

平成 25 年 1 月 24 日

木造 3 階建て学校実大火災実験実行委員会

木造 3 階建て学校の実大火災実験（準備実験）の結果概要

1. はじめに

建築基準法では 3 階建ての学校について耐火建築物とすることを義務付けていますが、平成 22 年 10 月施行の木材利用促進法等を受け、一定の仕様等を満たした場合は準耐火建築物とすることが可能となるよう、実際の規模の建物の火災実験により検証を行うものです。

平成 24 年 2 月 22 日に茨城県つくば市で木造 3 階建て学校の火災性状の基礎的な知見を把握するために実施した実大火災実験（以下、「予備実験」という。）、および、平成 24 年 11 月 25 日に岐阜県下呂市で延焼防止対策の効果を把握するために実施した実大火災実験（以下、「準備実験」という。）で得られたデータの詳細を分析し、平成 25 年度に基準化を想定した仕様による実大火災実験を予定しています。

予備実験の試験体概要と結果概要、準備実験の試験体概要につきましては、次の資料をご参照下さい。

- ・ 木造 3 階建て学校の実大火災実験（予備実験）の試験体概要

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h23/report/02.pdf>

- ・ 木造 3 階建て学校の実大火災実験（予備実験）の結果概要

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h23/report/01.pdf>

- ・ 木造 3 階建て学校の実大火災実験（準備実験）の試験体概要

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h24/121122_pamphlet.pdf

2. 準備実験の結果概要

準備実験で得られた実験経過の概要や、予備実験の結果を踏まえて計画した外壁開口部を通じた上階への延焼防止対策や防火壁を通じた延焼防止対策の効果など、今後の計画に重要となるデータの概要について報告します。

2. 1 実験データの概要

準備実験において測定した以下の結果について報告します。

- ・ 表 1 実験経過の概要：目視観察の結果の概要
- ・ 表 2 屋外ビデオ映像の概要：図 1 に示すやぐらから撮影
- ・ 表 3 屋外熱映像の概要：図 1 に示すやぐらから撮影（サーモビューア）
- ・ 表 4 内部ビデオ映像の概要：図 2 に示す室内で撮影
- ・ 図 3～図 8 代表的な室内の温度の結果：図 2 に示す位置で測定（熱電対）

また、これらの結果をもとに、室内の温度が 450℃となった時点延焼した時点と想定して、

- ・ 表 5 点火から延焼までの時間
- ・ 図 9 延焼拡大経路

としてまとめました。

準備実験では、試験体の内外に 518 カ所の温度センサー（熱電対）と 41 カ所の熱流センサー（熱流束計）を設置して計測を行ったほか、ビデオカメラを試験体内に 13 台、試験体外に 9 台設置して火災の様子を観察しました。

2. 2 準備実験より得られたこと

木造 3 階建て学校の実大火災実験（準備実験）により、以下の結果が得られました。なお、3 階への延焼が確認できた後、点火後 142 分の時点で消火を開始しました。【註 1】[]は、表 1 との対応を示します。

1) 試験体内部の火災の拡大性状

- ・出火室は、点火後火源は成長するものの局所に止まり、室全体の火災に成長しませんでした。そのため、出火室の窓ガラスを割り松明を投げ入れ、点火後 50 分に収納可燃物に再着火しました。[1-1]
- ・その後、火源は徐々に成長し、点火後約 76 分（再着火後約 26 分）で室内温度が 450℃に到達し、点火後約 89 分（再着火後約 39 分）に室内温度が急激に上昇して室内全体に延焼拡大しました。[1-2]
- ・出火階から 2 階への延焼は 2 階床を通じて点火後約 129 分（再着火後約 79 分）に起きました。[1-3]
- ・3 階への延焼は点火後約 139 分（再着火後約 89 分）に外部開口を通じて起きました。[1-4]
- ・出火室から階段室への延焼と防火壁を通じた東側の室への延焼は起きませんでした。

2) 試験体内部の煙の流動性状

- ・出火室では点火後約 37 分に、床まで煙層が降下しました。[2-1]
- ・出火室に近い 1 階廊下では点火後暫くして全体に薄い煙が拡がり、表 4 に示す通り、次第に煙濃度が濃くなりました。
- ・2 階普通教室では外部開口のガラスが脱落して室内に煙が流入し、点火後約 102 分（再着火後約 52 分）で床まで煙層が降下しました。[2-2]
- ・階段室内では避難安全上問題となる煙は確認されませんでした。

3) 試験体周囲への火災による影響

- ・試験体周囲への火の粉の飛散は確認できませんでした。【註 2】

4) 長時間の火災が継続した場合の試験体の構造躯体への影響

- ・出火室内の柱は、4.5cm（建築基準法において通常の火災による 1 時間の加熱で炭化すると想定されている寸法）の燃えしろを設けましたが、実験終了後、表面から 5～6cm の深さまで炭化していました。ただし、試験体は倒壊しませんでした。【註 1】

5) 消火後の試験体の様子

- ・消火後の試験体は、出火室の天井部（2 階床）の燃え抜けが広い範囲で確認されました。また、1 階職員室と階段室間の壁の職員室側の防火被覆が広い範囲で脱落していることが確認されました。
- ・1 階職員室と 2 階普通教室の開口付近の外壁、2 階バルコニーの床直下の天井と壁部外側の防火被覆が広い範囲で脱落していることが確認されました。

【註 1】

安全管理上、火の粉の発生を防止するため、試験体倒壊前に消火を開始しました。




【註 2】

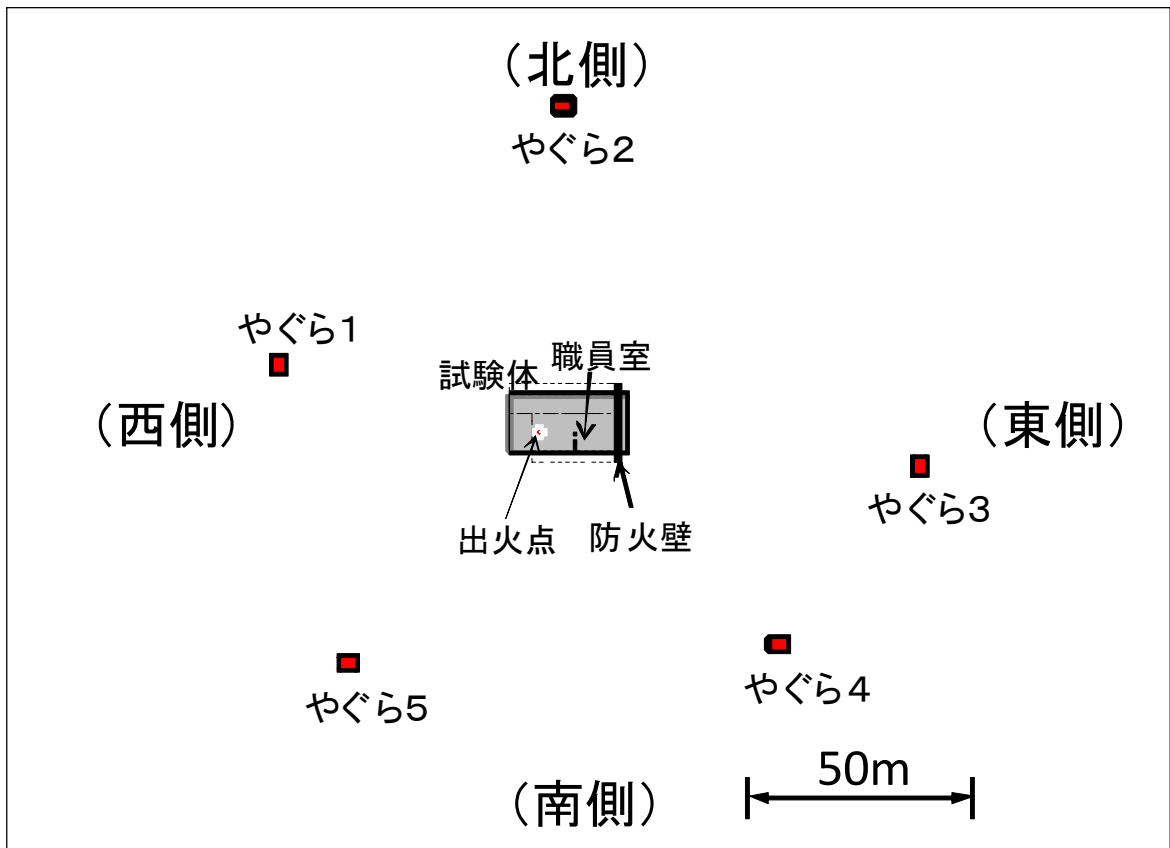
安全管理上、大きな火の粉の飛散を防止するため、準備実験では 2 階と 3 階の開口部の外側に金網（線径 1mm、開目 9mm）を設けました。

【参考】

木造 3 階建て学校実大火災実験実行委員会は、事業主体（早稲田大学（代表）、秋田県立大学、三井ホーム㈱、住友林業㈱、㈱現代計画研究所）と共同研究機関（国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所）等で構成しています。

表1 実験経過の概要

| 経過時間 (分) | 再着火後 (分) | 経過時間 (分) | 主な事象 | |
|-------------|-------------|-------------|----------------------|--|
| 0 | | 0 | 点火 | |
| 10 | | 7 | 出火室の南側窓から煙が流出 |  |
| 20 | | 21 | 1階北側窓から煙が流出 | |
| 30 | | 37 | 出火室の煙層床まで降下[2-1] |  |
| 40 | | 50 | 出火室に松明を投げ入れて再着火[1-1] | |
| 50 | 0 | 50 | 出火室に松明を投げ入れて再着火[1-1] |  |
| 60 | 10 | 61 | 出火室の窓ガラスが割れる | |
| 70 | 20 | 72 | 出火室の天井を火炎が広がる |  |
| 80 | 30 | 87 | 出火室の窓から火炎が噴出 | |
| 90 | 40 | 89 | 出火室でフラッシュオーバー[1-2] |  |
| 100 | 50 | 92 | 噴出火炎は3階バルコニーに達する | |
| 110 | 60 | 97 | 2階普通教室の窓が割れ、煙が侵入 |  |
| 120 | 70 | 102 | 2階普通教室煙層床まで降下[2-2] | |
| | | 103 | 1階北側窓が割れ、黒煙を噴出 | |
| 130 | 80 | 113 | 1階北側の窓から火炎が噴出 | |
| 140 | 90 | 129 | 2階普通教室に延焼[1-3] | |
| | | 131 | 2階南側窓から火炎が噴出 | |
| | | 134 | 2階北側窓からも火炎が噴出 | |
| | | 139 | 3階普通教室に延焼[1-4] | |
| | | 142 | 放水開始 | |
| | | 420 | 実験終了後も倒壊なし | |



- ・表示の方位は、実際の方位とはずれています。
- ・やぐらの高さはおおよそ試験体2階床高さです。

図1 ビデオと熱映像を測定するやぐらと試験体の配置

表2 屋外ビデオ映像の概要

| 経過時間 ※()内は再着火後 | 0分 | | 50分 (0分) | 55分 (5分) | 60分 (10分) | 65分 (15分) | 70分 (20分) | 75分 (25分) |
|---|-----|---|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 南西 (やぐら5) | | → | | | | | | |
| 北 (やぐら2) | | → | | | | | | |
| 東 (やぐら3) | | → | | | | | | |
| 南東 (やぐら4) | | → | | | | | | |
| 西 (やぐら1) | | → | | | | | | |
| 延焼の範囲 天井付近温度 赤:450℃以上 黄:260℃以上 | 3階 | → | | → | → | → | → | |
| | 2階 | → | | → | → | → | → | |
| | 1階 | → | | → | → | → | → | |
| | 0分後 | | 50分後 | | | | | 75分後 |

→ : 大きな変化がないことを示す

表2 屋外ビデオ映像の概要(つづき)

| 経過時間 ※()内は再着火後 | 80分 (30分) | 85分 (35分) | 90分 (40分) | 95分 (45分) | 100分 (50分) | 105分 (55分) | 110分 (60分) | 115分 (65分) |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 南西 (やぐら5) | | | | | | | | |
| 北 (やぐら2) | | | | | | | | |
| 東 (やぐら3) | | | | | | | | |
| 南東 (やぐら4) | | | | | | | | |
| 西 (やぐら1) | | | | | | | | |
| 延焼の範囲 天井付近温度 赤:450℃以上 黄:260℃以上 | 3階 | 3階 | 3階 | 3階 | 3階 | 3階 | 3階 | 3階 |
| | 2階 | 2階 | 2階 | 2階 | 2階 | 2階 | 2階 | 2階 |
| | 1階 | 1階 | 1階 | 1階 | 1階 | 1階 | 1階 | 1階 |
| | 80分後 | 85分後 | 90分後 | 95分後 | 100分後 | 105分後 | 110分後 | 115分後 |

→ : 大きな変化がないことを示す

表2 屋外ビデオ映像の概要(つづき)

| 経過時間 ※()内は再着火後 | | 120分 (70分) | 125分 (75分) | 130分 (80分) | 135分 (85分) | 140分 (90分) | 145分 (95分) |
|---|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 南西 (やぐら5) | | | | | | | |
| 北 (やぐら2) | | | | | | | |
| 東 (やぐら3) | | | | | | | |
| 南東 (やぐら4) | | | | | | | |
| 西 (やぐら1) | | | | | | | |
| 延焼の範囲 天井付近温度 赤:450°C以上 黄:260°C以上 | 3階 | → | → | | | | |
| | 2階 | → | → | | | | |
| | 1階 | → | → | | | | |
| | | | | 130分後 | 135分後 | 140分後 | 145分後 |

→ : 大きな変化がないことを示す

表3 屋外熱映像の概要

| 経過時間 ※()内は再着火後 | 0分 | 50分 (0分) | 80分 (30分) | 90分 (40分) | 100分 (50分) | 110分 (60分) | 130分 (80分) | 140分 (90分) |
|---|--|---|---|---|--|--|--|--|
| 南東 (やぐら4) | | | | | | | | |
| 南東 (やぐら4) 510°C 0°C | | | | | | | | |
| 東 (やぐら3) 1200°C 0°C | | | | | | | | |
| 北 (やぐら2) | | | | | | | | |
| 北 (やぐら2) 1200°C 0°C | | | | | | | | |
| 延焼の範囲 天井付近温度 赤:450°C以上 黄:260°C以上 | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>0分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>50分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>80分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>90分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>100分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>110分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>130分後</p> | <p>3階</p> <p>2階</p> <p>1階</p> <p>140分後</p> |

表4 内部ビデオ映像の概要

| 経過時間 ※()内は再着火後 | 0分 | 30分 | 50分 (0分) | 90分 (40分) | 100分 (50分) | 120分 (70分) | 130分 (80分) | 140分 (90分) |
|---|---------|-----|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 職員室 (出火室) | | | | | 映像記録なし | | | |
| 1階廊下 (階段室前) | | | | | 映像記録なし | | | |
| 2階 普通教室 南西側 | | → | → | | | | | 映像記録なし |
| 3階 普通教室 南西側 | | → | → | | | | | |
| 階段室 3階踊り場 | | | | | | | | |
| 延焼の範囲 天井付近温度 赤:450℃以上 黄:260℃以上 | 0分後 | → | 50分後 | 90分後 | 100分後 | → | 130分後 | 140分後 |
| | 0分後 | → | 50分後 | 90分後 | 100分後 | → | 130分後 | 140分後 |
| | 0分後 | → | 50分後 | 90分後 | 100分後 | → | 130分後 | 140分後 |
| | 0分後 | → | 50分後 | 90分後 | 100分後 | → | 130分後 | 140分後 |

→ : 大きな変化がないことを示す

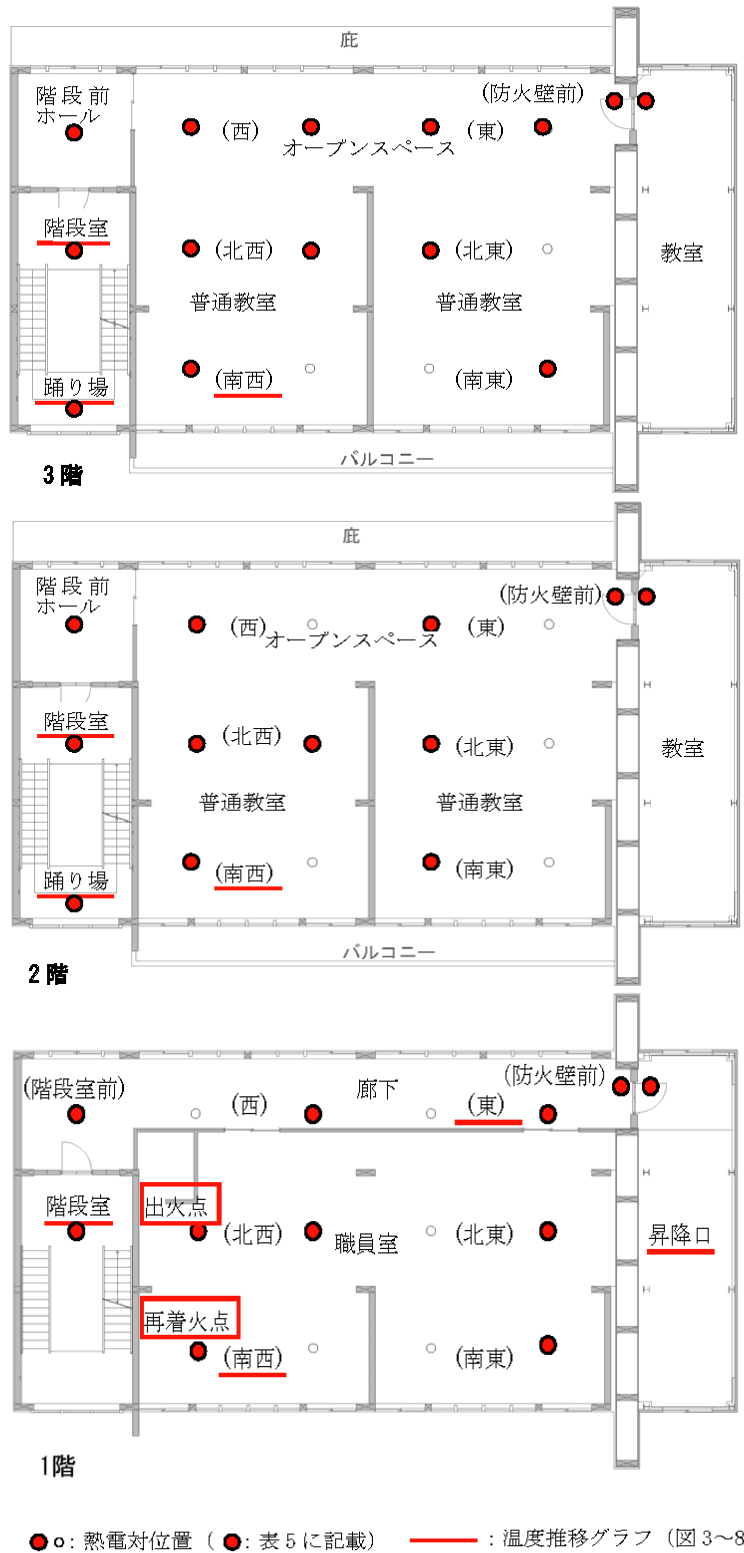


図2 熱電対設置位置 (試験体内)

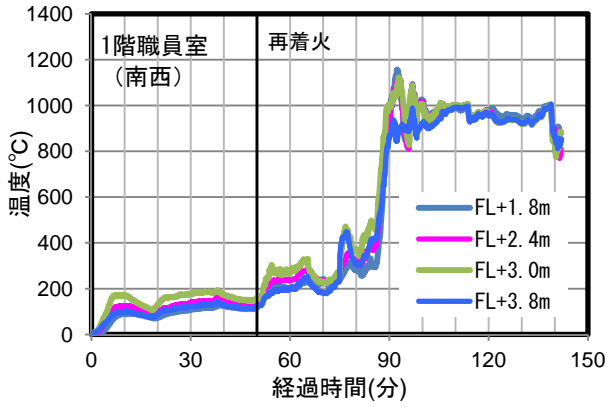


図3 1階職員室(南西)の温度測定結果

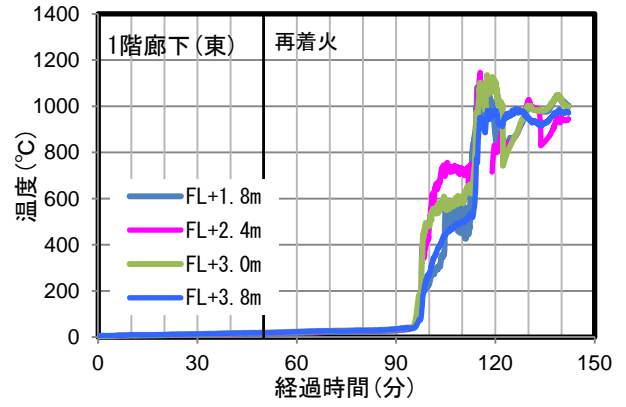


図4 1階廊下(東)の温度測定結果

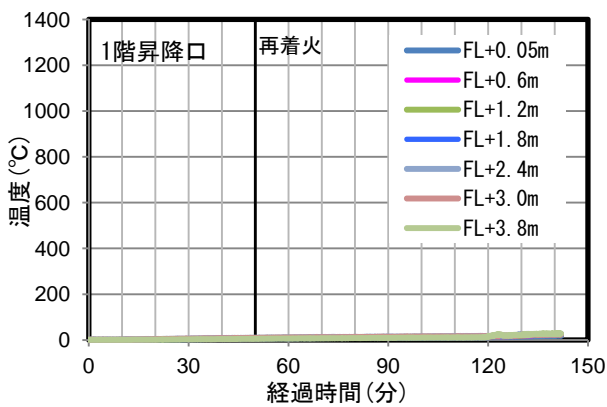


図5 1階昇降口の温度測定結果

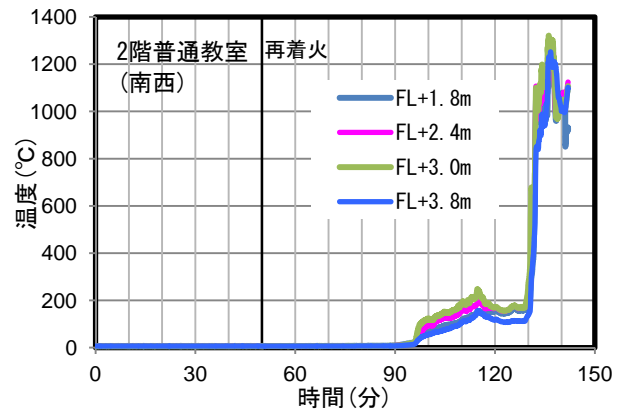


図6 2階普通教室(南西)の温度測定結果

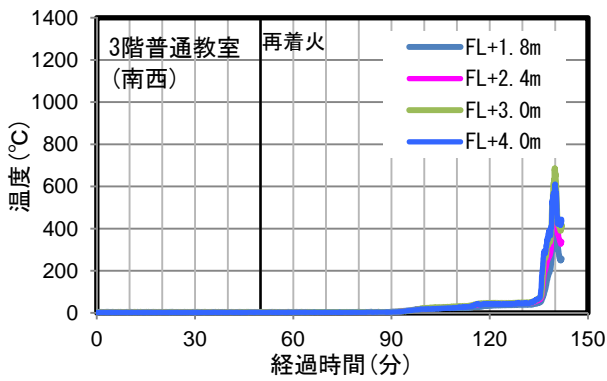


図7 3階普通教室(南西)の温度測定結果

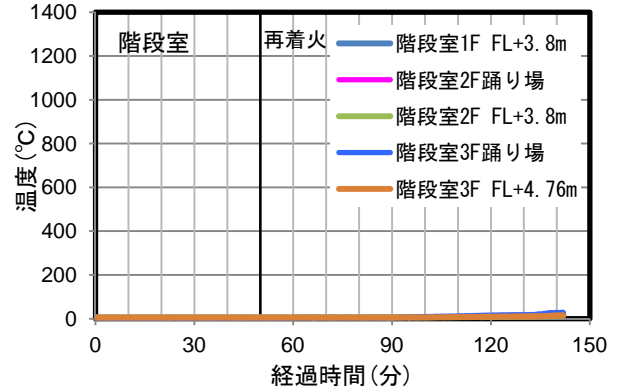


図8 階段室の温度測定結果

表5 点火から延焼までの時間

| 階数 | 延焼 順序 | 室名 | 発熱量 密度 (MJ/m ²) | 内装 | | | 延焼時間 (分) |
|----|----------|----------------|-----------------------------------|----|----|---|-------------|
| | | | | 壁 | 天井 | 床 | |
| 3階 | - | 階段室踊り場(3階) | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | - | 階段室 | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | - | 階段前ホール | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | ⑱ | 普通教室(南西) | 400 | 不 | 不 | 可 | 138 |
| | ⑲ | 普通教室(北西) | 400 | 不 | 不 | 可 | 138 |
| | ⑳ | 普通教室(北東) | 400 | 不 | 不 | 可 | 140 |
| | ㉑ | 普通教室(南東) | 400 | 不 | 不 | 可 | 138 |
| | - | オープンスペース(西) | 200 | 不 | 不 | 可 | - |
| | - | オープンスペース(東) | 200 | 不 | 不 | 可 | - |
| | - | オープンスペース(防火壁前) | 200 | 不 | 不 | 可 | - |
| - | 教室 | 0 | 不 | 不 | 可 | - | |
| 2階 | - | 階段室踊り場(2階) | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | - | 階段室 | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | ⑮ | 階段前ホール | 32 | 不 | 不 | 可 | 136 |
| | ⑨ | 普通教室(南西) | 400 | 不 | 不 | 可 | 130 |
| | ⑩ | 普通教室(北西) | 400 | 不 | 不 | 可 | 131 |
| | ⑭ | 普通教室(北東) | 400 | 不 | 不 | 可 | 135 |
| | ⑯ | 普通教室(南東) | 400 | 不 | 不 | 可 | 136 |
| | ⑪ | オープンスペース(西) | 200 | 不 | 不 | 可 | 132 |
| | ⑫ | オープンスペース(東) | 200 | 不 | 不 | 可 | 134 |
| | ⑬ | オープンスペース(防火壁前) | 200 | 不 | 不 | 可 | 134 |
| - | 教室 | 0 | 不 | 不 | 可 | - | |
| 1階 | - | 階段室 | 32 | 不 | 不 | 可 | - |
| | ⑧ | 廊下(階段室前) | 32 | 不 | 不 | 可 | 112 |
| | ① | 職員室(南西) | 700 | 不 | 不 | 可 | 76 |
| | ② | 職員室(北西) | 700 | 不 | 不 | 可 | 86 |
| | ③ | 職員室(北東) | 700 | 不 | 不 | 可 | 91 |
| | ④ | 職員室(南東) | 700 | 不 | 不 | 可 | 93 |
| | ⑤ | 廊下(西) | 32 | 不 | 不 | 可 | 96 |
| | ⑥ | 廊下(東) | 32 | 不 | 不 | 可 | 98 |
| | ⑦ | 廊下(防火壁前) | 32 | 不 | 不 | 可 | 107 |
| | - | 昇降口 | 0 | 不 | 不 | 可 | - |

【註】 点火から延焼までの時間は温度が450℃に到達した時間を記載。
 発熱量密度は、単位床面積あたりの可燃物の量(発熱量)を示す。
 内装 不:不燃材料、可:木材

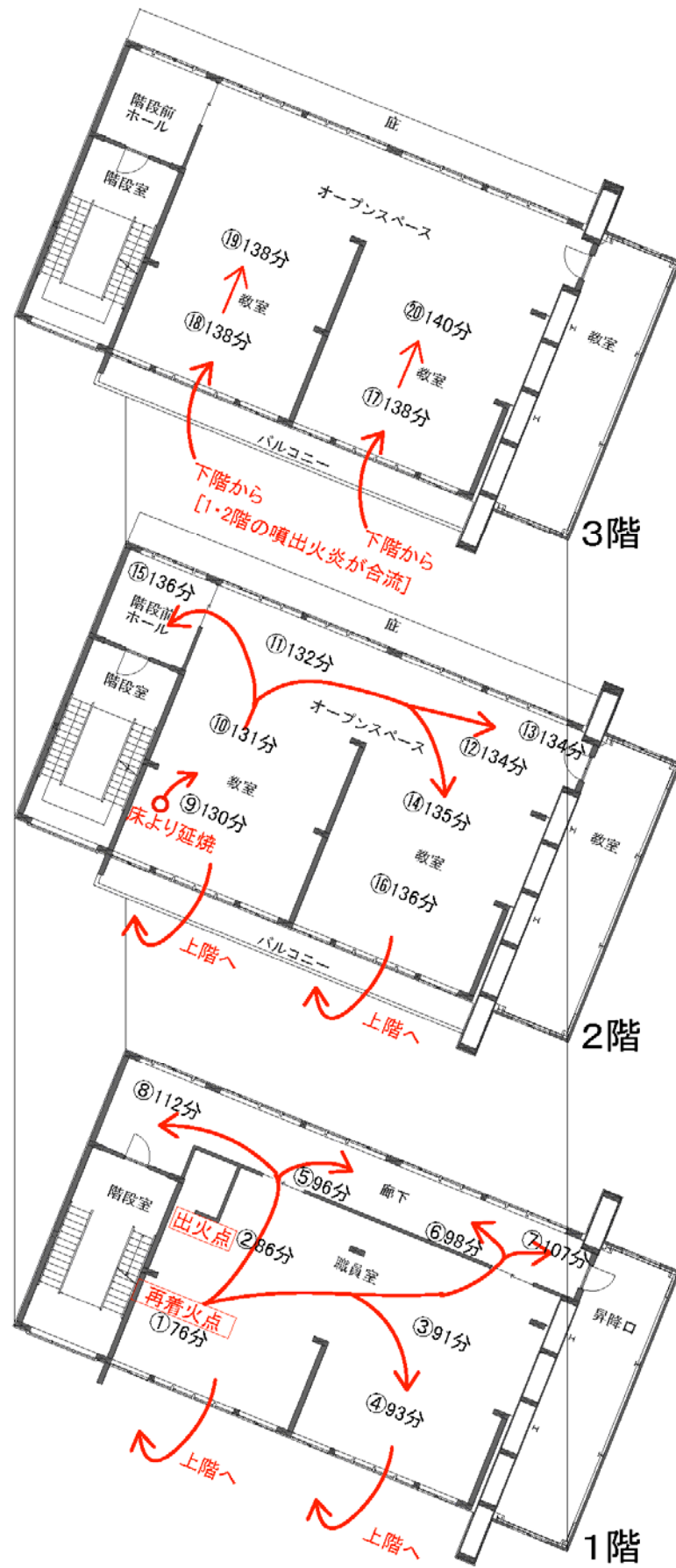


図9 延焼拡大経路