#### 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℃となった時点を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(熱流東計)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】

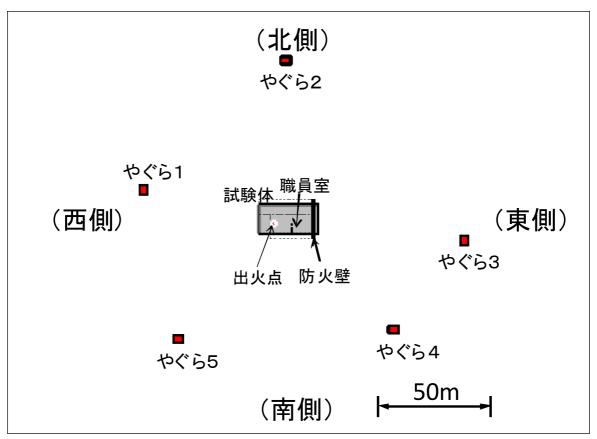
安全管理上、大きな火の粉の飛散を防止するため、準備実験では2 階と3 階の開口部の外側に金網(線程1mm、開目9mm)を設けました。

# 【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	
10	_	_ 0 _ 7	点火 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			出火室の煙層床まで降下[2-1]	
40	-	<del>-</del>		
50	_ 0 _	_ 50 -	出火室に松明を投げ入れて再着火[1-1]	
60 70	_ 10 _ 20	61 –	出火室の窓ガラスが割れる	
80	- <sup>20</sup>   - 30	- 72 -	出火室の天井を火炎が広がる	
90	_ 40	- 87 89	出火室の窓から火炎が噴出 出火室でフラッシュオーバー[1-2]	
100	- _ 50	92 - 97 - 102	噴出火炎は3階バルコニーに達する 2階普通教室の窓が割れ、煙が侵入 2階普通教室煙層床まで降下[2-2]	
110	_ _ 60	_ 103 _ _ 113	1階北側窓が割れ、黒煙を噴出 1階北側の窓から火炎が噴出	
120	_ _ 70	_ 		20-17-11/2/2-19-19
130	_ _ 80 _	129 131 134	2階普通教室に延焼[1-3] 2階南側窓から火炎が噴出 2階北側窓からも火炎が噴出	
140	_ 90 _	_ 139 142 -	3階普通教室に延焼[1-4] ———— 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	<b>55分</b>	<b>60分</b>	<b>65分</b> <sup>(15分)</sup>	<b>70分</b>	<b>75分</b>
南西 (やぐら5)		$\rightarrow$						
北 (やぐら2)		$\rightarrow$		IN THE PARTY THE	N CONTRACTOR			N TO SERVICE THE SERVICE STATE OF THE SERVICE STATE
東 (やぐら3)		$\rightarrow$						
南東 (やぐら4)	NUMBER OF STREET	$\rightarrow$						
西 (やぐら1)		$\rightarrow$						
3 階	2012/1/5 909000  25 24 25 29 39 45 41 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	$\rightarrow$	2012/17/5 (8900)  28 28 30 35 37 45 57  85 16 60 18 64 8 8 64 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	2017/17/9 919400 33 32 35 38 40 42 61 55 55 59 48 42 8
延焼の範囲 2 <sub>天井付近温度</sub> 階	61 63 74 73 72 72 33 67 68 89 89 60 80 88 88 29 65 26 75 27	$\rightarrow$	62 63 75 73 23 22 63 58 70 80 78 78 8	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	63 65 77 75 74 77 61 65 65 77 75 76 77 87 88 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
赤:450℃以上 黄:260℃以上 階	50 50 60 60 67 66 67 13 66 60 13 66 60 13 66 60 13 66 60 13 77 77 76 78 78 78 78 78 78 78 78 78 78 78 78 78	$\rightarrow$	113	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	$\rightarrow$	170 716 231 231 325 231 91 55 2723 1732 1734 1736 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
İ	0分後		50分後					75分後

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 <sup>(30分)</sup>	<b>85分</b> <sup>(35分)</sup>	<b>90分</b> <sup>(40分)</sup>	<b>95分</b> <sup>(45分)</sup>	100分 <sup>(50分)</sup>	105分 <sup>(55分)</sup>	110分	115分
南西 (やぐら5)								
北 (やぐら2)		H RESERVED TO THE RESERVED TO	N MATERIAL TO SHARE AND A SHAR	N MARIA DE LA CINA DEL CINA DE LA CINA DEL CINA DE LA C				
東 (やぐら3)								
南東 (やぐら4)								
西 (やぐら1)								
3 階 延焼の範囲 2 天井付近温度 赤:450°C以上 黄:260°C以上 間 階	*************************************	### 100 100 100 100 100 100 100 100 100	### 100   1	200-11-08-09-08-08 103 03 04 04 04 04 10 10 103 03 04 04 04 04 10 104 172 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 04 04 10 105 03 04 04 10 105 03 04	100分後	## 105分後	2017/10 0000 17 No 62 1 No	20171/20 00002  20 107 100 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 100 100 100  20 107 107 107 107 107 107 107 107 107 10
	80分後	85分後	90分後	95分後	100分後	105分後	110分後	115分後

表2 屋外ビデオ映像の概要(つづき)

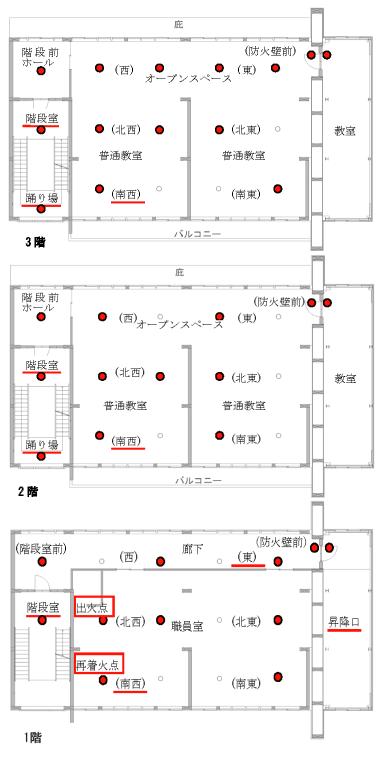
経過時間 ※()内は再着火後		120分	<b>125分</b>	130分	135分	140分	<b>145分</b>
南西 (やぐら5)							
北 (やぐら2)							
東 (やぐら3)							
南東 (やぐら4)							
西 (やぐら1)							
延焼の範囲	3 階	$\rightarrow$	$\rightarrow$	2012/17/51 (00002)  212 264 281 187 287 77 151  164 296 560 912 266 88  8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	2012/1/05/10/962  223 203 204 205 204 205 100 142  113 206 502 304 202 40	2012/1/5 932002  Will 3072 5827 1783 1983 1987 167  141 W47 2015 3062 2677 8	2027/1/25/1026/00  441 725 873 964 989 87 95 1155 1069 1076 1155 1069 1076 1076 1076 1076 1076 1076 1076 1076
   天井付近温度	2 階	$\rightarrow$	$\rightarrow$	961 1220 1459 1359 1153 1733 174 1668 1868 1868 1878 1878 1878 1878 1878	2016 433 202 300 12 113 206 200 200 12 113 206 200 200 12 100 206 200 200	133 1363 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2012 2006 MIN 1966 MIN 1975 233 161 3160 3956 2765 3966 MIN 18 197 1980 347 470 2786 2866 2732
赤:450℃以上 黄:260℃以上	1 階	$\rightarrow$	$\rightarrow$	11.1 11.1 11.1 11.1 11.1 11.1 11.1 11.	177 8 8 8 8	200 B C C C C C C C C C C C C C C C C C C	200 M M M M M M M M M M M M M M M M M M
				130分後	135分後	140分後	145分後

表3 屋外熱映像の概要

経過時間 ※()内は再着火後	0分	50分	80分	90分	100分 (50分)	110分	130分	140分
南東 (やぐら4)								
510℃ 南東 (やぐら4) 0℃	HERES AND MICH. THE STOR PRESSER	FAVIOLE IN THE STATE OF T	AVIOL	AVIO	CORRECT THE REST STREET	HESSE AT BOX (SEASE)	PAVIOL PROSPECTOR CONTROL PROSPE	AVIO AVIO POSTANO
1200℃ 東 (やぐら3) <sub>0℃</sub>		T M						
北 (やぐら2)	N STATE OF THE STA	N MA SAN PARM	N REPORT AND A SECOND	N MARY SECTIONS IN THE SECTION OF TH				
1200°C 北 (やぐら2) 0°C							MARIE	市中
3 階 延焼の範囲 2 天井付近温度 赤:450℃以上 黄:260℃以上 間階	*************************************	## 100 1 10 100 100 100 100 100 100 100	### 100 100 100 100 100 100 100 100 100	## 100 200 200 200 200 200 200 200 200 200	### 100分後	### SECURION DESCRIPTION OF THE PROPERTY OF T	### 100 ### 1	2027/10 100000 101 102 102 102 102 102 102 10

# 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	90分	100分	120分	130分	140分			
職員室 (出火室)	00 00 23:19	00 30:01:26	00:52:40:15	01:27:18:13	映像記録なし						
1階廊下 (階段室前)	00.00.03:20	00:30:01:26	00:50:00:20	01:30:18:08	映像記録なし						
2階 普通教室 南西側	00.00.03.20	$\rightarrow$	$\rightarrow$	01:30:38:07	01.37.17.26	02 00:16:14	02:11:35:24	映像記録 なし			
3階 普通教室 南西側	00 00 03 20	$\rightarrow$	$\rightarrow$	01 30 38 67	01.42.37.16	02 00 36 13	02:10:35:25	02-20-35-07			
階段室 3階踊り場	00:00:03:20	00:30:01:28	00.50.40.19	01:30:18:08	01:40:17:20	02 00:16;1d	02:10:15:23	02:20:15:08			
3 延焼の範囲 2 天井付近温度 赤:450°C以上 黄:260°C以上	2012/1/55 990000  25	$\rightarrow$	2012/17/5 046000 29 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	2012/17/5 90/000  34	2017/1/5 54402 40 51 172 40 17	$\rightarrow$	2017/1/5 100302 212 254 261 187 207 217 153 164 206 268 212 226 R 460 577 414 256 R	307/1/6 100002 1611 3072 1627 1750 1963 1673 1710 141 907 308 3082 3067 8 81 907 408			
	61 61 74 73 73 73 75 76 77 87 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88 88	$\rightarrow$	52 43 75 73 73 75 57 58 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	44 47 29 76 78 8 92 40 40 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1 8 1	272 308 523 684 505 607 10] 66 603 567 823 608 8	$\rightarrow$	061 1220 1459 1359 153 133 124 168 1888 1351 1740 1355 8 28 175 1365 1512 1600 1408	79 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1			
	50 50 66 67 66 60 12 60 100 22 27 78 8 187400 51 60 24 32 75	$\rightarrow$	113 144 166 185 116 12 65 82 1784 1204 1301 83 8 8 18 1205 1305 83 76	239 NS 27 255 NS 20 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	1500 (1002 2008 1002 2008 11)	$\rightarrow$	151 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	20			
'	0分後		50分後	90分後	100分後		130分後	140分後			



● o: 熱電対位置(●: 表 5 に記載) : 温度推移グラフ(図 3~8)図 2 熱電対設置位置(試験体内)

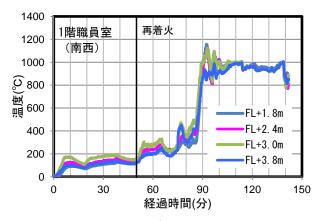


図3 1階職員室(南西)の温度測定結果

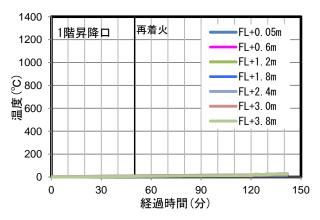


図5 1階昇降口の温度測定結果

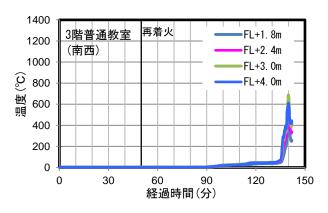


図7 3階普通教室(南西)の温度測定結果

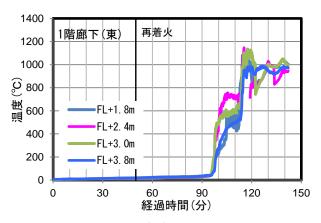


図4 1階廊下(東)の温度測定結果

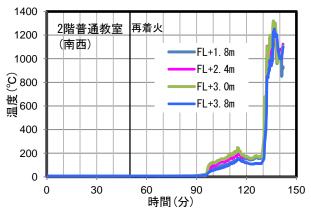


図 6 2 階普通教室(南西) の温度測定結果

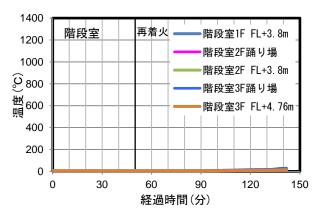


図8 階段室の温度測定結果

表5 点火から延焼までの時間

			発熱量		内装		7
階数	延焼	室名	密度				延焼時間
F1 2	順序	<u> </u>	$(MJ/m^2)$	壁	天井	床	(分)
	_	階段室踊り場(3階)	32	不	不	可	-
	-	階段室	32	不	不	口	_
	1	階段前ホール	32	不	不	口	_
	18	普通教室(南西)	400	不	不	可	138
	19	普通教室(北西)	400	不	不	口	138
3階	20	普通教室(北東)	400	不	不	口	140
	17)	普通教室(南東)	400	不	不	可	138
	1	オープンスペース(西)	200	不	不	口	_
	ı	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	回	
	ı	教室	0	不	不	可	_
	-	階段室踊り場(2階)	32	不	不	口	_
	ı	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
2階	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	_
	-	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
1階	3	職員室(北東)	700	不	不	可	91
	4	職員室(南東)	700	不	不	可	93
	<u>(5)</u>	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
<b>7</b> = + 3	_	昇降口	0	不	不	可	_

【註】点火から延焼までの時間は温度が450°C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

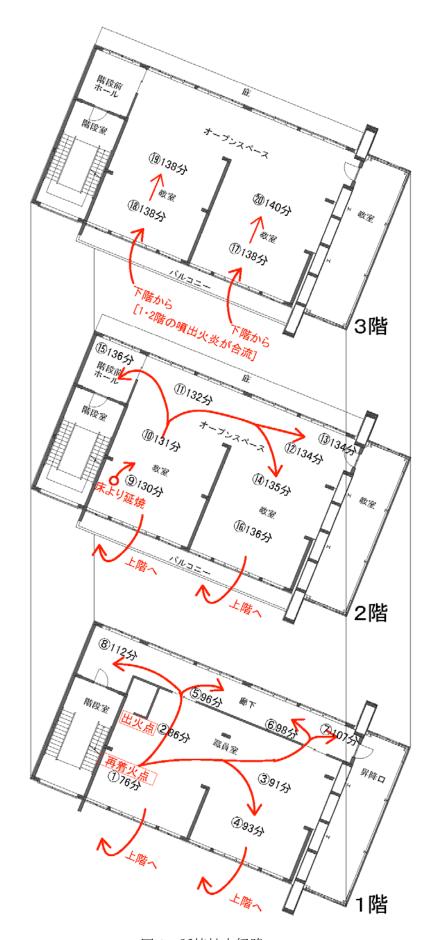


図 9 延焼拡大経路