の戸建住宅において天井と小屋裏間の隙間量を測定した。近年の住宅では、天井面を石膏ボードとクロスで仕上げたうえ廻縁も施工されているため、一般部や取合からの漏気は僅かであることが示された。しかし、天井面に気流止めが設置されていない物件では、室内空気が情報コンセントや分電盤から間仕切壁を経由し、小屋裏内に到達する可能性のあることが分かった。

通気経路が確保されていない片側開口に関する検討では、換気不備の程度の把握を目的とした実験を行った。トレーサガスをを用いた実験により、下屋や大屋根でも特殊な屋根形状で流出口が確保されないケースでは換気量が大幅に低下するため、評価の際には通気経路の確認が必要であることが分かった。

### 7.5.2 木造長期優良住宅認定基準等との関係と対応措置について

木造長期優良住宅認定基準との対応については、主に今年度の検討によって地域別の要求性能を明示した。ただし、室内湿度の設定や湿害が生じる閾値によって値が大きく変わるため、要求性能の採用にあたっては議論が必要である。本検討で得られた知見を反映させる場合、地域区分や気密性能等の記述が必要になる。以下に、(i) 地域区分、(ii) 小屋裏開口部の設置方法、(iii) 小屋裏に面する天井面の工法、に関する各項目について、基準解説書を想定した記載イメージを示す。

(i) 建設地域は次による。

(い)	北海道，盛岡以北
(ろ)	盛岡以南の地域
(は)	宇都宮以南の地域
(に)	多雪地域
(ほ)	福岡以南の地域

(ii) 小屋裏開口部の設置方法は次による。

区分 1	小屋裏の壁のうち屋外に面するものに換気上有効な位置に 2 以上の換気口が設けられ、かつ、外壁に通気層（断熱材の外側に設ける厚さ 18 mm 以上の空気の層で、下端が外気に解放され、上端が小屋裏に解放されたものをいう。以下同じ。）を有する工法
区分 2	区分 1 の工法のうち、外壁に通気層を有さない工法
区分 3	軒裏に換気上有効な位置に 2 以上の換気口が設けられ、かつ、外壁に通気層を有する工法
区分 4	区分 3 の工法のうち、外壁に通気層を有さない工法
区分 5	軒裏に給気口が設けられ、小屋裏の壁で屋外に面するものに排気口が給気口と垂直距離で 90 cm 以上離して設けられ、かつ、外壁に通気層を有する工法
区分 6	区分 5 の工法のうち、外壁に通気層を有さない工法
区分 7	軒裏に給気口が設けられ、小屋裏の頂部に排気塔その他の器具を用いて排気口が設けられ、かつ、外壁に通気層を有する工法
区分 8	区分 8 の工法のうち、外壁に通気層を有さない工法

(iii) 小屋裏に面する天井面の工法は次による。

A	1～3 の気密材を使用して気密層を確保する工法
B	1～6 の気密材を使用して気密層を確保する工法
C	上記以外の工法

気密層は、壁及び室内空間の空気が小屋裏に流入しないよう、連続した気密層とすること。  
 気密材は次による

- 1 住宅用プラスチック系防湿フィルム（JIS A 6930:1997）に規定する B 種又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの
- 2 合板又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの
- 3 乾燥木材等
- 4 住宅用プラスチック系防湿フィルム（JIS A 6930:1997）に規定する A 種又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの
- 5 透湿防水シート（JIS A 6111:2004）又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの
- 6 プラスチック系断熱材（JIS A 9511）（フェノールフォーム 3 種 B を除く）、吹付硬質ウレタンフォーム（A 種 3 を除く）又はこれと同等以上の防湿性及び気密性を有するもの

(i) 地域については、北海道などの今回の検討対象外である寒冷地と東北を別地域としている。また、一般に温暖地で分類される関東以西の地域は、冬期の積雪（日照）により要求性能が異なる傾向が見られたため異なる分類とした。

(ii) 小屋裏へ繋がる外壁通気層の有無を加えたが、外壁通気層自体の必要条件を明示する必要がある。また、地域によっては積雪などで通気が阻害される、湿度が上昇するといったケースが想定されるため、特に積雪寒冷地や多雨地域においては外壁通気層の効果を検証する必要がある。

(iii) では気密措置に関する記述を加えた。気密性については、上記の内容に加え天井を貫通する換気、照明等の各設備や、気流止めの有無などを加える必要があると思われる。また、伝統工法など C に

該当する気密に配慮しない住宅については、加湿源となる室内湿度自体が低い可能性もあり、運用上の扱いを慎重に吟味すべきであろう。

## 7.6 残された課題

本検討では冬期における野地板での結露防止を目的とし、条件毎に地域別の要求性能を明示した。小屋裏湿度性状は、気密性能と室内温湿度が最も大きな影響を持つことが示されており、これらを配慮することが不可欠である。また、本検討では室内の水蒸気に起因する結露以外は対象外であるため、今後の課題として以下の項目に関して情報を収集したうえで最終的な基準値を定める必要がある。

### 1) 天井面の気密性能及び室内相対湿度に関して

小屋裏の湿度性状には、居室の湿度と天井面の隙間からの室内空気流入量の影響が非常に大きいことが明確になった。一般に、室内湿度は暖房設備や24時間換気設備の運転状況によって大きく異なる。室内空気質を維持するためには①開放型暖房設備の使用を避け、②24時間換気を運転する必要がある。双方とも、住宅及び設備機器供給事業者から購入者への注意喚起が行われているが、これらは居住者の判断に依存するため、基準値を決定する前に①②について前提を確認する必要がある。

気密性能については、昨年度の検討においてC値 $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当の住宅でも、間仕切壁上部の気流止めが確保されていれば、天井面でC値 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当の気密性がおおよそ担保される結果が得られている。本来、 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当を下回るような気密性能は、床、躯体及び設備貫通部等の施工の影響が大きく、一般的な石膏ボード・クロス仕上げで周縁がある天井面の隙間は小さい。ゆえに天井面に限れば、気密性の判断には天井取合の押さえ状況の詳細と気流止めについて確認ができれば良いと考えられるが、屋根断熱と天井断熱の複合屋根など、運用段階においては複雑な屋根形状に対する判断に迫られるため、流通実態を勘案した判断ロジックを整備する必要がある。

一方、非気密のC値 $10\text{cm}^2/\text{m}^2$ 相当については、そもそも漏気の影響で室内湿度が計算の設定まで上昇しないと思われることと、省エネ性能が等級4レベルに満たないことが予想されるため、評価対象から除外するなどの措置が望ましい。

### 2) 外壁通気層の判断方法と効果検証

本検討では、実験棟及び数値計算によって小屋裏空間へ繋がる外壁通気層の寄与が確認されている。例えば、外壁通気層の寄与が評価指針で勘案されれば、不具合事例が多いとされる住宅密集地域に存在する軒無しの物件などに対して、棟換気と組み合わせた効果の高い換気方式の普及に繋がる。しかし、外壁通気層は開口率（開口部周りでは通気経路が確保できないケースが存在する）や防火上のファイヤーストッパー等の障害、積雪による閉塞等によって、通気特性が影響を受けるリスクを持ち合わせている。また、吸水性の高い外装材の場合は降雨後に多量の水蒸気を供給する可能性がある。そこで、リスク要因を洗い出し、判断方法の枠組みを構築するとともに、実大住宅での検証データを蓄積する必要がある。

### 3) フィジビリティースタディー

7.3.3の結果によれば、必要となる小屋裏換気口面積は温暖地では緩和できるものの、寒冷地では増加が必要なケースがある。また、金融支援機構の基準値である有効開口面積を相当開口面積に読み替えた場合、温暖地でも増加するケースがある。しかし、軒部分の面積を勘案した場合、小屋裏換気部材の市場流通品では施工できない事例が生じる恐れがあり、運用前に供給体制と施工実現性について材料供給事業者を含めたコンセンサスを得る必要がある。

本計算は住宅密集地を想定した風圧係数を想定しており、7.3.3の結果は高い安全率を伴った数値となっている。ゆえに、郊外立地の物件では条件によって過剰性能となり、雨水や雪の侵入を助長することによる弊害を誘発する恐れがある。郊外立地では周辺環境を勘案した緩和措置を検討し、緩和係数などの定量的な値を整備することが必要と思われる。また、強風雨、暴風雪等、地域によっては本検討で配慮していない要因があり、地域性に伴う配慮事項を整備すべきであろう。

#### 4) 野地板貫通部・換気口からの雨水浸入の影響

本検討では小屋裏空間の加湿源として室内からの水蒸気流入を想定しており、近年指摘されている防水紙の釘穴等を経由した雨水浸入による水分の影響は無視している。この問題は屋根葺材の種類や防水紙の施工方法、降水量等との関係もあるため、今後詳細に検討する必要があると思われる。