

道産資材を用いた木造高断熱外壁の防耐火構造の開発

Development of High Insulated Wooden Walls with Fire-Preventive or Quasi-Fireproof Using Manufactured Materials in Hokkaido

糸毛 治¹⁾、飯泉 元気²⁾、宮内 淳一³⁾、河原崎 政行⁴⁾

Osamu Itoge¹⁾, Genki Iizumi²⁾, Junichi Miyauchi³⁾, Masayuki Kawarasaki⁴⁾

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

Northern Regional Building Research Institute
Building Research Department

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization

1) 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 2) 同建築研究部建築システムグループ研究職員 3) 建築性能試験センター安全性能部評価試験課研究職員 4) 林産試験場

1) Chief of Building System Group, Building Research Division, 2) Researcher of Building System Group, Building Research Division, Northern Regional Building Research Institute (all above), 3) Researcher of Performance Testing and Evaluation Section, Building Performance Testing Center, 4) Forest Products Research Institute

概要 Abstract

道産資材を用いた木造高断熱外壁の防耐火構造の開発 Development of High Insulated Wooden Walls with Fire-Preventive or Quasi-Fireproof Using Manufactured Materials in Hokkaido

糸毛 治¹⁾、飯泉 元気²⁾、宮内 淳一³⁾、河原崎 政行⁴⁾
Osamu Itoge¹⁾, Genki Iizumi²⁾, Junichi Miyauchi³⁾, Masayuki Kawarasaki⁴⁾

キーワード : 道産資材、木質外装材、高断熱、外壁、防火構造、準耐火構造

Keywords : *Manufactured materials in Hokkaido, Wooden-exterior, High insulation, Outer wall, Fire-preventive construction, Quasi-fireproof construction*

1. 研究概要

1) 研究の背景

- (1) 建築物への道産木材の利用は、道内の森林資源循環および地域産業振興に不可欠である。
- (2) 公共建築物等木材利用促進法では、建築物の木造化と併せて内外装の木質化を推進しており、近年、道内の建築事業者等からは外装材への道産木材利用の要望が強くなっている。
- (3) 木質外装材等の道産資材を木造建築物の外壁に用いる場合、建築基準法上の準耐火構造または防火構造の担保となる大臣認定の取得が必要となる。
- (4) 大臣認定の取得に向けた防耐火構造外壁の研究開発は、高度な技術的知見と高額な費用を要し、道内の中小建築事業者が個別で行うのは困難である。

2) 研究の目的

道産資材を用いた木造高断熱外壁について、道内の外壁仕様に対応し、大臣認定取得が可能である防火構造外壁および準耐火構造外壁を提案する。

2. 研究内容

1) 木造外壁仕様に関する検討 (H29 年度)

- ・ねらい：構成部材・断熱工法など道内建築物の外壁仕様、道産資材の供給実態を調査し、外壁の構成・仕様バリエーションを把握・整理する。調査結果および既往の知見より、道産資材を用いた木造外壁の仕様を検討して、防火構造外壁および準耐火構造外壁を開発するための基本仕様を設定する。
- ・試験項目等：ヒアリング調査、工法検討

2) 防火構造外壁の開発 (H 29~30 年度)

- ・ねらい：1) で設定した基本仕様の木造高断熱外壁を対象に、防耐火試験を行い、各構成要素が外壁の防火性能に与える影響を把握して、防火構造の大臣認定にて包括可能な仕様範囲を幅広く確保できるよう工法・仕様の条件を整理する。防火上最も不利な工法・仕様を明らかにして、大臣認定が取得可能な防火構造外壁を提案する。
- ・試験項目等：工法検討、防耐火試験 (小型試験・実大試験)

3) 準耐火構造外壁の開発 (H 30~R1 年度)

- ・ねらい：1) で設定した基本仕様の木造高断熱外壁を対象に、2) の試験結果を踏まえ、更なる防耐火試験を重ねて、準耐火構造の大臣認定にて包括可能な仕様範囲を幅広く確保できるよう工法・仕様の条件を整理する。防火上最も不利な工法・仕様を明らかにして、大臣認定が取得可能な

準耐火構造外壁を提案する。

- ・試験項目等：工法検討、防耐火試験（小型試験・実大試験）

3. 研究成果

1) 木造外壁仕様に関する検討（H29年度）

- ・道産資材を最大限活用できるよう、種類や供給状況を確認し、開発外壁に反映した。
- ・ヒアリング調査よりニーズを明らかにし、道内建築事業者が容易に施工できる木造外壁の基本仕様を決定した。

2) 防火構造外壁の開発（H 29～30年度）

- ・木質外装材の種類や張り方と防火性との関係を小型加熱実験により把握し、開発外壁の仕様整理に活用した。
- ・1)の基本仕様をもとに、防耐火試験（写真1，図1）を行って、防火構造外壁を開発した。
- ・防火構造外壁は、木造軸組工法、枠組壁工法の2種類の木造外壁に、グラスウール(GW)、ポリスチレンフォーム(PS)、フェノールフォーム(PF)の3種類の付加断熱材を組合せて、6仕様を提案した（表1）。
- ・開発した防火構造外壁6仕様については、大臣認定にて包括できる仕様範囲を最大限広く設定して、大臣認定の申請に向けた仕様書を作成した。

3) 準耐火構造外壁の開発（H 30～R1年度）

- ・2)の防火構造外壁の検討結果をもとに仕様を見直して防耐火試験を行い、準耐火構造外壁を開発した。
- ・準耐火構造外壁は、木造軸組工法、枠組壁工法の外壁に、3種類の付加断熱材（GW,PS,PF）を組合せて、6仕様を提案した（表1）。
- ・開発した準耐火構造外壁6仕様については、大臣認定にて包括できる仕様範囲を最大限広く設定して、大臣認定の申請に向けた仕様書を作成した。

<具体的データ>

表1 開発した外壁の仕様

防火性能	防火構造外壁		準耐火構造外壁	
	木造軸組工法	枠組壁工法	木造軸組工法	枠組壁工法
構造	木材（厚さ15mm以上）			
外装材	各種（厚さ9mm以上）※省略可			
外装下地材	各種（厚さ9mm以上）※PS仕様の場合を除き省略可			
通気層	厚さ18mm以上			
付加断熱材	①GW（厚さ50mm以上）、②PS（厚さ20mm以上）、③PF（厚さ20mm以上）			
構造用面材	各種（厚さ9mm以上）			
充填断熱材	GW （厚さ100mm以上）	GW （厚さ89mm以上）	GW （厚さ100mm以上）	GW （厚さ89mm以上）
内装材	せっこうボード（12.5mm以上） or 強化せっこうボード（15mm以上）			

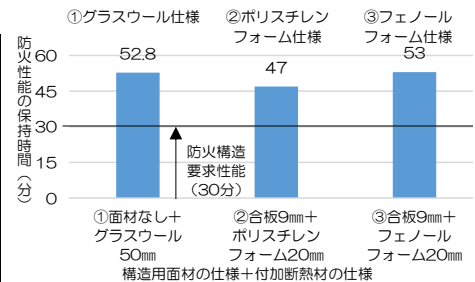


図1 開発外壁の防耐火試験結果

4. 今後の見通し

- ・木造軸組工法の防火構造外壁の3仕様について、フェノールフォーム仕様は令和2年4月頃に、ポリスチレンフォーム仕様は令和2年5月～6月に、グラスウール仕様は令和2年8月～9月に大臣認定を取得できる予定である。
- ・枠組壁工法の防火構造外壁（3仕様）、準耐火外壁（6仕様）についても、各工業会と連携して技術移転を進め、大臣認定の取得を目指す。
- ・大臣認定を取得する木造軸組工法の防火構造外壁の3仕様については、道民および道内の建築事業者等への普及が課題となるため、令和2年度の職員奨励事業にて、普及活動に取り組む。

1) 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 2) 同建築研究部建築システムグループ研究職員 3) 建築性能試験センター安全性能部評価試験課研究職員 4) 林産試験場

1) Chief of Building System Group, Building Research Division, 2) Researcher of Building System Group, Building Research Division, Northern Regional Building Research Institute (all above), 3) Researcher of Performance Testing and Evaluation Section, Building Performance Testing Center, 4) Forest Products Research Institute

目次

1. 研究の背景と目的	1
(1) 研究の背景.....	1
(2) 既往の知見に基づく木造高断熱外壁の防火性能の見通し	1
(3) 研究の目的.....	2
(4) 研究の概要.....	2
2. 木造外壁仕様に関する検討	4
(1) 道産資材の供給実態調査.....	4
(2) 断熱仕様・構成材料に関する既往調査の分析	6
(3) 道内建築事業者へのヒアリング調査.....	7
(4) 開発対象となる外壁の基本仕様の決定	10
3. 木質外装材の種類・張り方と遮熱性の検討	11
(1) 検討の目的.....	11
(2) 試験体・試験方法.....	11
(3) 試験結果と考察	13
(4) まとめ	16
4. 防火構造外壁の開発.....	17
(1) 開発の方針.....	17
(2) 防耐火試験の概要	17
(3) 木造軸組工法の防火構造外壁の開発.....	20
(4) 枠組壁工法の防火構造外壁の開発	22
5. 準耐火構造外壁の開発	24
(1) 開発の方針.....	24
(2) 防耐火試験の概要	24
(3) 木造軸組工法の防火構造外壁の開発.....	24
(4) 枠組壁工法の防火構造外壁の開発	27
6. まとめ.....	31
付録.....	32

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

道内の森林資源の資源循環および地域産業の振興のためには、道内で建設される建築物に、道産木材などの道産資材*の利用を促し、需要量を拡大させる取り組みが不可欠である。

平成 22 年度に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律（公共建築物等木材利用促進法）」が施行され、北海道でも建築物への木材利用が政策的に推進されている。地域の建材として道産木材が注目を集めるなか、道内の建築事業者等から道産木材を外装材に使いたいというニーズが高まっている（写真 1-1）。

しかし、木材を外装材として用いる場合、建築基準法により、建設場所や規模に応じて防火規制を受けるため、不燃性の下地材を別途施工したり、法規制を受けない部分に限定して用いたりする等の対応が必要となる。この点が、木材を外装材に用いることへの妨げになっている。

防火規制に適合し、木材を外装材に自由に使えるようにするためには、建築基準法上の準耐火構造**または防火構造***の担保となる大臣認定の取得が必要となる（図 1-1）。しかし大臣認定の取得に向けた防耐火構造****の研究開発は、高度な技術的知見と高額な費用を要し、道内の中小建築事業者が個別で行うのは困難な面がある。

*道産資材：北海道内の事業所において製造または加工がなされた建材または資材を指し、道産木材、道産木質建材等を含む。

**準耐火構造：通常の火災による延焼を抑制するために必要とされる性能（屋外・屋内の双方の火災に 45 分間または 60 分間耐える）。公共施設等の中層建築物の多くに必要とされる。

***防火構造：周囲において発生する通常の火災による延焼を抑制する性能（屋外の火災に 30 分間耐える）。延べ床面積 1000m²を超える木造建築物、住宅地の建築物の多くに必要とされる。

****防耐火構造：建築基準法で定められる防火構造、準耐火構造、耐火構造等の総称として「防耐火構造」と称す。



写真 1-1 外装材に木材を用いた住宅

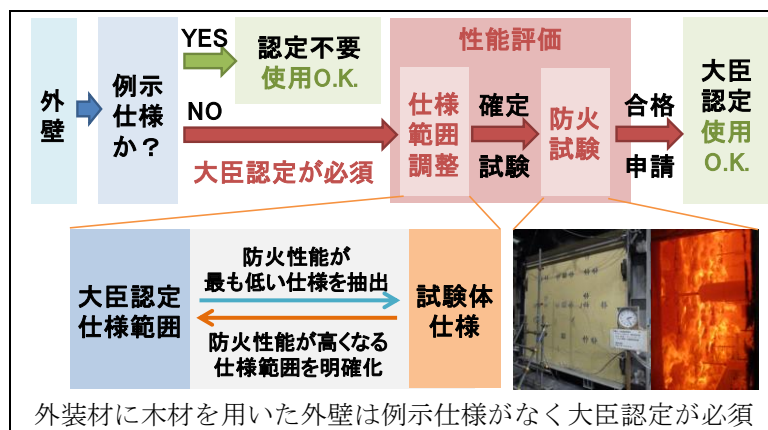


図 1-1 建築基準法で定める防耐火構造の仕組み

(2) 既往の知見に基づく木造高断熱外壁の防火性能の見通し

北海道で普及する高断熱仕様の木造外壁は、壁内の柱と柱の間に設置される充填断熱材に加えて、柱の屋外側に付加断熱材が設置される付加断熱外壁が主流となっている。

付加断熱外壁のように鉛直荷重を支える外壁の防火性能には、火災加熱に対し、所定の時間、遮炎性、遮熱性、非損傷性の 3つを保持し続けることが求められる。遮炎性は、火炎が外壁を貫通しないこと、遮熱性は外壁越しに可燃物に着火して燃え移るような熱を通さないこと、非損傷性は、柱などが燃え進み、外壁が荷重支持能力を失わないことをそれぞれ指す。

建築研究本部 北方建築総合研究所では、一般共同研究「発泡プラスチック断熱材を用いた木造壁体の断熱工法と防火性能に関する研究」¹⁾ (H22～H25 年度) や一般共同研究「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」²⁾ (H26～H28 年度) において、木造外壁の断熱材、断熱工法に対する防火性能に関する知見を蓄積してきた。

付加断熱外壁では、断熱性を高めるほど、付加断熱材が厚くなり壁厚も厚くなる。付加断熱外壁の防火性能は、当然、外壁の構成材料により異なるが、基本的には、火災加熱に対し、断熱性が高いほど熱を防ぎ、壁厚が厚いほど炎を防ぐため、防火性能は向上する傾向がある。

また柱への燃え進み方に着目しても、屋外側からの火災加熱に対しては、付加断熱材が柱を被覆するため、防火上有利に働く。一方、屋内側からの火災加熱に対しては、断熱材が屋外側への放熱を抑制するため、柱周面では温度が上がって柱の燃え進みが促進されるが、その分、内装材を厚くして柱の被覆をより強固にすることで、柱の燃え進みを抑える対応ができる。

以上より、北海道で普及する高断熱仕様の木造外壁には、高い防火性能を実現できる潜在能力があることがわかっている。

当所の既往の防火試験データからも、窯業系サイディングを用いた木造高断熱外壁は、30分防火構造や45分準耐火構造の要求性能を大幅に上回る十分な防火性能を有していることを確認している^{1),2)}。外装材を不燃性の窯業系サイディングから、木質外装材に置き換えた場合、多少の性能低下はあるとしても、30分防火構造および45分準耐火構造の要求性能は、十分に満足できると予想される。

(3) 研究の目的

本研究では、道産資材を用いた木造高断熱外壁について、道内の外壁仕様に対応し、大臣認定取得が可能である防火構造外壁および準耐火構造外壁を提案することを目的とする。

(4) 研究の概要

本研究では、道産資材を用いた木造高断熱外壁として、道内の建築事業者が施工する一般的な外壁仕様に対応し、外装材に木材を用いた仕様で、かつ大臣認定取得が可能である防火構造外壁および準耐火構造外壁を提案する。本研究は、次の1)～3)の研究項目からなる。

本研究の構成を図1-2に示す。

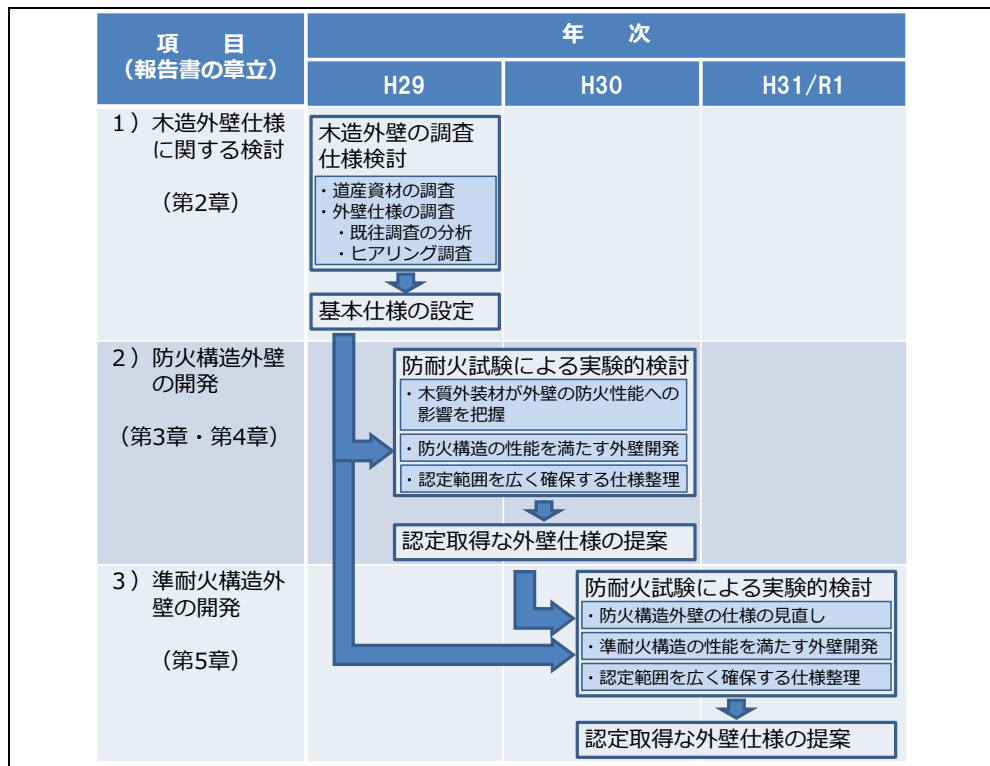


図1-2 本研究の構成

1) 木造外壁仕様に関する検討

道産資材の供給実態並びに、道内建築物に適用される木造外壁の構成、仕様およびそのバリエーションを調査する。これらの調査結果より、本研究で対象とする木造外壁の仕様を検討して、防火構造外壁および準耐火構造外壁を開発するための基本仕様を設定する。

2) 防火構造外壁の開発

1) で設定した基本仕様のうち、木質外装材（木材を用いた外装材をいう。）を対象に、木材の種類や張り方が外壁の防火性能に与える影響を小型加熱実験に把握し、木質外装材の仕様と防火性能との関係を明らかにする。

1) で設定した基本仕様の木造外壁を対象に、防耐火試験により、大臣認定が取得可能な防火構造外壁を開発する。開発した防火構造外壁の仕様から、大臣認定にて包括できる仕様範囲を最大限広く確保できるよう整理する。

3) 準耐火構造外壁の開発

2) で開発した防火構造外壁をもとに、外壁仕様を見直して防耐火試験を行い、大臣認定が取得可能な準耐火構造外壁を開発する。開発した準耐火構造外壁の仕様から、大臣認定にて包括できる仕様範囲を最大限広く確保できるよう整理する。

2. 木造外壁仕様に関する検討

(1) 道産資材の供給実態調査

本研究で開発する木造外壁に、より多くの道産資材を適用できるようにするため、道産資材となる建築材料の種類や供給状況を確認する。

1) 調査対象

北海道で主流となる付加断熱外壁の基本構成は、一般的に、柱、間柱などの下地材、外装材、付加断熱材、構造用面材、充填断熱材および内装材からなる。

本研究では、外装材に木材を使うことを想定しており、柱、間柱などの下地材、外装材はすべて木材となる。また同じ木質建材として、合板等の木質系ボードは、構造用面材として用いられる。

一方、付加断熱材や充填断熱材には、通常、JIS A 9521「住宅用断熱材」に示される各種断熱材が使用され、内装材にはJIS A 6901に示されるせっこうボードが用いられる。

以上より、道産資材を調査するにあたっては、木材、製材をはじめとする木質建材、各種断熱材、せっこうボードを対象とした。

2) 調査方法

木材、製材などの木質建材、各種断熱材、せっこうボードを対象に、道産資材の供給実態について、次に示す方法で調査、情報収集を行った。

木質建材については、林産試験場の協力を得て、道内の製材、集成材および合板の生産工場に関する情報や、林産統計に関する情報の提供を受けた。

各種断熱材、せっこうボードについては、国内メーカー各社のホームページより、工場所在地を確認し、必要に応じて、国内メーカーが組織する工業会にヒアリングを行った。

3) 調査結果

道内で生産される製材、集成材、合板、木質系ボード、各種断熱材、せっこうボードの工場の所在地を図2-1に示す。

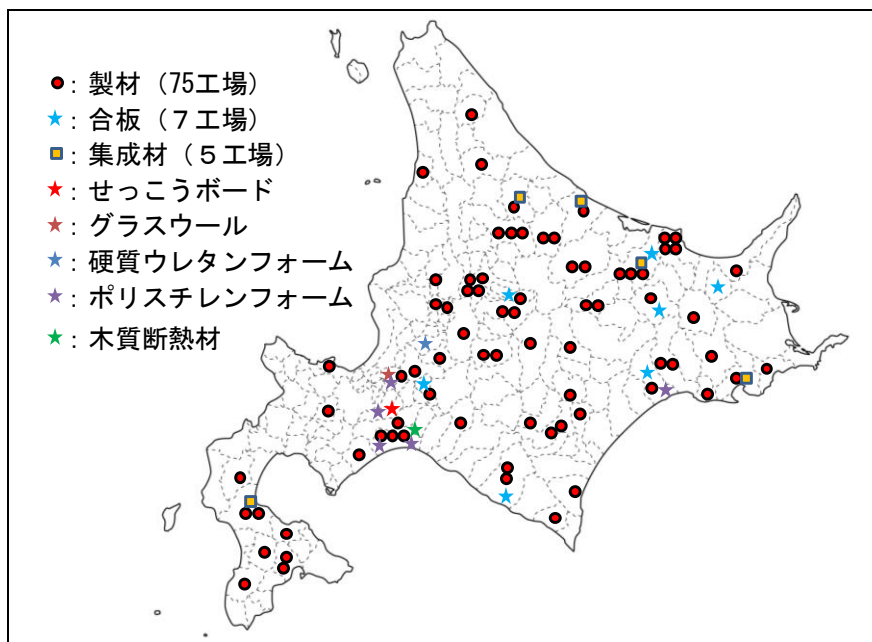


図2-1 道産資材の工場所在地

道内には、製材工場 75 工場、合板工場 7 工場、集成材工場 5 工場がある。そのうち、製材工場における建築材の出荷量、出荷先を表 2-1 に、部位別出荷量を表 2-2 に、合板工場からの合板生産量・出荷量を表 2-3 に示す。

製材等の木質建材は、道内各地に生産拠点があり、十分な生産量がある。道産資材の利用促進を図る上では、これら道内で生産される木質建材を活用していくことが重要である。そのため、本研究で開発する外壁に、外装材に道産木材を適用しようとする方針には合理性があると言える。

また構造用面材に用いる木質系ボードのうち、道産資材としては合板が手に入りやすい。構造用面材には様々な建材があるが、本研究での外壁開発において、構造用面材に合板を用いた外壁仕様で、所定の防火性能を満足できれば、合板を通じて道産資材の需要を高めることができると考えられる。

道内の工場で、生産される断熱材には、グラスウール、ポリスチレンフォーム（押出法・ビーズ法）、硬質ウレタンフォーム、木質繊維断熱材がある。内装材に用いるせっこうボードについても道内に工場がある。各種断熱材、せっこうボードについても道産資材として適用できることを確認した。

主構成材料に限れば、すべてを道産資材にした木造外壁の実現も十分可能である。第 4 章および第 5 章で開発する防火構造外壁および準耐火構造外壁の大臣認定範囲に、これら道産資材を幅広く採用できるよう反映していく。

表 2-1 製材工場の建築材の出荷量・出荷先（単位：m³）³⁾

	道内	道外					合計
		東北	関東	中京	関西	その他	
トドマツ	125,383	9,377	38,231	0	257	3,036	176,284
カラマツ	6,682	0	0	0	764	212	7,658
合計	132,065	9,377	38,231	0	1,021	3,248	183,942

表 2-2 製材工場の建築材の部材別出荷量（単位：m³）³⁾

	構造材		羽柄材		仮設用資材	その他	合計
	土台	その他	板類	角類			
トドマツ	1,740	23,673	28,178	68,287	48,201	6,205	176,284
カラマツ	45	1,624	3,180	2,225	179	405	7,658
合計	1,785	25,297	31,358	70,512	48,380	6,610	183,942

表 2-3 合板生産量・出荷量（単位：4mm換算で千m²）⁴⁾

		道内	道外	合計	材荷量
		普通合板	生産量	-	
	出荷量	14,793	44,469	59,262	

(2) 断熱仕様・構成材料に関する既往調査の分析

本研究で開発する木造外壁の基本仕様を検討するにあたり、道内の建築事業者が、一般的に施工する外壁の断熱仕様および構成材料について、既往調査を再解析することにより、明らかにする。

1) 分析した調査と方法

まず断熱仕様の調査として、道受託業務「建築物省エネ法対応等に関する支援業務」(平成 28 年度)において実施した、2016 年中に道内に竣工した新築戸建住宅を対象としたアンケートの結果(回答総数 455 社、4055 棟)のうち、外壁の断熱仕様を把握できる 2291 棟を対象に、近年の北海道の新築戸建住宅に適用される外壁の断熱仕様を調査した。アンケート調査の概要を表 2-4 に示す。

次に、外壁構成の調査として、「住宅・建築物省 CO2 先導事業」(平成 25 年)の申請図面(約 100 件)

表 2-4 アンケート調査の概要

調査対象事業者	2016 年中に戸建または共同住宅で 1 棟以上の建築確認申請を受けた全事業者
本研究に関わる調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軸組内の断熱材の種類と厚さ ・ 外張りまたは付加断熱材の種類と厚さ

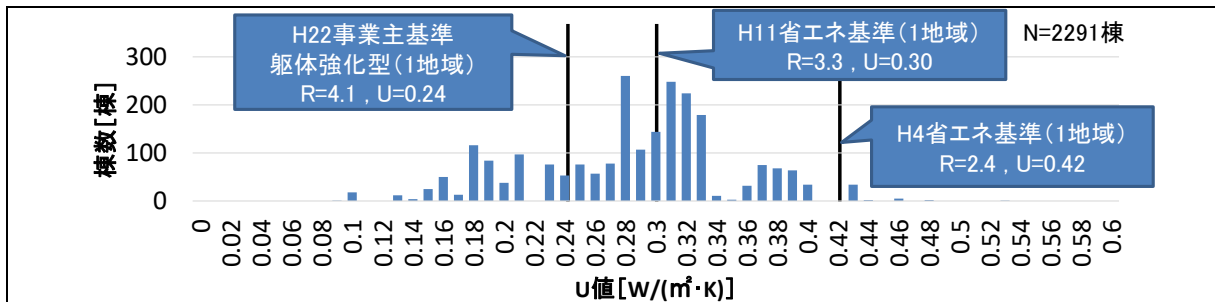


図 2-2 熱橋部を除いた木造外壁の U 値(熱貫流率)の分布

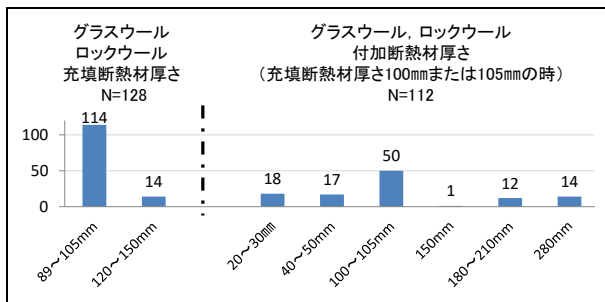


図 2-3 充填断熱材・付加断熱材の厚さと件数
(グラスウール・ロックウール付加仕様)

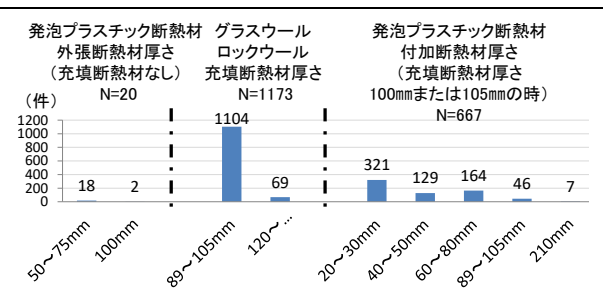


図 2-4 充填断熱材・付加断熱材の厚さと件数
(発泡プラスチック断熱材付加仕様)

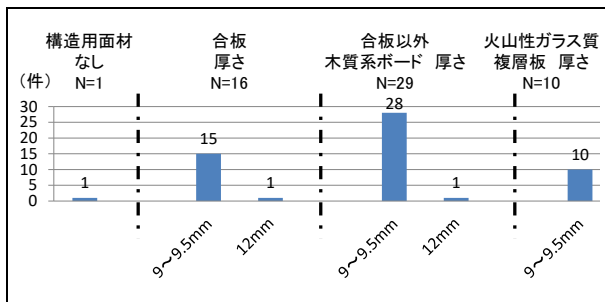


図 2-5 構造用面材の種類・厚さと件数

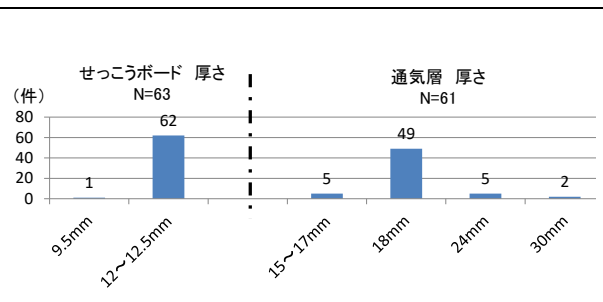


図 2-6 せっこうボード・通気層の厚さと件数

および「地域型住宅グリーン化事業」（平成 26 年度）の申請図面（約 100 件）を分析した。その結果から近年の北海道の新築戸建住宅に適用される外壁の壁構成を調査した。なお、これらの申請図面は（一社）北海道ビルダーズ協会より、個人情報除くした上で本研究のみに活用するという条件で提供を受けた。

2) 分析結果

分析結果を図 2-2～図 2-6 に示す。

木造外壁の U 値（熱貫流率）は、H11 省エネルギー基準（I 地域）の基準値である $0.30 \text{ m}^2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ を挟み、 $0.28 \text{ m}^2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \sim 0.33 \text{ m}^2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ が最も大きな割合を占めた。このボリュームゾーンの熱貫流率を実現するためには、木造軸組工法であれば、グラスウール（以下、GW）またはロックウール（以下、RW）を軸間に 100 mm 充てんした上で、付加断熱材を GW、RW、発泡プラスチック断熱材のいずれかを、20～40mm 程度、設置すればよい。

断熱材を軸間に全充填した厚さは、木造軸組工法では、厚さ 100 mm または 105 mm、枠組壁工法では、2×4 で厚さ 89 mm、2×6 で厚さ 140 mm となる。図 2-3 および図 2-4 より、充填断熱材の厚さは、これらに対応して、89 mm、100 mm、105 mm、140 mm の厚さが多い。

付加断熱材に GW・RW を用いる場合は、H11 年省エネルギー基準を満足するため厚さ 50 mm までとする場合、充填断熱材と同じ断熱材厚さとする場合、高断熱仕様としてさらに厚くする場合の 3 つに大別できた（図 2-3）。

一方、付加断熱材に発泡プラスチック断熱材を用いる場合は、H11 年省エネルギー基準程度にあわせて厚さ 20 mm～30 mm 程度とする場合が多く、厚さ 100 mm までが大多数を占めた（図 2-4）。

構造用面材は、合板、木質ボード、火山性ガラス質複層板で、いずれも厚さ 9 mm の仕様が多い。内装材は厚さ 12.5 mm のせっこうボード、通気層は厚さ 18 mm の仕様が多い（図 2-5 および図 2-6）。構造用面材にはいくつか種類があるものの、内装材、通気層の仕様は、ほぼ共通していると言える。

以上より、近年の北海道の新築戸建住宅に適用される外壁の断熱仕様は、付加断熱工法が多く、付加断熱材に GW・RW を用いる仕様と発泡プラスチック断熱材を用いる仕様があること、断熱材以外の構造用面材、内装材、通気層の仕様は、ほぼ共通していることがわかった。

（3）道内建築事業者へのヒアリング調査

2.（2）に引き続き、道内の建築事業者が、一般的に施工する外壁の断熱仕様および構成材料について、道内の建築事業者へヒアリング調査を実施した。

1) ヒアリング調査の概要

ヒアリング調査は、新木造技術研究協議会旭川支部（平成 30 年 1 月 22 日実施、参加者 11 名）、アース 21（平成 30 年 2 月 1 日、参加者 12 名）および新住協北海道ビルダーズ協会（平成 30 年 4 月 6 日、参加者 8 名）の会合に参加して行った。会合の場に参加される道内建築事業者に対し、普段、一般的に施工する外壁の構成材料について、建材や留付け材の種類や寸法、厚さ等をヒアリングした。

2) ヒアリング調査の結果

ヒアリング調査で得られた外壁の各構成材料の仕様について、木質外装材の仕様を表 2-5、付加断熱材の仕様を表 2-6、その他の構成材料の仕様を表 2-7 にそれぞれ示す。

構成材料ごとに、次に示す意見が聞かれた。

①木質外装材

木質外装材は、木板や胴縁材を用いる場合と既成の木製サイディングを用いる場合がある。木質外

装材の樹種や張り方は、予算と施主の要望により様々であり、デザインに制約があると使いにくい。

表 2-5 ヒアリング調査で得られた木質外装材の仕様

木質 外装材					
	<ul style="list-style-type: none"> ・張り方には、上図に示すバリエーションがある。 ・厚さは 15 mm～30 mm程度 ・樹種は様々 ・幅方向は 100 mm～200 mm程度 				

②付加断熱材

付加断熱材に GW・RW を用いる場合と発泡プラスチック断熱材を用いる場合、それぞれにニーズがあり、両方使いたい。

付加断熱材に GW・RW を用いる場合は、充填断熱材とあわせて施工できて、高断熱化を図りながら、コストを抑えられる点でメリットがある。付加断熱層の栈木の仕様には、横栈、縦栈、縦栈（千鳥）、井型組、組立て材の大きく 5 つの仕様がある（表 2-6 中の図参照）。付加断熱材厚さは、横栈、縦栈または縦栈（千鳥）を用いる場合で最大 140 mm まで、井型組を用いる場合は最大 200 mm まで、組立て材を用いる場合で最大 240 mm までの仕様がある。

付加断熱材に発泡プラスチック断熱材を用いる場合は、厳しい敷地条件でもあっても、壁厚を薄くしながら高い断熱性能を実現できる点でメリットがある。発泡プラスチック断熱材は、押出法ポリスチレンフォーム（XPS）、ビーズ法ポリスチレンフォーム（EPS）、硬質ウレタンフォーム（PUF）、フェノールフォーム（PF）がそれぞれ普及しており、付加断熱材厚さは 25 mm から 100 mm 程度までが多い。

③構造用面材

構造用面材は、耐震性の観点から壁倍率を確保するため、施工することが一般的になっており、厚

表 2-6 ヒアリング調査で得られた木質外装材以外の構成材料の仕様

付加断熱材①		①横栈 ・厚さは 90 mm、105 mm (100 mm) または 140 mm		⑤井型組（縦+横） ・厚さは 50 mm + 50 mm ～ 100 mm + 100 mm
		③縦栈 ・厚さは 90 mm、105 mm (100 mm) または 140 mm		④縦栈（千鳥） ・厚さは 90 mm、105 mm (100 mm) または 140 mm
		⑤組立て材 ・合板+木材で栈木を構成。断熱厚さ 100 mm～240 mm に対応	/	
付加断熱材②	発泡プラスチック断熱材 	・付加断熱材の厚さは、25 mm～100 mm ・付加断熱材に用いる発泡プラスチック断熱材は次の 4 種類 ・フェノールフォーム ・押出法ポリスチレンフォーム ・硬質ウレタンフォーム ・ビーズ法ポリスチレンフォーム		

さ 9 mm の OSB や合板が主流である。

④柱・間柱、スタッド

木造軸組工法では、105 mm×105 mm の柱を用いて、30 mm×105 mm または 45 mm×105 mm の間柱を使うのが一般的である。真壁造は防湿層の施工が煩雑になるため、あまり施工しない。

枠組壁工法では、2×4 材 (38 mm×89 mm) で施工するが多い。2×6 材 (38 mm×140 mm) を用いる場合は付加断熱材を設けずに充填断熱工法の外壁とする場合がある。

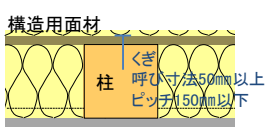
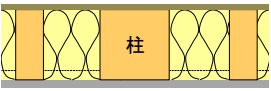

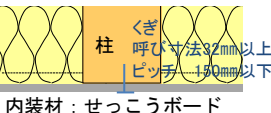
⑤充填断熱材

充填断熱材は高性能グラスウール 16K を使用して、断熱材は軸間に全充填するのが一般的である。吹込みロックウールを用いる事業者も一定割合いる。

⑥内装材

内装材は、せっこうボード (厚さ 12.5 mm) を使用するのが、一般的である。壁紙等を施工するため、目地部には必ずパテ材を施工する。

表 2-7 ヒアリング調査で得られた木質外装材・付加断熱材以外の構成材料の仕様

構造用 面材 	<ul style="list-style-type: none"> ・全事業者で構造用面材を施工 (筋交いの事業者はなし) ・構造用面材は、合板 (厚さ 9 mm)、OSB (厚さ 9 mm) が主流 ・長尺のボード (910×2,420 mm、910×3,030 mm) を使用 ・横目地部には、テープ又は裏打材 (45×45 mm 等) を施工
柱・間柱 スタッド 	<ul style="list-style-type: none"> ・木造軸組工法 <ul style="list-style-type: none"> ・柱は 105 mm×105 mm、 ・間柱は、ボード縦目地部で 45×105 mm とし、他は幅 30×105 mm ・枠組壁工法 <ul style="list-style-type: none"> ・スタッドは、2×4 材 (38×89 mm)、2×6 材 (38×140 mm) ・2×4 では付加断熱工法、2×6 では充填断熱材のみの場合あり
充填 断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能グラスウール 16K を使用する事業者が最も多い。 ・吹込みロックウールを用いる事業者も一定割合いる。 ・柱-間柱、スタッドの厚さに応じて、断熱材を全充填する。 <ul style="list-style-type: none"> ・木造軸組工法では、厚さ 105 mm (100 mm)、120 mm。 ・枠組壁工法では、厚さ 90 mm、厚さ 140 mm
内装材 	<ul style="list-style-type: none"> ・全事業者が、せっこうボード (厚さ 12.5 mm) を使用 ・長尺のボード (910×2,420 mm、910×3,030 mm) を使用 ・横目地部に裏打材 (18×45 mm 等) を施工 ・目地部には必ずパテ材を施工

⑦留付け材

大臣認定の取得にあたっては、各層の構成材料だけではなく、釘やビスの留付け材まで仕様範囲を定める必要がある。ヒアリング調査で得られた留付け材の寸法や留付け間隔の情報について、表 2-8 に示す。留付け材については、次に示す意見が聞かれた。

留付け材の長さは、留付ける建材厚さの 2.5 倍程度が一般的である。構造用面材の留付け方は壁倍率のために定められた施工方法に、せっこうボード留付け方は住宅金融支援機構の標準仕様書に従う。付加断熱材を外張断熱専用ビスを用いて留付ける場合は、ビスのメーカーが推奨する仕様に従うが、付加断熱材が厚くなり、外装材のたわみが気になる場合には、推奨仕様より長いビスを用いる。

表 2-8 ヒアリング調査で得られた各留付け材の仕様

留付ける構成材料	構成材料の厚さ	留付け材の種類	留付け材の長さ	留付け材の間隔
木質外装材	15 mm	くぎ	40 mm	1 枚あたり 2 本
通気胴縁	18 mm	くぎ、又はビス	45 mm または 50 mm	@455 mm 以下
付加断熱材	様々な厚さあり	外張断熱用ビス 又は、ビス	付加断熱材厚さ + 40 mm 以上	@455 mm 以下
構造用面材	9 mm	くぎ	50 mm	@150 mm 以下
せっこうボード	12.5 mm	ビス	32 mm または 38 mm	周辺部 @150 mm 以下 一般部 @200 mm 以下

以上より、外壁の断熱仕様は、付加断熱工法が主流で、付加断熱材に GW・RW を用いる仕様と発泡プラスチック断熱材を用いる仕様があること、構造用面材、内装材、通気層の仕様がほぼ共通していることは、先述の既往調査の分析と同じ結果が得られた。

今回のヒアリング調査では、木質外装材の樹種や張り方には様々であり、多様なデザインに対応できるようにすること、付加断熱材には、グラスウールを用いる場合と発泡プラスチック断熱材それぞれにニーズがあることがわかった。また留付け材についても各仕様を把握できた。

第 4 章および第 5 章で開発する防火構造・準耐火構造外壁については、これら各構成材料、留付け材の仕様を取り込み、かつ建築事業者より寄せられたニーズに対して十分応えられるように努めて、仕様範囲を広く確保していく。

(4) 開発対象となる外壁の基本仕様の決定

これまでの木造外壁仕様に関する検討結果を受けて、次章以降で開発対象とする外壁の基本仕様を、表 2-7 に示す通り、2 種類定める。これらの外壁の基本仕様は、1.(2) で述べた既往研究で検討した外壁仕様と、外装材が窯業系サイディングから木質外装材に変更になる以外、基本的な構成は、ほとんど変わらなかった。既往研究の知見を十分に適用できると考えられる。

表 2-7 開発外壁の基本仕様

外装材	木質外装材 (縦張・横張) ※道産木材を想定
通気層	厚さ 18 mm
付加断熱材	グラスウール (ロックウール) 又は 発泡プラスチック断熱材
構造用面材	合板 9 mm
充填断熱材	グラスウール 細繊維 16K 105 mm (ロックウール 105 mm)
内装材	せっこうボード 12.5 mm

3. 木質外装材の種類・張り方と遮熱性の検討

(1) 検討の目的

2. (4) より、木質外装材には、張り方や寸法等に様々なバリエーションがある。これまでの報告⁵⁾ から、木質外装材の遮熱性が、外壁の防火性能に寄与し、木質外装材の厚さ・密度が大きくなるとともにその効果が高まることが知られている。しかし、厚さ・密度以外の要素については、遮熱性への影響を検討した事例が限られている。木質外装材の利用を促進するために、木質外装材の仕様と遮熱性の関係性を明らかにすることが有効である。そこで、本章では、小型試験体を用いた加熱試験により、木質外装材の遮熱性への各種仕様の影響を把握した。

(2) 試験体・試験方法

縦 1200mm×1200mm の木製のフレームに、けい酸カルシウム板 25mm と普通せっこうボード 12.5mm を貼ったベースパネルを作成し、それに上に胴縁 (厚さ 18mm×幅 45mm) を介して板材を取り付け、試験体とした (図 3-1)。板材の胴縁への固定は、厚さの 2 倍以上の長さのスクリー釘を使用した。遮熱性の検討項目は表 3-1 とし、板材の仕様を表 3-2 のとおりとした。木質外装材の張り方を図 3-2 に、目透かしと裏溝を図 3-3 に説明する。

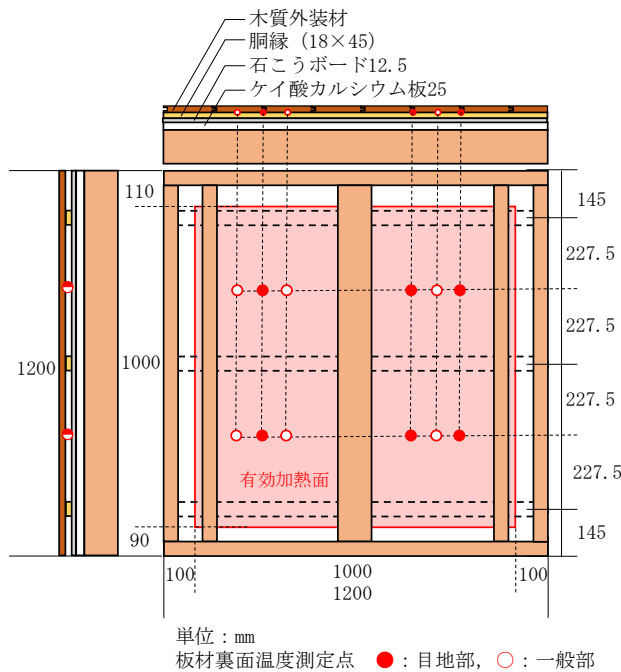


図 3-1 試験体の構成

表 3-1 木質外装材の遮熱性に関する検討項目

検討項目	H29	H30	R1
1) 張る方向	○		
2) 張り方	○		
3) 重ね幅	○		
4) 厚さ	○		
5) 幅	○		
6) 節		○	
7) 樹種		○	
8) 塗装		○	
9) 裏溝			○
10) 目透かし			○

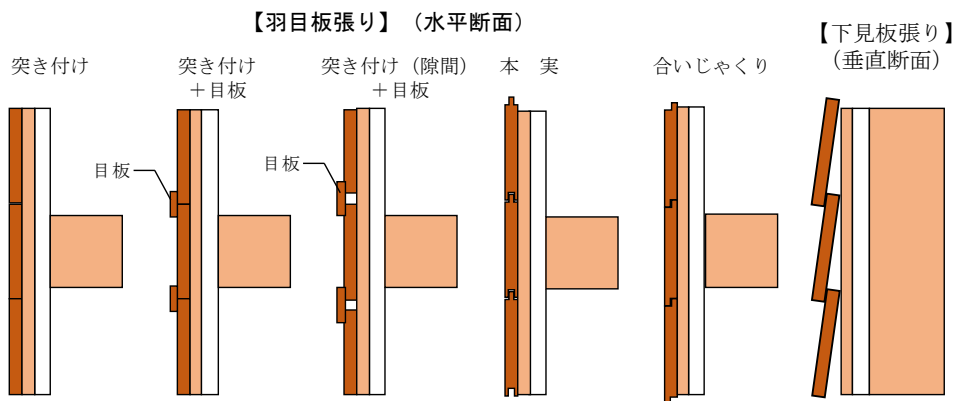


図 3-2 木質外装材の張り方

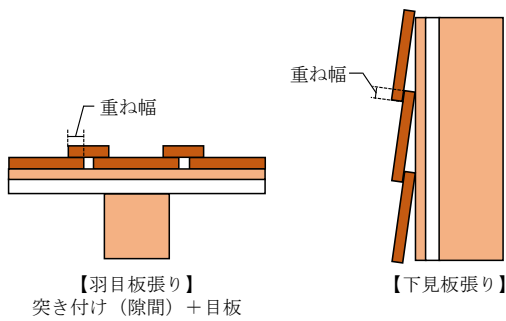


図 3-2 木質外装材の重ね幅

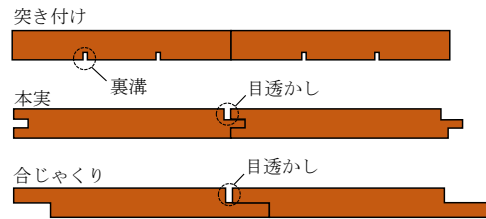


図 3-3 木質外装材の裏溝及び目透かし

表 3-2 検討項目ごとの板材の仕様

検討項目	試験体	板材の方向	張り方	厚さ (mm)		働き幅 (mm)	重なり (mm)	樹種	塗装	裏溝 (mm)			目透かし (mm)											
				板材	目板					幅	深さ	本数	幅	深さ										
1) 張る方向	A-1 A-2	横 縦	羽目板	本実		20	—	150	—	スギ	無し	無し		無し										
2) 張り方	B-1	縦	羽目板	突き付け		20	20	150	スギ	無し	無し			無し										
	B-2			突き付け+目板																				
	B-3			突き付け（隙間15mm）+目板																				
	B-4			合じゃくり																				
	B-5			本実																				
	B-6			本実																				
	B-7	横	下見板		—	—	20																	
3) 重ね幅	C1-1 C1-2 C1-3	縦	羽目板	突き付け（隙間15mm）+目板		20	20	150	スギ	無し	無し			無し										
	C2-1 C2-2	横	下見板		20	—	150																	
	4) 厚さ	D1-1 D1-2	縦	羽目板	本実		15 25	—								150	スギ	無し	無し			無し		
		D2-1 D2-2	横	下見板		15 25	—	150																
5) 幅	E1-1 E1-2	縦	羽目板	本実		20	—	100 200	スギ	無し	無し			無し										
	E2-1 E2-2	横	下見板		20	—	100 200																	
	6) 節	F-1	縦	羽目板	突き付け		20	—								150	—	スギ	無し	無し			無し	
		F-2	横	下見板		20	—	150								—	スギ	無し	無し			無し		
7) 樹種	G-K G-T	縦	羽目板	突き付け		20	—	150	—	カラマツ トドマツ	無し	無し			無し									
8) 塗装	H-1 H-2	縦	羽目板	突き付け		20	—	150	—	スギ	無し 有り	無し			無し									
9) 裏溝	J-1 J-2 J-3 J-4 J-5	縦	羽目板	突き付け		20	—	150	—	スギ	無し	3 3 3 3 21	2.5 5.0 7.5 5.0 2.5	2 2 2 2 1	無し									
	10) 目透かし	縦	羽目板	合じゃくり		20	—	150	—	スギ	無し	無し			0.0	10.0								
				本実											2.5	10.0								
				本実											5.0	10.0								
				本実											7.5	10.0								
本実		0.0	7.0																					
本実		2.5	7.0																					
本実		5.0	7.0																					
本実		7.5	7.0																					

試験は、有効加熱面が 1,000mm×1,000mm の小型壁試験炉（写真 3-1）を使用し、試験体の板材側に ISO-834 の標準加熱曲線に基づく条件で板材が脱落するまで加熱した。試験前の試験体には、温度測定用の K 熱電対（線径 0.65mm、JIS クラス 2）を、板材の裏面中心部（一般部）と裏面目地部に 12 点設置した（図 3-1）。加熱中は、設置した熱電対により、板材の裏面温度を 1 秒間隔で測定した。測定した加熱温度および板材の裏面温度の一例を図 3-4 に示す。また、測定した裏面温度については、火災時の木材の炭化温度とされる 260℃を基準とし、加熱開始から 260℃に到達した時間を燃え抜け時間として算出した。



写真 3-1 小型壁試験炉の外観

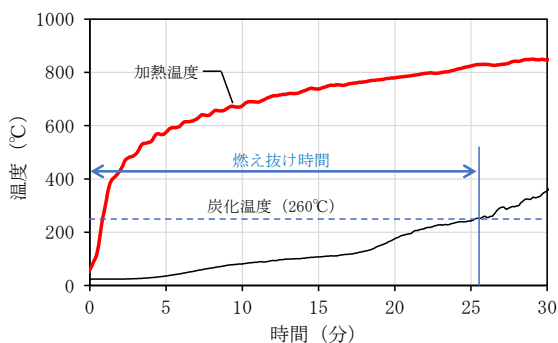


図 3-4 加熱温度と板材裏面温度の一例

(3) 試験結果と考察

各試験体の燃え抜け時間を表 3-3 に示す。また、試験前後の試験体の状態を写真 3-2 に示す。以下については、各検討項目について木質外装材の遮熱性への影響を考察する。

表 3-3 試験体の燃え抜け時間

検討項目	試験体	一般部		目地部		全体		
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
1) 張る方向	A-1	18.6	1.8	17.7	2.5	18.2	2.1	
	A-2	18.8	1.6	17.9	2.1	18.3	1.8	
2) 張り方	B-1	22.0	3.0	20.3	3.2	21.2	3.1	
	B-2	24.8	2.9	23.6	2.5	24.2	2.7	
	B-3	14.7	4.0	12.4	4.5	13.5	4.2	
	B-4	18.3	3.2	15.9	4.8	17.1	4.1	
	B-5	21.5	2.4	20.3	3.8	20.7	3.6	
	B-6	21.8	2.6	21.1	3.2	21.5	2.8	
	B-7	17.6	3.8	17.8	2.2	17.7	3.0	
3) 重ね幅	C1-1	13.8	2.5	11.7	3.6	12.8	3.2	
	C1-2	21.9	4.8	18.7	6.9	20.3	5.9	
	C1-3	21.2	3.1	20.8	2.8	21.0	2.8	
	C2-1	17.9	4.8	12.6	3.5	15.2	4.9	
	C2-2	20.7	1.9	20.5	2.6	20.6	2.2	
寸法	4) 厚さ	D1-1	17.5	1.8	16.6	2.1	17.0	2.0
		D1-2	28.8	0.3	28.7	1.1	28.8	0.8
		D2-1	13.2	1.4	12.8	2.2	13.0	1.8
		D2-2	20.6	2.8	20.5	2.2	20.5	2.4
	5) 幅	E1-1	18.6	2.5	17.8	3.0	18.2	2.7
		E1-2	19.7	0.9	18.5	1.9	19.1	1.6
		E2-1	20.0	2.1	18.4	2.6	19.2	2.4
		E2-2	19.0	1.9	18.1	3.5	18.5	2.7
6) 節	F-1	21.3	1.8	21.3	1.9	21.3	1.8	
7) 樹種	G-K	25.8	1.2	26.3	1.8	26.1	1.5	
	G-T	23.9	2.1	23.0	3.3	23.5	2.7	
8) 塗装	H-1	23.3	2.2	22.9	2.5	23.1	2.2	
	H-2	24.0	1.1	24.0	1.5	24.0	1.3	
9) 裏溝	J-1	23.6	1.6	22.3	3.1	22.9	2.5	
	J-2	23.1	0.8	22.9	1.0	23.0	0.9	
	J-3	21.9	2.9	20.6	2.1	21.2	2.5	
	J-4	21.3	1.8	20.9	2.3	21.1	2.0	
	J-5	24.2	1.6	21.9	4.0	23.0	3.1	
10) 目透かし	K1-1	26.8	2.7	25.4	3.0	26.1	2.8	
	K1-2	26.0	1.7	26.9	2.5	26.4	2.1	
	K1-3	25.1	2.3	23.9	1.9	24.5	2.1	
	K1-4	25.1	1.4	23.2	2.1	24.2	2.0	
	K2-1	25.4	1.9	24.7	3.4	25.0	2.6	
	K2-2	24.5	2.2	23.4	4.3	23.9	3.3	
	K2-3	20.7	1.4	19.5	3.2	20.1	2.5	
	K2-4	26.5	2.6	26.5	3.2	26.5	2.8	

単位：分



試験前



試験後

写真 3-2 試験前後の試験体の状態

1) 張る方向

縦張りの A-1 と横張りの A-2 の燃え抜け時間は、ともに 18 分前後であり、両者に差は見られなかった。木質外装材の遮熱性は、板材の張る方向に影響されないと考えられた。

2) 張り方

B-1 から B-7 の燃え抜け時間を図 3-5 に示す。

羽目板張りでは、B-1 (突き付け) は B-5 (合いじゃくり) 及び B-6 (本実) と燃え抜け時間に有意差が見られず、板材の幅方向の接合形状が遮熱性に影響しないと考えられた。一方、B-3 (突き付け (隙間) + 目板 12mm) の燃え抜け時間は、B-1 よりも小さくなった。また、B-3 は、板材間に隙間の無い目板仕様の B-2 よりも燃え抜け時間が小さいことから、板材間に隙間がある場合、板材と目板の重なり部分が遮熱性の弱点になると考えられた。さらに、目板の厚さが 20mm の B-4 は、B-3 よりも燃え抜け時間が若干大きく、目板の厚さの影響がうかがわれた。下見板張りの B-7 は、B-1 より燃え抜け時間が小さく、上記と同様に板材の重なり部分が原因と考えられた。

3) 重ね幅

突き付け (隙間) + 目板 20mm と下見板について、燃え抜け時間への板材の重ね幅の影響を図 3-6 に示す。図中には比較対象として B-1 (突き付け) の結果を併記した。

2 種類の張り方ともに、重ね幅の増加とともに燃え抜け時間が大きくなり、30mm で突き付けと同等になった。このことから、木質外装材の遮熱性の弱点である重なり部分は、重ね幅 30mm で改善されると考えられた。また、重ね幅を 30mm とした突き付け (隙間) + 目板では、目板を幅方向に 2 点留めた C1-3 は、1 点留めの C1-2 より燃え抜け時間のバラツキが小さく、遮熱性向上への効果が見られた。

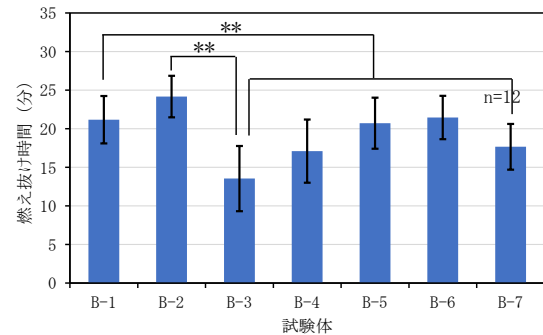


図 3-5 燃え抜け時間への張り方の影響

多重比較法による検定 (Tukey-Kramer の方法) の結果

** : 有意水準 1% において有意差有り

* : 有意水準 5% において有意差有り

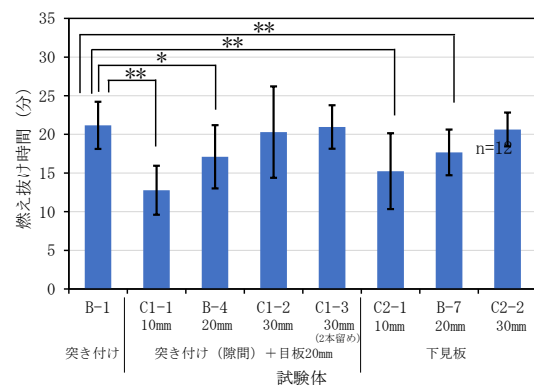


図 3-6 燃え抜け時間への重ね幅の影響

B-1 との t 検定の結果 ** : 有意水準 1% において有意差有り

* : 有意水準 5% において有意差有り

4) 厚さ

本実の試験体 (D1-1、B-6、D1-2) と下見板張りの試験体 (D2-1、B-7、D2-2) の結果から、板材の厚さと燃え抜け時間の関係を図 3-7 に示す。

本さねと下見板は、ともに板材の厚さの増加に従い、直線的に燃え抜け時間が増加した。このことから、外装材の遮熱性は板材の厚さに比例して増加すると考えられた。また、下見板は、本実よりも単位厚さ当たりの燃え抜け時間の増加量が小さいが、前述した板材の重なり部分が弱点になっているためと考えられた。

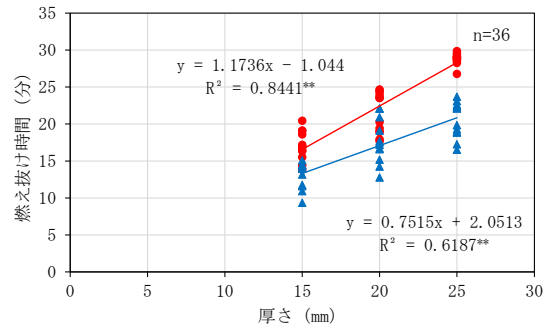


図 3-7 板材の厚さと燃え抜け時間の関係

t 検定の結果 ** : 有意水準 1%において有意差有り
* : 有意水準 5%において有意差有り

5) 幅

本実の試験体 (E1-1、B-6、E1-2) と下見板張りの試験体 (E2-1、B-7、E2-2) の結果から、燃え抜け時間と板材の幅との間に一定の傾向が見られなかった。このことから、木質外装材の遮熱性への幅の影響は、100~200mm の範囲において無いと考えられた。

6) 節

無節板材を使用した B-1 と節のある板材を使用した F-1 について、試験前の状態を写真 3-3 に示す。

F-1 の板材の節の数及び大きさは、表 3-4 のとおりであり、抜け節及び死に節については埋木により補修した。両試験体は、全体の平均燃え抜け時間が 21 分前後であり、差異が見られなかった。この結果より、生き節の存在は木質外装材の遮熱性に大きく影響しないと考えられた。



B-1



F-1

写真 3-3 試験体の板材の状態

表 3-4 F-1 の節の分布

番号	寸法 (mm)		備考
	長径	短径	
1	35	32	
2	35	15	
3	32	30	
4	35	30	
5	15	8	
6	16	15	
7	25	22	補修
8	15	15	補修
9	10	6	
10	15	15	補修
11	25	25	補修
12	37	32	
13	25	25	
14	15	15	
15	25	21	補修
16	23	21	
17	25	23	
18	30	28	補修
19	35	15	

7) 樹種

スギ、カラマツ、トドマツの板材を使用した試験体の燃え抜け時間を図 3-8 に示す。

カラマツの試験体は、スギ及びトドマツの試験体よりも全体の平均燃え抜け時間が 4.9 分及び 2.6 分大きくなった。木材の炭化速度は、密度とともに低くなる関係があり、上記の結果の原因と考えられた。このことから、木質外装材の遮熱性は、樹種の影響があると考えられた。

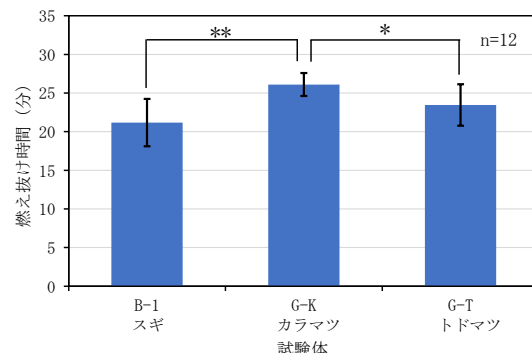


図 3-8 燃え抜け時間への樹種の影響

多重比較法による検定 (Tukey-Kramer の方法) の結果

** : 有意水準 1%において有意差有り

* : 有意水準 5%において有意差有り

8) 塗装

スギ板材を使用した試験体について無塗装の H-1 と塗装の H-2 を比較する。H-2 の塗装仕様を表 3-5 に示す。塗料は、一般的に木質外装材に使用される塗料の中から、有機質量の多い造膜系タイプとした。塗料の塗布量は、板材の遮熱性への影響を明確にするため、標準仕様書の 2 倍の量とした。試験体の全体の平均燃え抜け時間は、H-1 が 23.1 分、H-2 が 24.0 分であり、両者に差異は無かった。この結果から、実用上の塗装条件では、塗装は木質外装材の遮熱性を低下させることは無いと考えられた。

表 3-5 H-2 の塗装条件

試験体名	塗料	塗布量 (g/m ²)	固形分量 (g/m ²)	有機質量 (g/m ²)	塗り回数	備考
H-2	溶剤系造膜タイプ (JASS18M-307適合)	320	158	138	4回	標準仕様書の2倍の塗布量

9) 裏溝

試験体 J-1～J-5 の一般部の平均燃え抜け時間を図 3-9 に示す。裏溝の無い J-1 の燃え抜け時間は、裏溝のある J-1～J-5 との間で差異が見られなかった。このことから、木質外装材の遮熱性への裏溝の影響は、本試験で検討した形状では大きくないと考えられた。しかし、J-4 と J-5 については、一部の測定点に早期の燃え抜けが認められたことから、一定の深さおよび数の裏溝が、木質外装材の遮熱性を低下させる可能性があると考えられた。

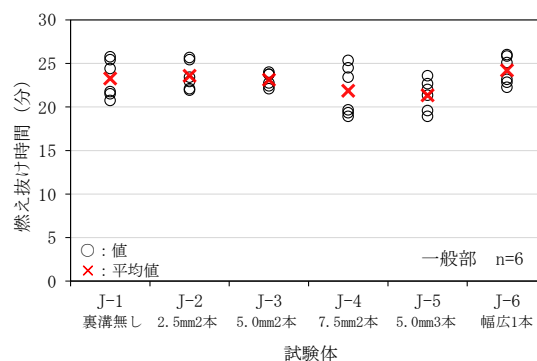


図 3-9 燃え抜け時間への裏溝の影響

10) 目透かし

合いじゃくりの試験体 K1-1～K1-4 及び本実の試験体 K2-1～K2-4 の全体の平均燃え抜け時間は、それぞれ 24.2～26.4 分及び 20.1～26.5 分の範囲であり、目透かし幅との間に一定の傾向は見られなかった。このことから、木質外装材の遮熱性への影響は、本試験の範囲では大きくないと考えられた。加熱 20 分後における、板材裏面温度を図 3-10 に示す。加熱中の板材裏面温度は、合いじゃくりでは幅 2.5mm 以上、本実では 7.5mm 以上において、目地部が一般部よりも高くなった。このことから、目透かしは一定以上の幅になると、木質外装材の遮熱性を低下させる可能性があると考えられた。

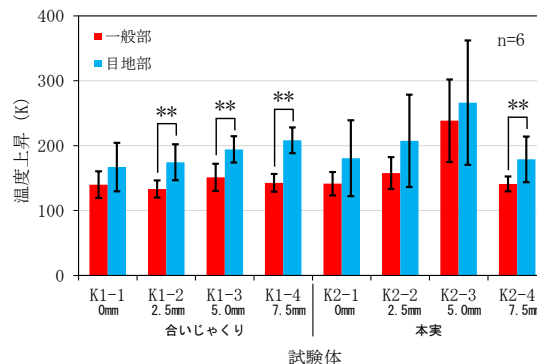


図 3-10 加熱 20 分後の板材裏面の温度上昇

t 検定の結果 ** : 有意水準 1%において有意差有り,
* : 有意水準 5%において有意差有り

(4) まとめ

以上の結果から、木質外装材の遮熱性は、これまでの認識どおり密度の高い樹種を用いる、及び厚くすることで高まることが確認された。また、張り方については、板材同士が厚さ方向に重なる場合は、重なり部分が弱点になり、木質外装材の遮熱性が低下することが分かった。この重なり部分の弱点を改善するには、板材同士の重なりを 30mm 以上にするのが有効であった。また、裏溝および目透かしは、今回使用した試験体の形状では、木質外装材の遮熱性に大きく影響しなかったが、遮熱性低下の原因になる可能性が示唆された。このことから、木質外装材の遮熱性を維持するには、裏溝および目透かしについては、遮熱性を低下させる範囲の寸法に留めることが推奨される。

4. 防火構造外壁の開発

(1) 開発の方針

2. (4) で設定した開発外壁の基本仕様をもとに、防耐火試験により外壁の防火性能を確認して、大臣認定を取得できる防火構造外壁を開発していく。

2. での調査結果を踏まえ、道内の建築事業者に広く使っていただくため、開発する防火構造外壁は、木造軸組工法と枠組壁工法の2つの工法ごとに、3種類の付加断熱仕様 (①グラスウール (ロックウール) 仕様 (以下、GW・RW 仕様)、②ポリスチレンフォーム仕様 (以下、PS 仕様)、③フェノールフォーム仕様 (以下、PF 仕様)) を組み合わせて、計6種類とした。

(2) 防耐火試験の概要

防火構造外壁には、屋外側から30分間の火災による加熱に対し、防火性能 (遮炎性、遮熱性、非損傷性) を喪失しないことが求められる。

防耐火試験は、実大規模の試験体 (幅 3,240 mm × 高さ 3,230 mm) を製作し、(地独) 北海道立総合研究機構建築研究本部の壁炉を用いて、防耐火構造の性能評価機関の業務方法書⁶⁾に基づいて実施した。

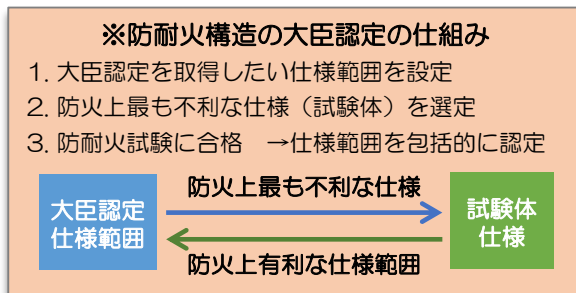


図 4-1 防耐火構造の大臣認定の仕組み

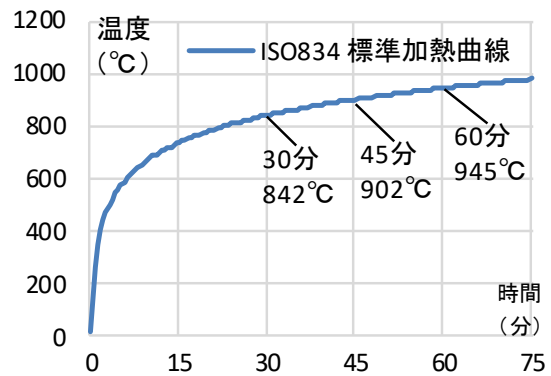


図 4-2 ISO834 標準加熱曲線

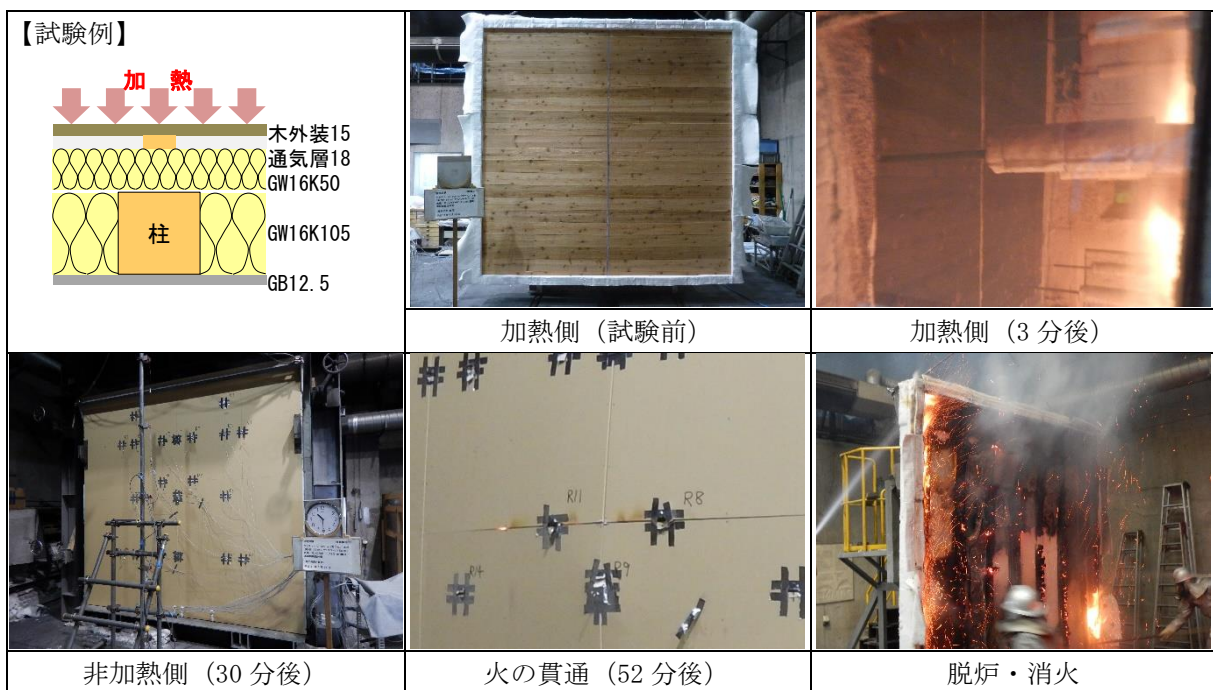


写真 4-1 防耐火試験の様子

具体的には、試験体の壁内柱に長期許容応力度に相当する応力度が生じる荷重を载荷しながら、屋外側から ISO834 加熱曲線（図 4-2）に沿った火災加熱を行った。

加熱時間は、30 分間で終了せず、外壁の防火性能が喪失したと判断されるまで行って、防火性能の保持時間を求めた。試験時の様子を写真 4-1 に示す。

また試験体図として各層の割付図を図 4-3～図 4-4 に示す。なお、試験体ごとに用いる建材の種類や厚さ等を変えて防耐火実験を実施しており、ここに示す割付図は一例である。

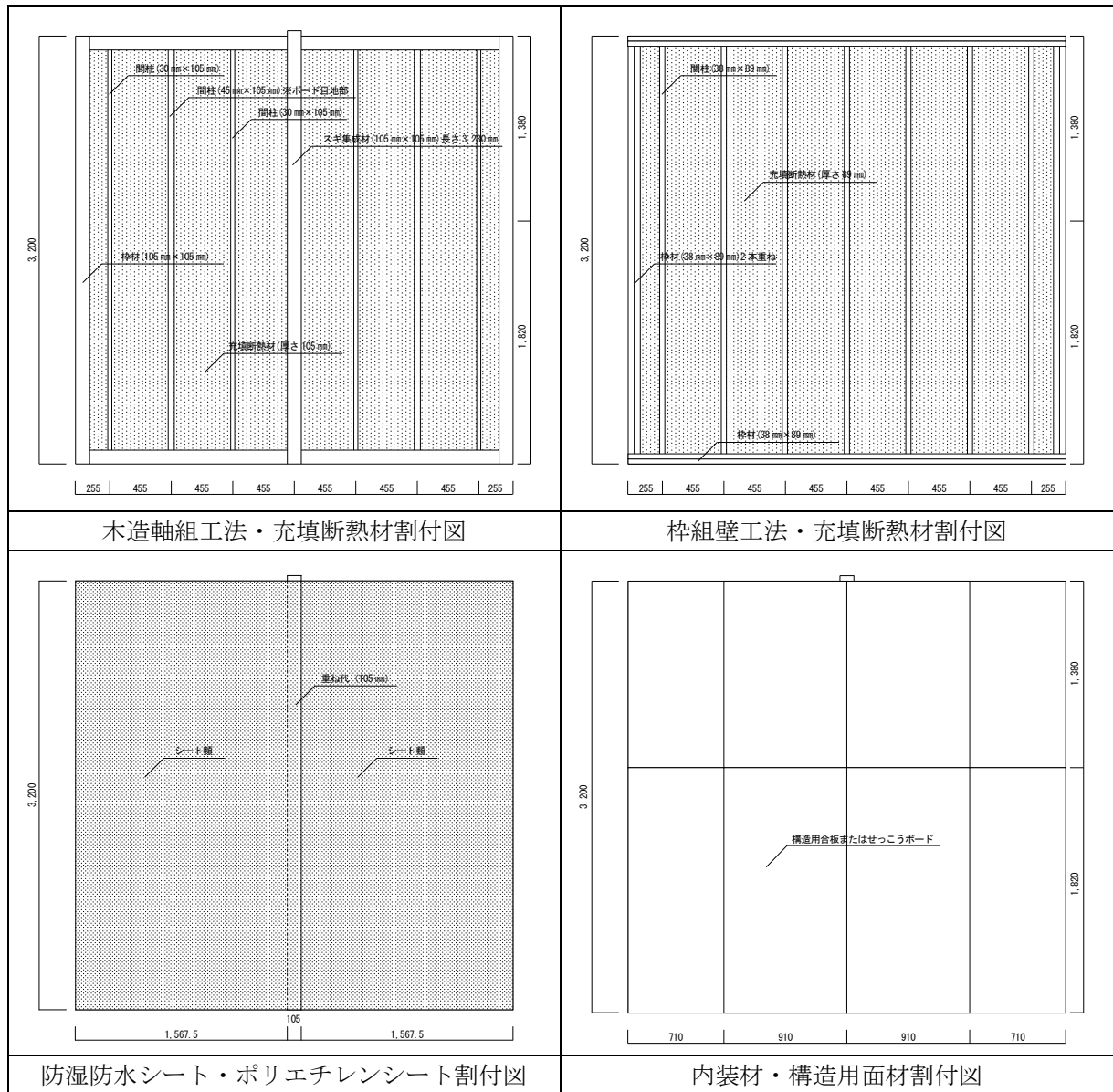
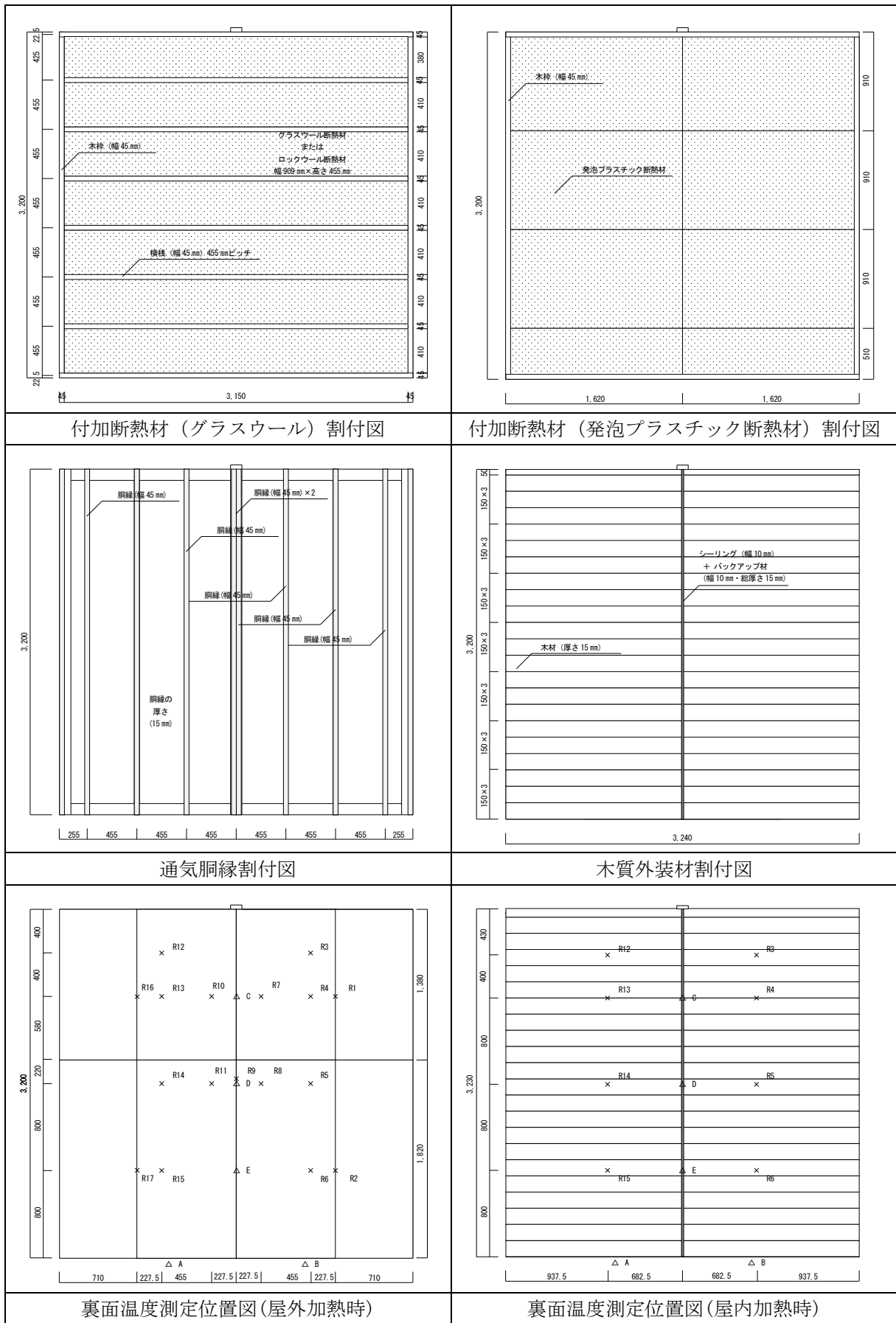


図 4-3 試験体図面：各層の割付図①



付加断熱材（グラスウール）割付図

付加断熱材（発泡プラスチック断熱材）割付図

通気胴縁割付図

木質外装材割付図

裏面温度測定位置図(屋外加熱時)

裏面温度測定位置図(屋内加熱時)

図 4-4 試験体図面：各層の割付図②

(3) 木造軸組工法の防火構造外壁の開発

1) 防火性能の検討

検討した外壁仕様と防火性能の結果を表 4-1 に示す。

①GW・RW 仕様、②PS 仕様、③PF 仕様について、防耐火試験を実施し、いずれも防火性能の保持時間が防火構造外壁に求められる 30 分を大きく上回り、十分な防火性能を持つことを確認した。

表 4-1 外壁仕様（木造軸組工法）と防火性能の検討結果

	①GW・RW 仕様	②PS 仕様	③PF 仕様
外壁仕様 (加熱条件)			
防火性能の保持時間 (実験値)	52.8 分	47.0 分	53.0 分

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³），PF：フェノールフォーム，PS：ポリスチレンフォーム
構造用合板：構造用合板，GB：せっこうボード，

※凡例後ろの数字：厚さを示す。(例) 木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）*

2) 外壁仕様の提案

1) の防火性能の検討結果より、大臣認定が取得可能な防火構造外壁（木造軸組工法）の仕様を、図 4-5 のとおり取りまとめた。なお①GW・RW 仕様では、3) で後述する大臣認定の仕様範囲の整理にあたり付加断熱層積木の仕様範囲を幅広く確保するため、構造用面材を設置することとした。

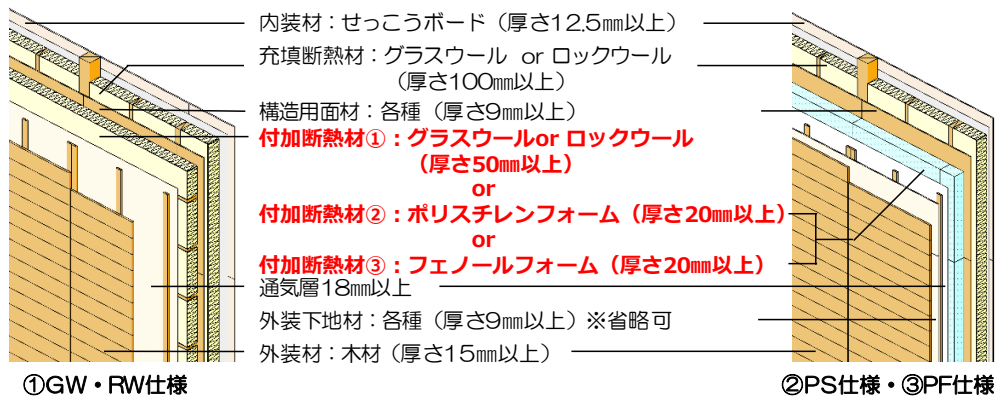


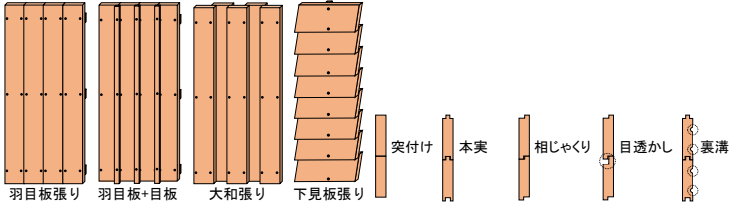
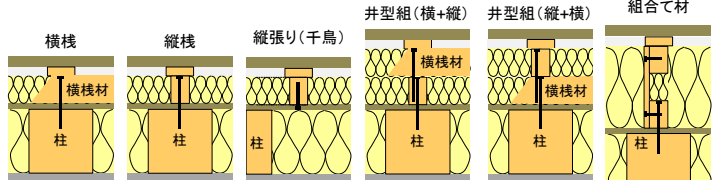
図 4-5 防火構造外壁（木造軸組工法）

3) 大臣認定にて包括できる仕様範囲の整理

2) で示した開発した防火構造外壁について、大臣認定にて包括できる仕様範囲を、最大限広く確保できるように整理した。開発した防火構造外壁の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係を表 4-2 に示す。

但し、技術移転する大臣認定取得者に対しては、表 4-2 に示す仕様をすべて満たすことを条件に、大臣認定取得者の要望に応じて、仕様範囲の拡大を認めていく方針である。従って、技術移転を通じて大臣認定を取得する仕様は、表 4-2 に示す仕様とは、必ずしも一致しない場合が想定される。（この点は、後述する表 4-4、表 5-3、表 5-7 にも同様に当てはまる。）

表 4-2 防火構造外壁（木造軸組工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係

各構成材料	防火構造外壁の仕様	大臣認定にて包括できる仕様範囲 ※厚さは、図 4-5 中にて表記される各構成材料の厚さ以上とする。 ※留付け材は、表 2-8 に示す仕様とする。
<ul style="list-style-type: none"> 外装材 	<ul style="list-style-type: none"> 木材（スギ材） 横張り 突付け 	<ul style="list-style-type: none"> 木材（スギ以上の高密度の樹種すべて） 横張り、縦張り 次に示す張り方すべて 
<ul style="list-style-type: none"> 外装下地材 ②PS 仕様 ③PF 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> なし（省略） 	<ul style="list-style-type: none"> なし（省略）、シーリングせつこうボード、強化せつこうボード（防水防かびタイプ）、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせつこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板
<ul style="list-style-type: none"> 通気層 	<ul style="list-style-type: none"> 厚さ 18 mm 	<ul style="list-style-type: none"> 厚さ 18 mm 以上
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱材 ①GW・RW 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱層 棧木 ①GW・RW 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> 横棧 	<ul style="list-style-type: none"> 次に示す棧木の組み方すべて 
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱材 ②PS 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> 押出法ポリスチレンフォーム 	<ul style="list-style-type: none"> 押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱材 ③PF 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> フェノールフォーム 	<ul style="list-style-type: none"> フェノールフォーム
<ul style="list-style-type: none"> 構造用面材 	<ul style="list-style-type: none"> 構造用合板 	<ul style="list-style-type: none"> 構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード、MDF、シーリングボード、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせつこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板、せつこうボード、強化せつこうボード
<ul style="list-style-type: none"> 充填断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
<ul style="list-style-type: none"> 柱・間柱 	<ul style="list-style-type: none"> 柱：105 mm×105 mm 間柱：一般部幅 30 mm、目地部幅 45 mm 	<ul style="list-style-type: none"> 柱：105 mm×105 mm 以上 間柱：一般部幅 30 mm 以上、目地部幅 45 mm 以上
<ul style="list-style-type: none"> 内装材 	<ul style="list-style-type: none"> せつこうボード 	<ul style="list-style-type: none"> せつこうボード、強化せつこうボード

(4) 枠組壁工法の防火構造外壁の開発

1) 防火性能の検討

検討した外壁仕様と防火性能の結果を表 4-3 に示す。

①GW・RW 仕様および③PF 仕様については、防耐火試験を行い、ともに防火性能の保持時間が 30 分を上回り、十分な防火性能を持つことを確認した。

先述の木造軸組工法での検討(表 4-1)において、付加断熱材以外の仕様を揃えた②PS 仕様と③PF 仕様との防火性能の差は 6 分程度であった。②PS 仕様については、この結果を引用すると、42 分前後の防火性能は保持すると推定でき、30 分の防火性能を十分に満たすと考えられる。

表 4-3 外壁仕様(枠組壁工法)と防火性能の検討結果

外壁仕様 (加熱条件)		①GW・RW 仕様	②PS 仕様	③PF 仕様
		<p>木外装15 通気層15 GW10K45 構造用合板9 GW10K89 GB12.5</p> <p>※GW 密度はより防火上不利となる 10kg/m³とした。</p>	<p>木外装15 通気層15 XPS20 構造用合板9 GW16K89 GB12.5</p>	<p>木外装15 通気層15 PF20 構造用合板9 GW16K89 GB12.5</p>
防火性能の 保持時間	実験値	46.3 分	—	47.8 分
	推定値	—	42 分前後 ※(PF 仕様)-6 分程度	—

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW10K：グラスウール（密度 10kg/m³），GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³），PF：フェノールフォーム，PS：ポリスチレンフォーム，構造用合板：構造用合板，GB：せっこうボード，※凡例後ろの数字：厚さを示す。(例) 木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）

2) 外壁仕様の提案

1) の防火性能の検討結果より、大臣認定が取得可能な防火構造外壁(枠組壁工法)の仕様を、図 4-6 のとおり、取りまとめた。

木造軸組工法と枠組壁工法での仕様違いは、柱-間柱で構成される軸組の躯体部分とスタッドによる枠組の躯体部分の違いのみで、その他の仕様は、木造軸組工法と枠組壁工法で同じ仕様とした。

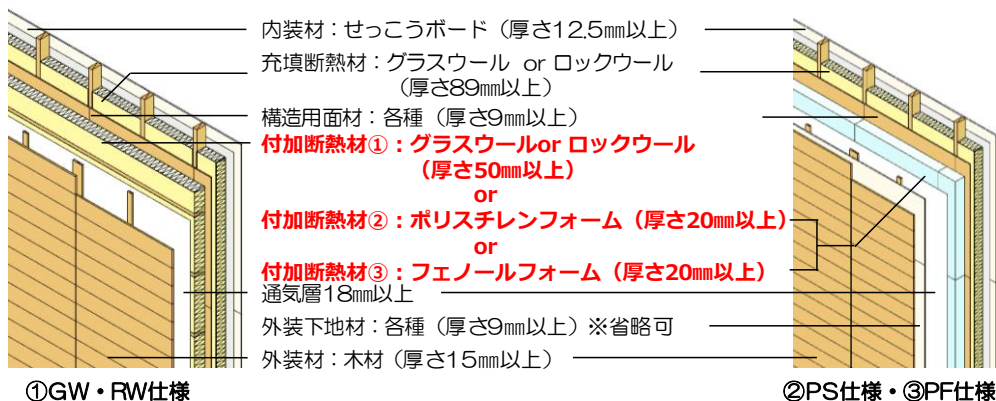
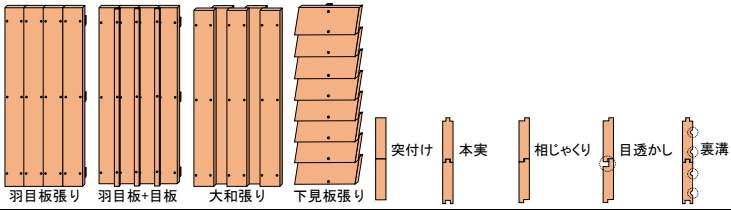
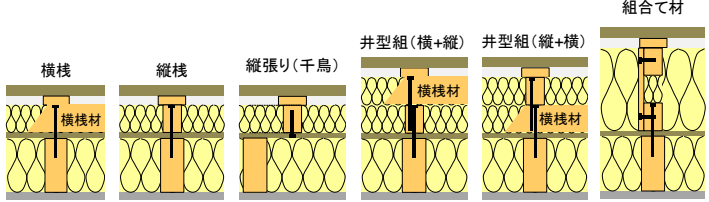


図 4-6 防火構造外壁(枠組壁工法)

3) 大臣認定にて包括できる仕様範囲の整理

2) に示す開発した防火構造外壁について、大臣認定で包括できる仕様範囲を、最大限広く確保できるように整理した。開発した防火構造外壁の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係を表 4-4 に示す。

表 4-4 防火構造外壁（枠組壁工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係

各構成材料	防火構造外壁の仕様	大臣認定にて包括できる仕様範囲 ※厚さは、図 4-6 中にて表記される各構成材料の厚さ以上とする。 ※留付け材は、表 2-8 に示す仕様とする。
・外装材	・木材（スギ材） ・横張り ・突付け	・木材（スギ以上の高密度の樹種すべて） ・横張り、縦張り ・次に示す張り方すべて 
・外装下地材 ②PS 仕様 ③PF 仕様	・なし（省略）	・なし（省略）、シージングせっこうボード、強化せっこうボード（防水防かびタイプ）、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板
・通気層	・厚さ 18 mm	・厚さ 18 mm以上
・付加断熱材 ①GW・RW 仕様	・グラスウール	・グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
・付加断熱層栈木 ①GW・RW 仕様	・横栈	・次に示す栈木の組み方すべて 
・付加断熱材 ②PS 仕様	・押出法ポリスチレンフォーム	・押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム
・付加断熱材 ③PF 仕様	・フェノールフォーム	・フェノールフォーム
・構造用面材	・構造用合板	・構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード、MDF、シージングボード、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板、せっこうボード、強化せっこうボード
・充填断熱材	・グラスウール	・グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
・枠材	・スタッド： 38 mm×89 mm	・スタッド：38 mm×89 mm以上
・内装材	・せっこうボード	・せっこうボード、強化せっこうボード

5. 準耐火構造外壁の開発

(1) 開発の方針

4. で開発した防火構造外壁の仕様をもとに、外壁仕様を見直した上で、防耐火試験により外壁の防火性能を確認して、大臣認定を取得できる準耐火構造外壁を開発していく。

4. 防火構造外壁の開発と同じく、開発する準耐火構造外壁は、木造軸組工法と枠組壁工法の2つの工法ごとに、3種類の付加断熱仕様（①GW・RW仕様、②PS仕様、③PF仕様）を組み合わせ、計6種類とした。

(2) 防耐火試験の概要

準耐火構造外壁には、屋外側加熱および屋内側加熱の双方に対し、それぞれ45分間の防火性能（遮炎性、遮熱性、非損傷性）を喪失しないことが求められる。

防耐火試験は、4. 防火構造外壁の開発と同じく、実大規模の試験体（幅3,240mm×高さ3,230mm）を用いて、防耐火構造の性能評価機関の業務方法書⁶⁾に基づいて実施した。

加熱時間は、45分間で終了せず、屋外側加熱と屋内側加熱をそれぞれ外壁の防火性能が喪失したと判断されるまで行って、防火性能の保持時間を求めた。

但し、屋内側加熱においては、外壁の防火性能が完全に喪失するまで行くと、試験作業上、安全性を確保できないと判断したため、外壁の防火性能が喪失する手前で試験を終了した。この時間をもって防火性能の保持時間とし、「以上」を付けて表記とした。

R

(3) 木造軸組工法の準耐火構造外壁の開発

1) 屋外側加熱に対する防火性能の検討

4. (3) で検討した防火構造外壁の仕様と防火性能の結果を表5-1（表4-1再掲）に示す。

①GW・RW仕様、②PS仕様、③PF仕様の屋外側加熱に対する防火性能は、いずれも45分を上回っており、屋外側加熱に対し、十分な防火性能を持つことを確認した。

一方、既往研究⁷⁾よりポリスチレンフォームには、熱分解、燃焼が比較的緩やかなフェノールフォームとは異なり、加熱を受けて溶融した樹脂に着火すると木材よりも激しく燃焼する性質がある。

準耐火構造外壁は、主に3階建の建築物や不特定多数の方が公共的に利用する特殊建築物に利用されることを踏まえると、少なくとも木材よりも激しく燃える可燃物を外装に用いる場合には、建築基準法の防火規制に適合させるだけでなく、2017年のロンドン火災で見られたような上階延焼の危険性を考慮しておく必要がある。よって、②PS仕様には、木質外装材の裏側に、不燃性の外装下地材を追加して設置しておくことが望ましいと考えられる。

表5-1 屋外側加熱に対する外壁仕様（木造軸組工法）と防火性能の検討結果 ※表4-1を再掲

	①GW・RW仕様	②PS仕様	③PF仕様
外壁仕様 (加熱条件)			
防火性能の保持時間 (実験値)	52.8分	47.0分	53.0分

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW16K：グラスウール（密度16kg/m³），PF：フェノールフォーム，PS：ポリスチレンフォーム
構造用合板：構造用合板，GB：せっこうボード，

※凡例後ろの数字：厚さを示す。（例）木外装15：木質外装材（厚さ15mm）

2) 屋内側加熱に対する防火性能の検討

検討した外壁仕様と防火性能の結果を表 5-2 に示す。

既往研究の知見²⁾をもとに、次に示す考察より、表 5-2 に示す外壁仕様のなかでは、屋内側加熱に対し③PF 仕様が一番防火上不利になると考えられるため、③PF 仕様についてのみ、防耐火試験を行った。

- ・②PS 仕様では、付加断熱材である PS が加熱を受けると熔融して流れ落ち、付加断熱層は空洞になる。これにより非加熱側への放熱が促進され、①GW・RW 仕様、③PF 仕様と比べ柱の燃え進みが抑制される。一方、付加断熱層の空洞化に伴い、非加熱側へ燃え抜ける危険性が高まるが、その点是不燃性の外装下地材により防止できると考えられる。

- ・①GW・RW 仕様、③PF 仕様は、付加断熱材である GW、PF が、非加熱側への放熱を抑制し、柱の燃え進みが促進されるが、①GW・RW 仕様は、付加断熱層の積木により柱を後ろ支えるため、③PF 仕様よりも荷重支持能力を喪失する時間が遅延されて、防火性能が向上する。

③PF 仕様の屋内側加熱に対する防火性能の保持時間は 60 分以上となり、屋内側加熱に対し、十分な防火性能を持つことを確認した。

表 5-2 屋内側加熱に対する外壁仕様（木造軸組工法）と防火性能の検討結果

外壁仕様 (加熱条件)		①GW・RW 仕様	②PS 仕様	③PF 仕様
防火性能の 保持時間	実験値	—	—	60 分以上
	推定値	60 分以上 ※PF 仕様より防火上有利と想定	60 分以上 ※PF 仕様より防火上有利と想定	—

※凡例：木外装：木質外装材、通気層：通気層、GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³）、PF：フェノールフォーム、PS：ポリスチレンフォーム
構造用合板：構造用合板、GB-F：強化せっこうボード、
※凡例後ろの数字：厚さを示す。（例）木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）

3) 外壁仕様の提案

1) および 2) の防火性能の検討結果より、大臣認定が取得可能な準耐火構造外壁（木造軸組工法）の仕様を、図 5-1 のとおり、取りまとめた。

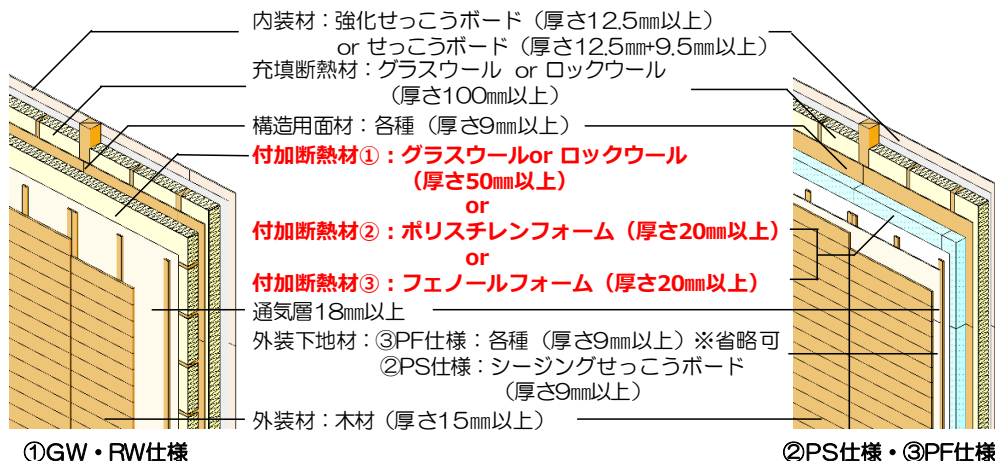


図 5-1 準耐火構造外壁（木造軸組工法）

②PS 仕様で用いる不燃性の外装下地材は、一般的なシージングせっこうボードを用いた。

なお、屋内側被覆（内装材）の仕様については、建築基準法に定める 45 分準耐火構造外壁の例示仕様に、せっこうボード 12.5 mm と 9.5 mm を重張りした仕様が定められている。また既往の研究²⁾においても、木造高断熱外壁を対象に、屋内側被覆（内装材）をせっこうボード 12.5 mm と 9.5 mm を重張りとした仕様で防耐火実験を行って、45 分間の屋内側加熱に対し、柱の燃え進みによる座屈が生じないことを確認している。以上の理由より、内装材の仕様として、せっこうボード 12.5 mm と 9.5 mm の重張り仕様を追加した。

4) 大臣認定にて包括できる仕様範囲の整理

3) で示した開発した準耐火構造外壁について、大臣認定にて包括できる仕様範囲を、最大限広く確保できるように整理した。開発した準耐火構造外壁の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係を表 5-3 に示す。

表 5-3 準耐火構造外壁（木造軸組工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係

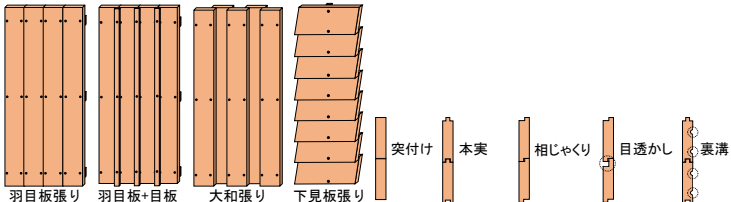
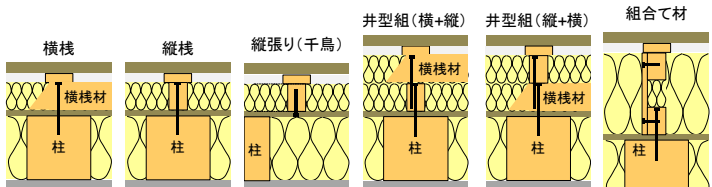
各構成材料	準耐火構造外壁の仕様	大臣認定にて包括できる仕様範囲 ※厚さは、図 5-1 中にて表記される各構成材料の厚さ以上とする。 ※留付け材は、表 2-8 に示す仕様とする。
・外装材	・木材（スギ材） ・横張り ・突付け	・木材（スギ以上の高密度の樹種すべて） ・横張り、縦張り ・次に示す張り方すべて 
・外装下地材 ②PS 仕様	・シージングせっこうボード	・シージングせっこうボード、強化せっこうボード（防水防かびタイプ）、
・外装下地材 ③PF 仕様	・なし（省略）	・なし（省略）、シージングせっこうボード、強化せっこうボード（防水防かびタイプ）、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板
・通気層	・厚さ 18 mm	・厚さ 18 mm 以上
・付加断熱材 ①GW・RW 仕様	・グラスウール	・グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
・付加断熱層栈木 ①GW・RW 仕様	・横栈	・次に示す栈木の組み方すべて 
・付加断熱材 ②PS 仕様	・押出法ポリスチレンフォーム	・押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム

表 5-3 準耐火構造外壁（木造軸組工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係（つづき）

・付加断熱材 ③PF仕様	・フェノールフォーム	・フェノールフォーム
・構造用面材	・構造用合板	・構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード、MDF、シーリングボード、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板、せっこうボード、強化せっこうボード
・充填断熱材	・グラスウール	・グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
・柱・間柱	・柱：105 mm×105 mm ・間柱：一般部幅 30 mm、目地部幅 45 mm	・柱：105 mm×105 mm以上 ・間柱：一般部幅 30 mm以上、目地部幅 45 mm以上
・内装材	・せっこうボード重張り、または、強化せっこうボード	・せっこうボード重張り、または、強化せっこうボード

（４）枠組壁工法の準耐火構造外壁の開発

1) 屋外側加熱に対する防火性能の検討

4.（3）で検討した防火構造外壁の仕様と防火性能の結果を表 5-4（表 4-3 再掲）に示す。

①GW・RW仕様および③PF仕様の屋外側加熱に対する防火性能は、いずれも 45 分を上回っており、屋外側加熱に対し防火性能を持つことを確認した。

②PS仕様については、4.（3）で検討した通り、42 分前後の防火性能は保持すると推定できるが、要求性能である 45 分を満たさない。

しかし、5.（3）1) 木造軸組工法での検討で述べた通り、②PS仕様については、外装下地材を追加する方針としたことや内装材のせっこうボードをせっこうボード（厚さ 12.5 mm）から強化せっこうボード（厚さ 15 mm）に強化することを踏まえると、これらの処置を行う前提であれば、②PS仕様においても、45 分以上の性能を十分に確保できる（表 5-5）。

表 5-4 屋外側加熱に対する外壁仕様（枠組壁工法）と防火性能の検討結果 ※表 4-3 を再掲

		①GW・RW仕様	②PS仕様	③PF仕様
外壁仕様 (加熱条件)		<p>※GW密度はより防火上不利となる 10kg/m³とした。</p>		
防火性能の 保持時間	実験値	46.3 分	—	47.8 分
	推定値	—	42 分前後 ※(PF仕様)-6分程度	—

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW10K：グラスウール（密度 10kg/m³），GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³），PF：フェノールフォーム，PS：ポリスチレンフォーム，構造用合板：構造用合板，GB：せっこうボード，※凡例後ろの数字：厚さを示す。（例）木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）

表 5-5 ②PS 仕様（枠組壁工法）における外壁仕様の検討

外壁仕様 (加熱条件)		【参考】	②PS 仕様	②'PS 仕様
防火性能の	実験値	47.0 分	—	—
保持時間	推定値	—	42 分前後	45 分以上

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³），PS：ポリスチレンフォーム，構造用合板：構造用合板
GB：せっこうボード，GB-F：強化せっこうボード
※凡例後ろの数字：厚さを示す。（例）木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）

2) 屋内側加熱に対する防火性能の検討

検討した外壁仕様と防火性能の結果を表 5-6 に示す。

枠組壁工法においても、屋内側加熱に対しては 5.（3）2）の木造軸組工法と同様の考察が成立するため、③PF 仕様最も防火上不利になる外壁仕様とし、③PF 仕様についてのみ、防耐火試験を行った。③PF 仕様の屋内側加熱に対する防火性能の保持時間は 54 分以上となり、屋内側加熱に対し、十分な防火性能を持つことを確認した。

表 5-6 屋内側加熱に対する外壁仕様（枠組壁工法）と防火性能の検討結果

外壁仕様 (加熱条件)		①GW・RW 仕様	②PS 仕様	③PF 仕様
防火性能の	実験値	—	—	60 分以上
保持時間	推定値	54 分以上 ※PF 仕様より防火上有利と想定	54 分以上 ※PF 仕様より防火上有利と想定	—

※凡例：木外装：木質外装材，通気層：通気層，GW16K：グラスウール（密度 16kg/m³），PF：フェノールフォーム，PS：ポリスチレンフォーム
構造用合板：構造用合板，GB-F：強化せっこうボード，
※凡例後ろの数字：厚さを示す。（例）木外装 15：木質外装材（厚さ 15 mm）

3) 外壁仕様の提案

1) および 2) の防火性能の検討結果より、大臣認定が取得可能な準耐火構造外壁（枠組壁工法）の仕様を、図 5-2 のとおり、取りまとめた。

木造軸組工法と枠組壁工法での仕様違いは、柱-間柱で構成される軸組の躯体部分とスタッドによる枠組の躯体部分の違いのみで、その他の仕様は、木造軸組工法と枠組壁工法で同じ仕様とした。

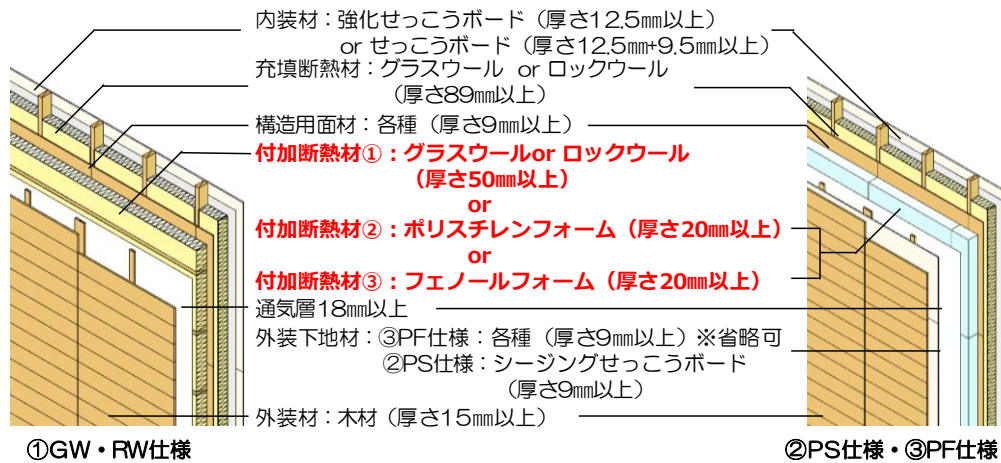


図 5-2 準耐火構造外壁（枠組壁工法）

3) 大臣認定にて包括できる仕様範囲の整理

3) に示す開発した準耐火構造外壁について、大臣認定で包括できる仕様範囲を、最大限広く確保できるように整理した。開発した準耐火構造外壁の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係を表 5-7 に示す。

表 5-7 準耐火構造外壁（枠組壁工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係

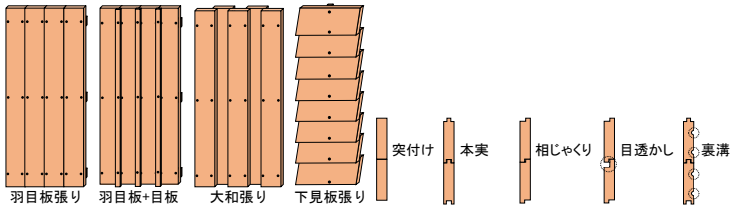
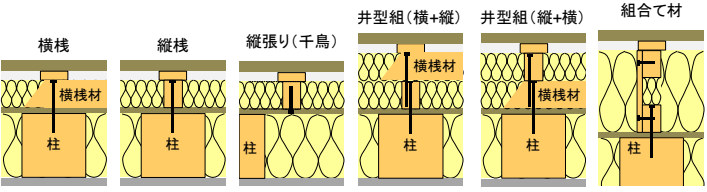
各構成材料	準耐火構造外壁の仕様	大臣認定にて包括できる仕様範囲 ※厚さは、図 5-2 中にて表記される各構成材料の厚さ以上とする。 ※留付け材は、表 2-8 に示す仕様とする。
・外装材	・木材（スギ材） ・横張り ・突付け	・木材（スギ以上の高密度の樹種すべて） ・横張り、縦張り ・次に示す張り方すべて 
・外装下地材 ②PS仕様	・シージングせっこうボード	・シージングせっこうボード、強化せっこうボード（防水防かびタイプ）、
・外装下地材 ③PF仕様	・なし（省略）	・なし（省略）、シージングせっこうボード、強化せっこうボード（防水防かびタイプ）、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板
・通気層	・厚さ 18 mm	・厚さ 18 mm以上
・付加断熱材 ①GW・RW仕様	・グラスウール	・グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール

表 5-7 準耐火構造外壁（枠組壁工法）の仕様と大臣認定の仕様範囲の関係（つづき）

<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱層 ①GW・RW 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> 横棧 	<ul style="list-style-type: none"> 次に示す棧木の組み方すべて 
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱材 ②PS 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> 押出法ポリスチレンフォーム 	<ul style="list-style-type: none"> 押出法ポリスチレンフォーム、ビーズ法ポリスチレンフォーム
<ul style="list-style-type: none"> 付加断熱材 ③PF 仕様 	<ul style="list-style-type: none"> フェノールフォーム 	<ul style="list-style-type: none"> フェノールフォーム
<ul style="list-style-type: none"> 構造用面材 	<ul style="list-style-type: none"> 構造用合板 	<ul style="list-style-type: none"> 構造用合板、構造用パネル、パーティクルボード、MDF、シーリングボード、硬質木毛セメント板、硬質木片セメント板、パルプセメント板、フレキシブル板、けい酸カルシウム板、スラグせっこう板、繊維混入けい酸カルシウム板、火山性ガラス質複層板、せっこうボード、強化せっこうボード
<ul style="list-style-type: none"> 充填断熱材 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール 	<ul style="list-style-type: none"> グラスウール、ロックウール、吹込み用グラスウール、吹込み用ロックウール
<ul style="list-style-type: none"> 枠材 	<ul style="list-style-type: none"> スタッド： 38 mm×89 mm 	<ul style="list-style-type: none"> スタッド：38 mm×89 mm以上
<ul style="list-style-type: none"> 内装材 	<ul style="list-style-type: none"> せっこうボード重張り、または、強化せっこうボード 	<ul style="list-style-type: none"> せっこうボード重張り、または、強化せっこうボード

6. まとめ

本研究では、道内の森林資源の資源循環および地域産業の振興を目指し、道産資材の需要量を拡大させる取り組みとして、北海道で普及する木造高断熱外壁の特徴を活かし、外装材に木材を用いた仕様で、かつ大臣認定取得が可能である防火構造外壁および準耐火構造外壁を、道内の建築事業者が施工する一般的な外壁仕様に対応して提案した。

第1章では、研究の背景、これまでの知見による木造高断熱外壁の防火性能の見通し、研究の目的、研究の概要について述べた。

第2章では、外壁仕様に関する検討として、道産資材の供給実態を確認した上で、断熱仕様・構成材料に関する既往調査の分析、道内建築事業者へのヒアリング調査より、道内の建築事業者が施工する一般的な外壁仕様を把握した。これらを踏まえ、開発対象となる外壁の基本仕様を定めた。

第3章では、多岐にわたる木質外装材の樹種や張り方について、小型加熱試験を行い、防火性能（遮熱性）との関係性を明らかにし、木質外装材の仕様を考える上での留意点を導いた。

第4章および第5章では、防耐火試験による検討、大臣認定の取得を想定した仕様範囲の整理を行って、防火構造、準耐火構造の大臣認定を取得できる外壁として、木造軸組工法、枠組壁工法の外壁に、3種類の付加断熱材を組合せて、計12仕様の外壁仕様を提案した。

なお、成果の普及に向けて、開発した12仕様の外壁仕様のうち、木造軸組工法の防火構造外壁3仕様については、付加断熱材の種類ごとに、該当する断熱材メーカーの工業会へ、すでに技術移転を完了している。現在、各工業会が「防火構造」の大臣認定を取得するため、性能評価を受けている。②PS仕様および③PF仕様は、すでに性能評価試験に合格しており、③PF仕様は令和2年4月頃に、②PS仕様は令和2年5月～6月に、大臣認定を取得できる予定である。①GW・RW仕様についても、性能評価試験が令和2年5月に予定されており、令和2年8月～9月に大臣認定が取得できる見込みである。

[参考文献]

- 1) (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, 調査研究報告「発泡プラスチック断熱材を用いた木造壁体の断熱工法と防火性能に関する研究」, 2014.3
- 2) (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, 調査研究報告「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」, 2017.3
- 3) 北海道水産林務部林業木材課:平成27年度カラマツ・トドマツ素材流通調査, 2016.12
- 4) 北海道水産林務部林業木材課:平成27年度北海道木材需給実績, 2017.1
- 5) (社)日本建築学会:構造材料の耐火性ガイドブック 第3版, (社)日本建築学会, 2017.3
- 6) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構:防耐火性能試験・評価業務方法書, 2017.3
- 7) 北海道立北方建築総合研究所, 調査研究報告「発泡プラスチック系断熱材の燃焼性状と評価技術に関する研究」, 2010.3

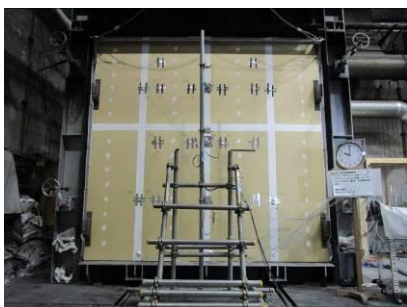
付 録

防耐火試験の記録

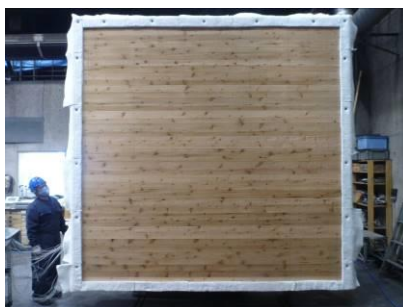
(1) 《屋外側加熱》 木造軸組工法・①GW 仕様.....	33
(2) 《屋外側加熱》 木造軸組工法・②XPS 仕様.....	35
(3) 《屋外側加熱》 木造軸組工法・③PF 仕様.....	37
(4) 《屋外側加熱》 桝組壁工法・①GW 仕様.....	39
(5) 《屋外側加熱》 桝組壁工法・③PF 仕様.....	41
(6) 【屋内側加熱】 木造軸組工法・③PF 仕様.....	43
(7) 【屋内側加熱】 桝組壁工法・③PF 仕様.....	45

防耐火試験の記録（１）《屋外側加熱》木造軸組工法・①GW仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品 (105 mm) 充てん／木材 (15 mm) ・グラスウール断熱材 16K 細繊維品 (50 mm) 表張／せっこうボード (12.5 mm) 裏張／木製軸組造外壁
試験年月日	平成 30年 2月 2日 10時27分～ 11時20分
性能ランク・加熱方向	30分防火構造・屋外加熱
時間	観察欄
2分 秒	木外装材の表面が黒くなる。
4分 秒	炉内観察不可
17分 秒	木外装材の脱落と思われる音を断続的に確認
48分 秒	炉内の視界回復。
50分 40秒	サーモグラフィー最高温度 200℃超
52分 50秒	遮炎性を喪失する（×遮炎性）
53分 秒	試験終了



試験体非加熱面（試験前）



試験体加熱面（試験前）



試験体加熱面（3分）



試験体非加熱面（30分）



試験体非加熱面（50分）



試験体裏面、燃え抜け（53分）

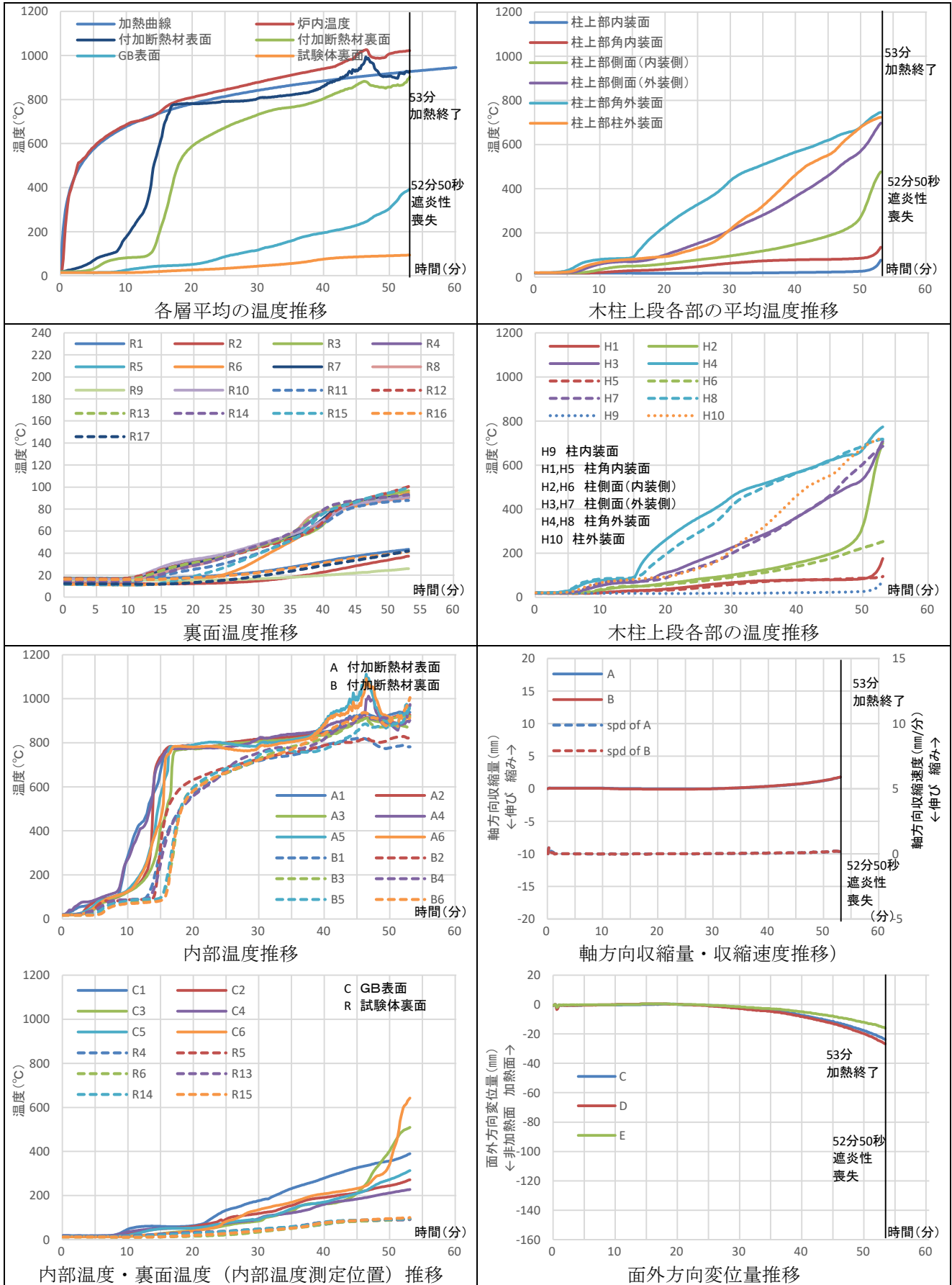


試験体加熱面（終了後）



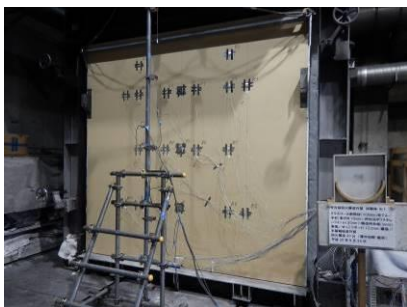
試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (1) 《屋外側加熱》木造軸組工法・①GW仕様



防耐火試験の記録（２）《屋外側加熱》木造軸組工法・②PS仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品 (105 mm) 充てん／木材 (15 mm) ・押出法ポリスチレンフォーム (20 mm) ・構造用合板 (9 mm) 表張／せっこうボード (12.5 mm) 裏張／木製軸組造外壁
試験年月日	平成 30年 9月 26日 14時31分～ 15時21分
性能ランク・加熱方向	30分防火構造・屋外加熱
時間	観察欄
1分 秒	木外装材の表面が黒くなる。
4分 秒	炉内が白く曇る。
4分 20秒	炉内観察不可
47分 秒	試験体裏面（内装材裏面）の上部で、一部黒くなる。（×遮熱性）
50分 30秒	裏面温度測定にて遮熱性を喪失する
50分 30秒	試験終了



試験体非加熱面（試験前）



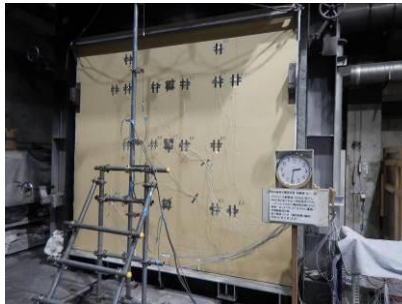
試験体加熱面（試験前）



試験体加熱面（2分）



炉内観察不可の状態続く（10分）



試験体非加熱面（30分）



非加熱面上部で黒変（47分）



試験体非加熱面（終了時）

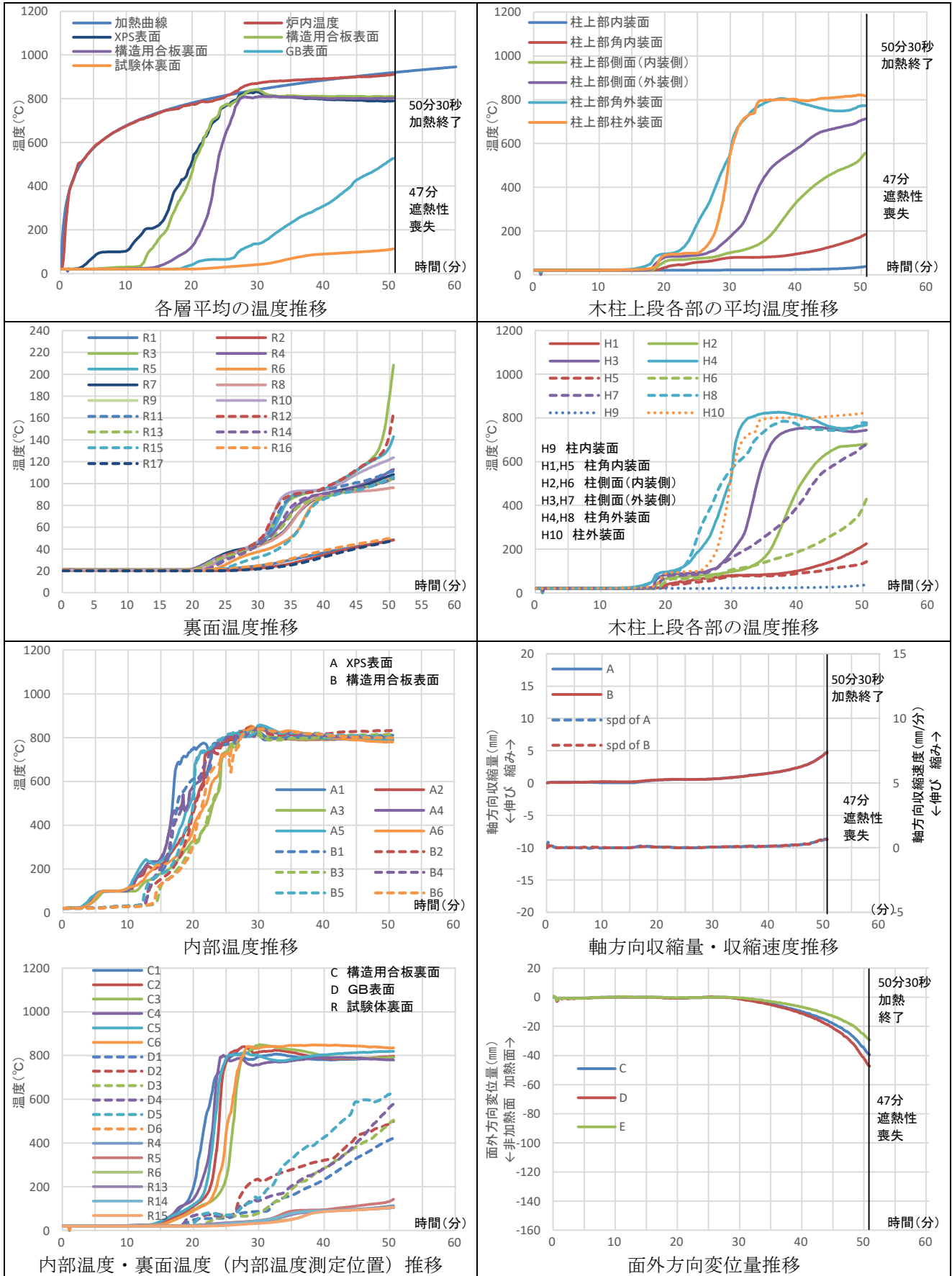


試験体加熱面（終了後）



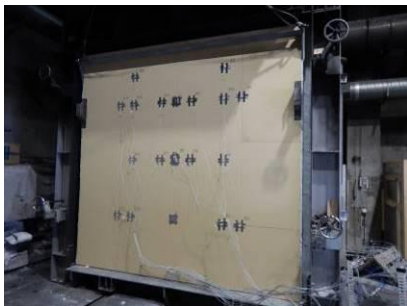
試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (2) 《屋外側加熱》木造軸組工法・②PS仕様



防耐火試験の記録 (3) 《屋外側加熱》木造軸組工法・③PF仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品 (105 mm) 充てん / 木材 (15 mm) ・フェノールフォーム (20 mm) ・構造用合板 (9 mm) 表張 / せっこうボード (12.5 mm) 裏張 / 木製軸組造外壁
試験年月日	平成 30年 9月 28日 10時32分～ 11時30分
性能ランク・加熱方向	30分防火構造・屋外加熱
時間	観察欄
1分 秒	木外装材の表面が黒くなる。
4分 秒	炉内が白く曇る。
4分 20秒	炉内観察不可
5分30秒	試験体裏面 (内装材裏面) の目地付近で、一部黒くなる。(×遮熱性)
5分70秒	柱が荷重支持能力を失う (×非損傷性)
5分80秒	試験終了



試験体非加熱面 (試験前)



試験体加熱面 (試験前)



炉内白く曇る (4分)



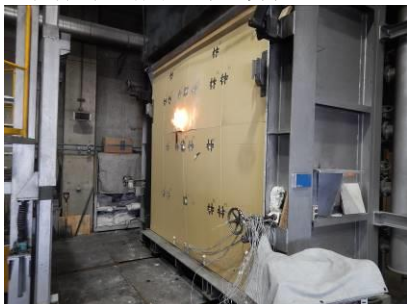
試験体非加熱面 (32分)



非加熱目地付近で黒変 (53分)



柱が座屈する (×非損傷性) (57分)



試験体非加熱面 (終了後)

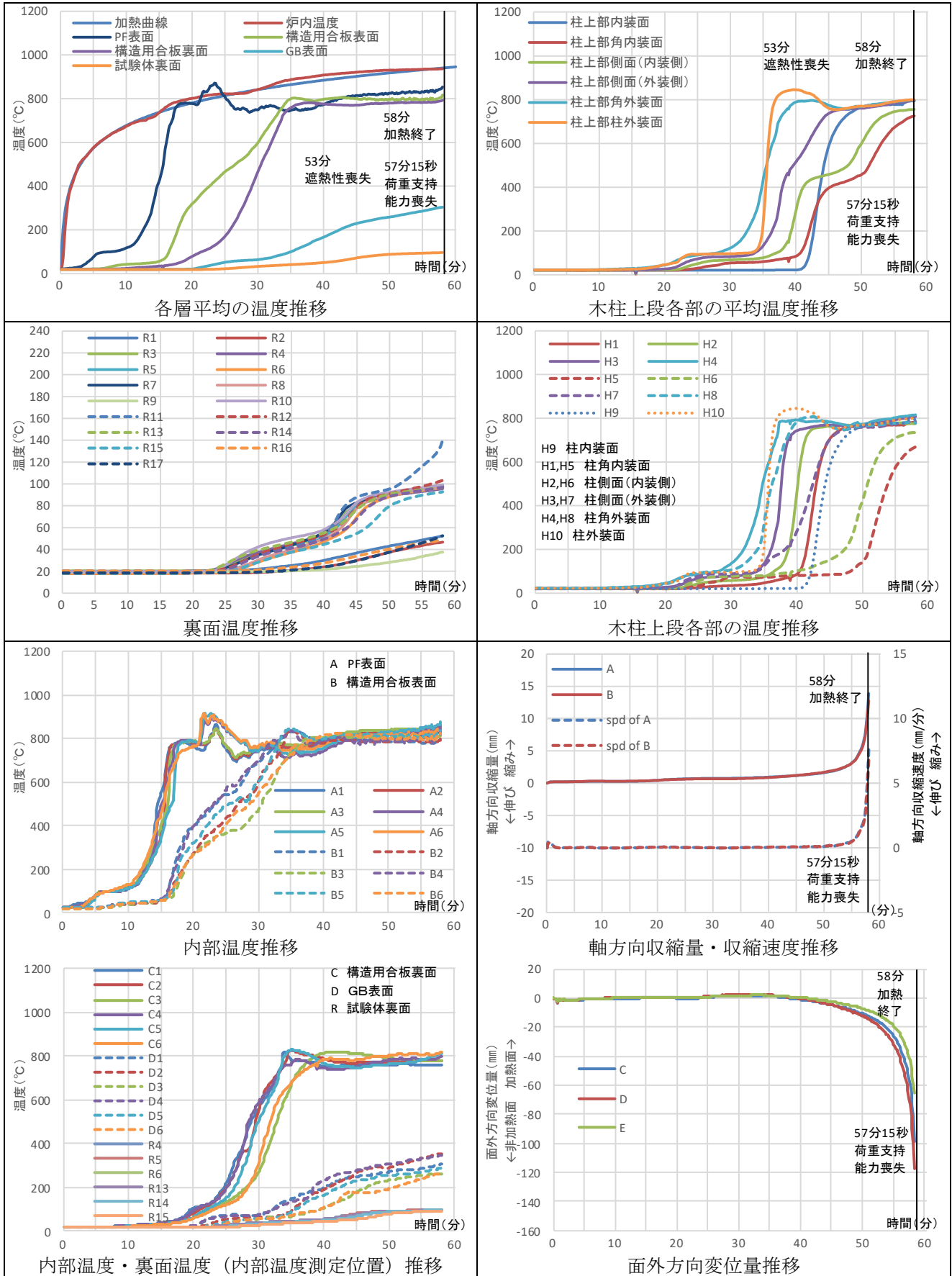


試験体加熱面 (終了後)



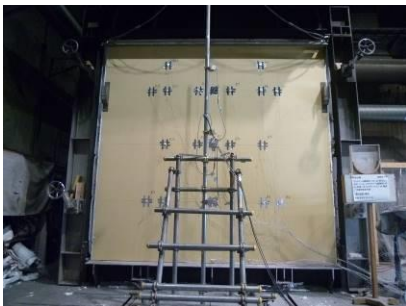
試験体加熱面 (終了後)

温度・変位量測定結果 (3) 《屋外側加熱》木造軸組工法・③PF仕様



防耐火試験の記録（４）《屋外側加熱》 枠組壁工法・①GW仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 10K(89 mm) 充てん／木材(15 mm)・グラスウール断熱材 10K(45 mm)・構造用合板(9 mm) 表張／せっこうボード(12.5 mm) 裏張／木製枠組造外壁
試験年月日	令和元年 6月 13日 14時43分～ 15時30分
性能ランク・加熱方向	30分防火構造・屋外加熱
時間	観察欄
3分 秒	木外装材の表面が黒くなる。
6分 秒	炉内白くくもる。炉内観察不可
15分 00秒	木外装材と思われる脱落音
46分 00秒	試験体裏面（内装材裏面）の上部で、一部黒くなる。（×遮熱性）
46分 20秒	遮炎性を喪失する（×遮炎性）
46分 45秒	試験終了



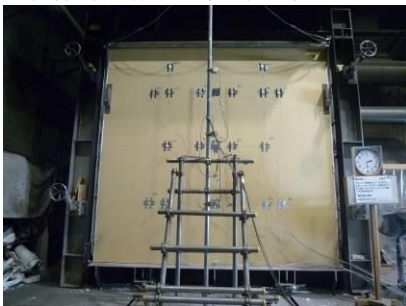
試験体非加熱面（試験前）



試験体加熱面（試験前）



試験体加熱面（3分）



試験体非加熱面（30分）



試験体非加熱面（42分）



試験体裏面上部、黒変（46分）

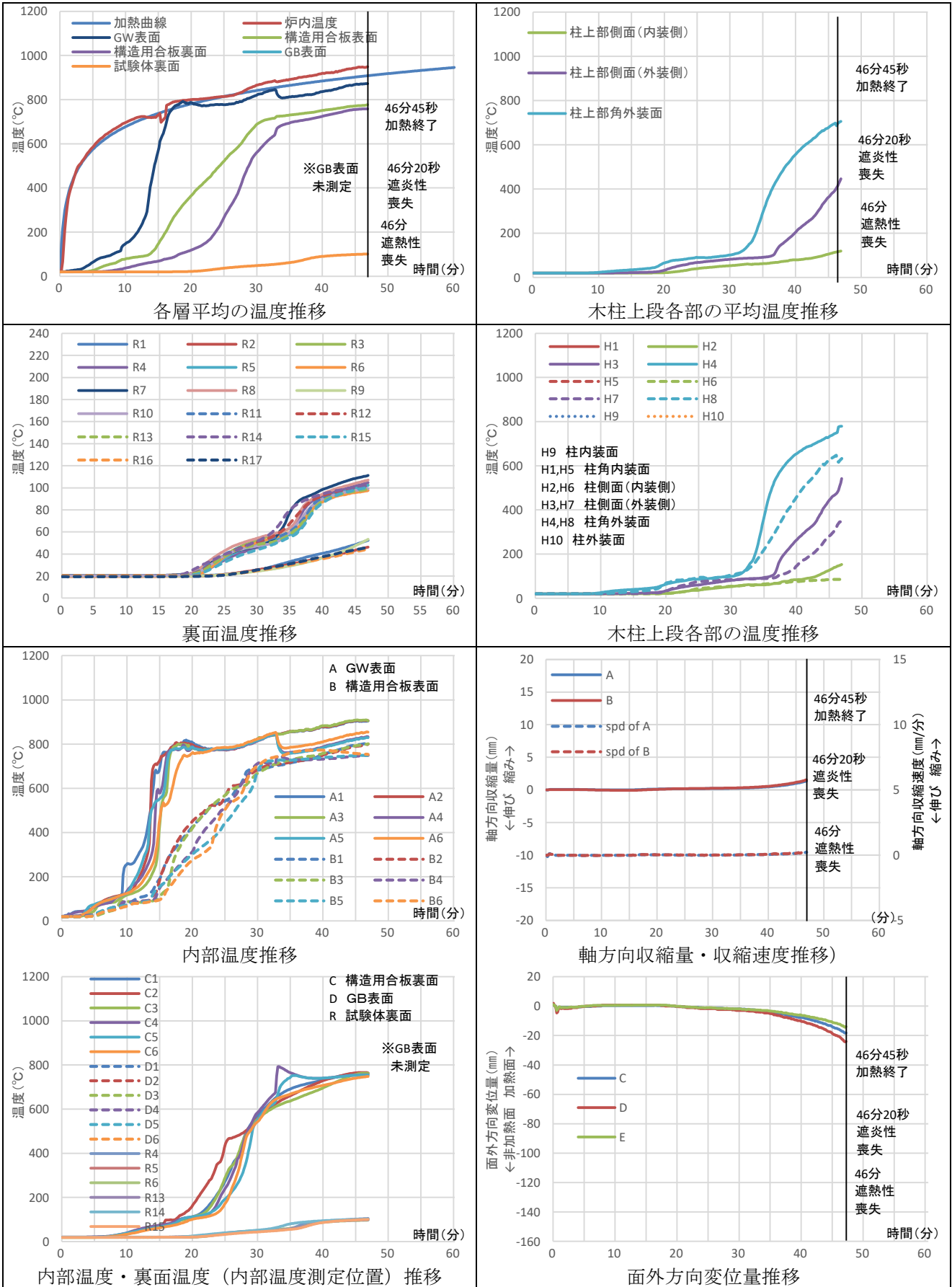


試験体加熱面（終了後）



試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (4) 《屋外側加熱》 枠組壁工法・①GW仕様

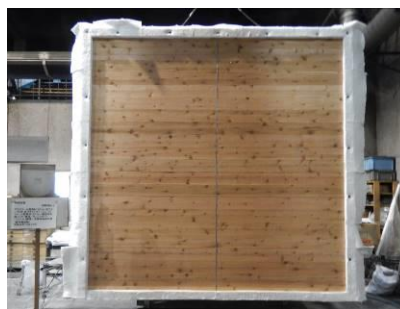


防耐火試験の記録（５）《屋外側加熱》 枠組壁工法・③PF仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品(89 mm) 充てん/木材(15 mm)・フェノールフォーム(20 mm)・構造用合板(9 mm) 表張/せっこうボード(12.5 mm) 裏張/木製枠組造外壁
試験年月日	令和元年 12月 19日 10時08分～ 11時01分
性能ランク・加熱方向	30分防火構造・屋外加熱
時間	観察欄
2分 30秒	木外装材の表面が黒くなる。
3分 15秒	木材の焦げる臭いが強くなる。
3分 40秒	炉内が白く曇る。
4分 30秒	炉内観察不可
4分 7秒 50秒	試験体裏面温度上昇度の最高値が 180Kを超える（×遮熱性）。
4分 9秒	試験体裏面 横目地より発煙
5分 1秒 40秒	試験体裏面の上部で一部黒くなり炎を確認（×遮炎性）。
5分 3秒	試験終了。柱は荷重支持能力を失わずに保持。



試験体非加熱面（試験前）



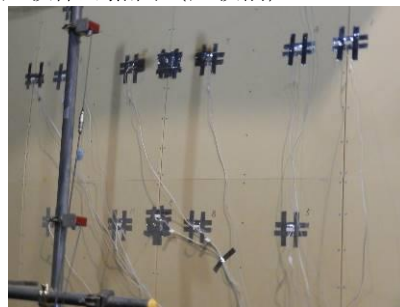
試験体加熱面（試験前）



試験体加熱面（2分）



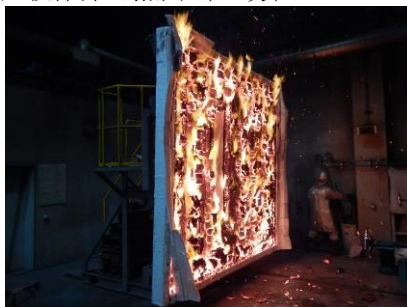
試験体非加熱面（30分）



裏面上部で黒変（51分）



試験体加熱面（54分）

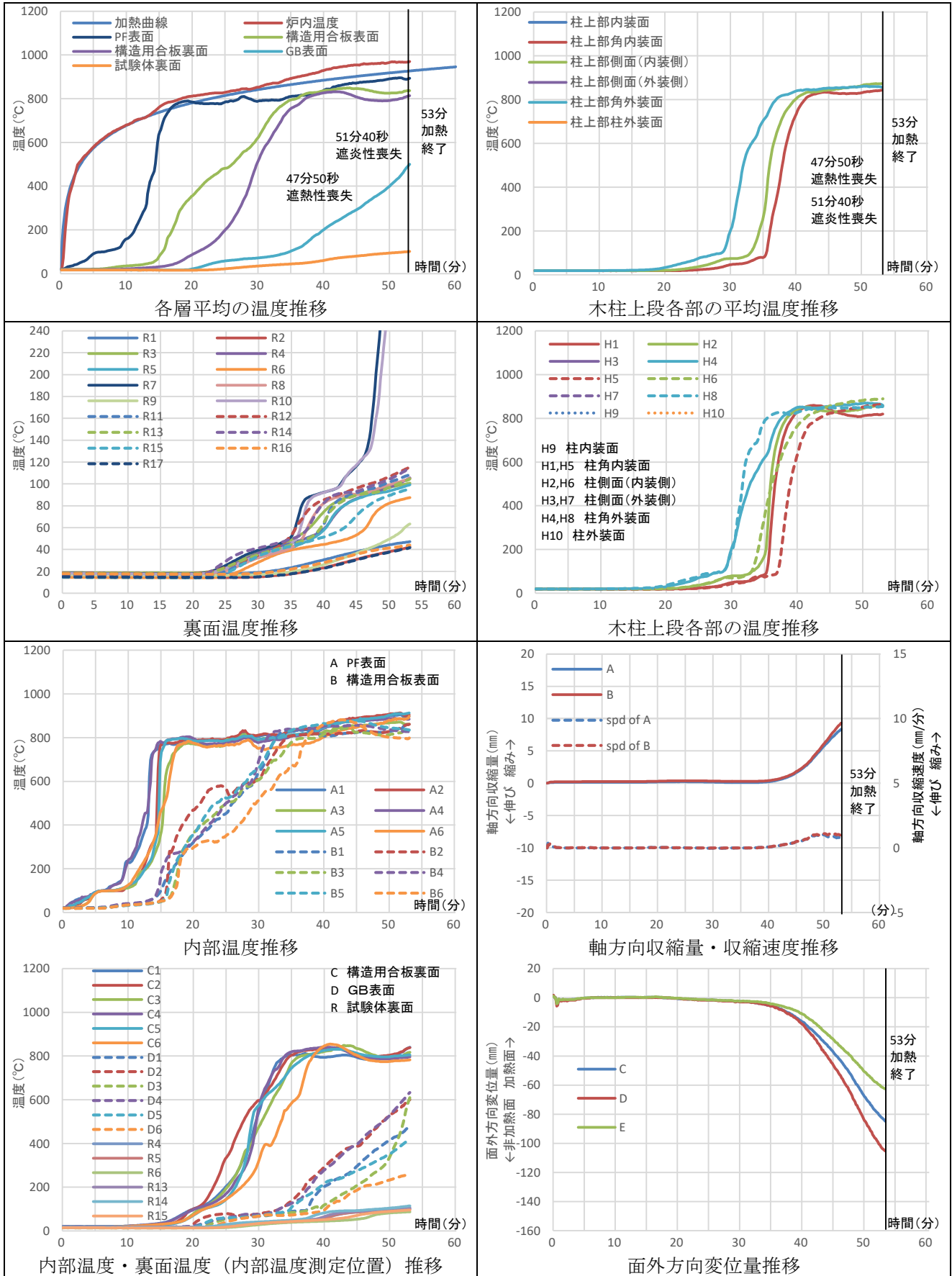


試験体加熱面（終了後）



試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (5) 《屋外側加熱》 枠組壁工法・③PF仕様《屋外加熱》



防耐火試験の記録（6）【屋内側加熱】木造軸組工法・③PF仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品 (105 mm) 充てん／木材 (15 mm) ・フェノールフォーム (20 mm) ・構造用合板 (9 mm) 表張／強化せっこうボード (15 mm) 裏張／木製軸組造外壁	
試験年月日	平成 30年 9月 27日 10時29分～ 11時29分	
性能ランク・加熱方向	4.5分準耐火構造・屋内加熱	
時間	観察欄	
6分 秒	せっこうボードの表面紙が剥がれる。	
8分 秒	せっこうボードの表面にひび割れが入る。	
14分 秒	縦のひび割れ部に浮きを確認。	
23分 秒	縦のひび割れ部の幅広がる。25分頃浮きがおさまる。	
26分 30秒	炉内が白く曇る。	
31分 秒	せっこうボードが脱落せず、ボードの角部がめくれる。	
31分 30秒	せっこうボードが脱落せず、ボードのひび割れがひらく。一部、微破片が脱落？	
33分 55秒	せっこうボードのひび割れ部が一部脱落（脱落開始）	
34分 50秒	せっこうボードのひび割れ部があるボードが1枚ごと脱落。	
35分 秒	炉内がさらに白く曇り観察不可。	
36分 18秒	せっこうボードの脱落音。37分にも脱落音。	
57分 秒	試験体裏面より発煙。	
60分 秒	安全確保のため試験終了。	



試験体非加熱面（試験前）



試験体加熱面（試験前）



せっこうボードのひび割れ (10分)



ひび割れ部に浮き (18分)



ひび割れ部の幅広がる (23分)



試験体裏面目地部より発煙 (57分)



試験体裏面（終了後）

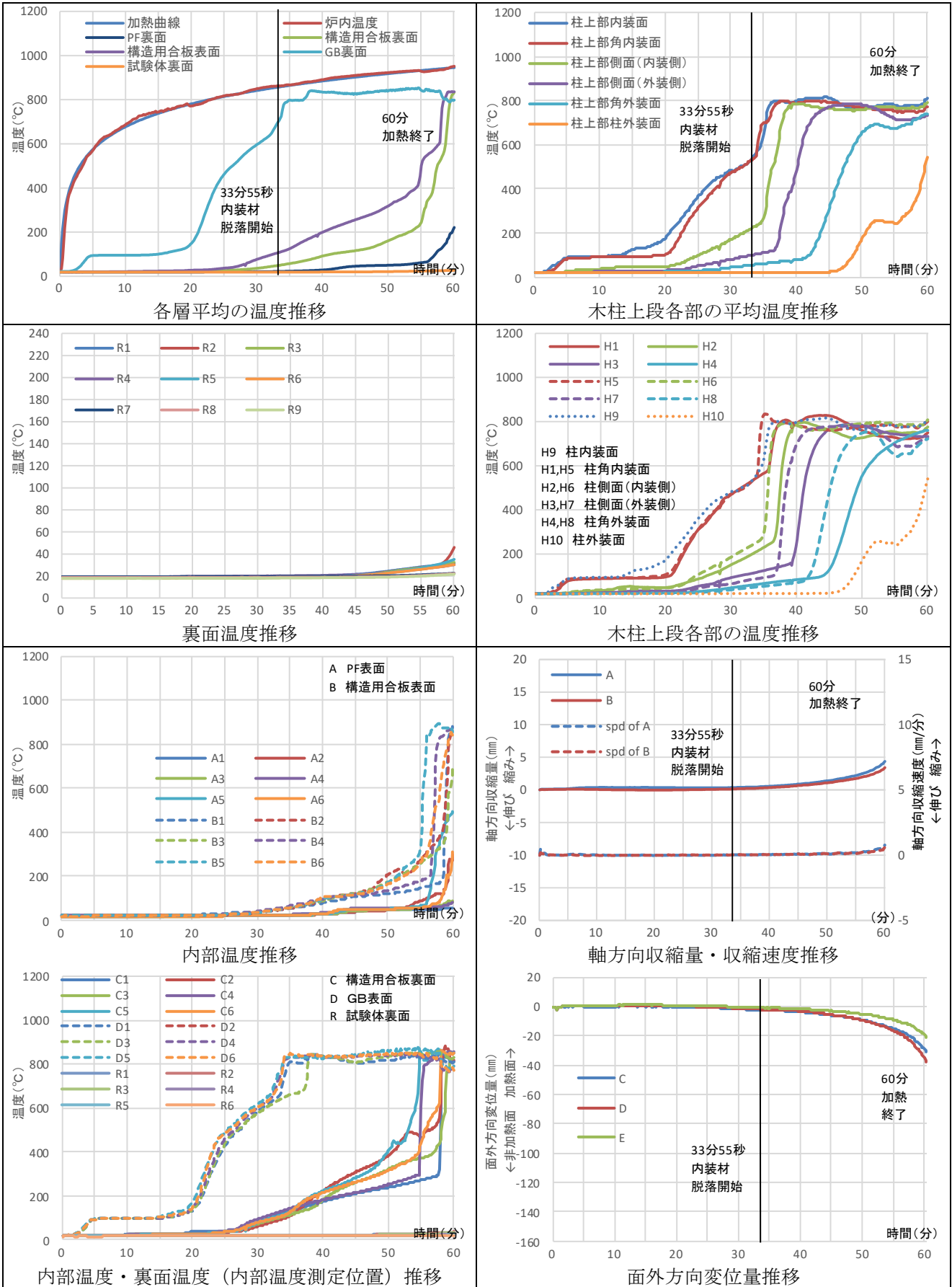


試験体加熱面（終了後）



試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (6) 【屋内側加熱】木造軸組工法・③PF仕様



防耐火試験の記録（7）【屋内側加熱】 枠組壁工法・③PF仕様

試験体仕様	グラスウール断熱材 16K 細繊維品(89 mm) 充てん/木材(15 mm)・フェノールフォーム(20 mm)・構造用合板(9 mm) 表張/強化せっこうボード(15 mm) 裏張/木製枠組造外壁
試験年月日	令和元年 12月 18日 14時46分～ 15時40分
性能ランク・加熱方向	45分準耐火構造・屋内加熱
時間	観察欄
4分 秒	せっこうボードの表面紙が黒変。
6分 30秒	せっこうボードの表面、縦にひび割れが入る。
7分 20秒	縦のひび割れ部に浮きを確認。
18分 20秒	横目地部に開きを確認。
25分 秒	縦のひび割れ部の幅広がる。
26分 16秒	せっこうボードの一部が脱落（脱落開始）。炉内が白く曇り、炉内観察不可。
29分 30秒	せっこうボードの脱落音。 以後、30分18秒、30分29秒、38分55秒、39分06秒、40分26秒に脱落音。
32分 秒	炉内の曇りが薄くなり、炉内観察が可能に。
33分 22秒	せっこうボードが大きくめくれて、炉内へせり出す。
50分 30秒	試験体裏面 横目地部より発煙。
53分 35秒	試験体裏面 横目地部より発煙が激しくなる。
54分 秒	安全確保のため試験終了。遮炎性は+1, 2分程度と考えられる。



試験体非加熱面（試験前）



試験体加熱面（試験前）



ひび割れ部に浮き（10分）



内装材の様子（23分）



試験体非加熱面（45分）



試験体裏面目地部より発煙（51分）



試験体加熱面（終了後）



試験体加熱面（終了後）

温度・変位量測定結果 (7) 【屋内側加熱】 枠組壁工法・③PF仕様

