

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 06 月 07 日現在

機関番号：41201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560593

研究課題名（和文）建物全体の熱・空気・湿気移動解析手法の検証と熱回収型通気断熱壁体技術への応用

研究課題名（英文）Validity Estimation of the Whole Building HAM Simulation and its Application to Dynamic Wall Systems

研究代表者

本間 義規 (HONMA YOSHINORI)

岩手県立大学盛岡短期大学部・教授

研究者番号：90331272

研究成果の概要（和文）：

本研究は、住宅のゼロエネルギー化を目指した熱回収型通気断熱壁体技術の確立を目的としている。まず壁体内移流を含む建物全体を対象とした熱・空気・湿気移動解析プログラムを開発し、妥当な精度を有することを確認した。また、熱回収型通気壁体の通気性状をとらえる測定技術について検討を行った。適切な精度をもつ温湿度センサーを用いれば、ロギング時間間隔を適正に保つことで移流性状を一定レベルで把握できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

This research aimed at the validity estimation of the whole building heat, air and moisture simulation and its application of the dynamic wall systems to establish zero energy houses technique. The heat, air and moisture transfer analysis program for the whole building which includes wall cavity convection were developed, and it was checked having appropriate accuracy. Moreover, the measuring technique which catches the characterization of a heat recovered dynamic wall system was examined. When using the temperature-and-relative-humidity sensor with suitable accuracy, it checked that convection current quantity could be grasped on a certain level by keeping a proper logging interval.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学，建築環境・設備

キーワード：湿気，熱水分同時移動，対流，移流，シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

1973年のオイルショック以降、住宅の省エネルギー化に関する取組みは積極化し、3度の省エネルギー法改正や頻繁な告示改正、それに応じた解説書改訂など実施されてきている。日本全体で温室効果ガス排出量 25%削減

という目標が掲げられてからは（鳩山首相：平成 21 年 9 月）、国土交通省、経済産業省、環境省が中心となって省エネへの取り組みの積極的な支援策が繰り広げられている。同時に、住宅ゼロエネルギー化の議論が国内外で積極的に行われるようになり、それを実

現するための既存技術のブラッシュアップや、高度な解析技術を駆使した新たな省エネルギー技術開発が求められるようになってきている。

2. 研究の目的

本研究は、住宅のゼロエネルギー化を目指した熱回収型通気断熱壁体技術の確立を目的としている。具体的には以下の項目について検討を行っている。

- (1) 壁体内移流を含む建物全体を対象とした熱・空気・湿気移動解析 (Whole Building Heat, Air and moisture transfer) が不可欠であり、精度検証のため、実験住宅を用いて「換気系と連成した多数室熱水分同時移動解析プログラム」の改良 (移流項の組み込み)・検証を行うこと。
- (2) このプログラムを利用した熱回収型通気断熱壁体のシミュレーション検討および実験住宅を用いた効果検討を並行して行うこと。

3. 研究の方法

住宅のゼロエネルギー化に向けた汎用性のある設計手法を確立するためには、実測による精度検証を経たシミュレーションプログラムを用いて、地域の気候特性に応じた設計に結び付けることが重要である。本研究では次の項目について検討を行った。

- (1) 実物大実験住宅の建設および測定・評価を行い、開発した壁体内移流を含む建物全体を対象とした熱・空気・湿気移動解析 (Whole Building Heat, Air and moisture transfer) プログラムの精度検証を行った。数値シミュレーションは現象の数理モデルをどのように扱うかが本質的に重要である。プラクティカルな評価では、簡易モデル化した部位のみを取り出して検討を行えばよいが、新規部材開発や実態に即した評価では現象に忠実な数理モデルが求められる。そこで、放射熱伝達および通気流量を精緻化した通気層モデルの検討および実測、実測結果と数値シミュレーションのバリディティ検討を行った。
- (2) また、通気壁体に関する基礎的な実験室実験を行い、湿気をトレーサーとした断熱層内の移流現象測定手法および通気壁体内移流の数値モデルについて検討した。

4. 研究成果

- (1) 放射熱伝達および通気流量を精緻化した通気層モデルの実測

実測はEHBP実験棟(岩手県立大学敷地内)で行った。実験外壁詳細図・センサー位置を図1に示す。西側壁には $\epsilon=0.16$ の透湿防水シートを、東側壁は $\epsilon=0.5$ の透湿防水シート

を用いた。それ以外の仕様は同一である。温度測定点は各部節点6点、湿度測定点は断熱材両面2点であり、それに加えて室内外空気2点、通気層空気1点の温湿度を測定した。また石膏ボード裏に熱流束センサーを、通気層内に風速センサーを設置している。通気層は土台から軒天まで通じているが(西側通気層流路長5.46m)、屋根形状が西向き勾配の片流れのため、流路長は東側壁が1.25m長い。断熱仕様はH11年基準(II地域)を満たす標準的な仕様である(高性能GW16K100mm)。図2~3に晴天日の熱流および通気層風速データを示す。壁表面温度は室温よりも高く推移し、東側壁($\epsilon=0.5$)と西側壁($\epsilon=0.16$)の差はピーク値で 1.4°C ほど東側壁が高くなる。ただし、午前中は西側壁表面温度が高く推移し、日平均で比較しても高い。これは各室内に入射した日射により各部表面温度が高くなり、そこからの反射・相互輻射で加熱されることが理由である。図4に絶対湿度変動を示す。日中の断熱内側の絶対湿度が室内の絶対湿度レベルを超えていることがわかる。熱流束は外向きなので、日射によって温められ、合板の保有水分が壁体内部である断熱材内に放湿したことが考えられる。その程度は、東側壁よりも西側壁のほうが小さい(東側壁:最大 3.4g/kgDA の差、西側壁:最大 2.05g/kgDA の差)。通気層温度および絶対湿度は西側壁が高く、また風速も大きいことから、西側壁では、通気層側への放湿量が大きくなったものと考えられる。熱流束を比較すると、正午を境に東側壁と西側壁とで大小が逆転する。これは室内再反射・再輻射の影響によるものである。

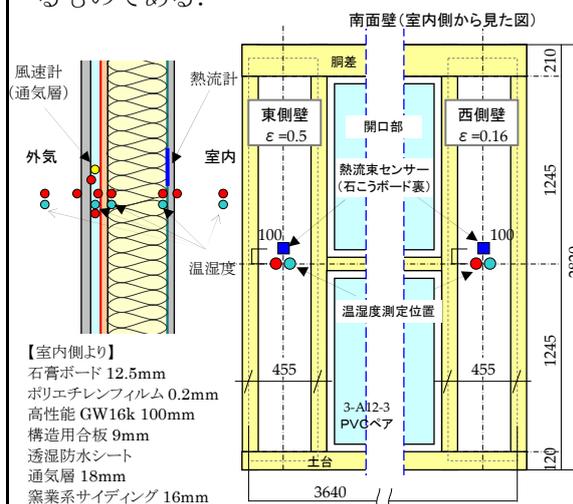


図1 実験壁体の概要とセンサー位置



写真 1-2 壁体内へのセンサー設置状況

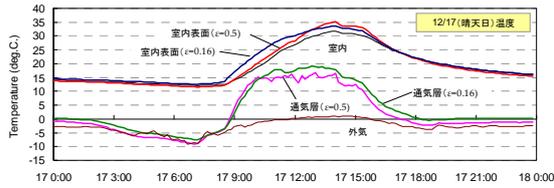


図2 通気層内防風層εの温度影響(12/17)

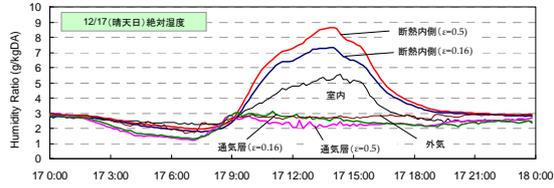


図3 通気層内防風層εの絶対湿度影響(12/17)

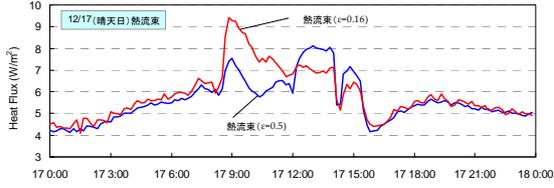


図4 通気層内防風層εの違いによる表面熱流差(12/17)



図5 通気層内防風層εの違いによる通気風量差(12/17)

(2) 放射熱伝達および通気流量を精緻化した通気層数理モデルの検討

通気層内の長波長放射率および外装材の日射反射率が通気層付断熱壁体構造の熱湿気性状にどのような影響を及ぼすのかについて、通気層内風速を精緻に扱う熱水分同時移動モデルを作成しシミュレーション検討を行った。

断熱躯体および外装材の実質部は、ハイグロスコピック領域の1次元非定常熱水分同時移動として扱う。基礎式を(1), (2)に、境界条件を(3), (4)式に示す。

κ, ν は(5)~(7)式を用いて逐次更新しながら計算する。

通気層の駆動力として浮力と風圧を見込む。一方、通気層内では動圧損失 ΔP_B 、摩擦損失 ΔP_{HP} 、出入口の形状抵抗による圧力損失 ΔP_Z が生じており、これらの圧力がバランスするとして(13)式を立てる。この式より通気層風速 v_{vent} の2次式が得られ、これを解いて得られた実数解のプラス側が求める風速となる((14)式)。通気層風速および両境界表面温度から通気層内の放射・対流熱伝達率が(18)~(26)式で計算でき、通気層内温度および絶対湿度が求められる(通気層内温湿度は1質点を仮定)。このとき、壁体実質部と通気層温湿度の計算は1タイムステップずらすことにより計算負荷を低減させている。

$$\text{水分収支式} \quad (\Phi_0 \rho' + \kappa) \frac{\partial X}{\partial t} - \nu \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_x \nabla^2 X \quad (1) \quad \text{境界条件} \quad -\lambda_x \frac{\partial X}{\partial x} = \alpha'_x (X_o - X) \quad (3)$$

$$\text{熱収支式} \quad -r\kappa \frac{\partial X}{\partial t} + (c\rho + r\nu) \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \nabla^2 T \quad (2) \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \cdot (T_o - T) \quad (4)$$

$$\text{平衡含水率曲線} \quad \Psi = A \cdot H \cdot e^{-B \cdot H} + C \cdot H + D \cdot (e^{E \cdot H} - 1) \quad (5)$$

$$\text{絶対湿度勾配に対する含水率変化率} \quad \kappa = \frac{\partial \Psi}{\partial X} \Big|_T = \frac{\partial \Psi}{\partial H} \cdot \frac{\partial H}{\partial X} \Big|_T = \frac{1}{X_s} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial H} \quad (6)$$

$$\text{温度勾配に対する含水率変化率} \quad \nu = - \frac{\partial \Psi}{\partial T} \Big|_X = - \frac{\partial \Psi}{\partial H} \cdot \frac{\partial H}{\partial T} \Big|_X = \kappa \cdot \frac{X}{X_s} \cdot \frac{dX_s}{dT} = \kappa \cdot H \cdot \frac{dX_s}{dT} \quad (7)$$

$$\text{通気層内の浮力・風圧力, 各種圧力損失} \quad \Delta P_T = (\rho_v - \rho_o) \cdot g L_H \quad (8) \quad \Delta P_W = (C_{in} - C_{out}) \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V_{out}^2 \quad (10)$$

$$\Delta P_B = \frac{\rho_v}{2} v_{vent}^2 \quad (9) \quad \Delta P_Z = \frac{\rho_v}{2} v_{vent}^2 \cdot (\zeta_{in} + \zeta_{out}) \quad (11)$$

$$\Delta P_{HP} = 64 \cdot \frac{8L_w^2}{(L_w + L_D)^2} \cdot \left[4.5955 \cdot \left(1 - \exp\left(-0.694 \cdot \frac{L_D}{L_w}\right) \right) + 0.7072 \cdot \left(1 - \exp\left(-0.0825 \cdot \frac{L_D}{L_w}\right) \right) \right] \times \frac{\nu \rho_{vent} L_H \cdot v_{vent}}{2D^2} \quad (12)$$

$$\text{通気層内の圧力バランス} \quad \Delta P_B + \Delta P_{HP} + \Delta P_Z = \Delta P_T + \Delta P_W \quad (13)$$

$$\text{通気層風速} \quad v_{vent} = - \frac{A}{2B} + \sqrt{\frac{\Delta P_T + \Delta P_W}{B} + \frac{A^2}{4B^2}} \quad (14)$$

$$A = \frac{32 \times 8L_w^2}{(L_w + L_D)^2 X} \cdot \frac{\nu \rho_{vent} L_H}{D^2} \quad (15) \quad B = \frac{(1 + \zeta_{in} + \zeta_{out}) \rho_{vent}}{2} \quad (16)$$

$$X = 4.5955 \cdot \left(1 - \exp\left(-0.694 \cdot \frac{L_D}{L_w}\right) \right) + 0.7072 \cdot \left(1 - \exp\left(-0.0825 \cdot \frac{L_D}{L_w}\right) \right) \quad (17)$$

$$\text{通気層内熱伝達率} \quad \alpha_{rv} = 4\sigma E \left(\frac{T_1 + T_2}{2} \right)^3 \quad (18) \quad \alpha_{cv} = 2 \cdot \alpha_{base} + 4.0 \cdot V_{vent} \quad (19)$$

$$\alpha_{base} = N_u \cdot \frac{\lambda}{L_w} \quad (20)$$

$$E = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 2} + \frac{1}{0.5 \sqrt{1 + \frac{L_w^2}{L_D^2} - \frac{L_w}{L_D}}} \quad (21)$$

$$N_{uct} = \left[1 + \left\{ \frac{0.104 Ra^{0.293}}{1 + (6310/Ra)^{1.36}} \right\}^3 \right]^{1/3} \quad (22)$$

$$Ra = \frac{g\beta\Delta T \cdot L_w^3}{\nu \cdot a} \quad (23) \quad N_{ul} = 0.242 \left(\frac{Ra \cdot L_w}{L_H} \right)^{0.273} \quad (24)$$

$$N_{ur} = 0.0605 \cdot Ra^{1/3} \quad (25) \quad N_u = \max(N_{uct}, N_{ul}, N_{ur}) \quad (26)$$

$$\text{通気層内熱収支} \quad T_{vent} = \frac{\alpha_{cv} \cdot L_D \cdot L_H \cdot (T_1 + T_2) + c\rho_{out} \cdot V_{vent} \cdot L_w \cdot L_D \cdot T_{out}}{2 \cdot \alpha_{cv} \cdot L_D \cdot L_H + c\rho_{vent} \cdot V_{vent} \cdot L_w \cdot L_D} \quad (27)$$

表 1 日射反射率・長波長放射率パラメータと計算結果名称

	通気層片面 ε = 0.9	通気層片面 ε = 0.5	通気層片面 ε = 0.16
日射反射率 r=0.2	V0209	V0205	V02016
日射反射率 r=0.5	V0509	V0505	V05016
日射反射率 r=0.8	V0809	V0805	V08016

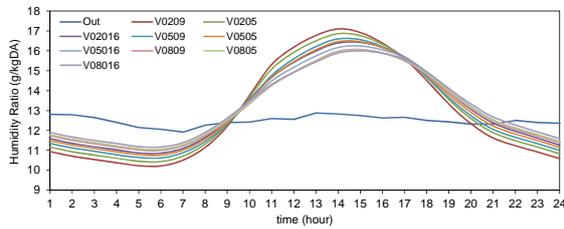


図 6 通気層内防風層 ε の温度影響 (12/17)

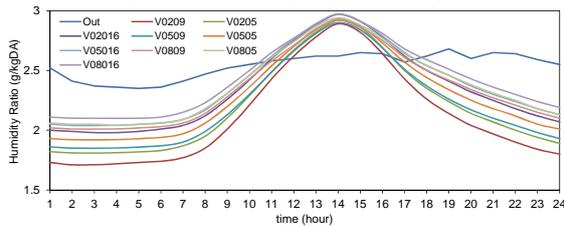


図 7 通気層内防風層 ε の温度影響 (12/17)

以上の数理モデルを用いて、外装材の日射反射率及び通気層内防風層の ε をパラメータとした数値解析を行った。解析結果の一例を図 6, 7 に示す。夏期は、通気層内 ε の小さなモデルほど振幅が小さくなること、日中は外気絶対湿度に対して 3~4g/kgDA 程度高くなる。冬期は、日射反射率 r=0.8 のモデルは r=0.2 に比べて平均絶対湿度が高くなるが (ΔX=0.5g/kgDA 程度)、それほど大きな差ではない。また繊維系断熱材のため断熱材両面で大きな絶対湿度差はつかないが、両面で 1 時間ほどの位相差が見られる。夏期の通気層風速は 0.11m/s 程度 (S.D.=0.046m/s 程度) でモデル間に大きな差はない。冬期は、日中は外気よりも高くなるものの、外気絶対湿度レベルに対して壁内絶対湿度が低くなる。冬期の通気層風速は 0.098m/s (S.D.=0.045m/s) である。

以上のように、実測で確認した差異を数値シミュレーション上でも再現でき、壁体内の熱水分性状に及ぼす影響を定量化することができた。

(3) 実測結果と数値シミュレーションのバリディティ検討

一般に住宅は居室や床下・天井懐・間仕切壁・小屋裏等の非居室からなる多数室空間となる。ある居室の温湿度は、それを取り巻く空間の影響を受けるため、独立した解析は正確性に欠ける。従って、室の温湿度性状や各部位の熱水分性状を解析するためには、移流を考慮した多数室モデルとすることが本質的に必要である。ここでは基本モデルの説明と、実験住宅との実測値と比較を行い、多数室モデルのバリディティについて検討を行

っている。室を構成する壁体部分のモデルは前述(1)~(7)式に示す通りであり、通気層を有する壁体の通気量算定は(8)~(27)に示すとおりである。床下空間の基礎およびスラブ壁体も非定常熱水分同時移動として扱うが、土壌部分は 2 次元非定常熱伝導のみ考慮し、地盤に接する躯体外側の湿度境界条件を 90%RH 一定としている。各室の熱水分収支は(28)、(29)式を連立させて算出する。

なお、収支式に現れる空気移動項は、床面圧力を仮定して質量風量収支を修正 Newton-Raphson 法により解いている。

室の水分収支

$$\Gamma \frac{dX_r(t)}{dt} + \sum_{i=1}^N \alpha_{xi} \cdot S_i \cdot (X_r - X_{surf_i}) + G \cdot (X_r - X_o) = W(t) \quad (28)$$

室の熱収支

$$c\Gamma \frac{dT_r(t)}{dt} + \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot S_i \cdot (T_r - T_{surf_i}) + cG \cdot (T_r - T_o) = H(t) \quad (29)$$

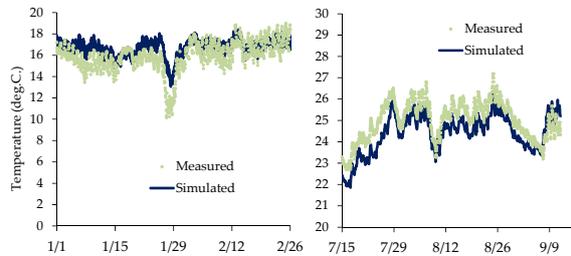


図 8 床下温度実測値とシミュレーション値の比較(左:冬期, 右:夏期)

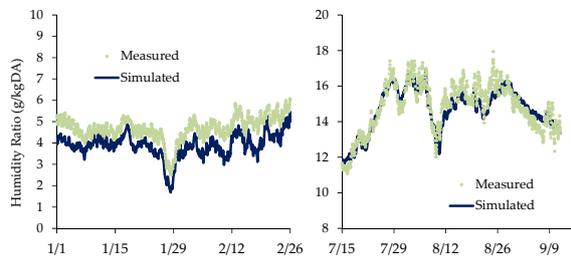


図 9 床下絶対湿度実測値とシミュレーション値の比較(左:冬期, 右:夏期)

一例として、実験住宅における南床下空間の実測値と数値シミュレーション値の温度および絶対湿度の比較を各々図 8, 9 に示す。左側が冬期 (1/1~2/28)、右側が夏期 (7/15~9/15) を示している。冬期はややずれが大きく、夏期はずれが少ないことがわかる。床下空間は温湿度変動の少ない空間であるが、冬期は温度差換気が大きく影響するが、隙間量が適切に把握できないことが要因の差であると考えられる。夏期については、ほぼ妥当な結果が得られていることから、シミュレーションの精度を上げるためには、隙間分布の適切な把握が今後必要になると考えられる。しかし、1 階、2 階外壁等の熱水分性状はほぼ妥当な範囲で再現できていることがか

ら、本研究で開発した壁体内移流を含む建物全体を対象とした熱・空気・湿気移動解析 (Whole Building Heat, Air and moisture transfer) プログラムは、妥当なものであると判断している。

(4) 湿気をトレーサーとした断熱層内の移流現象測定手法および通気壁体内移流の数値モデル

グラスウールなどの繊維系断熱材は、通気抵抗が小さいため、断熱材内通気が生じる可能性がある。断熱材内の通気は断熱性能の低下や汚染物質の移動が生じる原因となるが、こうした断熱材内の通気性状を把握することは一般に困難である。

一方、換気流入口として熱回収を兼ねた通気壁体技術 (Dynamic Wall) は、まさに繊維系断熱材の低い通気抵抗を利用する技術であり、前述したネガティブ要素を逆に有効活用する技術ともいえる。流体の流れを確認する方法は何等かのトレーサーが必要で、最近では PIV 手法が有力であるが、非透過性の建材内ではほとんど利用することができない。トレーサーガスを利用する方法も考えられるが、ドージング・サンプリングが測定場を大きく乱す危険性が高い。一方で、湿度や温度は、センサー自体も小さく、移動空気との追従性も高いこと、かつ測定場を乱す危険性も小さいため、比較的可能性の高い方法といえよう。

そこで、通気壁体の気流性状を見るために、湿気をトレーサーとして用いることにした。

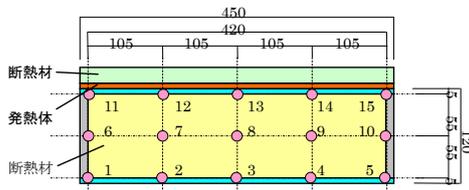


図 10 実験壁体内の熱電対および湿度センサー設置位置

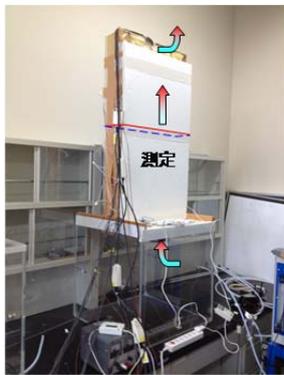


写真 3 実験壁体と実験装置セットアップ

実験装置断面図を図 10 に示す。一般的な木造住宅の間柱間の寸法とし、縦方向 910mm、幅 420mm、壁厚さ 120mm とした。この模擬壁体内に高性能グラスウール 16kg を充てんした。床下および天井懐との通気を想定して上下部片面のみに幅 420mm、高さ 45mm の開口を設置している。この中を精密湿度発生装置 (吐出流量 10L/min) から供給される加湿空気を壁体下のアクリルボックス内へ供給する。模擬壁内はアルミで断湿し、木部での吸放湿が生じないように配慮している。初期状態として 30%RH の空気を供給し、安定したところで加湿空気 80%RH に切り替える。壁内中央の水平断面においては図 10 に示すように温湿度センサーを 15 点、入口側のアクリルボックス内に 1 点、計 16 点を計測している。温湿度センサーは温湿度アナログ出力モジュール SHTDA-2 (温度精度: ±0.4°C、湿度精度: ±3%RH) を使用した。測定間隔は 1 分である。温湿度センサーは鏡面式露点計で校正し誤差を補正している。実験は等温系 (室温 20°C) で行っているが、壁内外想定部分は夏期想定 (壁体を加熱しない場合) と冬期想定 (壁体を加熱する場合、ΔT=25°C) の 2 パターンで実施している。なお、測定断面の変化は(30)式に示すように規準化した。算出結果を図 11~14 に示す。

$$\eta = \frac{X - X_0}{X_{\text{box}}^{\text{max}} - X_{\text{box}}^{\text{min}}} \quad (30)$$

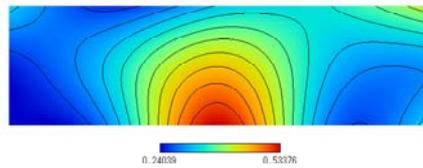


図 11 実験開始時の η 値コンター図(夏期想定)

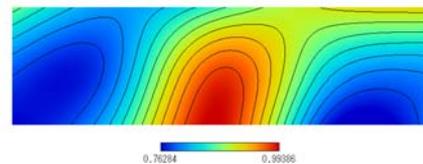


図 12 開始 5 時間後の η 値コンター図(夏期想定)

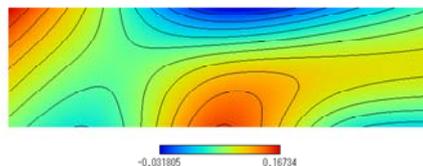


図 13 実験開始時の η 値コンター図(冬期想定)

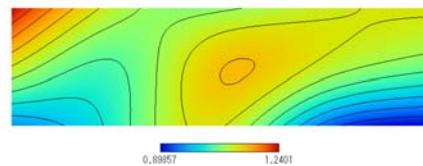


図 14 開始 5 時間後の η 値コンター図(冬期想定)

グラフより、夏期想定（内外温度差 0℃）も冬期想定（内外温度差 25℃）も同様に測定点 3（室外側）の部位の変化が大きい。加熱なしの場合は、測定点 3 まわりの η 値が高く、5 時間経過後も分布にほとんど変化がない。冬期想定（加熱あり）の場合は、5 時間経過すると η 値のむらが比較的小さくなっている。このことから、加熱なしであると空気は中央外壁面近くを通直にしか通過せず、加熱ありだと測定点 3 と 11 の部位の η 値の 2 点が高いため、加熱すると空気の動き（熱対流）に変化が生じることがわかった。加熱ありの 5 時間後を見てみると加熱面の測定点 13 の部位の η 値が高くなっているため、加熱面側の変化の速度が速くなったことがわかる。

以上のように、測定結果の誤差要因の大部分はグラスウールの充填方法に左右されていたが、そうした点も踏まえて断熱壁体内の移流把握は微小温湿度センサーで可能であることがわかった。

(5)まとめと課題・今後の展望

住宅のゼロエネルギー化を目指すうえで必要となる数値シミュレーション手法（壁体内移流を含む建物全体を対象とした熱・空気・湿気移動解析プログラム）を開発し、その有効性を確認した。特に通気層内の放射伝熱環境と通気量の影響を詳細に加味した検討（実測・シミュレーション）を行い、その影響程度を把握することができた。また、熱回収型通気壁体技術の検討として、通気性状をとらえる測定技術について検討を行った。適切な精度をもつ温湿度センサーを用いれば、ロギング時間間隔を適正に保つことで移流性状を一定レベルで把握できることを確認した。現状では、断熱材料（比較的ポーラスな繊維系断熱材）の通気特性（圧力損失特性）や熱湿気物性値の整備が限定的である。多様な仕様の検討を行うためにも、設計に必要な材料物性値の整備が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 4 件）

- ① 本間義規：通気層内の放射伝熱および通気風量を考慮した断熱壁体の熱水分同時移動解析，日本建築学会学術講演梗概集（中部）D-2，査読なし，301-302，2012/09
- ② 本間義規：長波長放射率の異なる透湿防水シートを用いた通気層付き断熱壁体の熱水分性状に関する冬期実測，日本建築学会学術講演梗概集（関東）D-2，査読なし，173-174，2011/08
- ③ 本間義規：EHBP 実験棟における研究計画，岩手県立大学盛岡短期大学部研究論集第

13 号，査読なし，73-76，2011/03

- ④ 齋藤 宏昭・本間義規・三浦尚志・鈴木大隆：多数室シミュレーションによる気密性能を考慮した木造住宅の小屋裏防露性能に関する検討，日本建築学会技術報告集第 17 巻，第 35 号，査読あり，221-226，2011/02

〔学会発表〕（計 2 件）

- ① 本間義規：通気層内の放射伝熱および通気風量を考慮した断熱壁体の熱水分同時移動解析，日本建築学会大会，2012/09/12，名古屋大学
- ② 本間義規：長波長放射率の異なる透湿防水シートを用いた通気層付き断熱壁体の熱水分性状に関する冬期実測，日本建築学会大会，2011/08/24，早稲田大学

〔図書〕（計 1 件）

- ① 本間義規，株式会社エクスマレッジ，世界で一番やさしい断熱，2012，240 ページ

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本間 義規 (HONMA YOSHINORI)
岩手県立大学盛岡短期大学部・教授
研究者番号：90331272