

令和7年度建築基準整備促進事業

F29

既存建築物の防火性能評価及び
改修手法の合理化に関する検討

一般財団法人 日本建築防災協会

共同研究：国立研究開発法人建築研究所

検討の目的

検討の背景

令和4年度建築基準法改正において、一定範囲の増築等をする場合には、防火・避難規定の**遡及適用を緩和することとした**。ただし、本改正による**緩和の適用**は、小規模な増改築や各規定の適用上別の建築物とみなすことができる部分を増改築する場合等、**限定的な改修に限られている**。



今後、建築物全体で防火性能を評価する手法を確立し、**仮に現行基準に満たない部分が残されていたとしても他の措置で補うことを評価**することができるようになれば、遡及適用の緩和範囲を拡大するとともに、より合理的な改修手法を提示できるようになると考えられる。

下記の2点を検討し、技術的資料をまとめる。

検討の目的

- ①防火・避難規定の既存不適格建築物において、改修による現行基準適合が困難であり、合理化ニーズの高い規定等の調査
- ②既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る知見の整理 2

検討体制

- ・(国研)建築研究所との共同研究として実施。
- ・委員会において、年度の検討方針及び課題を検討し、成果のとりまとめを行う。調査・知見収集等はWGを設けて行い、国土交通省・国総研とも連携しつつ実施する。

検討の実施方針

(イ)ニーズ等の調査(R6年に実施、次ページに記載)

防火・避難規定の既存不適格建築物において、改修による現行基準適合が困難であり、合理化ニーズの高い規定等の調査を行う。

(ロ)既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る知見の整理(R6、7年に実施)

既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法や、防火性能を高めるための改修手法に係る既存の知見の収集・整理を行う。

(1)(イ)の結果を踏まえて整理した合理化ニーズの高い規定について、「既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法」「防火性能を高めるための改修手法」に関する既存の知見を、文献調査等により収集する。必要に応じ、海外における対応事例についても調査する。

(ハ)既存建築物の防火性能を評価する手法や改修手法に係る検討(R7年に実施)

(イ)及び(ロ)の内容を踏まえ、合理化ニーズの高い規定等を中心に既存建築物の実態に応じて防火性能を評価する手法や、防火性能を高めるための改修手法に関する技術的資料をまとめる。なお、必要に応じてシミュレーション等を実施し、改修手法の妥当性等の確認を行う。

R7年に実施した検討内容の説明

- 1 既存建築物の防火性能を評価する手法の検討
- 2 評価手法を用いた計算事例
- 3 屋根不燃規定の合理化に関する検討
- 4 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討

1 次ページで示す部位について、延焼防止性能検証法を一部修正した方法により、建築物から隣接建築物へ延焼する確率である「延焼確率 p 」を算定し、火災統計に基づき設定した「参照延焼率 p_{cr} 」と比較し、既存建築物の現行性能への適合性を判定する手法を検討した。

2 木造戸建て住宅モデルを設定し、階間空間の面積、延焼のおそれのある部分の外周長さ、外壁・軒裏・開口部の延焼抵抗時間を用いて延焼確率を算定する計算事例を示した。

3 現行の屋根不燃規定を着火限界受熱量、燃え抜け防止性能、発熱速度、火炎高さ、必要離隔距離等により評価する方法を検討した。

4 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する調査を行った。

改修における検討部位

住宅生産者から挙げた改修工事における問題点

※建築物の延焼のおそれのある部分全体に遡及されることが障壁となっている

凡例

＜問題となっている箇所＞

改修の障壁と問題となる根拠（法令）及び障壁となる理由

参考＜屋根＞

不燃材で葺く

→ヒアリングでは現状問題なし

検証は難しい

~~＜バルコニー等の FRP 防水＞~~

~~飛び火の大臣認定は下地を含めたものが多く確認が不可能~~

＜階間の屋内側＞

2000 年以降防火構造の告示改正により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要

（木造枠組工法以外）

屋根の軒先の桁方向も同様の問題

階高の効果を追加する改修により検証可能

＜妻壁の屋内側＞

2000 年以降防火構造の告示改正により防火被覆（せっこうボードの張り上げ）が必要（特に軒先付近の施工が困難）

※建築物の防火避難規定の解説 2023 p20 参照

＜軒天＞

準防火地域の延焼ライン内は防火構造以上
既存の仕様の確認が困難

本来、外壁と軒裏は異なる部分だが、まとめてしまう

＜防火設備＞

- ・2000 年以前の防火サッシは現在の大員認定制度と異なる運用のため、増改築の際に交換が必要
- ・後から準防火地域に指定され、増改築の際に交換が必要（いずれも、枠ごと交換が必要で障壁が大きい）

特段の改修なく検証可能

階高の効果を追加する改修により検証可能

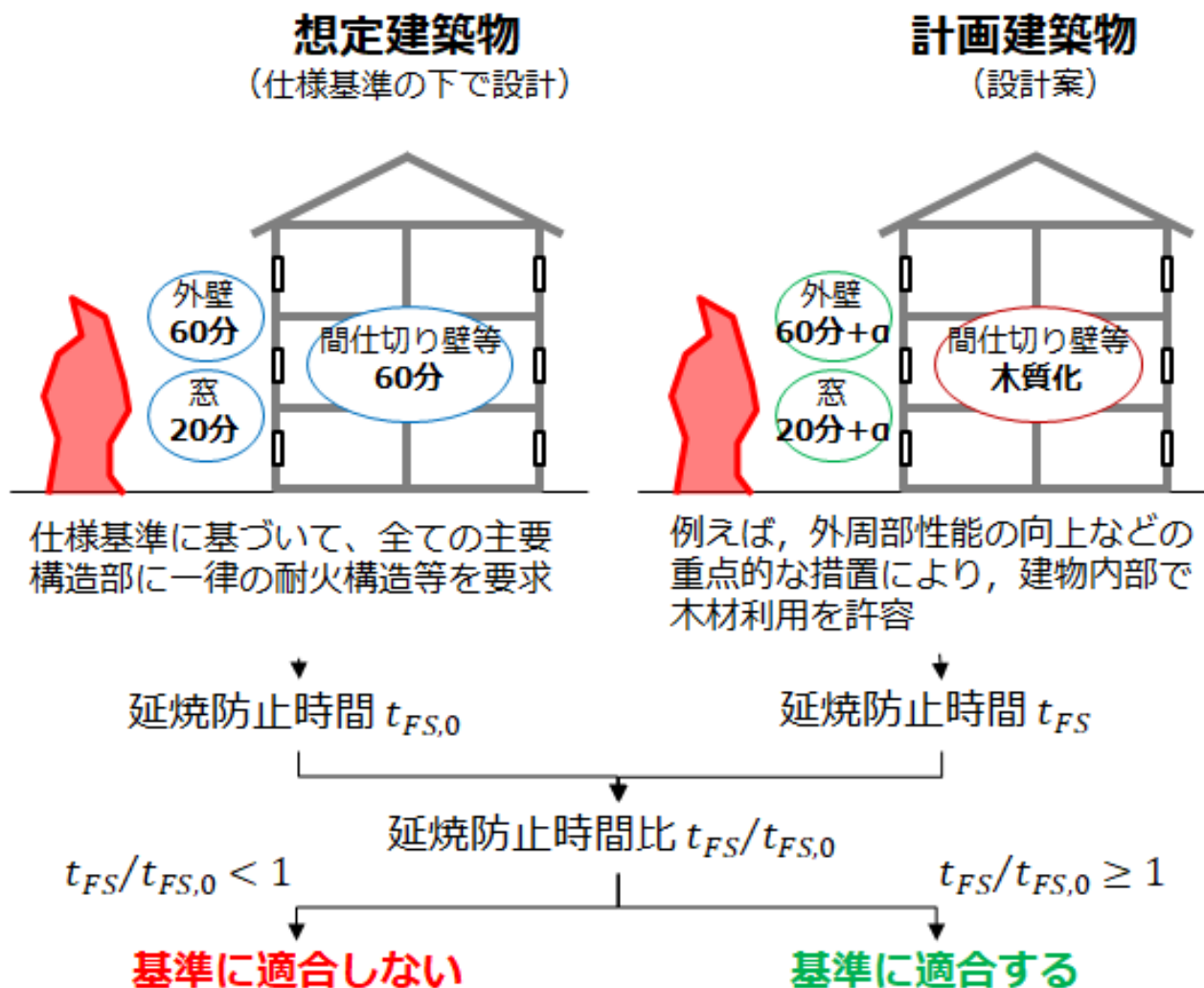
1. 既存建築物の防火性能を評価する 手法の検討

2. 評価手法を用いた計算事例
3. 屋根不燃規定の合理化に関する検討
4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への
影響に関する検討

1-1. 検討の基本的な考え方

延焼防止性能検証法 (H30年法改正で導入)

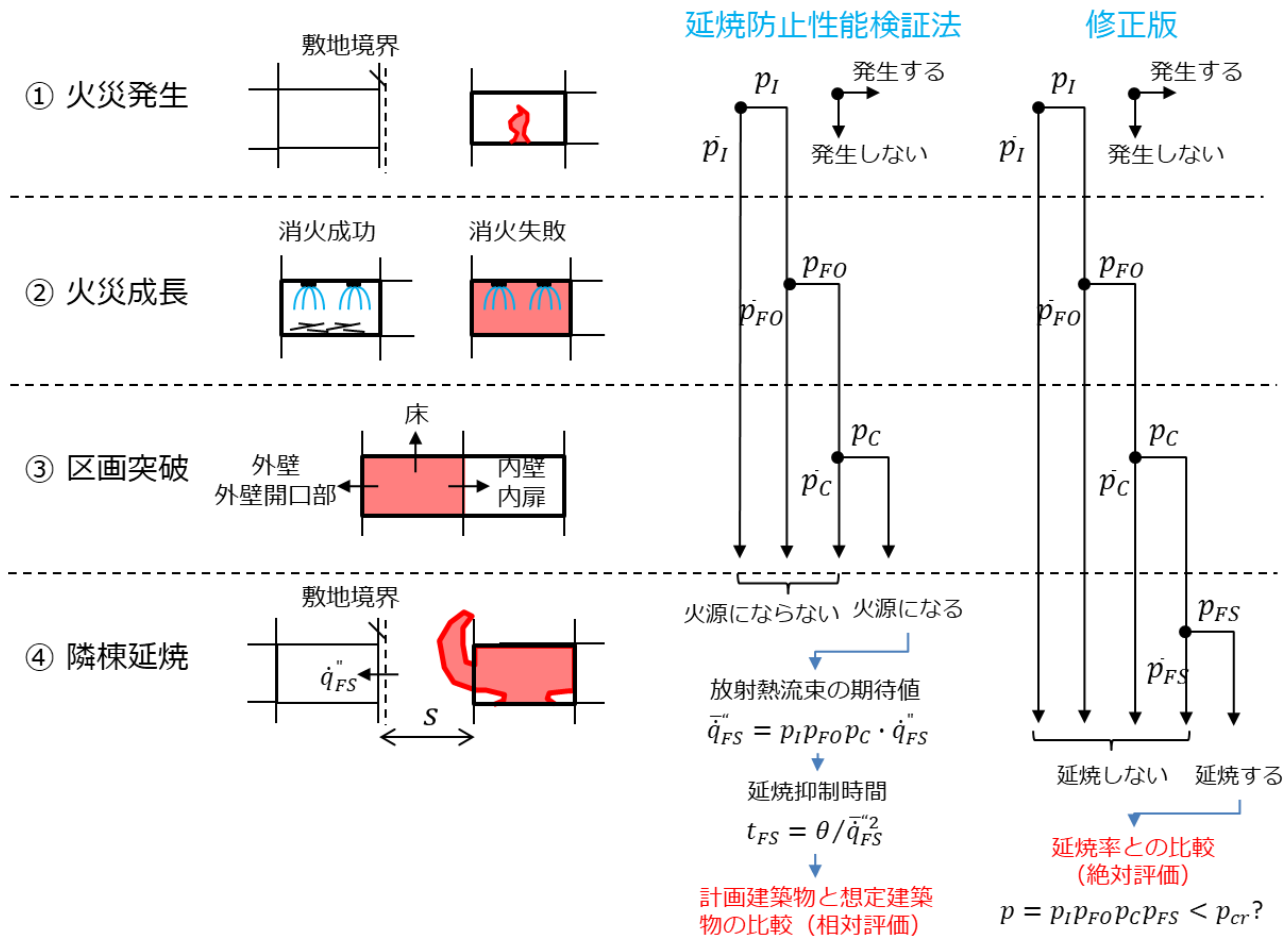
- 「想定建築物」と「計画建築物」の延焼防止時間の相対評価に基づいて基準適合を判定



1-1. 検討の基本的な考え方

延焼防止性能検証法の修正

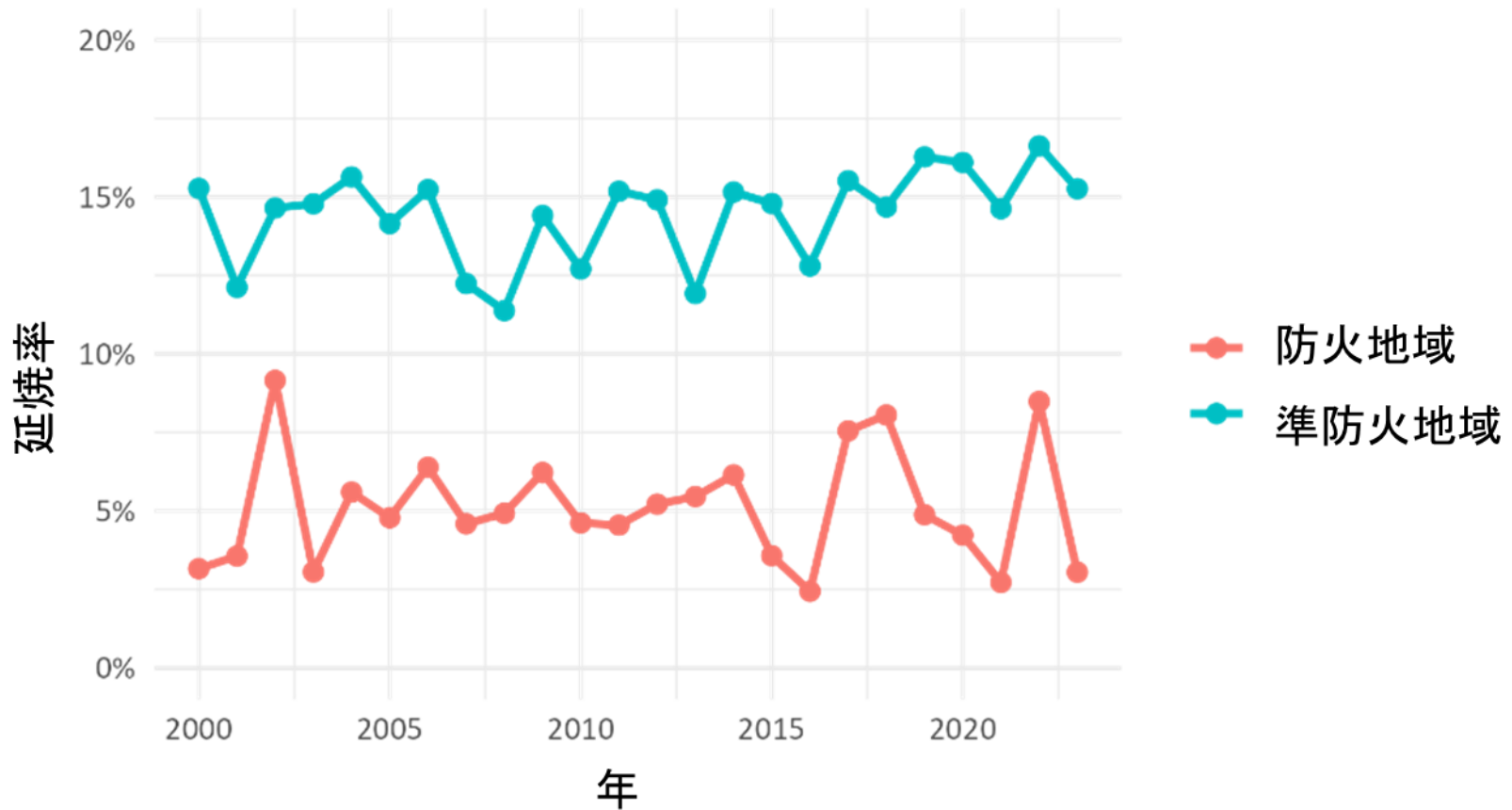
- 相対評価では, 敷地境界からのセットバック距離などの一部効果を検証できない。
- 絶対基準である「参照延焼率」と「延焼確率」の比較から性能検証できるよう修正



1-2. 参照延焼率

火災統計(消防庁による火災報告)に基づく参照延焼率の設定

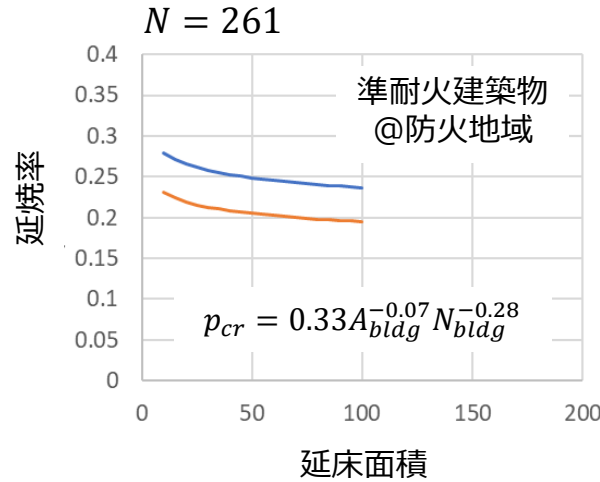
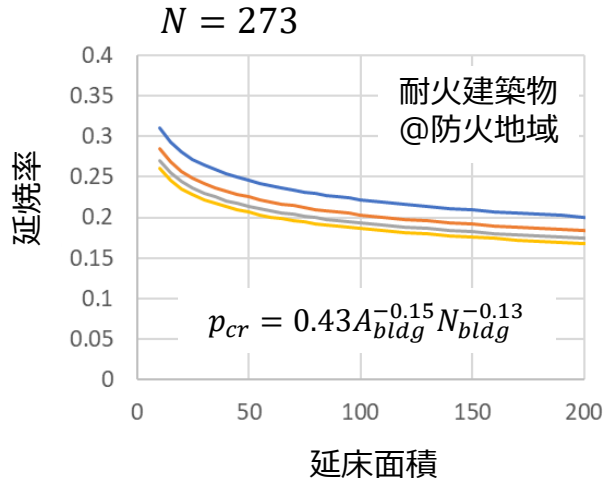
- 法61条は, 1950年の法制定以降, 一部の軽微な改正を除いて基本的な枠組みは不変
- 防火地域・準防火地域での建築物の延焼防止性能は, 法が目指す安全水準に近づいていると仮定し, 実際の延焼率から「参照延焼率」を抽出



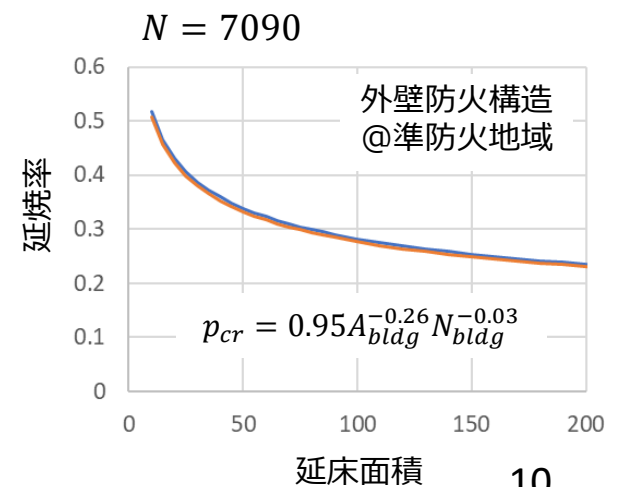
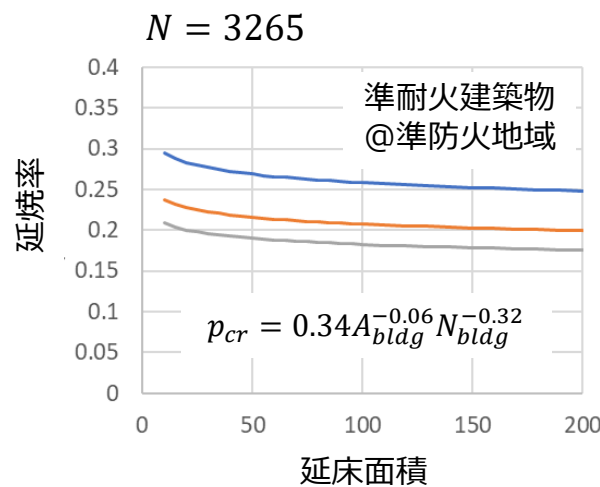
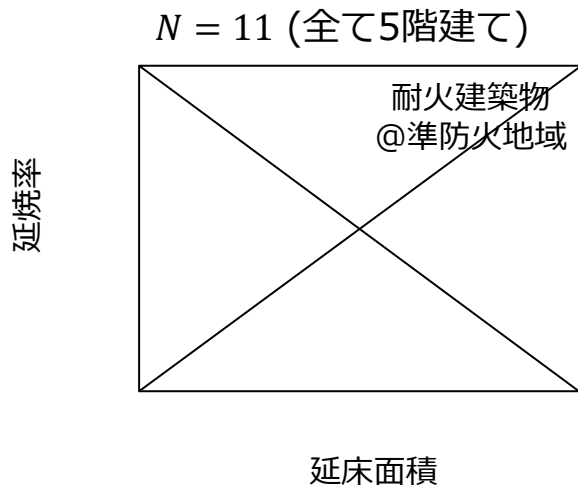
1-2. 参照延焼率

火災統計(消防庁による火災報告)に基づく参照延焼率の設定

- 法61条の耐火要求に応じた, 階数別, 延床面積(上限200m²)別の回帰式を求め, 参照延焼率を計算



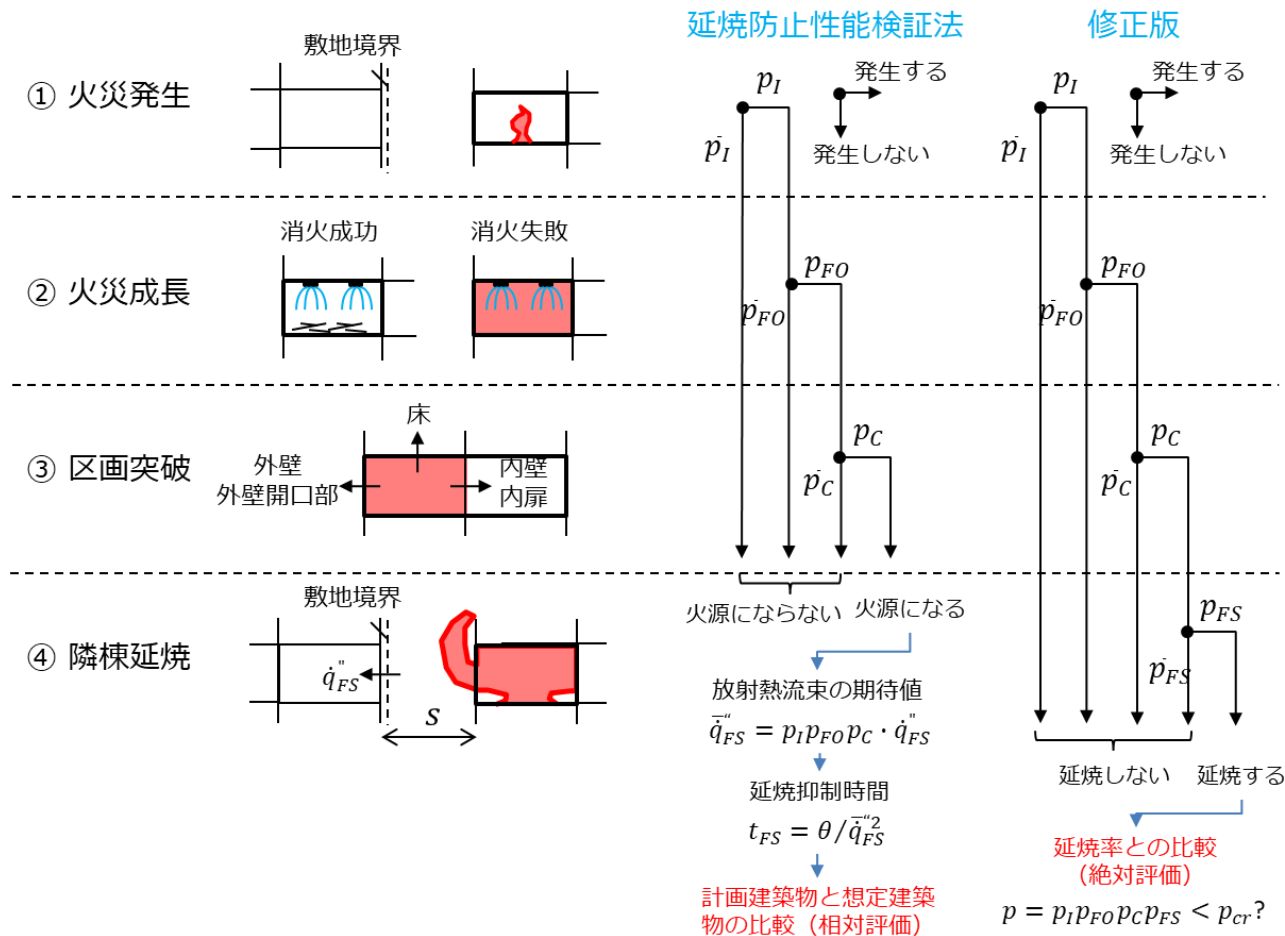
- 平屋建て
- 二階建て
- 三階建て
- 四階建て



1-3. 延焼確率

延焼確率 p^* の計算

- ある区画で火災が発生し、その火災が区画内で成長し、区画境界が破壊され、隣接建築物に着火するという一連の事象の連続的な発生をイベントツリーに基づき評価



1-4. 検討結果

検討の基本条件

- 敷地配置, 延床面積, 平面計画等を変化させた計16のモデルケースを設定

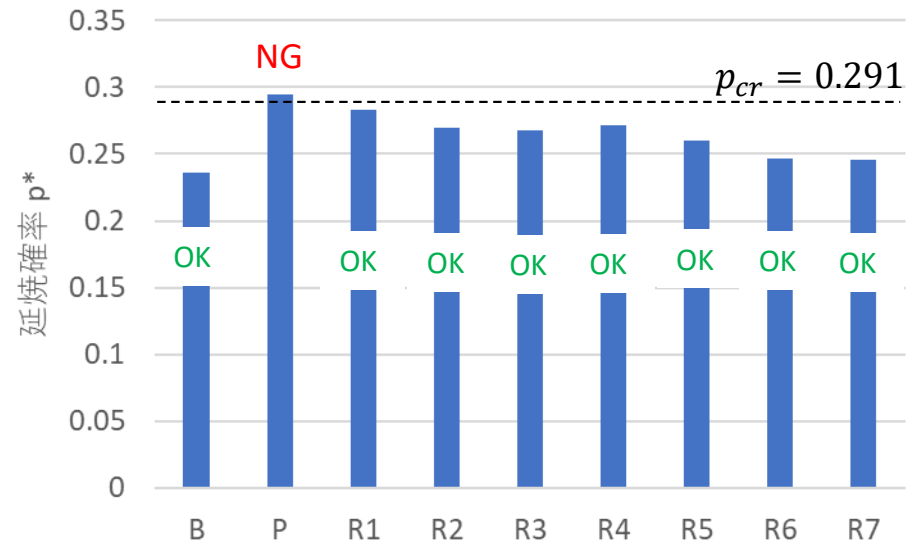
モデルケース	敷地条件	延床面積 (m ²)	室		階間			室と階間	外周		
			分割数	平均面積 (m ²)	面積 (m ²)	分割数	平均面積 (m ²)	面積比	長さ (m)	「延焼のおそれのある部分」内の長さ (m)	長さ比
1-1	I	87.78	9	9.75	39.78	1	39.78	4.07	54.6	51.01	0.93
	I	87.78	9	9.75	39.78	4	9.94	1.01	54.6	51.01	0.93
	II	87.78	9	9.75	39.78	1	39.78	4.07	54.6	43.16	0.79
	II	87.78	9	9.75	39.78	4	9.94	1.01	54.6	43.16	0.79
1-2	I	99.37	9	11.0	59.62	1	59.62	5.39	60.06	57.32	0.95
	I	99.37	9	11.0	59.62	6	9.93	0.89	60.06	57.32	0.95
	II	99.37	9	11.0	59.62	1	59.62	5.39	60.06	44.98	0.74
	II	99.37	9	11.0	59.62	6	9.93	0.89	60.06	44.98	0.74
2-1	I	99.37	13	7.64	47.2	1	47.2	6.17	58.24	42.08	0.72
	I	99.37	12	8.28	47.2	2	23.6	2.84	58.24	42.08	0.72
	II	99.37	13	7.64	47.2	1	47.2	6.17	58.24	34.22	0.58
	II	99.37	12	8.28	47.2	2	23.6	2.84	58.24	34.22	0.58
2-2	I	99.37	13	7.64	55.48	1	55.48	7.25	61.88	40.26	0.65
	I	99.37	12	8.28	55.48	3	18.49	2.23	61.88	40.26	0.65
	II	99.37	13	7.64	55.48	1	55.48	7.25	61.88	32.4	0.52
	II	99.37	12	8.28	55.48	3	18.49	2.23	61.88	32.4	0.52

1-4. 検討結果

検討結果の例(モデルケース1-1, 敷地条件 I, 階間分割数1の場合)

- 各モデルケースにおいて, 外壁, 外壁開口部および内壁の延焼抵抗時間を9段階(条件B, P, R1~R7)に変化させ, 延焼防止性能の法適合性を確認
- 延焼確率 p^* と参照延焼率 p_{cr} と比較した結果, 当該建物の場合は, 条件Pのみ要求水準に達していないことを確認

	検討条件	延焼抵抗時間 t_R ※			
		外壁 (階間・ 小屋裏)	外壁 (その他 の部分)	外壁(開 口部)	内壁(階 間部分)
B	現状(基準適合)	30	30	30	30
P	現状(基準不適合)	20	20	5	30
R1	開口部強化	20	20	10	30
R2		20	20	20	30
R3		20	20	30	30
R4	階間区画化+開口部強化	20	20	5	30
R5		20	20	10	30
R6		20	20	20	30
R7		20	20	30	30



※小規模建築物の場合, 外壁以外の部分の要求性能は基準によって定められていないため, 代表的な仕様に基づいて値を設定

1-4. 検討結果

修正延焼防止性能検証法による計算結果の回帰

- 設計実務での利用を念頭に、計算結果の重回帰モデルを利用して手続きを簡略化

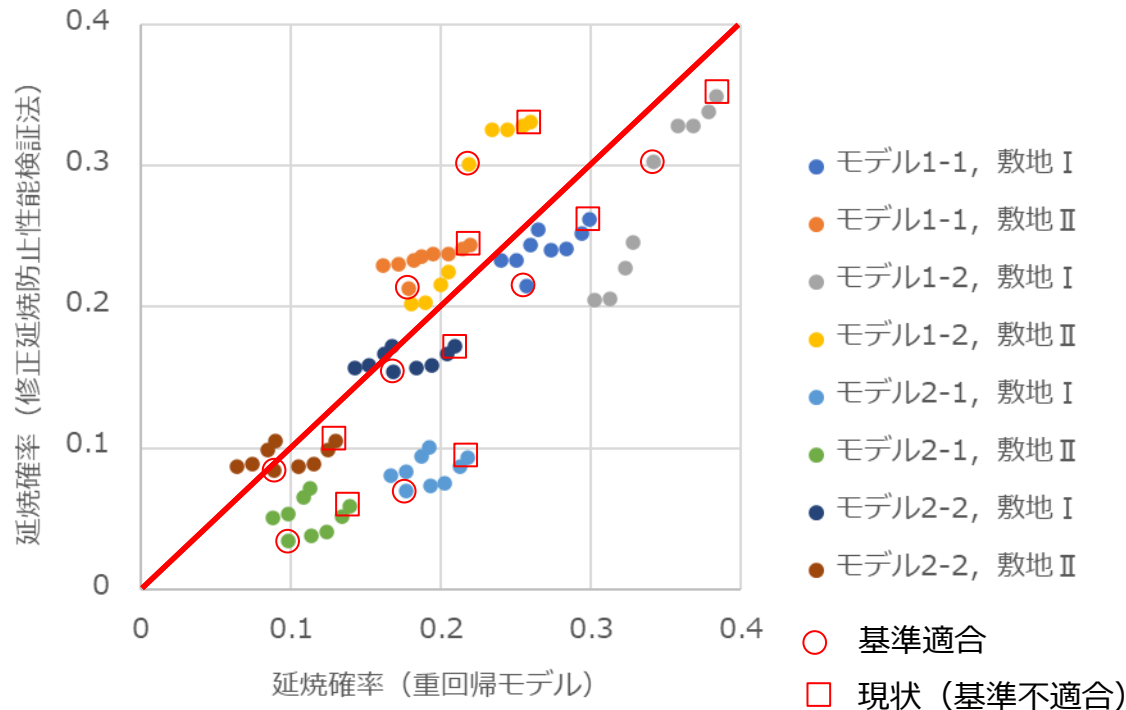
$$p = -0.197 + (1.13x_1 + 9.97x_2 - 2.64x_3 - 1.01x_4) \times 10^{-3}$$

x_1 : 階間空間の平均面積 (m²)

x_2 : 「延焼のおそれのある範囲」内の外周長さ (m)

x_3 : 延焼抵抗時間 (外壁) (分)

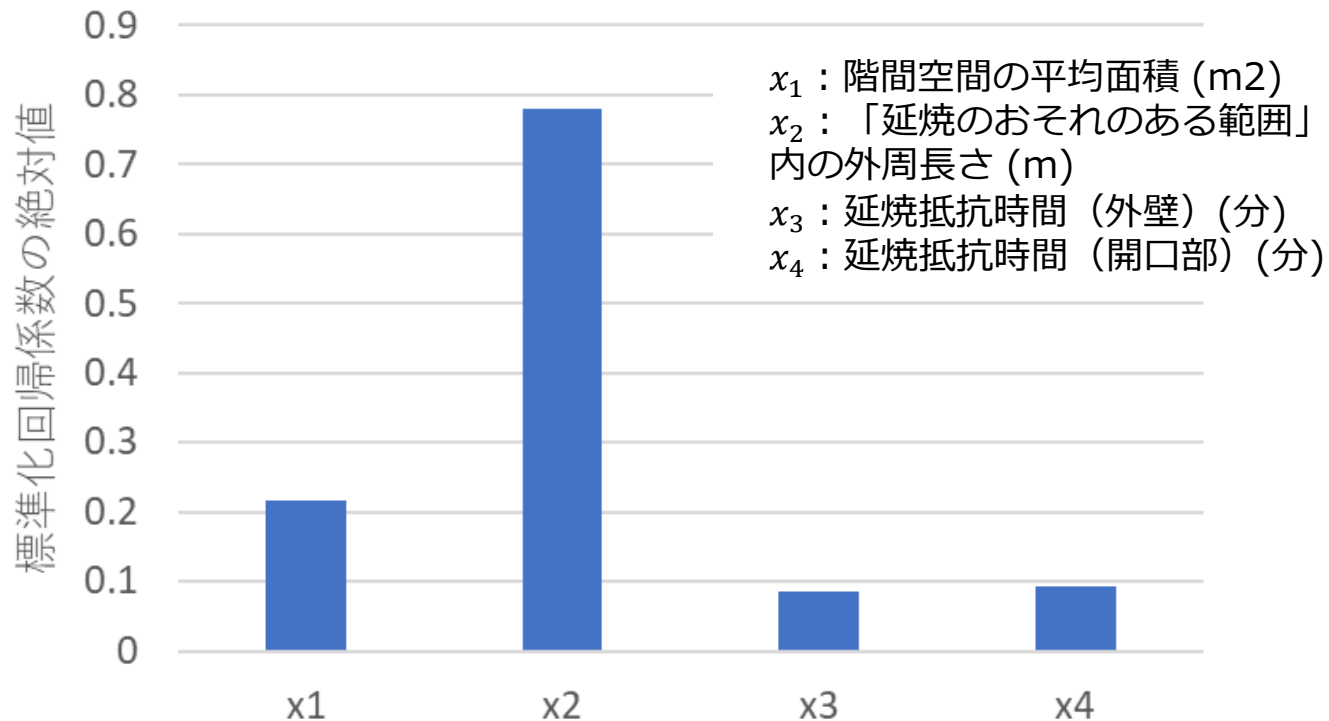
x_4 : 延焼抵抗時間 (開口部) (分)



1-4. 検討結果

説明変数の影響度

- 標準化回帰係数の絶対値に基づけば、「延焼のおそれのある部分」内の外周長さ x_2 の影響が最も大きく、階段間空間の平均面積 x_1 がそれに次ぐ結果となった。



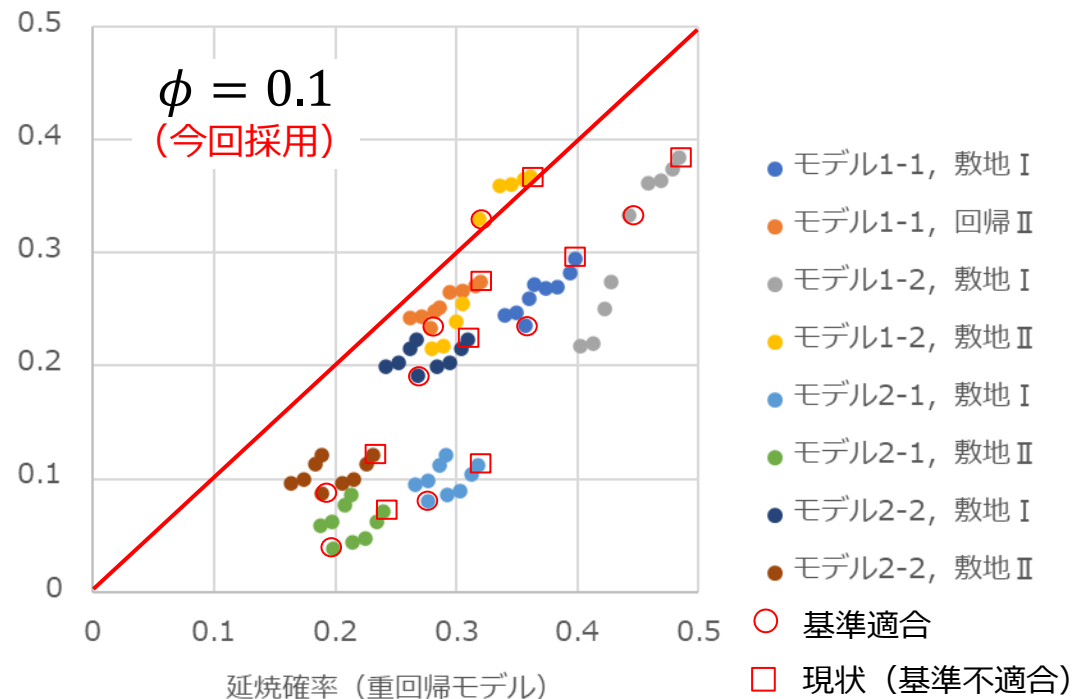
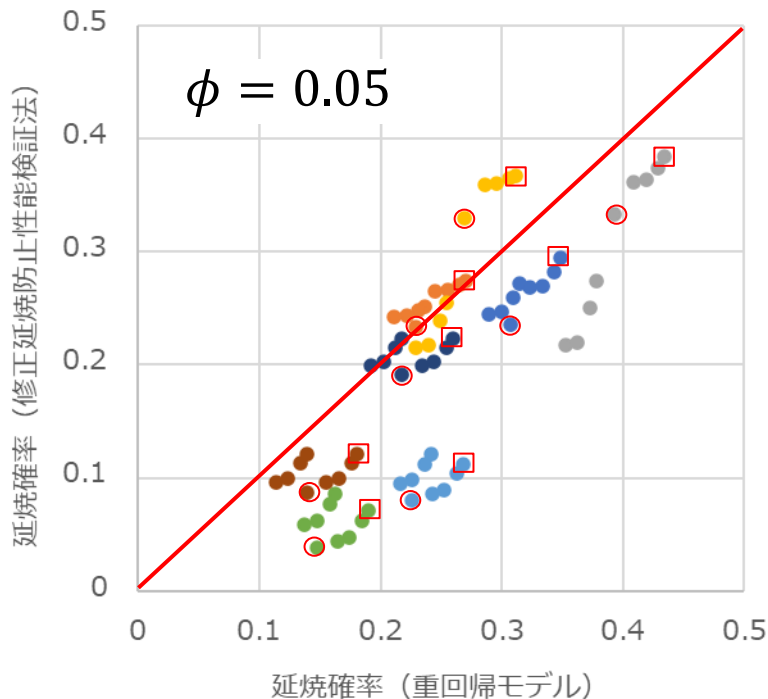
1-4. 検討結果

安全係数 ϕ の導入

- データ点には相当程度のばらつきがある。
- 安全係数 ϕ を追加することで回帰式を修正し、安全側の評価を行えるようにする。

$$p = -0.197 + (1.13x_1 + 9.97x_2 - 2.64x_3 - 1.01x_4) \times 10^{-3} + \phi$$

安全係数

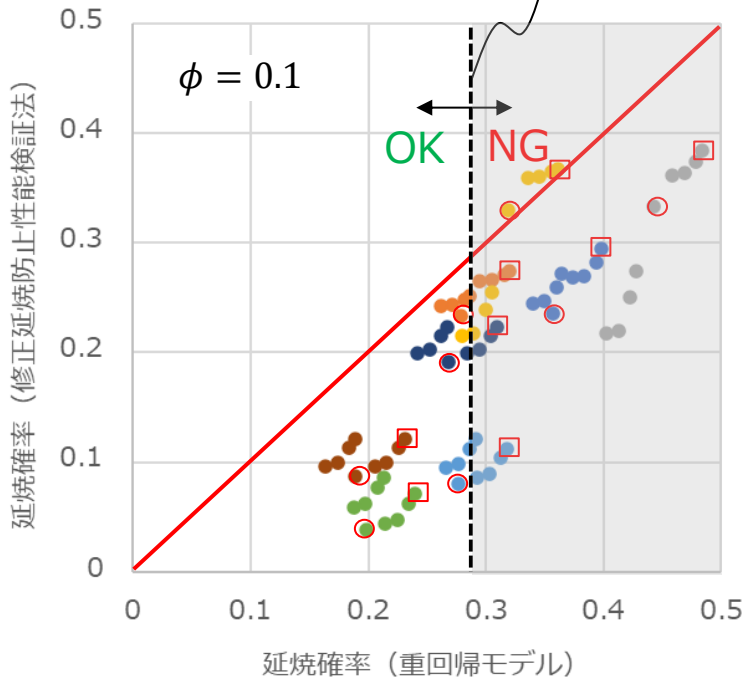


1-4. 検討結果

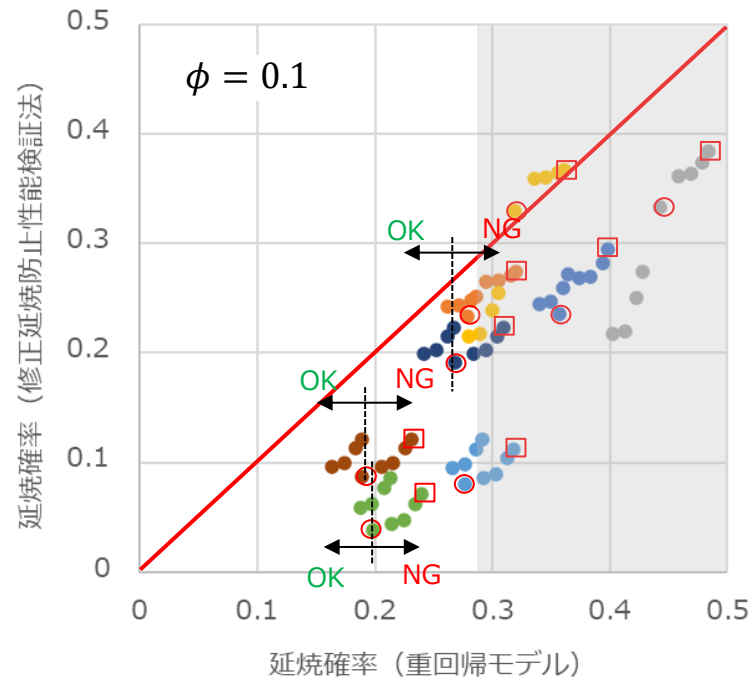
これまでに示した手続きに基づく基準適合性の判定

- 改修後の延焼確率 p^* が、当該建築物の立地および規模に応じて決まる参照延焼率 p_{cr} と同じか下回っていること
- 改修後の延焼確率 p^* が、当該建築物の各部位が仕樣的に基準適合した場合の延焼確率 p^* と同じか下回っていること

準防火地域, 2階建て,
延床面積100m²未満の場合
 $p_{cr} = 0.291$



改修後の延焼確率が一定水準以下



基準適合条件下での延焼確率以下

- モデル1-1, 敷地 I
- モデル1-1, 回帰 II
- モデル1-2, 敷地 I
- モデル1-2, 敷地 II
- モデル2-1, 敷地 I
- モデル2-1, 敷地 II
- モデル2-2, 敷地 I
- モデル2-2, 敷地 II
- 基準適合
- 現状 (基準不適合)

1. 既存建築物の防火性能を評価する手法の検討

2. 評価手法を用いた計算事例

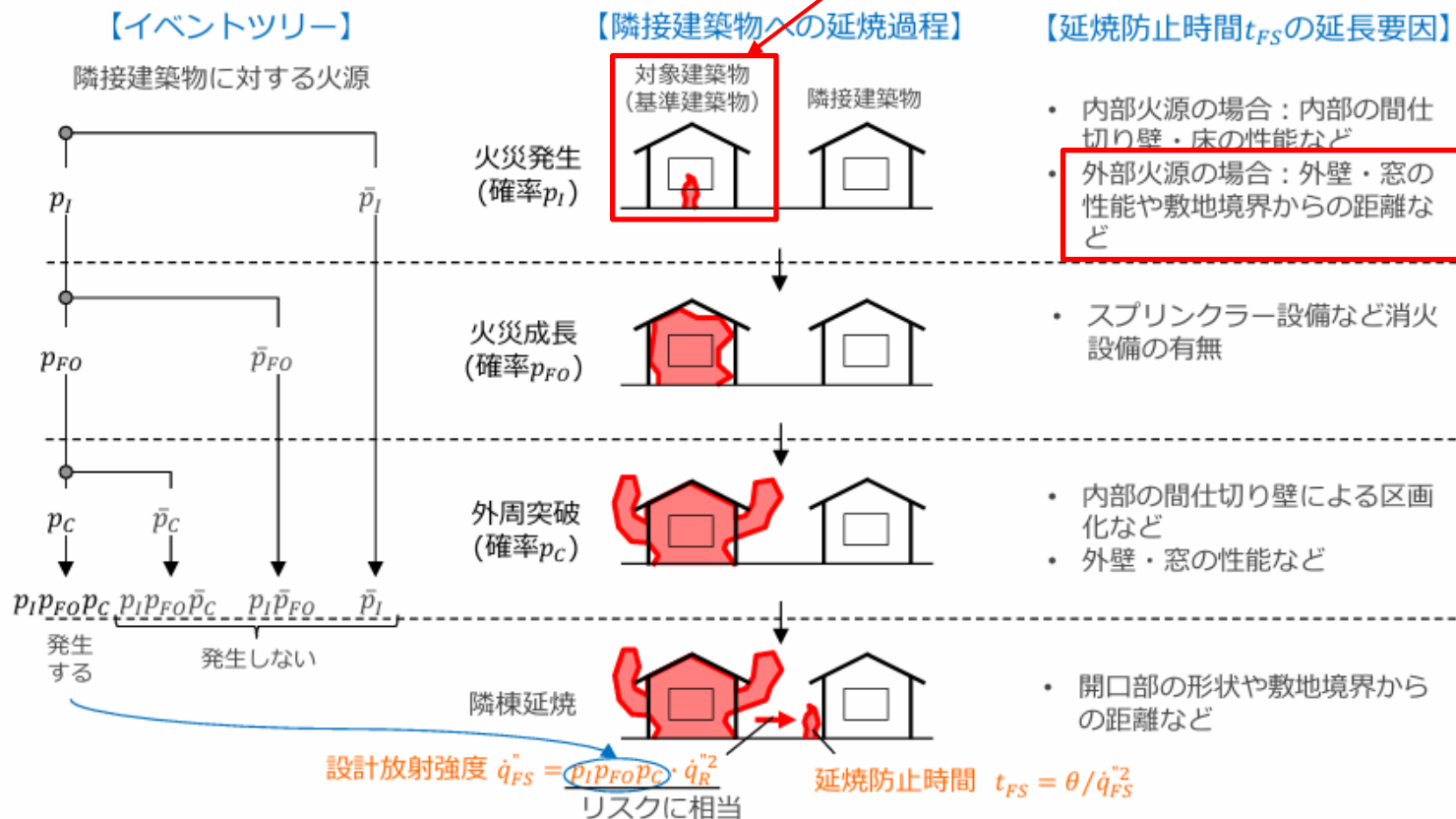
3. 屋根不燃規定の合理化に関する検討

4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への
影響に関する検討

2-1. 延焼防止性能検証法における防火性能を高める要素

■ 延焼防止性能検証法で想定されている延焼過程

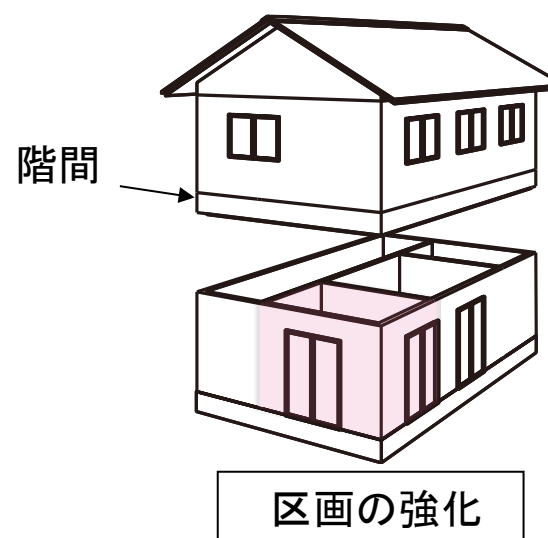
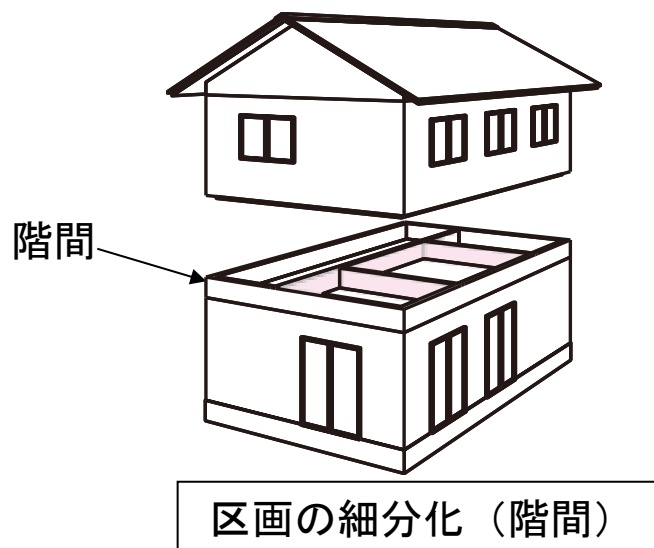
本検討では、外部火源による着火を想定する。



2-1. 延焼防止性能検証法における防火性能を高める要素

■ 延焼防止性能検証法における防火性能を高める要素

要素	内容
区画の細分化	階間、小屋裏を含む区画に、一定の延焼防止性能を持つ間仕切りを追加
区画の強化	空間を構成する屋根、外壁、開口部、天井、床、間仕切壁等の防火被覆を補強
消火設備の導入	スプリンクラーの導入
離隔距離の確保	敷地境界や隣棟等との離隔距離を確保



2-1. 延焼防止性能検証法における防火性能を高める要素

■ 令和6年度にまとめた改修手法の延焼防止性能検証法の観点による整理

方針		要素	令和6年度にまとめた代替措置となる改修手法の例
区画の細分化		間仕切りの追加	改修する居室上部の階間や小屋裏に間仕切りを追加(令和7年度新規)
区画の強化	外周の延焼抵抗時間を延長	屋根(屋外側)の強化	屋根の仕上げ材、又は下地材の防火被覆を強化
		屋根(屋内側)の強化	小屋裏内もしくは最上階天井の防火被覆の強化
		外壁(屋外側)の強化	(小屋裏や階間の)屋外側の防火被覆を強化
		外壁(屋内側)の強化	(小屋裏や階間の)屋内側の防火被覆を強化 (ファイヤーストップ材の施工も考えられる。)
		開口部の強化	開口部の防火性能の向上
	外周に面しない部分の延焼抵抗時間を延長	天井、間仕切壁及び床の強化	改修する居室の内側から、天井、間仕切り壁及び床の防火被覆の全てが一定の延焼抵抗時間以上になるように強化
消火設備の導入		スプリンクラーの設置	自動作用型消火設備(薬剤による消火等)を設置
離隔距離の確保		—	(同一敷地内の)対向する建築物における次の条件等を考慮して、離隔距離を設定する。 <ul style="list-style-type: none"> ・対向する面の開口率 ・対向する面の開口部が防火設備か ・対向する面の開口部の位置が対向配置か
		防火塀の設置	防火塀の設置を考慮した離隔距離とする。 21

2-2. 改修動機・目的を踏まえた防火改修のシナリオの想定

■ 改修動機・目的を踏まえた既存不適格建築物の改修シナリオの想定

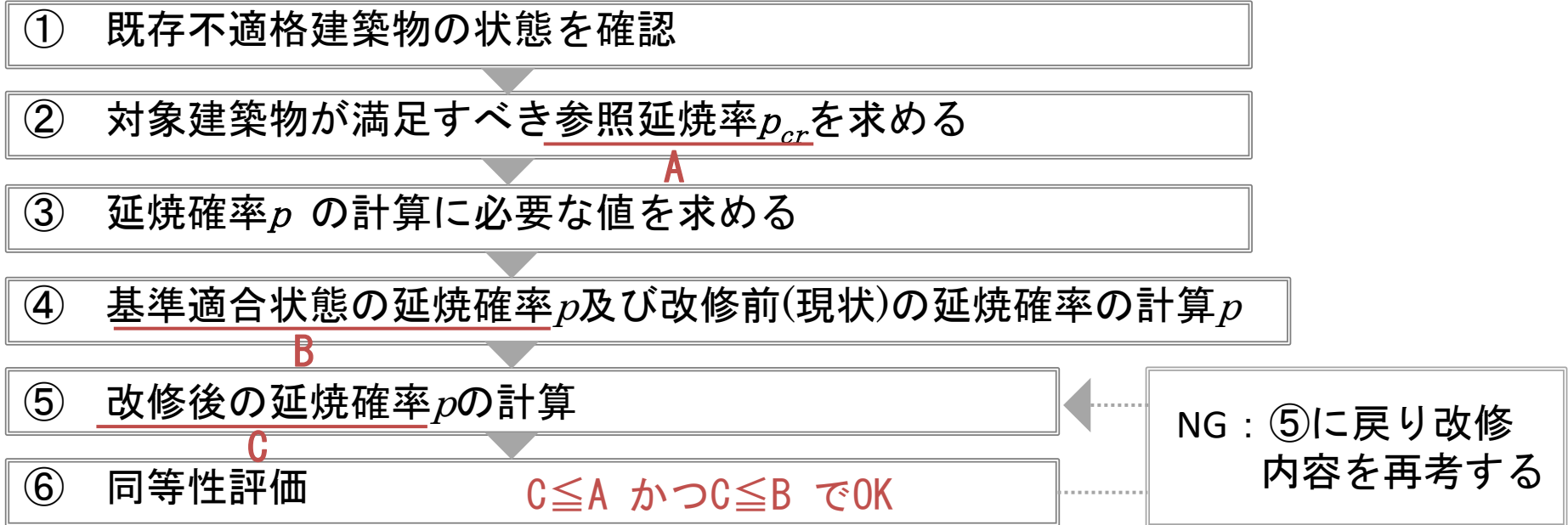
 : 今回の検討内の
計算事例で変数
となったもの

・防火性能の向上は改修動機にはなりにくく、他の改修時（省エネ改修、美観維持等）に防火性能に係る既存不適格部分を現行法令に適合させる必要が生じて行われることが多い。

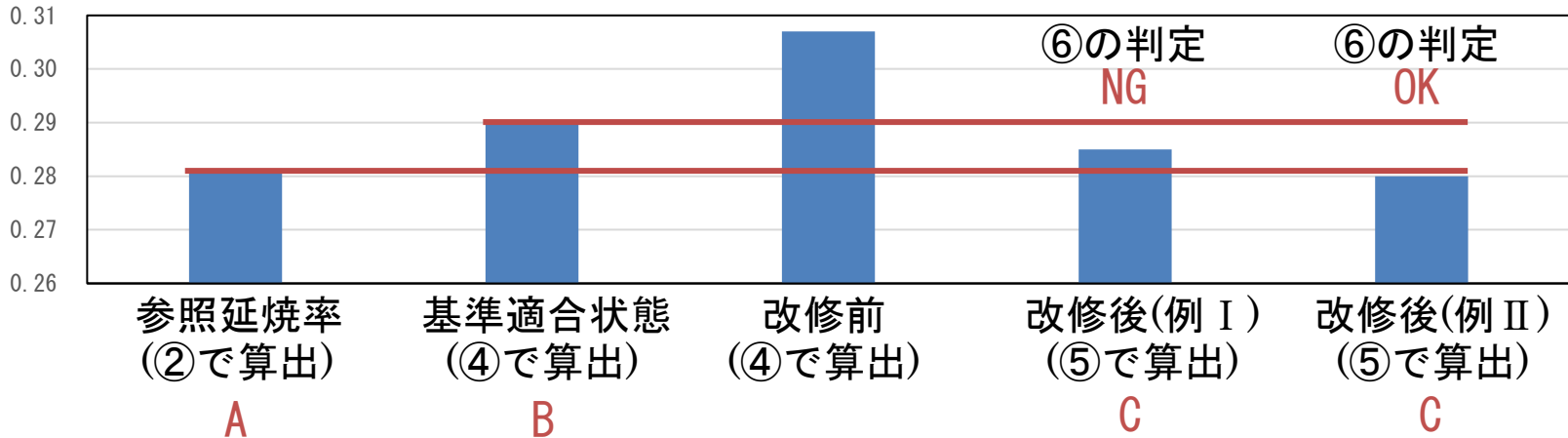
動機・目的	改修範囲	建築確認申請	改修部分	現行基準への適合、性能向上可能部分等	本検討内の防火性能向上手法
省エネ性能向上	外壁（全体・一部）（室内側から断熱材の交換を実施）※充填断熱	屋内側から断熱材及び内装下地材・仕上材を交換する工事は不要	・屋内側被覆 ・断熱材（横架材間充填）	・階段、一部小屋裏（軒先部）の屋内側被覆を適合させることが可能。（一部天井解体） ・延焼のおそれのある部分の外壁のみ改修でも屋内側被覆の適合が可能。 ・水回り（UB等）など、非居室部分は工事範囲外となる場合がある。	外壁の屋内側被覆の補強（断熱材、せっこうボード二重張り、強化せっこうボード等）
	外壁（全体・一部）（カバー工法＋外張り断熱）	必要となる場合がある	・屋外側被覆	・屋外側被覆を適合させることが可能。 ・階段、小屋裏への屋外側からの補強（カバー工法、断熱材）が可能。	外壁の屋外側被覆の補強（カバー工法＋断熱材等）
	開口部（全体・一部）	不要	・開口部	・延焼のおそれのある部分に存する開口部は、防火設備に交換が必要。 ・インナーサッシ取付け等は防火設備とならない	---（木造戸建て住宅用で流通している代替手法はない）
美観維持	外壁（全体）	外壁材、通気胴縁、透湿防水シートまでの交換、又はカバー工法は不要	・屋外側被覆	・階段、小屋裏の屋外側被覆を適合させることが可能。 ・カバー工法の場合、屋外側被覆が二重になるため、補強が可能。	外壁の屋外側被覆の補強（カバー工法等）
	屋内側壁仕上げ（外壁の屋内側、間仕切り壁、天井等）	不要	・屋内側被覆 ・内装下地材 ・内装仕上材	・2000年以降の建築物の場合、外壁の屋内側被覆は現行基準を満たすものが多い。（階段は除く） ※防火構造は間仕切り壁に要求なし	壁仕上材の防火種別組み合わせによる区画補強
間取り変更	室単位	主要構造部の過半を超える場合、必要	・屋内側被覆 ・内装下地材 ・内装仕上材	・改修範囲の外壁側の天井を解体する場合、屋内側からの被覆が可能。 ・改修範囲外は既存不適格部分が残る。	壁の解体、位置変更等に伴う階段空間の細分化
増築		必要	---	・増築部を含み、建築物全体として既存不適格部分を防火構造に適合させる工事が必要。	--- 22

2-3. 同等性評価の計算事例(同等性評価の流れ)

■ 同等性評価の流れ



延焼確率



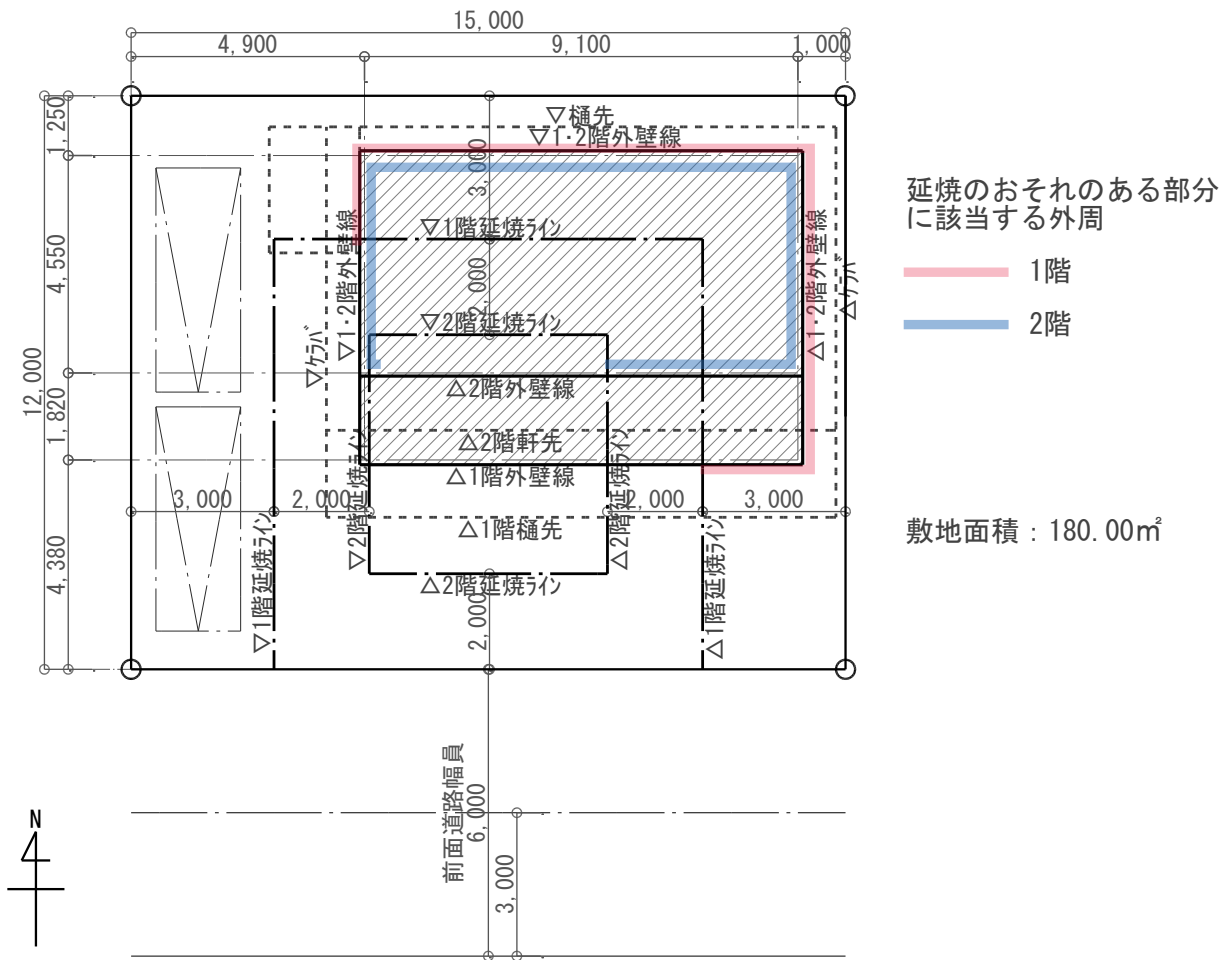
【同等性評価のイメージ】

2-4. 同等性評価の計算事例(モデルプラン)

■モデルプラン

【モデルプラン概要】

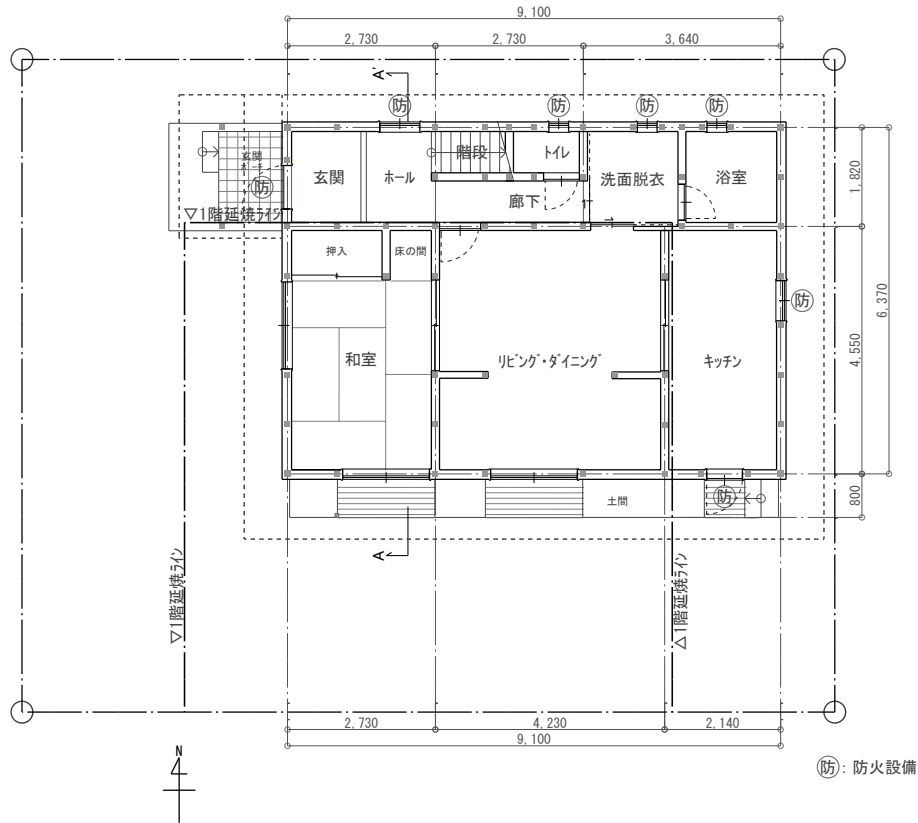
地域指定	準防火地域
敷地面積	180.00m ²
各階床面積	1階:57.97m ² 2階:41.41m ²
延床面積	99.38m ²
構造	木造軸組工法
階数	地上2階建て



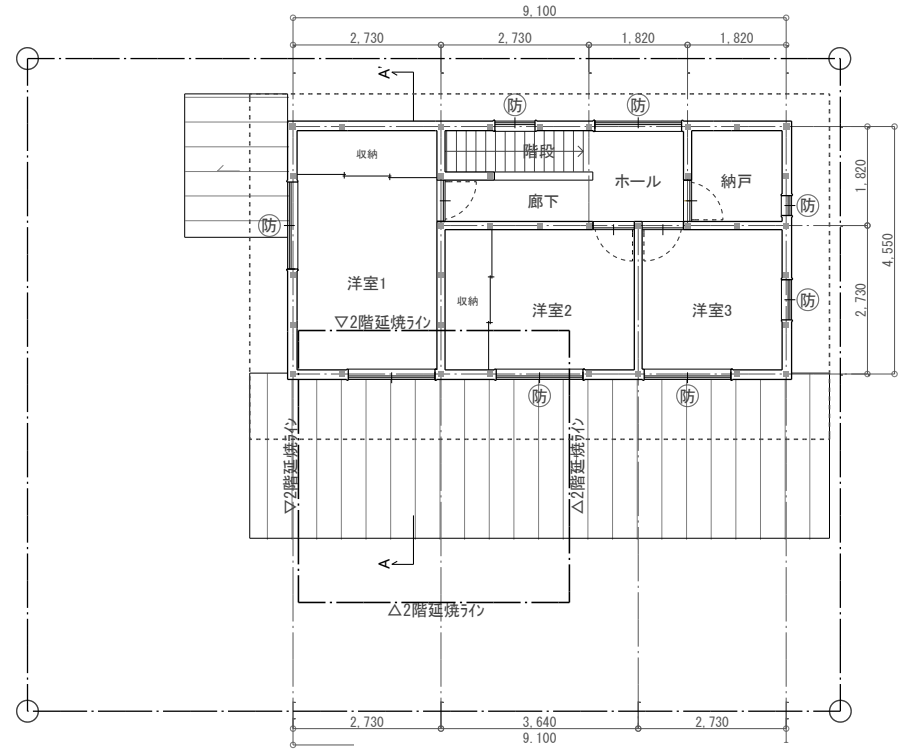
【敷地図】

2-4. 同等性評価の計算事例(モデルプラン)

■モデルプラン



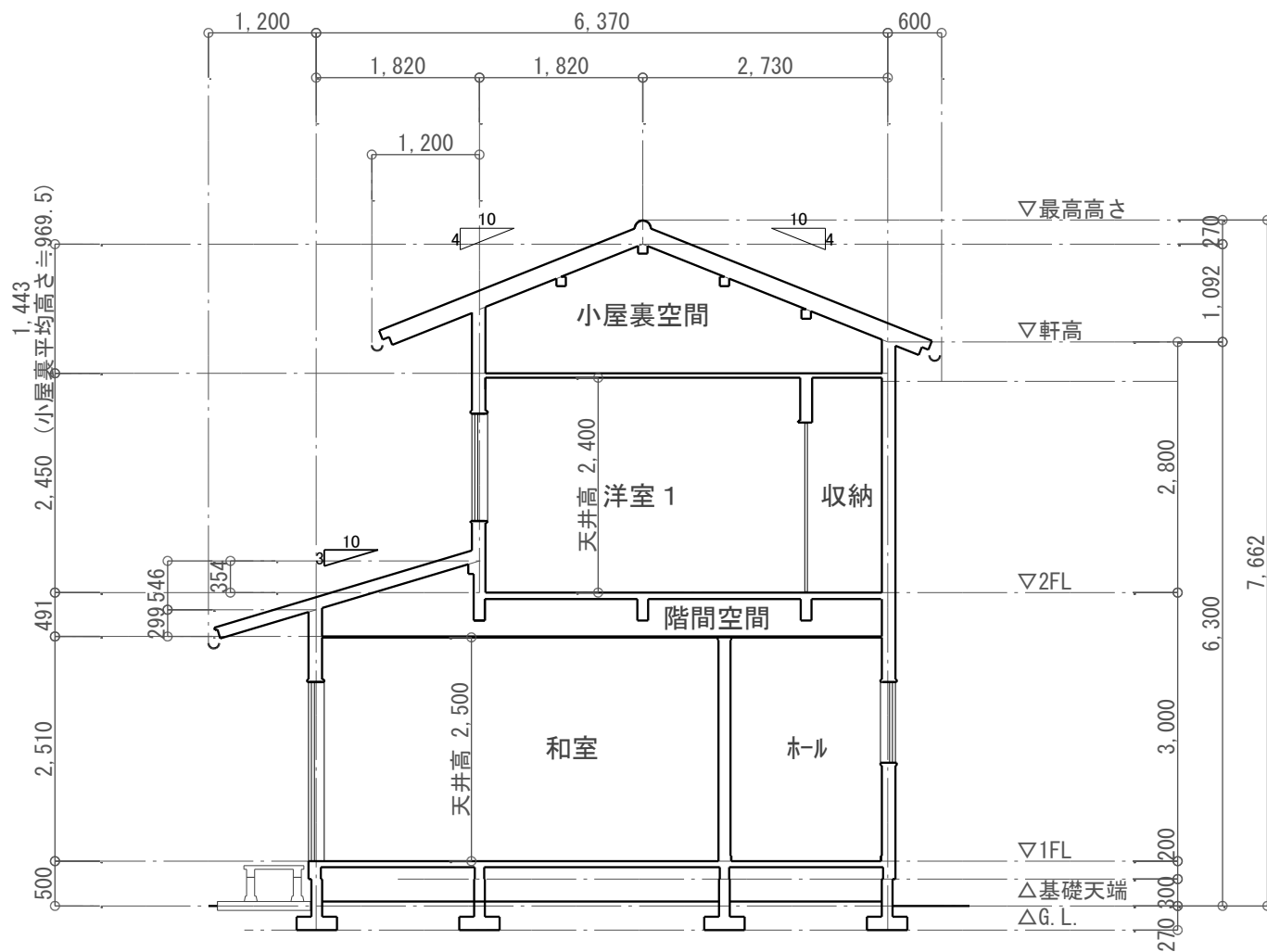
【1階平面図】



【2階平面図】

2-4. 同等性評価の計算事例(モデルプラン)

■モデルプラン

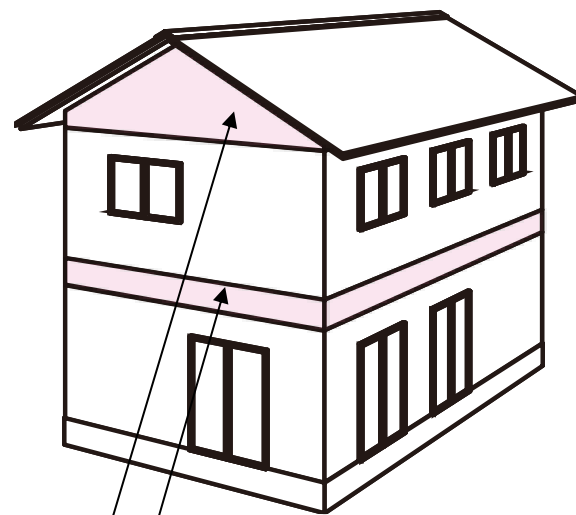


【断面図】

2-5. 同等性評価の計算事例(①既存不適格建築物の状態を確認)

■本計算例で想定する既存不適格パターン

部位と 基準適 合状態	外壁	不適合:防火構造でない 本計算例では、小屋裏及び階間の外壁のみ(延焼のおそれのある部分に該当)が防火構造でない状態を想定 (小屋裏及び階間の屋外側がモルタルt20mmで、屋内側の防火被覆がないもの)
	開口部	基準適合
	軒裏	基準適合
既存不適格の ケースの例		告示改正(2000年)前の防火構造の住宅で、開口部に防火設備が設けられているもの
		2000年から告示(階間等のPB張)運用明確化(2008年ごろ)までの期間に施工された住宅



例) 屋外側がモルタルt20mmで、
屋内側の防火被覆がない状態

■ : 既存不適格である部分

【イメージ図】

2-6. 同等性評価の計算事例(②対象建築物の参照延焼率 p_{cr} を求める)

■ 参照延焼率 p_{cr} の算出方法

- ・ 火災報告データから抽出した法第61条の耐火要求に応じた階数別及び延床面積別の参照延焼率 p_{cr} を、延床面積200㎡以下に限定して回帰した次式を用いて、対象建築物が満足すべき参照延焼率を求める。
- ・ 本検討は、準防火地域の木造戸建て住宅(延床面積200㎡以下、階数2階以下)を対象としており、外壁防火構造が求められることから、次の回帰式を用いる。

$$\text{回帰式} : p_{cr} = 0.95 \times A^{-0.26} \times N^{-0.03}$$

A : 対象建築物の延床面積 (㎡)

N : 対象建築物の階数

(適用範囲: 準防火地域、延床面積200㎡以下、階数2階以下)

【計算例】

A : モデルプランの延床面積 (㎡) = 99.38

N : モデルプランの階数 = 2

回帰式の計算結果 : 参照延焼率 p_{cr} = 0.281

2-7. 同等性評価の計算事例(③延焼確率 p の計算に必要な値を求める)

■延焼確率 p の計算式及び各変数の求め方

$$\text{計算式} : p = -0.197 + (1.13X_1 + 9.97X_2 - 2.64X_3 - 1.01X_4) \times 10^{-3} + 0.1$$

p : 延焼確率

X_1 : 階間空間の平均面積 (m²)

X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ (m)

X_3 : 延焼抵抗時間※ (外壁及び軒裏) (分)

X_4 : 延焼抵抗時間※ (開口部) (分)

※本検討における延焼抵抗時間は、各根拠から読み取った遮熱性能又は遮炎性能を元に、安全率等を考慮して設定した値であり、本同等性評価のみに用いるものとする。

【各変数について】

X_1 : 階間空間の平均面積 (m²)

延焼抵抗時間30分以上の間仕切壁で仕切られている場合、ひとつの空間とみなす。

$X_1 = \text{階間空間の面積} \div \text{空間数}$

【計算例】

$$X_1 = \left\{ \begin{array}{l} 57.98\text{m}^2 - 2.48\text{m}^2 \text{ (階段)} \\ \text{(階間空間の面積)} \end{array} \right\} \div 1 = 55.50\text{m}^2$$

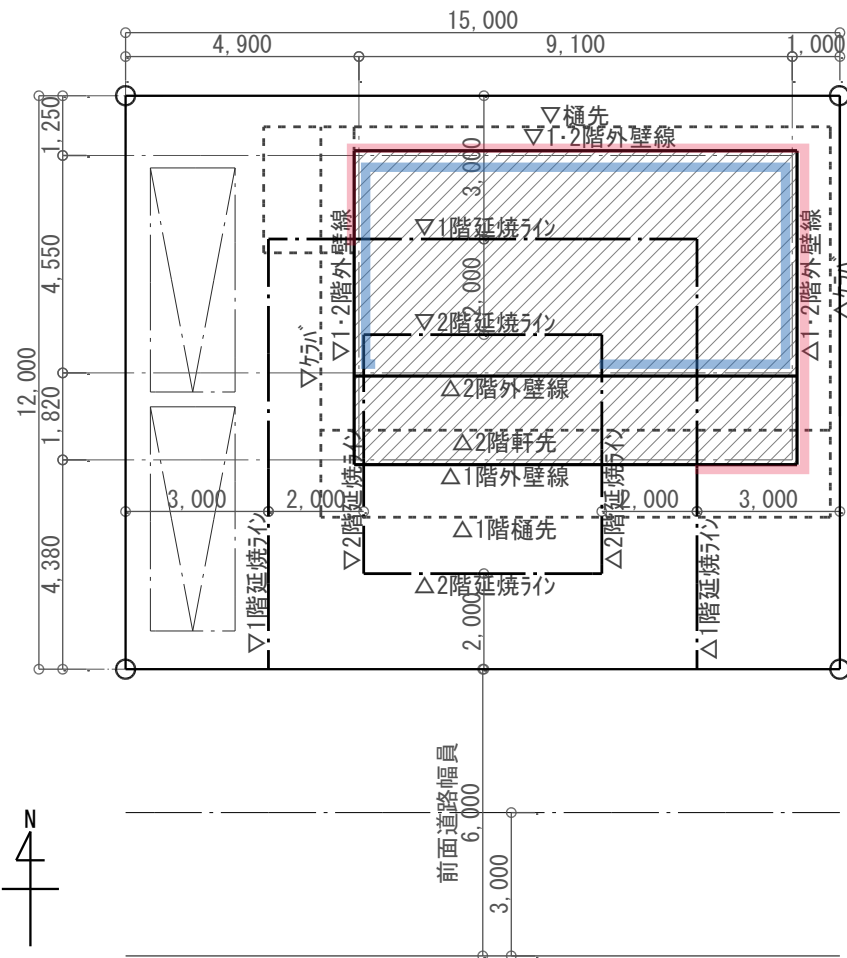
(空間数)

2-7. 同等性評価の計算事例(③延焼確率pの計算に必要な値を求める)

■各変数の求め方

X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ (m)

延焼のおそれのある部分に該当する1階及び2階の外周長さを合計したもの。



延焼のおそれのある部分
に該当する外周

— 1階 19.22m

— 2階 22.30m

敷地面積 : 180.00m²

【計算例】

$$X_2 = \underbrace{19.22\text{m}}_{(1\text{階})} + \underbrace{22.30\text{m}}_{(2\text{階})} = 41.52\text{m}$$

2-7. 同等性評価の計算事例(③延焼確率p の計算に必要な値を求める)

■各変数の求め方

X_3 : 延焼抵抗時間 (外壁及び軒裏) (分)

延焼のおそれのある部分に該当する外壁及び軒裏の延焼抵抗時間のうち最短の時間。

【既存外壁及び軒裏の仕様と延焼抵抗時間の例】

仕様例	延焼抵抗時間	設定の根拠
外壁	平12建告第1359号(防火構造)の仕様又は防火構造の大臣認定仕様	30分 令第108条
	平12建告第1362号(準防火構造)の仕様又は準防火構造の大臣認定仕様	20分 令第109条の10
	防火構造の屋内側の防火被覆(せっこうボード t9.5mm)がないもの (①~⑤を除く)	15分 令第108条 F24報告書
	①防火構造の屋外側がモルタルt20mm以上で、屋内側の防火被覆がないもの	20分 平成11年度 木質材料防・耐火性能開発事業「区画部材工法の材料・仕様と耐火性能に関する検討」報告書 (財)日本住宅・木材技術センター
	②防火構造の屋外側が軽量モルタルt15mm以上(合板下地)で、屋内側の防火被覆がないもの	20分
	③防火構造の屋外側が窯業系サイディングt12mm以上(中空品はt15)で、屋内側の防火被覆がないもの	15分 調査研究報告 No. 413「告示化に向けた可燃性断熱材を用いた防耐火外壁の仕様基準の検討」(地独)北海道立総合研究機構
	④防火構造の屋外側がALCパネルt35mm以上で、屋内側の防火被覆がないもの	30分 試験結果
	⑤防火構造の屋外側が土塗壁t30mm以上で、屋内側の防火被覆がないもの	20分 平12建告第1359号 F24報告書
	準防火構造の屋内側の防火被覆(せっこうボード t9.5)がないもの	10分 令第109条の10 F24報告書
軒裏	平12建告第1359号(防火構造)の仕様又は防火構造の大臣認定仕様	30分 令第108条
	けい酸カルシウム板 t12	20分 F24報告書

【計算例】

□ : 本計算事例における仕様
 $X_3 = 20$ 分
 (最短の時間を採用) 31

2-7. 同等性評価の計算事例(③延焼確率p の計算に必要な値を求める)

■各変数の求め方

X_4 : 延焼抵抗時間 (開口部) (分)

延焼のおそれのある部分に該当する開口部の延焼抵抗時間のうち最短の時間。

【開口部の延焼抵抗時間の例】

仕様例	延焼抵抗時間	設定の根拠
平12建告第1360号の仕様 (20分防火設備)	20分	令第136条の2
上記以外	5分	大成建設技術センター報 第41号 (2008)「火災時のガラスの挙動 に関する研究」

- ・ 防火設備でない開口部を、防火設備に交換せずに他の方法で改修する場合の延焼抵抗時間は、実験等により個別に設定する。

【計算例】

□ : 本計算事例における仕様

$$X_4 = 20\text{分}$$

2-8. 同等性評価の計算事例(④基準適合状態及び改修前の延焼確率の計算)

■基準適合状態及び改修前(現状)の延焼確率の計算

$$\text{計算式} : p = -0.197 + (1.13X_1 + 9.97X_2 - 2.64X_3 - 1.01X_4) \times 10^{-3} + 0.1$$

変数	基準適合状態	改修前(現状)
X_1 : 階間空間の平均面積	55.50m ²	
X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ	41.52m	
X_3 : 延焼抵抗時間 (外壁及び軒裏)	30分	20分
X_4 : 延焼抵抗時間 (開口部)	20分	20分

【計算結果】

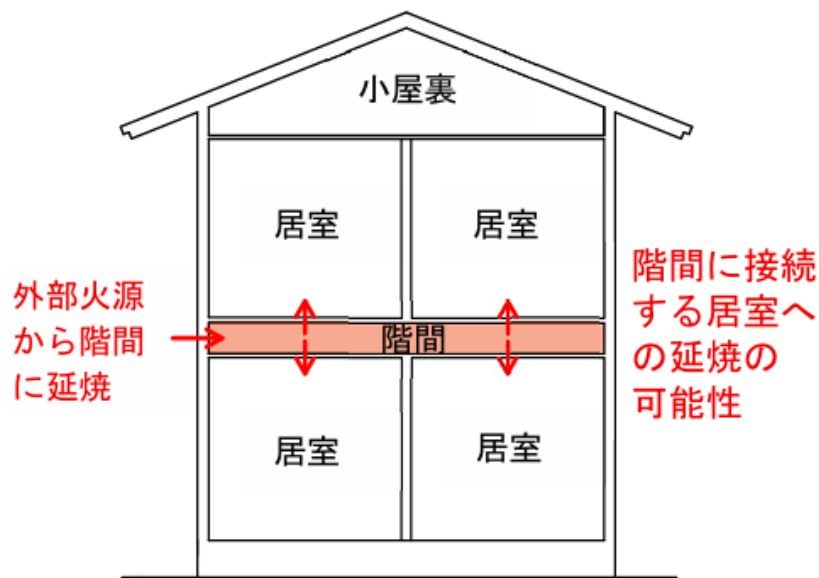
基準適合状態の延焼確率 $p=0.280$

改修前(現状)の延焼確率 $p=0.307$

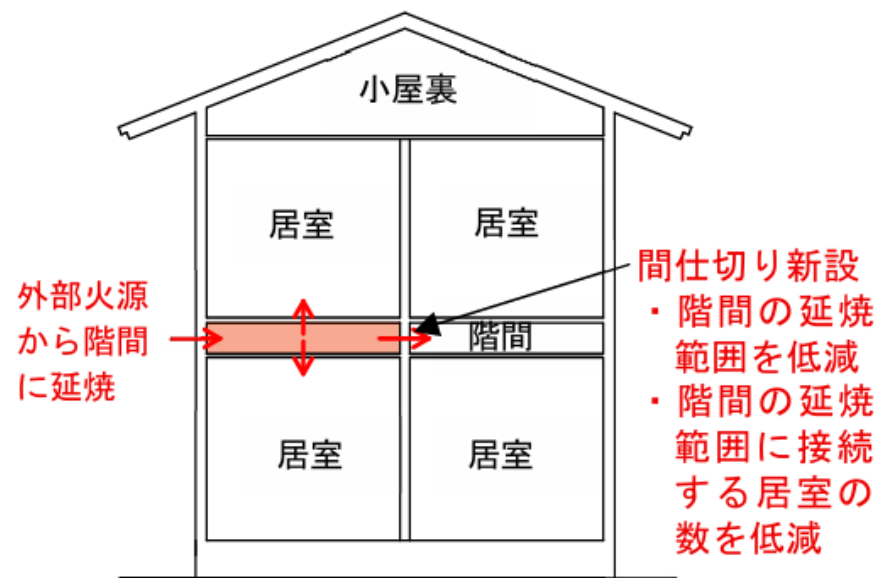
2-9. 同等性評価の計算事例(⑤改修後の延焼確率の計算)

■改修例 1 : 階間の細分化 (2分割)

- ・ 準耐火建築物等でない一般的な戸建て住宅の階間は、間仕切りのない一体的な空間であることが多く、他の居室や小屋裏と比較しても接続している居室の数が多い。
- ・ 階間に火が入ると接続している居室へ延焼する可能性があり、延焼拡大への影響が大きい部分と考えられるため、階間に間仕切りを新設して延焼範囲の低減を図る。



階間が一体的な空間になっている状態



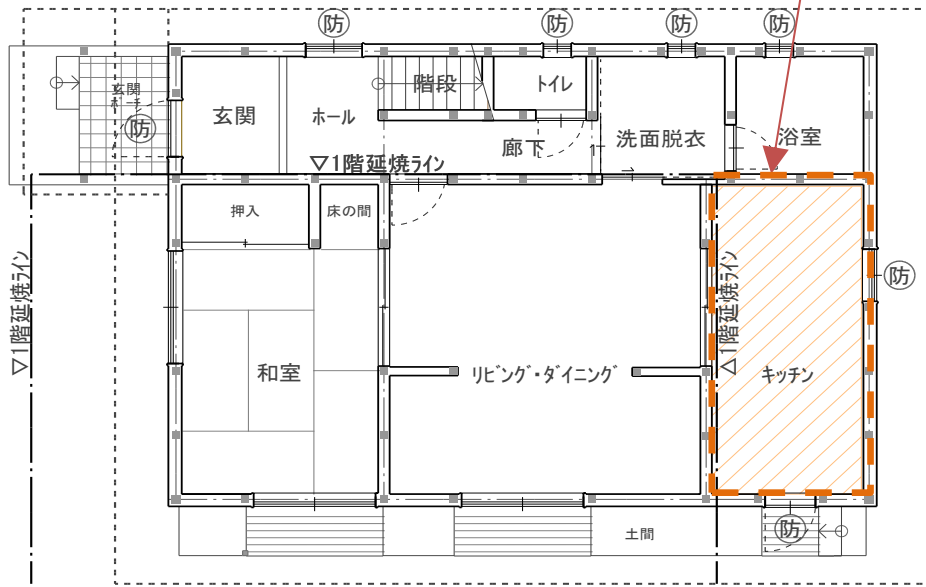
階間に間仕切りを新設し細分化した状態

【階間からの延焼拡大及び、細分化による延焼抑制のイメージ図】

2-9. 同等性評価の計算事例(⑤改修後の延焼確率の計算)

■改修例 1 : 階間の細分化 (2分割)

改修動機の例) キッチンを全面改修

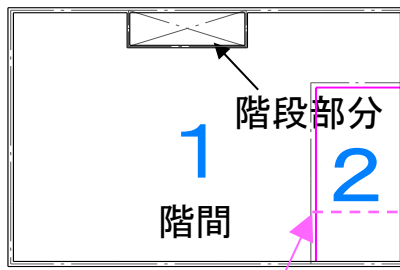
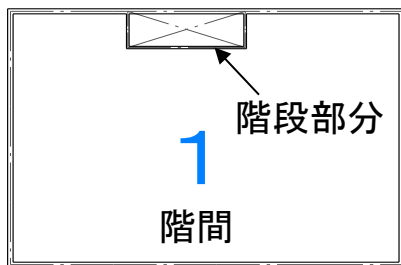


【1階平面図】

(防) : 防火設備

《改修前》

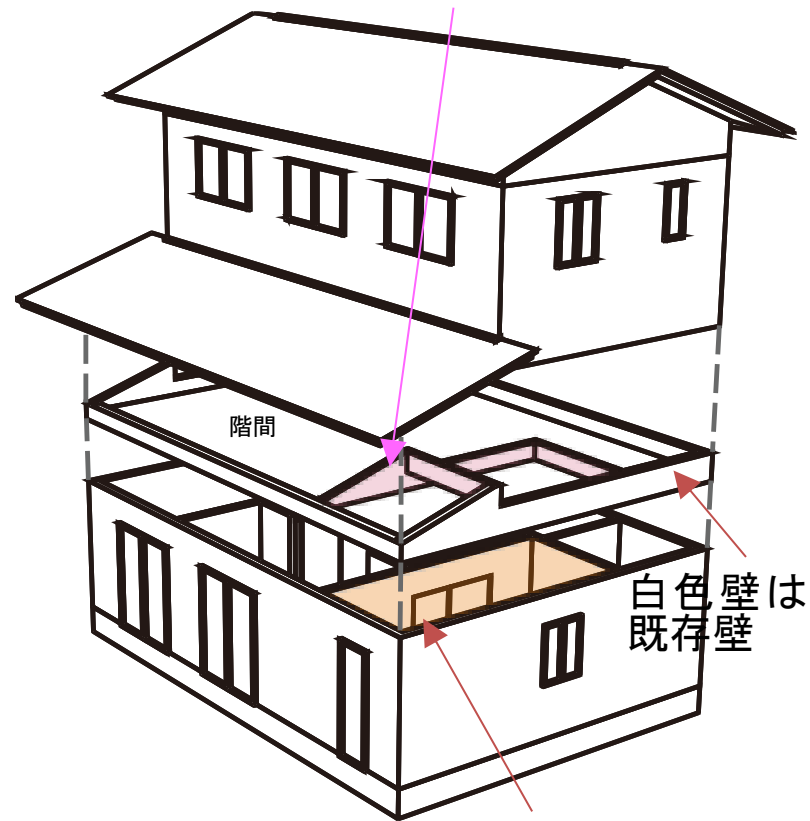
《改修後》



【階間平面図】

キッチン側から
間仕切壁を新設

■は、キッチンの間仕切壁の直上にキッチン側から間仕切壁を新設



改修動機の例) キッチンを全面改修

- : 防火性能向上を伴う改修
- : 防火性能向上を伴わない改修

【イメージ図】

2-9. 同等性評価の計算事例(⑤改修後の延焼確率の計算)

■改修例 1 (階間の細分化 (2分割)) 改修後の延焼確率の計算

- ・同等性評価においては、細分化に用いる間仕切壁は、延焼抵抗時間30分以上のものとした。仕様例を下表に示す。

【延焼抵抗時間 30分以上の間仕切壁の仕様例】

仕様例	イメージ	設定の根拠
片面にGB-R t9.5mm 2枚(計19mm)	<p>せっこうボード</p> <p>柱</p>	令和4年度 建築基準整備促進事業 F24「仕上げ及び下地への不燃化要求の合理化等に係る検討」報告書 (一財)日本建築防災協会 平12建告第1359号
片面にGB-R t9.5mm+t12.5mm(計22mm)		
片面にGB-R t12.5mm 2枚(計25mm)		
片面にGB-F(V) t15mm		
片面にGB-R t9.5mm、もう片面にGB-R t12.5mm		
両面にGB-R t12.5mm		

- ・間仕切壁は防火上有効な方法で設置する。

変数	改修例1の改修後
X_1 : 階間空間の平均面積	$55.50\text{m}^2 \div 2 = 27.75\text{m}^2$
X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ	41.52m
X_3 : 延焼抵抗時間 (外壁及び軒裏)	20分
X_4 : 延焼抵抗時間 (開口部)	20分

【計算例】

□: 改修例1の改修が反映された箇所

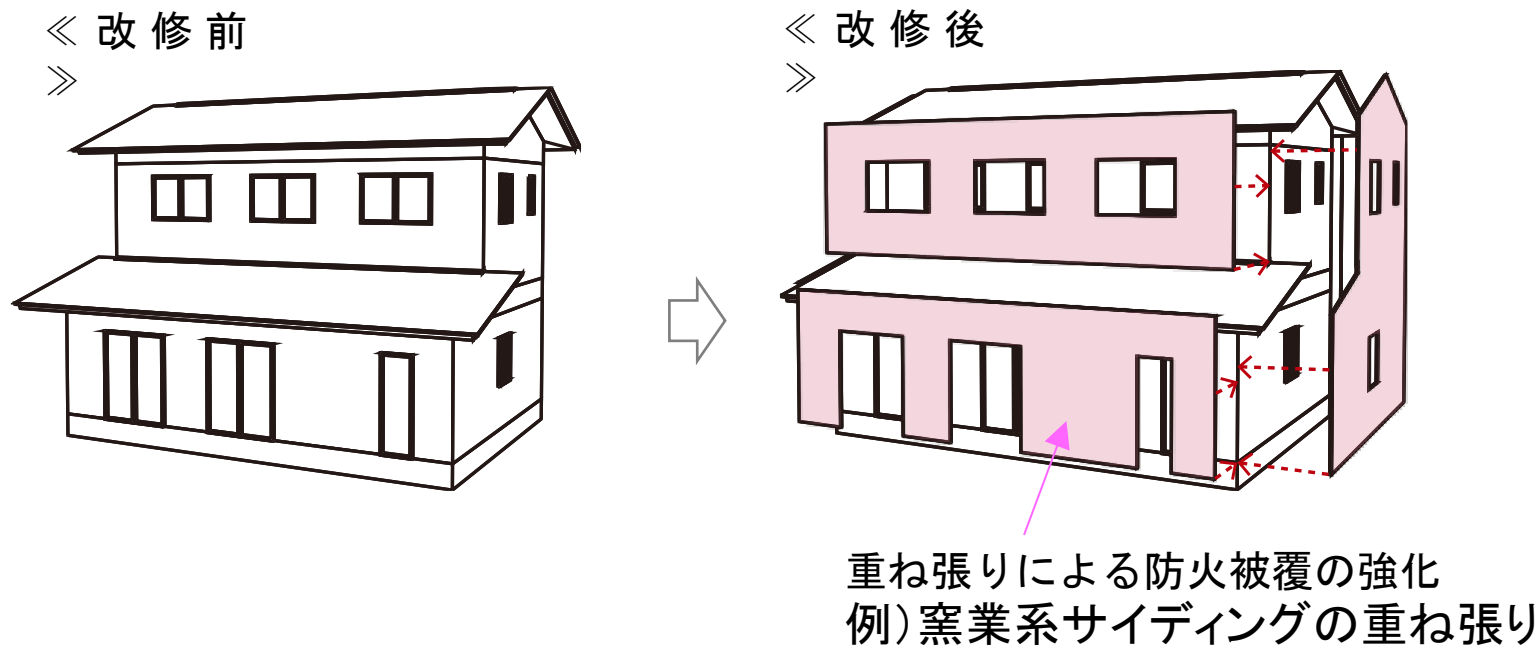
改修例1の改修後の延焼確率 $p = 0.275$

2-9. 同等性評価の計算事例(⑤改修後の延焼確率の計算)

■改修例 2 : 外壁の防火被覆の強化

- ・ 外壁の屋外側からの改修（重ね張り（+断熱材の付加）、塗替え/張替え等）を行う際に、防火被覆強化の観点も含めて外装材や留め付け方法を選択する。
- ・ 小屋裏や階間の屋内側被覆が無い外壁については、屋内側の被覆を施工して基準へ適合化させるために、天井を剥がすことによる解体・復旧範囲の拡大等が実態として挙げられ、外壁改修に併せて屋外側から防火性能を強化することができる。

【重ね張りによる外壁の防火被覆の強化のイメージ図】



2-9. 同等性評価の計算事例(⑤改修後の延焼確率の計算)

■改修例2 (外壁の防火被覆の強化)改修後の延焼確率の計算

- ・同等性評価においては、外壁(軒裏)の改修による防火性能の向上を、既存の延焼抵抗時間に改修による外装材の延焼抵抗時間を加算して評価することとした。今後の課題として、加算以外の評価方法の検討が挙げられる。

【既存外壁及び軒裏の仕様と延焼抵抗時間の例】

外装材の例	加算する延焼抵抗時間	設定の根拠
窯業系サイディング t14mm以上を重ね張りする	10分	調査研究報告 No. 413「告示化に向けた可燃性断熱材を用いた防耐火外壁の仕様基準の検討」(地独)北海道立総合研究機構
モルタル壁の補修により既存外壁よりもt10mm以上厚さが増した場合	5分	F24報告書
金属系サイディング又はガルバリウム鋼板を重ね張りする	0分	遮熱性なし(本検討では遮熱性能から延焼抵抗時間を設定したため)

変数	改修例1の改修後
X_1 : 階間空間の平均面積	55.50m ²
X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ	41.52m
X_3 : 延焼抵抗時間(外壁及び軒裏)	20分+10分=30分
X_4 : 延焼抵抗時間(開口部)	20分

【計算例】

□: 改修例2の改修が反映された箇所

改修例2の改修後の延焼確率 $p=0.280$
38

2-10. 同等性評価の計算事例(⑥同等性評価)

■同等性評価の判定例

判定1：改修後の延焼確率 p が参照延焼率 p_{cr} 以下であることの確認

C

A

判定2：改修後の延焼確率 p が基準適合状態の延焼確率 p 以下であることの確認

C

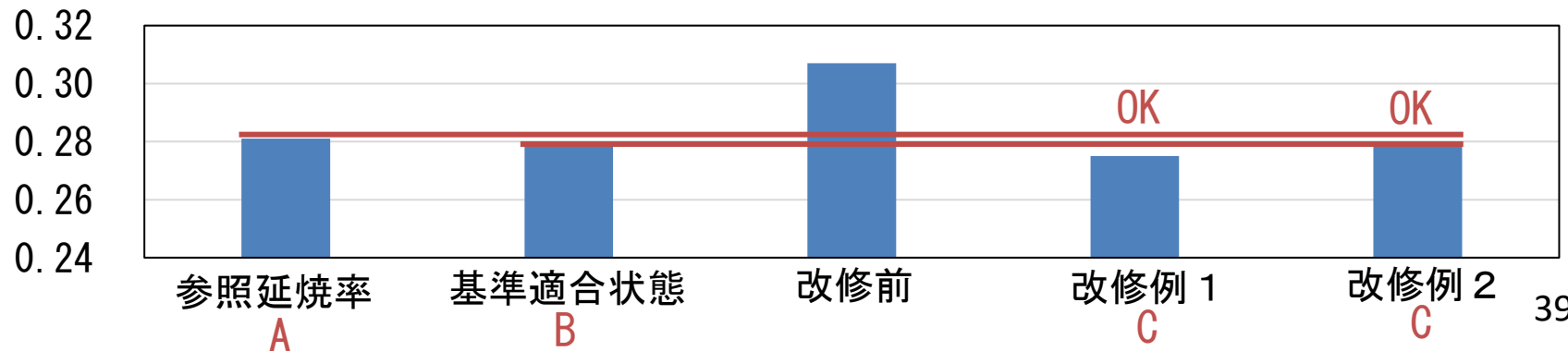
B

判定3：判定1及び判定2がOKであることの確認 $C \leq A$ かつ $C \leq B$ でOK

【延焼確率のまとめ】

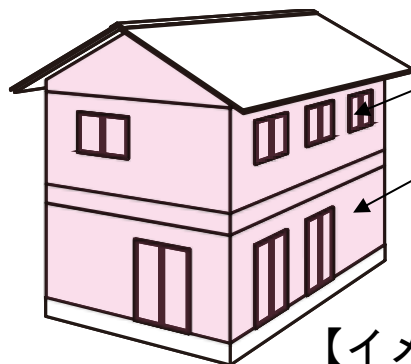
改修例	参照延焼率 A	基準適合状態 B	改修前	改修後 C	判定 $C \leq A$ かつ $C \leq B$
改修例1 (階段2分割)	0.281	0.280	0.307	0.275	OK
改修例2 (外壁+10分)				0.280	OK

延焼確率



2-11. 同等性評価の計算事例(外壁及び開口部が既存不適格の場合の例)

■外壁及び開口部が既存不適格の状況 (モデルプランは前例と同様で防火設備なし)



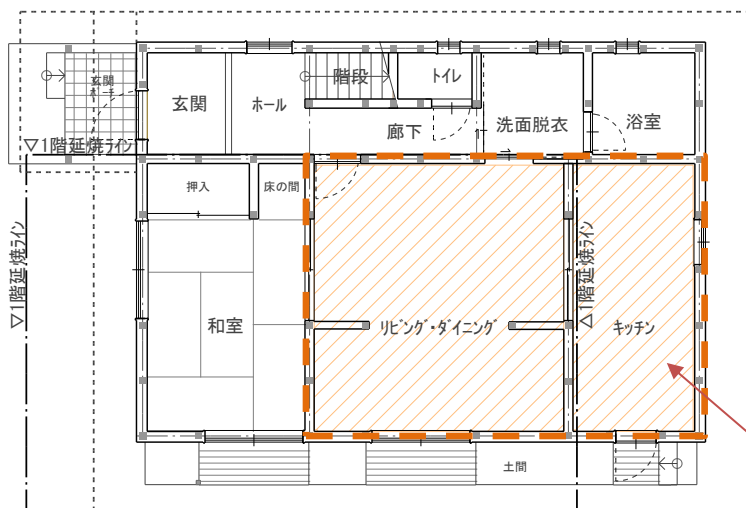
法適合の防火設備ではない状態
 例)屋外側がモルタルt20mmで、
 屋内側の防火被覆がない状態

■ : 既存不適格である部分

【イメージ図】

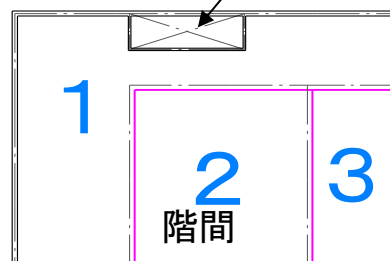
■改修例 3 : 階間の細分化 (2分割) : 改修例 1 と同様

■改修例 4 : 階間の細分化 (3分割)



【1階平面図】

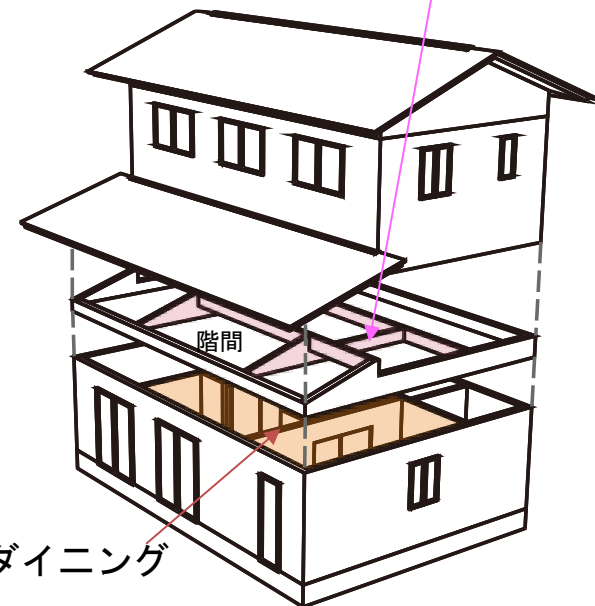
《改修後》 階段部分



【階段平面図】

改修動機の例)
 キッチン及びリビング・ダイニング
 を全面改修

改修範囲の間仕切壁の
 直上に改修する居室側から
 間仕切壁を新設



■ : 防火性能向上を伴う改修
 ■ : 防火性能向上を伴わない改修

【イメージ図】

2-11. 同等性評価の計算事例(外壁及び開口部が既存不適格の場合の例)

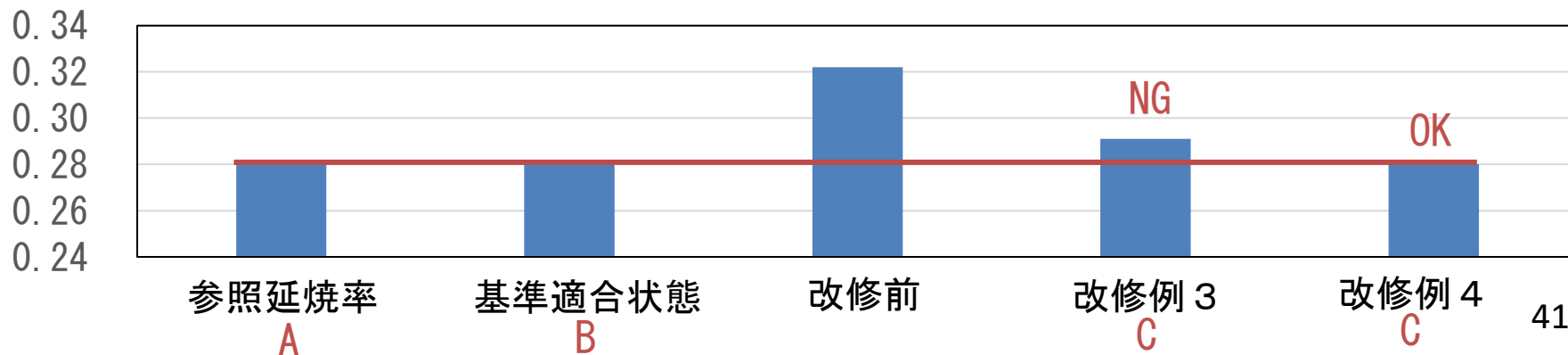
■改修例3及び4改修後の延焼確率 p の計算、同等性評価の判定例

変数	基準適合状態	改修前	改修例3	改修例4
X_1 : 階間空間の平均面積	55.50m ²		27.75m ²	18.50m ²
X_2 : 延焼のおそれのある部分に該当する外周の長さ	41.52m			
X_3 : 延焼抵抗時間(外壁及び軒裏)	30分	20分		
X_4 : 延焼抵抗時間(開口部)	20分	5分		

【延焼確率のまとめ】

改修例	参照延焼率 A	基準適合状態 B	改修前	改修後 C	判定 $C \leq A$ かつ $C \leq B$
改修例3 階間2分割	0.281	0.280	0.322	0.291	NG
改修例4 階間3分割				0.280	OK

延焼確率



1. 既存建築物の防火性能を評価する手法の検討
2. 評価手法を用いた計算事例

3. 屋根不燃規定の合理化に関する検討

4. 外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する検討

背景・目的

地球環境の保全のため、二酸化炭素の削減に寄与する木材の利用拡大が進められている。そうした木造需要の高まりを受け、近年の国土交通省基盤整備促進事業においても、耐火構造規定における、準耐火構造で建設可能な建物規模や用途の見直しや、避難安全規定における、内装下地材の不燃制限の合理化等を検討してきた。

持続可能な植物性素材という点では、日本古来の茅葺き屋根も同じであり、またその標準的な厚みは40cm以上と炭素固定量も大きい。また人口減少に伴うストック活用の観点からも、伝統建築物の既存不適格状態を是正する防火対策の提案と、合理的な評価方法の確立が必要である。

現行では、飛び火による延焼拡大のおそれから、「屋根を不燃材料で葺くかつくる」とする屋根不燃の規定により、法61条の防火地域・準防火地域、そして法22条地域においては、可燃性素材でできた屋根を新築することはできなかった。

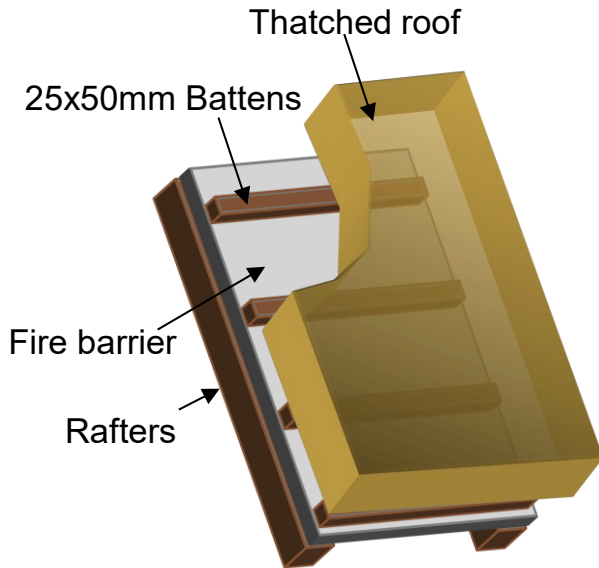
こうした屋根不燃の規定は、世界各国で標準的にみられるものではあるが、その成立は古く、要求される性能を示すのではなく、用いられる材料を規定するこれらの規定は、極めて仕様書的な基準であり、合理化の見直しの余地があると考えられる。



実際にオランダでは、茅葺きに対して新たな防火対策を考案する一方、その効果を正しく評価するために、屋根不燃の規定を見直し、必要離隔距離による制限に合理化を進めることで、新たに年間3000棟の新築茅葺き建物がつくられている。

茅葺きの市役所(出典: BIOCITY 世界の茅葺きの新潮流)

可燃性屋根の防火対策



屋根の上面ではなく、下面を不燃系材料で覆う
 →不燃ではなく準耐火の要求で合理化する流れ

屋内への遮熱性の担保だけでなく、
 可燃性屋根への供給空気量の抑制により、
燃焼速度が低くなると言われている。

→ 周囲への加害性が低くなる。
 消火活動が容易になる。

防火対策と必要離隔距離をトレードオフにして、
 メンブレン工法に対しては、50%減に緩和している。

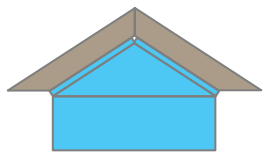
(UK:12m, Denmark:10m, Netherland:15m) → 50%減

工法	不燃系面材位置 と茅屋根下部の 空気供給容積	特徴
伝統工法		対策なし
土屋根		蔵や寝室など高い耐火性が 求められる部屋で採用され ていた日本の防火対策
メンブレン 通気工法		高温多湿となる日本での耐 久性と防火性を両立するた めの提案
メンブレン		植物性素材の利用促進が 進められている欧州で 主流の防火対策

不燃系面材の挿入位置により、茅屋根に供給される空
 気量が変わると思われる。

茅屋根下部の容積は、燃焼速度と比例すると考えられ
 るが、一方で耐久性にも影響するため、4仕様で比較。

防火対策の有無（伝統工法とメンブレ工法）の比較

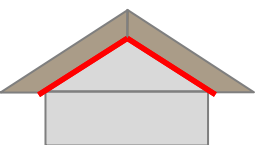


伝統工法



伝統工法

屋内への遮熱性	発熱速度	火炎高さ
7.5分	16分時 939kW	3.1m



メンブレ工法

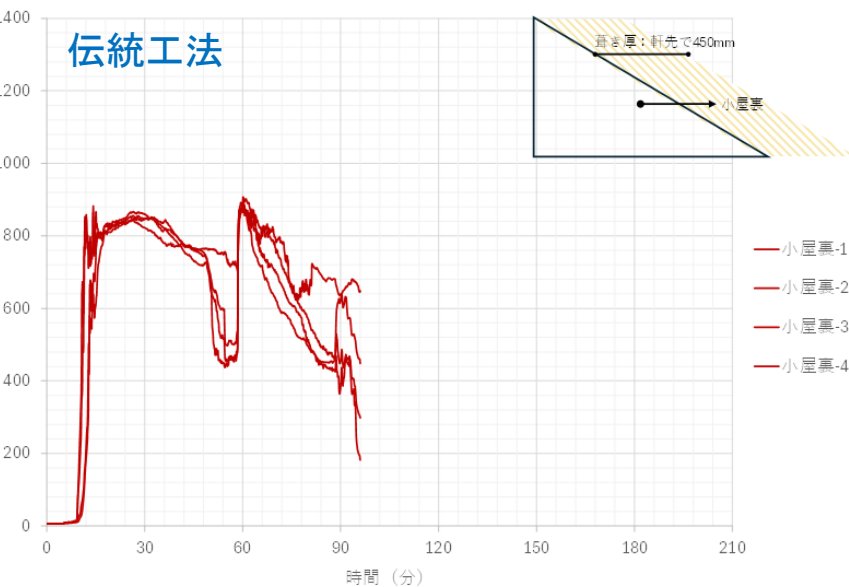


メンブレ工法

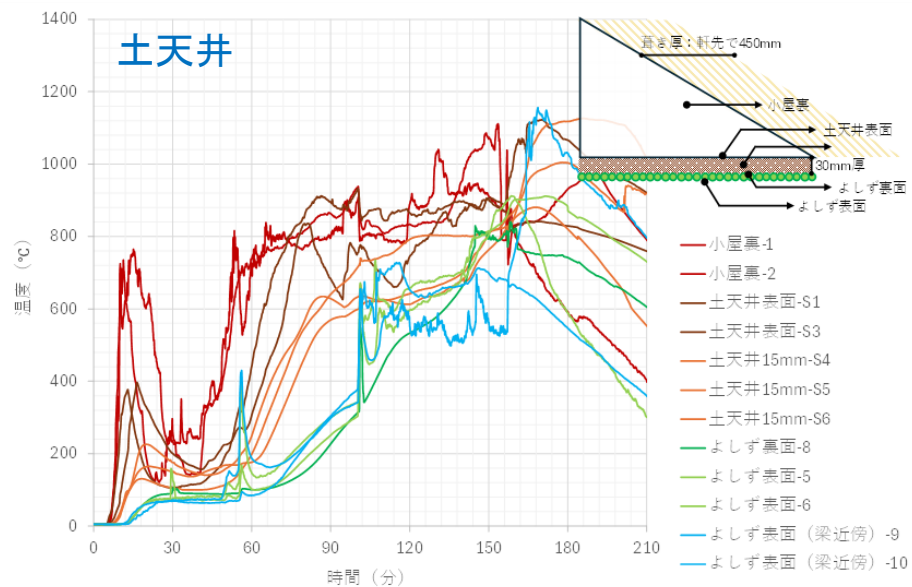
屋内への遮熱性	発熱速度	火炎高さ
200分	第1次ピーク 34分時 364kW	1.6m
	第2次ピーク 142分時 349kW	1.9m

温度測定結果

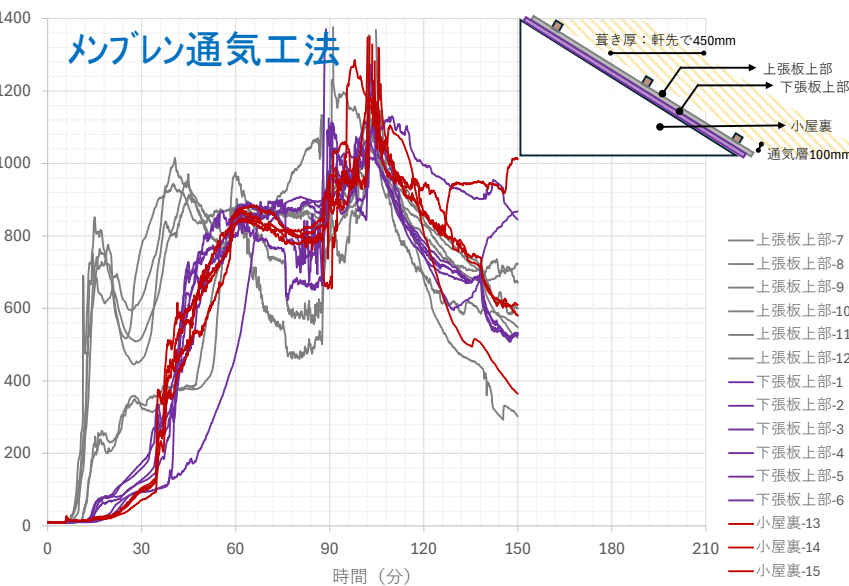
伝統工法



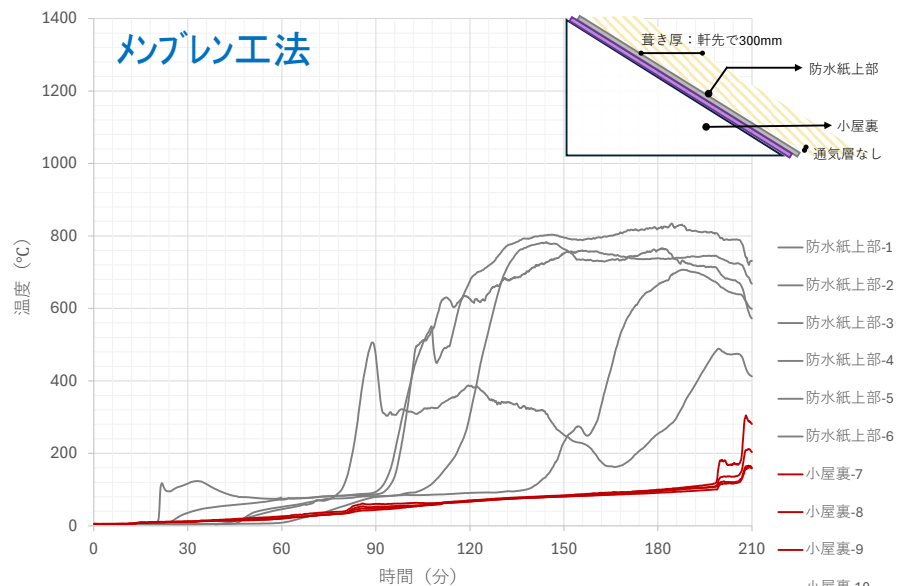
土天井



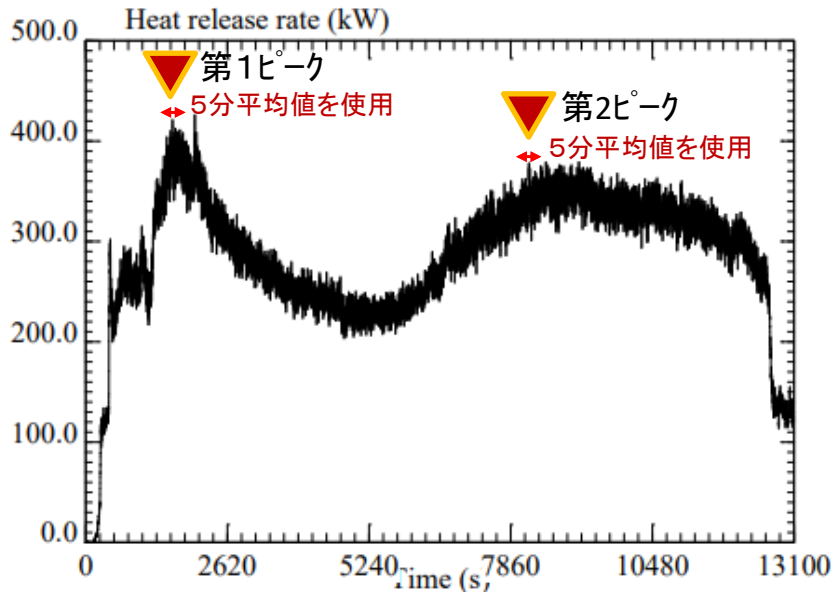
メンブレン通気工法



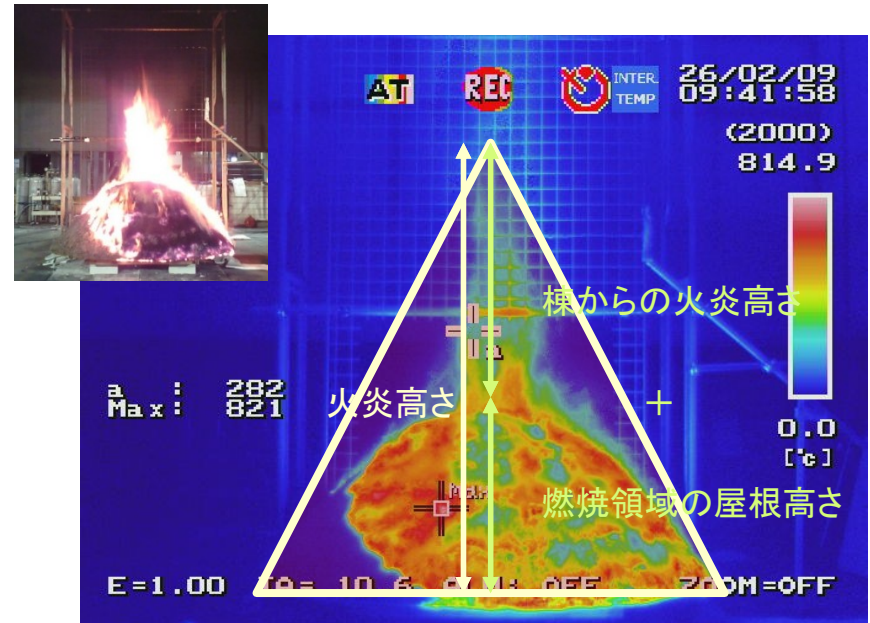
メンブレン工法



最大発熱速度と火炎高さの測定



発熱速度のピーク値の前後5分間の平均値を最大発熱速度として、火炎高さおよび輻射熱流束の算出に用いた。



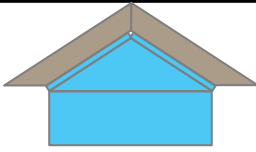
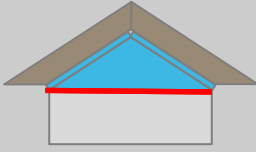
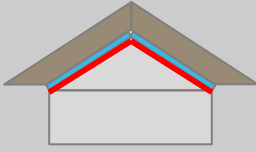
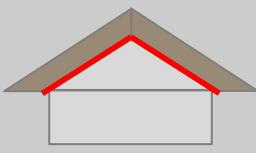
発熱速度のピーク値を記録した時間における火炎高さを、棟からの火炎高さ+燃焼領域の屋根高さで算出した。

可視画像(左上)と揃うように、熱映像では270°Cを指標として間接火炎高さを算出した。

McCaffreyの実験式を用いて、実験で得られた発熱速度から火炎高さを計算して比較した。

$$\text{間歇火炎高さ: } Z_f = 0.2Q^{\frac{2}{5}}$$

実験結果

工法	不燃系面材位置 と茅屋根下部の 空気供給容積	遮熱喪失時間 [分]	発熱速度(時間) [kW]	火炎高さ [m]	
				測定値	計算値
伝統工法		7.5	939(16分)	3.1	3.1
土屋根		54	第1次ピーク：757(13分)	2.7	2.8
			第2次ピーク：838(50分)	2.9	3.0
メンブレン 通気工法		27.5※ ※茅屋根の脱落により軒裏を 介して屋内側に意図せず延焼	第1次ピーク：396(18分)	2.0	2.2
			第2次ピーク：800(57分)	2.9	2.9
メンブレン		200	第1次ピーク：364(26分)	1.6	2.1
			第2次ピーク：349(144分)	1.9	2.1

遮熱喪失時間、火炎高さ共に、茅屋根下部の空気供給容積を制限するほど、火災安全性能が高くなった。火炎高さの測定値は計算値と良い一致を見せており、単位面積当たりの発熱速度が測定できれば、必要離隔距離は計算可能と思われる。

火炎高さと放射伝熱計算

McCaffreyの実験式を用いて、実験で得られた発熱速度から火炎高さを算定した。

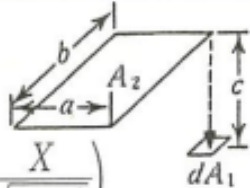
連続火炎高さ: $Z_f = 0.08Q^{2/5}$

間歇火炎高さ: $Z_f = 0.2Q^{2/5}$

実験での可視画像による火炎高さと合わせるため、今回は間歇火炎高さで火源を見積もることとする。

輻射熱流束については、実験で求めた単位面積当たりの発熱速度を連続火炎域の値とみなし、間歇火炎高さを扱う今回の計算では、その50%とした。

形態係数の算出には、火炎高さ×建物の幅の長方形輻射面を想定し、中心軸上に平行に向かい合う微小面への入射熱流束を求めた。

【発熱量から火炎高さの推定】					入力条件	
発熱量(kW)						実験値
20539		McCaffrey	連続火炎	4.25 m		計算値
屋根投影面積(m ²)	火源直径(m)	McCaffrey	間歇火炎	10.62 m		
200	16.0	Heskestad	火源径依存	11.87 m		
発熱速度(kW/m ²)						
102.7						
【火炎高さから離隔距離における受熱量の推定】						
火炎高さの半分(m)		試験体幅の半分(m)	離隔距離(m)			
a	b	c	X	Y		
連続火炎	2.12	7.98	14.8	0.143493	0.539248	
間歇火炎	5.31	7.98	14.8	0.358733	0.539248	
火源径依存	5.94	7.98	14.8	0.401158	0.539248	
					輻射熱流束(kW/m ²)	受熱熱流束(kW/m ²)
微小面 $dA_1 \rightarrow dA_1$ に平行な長方形 A_2					0.08	連続火炎 103 → 8.46
$X = \frac{a}{c}, Y = \frac{b}{c}$ $F_{d1-2} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$					0.19	間歇火炎 51 → 9.93
					0.21	火源径依存 51 → 10.92
輻射面の中心軸上に平行に向かい合う微小面への形態係数					0.07	連続火炎 103 → 6.92
長方形					0.16	間歇火炎 51 → 8.23
楕円近似					0.18	火源径依存 51 → 9.07

設計建物での火炎高さと必要離隔距離の計算

工法	参照元	輻射熱流束 (kW/m ²)	100m ²		200m ²	
			火炎高さ (m)	必要離隔距離 (m)	火炎高さ (m)	必要離隔距離 (m)
伝統工法	実大火災	55.9	8.3	11.7	11.0	15.9
	コーンカロリー	61.0	8.6	12.5	11.4	17.1
土天井	実大火災	51.4	8.1	10.9	10.6	14.8
メブレン 通気工法	実大火災	44.7	7.6	9.6	10.0	13.1
メブレン工法	実大火災	22.9	5.8	4.9	7.7	6.6
	コーンカロリー	18.0	5.3	3.5	7.0	4.7

100～200m²の標準的な屋根の大きさであれば、現行のヨーロッパの茅葺き屋根に対する必要離隔距離の水準に近い値となっており、また防火対策を施したメブレン工法については、必要離隔距離が約半分で算定されており、現行の緩和措置の説明にもなっている。

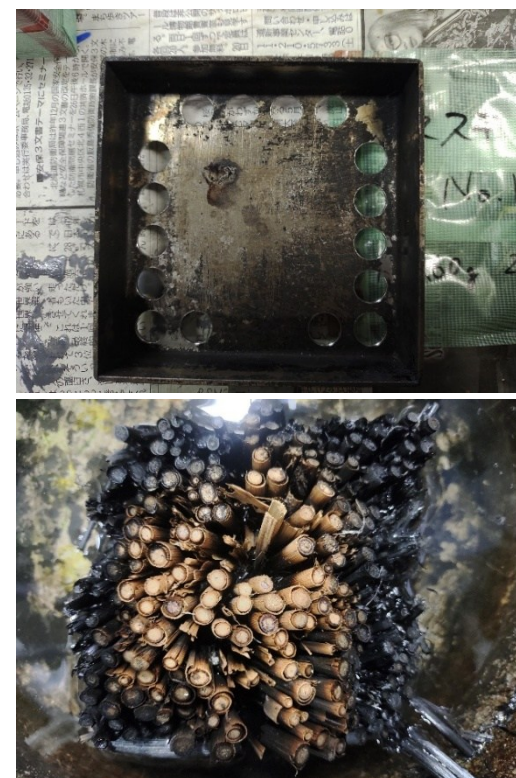
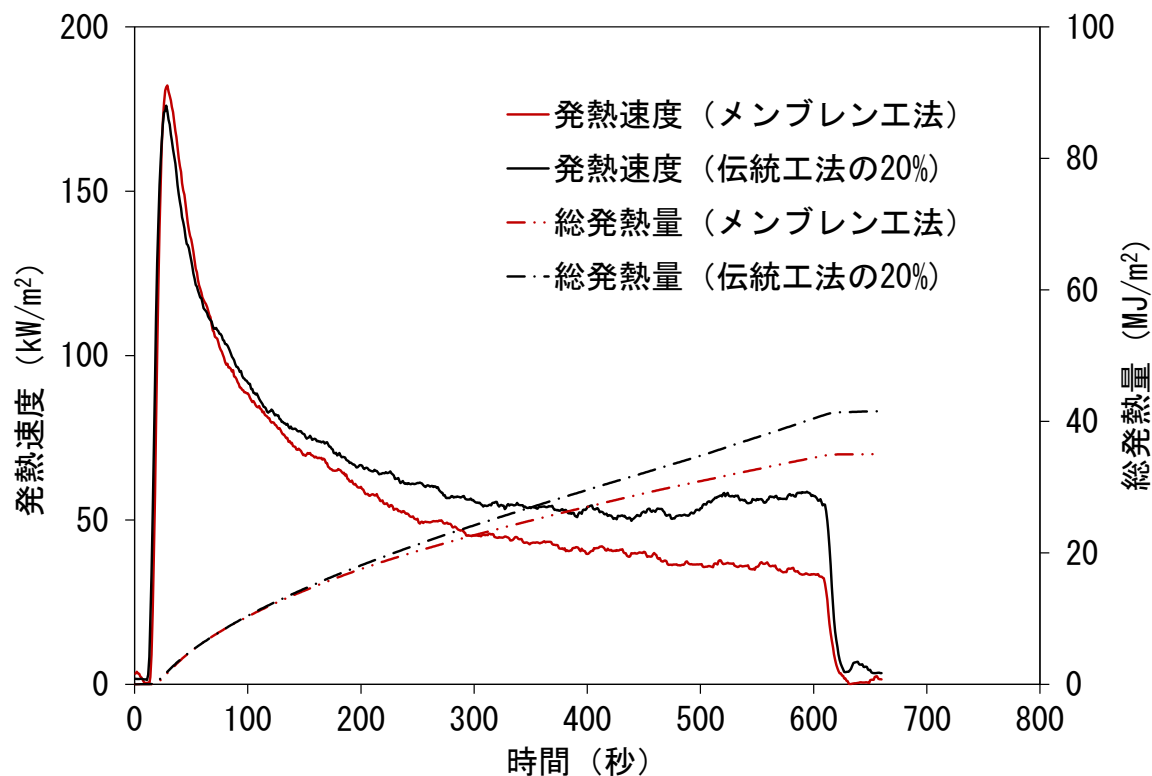
伝統工法とメブレン工法については、参考に、コーンカロリーメーター試験で得られた単位面積当たりの発熱速度(定常となり両者の差が出る5～10分の平均値)を用いて、計算した結果も示す。両者は良い一致を見せており、コーンカロリーメーター試験で発熱速度の算定を可能とすれば、費用対効果は高い。

地域区分に応じた要求性能と評価方法の提案

地域区分	要求性能	評価方法	備考
防火地域 (現行通り)	火炎の放射熱からの 着炎防止 or 火種の着床からの 屋内と屋根端への 2次延焼防止	発熱性試験で不燃性(20分間) or 飛び火試験で燃え抜け(30分間) and 燃え広がり防止	※難燃処理薬剤を塗布したものや散水設備 は、飛び火試験で評価が可能
準防火地域	同防火地域	現行どおり	
	火炎の放射熱からの 着炎防止 and 火種の着床からの 屋内と隣棟への 2次延焼防止	発熱性試験で得た限界受熱量を用いて、受害防止の必要 離隔距離を性能設計 and 準耐火30分の下張り面材で、屋内への燃え抜け防止 and 実大加熱試験で得た発熱量を用いて、加害防止の必要離 隔距離を性能設計	※メンブレン工法が必須にはなるが、必要離 隔距離とセットで評価が可能 ※準耐火30分(屋根)の仕様を例示すること で省略可 ※性能設計では、受害と加害の2重のチェッ クで性能強化。発熱性試験での着火限界受 熱量と実大加熱試験での発熱量測定が必要
22条地域	同防火地域	現行どおり	
	火炎の放射熱からの着炎 防止 and 火種の着床からの 隣棟への 2次延焼防止	発熱性試験で得た限界受熱量を用いて、受害防止の必要 離隔距離を性能設計 and 発熱性試験で得た発熱量を用いて、加害防止の必要離隔 距離を性能設計	※伝統工法でも必要離隔距離とセットで評価 が可能 ※受害防止の検討は建物密集度を勘案して 火炎からの放射に限定。加害防止も簡易的 に発熱性試験の発熱量で可とする。 ※性能設計では2重のチェックで性能強化。 発熱性試験での着火限界受熱量と発熱量測 定が必要

課題として、必要離隔距離の算定に屋根面で形成される火炎のみを対象としているが、当該建物が火災となった場合には、開口部からの噴出火炎も予測される。準防火地域のように、屋根の遮熱性(準耐火性)を担保すれば、延焼のおそれのある場所に設置される開口部の防火設備同様、一定時間、外部への火炎の噴出を防ぐことができるため、問題ない。しかし22条地域のように、必要離隔距離とのトレードオフで、屋根の遮熱性(準耐火性)を除外するには、開口部からの分、必要離隔距離の算定に安全率を増すか、木造建築物の外壁にしか要求されていない遮熱性(防火構造)を、延焼のおそれのある範囲の開口部にも要求していく等の検討が必要と考えられる。

参考: コーンカロリーメーターでの伝統工法とメンブレン工法の発熱速度の測定



150秒過ぎくらいから発熱速度に差があらわれ始め、300秒くらいには準定常状態に至り、その差は15~20kW/m²(発熱速度の30~40%)と、無視できないものになる。加えて、試験体設置の都合上、今回の条件は、底面積の20%を開放したに過ぎないのであるから、この発熱速度の差が穴を空けた面積に比例すると仮定して、伝統工法の100%解放条件での発熱速度を見積もってみる。

準定常状態となる300秒から600秒までのN=2体の平均値より、20%解放条件で50kW/m²、閉鎖条件で36kW/m²とすると、100%解放条件では122kW/m²となり、実大火災実験で測定された単位面積当たりの発熱速度に近い値が得られた。

1. 既存建築物の防火性能を評価する手法の検討

2. 評価手法を用いた計算事例

3. 屋根不燃規定の合理化に関する検討

4. 外壁モルタルの損傷による防火性能
への影響に関する検討

外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する調査

■ 目的・概要

能登半島地震では古い木造建築物の外壁モルタルが落下した事例が散見されたが、落下事例のほとんどは、JASS15仕様に準拠していなかった。
外壁モルタルの落下による市街地火災の延焼性状への影響を検証するため以下の検討を実施する。

(1) モルタル塗り外壁(古い仕様 vs. JASS15仕様)の耐震性の検証

開口部つき外壁試験体の水平加力試験

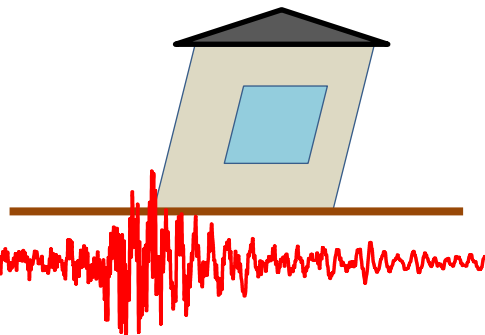
(2) モルタル外壁の地震被害程度に応じた防火性能の検証

小型外壁模型試験体の耐火試験

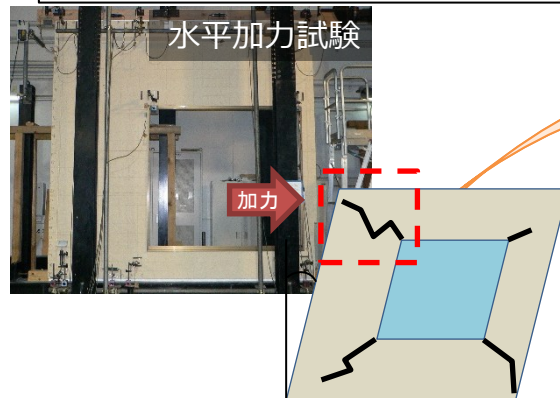
(3) 外壁モルタル落下のシミュレーション

Wallstatによる、モルタル外壁仕様の違いに応じた建築物被害・外壁モルタル落下の予測モデル構築

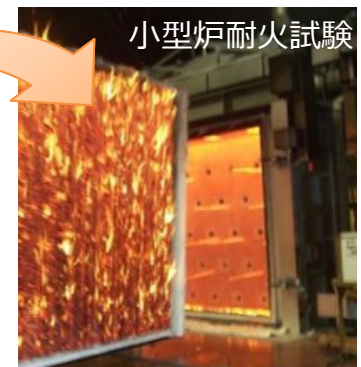
Wallstatにより、地震動と層間変形角の関係を整理



水平加力試験で、層間変形角と外壁モルタル被害の関係を整理



小型炉耐火試験で、モルタル被害と防耐火性能の関係を整理



外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する調査

R6

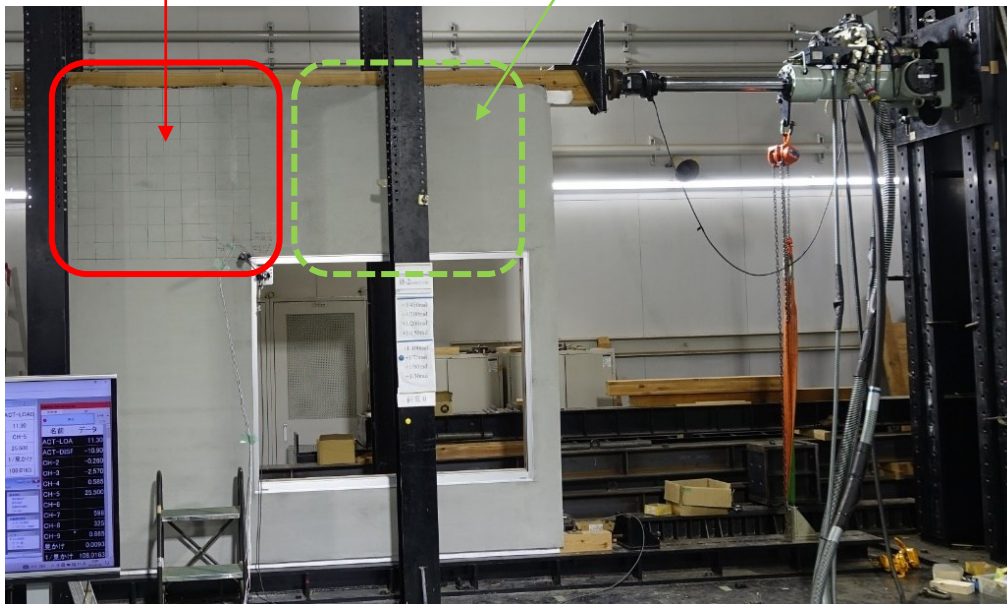
- 能登仕様及びJASS15仕様のモルタル外壁に対して、水平加力試験によりそれぞれ3通りの変形角を与えてクラックを発生させた。
- 向かって左上のおよそ1 m×1 mの部分を切り出して小型炉で加熱試験を実施した。
- 小変形試験体については、クラックがほとんど生じていない部分を切り出して保管。

R7

- クラックがほとんど生じていない部分を小型炉で加熱し、健全な状態の防耐火性能を把握。
- 昨年度実施した試験結果を比較することで、クラックによる防耐火性能の低下の程度を確認。

昨年度損傷後の試験体を
小型炉で加熱試験

今年度小型炉加熱試験



外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する調査

■試験結果 概要

試験体		変形角 [rad]					損傷なし
		1/15 66.7x10 ⁻³	1/30 33.3x10 ⁻³	1/50 20.0x10 ⁻³	1/100 10.0x10 ⁻³	1/150 6.7x10 ⁻³	
A 能登 仕様	最大亀裂幅[mm]	-	21.0	25.0	7.0	3.5	0
	モルタル裏面 260℃到達[分]	-	2.8	2.9	20.2	32.9	-
	中空部 260℃到達[分]	-	11.7	15.4	39.8	47.0	59.3
	裏面温度 180K上昇[分]	-	17.5	19.5	未達	61.5	-
B JASS15 仕様	最大亀裂幅[mm]	22.0	2.5	2.0	0.2	-	0
	モルタル裏面 260℃到達[分]	31.3	15.3	17.5	33.8	-	-
	中空部 260℃到達[分]	31.8	37.6	33.2	33.8	-	52.5
	裏面温度 180K上昇[分]	34.0	31.0	未達	74.0	-	53.1

↑
R7年度実施

外壁モルタルの損傷による防火性能への影響に関する調査

■ Wallstatによる解析結果 地震動の強さと層間変形角の解析結果 (R6実施)

- 建物モデルを仮定して、様々な地震動（波形・強さの倍率）に対する履歴中の最大層間変形角を壁面ごとに計算。
- 外壁面の面積で加重平均して、建物全体の平均的な層間変形角を求めた（下表）。
- 下表と前出の試験結果から、地震動に対応する外壁の損傷を考慮した防火性能を予測可能。

単位：× 10⁻³ rad

地震動の倍率	JMA輪島波		JMA神戸波		告示波X軸		告示波Y軸	
	能登仕様	JASS15仕様	能登仕様	JASS15仕様	能登仕様	JASS15仕様	能登仕様	JASS15仕様
0.65倍	4.4	2.4	7.5	6.5	2.8	2.2	1.7	1.1
0.85倍	6.0	4.5	10.0	8.8	4.9	2.8	2.6	1.6
1.0倍	7.3	6.1	12.0	10.4	7.3	3.8	3.3	2.0
1.2倍	12.3	8.5	34.1	27.9	9.7	7.0	4.9	2.7
1.4倍	倒壊	倒壊	倒壊	倒壊	16.2	9.8	10.7	3.5