

# プラスチック系断熱材と防水気密テープに関する実験的研究\*

石 田 卓\*\*  
 宗 像 安 則\*\*\*  
 須 貝 高\*\*\*\*  
 新 名 裕 一\*\*\*\*\*

## Study on Performed Cellular Plastics Thermal Insulation Materials and Adhesive Tapes for Waterproof-airtight

Taku ISHIDA, Yasunori MUNAKATA, Takashi SUGAI and Hirokazu NIINA

By the next generation ministry energy standard, high thermal insulation and high getting airtight of a residence in all areas of Japan is requested, accompany it, so that the performed cellular plastics thermal insulation materials to be considered as a task popularizes, an airtight tape is popularizing for the joint, and waterproof and an airtight task is pointed out. And they are airtightly for use waterproof business employed for an attention land of a performed cellular plastics thermal insulation of a residence of an outside strain thermal insulation method of construction with this research adaptation of an adherent tape consider it as a purpose what we confirm. It is general that a waterproof airtight tape is glued and attached by an early time, if a heat insulation constructs it. As an experimental verification, we experimented on an outdoor disclosure experiment and laboratory.

**Key Words:** Performed Cellular Plastics Thermal Insulation Materials, Adhesive Tape for Waterproof-Airtight, Butyl Rubber Pressure Sensitive Adhesive Tape, Acrylic Pressure Sensitive Adhesive Tape, Polymer-Modified Bitumen Pressure Sensitive Adhesive Tape, Pressure Sensitive Adhesionable, Durability

### 1. はじめに

住宅の省エネ化、高耐久化は地球環境上の問題の解決のために、住宅関連では最も重要な課題の一つになっている。次世代省エネルギー基準は1999（平成11）年3月

に告示され、国内の全地域での住宅の高断熱高気密化が求められている。住宅の断熱化はグラスウールおよびロックウールなどの繊維系断熱材、近年ではプラスチック系断熱材が普及している。それらの普及と共に、断熱材間の接合部に使用する防水・気密化の目地材が重要な存在になってきた。現在、断熱材の防水・気密化用の目地材としては、粘着テープ、ガスケット、シーリング材などが使用されている。しかし、断熱材の接合部の目地材に対する接着性や耐久性などの知見は少なく、防水・気密化用の目地材としての検討が必要である。

\* 平成16年5月31日受付

\*\* 福岡大学工学部建築学科助手・工修

\*\*\* 日東電工株式会社工業部開発部

\*\*\*\* 福岡大学工学部建築学科教授・工博

\*\*\*\*\* 福岡大学大学院・工学研究科建設工学専攻・博士課程前期

そこで、本研究では住宅の外張り断熱構法のプラスチック系断熱材の接合部の目地材として使用される防水・気密用の粘着テープ（以下、防水気密テープと称す）の接着性及び耐久性などを確認することを目的として実験した。

## 2. 実験構想と実験概要

### 2-2. 実験構想

外張り断熱構法の住宅を想定し、断熱材の接合部の防水気密テープについて検討する。プラスチック系断熱材および防水気密テープは市販されている材料を選択した。

実験的な検証方法として、屋外暴露実験と実験室実験である。屋外暴露実験では、①夏季の高温下および冬季の低温下における断熱パネルの実大試験での各部材の温度と目地の動きおよび防水気密テープの接着適合性<sup>(注1)</sup>、②外装材が施工されるまでの断熱材が屋外の熱と日射に暴露されることを想定した粘着力試験、を検討した。実験室実験では、①四季を想定した各温度での断熱材別および防水気密テープ別の接着適合性および接着上昇性<sup>(注2)</sup>、②加熱促進試験での接着耐久性<sup>(注3)</sup>、を検討した。なお、雨水（水分）、湿気（結露）、紫外線などによる影響は、今後の課題として残されている。

さらに、外装材が施工された後、高分子系材料である防水気密テープの劣化は環境因子の中で、特に影響の大きい熱を主体とした耐久性の予測が必要とされている（表1）。

以上のことを踏まえて、本実験を進めた。

表1 暴露期間とテープに及ぼす外的劣化因子

断熱・気密工事	暴露期間	外的劣化因子
断熱材施工	—	—
防水気密テープ施工	—	—
	約1ヶ月	熱、日射、目地の動き
外装材施工	↓	熱
耐久性	10年以上	

### 2-2. 実験材料

表2にプラスチック系断熱材と防水気密テープ、図2に断熱材および防水気密テープの断面構造を示す。断熱材は、押出法ポリスチレンフォーム、フェノールフォーム、硬質ウレタンフォームの3種類を使用した。防水気密テープ（片面接着タイプ）は、建築で使用されるブチルゴム系（ブチルゴム系A・B）、アクリル樹脂系（アクリル樹脂系A・B）、ゴムアス系の3種類を使用した。

#### 2-2-1. 断熱パネルの実大試験の製作と屋外暴露方法について

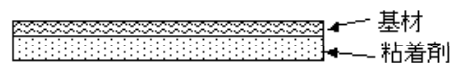
① 断熱材の目地の動きを検討するための2種類の断

表2 プラスチック系断熱材と防水気密テープ

断熱材	断熱材の種類	面材	JIS 記号	
	押出法ポリスチレンフォーム	無し	XPS-B-1b	
	フェノールフォーム 硬質ウレタンフォーム	付き	JIS 該当品	
防水気密テープ	粘着剤の種類	基 材	色相	厚み [mm]
	ブチルゴム系A・B	不織布	白色	0.50
	アクリル樹脂系A・B	プラスチックフィルム	黒色	0.18
	ゴム化アスファルト系 (以下、ゴムアス系と称す)	不織布	白色	0.70



a) 押出法ポリスチレンフォーム



b) 防水気密テープ

図2 断熱材および防水気密テープの断面構造

熱パネルの実大試験を製作した。

- ② 上述の①を屋外に暴露し夏季および冬季の試験は共に約1ヶ月間、各部材の温度変動、断熱材の目地の動きを測定した。
- ③ 上述の②の後に、防水気密テープの粘着力試験を行った。

### 2-3. 実験室実験

- ① 断熱材に対する防水気密テープの接着性などの相性を検討した。
- ② 防水気密テープの施工初期および28日間（約4週間）までにおける接着性の温度に対する依存性を検討した。
- ③ 防水気密テープの施工後の接着性の10年後を想定した耐久性を検討した。

### 2-4. 評価方法

粘着性・耐久性の目安としては、日本窯業外装材協会の業界規格<sup>(1)</sup>がある。それらによれば、①粘着性は、粘着力の初期値が3[N/25mm]あるいは6[N/50mm]以上を安定的に上回ること、②耐久性（10年間の温熱累積後も著しい劣化の生じない性能値）は、粘着力の初期値の80%以上となる2.5[N/25mm]あるいは5[N/50mm]以上を確保すること、と記されている。なお、3[N/25mm]とは、25mm引き剥がすために3Nの力が必要であることを意味する。

また、破壊様式としては、JIS K6866 01<sup>(2)</sup>があり、凝集破壊、接着破壊、基材破壊（本研究では、被着体の

母材破壊と称す）に分けられるが、凝集破壊は防水気密テープの期待される性能として空気（熱、湿気など）や水の流入・移動を防止することにあるので、凝集破壊が望ましいと思われる。

## 2-5. 測定方法

### 2-5-1. 各部材の温度

屋外暴露における各部材の温度は、シース熱電対（JIS 規定の K 型）のデジタル温度計で測定した。

### 2-5-2. 断熱材の目地の動き

ダイヤルゲージ（アナログ表示、写真 1 の a）およびメジャーで測定した。

### 2-5-3. 防湿気密テープの収縮

メジャーで測定した。

### 2-5-4. 環境試験室

0℃（冬季）、23℃（春秋期）、40℃（夏季）の一定温度で制御された環境試験室で、試験体の調整・保存を行い、粘着力試験に供した。

### 2-5-5. 粘着力試験

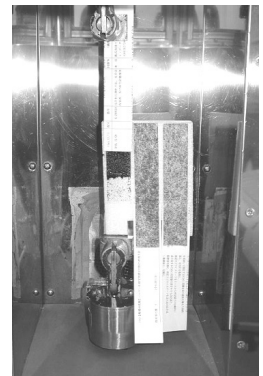
粘着力の測定は、JIS Z0237<sup>(注4)</sup>（180° 剥離試験）に準拠している。実大試験では、プッシュプルゲージ（デジタル表示、写真 1 の b）およびバネ式秤で測定した。実験室実験では、被着体<sup>(注5)</sup>（ここでは、プラスチック系断熱材）および防水気密テープを測定温度に 2 時間放置後、2000 g のローラー（写真 2 の a）の右側で 1 往復で圧着し 30 分後、引き剥がし速度 300 [mm/min]（標準）で、温度制御の恒温槽（写真 2 の a）付きのインストロン型引張圧縮試験機（写真 2 の b）で測定した。

## 2-6. 断熱パネルの実大試験の制作

写真 5 に断熱パネルの実大試験の外観を示す。暴露場所は、愛知県豊橋市中原町にある ND 社の豊橋事務所内の建物の壁面に設置し、方位は 14 時に太陽光が正面に当たるようにした。住宅の壁面の断熱材および防水気密



a) 恒温槽



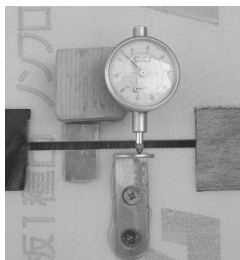
b) インストロン型引張圧縮試験機

写真2 粘着力の測定方法

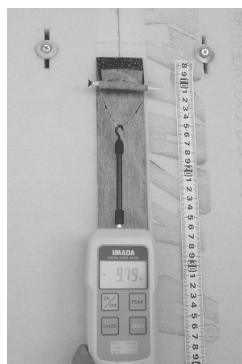
テープは、外装材が取り付けられるまでの約 1 ヶ月は日射に暴露させた。それを含めて、暴露期間としては、夏季期間は 2003 年 7 月 28 日～同年 9 月 5 日（約 5 週間）、冬季期間は 2004 年 1 月 9 日～同年 2 月 12 日（約 5 週間）である。なお、断熱材としては押出法ポリスチレンフォームを使用して、防水気密テープの違いを検討した。なお、断熱材の厚みは、夏季では 20mm、冬季では 30mm を使用した。夏季および冬季の試験における各部材の温度変動とその目地の動きを調査するための実大試験は A と B の 2 種類である。

### 2-6-1. 実大試験 A

図 3 に断熱パネルの実大試験 A の断面図を示す。実大試験 A は、防水気密テープの目地幅方向の目地の動きの試験である。断熱材とその目地幅は予め 5 mm を設け、断熱材は片側（端部）をビスで固定し、反対側（中央部）



a) ダイヤルゲージ



b) プッシュプルゲージ

写真1 目地の動き・粘着力の測定方法



（実大試験 A 【右】，実大試験 B 【左】）

写真5 断熱パネルの実大試験の外観

は拘束せず目地が自由に動ける状態とした。

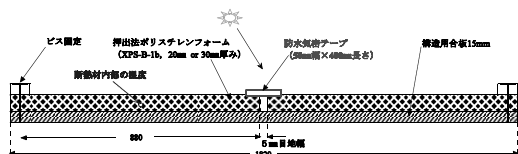


図3 断熱パネルの実大試験Aの断面図

## 2-6-2. 実大試験B

図4に断熱パネルの実大試験Bの平面図を示す。実大試験Bは、防水気密テープの長手方向の目地の動きの試験である。断熱材は片側（中央）をビスで固定し、反対側（端部）は拘束せず目地が自由に動ける状態とした。断熱材の寸法は1820mmの長手方向での防水気密テープの寸法の安定性を検討した。

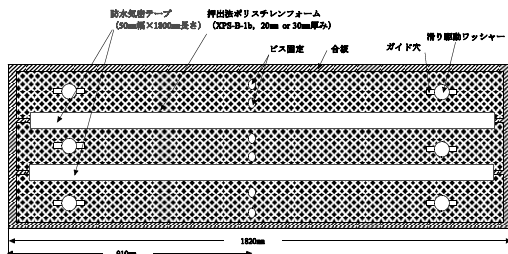


図4 断熱パネルの実大試験Bの平面図

## 3. 実験結果および考察

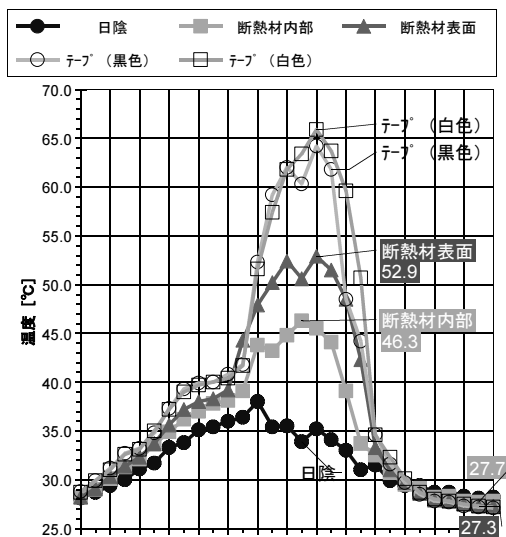
### 3-1. 断熱パネルの実大試験の屋外暴露

#### 3-1-1. 夏季試験

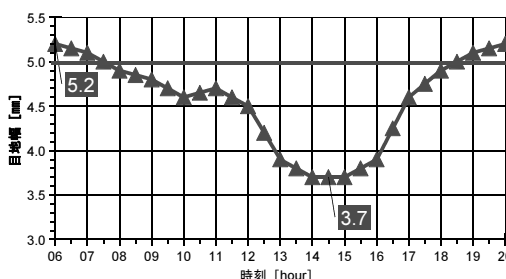
図5に断熱パネルの実大試験Aによる夏季の晴天日の屋外での各部材の温度、断熱材の目地の動き（代表日：2003年9月2日）を示す。

- ① 断熱材内部<sup>(注6)</sup>の最高温度は46.3℃になり、最低温度は27.7℃になり、18.6℃の日較差である。
- ② 温度上昇に伴い断熱材が膨張する。目地幅が1.6 (=5.0-3.4) [mm]と狭くなった。
- ③ 温度下降に伴い断熱材が収縮する。目地幅が0.8 (=5.8-5.0) [mm]と広がった。
- ④ 目地の動き  $\Delta L = 1.4 (=4.7 - 3.3)$  [cm]、内部の温度の日較差  $\Delta T = 18.6 (=46.3 - 27.7)$  [℃]により、断熱材の線膨張係数  $\alpha = 4.6 \times 10^{-5}$  [cm/cm・℃]となる<sup>(注7)</sup>。

表3、図6に実大試験A・Bでの屋外暴露後の接着状況を示す。いずれの防水気密テープの初期（7月28日）の粘着力は業界規格の6 [N/50mm] 以上となり、接着に対する問題はなかった。目地幅方向では、ブチルゴム



a) 各部材の温度変動



b) 断熱材の目地の動き

図5 断熱パネルの実大試験A (2003年9月2日)

系Aが最も高い粘着力を示し、また、ブチルゴム系Aとアクリル樹脂系Aでは剥がれが発生しないが、ゴムアス系では剥がれが発生した（写真6）。また、長手方向では、いずれの防水気密テープでも剥がれが発生しない。また、ブチルゴム系Aで寸法変化がなく、アクリル樹脂系Aで3mmの収縮（収縮率0.16 (=3÷1820×100)%)があり、ゴムアス系で2mmの収縮（収縮率0.11 (=2÷1820×100)%)<sup>(注7)</sup>があった（写真7）。なお、ゴムアス系は8月4日の時点で剥がれが発生していたので、粘着力は0 [N/50mm] であり、剥がれていない部分では5 [N/50mm] であった。

#### 3-1-2. 冬季試験

図7に断熱パネルの実大試験Aによる冬季の晴天日の屋外での各部材の温度、断熱材の目地の動き（代表日：2004年1月30日）を示す。

表3 実大試験A・Bでの屋外暴露後の接着状況

防水気密テープ	粘着力 [N/50mm] (2003年)				
	初期	判定	月日	外観	収縮量
ブチルゴム系A	30	13	9月1日	○	—
		14	8月5日	○	なし
アクリル樹脂系A	16	9	9月1日	○	—
		11	9月5日	○	3 mm
ゴムアス系	19	5	8月4日	×	—
		7	9月5日	○	2 mm

1 重の文字囲みの部分：凝集破壊 (CF) (注8)  
 2 重の文字囲みの部分：母材破壊 (SF) (注8)  
 それ以外の部分：接着破壊 (AF) (注8)  
 判定時の、上段：目地幅方向  
 下段：長手方向  
 外観状況の、○：剥がれが発生しない  
 △：一部剥がれが発生する  
 ×：剥がれが発生する

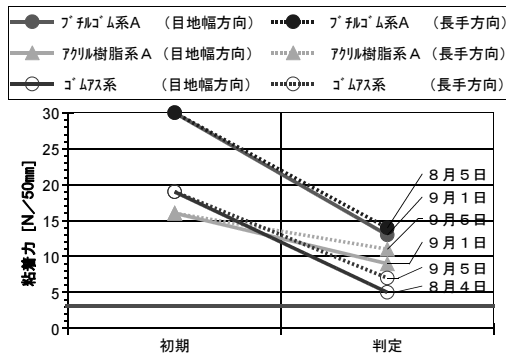
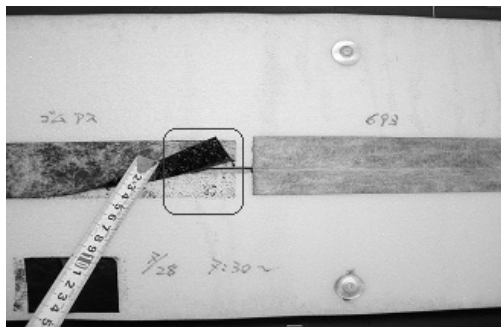
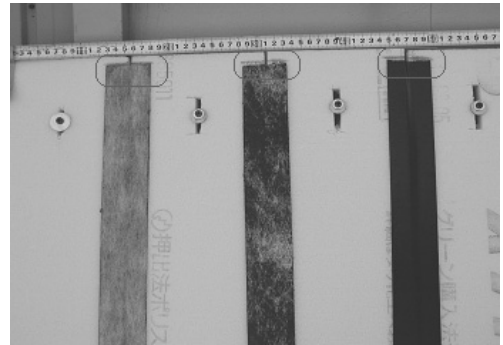


図6 実大実験A・Bでの屋外暴露後の接着状況(夏季試験)



ゴムアス系【左】は剥がれが発生し、ブチルゴム系A【右】は剥がれが発生しない。

写真6 実大試験Aの防水気密テープ（夏季試験）

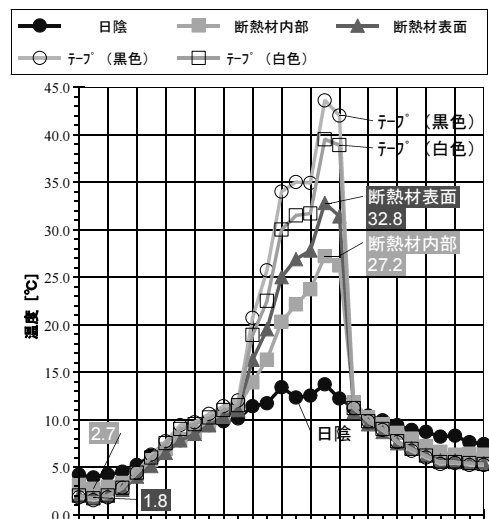


ブチルゴム系A【左】で収縮がなく、アクリル樹脂系A【中央】で3mmの収縮、ゴムアス系【右】で2mmの収縮があった。

写真7 実大試験Bの防水気密テープ（夏季試験）

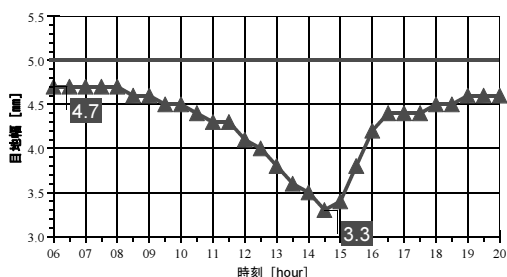
- ① 断熱材内部<sup>(注6)</sup>の最高温度は27.2℃になり、最低温度は2.7℃になり、24.5℃の日較差である。
- ② 温度上昇した日中は断熱材が膨張する。目地幅が1.7(=5.0-3.3)[mm]と狭くなった。
- ③ 温度下降した夜間は断熱材が膨張する。目地幅が0.3(=5.0-4.7)[mm]と狭くなった。
- ④ 目地の動き $\Delta L=1.4(=4.7-3.3)$ [cm]、内部の温度の日較差 $\Delta T=24.5(=27.2-2.7)$ [℃]により、断熱材の線膨張係数 $\alpha=3.2 \times 10^{-6}$ [cm/cm・℃]となる<sup>(注7)</sup>。

表4に実大試験A・Bでの屋外暴露後の接着状況を示す。初期の粘着力は、ブチルゴム系Aで9[N/50mm]、ゴムアス系で6[N/50mm]といずれも業界規格の6[N/50mm]以上であったが、アクリル樹脂系Aでは2



a) 各部材の温度変動





b) 断熱材の目地の動き

図7 断熱パネルの実大試験B (2004年 1月30日)

[N/50mm] と 6 [N/50mm] 未満となった。目地幅方向および長手方向でアクリル樹脂系Aは一部剥がれが発生し、粘着力が最も低くなり、長手方向で2mmの収縮 (収縮率 $0.11 (= 2 \div 1820 \times 100) \%$  (注7)) があった (写真8, 9)。ブチルゴム系 A およびゴムアス系は初期よりも判定時には粘着力が高くなると共に剥がれと収縮はなかった。

表4 実大試験 A・Bでの屋外暴露後の接着状況

防水気密テープ	粘着力 [N/50mm] (2004年)				
	初期	判定	月日	外観	収縮量
ブチルゴム系A	⑨	⑪ ⑫	2月9日	○	—
				○	なし
アクリル樹脂系A	16	1		△	—
		1		△	2 mm
ゴムアス系	⑥	⑫ ⑫		○	—
				○	なし

1 重の文字囲みの部分：凝集破壊 (CF) (注8)  
 2 重の文字囲みの部分：母材破壊 (SF) (注8)  
 それ以外の部分：接着破壊 (AF) (注8)  
 判定時の、上段：目地幅方向  
 下段：長手方向  
 外観状況の、○：剥がれが発生しない  
 △：一部剥がれが発生する  
 ×：剥がれが発生する

### 3-1-3. 屋外に暴露した断熱材への防水気密テープの接着上昇性

表5に防水気密テープ別の測定温度と粘着力の関係を示す。暴露した断熱材は夏季期間の2003年6月30日～同年8月7日 (約5週間)、4寸勾配の屋根の上に放置した。約5週間の暴露した断熱材に防水気密テープを貼り付けた後の、初期と1週間後に粘着性試験を行った。

日射に約5週間の暴露した押出法ポリスチレンフォームへの防水気密テープの粘着力は、暴露した場合の粘着力は無処理の (暴露していない) 場合に比べて初期には

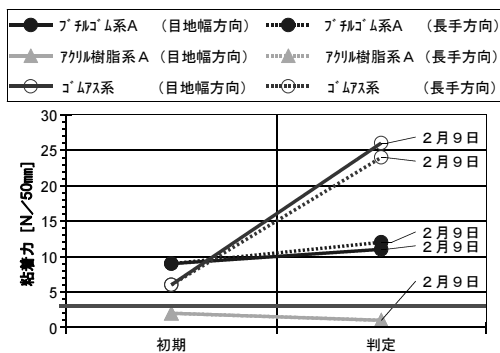
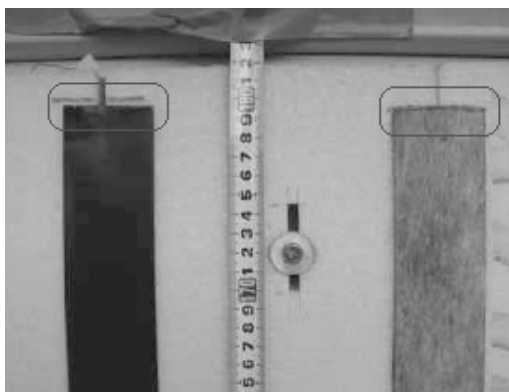


図8 実大実験 A・Bでの屋外暴露後の接着状況 (冬季試験)



アクリル樹脂系Aのみが中央部の上端で一部剥がれが発生した。

写真8 実大試験Aの防水気密テープ (冬季試験)



ブチルゴム系A【右】は剥がれも収縮もなく、アクリル樹脂系A【左】は一部剥がれが発生すると共に2mmの収縮があった。

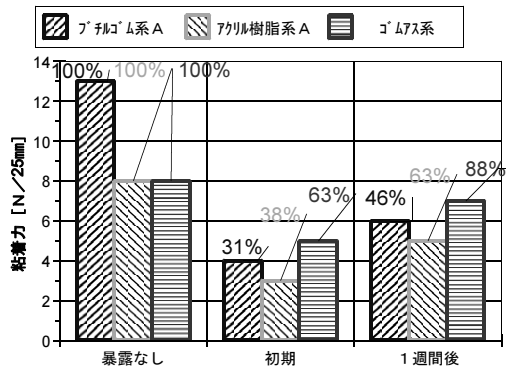
写真9 実大試験 Bの防水気密テープ (冬季試験)

31～63%低下したが、その後の1週間後では無処理の場合の46～88%となり、初期よりも粘着力が高くなった（図9）。

表5 防水気密テープ別の測定温度と粘着力の関係

押出法 ポリスチレン フォーム	測定温度 [°C]	粘着力 [N/25mm]		
		ブチルゴム系	アクリル樹脂系	ゴムアス系
		A	A	
無処理	23	13	8	8
初期	暴露した 断熱材へ の粘着力	4	3	5
1週間後		6	5	7

1 重の文字囲みの部分：凝集破壊 (CF)<sup>(注8)</sup>  
 2 重の文字囲みの部分：母材破壊 (SF)<sup>(注8)</sup>  
 それ以外の部分：接着破壊 (AF)<sup>(注8)</sup>



図中の数字は、各防水気密テープの暴露なしの粘着力を100%とした場合に対する5週間暴露（初期、1週間後）の割合を示した。

図9 屋外暴露による粘着力への影響

### 3-2. 実験室実験による接着信頼性<sup>(注9)</sup>

各温度での接着性を季節別で検討するために、恒温槽内を0℃（冬季の想定）、23℃（春秋の想定）、40℃（夏季の想定）、60℃の各一定温度下で、断熱材に対する防水気密テープの接着適合性および接着上昇性を検討した。

#### 3-2-1. 断熱材別の接着信頼性

表6、図10に断熱材別の測定温度と粘着力の関係を示す。

- 粘着力は測定温度が変われば、断熱材の種類によって変化している。また、防水気密テープの粘着剤が同じ材質であっても製品の種別（AもしくはB）によって変化の傾向が異なる。
- 粘着力は押出法ポリスチレンフォームに貼り付けたブチルゴム系Bの60℃の場合を除けば、温度、断熱材

表6 断熱材別の測定温度と粘着力の関係

断熱材	測定温度 [°C]	粘着力 [N/25mm]			
		ブチルゴム系		アクリル樹脂系	
		A	B	A	B
押出法ポリスチレンフォーム	0	7	5	4	4
	23	13	5	8	5
	40	7	4	8	6
	60	4	2	6	6
フェノールフォーム	0	8	5	7	7
	23	15	7	17	8
	40	7	5	15	10
	60	5	3	8	10
硬質ウレタンフォーム	0	41	24	13	12
	23	20	20	22	17
	40	9	11	13	38
	60	6	5	12	27

1 重の文字囲みの部分：凝集破壊 (CF)<sup>(注8)</sup>  
 2 重の文字囲みの部分：母材破壊 (SF)<sup>(注8)</sup>  
 それ以外の部分：接着破壊 (AF)<sup>(注8)</sup>

の種別を問わず、3 [N/25mm]を確保している。

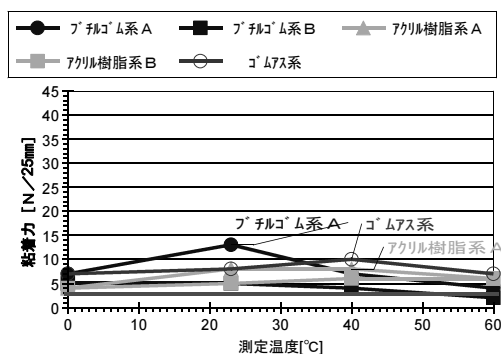
- 防水気密テープの破壊様式はブチルゴム系の0℃以外で全て凝集破壊であったが、アクリル樹脂系Bは全てが接着破壊であった。ブチルゴム系B、アクリル樹脂系Aは一部、40℃、60℃で凝集破壊であったが、その他の温度では接着破壊であった。
- 押出法ポリスチレンフォームへの粘着力はブチルゴム系A、アクリル樹脂系A、ゴムアス系は23～40℃でピークを示し低温（0℃）、高温（60℃）で下降した。ブチルゴム系Bは高温になるに従って低下しているが、アクリル樹脂系Bは高温になるに従って上昇した。また、測定温度別に粘着力が高いテープを示すと、0℃の場合はブチルゴム系Aとゴムアス系で7 [N/25mm]、23℃の場合はブチルゴム系Aで13 [N/25mm]、40℃の場合はゴムアス系で10 [N/25mm]、60℃の場合はゴムアス系で7 [N/25mm]であった。
- フェノールフォームへの粘着力はブチルゴム系A・B、アクリル樹脂系Aが23℃でピークを示した。アクリル樹脂系Bは押出法ポリスチレンフォームと同様に高温になるに従って上昇した。また、測定温度別に粘着力が高いテープを示すと、0℃の場合はブチルゴム系Aで8 [N/25mm]、23℃の場合はアクリル樹脂系Aで17 [N/25mm]、40℃の場合はアクリル樹脂系Aで15 [N/25mm]、60℃の場合はアクリル樹脂系Bで10 [N/25mm]であった。
- 硬質ウレタンフォームへの粘着力はアクリル樹脂系

A・Bが23～40℃でピークがあった。しかし、ブチルゴム系A・B、ゴムアス系は0℃でピークを示し高温になるに従って下降した。また、測定温度別に粘着力が高いテープを示すと、0℃の場合はブチルゴム系Aで41[N/25mm]、23℃の場合はアクリル樹脂系Aで22[N/25mm]、40℃の場合はアクリル樹脂系Bで38[N/25mm]、60℃の場合はアクリル樹脂系Bで27[N/25mm]であった。

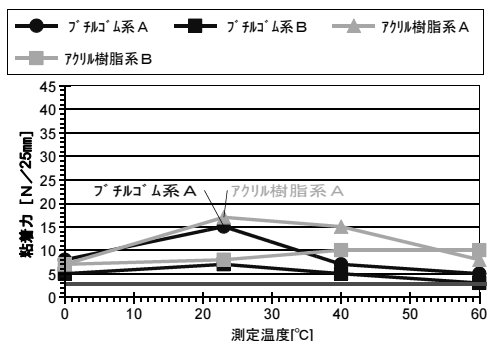
- ⑦ 上述の④～⑥から、断熱材別の防水気密テープの粘着力の特徴としては、断熱材を問わず低温域（0℃）および押出法ポリスチレンフォームの中温域（23℃）ではブチルゴム系A、押出法ポリスチレンフォームの低温域（0℃）と高温域（40、60℃）ではゴムアス系、フェノールフォームおよび硬質ウレタンフォームの中温域（23℃）から高温域（23、40、60℃）ではアクリル樹脂系、が強い粘着力を示した。

### 3-2-2. 防水気密テープ別の接着信頼性

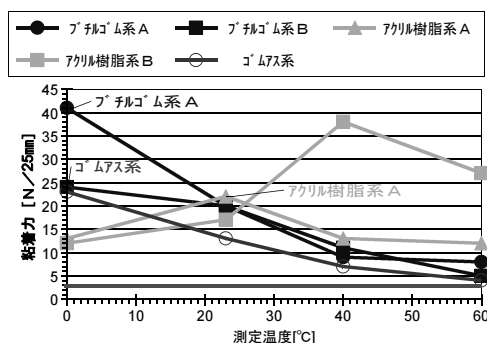
表7、図11に押出法ポリスチレンフォームを用いて防水気密テープ別の接着上昇性（冬季、春秋、夏季の想定）を示す。夏季に比べて冬季の温度では初期値が小さく、接着上昇性も少なく、接着に対する課題があった。



a) 押出法ポリスチレンフォーム



b) フェノールフォーム



c) 硬質ウレタンフォーム

図10 断熱材別の測定温度と粘着力の関係

また、粘着力が3[N/25mm]未満となっているのは、ブチルゴム系Aでは冬季の初期から11日後位まで、冬季の22日後位から最終までであり、アクリル樹脂系Aでは冬季の初期から最終まで、春秋の初期から6日後位までであった。一方で、ゴムアス系では季節を通じて粘着力が3[N/25mm]以上を確保している。

### 3-2-3. 防水気密テープ別の接着耐久性

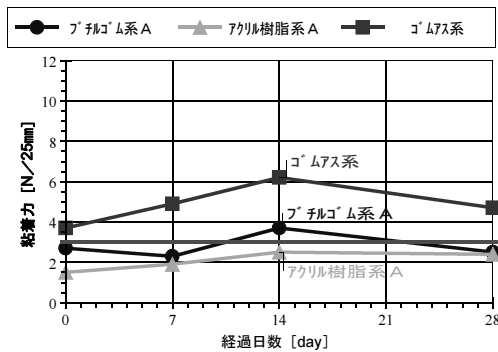
表8、図12、13に押出法ポリスチレンフォームを使用して防水気密テープ別の接着耐久性を示す。接着耐久性を予測するために、接着した試験体を加熱促進試験（80℃×14週間≒35℃×10年相当<sup>(注10)</sup>）し、接着の変化を検

表7 防水気密テープ別の接着信頼性

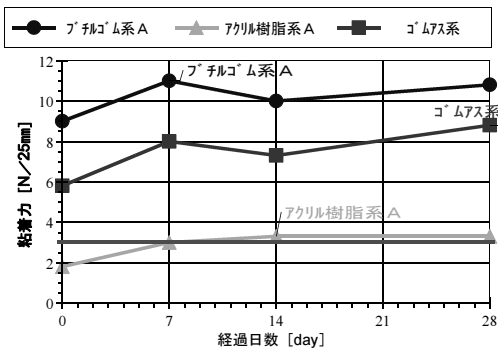
経過日数 [day]	測定温度 [°C]	粘着力 [N/25mm]		
		ブチルゴム系	アクリル樹脂系	ゴムアス系
		A	A	
0	0	2.7	1.5	3.7
7		2.3	1.9	4.9
14		3.7	2.5	6.2
28		2.5	2.4	4.7
0	23	9.0	1.8	5.8
7		11.0	3.0	8.0
14		10.0	3.3	7.3
28		10.8	3.3	8.8
0	40	9.0	3.5	6.0
7		9.0	5.0	7.7
14		9.3	5.3	7.5
28		9.5	5.3	8.3

1 重の文字囲みの部分：凝集破壊 (CF)<sup>(注8)</sup>  
 2 重の文字囲みの部分：母材破壊 (SF)<sup>(注8)</sup>  
 それ以外の部分：接着破壊 (AF)<sup>(注8)</sup>  
 被着体：押出発泡ポリスチレンフォーム

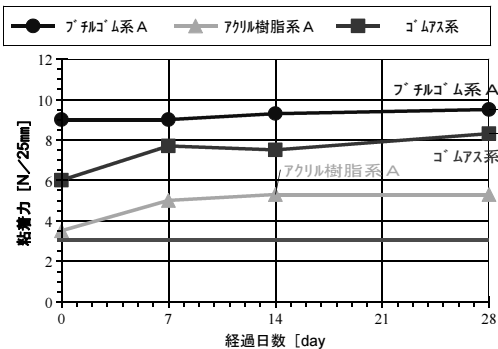




a) 冬季の想定 (0℃一定)



b) 春秋の想定 (23℃一定)



c) 夏季の想定 (40℃一定)

図11 防水気密テープ別の接着上昇性

討した。初期の粘着力2.5[N/25mm]以上を満たしているのは、ブチルゴム系A (9.0 [N/25mm]) およびゴムアス系 (5.8[N/25mm]) である。ところが、アクリル樹脂系A (1.8[N/25mm]) は満たさず、粘着力が低い

水準にあったので耐久性から外した。それらに基づいて、10年相当では初期の粘着力の80%以上を満たしているのは、ブチルゴム系Aで約92% (8.25 [N/25mm]) であった。つまり、加熱促進の10年相当は初期の粘着力に近いので、初期の粘着力は、その防水気密テープの長期的な評価になると思われる。

また、接着耐久性後の破壊様式をみると、ゴムアス系は押出法ポリスチレンフォームとの接着面を熔融 (融解) していた (写真10~12)。この原因として、ゴムアス系の粘着剤中の粘着付与剤<sup>(注11)</sup>と軟化剤<sup>(注12)</sup>などの影響が考えられるが、熔融したゴムアス系は押出法ポリスチレンフォームの断熱性能の低下を招く恐れがある。

### 3-3. 引き剥がし速度と粘着力の関係

図14に押出法ポリスチレンフォームを使用して防水気密テープ別の引き剥がし速度と粘着力の違いによる影響 (3回測定中の1回の例) を示す。引き剥がし速度を300 [mm/min] (標準) と30 [mm/min] の違いが粘着力に

表8 防水気密テープ別の接着耐久性

経過週数 [week]	測定温度 [℃]	粘着力 [N/25mm]		
		ブチルゴム系	アクリル樹脂系	ゴムアス系
		A	A	
0	80	9.0	1.8	5.8
4		6.8	3.2	3.2
8		8.5	3.3	3.7
12		8.2	2.7	4.1
16		8.3	2.5	3.6

1 重の文字囲みの部分: 凝集破壊 (CF) <sup>(注8)</sup>

2 重の文字囲みの部分: 母材破壊 (SF) <sup>(注8)</sup>

それ以外の部分: 接着破壊 (AF) <sup>(注8)</sup>

被着体: 押出発泡ポリスチレンフォーム

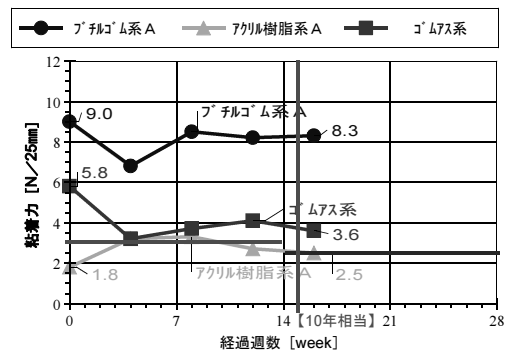


図12 防水気密テープの接着耐久性 (80℃一定)

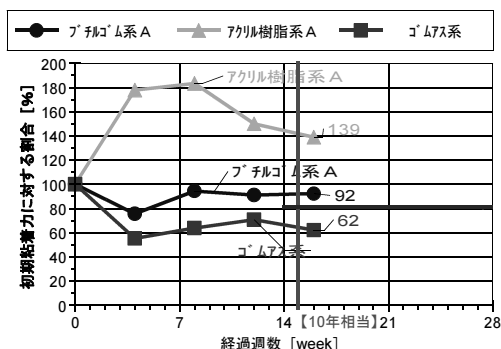


図12の各粘着力を初期の粘着力に対する割合で示した。

図13 水気密テープの接着耐久性 (80℃一定)



ブチルゴム系 A【右】とは凝集破壊, アクリル系 A【中央】は接着破壊, ゴムアス系 A【左】は凝集破壊である。

写真10 防水気密テープの接着耐久性前の破壊様式



ブチルゴム系【右】は凝集破壊, アクリル系 A【中央】は接着破壊, ゴムアス系 A【左】は凝集破壊である。

写真11 防水気密テープの接着耐久性後の破壊様式

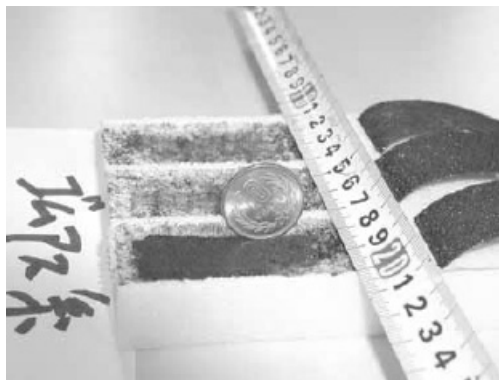
及ぼす影響を検討した。その結果、通常の引き剥がし速度を 1/10 にすると、約 1/2 ~ 1/3 程度の粘着力となった。

#### 4. まとめ

本研究では、プラスチック系断熱材の目地に使用される防水気密テープの接着性と耐久性などについて、温度の違いや断熱材の種類の影響を実験的な検証として、屋外暴露実験と実験室実験を行った。得られた結果を以下

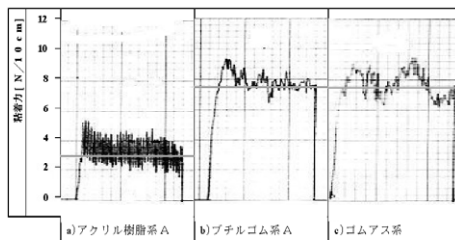
に列記する。

- ① 夏季の工事期間中に断熱材が暴露される場合があるが、日射によりその表面が脆弱になりザラザラとなり防水気密テープの粘着力を懸念したが、5週間程度の暴露では、初期の粘着力は基準を超え1週間後の粘着性も上昇しているの、特に問題はないと思われる。
- ② 押出法ポリスチレンフォーム (1820mm長さ) の目地幅は、夏季および冬季の実験結果から、約1.7mm以上

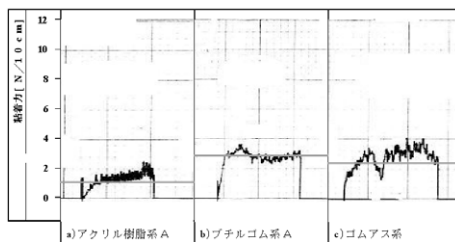


ゴムアス系は押出法ポリスチレンフォームとの接着面を溶融 (融解) していた。

写真12 ゴムアス系の接着耐久性後の破壊様式



a) 引き剥がし速度30 [mm/min]



b) 引き剥がし速度 3 [mm/min]

図14 引き剥がし速度と粘着力と違いによる影響

の動きを考慮する必要がある。この目地の動きは断熱材の線膨張係数  $7.0 \times 10^{-5} [\text{cm}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}]$ （カタログ値<sup>(7)</sup>）に対して実測値（温度から予測される動き）は約  $1/2$  の量（夏季： $4.6 \times 10^{-5} [\text{cm}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}]$ ，冬季： $3.2 \times 10^{-5} [\text{cm}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}]$ ）であった。

- ③ 押出法ポリスチレンフォームへの防水気密テープの貼り付けは、ブチルゴム系Aでは、夏季および冬季でも目地幅方向および長手方向でも剥がれの発生も収縮がなかった。アクリル樹脂系Aでは、夏季に長手方向で剥がれが発生しないが収縮があり、冬季に目地幅方向および長手方向で一部剥がれが発生し、長手方向で収縮した。ゴムアス系では、夏季に長手方向で剥がれが発生し収縮したが、冬季に目地幅方向および長手方向での剥がれの発生も収縮がなかった。この原因として、①防水気密テープの支持体<sup>(注13)</sup>（不織布あるいはプラスチックフィルム）の剛性による下地（断熱材）への非追従性、②防水気密テープの寸法変化、③粘着剤の熱軟化による粘着力の低下など、の複合的な要因であると推定される。

- ④ 実験室実験から今回選定したプラスチック系断熱材と防水気密テープの粘着力は、押出法ポリスチレンフォームに貼り付けたブチルゴム系Bの60℃の場合を除き  $3 [\text{N}/25\text{mm}]$  を確保しているため組合せに適合していると考えられる。粘着剤の種類の製品、製品の種別によって粘着力の高低があるが防水気密テープの選定には製品の特性を把握する必要がある。

- ⑤ 粘着剤の破壊様式は凝集破壊と接着破壊があったが、前者は防水気密テープの期待される性能として空気（熱、湿気など）や水の流入・移動を防止することになるので、凝集破壊が望ましい。

- ⑥ 耐久性を検討した10年相当では、押出法ポリスチレンフォームへの防水気密テープの貼り付けは、ブチルゴム系Aでは問題が生じず、アクリル樹脂系Aでは粘着力が低い水準にあり、ゴムアス系では接着面を熔融することで断熱性能の低下を招く恐れがあることが分かった。

### 注

- 断熱材の表面凹凸（粗さ）への接着性などの相性。
- 粘着剤の流動と経過日数による接着面積の上昇による接着性の強化。
- 外的な環境因子（熱など）に対する接着性の劣化および低下。
- JIS Z0237：粘着テープ・粘着シート試験方法<sup>(2)</sup>。
- 粘着テープまたは粘着シートが接着される物体<sup>(9)</sup>。
- 断熱材内部とは断熱材の厚みの中心を示し、夏季試験では10mmの位置、冬季は15mmの位置である。

- 7) 実験で得られた断熱材の、線膨張係数は式(1)で表され、収縮率は式(2)で表される。

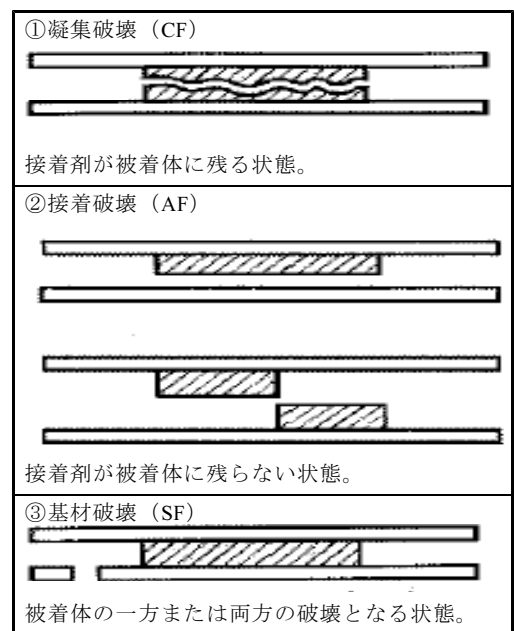
$$\alpha = \Delta L \div (L_0 \times \Delta T) \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \Delta L \div L_0 \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $\alpha$ ：線膨張係数  $[\text{cm}/\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}]$ ， $\beta$ ：収縮率  $[\%]$ ， $\Delta L$ ：目地の動き  $[\text{cm}]$ ， $L_0$ ：長さ  $[\text{cm}]$ （目地幅方向：176  $[\text{cm}] = 88 [\text{cm}] \times 2$  枚，長手方向：182  $[\text{cm}]$ ）， $\Delta T$ ：内部の温度の日較差  $[\text{C}]$  である。

- 8) JIS K6866 01：接着剤－主要破壊様式の名称<sup>(2)</sup>表9に破壊様式の名称を示す。

表9 破壊様式の名称



- 9) 接着適合性と接着上昇性の総称

- 10) 促進試験として90℃の34週間実用化した場合の耐久性が35℃の50年に相当する<sup>(3)</sup>。10℃温度が下がる毎に熱による劣化の度合いは、経過日数で2.2倍に延びることになる<sup>(4)</sup>（表10、図15、16）。以下は、上述の考え方で算出した。

また、促進試験の温度と経過週数と実用化した場合の耐久性を指数関数で近似すると、式(3)、(4)のようになる。

$$y = 2600 \div 2.2^{((x-35) \div 10)} \dots\dots\dots(3)$$

$$y = a \times \text{EXP}(b \times x) \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 $x$ ：促進試験の温度  $[\text{C}]$ ， $y$ ：経過週数  $[\text{week}]$ ， $a$ ：係数（50年相当：41063，30年相当：24638，10年相当：8212.6）， $b$ ：係数（ $= -0.0788$ ）。

- 11) 粘着剤の主要成分で、粘着性を高めるために配合す

表10 促進試験と実用化した場合の耐久性(2.2倍速)

促進試験	実用化した場合の耐久性
90℃×34週間	≒35℃×50年 (2600週間)
50年を10年と想定すれば、	
90℃×7週間	≒35℃×10年
90℃を10℃温度を下げると、	
80℃×15週間	≒35℃×10年

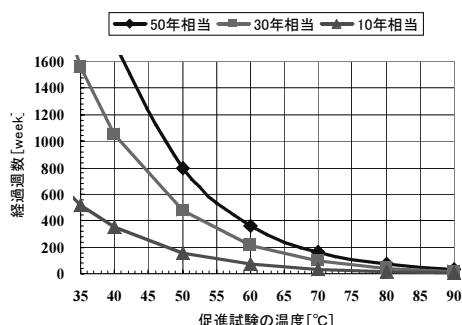


図15 促進試験の温度と経過週数と実用化した場合の耐久性の関係

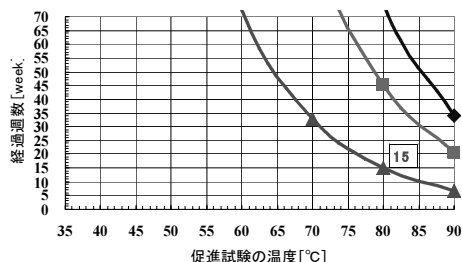


図15の経過週数1600[week]を70[week]に変更した。

図16 促進試験の温度と経過週数と実用化した場合の耐久性の関係 (拡大)

る材料<sup>(9)</sup>。

- 12) エラストマー (粘着剤の主要成分で、常温ではゴム状弾性を有し、凝集性を与える高分子材料)の加工を容易にし、また粘着性を改善するために配合する材料<sup>(9)</sup>。
- 13) 粘着テープまたは粘着シートの基材として使われる比較的、薄く柔軟な材料。理論上は適度に平たく薄く柔軟な全ての材料は、粘着製品の支持体として使える<sup>(9)</sup>。
- 14) 表11にプラスチック系断熱材の主な特徴を示す。3

種類の断熱材を7項目の性能に絞って比較を行った。

表11 プラスチック系断熱材の主な特徴<sup>(8)</sup>

断熱材の種類 \ 性能	熱伝導率の高低	断熱材内部の結露	吸水性の高低	シアン系ガスの発生	一酸化炭素の発生	施工性の良さ	価格の高低
押出法ポリスチレンフォーム	高	無	低	無	無	良い	低
フェノールフォーム	低	無	高	無	小	最良	高
硬質ウレタンフォーム	中	無	中	有	中	最良	中

## 参 考 文 献

- (1) 日本窯業外装材協会：窯業系サイディング用防水テープ試験方法，NYG 協会規格，NYG S-0010 (2000年10月20日制定，2001年8月20日改正)，2001年8月20日，総5頁
- (2) <http://www.jisc.go.jp/> (日本工業標準調査会のホームページ，2004年5月現在)
- (3) JIS A6930：1997「住宅用プラスチック系防湿フィルム 解説」
- (4) イグナシ・ヤクボウィツ，アンダース・ヘイグ (スウェーデン国立試験研究所)：「防湿フィルムの問題点と対策について (講演会の資料，主催：株式会社ワンウィル，会場：第一ホテル)」，平成4年6月2日
- (5) 石田卓，宗像安則，須貝高：プラスチック系断熱材と防水気密テープに関する夏季における実験的研究，日本建築学会九州支部研究報告，第43号，平成16年3月，pp.305-308
- (6) 石田卓，宗像安則，須貝高，新名裕一：プラスチック系断熱材と防水気密テープに関する実験的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道) 環境工学Ⅱ D-2，平成16年8月，総2頁
- (7) <http://www.dowkakah.co.jp/> (ダウ化工株式会社のホームページ，2004年5月現在) の製品カタログのダウンロード
- (8) <http://111a.co.jp/mori3.htm> (有限会社土屋建築のホームページ，2004年5月現在)
- (9) 日本粘着テープ工業会 粘着ハンドブック編集委員会編：粘着ハンドブック，日本粘着テープ工業会，昭和60年7月10日，総761頁