

木造外壁の断熱工法と防火性能（下） ～グラスウール断熱材と発泡プラスチック断熱材について～

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 建築研究本部
北方建築総合研究所 建築研究部 建築システムグループ 主査（建築技術）
兼 建築性能試験センター 安全性能部 評価試験課 主査（防耐火）

糸 毛 治

1. はじめに

本研究は、防火性能を付与した木造断熱外壁の開発環境の改善、合理的で円滑な性能評価の実現を目指し、断熱材や断熱工法が外壁の防火性能に及ぼす影響を明らかにするため、実験的検討を積み重ねてきました。

報は、火災加熱を受ける間、溶融・燃焼などが生じないロックウール断熱材（以下、RW）を用いて、断熱工法による断熱材の位置や厚みなど壁体構成に起因する影響を明らかにしました。

今回は、断熱材自体の溶融や熱分解、燃焼など、断熱材の材料特性に起因する影響について、グラスウール断熱材（以下、GW）および各種発泡プラスチック断熱材を対象に、断熱材の種類ごとにそれぞれ、これまでに分かってきたことを報告します。

2. 検討に用いた試験体と防火実験

試験体は、用いる断熱材を前回のRWから、比較対象とするグラスウール断熱材や各種発泡プラスチック断熱材に置き換える以外は、前回と全く同じ仕様にしております。

試験体（幅3,240mm×高さ3,230mm）は、外装材に窯業系サイディング（厚さ15mm）、内装材にせっこうボード（厚さ12.5mm+9.5mm重張）を用いた木造軸組造の外壁（45分準耐火構造）を共通仕様としました。これに断熱材を変えて、防火実験を実施し比較検討を進めました。

防火実験は、（地独）北海道立総合研究機構建

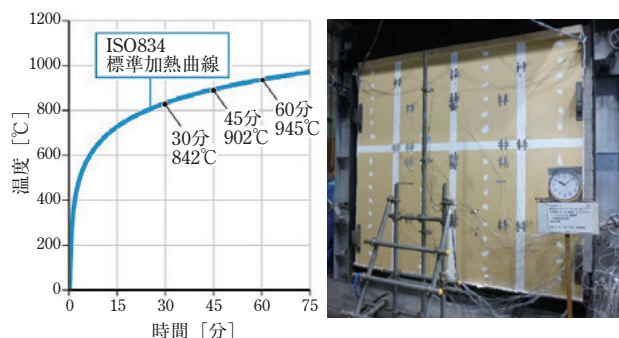


図1 標準加熱曲線・防火試験の様子

築研究本部の壁炉を用いて、防耐火構造に係る大臣認定を受ける際の試験方法（性能評価機関の業務方法書¹⁾）に基づき、実施しました（図1）。

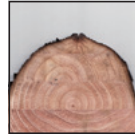
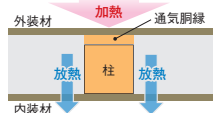
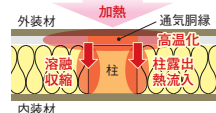
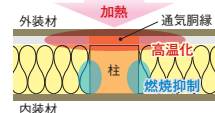
3. グラスウール断熱材と防火性能

GWはRWと同じく不燃性を有しています。しかしGWのガラス繊維に成分が近いソーダ石灰ガラスの軟化点は文献値²⁾で720℃～730℃とあります。GWは図1に示すISO834標準加熱曲線に沿った加熱を受けると、GW自体に溶融や収縮が起こります。

そのため、木造外壁にGWを用いた場合（以下、GW壁体）とRWを用いた場合（以下、RW壁体）とでは、防火性能に及ぼす影響が異なります。充填断熱工法の木造外壁を対象に、GWとRWの比較を屋外加熱により行いました。

GW壁体の防火性能は、RW壁体よりも低く無断熱壁体とほぼ同程度となりました（図2）。

図3に試験時の試験体温度の推移を示します。

	屋外加熱		
	無断熱壁体	GW壁体	RW壁体
	—	充填断熱工法 (105mm 充填)	充填断熱工法 (105mm 充填)
加熱時間	61.5 分	61.0 分	65.0 分
非損傷性を失った時間 (柱座屈時間)	61.0 分	60.2 分	64.0 分
内外装材が 脱落し始めた時間	60.0 分	45.3 分	46.1 分
試験終了後の柱断面*			
模式図			

※外黒枠は、試験前の柱断面を示す（サイズは105mm×105mm）。

図2 GWとRWの比較（屋外加熱：充填断熱工法）

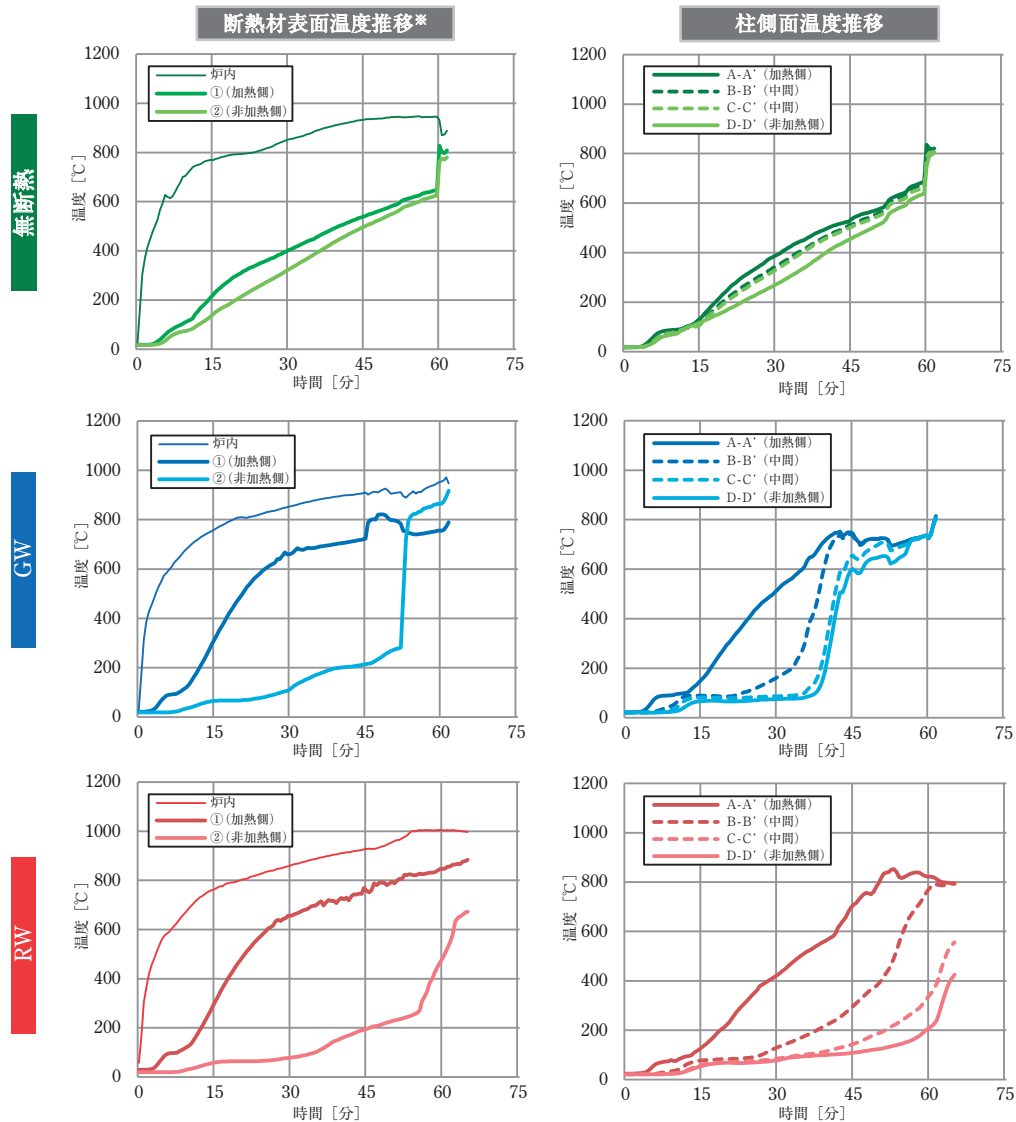


図3 充填断熱工法での屋外加熱試験時の温度推移（左）断熱材表面温度推移*，（右）柱側面温度推移

※無断熱の場合は、断熱材ありの場合の測定箇所に相当する防風層表面とせっこうボード表面の温度

図2の見方：

図中の柱断面像は、外枠が試験前の柱断面サイズを表している

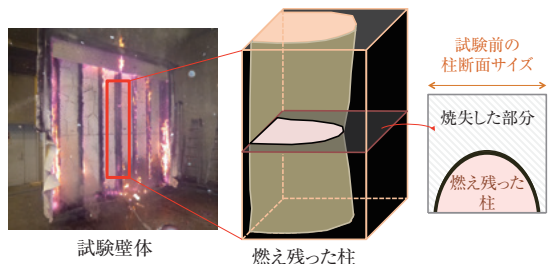
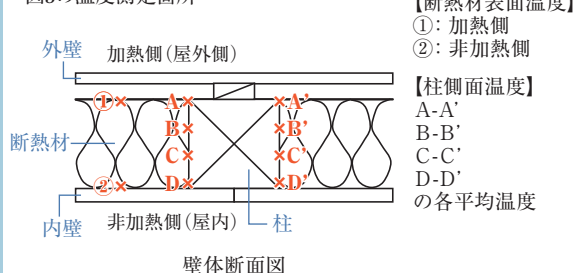


図3の温度測定箇所



GW壁体は途中までRW壁体に近い温度で推移しますが、加熱側のGW表面の温度が700℃近くに達した頃に、外装材の脱落前であっても柱側面の温度上昇が急激に進んでいます。この時、GWの熔融や収縮が進んで、GWと柱との間に隙間が生じたと推察されます。外装材が脱落した後は、GWは直接火熱を受けて、さらにGWは熔融や収縮が進み、柱の燃焼も進んだとみられます。この点が、GW壁体の防火性能が、RW壁体より低くなった要因と考えられます。

4. 壁体内の発泡プラスチック断熱材の挙動

可燃性を有する発泡プラスチック断熱材は、火災安全上、慎重な取り扱いが求められます。今回の実験では、熱可塑性樹脂である押出法ポリスチレンフォーム（以下、XPS）、熱硬化性樹脂である硬質ウレタンフォーム（以下、PUF）とフェノールフォーム（以下、PF）をそれぞれ対象とします。

(1) 面材被覆下での発泡プラスチック断熱材

断熱材を木造外壁に用いる場合、内外装材で被覆されるのが一般的です。

そこで予備試験として、発泡プラスチック断熱材が不燃性の外装材および内装材により被覆された条件下で、壁体内の断熱材の挙動を小型試験体により把握しました。

断熱材が不燃性の内外装材で被覆された状態では、火災加熱を受けても断熱材は着炎燃焼せずに熔融・熱分解が進みます。通気層を塞いで加熱する防火試験では、加熱側の内外装材の脱落がなければ、壁体内部は酸素不足となり、燃焼に至らないと考えられます。

熱可塑性樹脂であるXPSは約100℃過ぎには熔融するため³⁾、火災加熱を受けると、熔融・液化したXPSは試験体下端に溜まり、壁体内は早い段階で無断熱に近い状態になります。

一方、熱硬化性樹脂であるPUF、PFは、火災加熱を受けると、加熱側より熱分解が進んでいきます。PFの方がPUFより熱分解が緩やかに進むため、熱分解が断熱材裏面に達して燃え抜けるまで時間を要し、壁体の断熱性は長く維持されます（図4）。

この断熱材の熱分解が断熱材裏面に達し、壁体の断熱性が失われるまでの時間は、熔融・熱分解の遅い順にPF、PUF、XPSとなります。

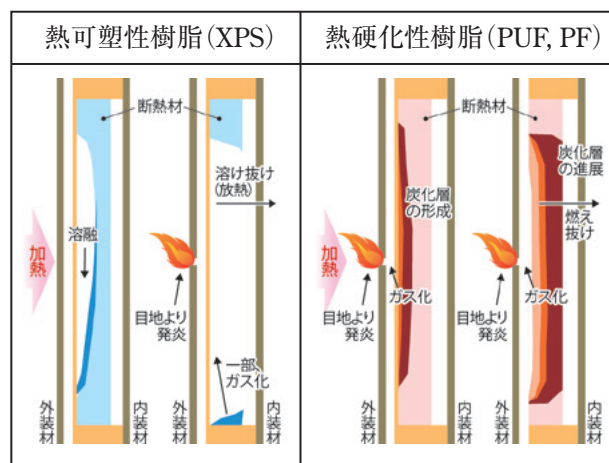


図4 面材被覆下での発泡プラスチック断熱材

（2）面材脱落后の発泡プラスチック断熱材

加熱側の内外装材が脱落すると、発泡プラスチック断熱材は火炎に曝されて燃焼するため、XPS、PUF、PFそれぞれ単体の燃焼性を把握しました。着火直後から増大する発熱速度（燃焼の激しさを示す指標）のピークはXPSが最も高く、次いでPUF、PFの順になります。XPSは一気に燃焼が進むのに対し、PFは比較的穏やかに燃焼が進みます（図5）。

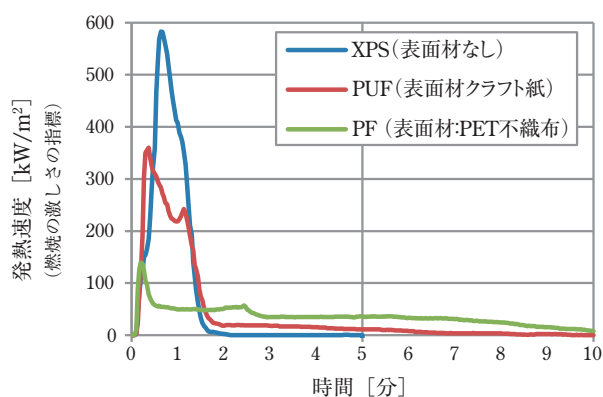


図5 発泡プラスチック断熱材の発熱速度

5. 発泡プラスチック断熱材と防火性能

今回の実験では、XPS壁体、PUF壁体、PF壁体の防火性能については、適用例が多い外張断熱工法で屋外加熱による比較を行いました。

（1）外張断熱工法と防火性能

外張断熱材厚さ25mmの場合、外張断熱工法における防火性能は、いずれも無断熱壁体よりも低下しました。

外張断熱工法では、発泡プラスチック断熱材を用いる場合、高い断熱性を実現するため、横桟材を設けず、軸組の外装側に通気胴縁により挟まれる形で直接留め付けられ、外装材はこの通気胴縁を下地に取り付けられます。そのため外装材の金具を留める釘足は、無断熱壁体や充填断熱工法では通気胴縁を貫通し間柱まで届きますが、外張断熱工法では通気胴縁にしか効きません。この点が外装材の脱落時間を大幅に早め、防火性能の低下につながった要因の1つと考えられます。外張断熱工法を用いる場合、熱橋がない長所を生かしつ

つ、外装下地をより強固にする配慮が、防火上重要であると言えます。

（2）断熱材の種類と防火性能①

外張断熱材厚さ25mmの場合

4.（1）に示した通り、断熱材の溶融・熱分解により、壁体の断熱性が失われるまでの時間は、遅い順からPF壁体、PUF壁体、XPS壁体となります。外張断熱材厚さが25mmの場合、外張断熱材が薄いこともあり、外装材脱落后の断熱材の燃焼による影響は小さく、壁体の断熱性が失われる時間が遅いほど、柱の被覆効果が続き、防火性能は向上する結果となりました。

	外張断熱工法			無断熱壁体（無断熱）
	XPS25mm 外張	PUF25mm 外張	PF25mm 外張	
加熱時間	52.0分	53.0分	58.5分	61.5分
非損傷性が失われる時間	51.8分	52.8分	58.0分	61.0分
外装材の脱落開始時間	40.6分	36.9分	34.4分	60.0分
	外張断熱工法			
	XPS100mm 外張	PUF100mm 外張	PF100mm 外張	
	加熱時間	51.5分	49.7分	63.0分
	遮炎性が失われる時間	50.5分	47.5分	—
非損傷性が失われる時間	(51.3分)	(49.2分)	62.5分	
外装材の脱落開始時間	35.0分	30.2分	32.8分	
壁体内の温度分布（模式図）				
	図6 発泡プラスチック断熱外壁（屋外加熱）			

図6 発泡プラスチック断熱外壁（屋外加熱）

（3）断熱材の種類と防火性能②

外張断熱材厚さ100mmの場合

外張断熱材が25mmから100mmと厚くなると、発泡プラスチックとしての可燃物量は増えますが、外張断熱材の厚さの分、壁厚が増すため、加熱面（火源）から柱までの距離が大きくなります。また外装材および通気胴縁を外張断熱材越しに留めるビスが長くなるため、断熱材の溶融、熱分解が進むにつれ、外装材が不安定となり脱落が早まる可能性があります。

外張断熱材が厚くなると、断熱材の熱分解が比較的穏やかなPF壁体では、外装材の脱落時間が多少早まっても柱が外張断熱材により被覆される時間が長くなるため、防火性能は向上します。

一方、XPS壁体、PUF壁体では、外張断熱材が厚くなると、外装材の脱落も早まり、脱落後のXPS、PUFの燃焼も可燃物量が増えた分、激しくなって柱の燃焼が急激に進むため、防火性能が低下する場合があります。

以上より、発泡プラスチック断熱材を用いた木造外壁の防火性能は、加熱側の内外装材が脱落する前は断熱材の溶融・熱分解挙動が、脱落後は断熱材の燃焼の激しさが、大きな影響を及ぼします。また発泡プラスチック断熱材の場合、外張断熱材厚さが厚くなり高断熱化が進むほど、加熱側面材を脱落させずに保持することが、特に防火上重要になってきます。

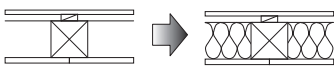
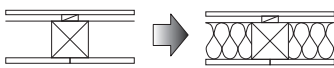
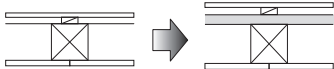
充填断熱				
1. ロックウール断熱材				
無断熱に断熱材を 充てんする		屋外加熱	向上	
		屋内加熱	向上	
2. グラスウール断熱材				
無断熱に断熱材を 充てんする		屋外加熱	同程度	
		屋内加熱	同程度	
外張（付加）断熱				
1. ロックウール断熱材				
無断熱に薄い断熱材を 外張（付加）する		屋外加熱	向上	
		屋内加熱	低下 (要因:非加熱側への放熱抑制による温度上昇)	
薄い外張（付加）断熱材を 厚くする		屋外加熱	向上	
		屋内加熱	向上 (要因:横桟が柱を支える効果)	
3. 発泡プラスチック断熱材				
無断熱に薄い断熱材を 外張する		屋外加熱	低下 (要因:外装材の留付けが不安定になるため)	
		屋外加熱	XPS, PUF	低下 (要因:断熱材の燃焼 外装材の留付け不安定)
PF	向上 (要因:外装材の留付けは不安定だが、 樹脂分解遅く被覆効果が上回る)			

図7 断熱工法による防火性能の関係

6. お わ り に

前回と今回、2回にわたり報告してきました木造外壁における断熱材・断熱工法と防火性能の関係性について、防火性能上の優劣の観点から整理しますと、図7になります。

木造外壁の断熱化にあたり、防火性能を確保するためには、断熱材の性質だけでなく、外装材や断熱材などの留付けや設置方法なども重要です。

今後も、研究を深めていくとともに、研究発表や性能評価機関、民間企業への情報提供などを通じて、建築防火の観点から、断熱工法に対する壁体設計・施工上の留意点を発信していきたいと考えております。

なお、本稿は、(地独)北海道立総合研究機構 建築研究本部 北方建築総合研究所と断熱材メーカー6団体（ウレタンフォーム工業会、押出発泡ポリスチレン工業会、硝子繊維協会、発泡スチロール協会、フェノールフォーム協会、ロックウール工業会）との共同研究「木造高断熱壁体の防耐火性能の実大試験検証と評価手法の提案」（2014～2016年度）の成果を中心に、これまでの北方建築総合研究所における防火研究の成果をまとめたものです。

参 考 文 献

- 1) (地独)北海道立総合研究機構：防火性能試験・評価業務方法書，2015.6.
- 2) (社)日本建築学会：構造材料の耐火性ガイドブック，(社)日本建築学会，2016.3.
- 3) 旭化成アミダス株式会社「プラスチック」編集部編：プラスチック・データブック，工業調査会，1999.

筆者紹介

糸 毛 治

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
建築研究本部 北方建築総合研究所
建築研究部 建築システムグループ 主査（建築技術）
兼 建築性能試験センター 安全性能部
評価試験課 主査（防耐火）



防火構造・防火材料の性能評価機関のひとつとして性能評価業務に携わるとともに、主に、木造住宅の高断熱外壁と防火に関する研究に取り組む。

「断つ・保つ」で明るい未来へ

さまざまな地球環境負荷の低減が求められています。
私たちはいろいろなステージで、安全で快適な暮らしを作り出す
製品・サービスを提供します。
ニチアスは、そんな明るい未来の実現に貢献していきます。



 ニチアス