

# 温暖地・蒸暑地における住宅用パッシブ技術の導入に関する検討

高知工科大学 システム工学群  
 建築・都市デザイン専攻 建築環境研究室  
 1150065 佐々木 歌南  
 指導教員：田島 昌樹

住宅                      パッシブ技術                      換気設備  
 省エネルギー              暖房                                      冷房

## 1. はじめに

平成 25 年 10 月より改正省エネルギー基準が施行され、将来的には義務化される見通しである。省エネルギー基準の評価対象の一つである外皮の断熱性能を強化すると住宅の熱損失に占める換気負荷の割合が相対的に大きくなる<sup>[1]</sup>。そのため更なる省エネルギーの達成には換気にかかるエネルギーを削減する必要があり、換気による室内環境向上の側面とエネルギー消費量の側面の双方について検討することとなる。換気にかかるエネルギーの削減技術として、北海道では、暖房時の室内外温度差を利用した煙突型の換気システムが導入される事例が多数ある。また北欧では換気負荷(暖房時に外気を導入することによる熱損失)を低減する効果のある太陽熱集熱パネルが開発されている<sup>[2]</sup>。そこで本研究では、これら寒冷地域で普及しているパッシブ技術を換気にかかるエネルギー削減の目的で温暖地や蒸暑地に導入した場合の実測に基づく室内環境に関する検討や省エネルギー上の効果の検討を行った。

表 1 測定対象住宅の概要

名称	A 邸	B 邸	C 邸
外観			
所在地	東京都稲城市	東京都府中市	高知県南国市
地域区分	温暖地(6 地域)	温暖地(6 地域)	蒸暑地(7 地域)
竣工年月	H25. 12	H26. 3	H25. 3
家族構成	夫婦 2 人	夫婦 2 人+子供 2 人	夫婦 2 人+子供 1 人
床面積	93.8 m <sup>2</sup>	90.2 m <sup>2</sup>	98.0 m <sup>2</sup>
設計 Q 値	2.08 W/m <sup>2</sup> K	1.91W/m <sup>2</sup> K	2.51W/m <sup>2</sup> K
実測 C 値	1.6 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.7 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.9 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
換気設備	第 3 種換気	温度差換気システム	第 3 種換気 ※冬期日射のある場合壁付け太陽熱集熱パネルでの給気を含む
暖冷房設備	床下エアコン(暖) エアコン(冷)	床置エアコン(暖) エアコン(冷)	エアコン(暖冷) 太陽熱集熱パネル(暖)
測定期間	2013/12/28～ 2014/3/11	2014/3/10～ 2014/3/25	2013/12/15～2014/2/7

## 2. 研究概要

### 2.1 研究概要

本研究では、比較的断熱性の高い 3 件の住宅(温暖地 2 件、蒸暑地 1 件)を対象として、パッシブ技術が稼働する暖房時の室内環境と暖房にかかるエネルギー消費量の測定を行い、室内環境の衛生性およびエネルギー消費量の評価を行った。また一般的な暖冷房設備や換気設備を導入した条件との比較を目的として、拡張デグリーデー法に基づく暖房、冷房、換気にかかる一次エネルギー消費量の計算プログラム<sup>[3]</sup>を用いて様々な条件による計算を行い、温暖地・蒸暑地にパッシブ技術を導入する場合の評価を行った。

### 2.2 測定概要

測定対象住宅の概要を表 1 に示す。測定器は表 2 に示す機器を使用した。室内環境の評価を行うにあたり、表 3 に示す建築物衛生法の衛生管理基準値を用いた。

### 2.3 測定対象住宅の概要

比較対象とした A 邸は、全般換気設備として第 3 種換気(デマンド型)を採用し、全館連続暖房用のヒートポンプ式エアコンを床下に配置した住宅である。B 邸は、床下から給気し、屋根に配置した煙突から排気する温度差換気を採用したパッシブ換気住宅であり、全館連続暖房のためのヒートポンプ式床置エアコンを配置している。C 邸は、日射により給気をあたためる壁付け太陽熱集熱パネル(以下集熱パネル)を補助暖房として使用し、全般換気として第三種換気の一般的なヒートポンプ式エアコンを採用した住宅である。

表 2 測定項目と機器

測定項目	測定機器
温度・相対湿度	おんどとり RTR-53, RVR-52
CO <sub>2</sub> 濃度	コーナー札幌測定器 KNS-CO2S
日射量	日射計 PCM-01
消費電力	電力測定器 KNS-WP-WL

表 3 建築物衛生法の衛生管理基準値

測定項目	衛生管理基準値
温度	17 - 28℃
相対湿度	40 - 70 %RH
二酸化炭素濃度	1,000 ppm

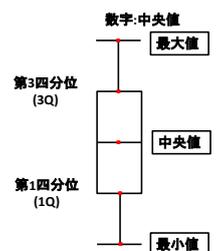


図 1 箱髷図の凡例

### 3. 対象住宅における実測結果

測定データの分析結果を示す際に使用した箱髷図の凡例を図1に示す。

#### 3.1 室内環境の評価

##### 1) A 邸

暖房期間の各室の空気温度を図2に、相対湿度を図3に示す。リビングの空気温度は測定期間のうち79%の時間で基準値内となった。2F 寝室の空気温度は65%、相対湿度は86%の時間に基準値内となった。測定期間中、加湿器を設置していたことから、2F 寝室で空気温度が高く相対湿度が80%RH程度まで上昇した。

##### 2) B 邸

暖房期間の各室の空気温度を図4に、相対湿度を図5に示す。B 邸では測定期間が入居前であった為、住宅の性能把握を目的として暖房設備を稼働させた状態で測定を行った。ロフト、リビング、1F 子供室の空気温度は97%以上の時間で基準値内となった。空気温度の中央値を比較すると、1F からロフトにかけて2°C程度温度差ができており、温度差による対流が発生していると思われる。煙突換気の排気端末に過換気を防ぐ目的で湿度感知型の部材が用いられていることから、ロフトの相対湿度は最も高く60%RHであった。

##### 3) C 邸

暖房期間の各室の空気温度を図6に、相対湿度を図7に示す。リビングの空気温度が最も高く、測定期間のうち65%の時間で基準値内となった。他の空気温度はおおむね30%以下程度であった。二酸化炭素濃度は、92%の時間で基準値内に含まれており、一定換気量が確保されていた。リビングには集熱パネルがあり、集熱パネル稼働時に給気量が多くなるため、リビングの相対湿度が低く二酸化炭素濃度も低い結果となった。

#### 3.2 暖房にかかるエネルギー消費量

##### 1) 暖房消費電力量の分析

図8に測定期間における各住宅の日平均外気温度と暖房消費電力量の関係を示す。日平均外気温度が同じである場合、B 邸の方がA 邸より暖房の消費電力量が大きい結果となった。B 邸の暖房消費電力量が大きい理由として、居住者がいない状態で測定しているため人体発熱を含む生活による内部発熱がないことが挙げられる。断熱性能を比較すると、B 邸の方が熱損失係数Q値が小さいため、居住者がいる状態で同型エアコンを導入すればA 邸より暖房消費電力量が小さくなると推定される。C 邸は日平均外気温が9°Cより低い場合には、A 邸に比べ暖房消費電力量は小さいことが分かる。しかし、9°Cより高い場合に、暖房消費電力量がA 邸より大きくなる。ヒアリングにより暖房期間にも関わらず昼間に窓明けを行っていることを確認している。その為、エアコン立ち上げ時に負荷がかかりやすいため、暖房消費電力量が大きくなっていると考えられる。

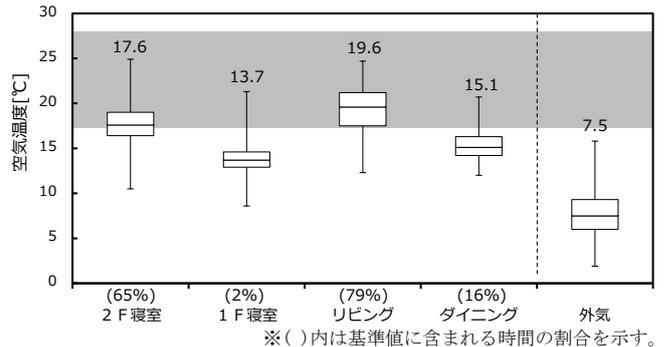


図2 A 邸各室の空気温度 ※( )内は基準値に含まれる時間の割合を示す。

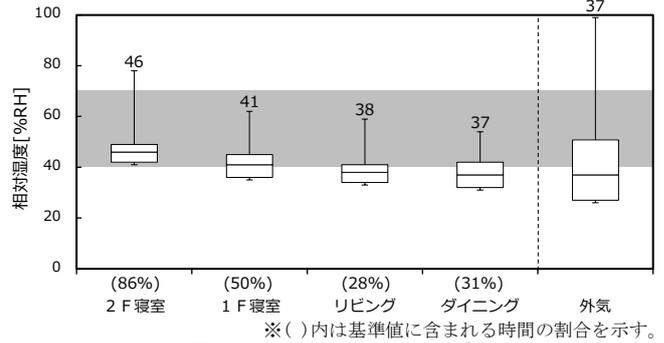


図3 A 邸各室の相対湿度 ※( )内は基準値に含まれる時間の割合を示す。

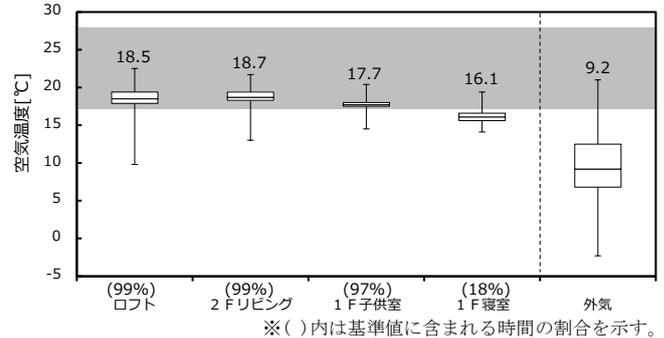


図4 B 邸各室の空気温度 ※( )内は基準値に含まれる時間の割合を示す。

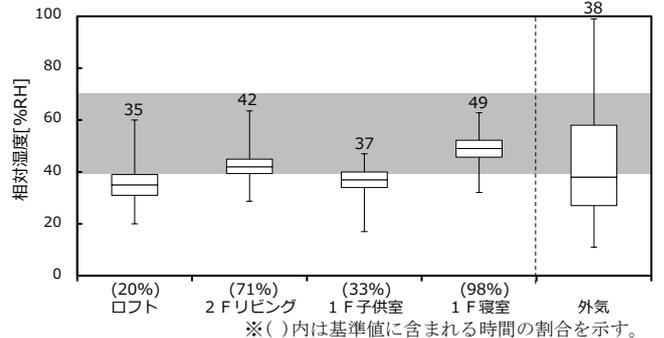


図5 B 邸各室の相対湿度 ※( )内は基準値に含まれる時間の割合を示す。

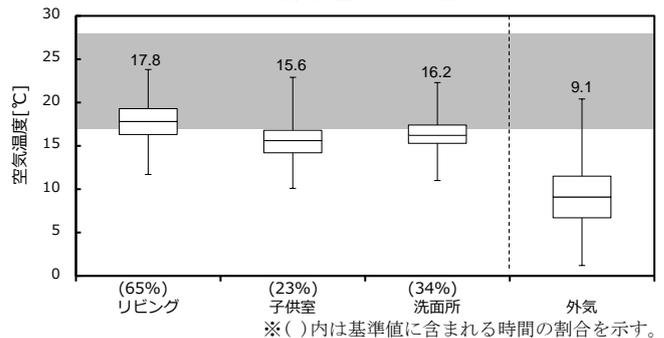


図6 C 邸各室の空気温度 ※( )内は基準値に含まれる時間の割合を示す。

図9は、C邸の日積算全天日射量に対する集熱パネルの集熱量を示す。日積算全天日射量が6MJ/m<sup>2</sup>を超えると、日射量に比例して、集熱パネルの集熱量が増加している。気象庁の天気概況のデータと照らし合わせると、6MJ/m<sup>2</sup>以下は雨を中心とした天候、6~10MJ/m<sup>2</sup>は曇りを中心とした天候であり、10MJ/m<sup>2</sup>を超えると晴を中心とした天候であった。暖房期間を11月~3月とし、気象庁の過去30年分のデータから全天日射量の平均値を算出したところ、東京で9.74MJ/m<sup>2</sup>、高知で11.2MJ/m<sup>2</sup>であった。高知での測定期間(54日間)のうち86%の日数で全天日射量が6MJ/m<sup>2</sup>以上であった。暖房期間中、高知は東京より平均的に1.46MJ/m<sup>2</sup>多く日射熱を利用することができ、集熱パネルを導入するのに適した気候であることを把握した。

## 2) 暖房にかかる一次エネルギー消費量の推定

図10に住宅別暖房エネルギー消費量を示す。実測値(図8の結果)から暖房にかかる一次エネルギー消費量に変換し、ガイドライン<sup>[4],[5]</sup>の値と比較した。A邸のみ調査値より数値が下回り、B邸、C邸は調査値より上回る結果となった。その理由としてA邸、B邸は全館連続暖房であり、調査値は部分間歇暖房であることが考えられる。C邸は集熱パネルを補助暖房として使用することで暖房エネルギーの削減に寄与しており、窓明けを行っていても調査値と比べ暖房エネルギー消費量が抑えられている結果となったと考えられる。

## 3.3 実測結果のまとめ

温度差換気を採用することで、対象住宅では居室内の空気温度に2℃程度差ができた。居住者による内部発熱が加わることで、暖房による消費電力量を測定結果よりも削減することができるかと推測された。また集熱パネルを採用することで、居室では集熱パネルの給気により相対湿度の低下がみられたが、集熱パネルが暖房消費電力量の削減に寄与しており、一次エネルギー消費量の削減に効果があった。

## 4. シミュレーションによる一次エネルギー消費量の検証

### 4.1 使用プログラムの概要

シミュレーションに使用したプログラム<sup>[6]</sup>は、自立循環型住宅開発委員会で開発されたものであり、そこにパッシブ技術の計算機能を追加することで、省エネルギー効果の推計を行った。

### 4.2 計算概要

本シミュレーションでは、算出した住宅用設備の換気、冷房、暖房負荷から、一次エネルギー消費量を算出した。検討では省エネルギー基準に設定されている住宅モデルプラン<sup>[4]</sup>を使用し、表4にシミュレーションに使用した計算パラメータを示す。

### 4.3 計算結果

図11はH25基準の6地域と7地域の断熱性能を用いて、シミュレーションによる一次エネルギー消費量を示した結果である。全般換気の種類ごとに比較すると、東京、高知

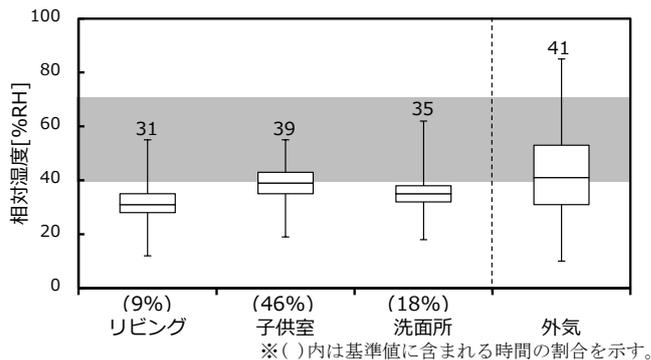


図7 C邸各室の相対湿度

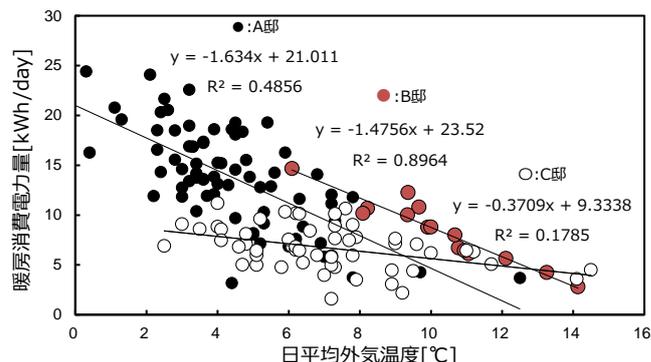


図8 日平均外気温度と暖房消費電力量の関係

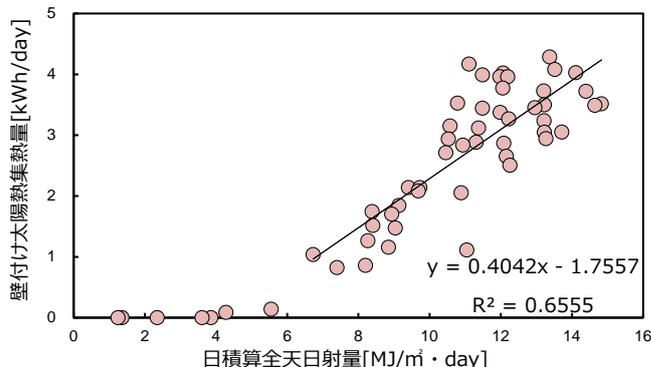
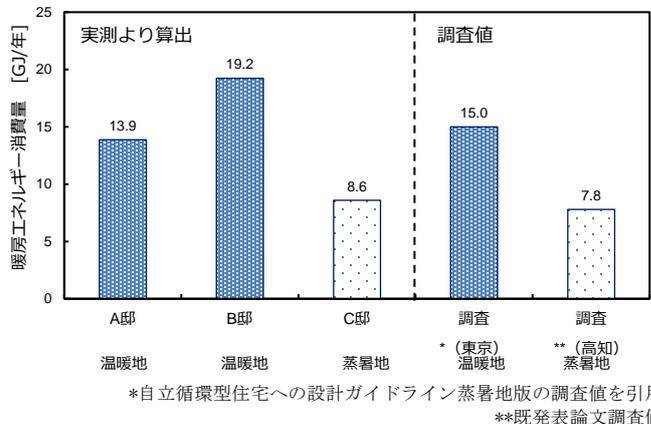


図9 C邸日積算全天日射量に対する集熱パネルの集熱量



\*自立循環型住宅への設計ガイドライン蒸暑地版の調査値を引用  
\*\*既発表論文調査値

図10 住宅別暖房エネルギー消費量

ともに温度差換気で集熱パネル有の場合が最も一次エネルギー消費量が小さい結果となった。温度差換気を行う場合、他の全般換気と比べ暖房にかかるエネルギー消費量は最も大きい、温度差換気は熱交換換気と比べ換気にかかるエネルギーの83%が削減可能となった。温度差換気で集熱パネル有の場合、熱交換換気で集熱パネル無と比較すると東京で3.1GJ、高知で3.3GJ削減となる。東京、高知ともに、第三種換気で集熱パネル有と温度差換気で集熱パネル無は、一次エネルギー消費量の内訳は違うものの合計の一次エネルギー消費量はほぼ等しくなった。全体として温度差換気で集熱パネルを用いるパッシブ住宅が最もエネルギー消費量が少ないことが確認された。図10の住宅別暖房エネルギー消費量と比較した結果、全ての住宅でシミュレーション値と近い値を示した。3件ともH25年省エネルギー基準に相当する性能の住宅であり、シミュレーションのデータに一定の精度があることを確認した。

図12は住宅の断熱性能をH25基準の4地域の断熱性能に変更して、シミュレーションによる一次エネルギー消費量を計算した結果である。断熱性能をあげるにより、どのケースも約1.8GJ削減することができる結果となった。

#### 4.4 まとめ

H25基準の6、7地域の断熱性能と4地域の断熱性能どちらを用いても温度差換気で集熱パネル有が最もエネルギー消費量が小さいことが確認された。機械換気を導入すると、運用時にファン、フィルターにホコリなどが蓄積され、期待通りの風量を確保できず、無駄なエネルギー消費を招くこととなる<sup>[7]</sup>。しかし温度差換気は維持管理が容易<sup>[7]</sup>なため、長期にわたりエネルギー消費量の削減効果を持続させることが可能である。熱交換換気は暖房の一部を還気の熱を再利用することで賄うため、エネルギーを削減する有効な手段となっているが、温暖地・蒸暑地においてパッシブ技術を導入することでよりエネルギー消費量を削減することができる<sup>[7]</sup>と確認された。また高い断熱性能に変えると、より一次エネルギー消費量の削減が可能になる結果が得られた。

#### 5. おわりに

本研究では実測に基づいた測定住宅の室内環境評価を行った。集熱パネルを採用すると集熱パネルの給気により相対湿度の低下がみられたが、暖房消費電力量の削減に寄与し、一次エネルギー消費量の削減に効果があった。実測とシミュレーションを行うことにより寒冷地域で普及しているパッシブ技術を温暖地や蒸暑地に導入した場合、エネルギー消費量が小さくなることを確認した。特に、温度差換気は換気にかかるエネルギーの削減量が最も大きく、熱交換換気と比較すると83%の削減が可能となった。また日射量の多い高知で集熱パネルを設置することで、補助暖房としての効果を発揮できることを実測およびシミュレーションによる一次エネルギー消費量の削減という形で確認した。

表4 シミュレーションに使用した計算パラメータ

設定項目	水準
気候条件	東京、高知
断熱性能	H25基準(6,7地域)、H25基準(4地域)
全般換気設備	[a]第3種換気、[b]熱交換換気、 [c]熱交換換気(冬)+第3種換気(夏、中間期)、 [d]温度差換気
局所換気設備	局所換気*
暖冷房方式	全館連続暖冷房
空調率	0.92
有効換気量率	0.95 [b]および[c](冬)
エアコン効率	COP=3.0
温度交換効率	顕熱交換効率 0.64, 潜熱交換効率 0.4
比消費電力[W/(m <sup>3</sup> /h)]	[a]0.14, [b]0.16, [c]0.32, [d]0.014
壁付け太陽熱集熱パネル	有、無

\*H25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住宅に準じ、局所換気設備の時間別の排気量を設定している。

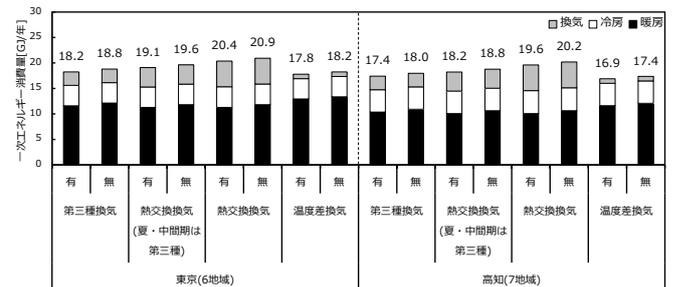


図11 シミュレーションによる一次エネルギー消費量(H25基準(6,7地域)) ※図中の有無は、壁付け太陽熱集熱パネルの有無を表す(表4参照)

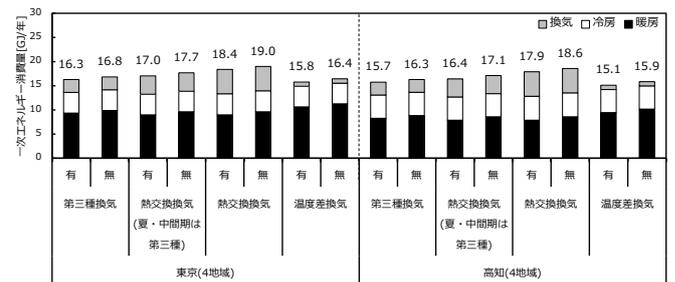


図12 シミュレーションによる一次エネルギー消費量(H25基準(4地域)) ※図中の有無は、壁付け太陽熱集熱パネルの有無を表す(表4参照)

#### 謝辞

本研究を行うにあたり、測定対象住宅の居住者様、並びに(株)マツナガ 松永様、建築環境ソリューションズ 峰野様、北海道立総合研究機構 北方建築総合研究所 村田様から多大なる協力を頂きました。記して謝意を表します。

#### 本研究に関する既発表論文

佐々木歌南, 廣田佳祐, 多田のぞみ, 田島昌樹: 高知県における住宅の空気環境およびエネルギー消費量の調査, 日本建築学会四国支部研究報告集 第14号, p49-50, 2014年5月  
多田のぞみ, 廣田佳祐, 佐々木歌南, 田島昌樹: 高知県における住宅のエネルギー消費調査, 日本建築学会四国支部研究報告集 第14号, p51-52, 2014年5月

#### 参考文献

[1]小河一: 暖房エネルギーゼロ住宅の開発に関する研究(その1)必要技術水準の基礎的検討, 日本建築学会大会学術講演便覧集(関東) 2006年9月, p235-236 [2]松永潤一郎: 住宅用パッシブ換気システムの導入事例と普及に向けた取り組みについて 温暖地・蒸暑地における事例紹介と取り組み, 一般社団法人日本建築学会四国支部, 日本建築学会四国支部研究報告集 第14号, p61-62, 2014年5月 [3]村田さやか: 住宅用換気設備の換気負荷シミュレーションプログラムの開発 その2 隙間を含む住宅全体換気量の推定方法 日本建築学会四国支部研究報告集第14号, p67-68 2014年5月 [4]財団法人 建築環境・省エネルギー機構: 蒸暑地版自立循環型住宅への設計ガイドライン エネルギー消費50%削減を目指す住宅設計 2010年10月5日, p14, p346-347 [5]澤地孝男, 防垣和明, 吉野博, 鈴木憲三, 赤林伸一, 井上隆, 大野秀夫, 松原斎樹, 林徹夫, 森田大: 用途別エネルギー消費量原単位の算出と推定式の作成 全国的調査に基づく住宅のエネルギー消費とライフスタイルに関する研究(第1報), 日本建築学会計画系論文集 第462号 1994年8月, p41-48 [6]峰野悟: 住宅用換気設備の換気負荷シミュレーションプログラムの開発 その1 プログラムの概要, 日本建築学会四国支部研究報告集第14号, p65-66 2014年5月 [7]福島明: 北海道科学大学 パッシブ技術研究会セミナー 微弱なエネルギーの活用こそがパッシブな家づくりの本質・財団法人 建築環境・省エネルギー機構: 住宅の省エネルギー基準の解説, 平成14年6月1日・国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人 建築研究所: 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, 平成25年5月29日・省エネルギー機構: 住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算方法の解説・財団法人北海道建築指導センター: パッシブ換気システム 設計・施工マニュアル, 平成13年2月