ALC 外壁の寒冷地適用性に関する研究

STUDY ON THE APPLICABILITY OF THE ALC EXTERNAL
WALL IN COLD DISTRICT

金 崎 俊 造*, 長谷川 寿夫**

Toshinari KANASAKI and Toshio HASEGAWA

We set up seventeen types of ALC external walls in three conditions of outdoor temperature (0, -10, -20 °C : constant) and three conditions of indoor air humidity (40, 60, 80 % R.H. in 20°C) for thirty days, and measured the quantity of vapor flowed into ALC external walls from indoor and the quantity of internal condensation of ALC external walls.

As the outdoor temperature lowered and the indoor air humidity is higher, the quantity of flowing vapor and internal condensation increased. On this point, a simple ALC walls (50mm thickness) is typical. As the outdoor temperature lowered, most of flowing vapor into wall accumulated inside wall.

Keywords : autoclaved light-weight concrete, composition of wall, frost damage, vapor condensation, water vapor transfer
気泡コンクリート, 壁体構成, 凍害, 結露, 透湿

1. はじめに

気泡コンクリート(ALC)は軽量で耐火性はあるが、強度が小さく吸水性が大きい材料である。寒冷地においてALCを外壁材として用いる場合、雨水の侵入や屋内側からの透湿によって含水率が高まると、凍害劣化や外装塗膜の剥離、断熱性能の低下などを引き起こすことがある。

寒冷地のALC外壁を想定した研究は、主に材料の品質改良の点から、ALCの耐凍害性に関するものが多く行われてきた。また、ALCを下地とした外装仕上塗材に要求される性能について、種々の仕上塗材の下地処理や下塗、上塗を変えて塗装したALCの透湿性、透水性、耐凍害性などを検討した研究がある¹⁾。このような観点からの研究の継続として、十河らは実大建築物の暴露試験によって塗膜性状とALCの劣化の関係を報告している²⁾。その後、十河らは、北面外壁において、防湿・断熱層を含む寒冷地のALC外壁として、通気工法と仕上塗材を併用したALCの凍害防止法を検討している^{3) 4)}。

また、幅らは、居住している木造住宅1棟のALC外壁内(防湿層あり、通気層なし)の温湿度環境を1年間実測して、グラスウールやALCが湿潤となっていないことを報告している⁵⁾。これらの研究は、屋内・屋外の温湿度は一地域条件のもとで、主として材料の品質を変えてALCの含水率変化を測定しているものである。

一方、ALC外壁の同じ構成であっても、凍害劣化や塗膜の剥離、断熱性能の低下など、被害の発生の有無や程度に地域差があることが知られている。また、同じ建物でも、壁面方位によって被害が異なっている。このように被害が異なる大きな要因として、各地域の寒冷度と壁面方位の差によって、ALCが受ける温度変化条件の相違が考えられる。しかし、これらの温度要因による影響については、まだ不明な点が多い。また、このほかに建物内部の使用条件の差による被害の違いもあり、屋内側湿度の差はその影響が大きいと考えられる。

以上より、本研究では寒冷地の冬季の温度条件における各種のALC外壁の内部結露発生状況を把握し、地域

* 鹿島建設(株)技術研究所 研究員・工修

** 北海道大学工学部建築工学科 助手・工博

Research Engineer, Kajima Technical Research Institute, M. Eng.
Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Univ.
of Hokkaido, Dr. Eng.

表1 ALC外壁の壁体構成と実施試験

壁体 No.	外装 仕上材	ALC 厚 (mm)	断熱材 種類・厚 (mm)	防 湿 シート	石 膏 ボード	試験項目	
						蓄積	流入
1	なし	50	なし	なし	なし	○	○
2	"	100	"	"	"	○	○
3	塗材S	50	"	"	"	○	—
4	アクリルタイル	"	"	"	"	○	—
5	鉄板	"	"	"	"	○	—
6	なし	"	GW100	"	あり	○	○
7	塗材S	"	"	"	"	○	—
8	アクリルタイル	"	"	"	"	○	—
9	鉄板	"	"	"	"	○	—
10	なし	"	"	破断大	"	○	—
11	"	"	"	破断小	"	○	○
12	"	"	"	破断なし	"	○	○
13	"	"	PS20+ GW100	なし	"	○	○
14	吹付タイル	100	ウレタン30	なし	"	○	—

備考：GWはグラスウール16k，PSはポリスチレンB類3種

の寒冷度に対応した適切なALC外壁の構成とその使用可能な条件を検討する基礎資料を得るため、ALC外壁の屋内外の温度と湿度条件を変えて実験的検討を行った。

2. 実験方法

実験は、寒冷地におけるALC外壁のモデル壁体を作製し、以下の方法で行った。

2.1 壁体内の水分蓄積量試験

水分蓄積量試験では、ALC試験体として100×100×50mm厚（または100mm厚）を用い、ALCの外装仕上材や断熱材、内装材としての石膏ボードの有無により、表1に示す壁体構成の異なる計14種類のモデル壁体（図1参照）を作製した。ALCの外装仕上材には複層仕上塗材で塗材S（透湿抵抗 $1.9\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{mmHg/g}$ ）、アクリルタイル（透湿抵抗 $11.3\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{mmHg/g}$ ）と吹付タイル、および透湿性のない鉄板を使用した。断熱材にはグラスウール（GW）16kg/m³品の100mm厚（または50mm厚）、ポリスチレンフォーム（PS）B類3種の20mm厚、および吹付けウレタン30mm厚を使用した。防湿シートにはポリエチレンフィルム0.1mm厚を使用し、防湿程度を変えるために、破断部のないものと、破断箇所が9箇所（1箇所の破断が5mm角（破断小：破断面積1/40）と10mm角（破断大：同1/10）のものも用いた。また、石膏ボードは9mm厚を使用した。各モデル壁体の個数はそれぞれ3個とした。

作製したモデル壁体を、温湿度が設定できる2室型の試験室の境壁に設置し（図2参照）、表2に示す屋内外

図1 モデル壁体の構成例

図2 水分蓄積量、水蒸気流入量試験装置

表2 屋内外の温湿度条件と測定・試験期間

	屋外側	屋内側	測 定	試験期間
1	-10℃	20℃, 40%	実験 開始後 10日毎	30日間
2	-20℃	"		
3	0℃	20℃, 60%		
4	-10℃	"		
5	-20℃	"		
6	0℃	20℃, 80%		
7	-10℃	"		

の温湿度試験条件で30日間の試験を行った。壁体全体の水分蓄積量は、各構成材料（ALCと断熱材）の質量増加の和として求め、壁体内部の結露・結霜状況の観察と併せて10日毎に壁体を手早く解体して測定した。また、試験期間中、ALCの主要な構成壁体については、壁体

の屋内外表面温度、および各壁体構成材の境界の温度を熱電対により測定記録した。

2.2 壁体への水蒸気流入量試験

屋内側から壁体内への水蒸気流入量の測定試験には、 $200 \times 200 \times 50\text{mm}$ 厚（または 100mm 厚）のALC試験体を用いて、水分蓄積量試験の代表的な6種類（表1の右欄参照）のモデル壁体を各1個ずつ作製した。図2のように、モデル壁体を透湿性のないアクリル板製のケース内に設置し、その屋内側に塩化ビニル管を介して水容器に接続した。壁体および接続容器内部は外部と完全に遮断して、接続容器内を屋内側の設定湿度と同様になるように調節し、その水容器内の蒸発水量を水蒸気流入量として求めた。また、同時にモデル壁体全体の質量増加を水分蓄積量として求めた。

2.3 屋内外の温湿度試験条件と試験期間

水分蓄積量・水蒸気流入量試験の試験時の屋内・屋外側の温度と湿度の条件を、表2に示す。屋外側の温度条件は0、 -10 、 -20°C （一定）、屋内側の温度は 20°C で湿度条件は40、60、80%（一定）とし、これらを組み合わせた表2の7条件で試験を実施した。試験期間はすべて30日間で、測定は10日毎に行った。

3. 実験結果および考察

実験結果を、表3に示す。また、水蒸気流入量試験の結果（一部）を、図3に示す。

表3中の数値は、水分蓄積量試験の実験終了時（30日）の壁体全体の水分蓄積量を、1日あたりかつ外壁面積 1m^2 あたりに換算したものである。また、表中の（ ）内の数値は、水蒸気流入量試験の実験終了時（30日）の屋内側から壁体への水蒸気流入量に対する壁体内部の水分蓄積量の割合を百分率で示したものである。

3.1 屋外側温度の違いによる影響

屋外側温度の違いと水分蓄積量の関係を、図4に示す。

（1）屋内側湿度が40%の場合

壁体に流入する水蒸気が少ないため、屋外側温度が低温の -20°C でも壁体内の水分蓄積量は全体的に少ないが、ALCの屋内側に断熱材があり防湿層のない壁体（No. 6～9, 13）の水分蓄積はやや多い。これは、壁体に流入する水蒸気は少ないが、流入した水蒸気のほとんど全てが壁体内部に蓄積するためである。

（2）屋内側湿度が60%の場合

外装仕上材のあるALC 50mm 厚単体（No. 3, 4, 5）の壁体の水分蓄積量が屋外側温度が -10°C で多く、さらに低温の -20°C になると外装仕上材のないALC壁体（No. 1）でも水分蓄積が急増して、内部の凍結点付近に水分蓄積が集中し割裂した（写真1参照）。このように、ALC単体 50mm 厚の壁体は、外気温低下の影響を大きく受けている。一方、同じALC単体でも 100mm 厚の壁体（No. 2）

表3 水分蓄積量($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)と流入量に対する蓄積量の割合(%)

壁体 No.	屋外側温度一定						
	屋内側40%		屋内側60%			屋内側80%	
	-10°C	-20°C	0°C	-10°C	-20°C	0°C	-10°C
1	4.8 (8)	15.9 (57)	18.8 (34)	47.2 (69)	662.6 (85)	193.2 (62)	555.4 (78)
2	4.3 (17)	15.1 (71)	21.6 (32)	14.3 (68)	34.2 (83)	25.4 (70)	102.9 (77)
3	14.9	32.2	27.2	156.1	706.2	250.3	647.7
4	17.6	34.7	41.7	125.2	723.7	260.8	572.9
5	18.9	33.8	39.3	123.3	776.8	338.2	662.8
6	39.4 (73)	90.2 (93)	50.1 (64)	82.3 (84)	121.8 (93)	90.4 (78)	150.0 (88)
7	45.9	79.2	60.7	95.7	126.7	97.8	145.7
8	47.0	73.0	63.1	94.2	130.8	103.1	155.6
9	47.2	77.2	58.8	93.7	132.3	105.3	147.7
10	23.6	49.1	20.4	47.3	75.9	51.1	52.6
11	18.4 (47)	40.3 (89)	18.9 (23)	39.1 (70)	62.2 (86)	37.2 (62)	69.7 (79)
12	4.0 (28)	7.7 (94)	9.8 (15)	4.8 (50)	7.1 (65)	6.7 (55)	8.9 (63)
13	21.3 (76)	65.4 (100)	22.4 (77)	22.8 (93)	106.6 (100)	30.6 (81)	83.7 (89)
14	7.7	31.4	—	14.1	19.9	23.0	76.1

備考) 数値は水分蓄積試験の実験終了時(30日目)までの水分蓄積量を1日かつ外壁面積 1m^2 あたりに換算したもので、()内の数値は水蒸気流入量試験の実験終了時(30日目)までの水蒸気流入量に対する水分蓄積量の割合(%)である。

は、 -20°C の低温となっても水分蓄積量は少ないが、これは壁体への水蒸気流入量自体が少ないからである（表3参照）。このように、ALCの厚さによって、氷点下での温度低下による水分蓄積量への影響が大きく異なっていることが明らかになった。

ALCの屋内側に防湿材のないグラスウール断熱層と石膏ボードのある壁体（No. 6～9）では、屋外側温度が 0°C においても水分蓄積が多く、屋外側温度が -10°C 、 -20°C と低下するに従い水分蓄積は増加するが、ALC単体の壁体のように急増はしない。一方、防湿層のある壁体（No. 10～12）の水分蓄積は少ないが、屋外側温度が -20°C になると破断部のある壁体ではやや多くなっている。

ALCとグラスウールの間にポリスチレンフォーム断熱材 20mm のある壁体（No. 13）の水分蓄積は、屋外側が 0°C と -10°C では少ないが、これはポリスチレンフォーム断熱材の屋内側表面に結露した水分が壁体下部へ流れたためであり、さらに -20°C に下がると流入した水蒸気はすべて表面に結霜した。

また、ALC 100mm 厚の室内側に発泡ウレタンが吹付けられた壁体（No. 14）は、屋外側温度がより低温となっても水分蓄積は少ない。これは、吹付けウレタン 30mm 厚の透湿抵抗値が比較的大きいからである。

（3）屋内側湿度が80%の場合

大部分の壁体の水分蓄積量は40%、60%の場合より多くなる。特に、ALC 50mm 厚単体の壁体の場合、屋外側温度 0°C においても多く、さらに低温の -10°C では、

図3 水蒸気流入量に対する壁体内蓄積量と屋外への透湿量

図4 屋外側温度と水分蓄積量

写真1 水分の集中蓄積によるALCの割れ
(手前が室内側)

外装仕上材のある壁体では、仕上げ部分が剥離するほどの水分蓄積が急増することが明らかになった。

3.2 屋内側湿度の違いによる影響

屋内側湿度の違いと水分蓄積量の関係を図5に示す。

表3の()内の数値に示されている水蒸気流入量に対する水分蓄積量の割合は、屋内側湿度が上昇するほど大きくなっている。

(1) 屋外側温度が0 $^{\circ}\text{C}$ の場合

屋内側湿度が60%では防湿層のないグラスウール断熱の壁体の方がALC単体の壁体より水分蓄積が多いが、屋内側湿度が80%に高くなると50mm厚単体の壁体の水分蓄積が急増している。

(2) 屋外側温度が-10 $^{\circ}\text{C}$ の場合

屋内側湿度が低湿の40%ではグラスウール断熱の壁体

図5 屋内側湿度と水分蓄積量

写真2 屋内側湿度と30日目の壁体内の結霜

の水分蓄積がやや多く、60%になると外装仕上材のあるALC単体50mm厚の壁体の水分蓄積が多くなる。そして、さらに高湿の80%になると大部分の壁体の水分蓄積が多くなるが、特にALC50mm単体の壁体で急増している。

(3) 屋外側温度が -20°C の場合

屋内側湿度が40%では、グラスウール断熱の壁体の水分蓄積が多く、湿度が60%に高くなるとALC単体の壁体の水分蓄積が急増する。また、防湿の完全な壁体 (No. 12) や屋内側表面近くに透湿抵抗の大きい発泡ウレタンがある壁体 (No. 14) の水分蓄積量は、屋内側湿度にかかわらず少ない。

3.3 壁体構成と外装仕上材の違いによる影響

壁体構成と外装仕上材の違いによる壁体内の水分蓄積の結果を、図6、図7に示す。

(1) ALCの厚さの違いによる影響

ALC単体で壁体を構成するNo. 1 (50mm厚) とNo. 2 (100mm厚) を比較すると、ALCの厚さの違いによる水分蓄積量の差は、屋外側温度が 0°C と -10°C のとき、両者ともほとんど水分蓄積はしないが、屋外側が低温の -20°C では、100mm厚の水分蓄積が $34\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 程度に対し、50mm厚は $663\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ と極めて多くなる。これは屋外側が -20°C と低温になると、50mm厚の水蒸気流入量が極めて多くなり、その大部分が壁体内に蓄積するためである。そして、この傾向は屋内側が高湿になるほど顕著に現れている。図6中には、別実験で行ったALCの50~100mmの間の厚さの違いによる実験結果も示しており、ALC75mm厚の壁体の水分蓄積量が100mm厚とほぼ同量となっている。

(2) 断熱材の影響

実験を行った温湿度条件のなかで比較的厳しくない条件では、ALCの屋内側にグラスウール断熱材のある壁

図6 壁体構成の違いと水分蓄積量

図7 外装仕上材の違いと水分蓄積量

体 (No. 6) の方がALC単体の壁体より水分蓄積が多いが、最も厳しい温湿度条件では、ALC単体の壁体の水分蓄積が急増し、断熱材の有無による差が顕著になる。一方、ALCの屋内側にグラスウール断熱材がある壁体と、そのALCとグラスウールの間に板状のポリスチレンフォーム断熱材がある壁体 (No. 13) を比較すると、屋外側温度が 0°C と -10°C では、No. 13はNo. 6の1/2程度の水分蓄積となっているが、これはポリスチレン断熱材の屋内側表面についた結露水が下部へ流れたためであり、実際の結露量はグラスウール断熱材の場合とほぼ同量と考えられる。さらに低温の -20°C でも、板状断熱材があるNo. 13とNo. 6とは同程度の水蒸気流入量、水分蓄積量 (どちらも結霜状態) となっている。

(3) 防湿程度の違いによる影響

防湿層が完全な壁体 (No. 12) は、屋内・屋外側の温湿度条件にかかわらず (-20°C の低温下でも)、水蒸気流入量、水分蓄積量ともに極めて少ない。防湿シートに破断部があるNo. 10 (破断面積1/10) とNo. 11 (同1/40) の水分蓄積量は、どの温度条件でもいずれも防湿シートなし (No. 6) の半分程度となっている。また、この実験にお

ける破断面積の大小による差はそう大きくはない。このように、防湿シートの破断面積と水分蓄積量との関係は比例関係ではない。

(4) 外装仕上材の影響

ALC単体50mm厚の壁体では、外装仕上材の透湿抵抗の違いによる壁体内の水分蓄積量に差が若干みられ、仕上材のない壁体の水分蓄積量が仕上材のある壁体よりも少ないが、屋外側温度がさらに低下するに伴い、また、屋内側が高湿になるに伴って、仕上材のない壁体の水分蓄積量も多くなり、仕上材による差は次第に小さくなる。また、仕上材として透湿性のない鉄板を使用しても、氷点下で一定の温度条件では、仕上塗材使用の壁体の水分蓄積量とあまり変わらない結果を示した。

ALCの屋内側にグラスウールと石膏ボードがある壁体の場合、温湿度条件が異なっても、外装仕上材の有無や種類の違いによる差は、ほとんどなくなる。このように外装仕上材の種類による差が少ないのは、屋外側温度がマイナスの場合、壁体内に流入した水蒸気の大部分は、壁体内で氷霜の状態で蓄積し、屋外側への透湿が少なくなるためである。

3.4 壁体内温度分布と水分蓄積位置の関係

今回の実験は屋外側温度が一定であり、この場合、凍結点が壁体内で屋内側に近づくほど、ALC内部の水分蓄積量が少なくなるが、その分ALCの室内側表面（グラスウール側）への水分蓄積量が増加してくる。また、グラスウール断熱層内に凍結点がある場合の水分蓄積位置は、そのグラスウールの凍結位置ではなく、グラスウールの屋外側のより低温域にあるALCの表面に氷霜が集中している。図8のように、ALCの室内側にグラスウールと石膏ボードのある壁体（No. 6）は、屋外側温度 -10°C と -20°C の場合、 0°C 域がグラスウール部にあり、ALCのグラスウール側表面に水分蓄積が集中し、多くの氷霜が生じる。また、ALCとグラスウールの間に板状断熱材がある壁体（No. 13）は、屋外側温度が 0°C ～ 10°C では、板状断熱材の室内側表面に結露するが、その量は比較的少ない。しかし、 -20°C になると 0°C 域がグラスウール内部に移動するので、板状断熱材の室内側表面に結霜し、その量も多くなる。

3.5 水蒸気流入量・水分蓄積量の期間変化

結果の一例を、図8に示す。水蒸気流入量は、10日ごとではほぼ一定である。ALC単体50mm厚の壁体（No. 1）とALCの屋内側にグラスウールと石膏ボードのある壁体（No. 6）は、外気温が 0°C のとき水分蓄積量が次第に減少傾向を示したが、それ以外の壁体や温湿度条件では30日間ほぼ一定の水蒸気流入量と水分蓄積傾向が継続している。

3.6 ALC外壁の内部結露性の評価

実験的に冬季の屋外・屋内の温湿度条件一定の下での

図8 壁体内の温度分布と内部結露(霜)分布

図9 水蒸気流入量と水分蓄積・透湿量の期間変化

各種ALC外壁の水蒸気流入量と水分蓄積量、壁体温度や水分蓄積の分布などを調べ、ALC外壁の内部結露に対する壁体の評価を、表4のように4段階に分類した。ここで、水分蓄積量の $50\text{ g/m}^2\cdot\text{日}$ は、試験30日後の壁面積 1 m^2 あたりの水分蓄積量が 1.5 kg に相当するものであり、ALCの厚さ 10 mm 部分に水分が集中蓄積した場合、その厚さ 10 mm 部分における体積含水率は 15% に相当する。4段階に分類した内容は、水分蓄積により、①ALC自体の破損の危険性、および、②壁体の断熱性等の低下や構造部材の腐食への影響を考慮したものである。

表中の空欄は、低温一定条件が30日間継続するという水分蓄積の厳しい条件にもかかわらず、ALC壁体内の水分蓄積量が非常に少なく、この条件では適用上の問題はないであろう。これに準ずるのが△印である。

この表は、各地域の冬季の寒冷度や外壁の方位、位置

表4 水分蓄積量試験結果における壁体の評価

壁体 No.	屋内側 40%		屋内側 60%			屋内側 80%	
	-10℃	-20℃	0℃	-10℃	-20℃	0℃	-10℃
1					×	×	×
2							▲
3				▲	×	×	×
4				▲	×	×	×
5				▲	×	×	×
6		△	△	△	▲	△	▲
7		△	△	△	▲	△	▲
8		△	△	△	▲	▲	▲
9		△	△	△	▲	▲	▲
10					△	△	△
11					△		△
12							
13		△		△	▲	△	▲
14			-				

注) 水分蓄積による①ALCの破損、②断熱性等の低下や腐食の危険性により評価

空欄:「①、②ともなし」0~50g/m²・日
 △:「①なし、②小さい」50~100g/m²・日
 ▲:「①小さい、②やや大きい」100~167g/m²・日
 ×:「①大きい、②大きい」167~g/m²・日
 -:試験していない

による温度条件の違い、また、屋内側の使用条件による湿度条件の違いなどがあるとき、これらからALC外壁の適用性を判断する目安となろう。

4. まとめ

寒冷地の冬季の屋内・屋外の温湿度一定条件における各種のALC使用外壁構成の内部結露状況を把握し、地域寒冷度や部位への適用性を実験的に検討した。その結果、今回の実験の範囲では、以下の知見が得られた。

(1) ALC外壁は、外壁構成によっては氷点下における気温の低下に伴い、壁体内への水蒸気流入量と壁体内の水分蓄積量が増加する。

(2) 壁体構成によってその影響量は多少異なるが、一般に屋内側湿度が高くなるほど、壁体への水蒸気流入量が増加し、水分蓄積量も増加する。本実験により、壁体構成毎に、内部結露に及ぼす屋内側湿度の影響を数値的に把握することができた。

(3) ALC外壁は、その壁体構成と屋外側温度の違いにより、水分蓄積の量や位置が異なる。

(4) 屋外側温度が低下するに伴い、防湿層がないグラスウール断熱壁体と、ALCに外装仕上(塗)材のある50mm厚の単体使用の壁体の水分蓄積がかなり多くなる。

(5) ALC単体の壁体でも、厚さが75mm以上となると屋外側が相当低温となっても、水分蓄積は少なくなる。

(6) ウレタン吹付け壁体、防湿が比較的完全な壁体は、低温でも水分蓄積は非常に少ない。防湿シートの破断面積と水分蓄積量の関係は、比例関係ではない。

(7) ALCの室内側に断熱材があっても、0℃域がグラスウール部にある低温条件では、水分蓄積が多くなる。

(8) ALC外壁内に凍結点域があるときは、ALC外装仕上(塗)材の種類による水分蓄積量への影響は小さい。

今後、外気側温度が変動する場合の結果も考慮して、各地域の寒冷度に対応したALC壁体の経済的で適切な外壁構成を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 北海道建築指導センター：寒冷地におけるALC下地吹付工法研究委員会、ALC外壁仕上塗工事設計・施工マニュアル、昭和63年12月
- 2) 十河哲也、谷川伸他：外装仕上塗材によるALCの凍害防止に関する研究（その5、実大建築物暴露試験における塗膜とALC劣化および塩分浸透）、日本建築学会大会学術講演梗概集（北陸）、pp.1101~1102、1992年8月
- 3) 十河哲也、鎌田英治他：外装仕上塗材と壁工法によるALCの凍害防止に関する研究（その1：実験概要と塗装材の透湿・透水性）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.1241~1242、1994年9月
- 4) 入田一、鎌田英治他：外装仕上塗材と壁工法によるALCの凍害防止に関する研究（その2：実大暴露構造物での試験結果）、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.1243~1244、1994年9月
- 5) 幅祐司、塩出有三、木村光一：ALCを用いた木造住宅外部壁体内の温湿度環境の実測、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）、pp.1235~1236、1994年9月

(1995年5月10日原稿受理、1995年9月5日採用決定)