スチールハウスの断熱・防露・気密性能に関する実測調査

FIELD MEASUREMENTS RELATED TO THERMAL INSULATION, MOISTUREPROOFING AND AIR-TIGHTNESS IN EXISTING STEEL-FRAMED HOUSES

金 榮 卓 — * 1 坂本雄三 — * 2
樋口誠六 — * 3 大森忠昭 — * 4
高橋通泰 — * 5

Youngtag KIM — * 1 Yuzo SAKAMOTO — * 2
Seiroku HIGUCHI — * 3 Tadaaki OMORI — * 4
Michiyasu TAKAHASHI — * 5

キーワード：
スチールハウス, 断熱, 結露, 気密

Keywords :
Steel-framed house, Thermal insulation, Vapor condensation, Air tightness

Recently, steel-framed houses began to be built even in Japan because of rise in timber price. A technology for building them has been mainly developed in warm regions, such as California and Florida. So the technology has to be verified and to be improved according to climate and custom of Japan if necessary. The paper discusses thermal insulation, moistureproofing and air-tightness of the steel-framed houses on basis of field data, which were measured in steel-framed houses existing in Japan.

1. はじめに

近年、メッキ処理した薄い鋼板を主要な構造材として用いた住宅(以下「スチールハウス」と称す)が登場した。用いられる鋼板は、厚さが1mm前後であり、軽量鉄骨造住宅において従来から使用されている鋼板(厚さ2.3~6.0mm)よりさらに薄く、その多くは溝形(C形)に成形されて使用されている。この溝形状の構造材のことを「スチールスタッド」などと称するが、この構造材が木製の構造材と同様に軽量であることが、スチールハウスの工法における特長になっている。言い換えれば、スチールハウスは枠組壁工法住宅(以下、「2×4住宅」という)の枠組材がスチールスタッド等に置き換えられた住宅と考えられる。

スチールハウスは米国で開発され、米国やオーストラリアなどで普及しているが、木材価格の上昇や、森林資源の保護を叫ぶ声の増大、鉄のリサイクル材としての実績などの理由から、今後、日本においても徐々に建設されることが予想されている。しかし、海外で培われてきたスチールハウスに関わる諸々の技術が、日本の自然および社会の両環境においても、問題がないものなのかどうかは、十分に確認されているわけではない。スチールハウスは、米国でもカリフォルニアやフロリダなどのような温暖な地域において確立された建築工法である。他方、日本には、高温多湿な夏、シベリアからの寒波が襲来する冬、水蒸気発生が多く部分間歇暖冷房が行われる室内、などに代表される室内外の環境における特異性が十分に存在する。それゆえ、このような環境上の差異がスチールハウスに及ぶ影響については、確認や検証が必要な緊急の課題になっている。すなわち、昨今の日本の住宅においては、省資源・省エネルギーのた

めに断熱性と防露性が必須とされている(これらを実現するために、さらに気密性も要求される)が、スチールハウスにおいては熱伝導率が極めて高い鉄という材料が多用されているので、これらの性能を確保することが現実的に可能なのか、確認が急がれているわけである。とくに、鋼材の腐食防止を考えた場合、防露性は不可欠な要素となるが、現実的な断熱・防露工法でもって結露が回避されるかどうかは、実際の建物における実際の居住状況下でもって何らかの検証を行っておく必要がある。

以上のような背景と目的の下に、本調査では既往の断熱・防露工法でもって建設された複数のスチールハウスにおいて、外周部位の断熱・防露・気密性能に関して、短期間の計測と、実際の居住状況下における長期実測を行ったので、それらの結果を報告する。なお、本調査は、地域的には北海道、東北といった寒冷地を除く、比較的温暖な地域においてのみ行ったものである。したがって、その結論も、とりあえずは温暖地においてのみ当てはまるものと考えられ、寒冷地にも無条件に適用できるものではない。また、本調査の結果の一部は本学会の大会学術講演会^{1), 2), 3), 4)}においてすでに報告している。

2. 実測調査の概要と調査対象の建物

2.1. 実測調査の概要

本調査において実測調査を行った項目は、断熱性能、防露性能、気密性能の三項目である。断熱性能に関して、スチールハウスで特に配慮しなければならないことは、熱伝導率が高い鋼材が熱橋と

*1 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 大学院生・工修
(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

*2 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授・工博

*3 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 助手

*4 日新製鋼㈱住宅・建材販売部住宅建材総合開発チーム 主任部員

*5 住友金属工業㈱化学研究部薄板建材 G 副主任研究員・工修

*1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo, M. Eng.

*2 Prof., Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

*3 Research Assoc., Dept. of Architecture, Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo

*4 Nisshin Steel Co., Ltd.

*5 Sumitomo Metal Industries, Ltd., M. Eng.

ならないようにすることである。熱橋に対する対策としては、スチールスタッド等の外側に断熱材を施工する外張り断熱が最も単純明快な解決方法と考えられる。しかし、外張り断熱といえども、軒やバルコニーなどの張り出し部に対しては、効果的で簡潔な断熱施工が難しいとされている。本調査では断熱性能を調べるために、サーモカメラによって建物各部の熱画像撮影を行い、鋼材によって形成

されるおそれのある熱橋について調査を行った。

次に、最も重要な防露性能に関しては、実際の居住状態において室内空気温湿度と外壁の表面温度を長期間実測し、表面結露に対する基本的な防露性が確保されているかどうか、確認を行った。ただし、本調査においては壁体の内部に対しては計測を行っていないので、本調査の結果だけではスチールハウスの防露性を十分に検証

表1 モニターハウス(MH)の平面図、外壁断面図、及び、断熱仕様

建物名 所在地	1F 平面図 ^{注1)} 、 ^{注2)}	2F 平面図 ^{注1)}	外壁断面図 ^{注3)}	断熱仕様	
MH1 神戸市				天井	敷込み断熱 グラスウール 50mm
				外壁	外張り断熱 ポリスチレンフォーム 25mm
				床	充填断熱 ポリスチレンフォーム 25mm
MH2 堺市				屋根	外張り断熱 ウレタンボード [*] 30mm
				外壁	外張り断熱 ポリスチレンフォーム 25mm
				基礎	外張り断熱 ポリスチレンフォーム 25mm
MH3 長野市				天井	敷込み断熱 グラスウール(24K) 150mm
				外壁	外張り(硬質ウレタン 20mm)+充填(発泡ウレタン 30mm)
				床	充填断熱 押出し発泡ポリスチレン 30mm
MH4 八王子				天井	吹込み断熱 グラスウール 200mm
				南西/北 西外壁	充填(グラスウール 89mm)+外張り(グラス ウール 25mm)
				北東/南 東外壁	充填断熱 グラスウール 89mm
				床	敷込み断熱 グラスウール 250mm
MH5 熊本県				屋根	外張り断熱 硬質ウレタン 25mm
				外壁	外張り断熱 硬質ウレタン 25mm
				基礎	外張り断熱 硬質ウレタン 25mm

注1)平面図におけるFigの矢印は熱画像の撮影方向を表し、撮影した熱画像は図1から図12までに示す(Figの番号と図の番号は対応している)。

注2)AとBは暖房室と非暖房室における壁体表面温度の測定位置を示す。なお、測定高さは床面から1.5m程度である。

注3)図中の数字は以下の材料を示す。

1.サイディング 2.通気層 3.透湿防水シート 4.断熱材 5.構造用合板 6.中空層 7.ポリウレタン 8.石膏ボード 9.ビニルクロス 10.不陸調節接着剤

したことはない。それゆえ、こうした実測調査では防露性を検証しきれなかった部分や箇所に対しては、別途、検証が必要であり、本稿では触れないが、筆者らとは別の研究グループが数値シミュレーションによって検証を試みている⁵⁾。最後に、外周部位の気密性は断熱性と防露性を確保する上で重要な性能であると考えられるが、本調査では相当隙間面積の実測を行って、気密性に関する問題がないかどうかを調べた。

2.2. 調査対象の建物

本調査において調査対象とした建物（スチールハウス）は二つのグループに分けることができる。第1のグループに属する建物は「モニターハウス（以後、MHと略す）」と称せられる5棟の建物である。これらは、スチールハウスの鋼材を生産する鉄鋼メーカーが、居住試験も兼ねてそれぞれ独自に設計・建設したものである。したがって、この5棟においては、断熱気密仕様は同一ではない。表1にMHの5棟（これらは表1に示すように、MH1、MH2、…というように順に固有の名前を付けた）の平面図と外壁断面図、断熱仕様を示す。

第2のグループの建物は、(社)鋼材倶楽部が策定した「スチールハウス標準工事仕様書⁶⁾」や「スチールハウス施工マニュアル⁷⁾」に従って設計・施工されたKC型スチールハウス（以後、「KC」と略す）と呼ばれている4棟である。この仕様書やマニュアルでは、断熱気密性に関する項目がしっかり盛り込まれているので、こちらの4棟においては、断熱気密性はかなり統一されているものと考えてよい。

本調査では、諸々の事情のために、調査対象とした9棟において三つの調査項目の全てを調査することはできなかった。つまり、本稿で紹介する調査結果は、断熱性能はMHの中の4棟、防露性能はMHの中の2棟、気密性能に関してはMHの4棟とKCの4棟の計8棟、に対する結果だけであり、調査対象住宅とされているにもかかわらず十分な調査が行われなかったものもあることを付記しておく。

3. 断熱性能の実測結果

MH1～4において各部位の断熱性能を調べるために撮影したサーモカメラ((株)日本アビオニクスのTVS-2000MkII)の熱画像について述べる。熱橋の存在や影響を観察するために、撮影は室内で暖房を行った状態で実施した。このため、表2に示すように、撮影時の室温は外気温より常に10℃以上高い。図1～図12はこのようにして撮影したサーモカメラの熱画像であるが、各図における撮影箇所は表1の平面図に示す通りである。

図1～図4は各MHにおいて屋外から撮影した外壁の熱画像とそれから得られる温度プロファイルである。どの図においても、外壁面における温度のばらつきは1℃以下であり、スチールスタッドの影響はほとんど見られない。このことの主要因は外張り断熱にあると推測されるが、MH4の充填断熱のみの外壁においても同様な傾向が見られた（写真は示さないが）ことから、外気側の通気層や構造用合板の存在も要因の一つと考えられる。

図5～図8は室内側から撮影した熱画像であるが、いずれも外壁と床が形成する隅角部を中心に撮影したものである。図5の床、図7の外壁、図8の外壁及び床では、明らかにスチールスタッドや

表2 熱画像撮影開始時の温度条件

建物	外気	室内	建物	外気	室内
MH1	16.0℃	29.0℃	MH3	13.6℃	25.5℃
MH2	5.0℃	18.5℃	MH4	16.8℃	29.0℃

図1 MH1の外壁熱画像(屋外から)(X軸単位は熱画像上のピクセル数を表す)

図2 MH2の外壁熱画像(屋外から)

図3 MH3の外壁熱画像(屋外から)

図4 MH4の外壁熱画像(屋外から)

図5 MH1の隅角部熱画像(室内から)

図6 MH2の隅角部熱画像(室内から)

図7 MH3の隅角部熱画像(室内から)

図8 MH4の隅角部熱画像(室内から)

ジョイスト等が原因と思われる低温部分が存在するので、それを熱橋と見なすこともできる。しかし、温度プロフィールから明示されるように、この部分は一般的な箇所に対して、わずか1~2℃程度低温なだけであり、建物内外の温度差が10℃以上あることを勘案すれば、これは熱橋としては非常に軽微であると判断できる。図6に示すMH2は、表1の外壁断面図から分かるように、室内側にも構造用合板が貼られているため、外壁ではスチールスタッドの影響がほとんど見られない。また、どの図においても壁と壁との接合部や壁と床との接合部では周辺より2℃程度温度が低下しており、スタッド等の部分よりも温度が低い。これは、スタッド等による熱橋効果に加えて、熱流が2次元あるいは3次元になるために生じたものと考えられる。

図9はMH1の1階床部、図10はMH3の2階天井部の熱画像である。温度プロフィールは示していないが、ジョイスト部分の表面温度の低下は2℃程度であった。図5~図8の外壁面の場合と比べると、表面温度の低下は若干大きい、これは、外壁の場合は外断熱であるのに対して、図9の床では充填断熱、図10の天井では敷込み断熱であるからと、考えられる。しかし、このような表面温度の低下は2℃程度に止まっており、今回の調査ではそれほど大きくはならなかった。

図11はMH1のバルコニー下部、図12はMH2の軒天井（換気口にはなっていない）の熱画像である。両者とも、それらを形成するスチールの構造体は建物本体の構造体と一体となっているにもかかわらず、断熱材は施工されていないので、その表面温度は室温の影響を受けないと思われる周辺部分より5℃以上も高温になっている。バルコニーや軒などの張り出し部におけるこのような温度上昇の傾向は、図11と12以外の図は省略したが、熱画像の撮影を行った4棟のMHにおいて共通して見られた。つまり、このような張り出し部分こそ思わぬ熱損失や結露の原因になりやすい部分であると断定できる。ゆえに、たとえ断熱施工が容易でなくても、このような張り出し部分に対しては何らかの断熱対策が必要であると云えよう。

4. 表面結露に対する防露性能の実測結果

表面結露に対する防露性能を調べるために、MH2とMH5において実際の居住状態の下で1年間にわたって測定した温湿度について述べる。実は、これら以外のMHにおいても温湿度の計測は行われた。しかし、計測終了後に測定点が不適切な位置であったなどのことが判明し、それらのデータをやむなく除外したので、本稿では2棟のみの結果となってしまった。測定項目は、室内のほぼ中央における気温と相対湿度、及び、外壁の室内側の表面温度である。測定対象とした室は1棟につき2室であり、うち1室は暖房を行う居間など（これを「暖房室」と称す）、もう1室は暖房を行わないトイレなどの部屋（これを「非暖房室」という）である。表面温度は、「スタッド部（スチールスタッドが内部に存在する部分）」と、「一般部（スタッドが存在しない部分）」とで異なる可能性があったので、1室につき必ずスタッド部と一般部の2箇所測定した。測定の時間間隔は10~60分であり、分析には測定された瞬時値をそのまま用いた。測定された表面温度と室中央の気温と相対湿度より算出した露点との比較を図13~図20に示す。これらの図から分かるように、表面

図9 MH1の1階床熱画像
(室内から)

図10 MH3の2階天井熱画像
(室内から)

図11 MH1のバルコニー下部熱画像
(屋外から)

図12 MH2の軒天井熱画像
(屋外から)

図13 MH2の露点と表面温度
(暖房室の一般部)

図14 MH2の露点と表面温度
(暖房室のスタッド部)

図15 MH2の露点と表面温度
(非暖房室の一般部)

図16 MH2の露点と表面温度
(非暖房室のスタッド部)

図17 MH5の露点と表面温度
(暖房室の一般部)

図18 MH5の露点と表面温度
(暖房室のスタッド部)

図19 MH5の露点と表面温度
(非暖房室の一般部)

図20 MH5の露点と表面温度
(非暖房室のスタッド部)

温度は非暖房室においてもほとんど常に室の露点よりは高く、表面結露の危険性はほとんどない。とくに、MH2 では表面温度は全般的に露点よりかなり高い。これは、MH2 の露点が低めである（理由を特定できなかったが）ためと、3 で述べたように、スタッドの室内側にも合板が貼られているために表面温度が上昇したためと、推測される。また、スタッド部と一般部における温度差も小さく、スタッド部だからといって表面結露の危険性が特に高まるわけではないことが示されている。このことは、明らかに外張り断熱の効用の一つといえる。なお、MH5 では一時的に露点よりわずかに低い表面温度（0.3～0.4℃低い）が観測されているが、結露が発生したという居住者からの報告はなかった。

上記のデータは、居住者には水蒸気発生や換気に関して特に注意せずに、ごくごく普通の生活をしてもらって得られた結果である。結露発生危険性は室内の相対湿度、すなわち、水蒸気発生量や換気量にも大きく左右されるので、断言することはできないが、外張り断熱を施したスチールハウスにおいては、表面結露の危険性は非常に低いといえよう。

5. 気密性能の実測結果

建物の気密性能は、単に漏気負荷を減少させるばかりでなく、断熱性能や防露性能を補完するために必須な性能と考えられる。構法的には2×4住宅に準じて確立されているスチールハウスが、気密性能においても2×4住宅並みの性能を有するの否かということは大変興味深いことであり、本調査では表3に示す8棟の住宅において気密性能の実測を行った。この実測では減圧法によって建物の相当隙間面積を測定し、その測定値を床面積で除して、床面積あたりの相当隙間面積（ $\alpha A'$ ）を求めた⁸⁾。使用した測定装置は（株）コーナー札幌製のものであり、測定状況を図21に示す。表3に示すように、各住宅において測定は条件1～3の3種類の条件で行われた。条件1は主たる開口部だけを閉じた通常の状態、条件2は条件1に加えて換気専用の開口なども閉鎖した状況、条件3は条件2に加え

図21 気密測定の状況（減圧法）

図22 気密測定における差圧と風量との関係（条件1）

表3 気密測定を行った住宅の開口部仕様と気密測定時の条件

建物名 (所在地)	床面積 [m²]	開口部(サッシ)	測定時の温度	条件1	条件2 (条件1+下記の目張り箇所)	条件3 (条件1+条件2+下記の目張り箇所)
				$\alpha A'$ [cm²/m²] (条件1に対する減少率)		
MH1	135.8	アルミシングルサッシ 単層ガラス	室内: 23.1～23.5℃ 外気: 21.5～21.7℃	通常 5.77	換気扇+レンジフード 5.07(-12%)	PS扉+床下収納口+ダクトシュート 4.99(-14%)
MH2	176.4	アルミシングルガラス 単層ガラス	室内: 16.2～19.3℃ 外気: 7.3～9.0℃	通常 5.10	玄関框下開口部 5.19(+2%)	換気扇 4.61(-10%)
MH3	179.7	樹脂シングルサッシ 複層ガラス	室内: 18.9～19.3℃ 外気: 14.0～15.0℃	通常 2.88	ダクトガリ 2.68(-7%)	床下収納口+小屋裏収納口+換気扇 2.19(-24%)
MH4	145.7	樹脂シングルサッシ 複層ガラス	室内: 23.6～24.2℃ 外気: 20.9～23.1℃	通常 2.70	換気扇+レンジフード 2.24(-17%)	天井点検口+全熱交換器排気ガリ 2.22(-18%)
KC1 (浜松市)	185.8	樹脂シングルサッシ 複層ガラス	室内: 17.5～17.8℃ 外気: 12.0～13.7℃	通常 1.20	給気口 0.92(-23%)	
KC2 (伊勢原)	108.5	アルミシングルサッシ 単層ガラス	室内: 11.1～16.4℃ 外気: 15.8～16.9℃	通常 2.99	レンジフード+換気扇 3.07(+3%)	ジャロジー窓(8ヶ所) 2.71(-9%)
KC3 (呉市)	115.9	アルミシングルサッシ 単層ガラス	室内: 17.5～18.7℃ 外気: 8.0～8.7℃	通常 4.18	レンジフード+換気扇 3.70(-11%)	ジャロジー窓(2ヶ所) 3.68(-12%)
KC4 (豊川市)	147.8	アルミシングルサッシ 単層ガラス	室内: 17.4～18.4℃ 外気: 14.5～15.5℃	通常 4.35	レンジフード+換気扇 3.79(-13%)	ジャロジー窓(6ヶ所) 3.31(-24%)

て更に気密性が高くなるような状況である。それぞれの条件における $\alpha A'$ の測定結果は、表 3 の各条件の下段に示されている（条件 2 と 3 における括弧内の数値は条件 1 に対する減少率を示す）。また、図 22 は条件 1 における差圧と風量の測定結果と、それから求めた隙間特性値 n の値を示している。なお、データは示さないが、 n の値は条件が 2 や 3 に変わっても、条件 1 のときとほとんど変わらなかった。

表 3 の測定結果を論じる場合、各建物の断熱・気密・防露仕様に関して言及が必要である。2.2 で述べたように、KC グループでは標準工事仕様書や施工マニュアルがあるので、外周部位の断熱・気密施工はこれに準拠して行われており、断熱される部位は一定レベルの気密性（ $\alpha A'$ で $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下）が確保されていると考えてよい。他方、MH グループでは、そのような施工基準はないので、断熱・気密施工がどのようにして行われたかも不明であり、気密性のレベルは保証されていない。MH グループの場合は、断熱部位の施工に関連して入手できた情報は表 1 に示した外壁の断面図と各部位の断熱仕様だけである。ただし、開口部については竣工後でも目視によって十分確認できるので、表 3 にはその仕様が示されている。

表 3 を見ると、MH グループでは樹脂サッシを採用した MH3 と MH4 において $\alpha A'$ が $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下であり、一応、気密性が高いといえる測定値になっている。しかし、アルミサッシを採用した MH1 と MH2 の条件 1 と 2 においては $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ を超える $\alpha A'$ が測定されている。他方、KC グループの中では、アルミサッシが採用されている KC2、3、4 においても $5\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下の $\alpha A'$ が測定されている。さらに、樹脂サッシが採用された KC1 においては、 $2\text{cm}^2/\text{m}^2$ 以下の高い気密性も確認されている。KC1 では、図 24 と図 25 に示すように、防湿気密層（ポリエチレンシート）が切れやすい部位で十分な重ねしろをとり、防湿気密層の連続性が確保されるよう施工されている（これは KC 型の標準工事仕様書の中で提示されている施工方法である）ほか、独自に防湿気密層の施工が終了した段階で気密測定を行い、気密性を確認した後に、次の工程に進むなど、防湿気密性に対しては十分な配慮がなされていることが、高い気密性を示す理由に他ならない。

以上のように、スチールハウスの気密性については、従来から 2×4 住宅などの木造住宅に対して解明されてきたことがそのまま当てはまりそうであり、スチールハウスだからといって、2×4 住宅などとは異なる特別な気密仕様を考える必要はないことが分かった。

図23 KC型の外壁断面図

1. サイディング
 2. 通気層
 3. 断熱材
 4. 防湿層
 5. 構造用合板
 6. 中空層
 7. 石膏ボード
 8. ビニールクロス
- 注) 撥水处理していない繊維系断熱材を使用するときは断熱材の外気側に透湿防水シートを設ける。

図24 KC1の気密施工状況1
（外壁の角）

図25 KC1の気密施工状況2
（外壁上端部）

6. まとめ

温暖地だけであるが、実測調査によって、我が国のスチールハウスの断熱性、防露性、気密性に関する確認を行うと共に、今後の問題点を明らかにした。ただし、既述したような理由から、本稿では内部結露に対する防露性については触れていない。以下に、結論として言及できることをまとめる。

- 1) 外壁などは、外張り断熱を行っている限り、張り出し部分などを除けば、断熱性と表面結露の防露性についてはほとんど問題がない。
- 2) 外張り断熱を採用していても、バルコニーや軒などの張り出し部分に対しては、容易な断熱手法がないので断熱を怠るケースが多く、そのような部分での熱損失や結露が懸念される。よって、このような部分に対する容易でかつ効果的な断熱手法の開発が急務と考えられる。
- 3) 床の充填断熱や天井の敷込み断熱については、今回の熱画像の結果では問題がなかったが、これだけでは必ずしも十分とは言い切れないので、さらに長期の調査やシミュレーションによる検討などが必要と思われる。
- 4) 気密性については、2×4 住宅などの木造住宅に対して当てはまることが、スチールハウスに対してもそのまま当てはまり、木造住宅において習得された施工上のノウハウをそのまま適用しても問題がないことが分かった。

【謝辞】

本研究を行うにあたり、ご助言を頂いた鋼材倶楽部スチールハウス技術委員会・断熱性能分科会の方々に感謝します。

【参考文献】

- 1) 樋口、坂本、永田、中川、青木：スチールハウスの構造・耐久性・断熱性に関する研究、その 14 モニターハウスの熱橋と気密性に関する実測調査、建築学会大会学術講演梗概集 D2、pp19～20、1997 年
- 2) 樋口、坂本、永田、金、荒木、高橋：モニターハウス 4 棟の熱橋と気密性に関する実測調査、スチールハウスの諸性能に関する研究その 15、建築学会大会学術講演梗概集 D2、pp143～144、1998 年
- 3) 樋口、坂本、永田、金、荒木、高橋、大森：モニターハウスの表面結露の防露性に関する長期調査、KC 型スチールハウスの諸性能に関する研究 その 25、建築学会大会学術講演梗概集 D2、pp27～28、1999 年
- 4) 金、坂本、永田、樋口、唐津、杉田：外壁内部の温湿度シミュレーションに関する検証、KC 型スチールハウスの諸性能に関する研究 その 26、建築学会大会学術講演梗概集 D2、pp29～30、1999 年
- 5) 海江田、赤坂、二宮、杉田、黒坂：スチールハウスの構造・耐久性・断熱性に関する研究、その 13 外壁・天井・床の表面結露の判定、日本建築学会大会梗概集 D2、pp17～18、1997 年
- 6) KC 型スチールハウスタイプ A 標準工事仕様書（平成 9 年度版）、スチールハウス普及会、1997 年
- 7) スチールハウス施工マニュアル（第 3 版）、（社）鋼材倶楽部、1998 年
- 8) 住宅の新省エネルギー基準と指針（第 3 版）、（財）住宅・建築省エネルギー 1992 年

【2000年3月22日原稿受理 2000年7月26日採用決定】