長野市信州大学キャンパス内に建設した暖房負荷ゼロを目指した実験住宅の通年計測結果の考察

ANNUAL MEASUREMENT OF INDOOR THERMAL ENVIRONMENT IN TEST HOUSE WITH ZERO HEATING LOAD CONCEPT CONSTRUCTED IN NAGANO CITY

日合絢乃 — *1 山野井 彰 — *1
寺沢正道 — *1 岩井一博 — *2
山下恭弘 — *3 長谷川兼一 — *4

Ayano HIAI — *1 Akira YAMANOI — *1
Masamichi TERASAWA — *1 Kazuhiro IWAI — *2
Yasuhiro YAMASHITA — *3 Ken-ichi HASEGAWA — *4

キーワード：
高断熱高気密住宅, 室内温熱環境, エネルギー消費量, 冷暖房負荷, 暖房負荷ゼロ

Keywords:
Super thermal insulated and airtight house, Indoor thermal environment, Energy consumption, Heating and cooling load, Zero heating load concept

A super insulated test house was constructed in Shinshu University of Nagano city. This house was designed with zero heating load concept and its heat loss coefficient is $0.72\text{W/m}^2\text{K}$. The thermal environment and energy consumption were monitored for one year. Measured results reveal the possibility for no energy consumption for space heating with both high thermal performance of envelopes and generated heat gain from occupants, lights and so on. Also it is shown through field measurement and numerical analysis that super thermal performance with solar shading and cross ventilation conduce the decrease of energy consumption for space cooling.

1. はじめに

地球温暖化問題を背景として、産業、運輸、民生部門にて省エネルギー化が進められているが、民生部門に該当する住宅用エネルギー消費量は依然として増加傾向にあり、さらに積極的な対策が必要となっている。1999年には、住宅の冷暖房用エネルギー消費量を低減させることを意図して、次世代省エネルギー基準¹⁾が策定され、我が国の断熱基準の水準が欧米先進諸国と同等のレベルに達した。筆者らは、20年前から長野県の戸建て住宅の断熱気密性能、冬季室内温熱環境やエネルギー消費量を継続して調査しており、得られたデータを基にしてデータベースを構築し、住宅環境性能の動向を明らかにしてきた。^{2)~7)}

住宅の室内温熱環境に着目した研究は、これまでに各地域で行われており、エネルギー消費量の調査や居住者の温冷感や満足感、住まい方の意識、冷暖房方式の違いによる室内温熱環境の実態調査などが報告されている。^{8)~13)} また、断熱気密住宅を対象とした研究例も数多く見られ、室内温熱環境、熱負荷、エネルギー消費量の実態調査、換気、通風に関する検討、健康に関する調査が各地域で実施されている。^{14)~22)}

住宅の断熱性能を向上させれば、暖房負荷を低減させることができるが、その程度によっては暖房負荷がゼロになる可能性がある。小河らは、数値計算により暖房負荷ゼロの可能性を検討し、温暖な地域での実現可能性を示唆している。²³⁾ 今回、筆者らは、信州大学工学部内に可能な限り断熱材を厚くした高断熱高気密実験住宅を建設する機会を得ることができ、人体、照明、家電機器などの排熱のみで暖房負荷ゼロ住宅の実現と、冷房負荷の低減が可能かを実証することを目的に通年測定を行った。本報では、実験住宅の実測結果、被験者による温熱環境のアンケート調査結果、熱負荷シミュレーション結果をもとに考察を行う。

図1 実験住宅 平面図(左)・断面図(右)

表1 実験住宅の仕様

部位	断熱材・厚さ(mm)	熱貫流率(W/m ² K)
外壁	グラスウール 520	0.072
床	グラスウール 400、スタイロフォーム 100	0.069
天井	グラスウールブローイング 700	0.054
種類		熱貫流率(W/m ² K)
窓	木製サッシ トリプルガラス	1.3
扉		1.0
換気	冬季	全熱交換型換気扇 温度交換効率 83%
		16m ³ /h(換気回数 0.5回/h)
	夏季	熱交換なし 24m ³ /h(換気回数 0.8回/h)
実験室面積		16m ²
開口部比率		28.68%
自然換気回数		0.04回/h(CO ₂ トレーサーガス法により測定)
熱損失係数		0.72W/m ² K

2. 実験住宅の概要

2.1 建物の概要

図1に実験住宅の平面図と断面図を、また表1にその仕様を示す。実験住宅は、長野県長野市の信州大学工学部キャンパス内のグラウン

*1 信州大学大学院工学系研究科社会開発工学専攻 大学院生
(〒380-8553 長野市若里4-17-1)

*2 信州大学工学部社会開発工学科 技術専門職員・博士(工学)

*3 信州大学工学部社会開発工学科 教授・工博

*4 秋田県立大学システム科学技術学部 准教授・博士(工学)

*1 Graduate Student, Shinshu University

*2 Engineer, Dept. of Archi. and Civil Eng., Faculty of Eng., Shinshu University, Dr. Eng.

*3 Prof., Dept. of Archi. and Civil Eng., Faculty of Eng., Shinshu University, Dr. Eng.

*4 Assoc. Prof., Faculty of Systems Science and Tech., Akita Prefectural University, Dr. Eng.

ドに建設されている。周囲には日射をさえぎるものではなく、地面は草地である。構造は在来軸組み工法で、延べ床面積は24㎡である。このうち実験室は16㎡(実面積12㎡)で、その北側に前室を設けている。窓にはオーニング、カーテンを取り付け、3月から10月は日射の遮蔽を行った。

2.2 内部発熱の概要

図2に内部発熱機器の発停のスケジュールを示す。実験住宅では、室内で2人が実生活していることを想定したスケジュールで内部発熱機器を作動させている。人からの発熱を想定した人体模型2体、照明、テレビ、冷蔵庫をそれぞれコンピュータにより制御した。図3に人体と人体模型(75W)をサーモカメラで撮影した画像を示す。人体模型は、人間の基礎代謝量が64Wであることから、²⁴⁾模型内部に5Wと10Wの電球を用いて65Wとしたが、サーモカメラで撮影した結果から人体の表面温度に近い値を示した75Wを採用した。また、食後には代謝量が上がることを考慮して、容量を上げる制御を行った。照明は100Wのスタンドライト、家電製品は59Wのテレビと79Wの冷蔵庫をそれぞれ使用した。以上の結果、人体模型からの内部発熱を含め、発熱量は1日の積算値で430.3Wh/㎡の設定となった。

3. 測定システムの概要

計測項目は、外気温湿度、地中温度、床面、壁面、天井温度、室内の垂直温度分布、グローブ温度、相対湿度、全熱交換型換気の吸排気温度、流量、消費電力で、それぞれ1分間隔でデータロガーに収集した。このうち、温度はT型熱電対を、また相対湿度は高分子型センサーを用いた。

4. 年間の温湿度変化

測定は、2005年8月15日から2006年10月9日の約1年間実施した。図4にその間の室内外における温湿度変化を示す。値は1週間ごとの平均値を使用した。外気温の最低気温は-3.6℃、最高気温は28.1℃で、1年間の平均値は12.6℃であった。室内温度は、3月上旬に試験的に内部発熱を一切行わなかったため、この期間を除くと最低温度20.0℃、最高温度31.2℃、平均は25.2℃であった。結果として暖冷房の条件は、冬季は暖房器具を使用せず、夏季は6月下旬から9月上旬までエアコンを使用することとなった。その条件下で、冬季は外気温が氷点下になっても室温は20℃以上に保たれていたことがわかる。一方、外気相対湿度は平均71.1%で、外気絶対湿度は平均7.3g/kgであった。室内の相対湿度は11月から4月までの間、実験室の乾燥状態によって加湿器を稼動した結果、通年で平均44.4%、室内の絶対湿度は平均8.8g/kgであった。そのため、外気の絶対湿度が低い冬季であっても室内は7g/kg程度であり、室内は適度な湿度に保たれていた。

5. 冬季実測結果

5.1 最寒日の実測結果

2005年12月25日の最寒日における、外気温、外気相対湿度、室内温度、室内相対湿度の経時変化を図5に示す。当日の外気温の最低気温は-10.6℃で最高気温は1.6℃であった。室内の最低温度は17.1℃、最高温度は20.6℃、平均気温は18.9℃であった。室内の相対湿度は平均で47%であり、安定した値となった。

図2 内部発熱 制御スケジュール

図3 サーモカメラでの比較 (左:人間 右:人体模型)

図4 年間の温湿度変化

図5 最寒日の外気温湿度、室内温湿度経時変化

図6 被験者実験中の実験室内配置

5.2 室内の温熱環境に関するアンケート結果

10月に内部発熱機器の排熱により暖房無しで冬季を過ごせる見通しが得られたので、室内温熱環境に関する被験者実験を行った。実験は、秋季と冬季2回の合計3回実施した。実施した期間は、秋季は2005年10月24日から11月3日、冬季1回目は11月26日から12月29日、冬季2回目は2006年1月11日から1月22日までである。被験者は22歳から28歳の男性9名である。秋季は19:00から翌日18:00まで、冬季は11:00から翌日10:00までのスケジュールで1人ずつ行った。被験者の着衣はジャージの上下で0.73clo、作業強度は秋季1.1Met(テレビ鑑賞)、冬季は1.2Met(事務作業)とした。また、内部発熱は人体模型1体、冷蔵庫、テレビ、照明である。図6に実験室内の配置図を示す。人体模型はイスに座り、テーブルに向かう姿勢で配置し、冷蔵庫は実験室内の北東の壁に置いた。実験室中央のテーブルにテレビ、照明を配置した。トイレなどでの退出は自由とし、時間の記録をつけて行動するよう依頼した。就寝時は日中折りたたんでいた簡易ベッドを部屋の東側に置き使用した。図7に実験期間中の室内の平均温度と平均相対湿度を示す。なお、実験中は窓の開閉は自由とし、温度調節を適宜行った。また、湿度に関しては被験者の過しやすいように適宜加湿器を稼働させた。その結果、秋季の外気温の平均が11.7℃、冬季1回目が1.8℃、冬季2回目が-0.8℃の際に、室内の平均温度は秋季25℃、冬季1回目22.5℃、冬季2回目23.1℃であった。室内の平均相対湿度は秋季は38.2%、冬季1回目は39.4%、冬季2回目は51.2%であった。この環境において被験者に対する快適感と温冷感のアンケートを実施した。アンケートを実施した時間帯は、秋季は20:00、22:00、24:00、翌朝8:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00、冬季は12:00、14:00、16:00、18:00、20:00、22:00、24:00、翌朝8:00、10:00で、2時間ごとに合計9回である。図8に快適感と温冷感の評価尺度を示す。快適感は7段階評価を、温冷感は9段階評価の評定尺度評価をそれぞれ行った。図9にアンケートの結果を示す。室内の快適感の結果では「快適」、「やや快適」が多い結果であった。秋季、冬季1回目、冬季2回目の結果を比べると冬季2回目の結果が最も快適感の比率が高く「どちらとも言えない」から「非常に快適」の回答が全体の98%を占めた。一方、全身の温冷感では「どちらとも言えない」、「やや暖かい」の回答が多く、秋季の結果では「暑い」という回答があった。冬季では、「どちらとも言えない」から「暖かい」までが1回目の結果では84%、2回目の結果では91%の割合を占めた。冬季1回目は機械換気を含めた換気回数を1.13回/hとしていたため、「足元が寒い」という申告があったが、冬季2回目は換気回数0.5回/hに調節した結果、「やや涼しい」、「やや不快」という回答が減少した。

被験者実験中は暖房器具を使用せずに、概ね快適な室内温熱環境を得ることができたと考える。

6. 最暑日の実測結果

最暑日の2006年8月19日における、外気温、外気相対湿度、室内温度、室内相対湿度の経時変化を図10に示す。なお、この日はエアコンを24時間稼働していた。外気温の最低気温は24.3℃で最高気温は36.6℃であった。室内の平均温度は28.7℃で安定した値となった。室内の相対湿度は平均で64.3%であり、±5%の変動となった。エアコンの消費電力量は次章で詳細を示す。

図7 被験者実験期間中の室内温度湿度

図8 快適感、温冷感の評価尺度

図9 快適感と温冷感のアンケート結果

(エアコン 24時間稼働)
図10 最暑日の外気温湿度、室内温度湿度経時変化

図 11 エアコン消費電力量

7. 冷暖房エネルギー消費量実測結果

図 11 にエアコンを使用した期間の消費電力量について、1 日の積算値と外気温の 1 日の平均温度、最高温度、最低温度、室内平均温度を示す。グラフの上部には、エアコンを稼動した時間帯を示す。なお、エアコンは 2006 年 6 月 21 日から 9 月 3 日までの期間に使用した。この期間の、エアコンの消費電力量の積算値に COP を考慮すると、冷房負荷は 57.96 MJ/m² となった。^{注 1) 注 2)} 冬季は暖房機器を使用していないため、年間における冷暖房負荷は合計 57.96 MJ/m² となる。この結果を、次世代省エネルギー基準における基準値の 460 MJ/m² (長野市・Ⅲ地域) と比較すると、基準値に対して実測値は 12.6% であり、87% の削減ができたと言える。

8. 熱負荷シミュレーション計算

8.1 熱負荷シミュレーション結果と実測値の比較

本研究では、実測結果の妥当性を検討するために住宅用熱負荷シミュレーションプログラム SMASH を用いて数値計算を行った。実験住宅ではオーニングでの日射遮蔽や、窓の開放を行っている。そこで、熱負荷シミュレーションの設定は、排熱換気では室温が 27°C 以上かつ外気温が 26°C 以下であった場合に換気回数 10 回/h で換気を行う設定で、実際には窓を開けるという状態を想定した。また、日射遮蔽として庇を長く設定し、直射日光が入らないようにした。^{注 3)} 内部発熱は実験で実際に使用した熱量を顕熱で入力し、冷房は 27°C 一定、暖房は 20°C 一定とした。換気回数は自然換気で 0.04 回/h、機械換気で顕熱交換効率 75%、換気回数 0.5 回/h とした。図 12 に実測値と数値計算結果を示す。実測結果は、各月の消費電力量の積算値^{注 4)} にエアコンの COP を乗じたものである。実験住宅の実測値と数値計算結果の相関係数は 0.98 であり、ほぼ同様の値となった。

8.2 各種熱負荷シミュレーション結果

各種シミュレーション計算の条件を表 2 に示す。Type1 は、建物は実験住宅の性能で、日射あり、排熱換気なしの条件である。Type2 は Type1 と同様の性能で、日射なし、排熱換気ありの条件で、8.1 項の数値計算で用いた設定である。Type3 は、Q 値を次世代省エネルギー基準で定められているⅢ地域の基準の 2.4 W/m² K となるように、断熱材の厚さを外壁 120mm、天井 70mm、床下 50mm とし、日射、排熱換気は Type2 と同様とした。

図 13 に冷暖房負荷の計算結果を示す。Type1 では、暖房負荷は 1 月の 0.58 MJ/m² のみで、冷房負荷は 1 年を通して生じている。その

図 12 実測値と数値計算結果の対応

表 2 計算条件と結果

	Type1	Type2	Type3
換気回数[回/h]	0.5	0.5	0.5
排熱換気(窓開放)	なし	あり	あり
日射の入射	あり	なし	なし
Q値[W/m ² K]	0.72	0.72	2.4
年間冷暖房負荷 [MJ/m ²]	冷房	冷房	冷房
	391.05	58.72	148.91
	暖房	暖房	暖房
	0.58	0	334.86
	391.63	58.72	483.77

図 13 冷暖房負荷シミュレーション計算結果

結果、年間の冷暖房負荷は 391.63MJ/m² となった。それに対し、Type2 では 5 月から 9 月に冷房負荷が生じ、年間の冷暖房負荷は 58.72MJ/m² であった。Type1 と Type2 の違いは、住まい方の違いによって冷暖房負荷が大きく変わることを意味する。すなわち、オーニングによる日射の遮蔽や、外気が室内より低くなる時に窓を開放して排熱することである。Q 値を 2.4W/m² K とした Type3 では、10 月から 5 月までに暖房負荷が生じ、5 月から 10 月まで冷房負荷が生じる結果となり、年間の冷暖房負荷は 483.77MJ/m² となった。また、Type2 と Type3 の冷房負荷は Type2 では 58.72MJ/m² に対して、Type3 の冷房負荷は 148.91MJ/m² であり、Type2 は Type3 の約 1/3 となる。すなわち、次世代省エネルギー基準 I 地域の基準以上の水準に断熱性能を高めても、冷房負荷は上昇しない結果となった。

9. まとめ

本研究は、冷暖房負荷を限りなく低減させる省エネルギー住宅の可能性を追求し、その実現に向けての基礎資料を得ることを目的として、断熱材を極度に厚くした実験住宅を建設し、1 年間を通して計測を行った。その結果、冬季は人体の発熱と電気機器類からの排熱のみで暖房エネルギー消費量がゼロとなる状態を実現し、夏季については日射遮蔽や窓開放を行うことで、冷房エネルギー消費を大幅に抑えることが可能であることを実証した。本報は、冷暖房負荷を限りなく抑えることが可能な住宅を普及させる前段階と位置づけており、このような省エネルギー性が高い住宅の普及には、断熱気密の工法の開発や断熱性能が高い開口部建具の市場性確保が不可欠であると考えている。

今後は実際の住宅を対象とした実測調査を行い、暖冷房や換気設備との関連や、適切な断熱層厚を検討する予定である。また、気象条件を考慮した環境設計法の確立も同時に検討していく予定である。

謝辞

本研究は信越ビー・アイ・ピー（株）との共同研究であることを付記します。資材は樹脂サイディング普及促進委員会、（株）サンワホームに協賛していただいた。また、研究の一部は信州大学山下研究室の平成 17 年度卒業生の堀田さとみ氏、大学院生伊藤雅大氏の成果であることを付記し感謝します。また、現在 4 年生の谷田智美、小島明子、辻村吉彦、中尾和也、立花和樹、大学院生の黒木拓、森川健太の各氏の協力に感謝します。

注

- 注 1) 電力量の単位換算は 3.6[MJ/kWh] を用いている。
注 2) エアコンの成績係数である COP の予測値の計算法について研究が進んでいるが、^{25), 26)} エアコンのカタログ値である 5.24 を使用して計算を行った。
注 3) SMASH の計算において、排熱換気は換気回数 10 回/h、日射遮蔽は窓の上部、左右に 10m の日射遮蔽壁があるとして計算した。
注 4) 電力量の積算値は、この冷房を実際に使用した全期間の積算であり、図 12 に示すように、実際には一日中エアコンを稼働し窓開放を行わなかった期間も含まれる。

参考文献

- 1) 建築環境・省エネルギー機構：住宅の次世代省エネルギー基準と指針
- 2) 加藤友也、山岸明浩、山下恭弘：長野市を中心とした一戸建住宅の冬期室内温熱環境に関する調査研究—熱損失係数から見た室内温熱環境と居住者意識の違いについて—、日本建築学会計画系論文集 第 470 号、19-27、1995 年 4 月
- 3) 山岸明浩、加藤友也、手塚光晴、山下恭弘：長野市を中心とした一戸建住宅の室内温熱環境に関するデータベースの構築と活用に関する研究、日本建築学会技術報告集 第 3 号、194-198、1996 年 12 月
- 4) 丹羽悠介、中谷洋一、岩井一博、山下恭弘：長野県の戸建住宅における暖房用エネルギー消費量—居住者意識及び暖房の仕方から見た検討—、日本建築学会環境系論文集 第 581 号、73-79、2004 年 7 月
- 5) 丹羽悠介、正村順子、岩井一博、高木直樹、長谷川兼一、山下恭弘：長野市

を中心とした断熱気密住宅のエネルギー消費量の実態—暖房用エネルギー消費量消費量を中心として—、日本建築学会計画系論文集 第 565 号、61-66、2003 年 3 月

- 6) 長谷川兼一、吉竹秋宣、黒柳博見、山岸明浩、河路友也、山下恭弘：長野市を中心とした戸建住宅の居住環境データベースの活用—断熱気密住宅におけるエネルギー消費量の実態—、日本建築学会計画系論文集 第 521 号、95-101、1999 年 7 月

- 7) 長谷川兼一、黒柳博見、山岸明浩、河路友也、山下恭弘：断熱気密住宅における気密性能と温熱環境の特性に関する考察—長野市を中心とした戸建住宅の温熱環境データベースを用いた考察—、日本建築学会計画系論文集 第 536 号、29-34、2000 年 10 月

- 8) 長谷川兼一、吉野博、石川善美、松本真一、源城かほり、竹内仁哉：熱環境から見た冬季の居住性能に関する地域特性の推移—東北地方都市部を対象とした 20 年間の変化—、日本建築学会環境系論文集 第 593 号、33-40、2005 年 7 月

- 9) 長谷川兼一、吉野博、湯浅和博、千葉智成、室恵子、石田建一、三田村輝章、村上周三：低負荷型ライフサイクルの省エネルギー効果—標準型住宅モデルを用いた数値計算による検討—、日本建築学会環境系論文集 第 608 号、97-104、2006 年 10 月

- 10) 村上周三、坊垣和明、田中俊彦、羽山広文、吉野博、赤林伸一、井上隆、飯尾昭彦、鉾井修一、尾崎明仁、石山洋平：全国の住宅 80 戸を対象としたエネルギー消費量の長期詳細調査—対象住宅の属性と用途別エネルギー消費量、日本建築学会環境系論文集 第 603 号、93-100、2006 年 5 月

- 11) 長谷川義明、井上隆：全国規模アンケートによる住宅用エネルギー消費の実態に関する研究—世帯特性の影響と世帯間のばらつきに関する考察—その 1、日本建築学会環境系論文集 第 583 号、23-28、2004 年 9 月

- 12) 井上隆、水谷隼、田中俊彦：全国規模アンケートによる住宅用エネルギー消費の実態に関する研究—影響を及ぼす要因に関する分析—その 2、日本建築学会環境系論文集 第 606 号、75-80、2006 年 8 月

- 13) 西村仁、池田真樹、藤村知春、垂木弘夫：北陸の次世代省エネルギー基準全電化住宅を対象とした温熱環境と暖房用エネルギー消費に関する実態調査、日本建築学会環境系論文集 第 582 号、37-44、2004 年 8 月

- 14) 赤林伸一、水谷国男、高倉秀一、須山善美、栗原亮一：気候特性に対応した住宅の断熱・気密性能に関する検討—住宅の換気・通風に関する実験的研究—その 2、日本建築学会計画系論文集 第 464 号、47-56、1994 年 10 月

- 15) 菊田弘輝、絵内正道、羽山広文、森太郎：寒冷地における高断熱建物の室内温熱環境と暖房エネルギー消費量の特性に関する実態調査研究、日本建築学会環境系論文集 第 599 号、39-46、2006 年 1 月

- 16) 有路倉平、吉野博、新妻弘明、三田村輝章、入口貴司：高断熱高気密二世帯住宅における室内空気環境とエネルギー消費量の長期測定、日本建築学会技術報告集 第 13 号、155-158、2001 年 7 月

- 17) 入口貴司、吉野博、三田村輝章、有路倉平：太陽温水器の設置された高断熱高気密住宅における室内環境とエネルギー消費に関する長期測定、日本建築学会技術報告集 第 13 号、159-162、2001 年 7 月

- 18) 竹山清明：関西における高気密・高断熱木造住宅の冬季居住性の研究、日本建築学会技術報告集 第 3 号、218-223、1996 年 12 月

- 19) 長谷川兼一、吉野博、松本真一：東北地方における断熱気密住宅のエネルギー消費量—暖房用を中心とした実態調査と数値計算—、日本建築学会計画系論文集 第 557 号、49-56、2002 年 7 月

- 20) 小峯裕己、宮本和弘、鈴木智、西郷徹也：温暖地における高断熱・高気密住宅の熱負荷に関する研究—その 1—夏期連続運転時の冷房負荷・エアコン消費電力量とシェルスター性能の関連、日本建築学会計画系論文集 第 513 号、15-22、1998 年 11 月

- 21) 坂口淳、赤林伸一、山口一：新潟市に建設された住宅における室内温熱環境とエネルギー消費量に関する実測調査—全電化・高気密・高断熱住宅を対象として—、日本建築学会計画系論文集 第 543 号、33-39、2001 年 5 月

- 22) 高瀬秀芳、渡辺俊行、尾崎明仁：季節蒸暑地域における断熱気密住宅の温熱環境性能、日本建築学会環境系論文集 第 572 号、9-16、2003 年 10 月

- 23) 小河一、加藤信介、鈴木大隆：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梗概集（関東）、235-236、2006 年 9 月

- 24) 田中俊六、武田仁、足立哲夫、土屋喬雄：最新建築環境工学改定 2 版、井上書院

- 25) 浅間英樹、赤林伸一、坂口淳、石山洋平、佐藤久遠：家庭用エアコンの実使用時における成績係数に関する調査研究その 3—長期計測におけるエアコンの成績係数について—、日本建築学会北陸支部研究報告集 第 48 号、253-256、2005 年

- 26) 田中堤子、細井昭恵、坂本雄三、長谷川純子、澤地孝男：住宅のエアコン暖冷房における消費エネルギー計算の標準化に関する研究（その 2：エアコンの部分負荷効率と消費エネルギーに関する検討）、日本建築学会大会学術講演梗概集、1107-1108、2006 年 9 月

[2006年10月20日原稿受理 2007年2月19日採用決定]