

特殊消火設備の設置基準等に係る検討のための

自動車火災実験等業務報告書

2021年3月25日

一般財団法人 日本自動車研究所

1. 背景、目的

近年、泡消火設備等の特殊消火設備と同等以上の消火性能を有する消火設備が開発され、消防法第17条第3項に基づく特殊消防用設備等として大臣認定を受けている事例が増加している。また、泡消火設備等に用いられる泡消火薬剤に含まれているフッ素化合物が環境面から国際的に規制され、今後、国内においても製造・輸出入・使用等が制限される可能性がある。このような状況を踏まえ、特殊消火設備に求められる性能や泡消火薬剤に含まれているフッ素化合物に係る国際的な規制の動向等を整理した上で、特殊消火設備に係る新たな設置基準等の検討を行っている。

そこで、自走式駐車場等において設置される特殊消火設備に求められる性能を整理するために、簡易モデル作成に資する燃焼実験を実施した。

2. 概要

本実験では、簡易モデル作成に資するデータを取得するために、①自動車燃焼実験および②簡易モデル燃焼実験を実施した。また、それぞれの火災実験は、自動車の車室内着火を想定したA火災および燃料漏れ火災を想定したB火災の2種類の火災モードで実施した。

3. 実験

本実験の共通項目としては、自動車燃焼実験では供試車両の窓は後部座席右側を20cm開け、車両の燃料タンク内は空にした。簡易モデル燃焼実験では、委託元より支給された車両を模擬した簡易モデルと、40mm×40mm×1500mmのクリブを使用した。また、計測は供試体周囲温度および熱流束、発熱速度とした。温度はK型熱電対を使用し、熱流束は水冷式の熱流センサー、発熱速度は荷重計を用いて荷重変化から算出した。なお、実験は日本自動車研究所の耐爆火災試験設備（屋内）で実施した。

表1に試験条件を示す。

表 1 試験条件

Test No.	供試体	火災想定	着火方法	クリップ本数	燃料	燃料の量
1	車両	A火災	運転席シート	-	アルコール系固形燃料	80g
2	車両	B火災	燃料パン (Φ1m)	-	ノルマルヘブタン	45L
3	簡易モデル+クリップ	A火災 (プレ1回目)	燃料パン (Φ1m)	1段13本×20段	ノルマルヘブタン	1.5L
4	簡易モデル+クリップ	B火災 (プレ1回目)	燃料パン (Φ1m)	1段13本×27段	ノルマルヘブタン	45L
5	簡易モデル+クリップ	B火災 (プレ2回目)	燃料パン (Φ1m)	1段13本×27段	ノルマルヘブタン	45L
6	簡易モデル+クリップ	A火災	燃料パン (Φ1m)	1段13本×27段	ノルマルヘブタン	1.5L
7	簡易モデル+クリップ	B火災	燃料パン (Φ1m)	1段16本×27段	ノルマルヘブタン	45L

3-1 自動車燃焼実験 (A 火災想定)

自動車燃焼時の発熱速度を把握するために、運転席シート着火による車両火災実験を実施した。

3-1-1 計測項目

計測項目および計測点数を以下に示す。各計測センサーの詳細位置を図1に示す。

- ・車両重量 (荷重計) : 4箇所
- ・熱流束 (熱流束計) : 5点
- ・可視映像 (CCD カメラ) : 4方向
- ・温度 (K型熱電対) : 16点

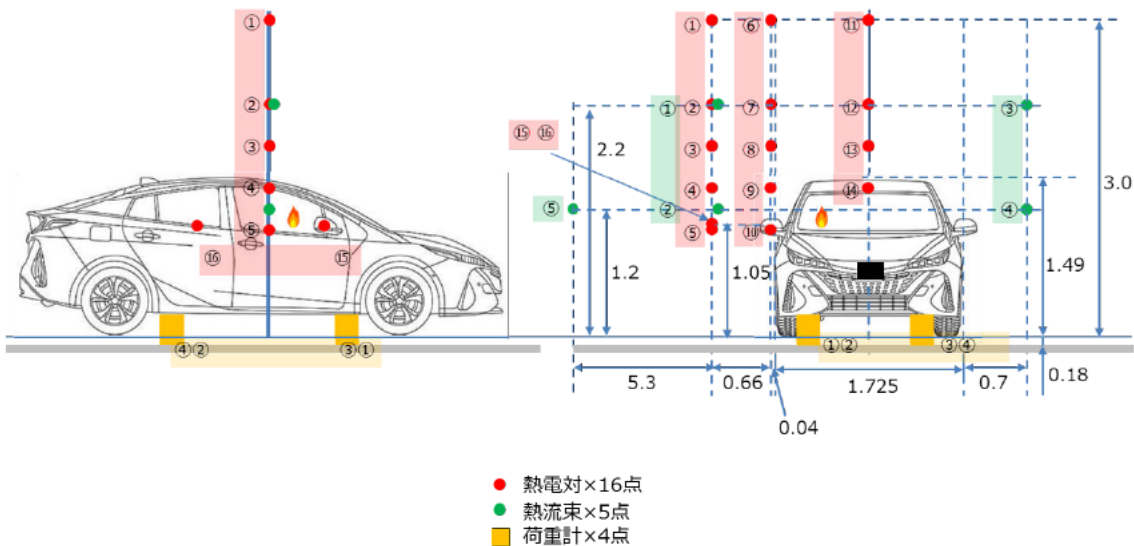


図1 センサー設置位置 (左:側面視、右:正面視)

発熱速度を算出するために、荷重計を用いて燃焼時の車両重量の経時変化を計測した。荷重計の設置位置は車両のジャッキアップポイントとし、計4箇所計測した。熱流束計は、隣接車両への延焼性を把握するため、車両外の窓部および車両前後の鋼板位置に設置した。CCDカメラでは正面、側面、右斜め後ろ、ドアミラーを撮影し、燃焼時間、延焼方向を観察した。K型熱電対は車両周囲温度を把握するため、車両上面および側面、ドアミラー位置に設置した。試験前の外観を図2に示す。

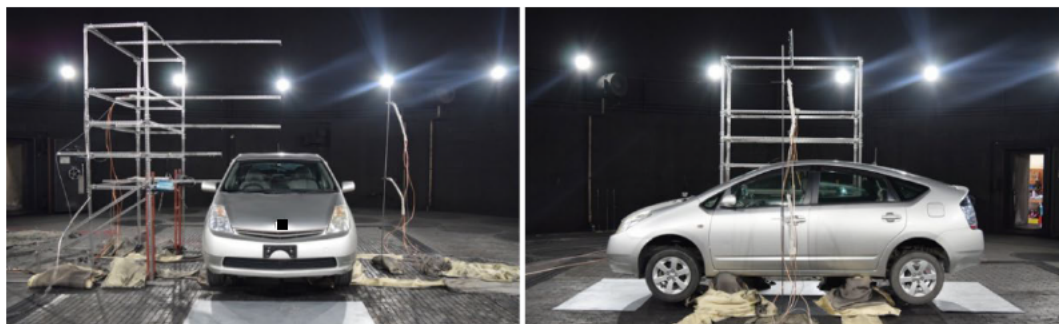


図2 試験前の外観

3-1-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図3、図4に示す。着火2分後には車両右リア窓ガラスから火炎が出始め、3分29秒後に右フロント窓ガラス、5分9秒後に左フロント窓ガラス、5分22秒後に左リア窓ガラス、7分28秒後にトランクルームのリアガラスが破損した。13分10秒前後から14分30秒前後まで、リアバンパーの燃焼に伴う溶融滴下がみられ、18分前後からフロント下部、20分30秒前後から23分20秒前後までフロントバンパーの燃焼および溶融滴下がみられた。また、バンパーが燃焼し始めた頃から約30分頃までが火盛期となり、それ以降は徐々に火災は縮小し、1時間30分後には大きな火炎は確認できなくなり、完全鎮火は約4時間後となった。

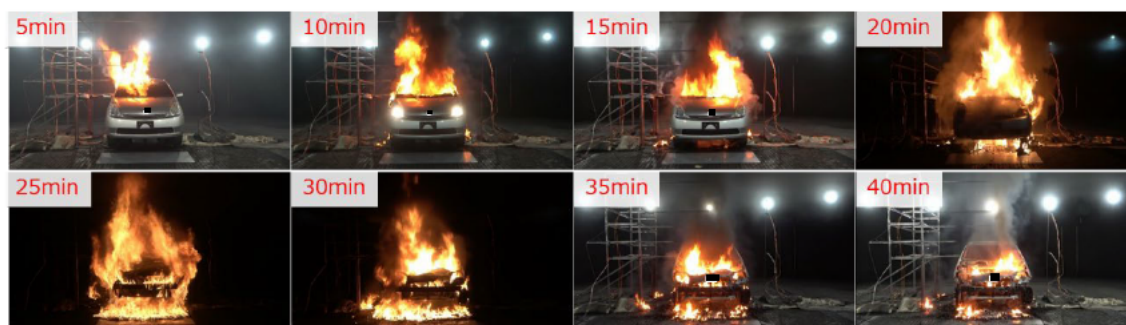


図3 試験時の燃焼の様子（正面視）



図4 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 300 秒移動平均結果を図 5 に示す。発熱速度算出にあたり、電気的なノイズ等の不要なピークを取り除き、データを 300 秒の移動平均化処理を行った。なお、発熱速度および総発熱量は、車両の重量減少量と単位重量あたりの発熱量（約 30MJ/kg、文献：Development of a database of full-scale calorimeter tests of motor vehicle burns, Motor vehicle fire research institute, 2008 より）から算出した。その結果、A 火災想定 of 車両燃焼実験の最大発熱速度は約 7MW、総発熱量は 6.91GJ となった。

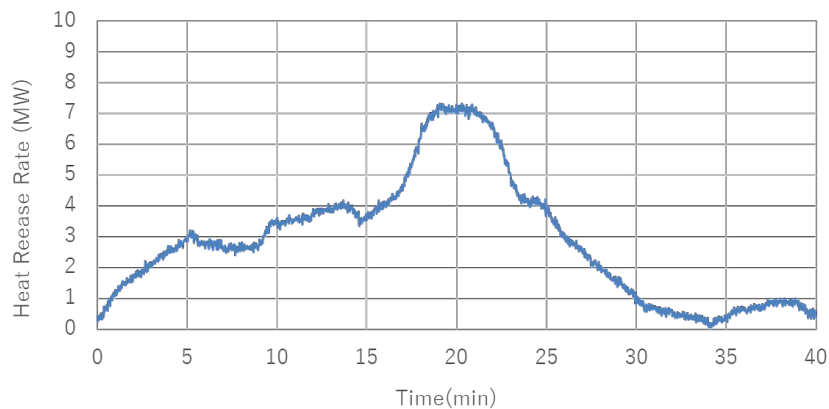


図5 発熱速度結果（車両、300 秒移動平均）

続いて、熱流束計測結果を図 6、温度計測結果を図 7～10 に示す。熱流束値のピークは、HF02 が 22 分 12 秒後に 40.1kW/m²、HF03 が 6 分 15 秒後に 32.9 kW/m²、HF04 が 19 分 48 秒後に 36.5 kW/m²、HF05 が 23 分頃に 2.4 kW/m²を示した。

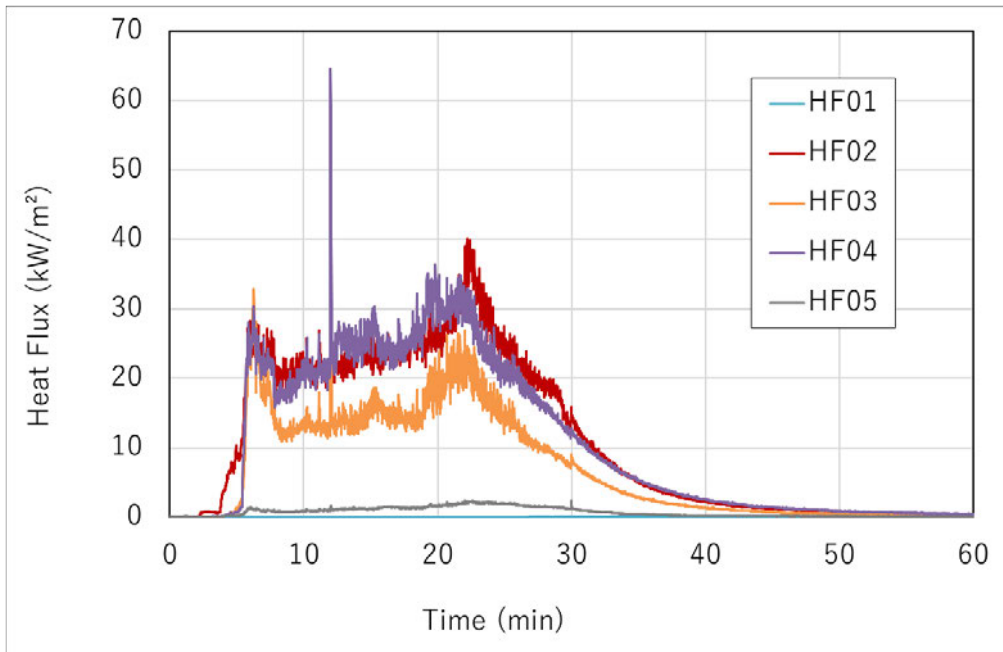


図 6 熱流束計測結果

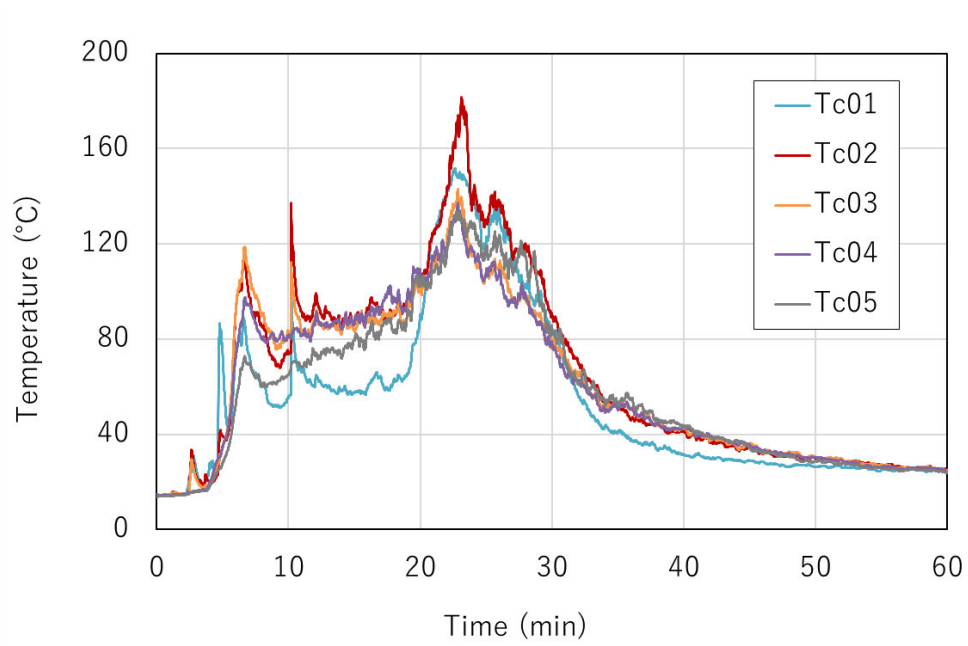


図 7 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

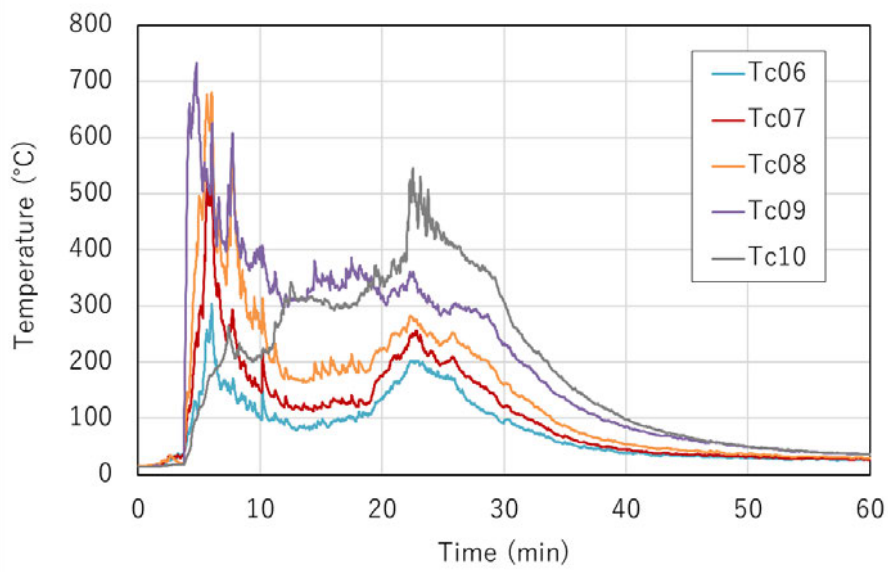


図 8 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

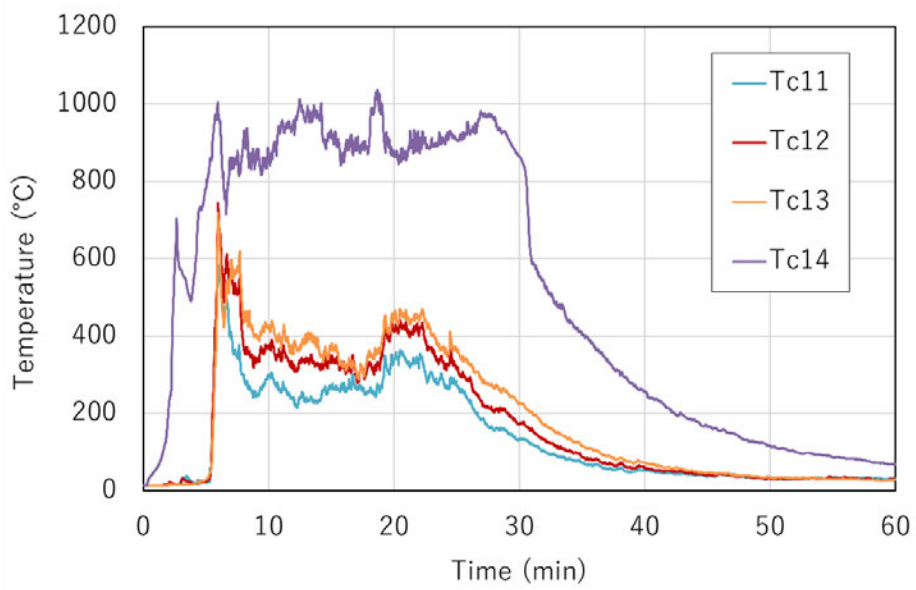


図 9 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

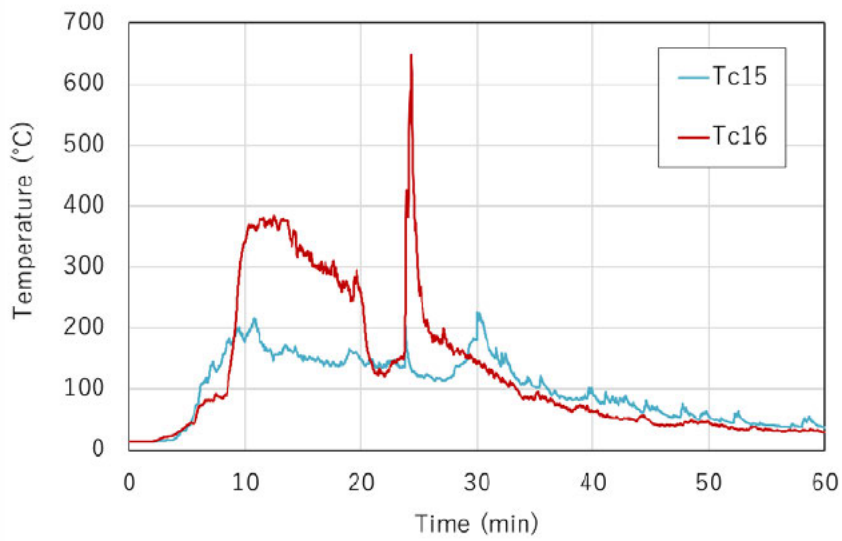


図 10 温度計測結果 (Tc15~Tc16)

試験後の外観を図 11 に示す。



図 11 試験後の外観

3-2 自動車燃焼実験 (B 火災想定)

燃料漏れによる自動車燃焼時の発熱速度を把握するために、車両下部中央に設置した燃料パン内のノルマルヘプタン 45L を着火源とする車両火災実験を実施した。

3-2-1 計測項目

計測項目および各計測センサー設置位置は、3-1-1 項と同じ条件とした。

試験前の外観を図 12 に示す。

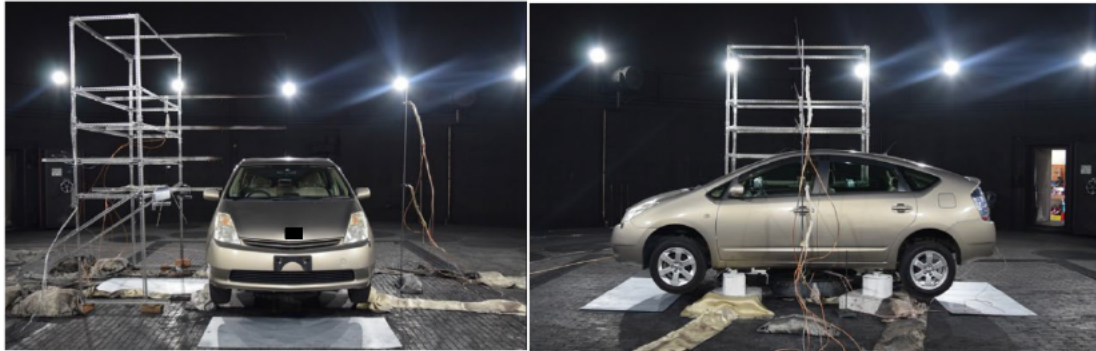


図 12 試験前の外観

3-2-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 13、図 14 に示す。着火 1 分後には車両両サイドから大きな火炎があがり、5 分 35 秒後に左リア窓ガラス、7 分 8 秒後にトランクルームのリアガラスガラスが破損が確認された。また、4 分 10 秒前後から 5 分 30 秒前後までリアバンパーの燃焼および溶融滴下、9 分前後から 12 分 30 秒頃までフロントバンパー付近の燃焼および溶融滴下がみられた。火盛期は着火 7 分後頃から 20 分頃までとなっており、その後は徐々に火災は縮小し、1 時間 30 分後には大きな火炎は確認できなくなり、完全鎮火は約 4 時間後となった。

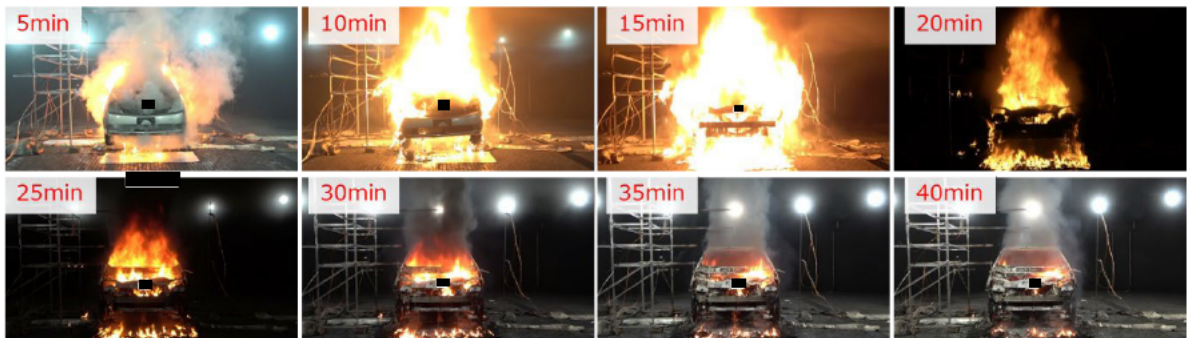


図 13 試験時の燃焼の様子（正面視）



図 14 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度結果を図 15～17 に示す。発熱速度算出にあたり、電気的なノイズ等の不要なピークを取り除き、車両の発熱速度は 300 秒間の移動平均化処理、燃料パンは 60 秒間の移動平均処理を行った。その結果、B 火災想定 of 車両燃焼実験の最大発熱速度は約 11MW、総発熱量は 5.42GJ となった。

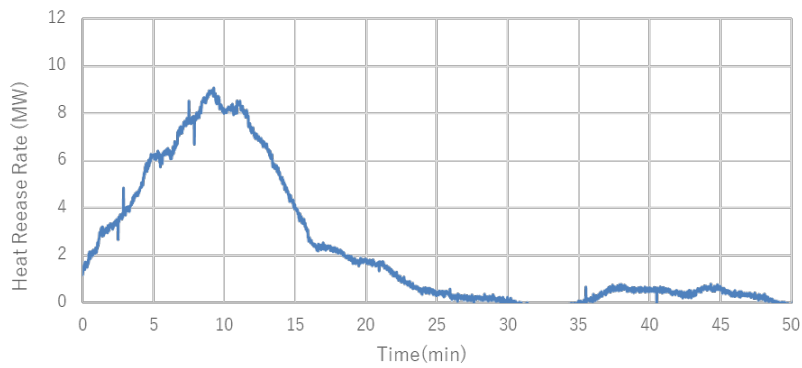


図 15 発熱速度結果（車両、300 秒移動平均）

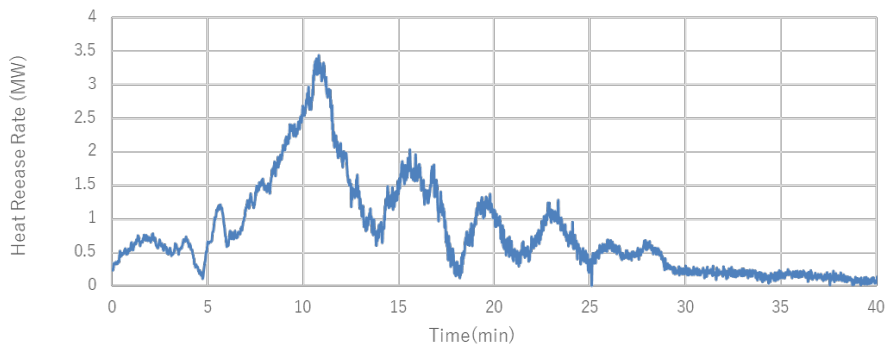


図 16 発熱速度結果（燃料パン、60 秒移動平均）

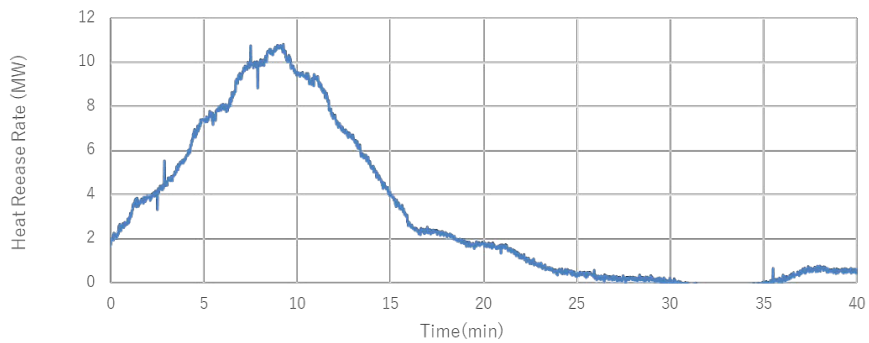


図 17 発熱速度結果（車両＋燃料パン）

続いて、熱流束計測結果を図 18、温度計測結果を図 19～22 に示す。

熱流束値のピークは、HF01 が 12 分 18 秒後に 43.4kW/m²、HF02 が 13 分 30 秒後に 75.3kW/m²、HF03 が 11 分 36 秒後に 59.0kW/m²、HF04 が 11 分 36 秒後に 73.1kW/m²、HF05 が 13 分頃に 4.0kW/m²程度を示した。

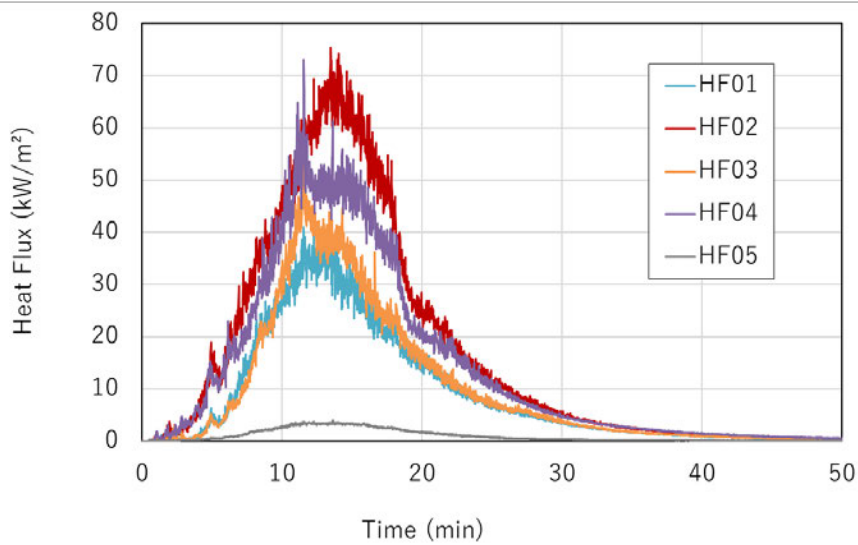


図 18 熱流束計測結果

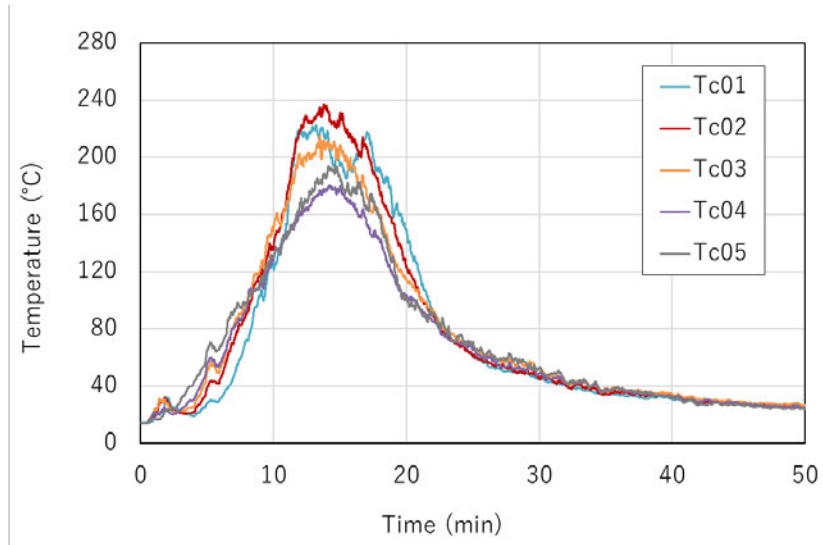


図 19 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

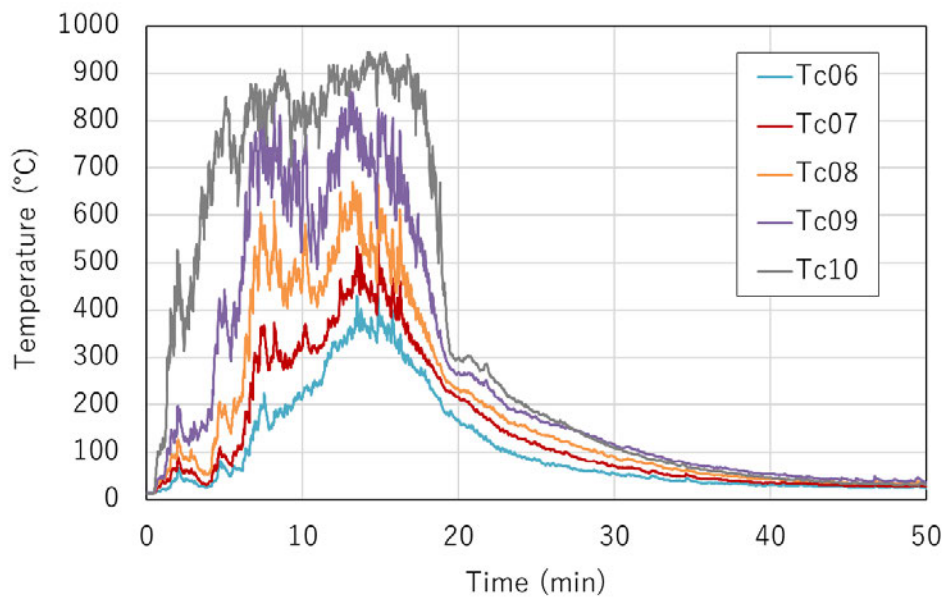


図 20 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

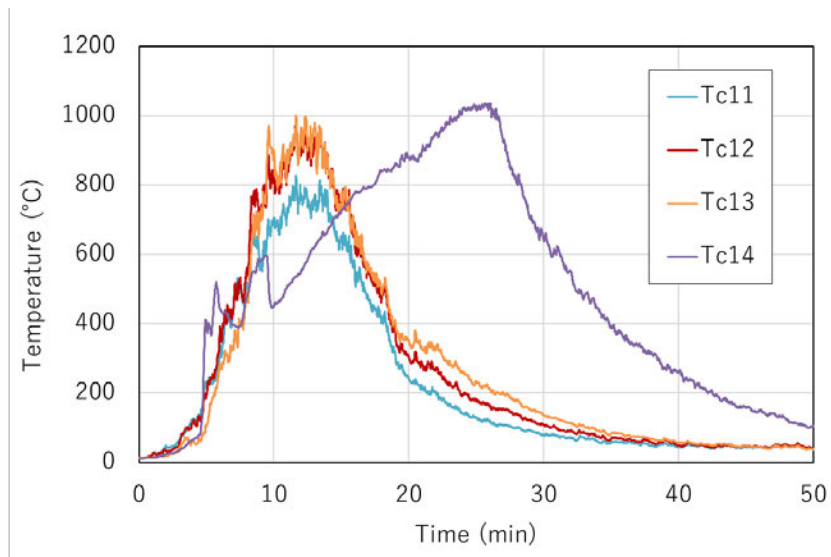


図 21 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

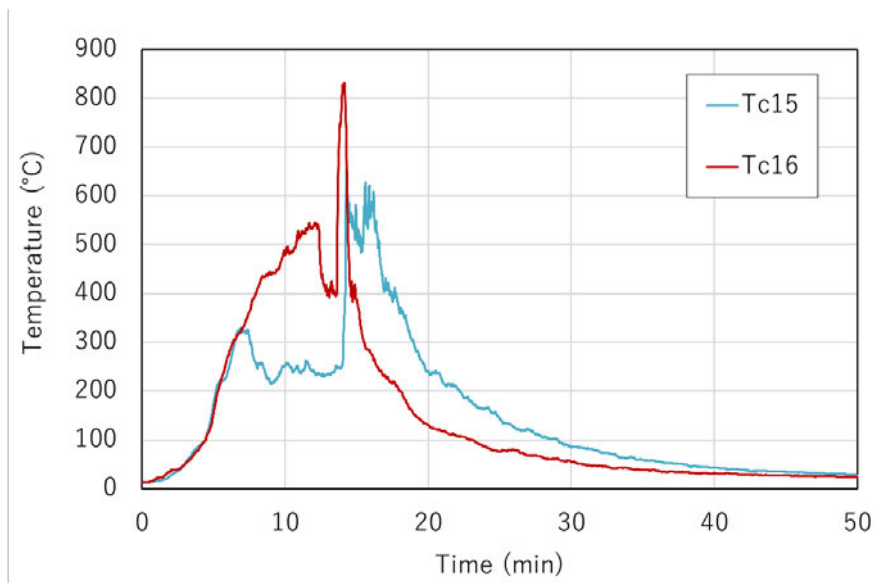


図 22 温度計測結果 (Tc15~Tc16)

試験後の外観を図 23 に示す。



図 23 試験後の外観

3-3 簡易モデル燃焼実験 (A 火災想定、プレ試験 1 回目)

クリブを 1 段 13 本×20 段として簡易モデル内に設置し、燃料パン内のノルマルヘプタン 1.5L を着火源とする燃焼実験を実施した。

3-3-1 計測項目

計測項目および計測点数を以下に示す。各計測センサーの詳細位置を図 24 に示す。

- ・クリブ重量 (荷重計) : 4 箇所
- ・燃料パン重量 (荷重計) : 4 箇所
- ・熱流束 (熱流束計) : 3 点
- ・可視映像 (CCD カメラ) : 4 方向
- ・温度 (K 型熱電対) : 15 点

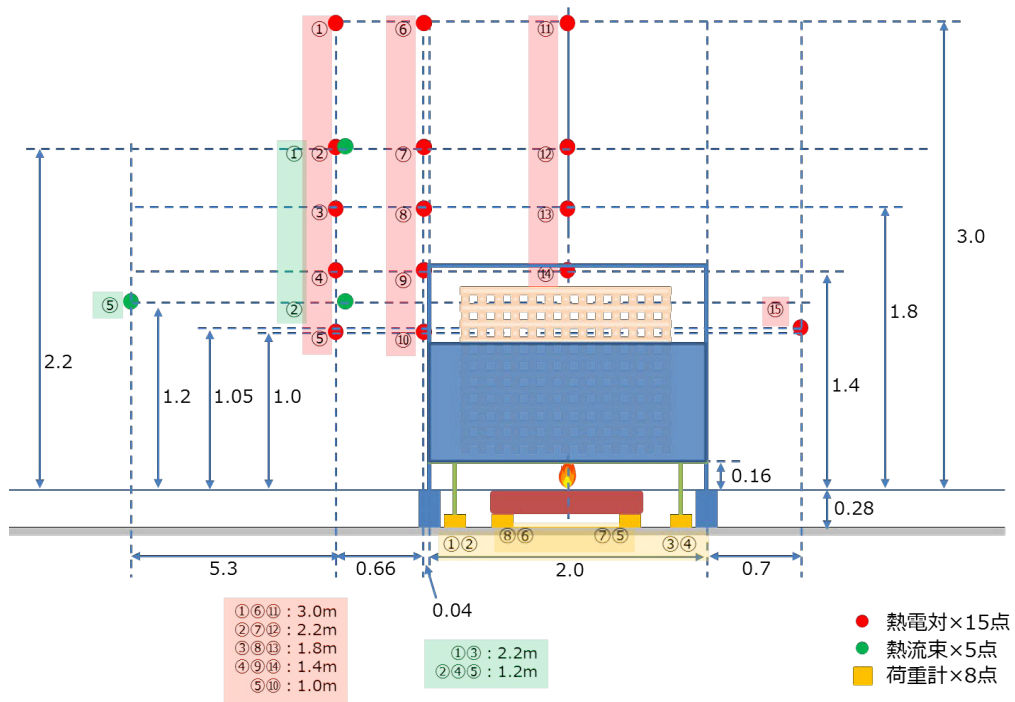


図 24 センサー詳細位置

試験前の外観を図 25 に示す。

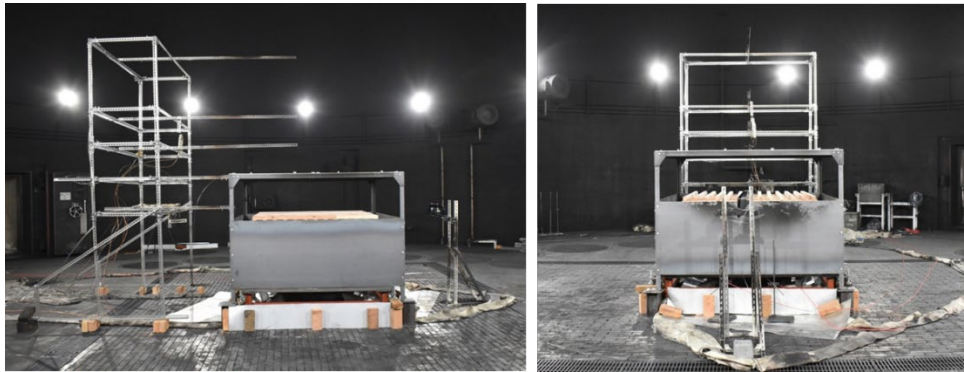


図 25 試験前の外観

3-3-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 26、図 27 に示す。

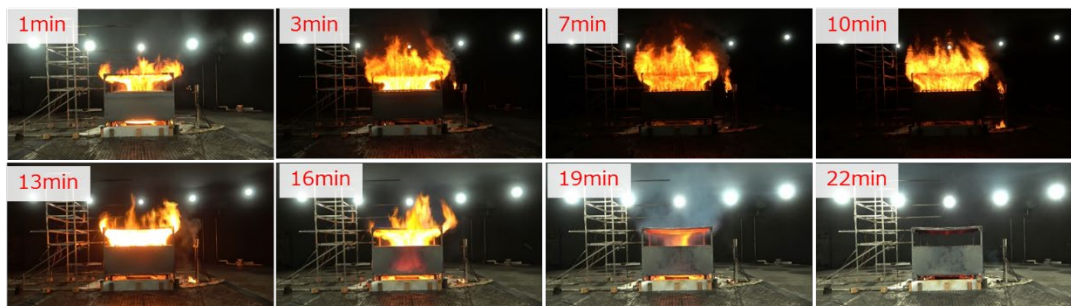


図 26 試験時の燃焼の様子（正面視）

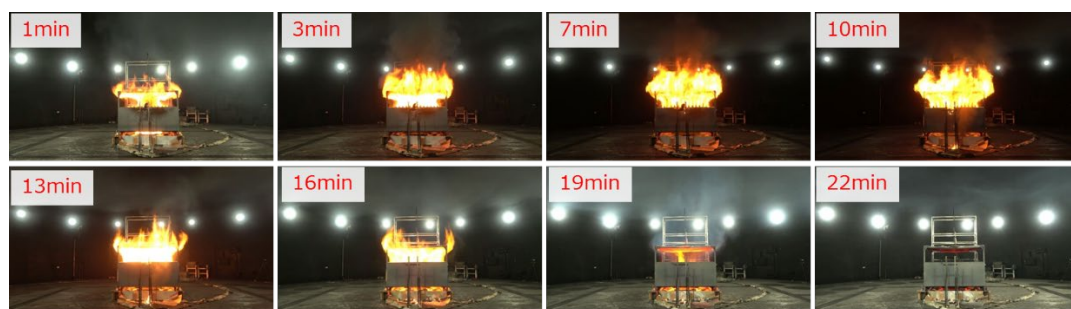


図 27 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 300 秒移動平均結果を図 28 に示す。発熱速度は、燃焼の影響により簡易モデルに歪みが生じ、試験開始 4 分頃からクリブと簡易モデルが接触したため、正確な算出ができなかった。

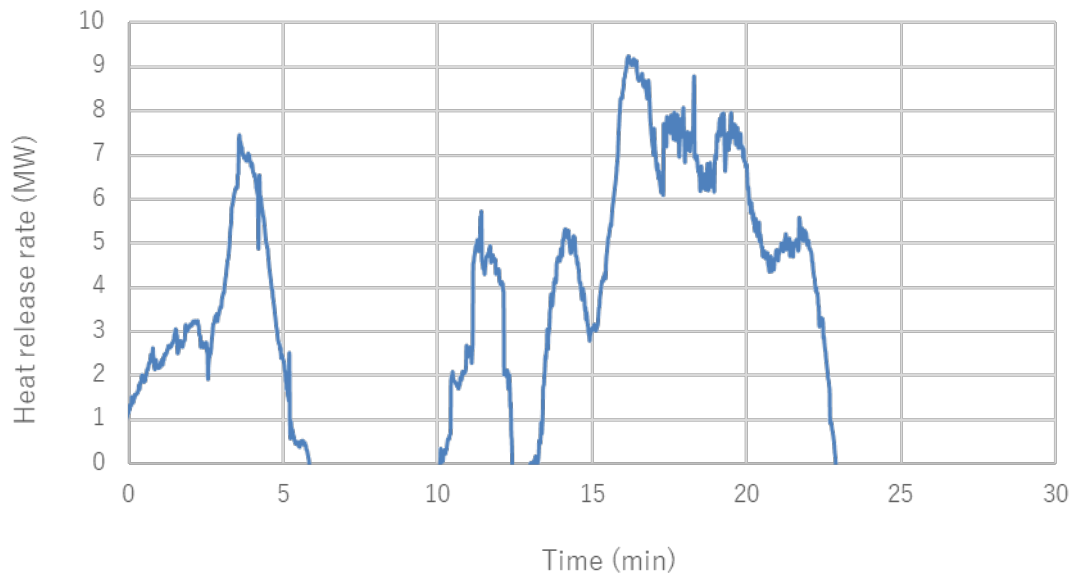


図 28 発熱速度結果（クリブ）

続いて、熱流束計測結果を図 29、温度計測結果を図 30～33 に示す。熱流束値のピークは、HF01 が 7 分 12 秒後に 23.5kW/m²、HF02 が 10 分 36 秒後に 44.2kW/m²、HF03 が 9 分頃に 1.5kW/m²を示した。

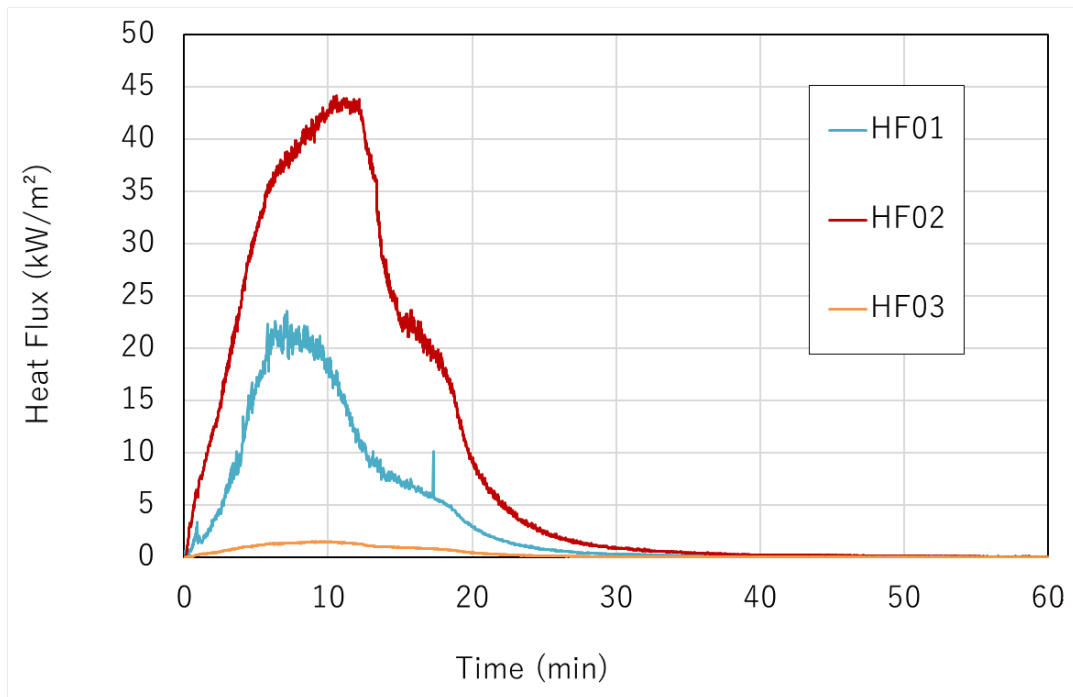


図 29 熱流束計測結果

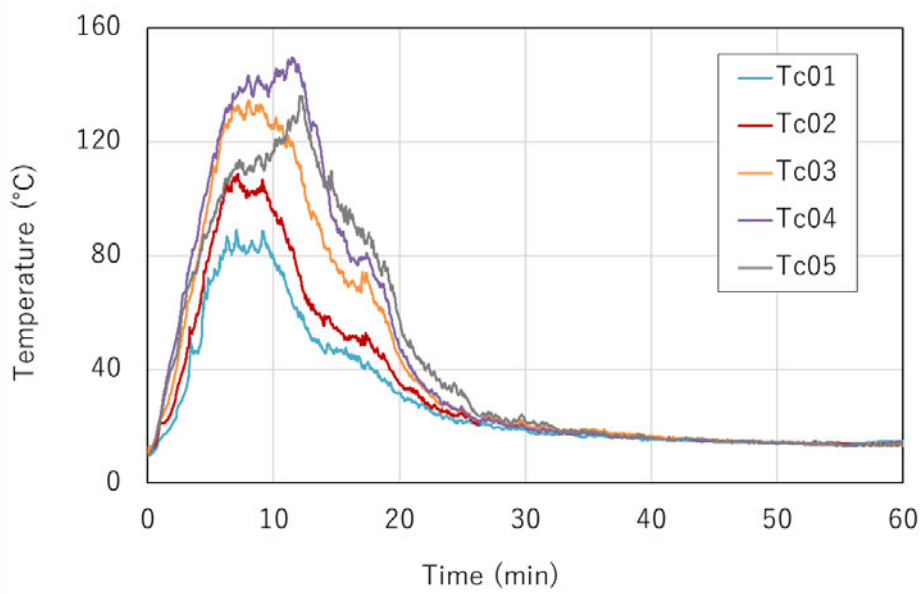


図 30 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

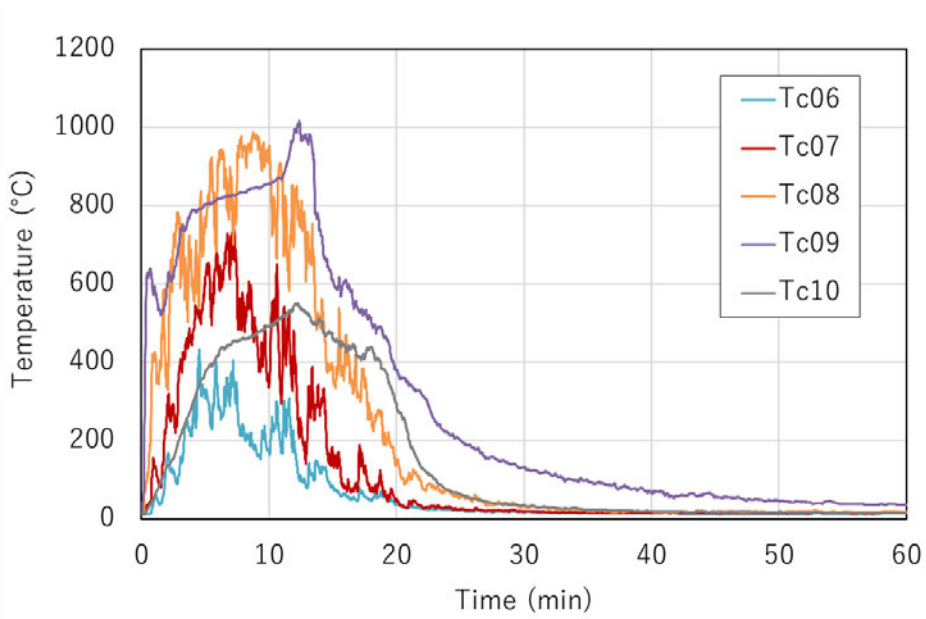


図 31 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

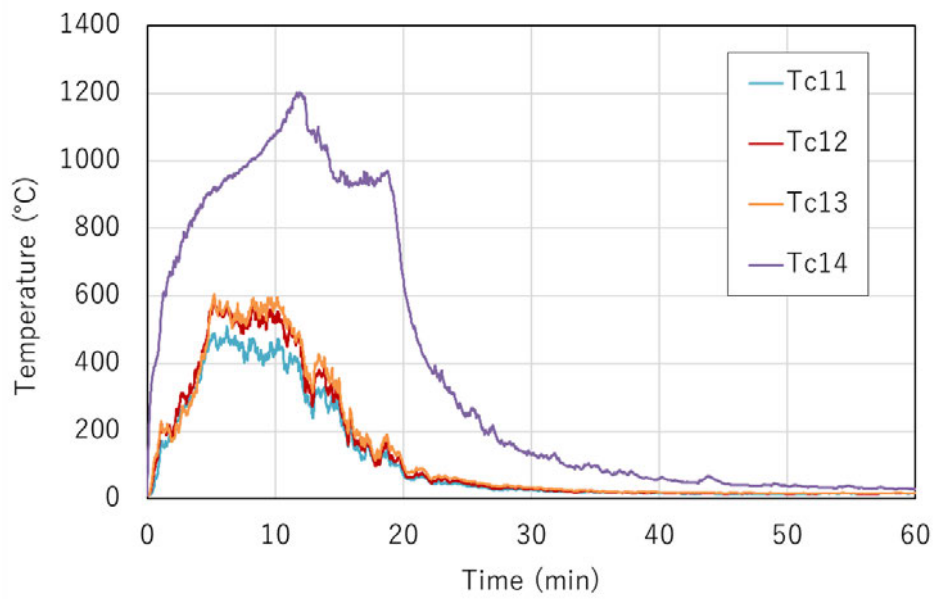


図 32 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

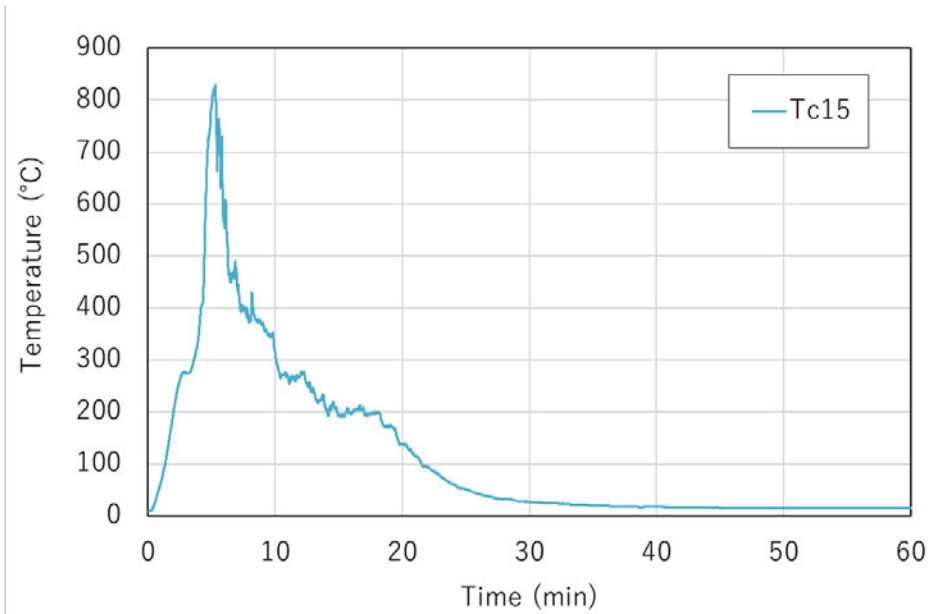


図 33 温度計測結果 (Tc15)

試験後の外観を図 34 に示す。



図 34 試験後の外観

3-4 簡易モデル燃焼実験 (B 火災想定、プレ試験 1 回目)

クリブを 1 段 13 本×27 段として簡易モデル内に設置し、燃料パン内のノルマルヘプタン 45L を着火源とする燃焼実験を実施した。

3-4-1 計測項目

計測項目および各計測センサー設置位置は、3-3-1 項と同じ条件とした。

試験前の外観を図 35 に示す。



図 35 試験前の外観

3-4-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 36、図 37 に示す。

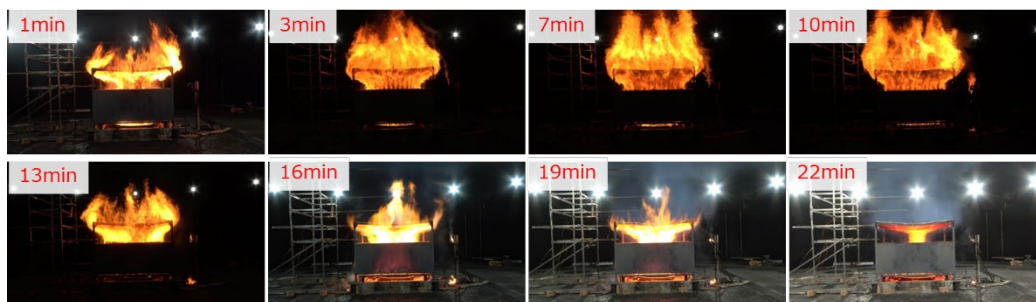


図 36 試験時の燃焼の様子（正面視）

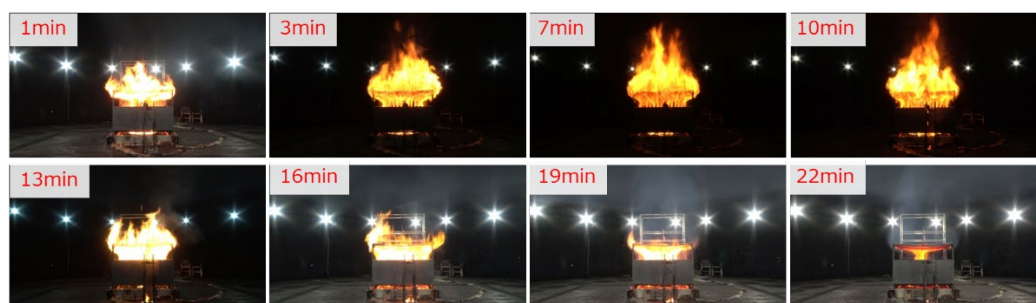


図 37 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 60 秒移動平均結果を図 38～40 に示す。最大発熱速度は、クリブが約 6MW、クリブと燃料パンを合算すると約 7.9MW となった。

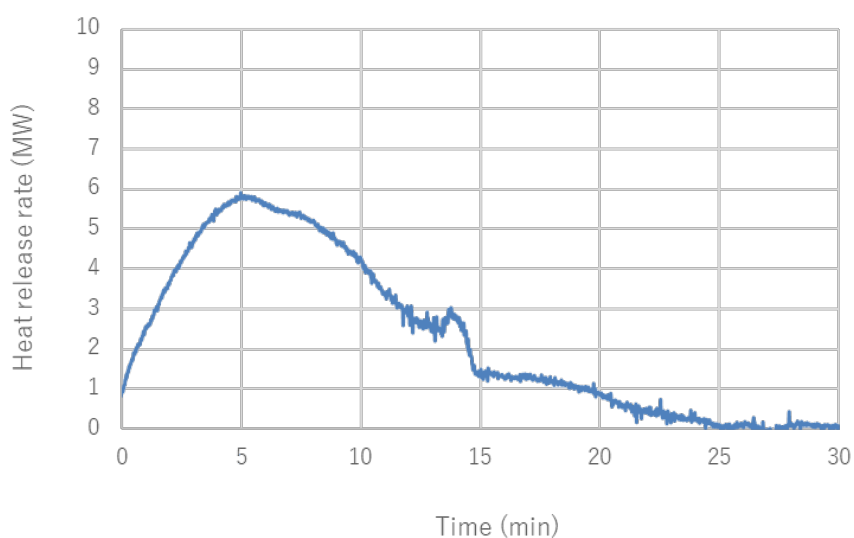


図 38 発熱速度結果（クリブ、60 秒移動平均）

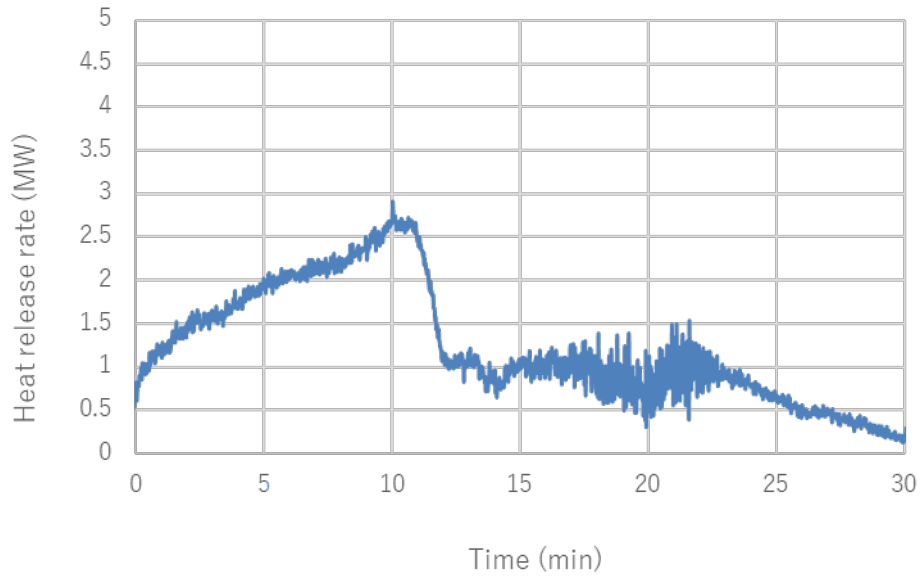


図 39 発熱速度結果 (燃料パン、60 秒移動平均)

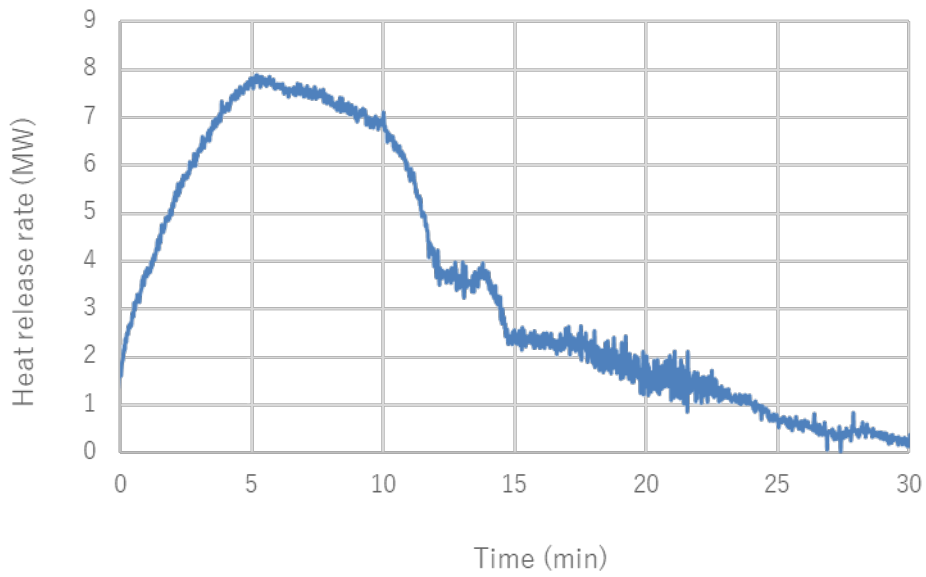


図 40 発熱速度結果 (ク립+燃料パン)

続いて、熱流束計測結果を図 41、温度計測結果を図 42～45 に示す。熱流束値のピークは、HF01 が7分 24 秒後に 49.2kW/m²、HF02 が11分 36 秒後に 48.3kW/m²、HF03 が10分頃に 2.4kW/m²を示した。

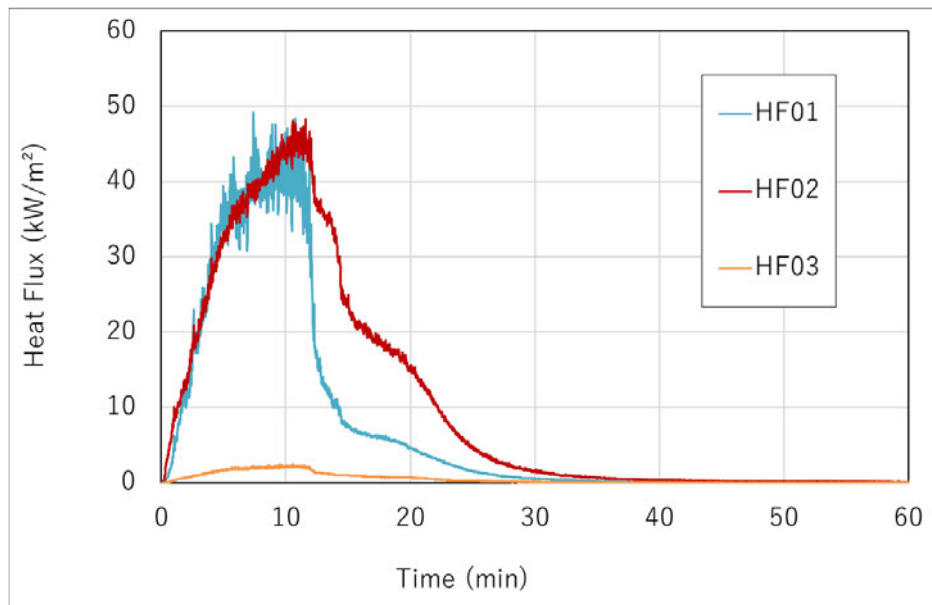


図 41 熱流束計測結果

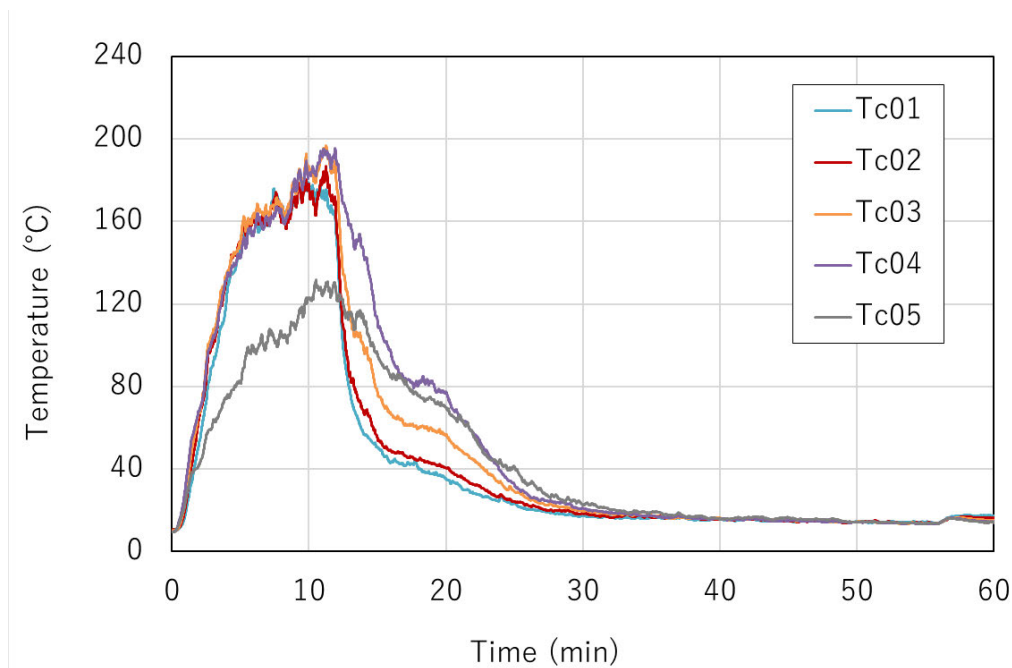


図 42 温度計測結果 (Tc01～Tc05)

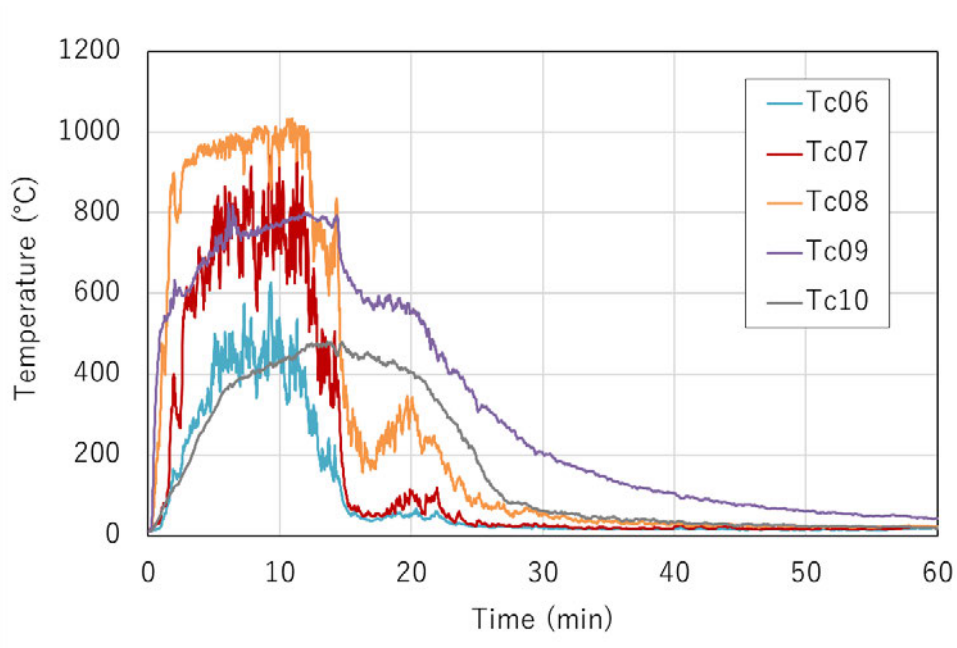


図 43 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

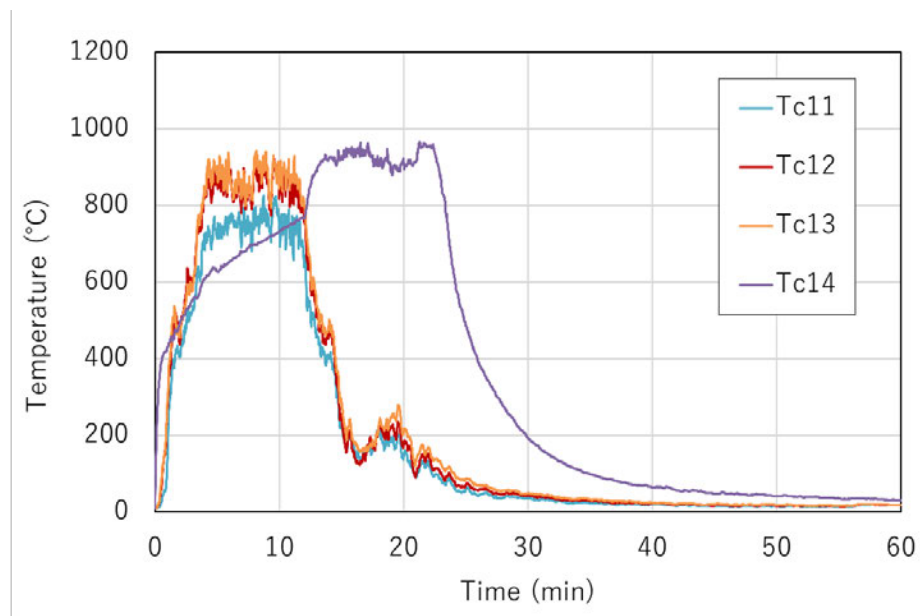


図 44 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

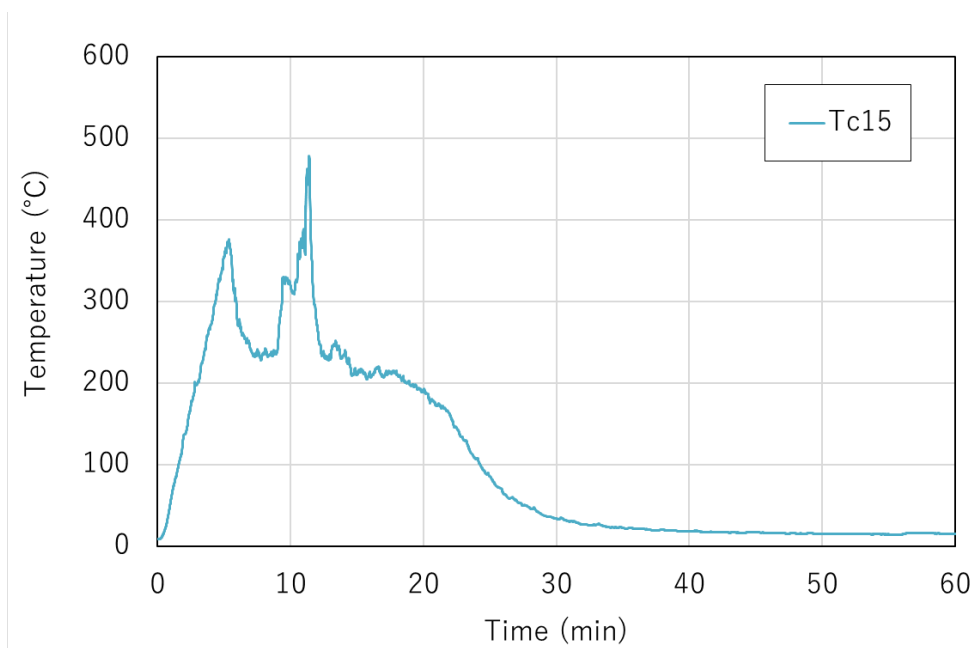


図 45 温度計測結果 (Tc15)

試験後の外観を図 46 に示す。



図 46 試験後の外観

3-5 簡易モデル燃焼実験 (B 火災想定、プレ試験 2 回目)

クリブを 1 段 13 本×27 段として簡易モデル内に設置し、燃料パン内のノルマルヘプタン 45L を着火源とする燃焼実験を実施した。

3-5-1 計測項目

計測項目および各計測センサー設置位置は、3-3-1 項と同じ条件とした。

試験前の外観を図 47 に示す。



図 47 試験前の外観

3-5-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 48、図 49 に示す。

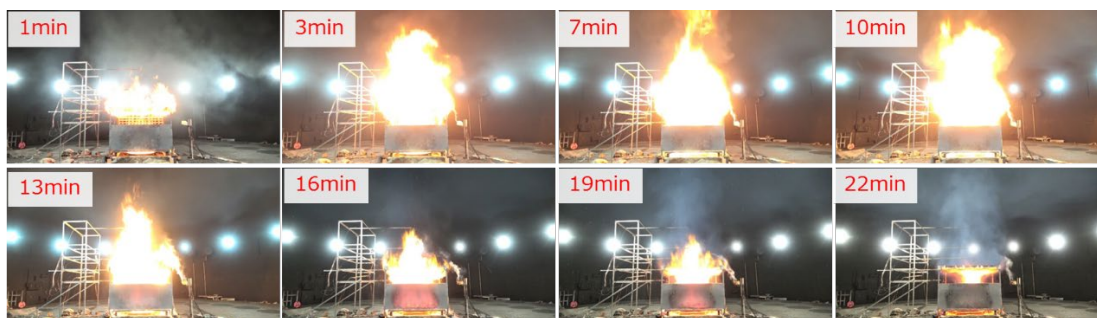


図 48 試験時の燃焼の様子（正面視）

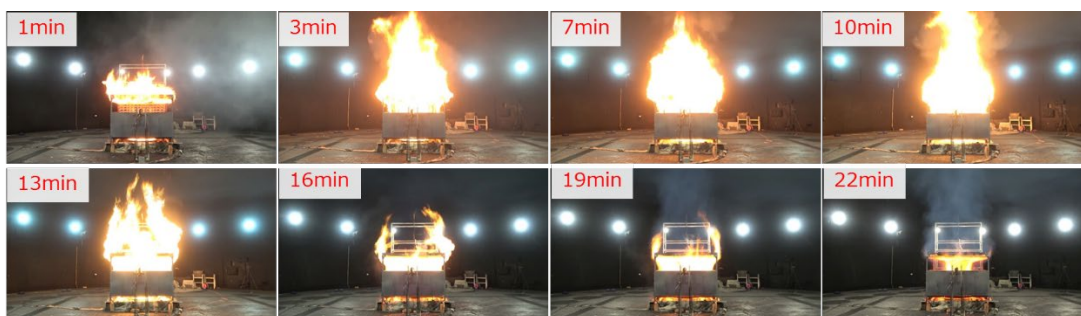


図 49 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 60 秒移動平均結果を図 50～52 に示す。最大発熱速度は、クリブが約 7.5MW、クリブと燃料パンを合算すると約 9MW となった。

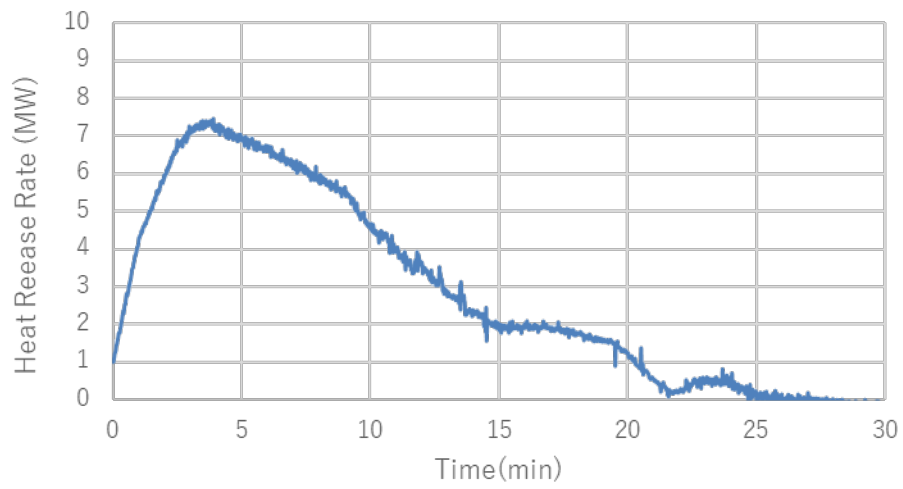


図 50 発熱速度結果（クリブ、60 秒移動平均）

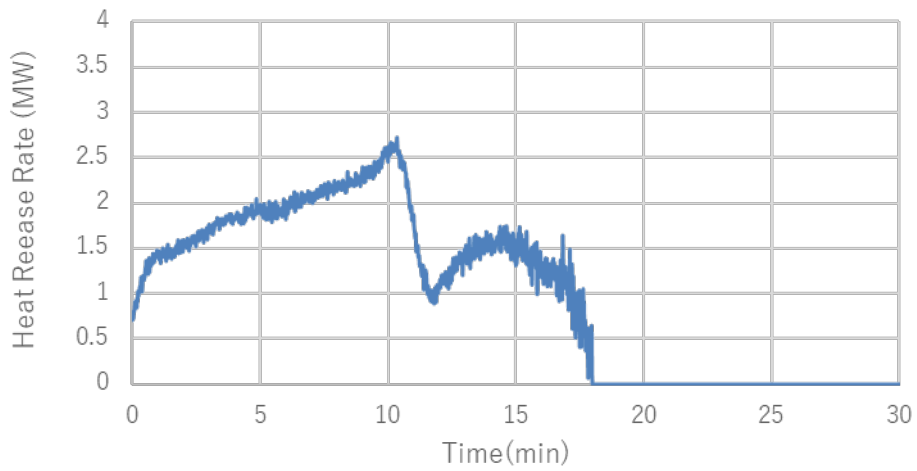


図 51 発熱速度結果（燃料パン、60 秒移動平均）

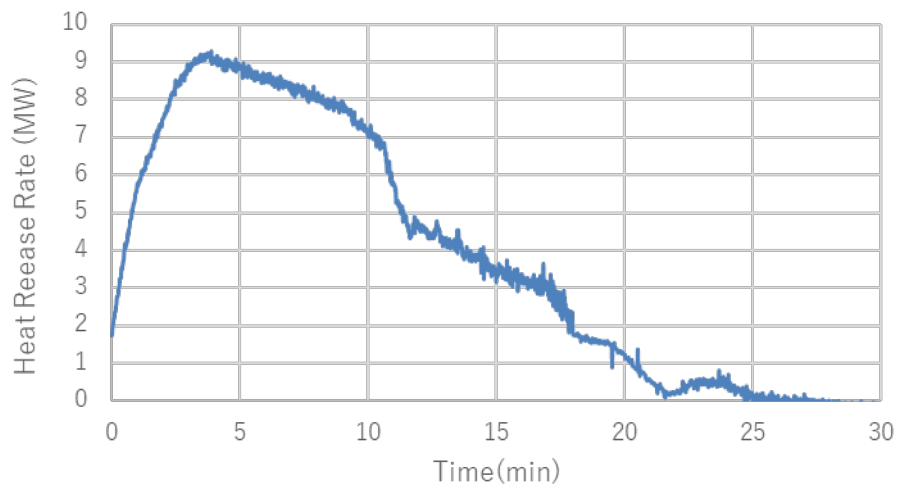


図 52 発熱速度結果（クリブ+燃料パン）

続いて、熱流束計測結果を図 53、温度計測結果を図 54～57 に示す。熱流束値のピークは、HF01 が 7 分 6 秒後に 56.5kW/m²、HF02 が 11 分 18 秒後に 44.8kW/m²、HF03 が 12 分頃に 2.9kW/m²を示した。

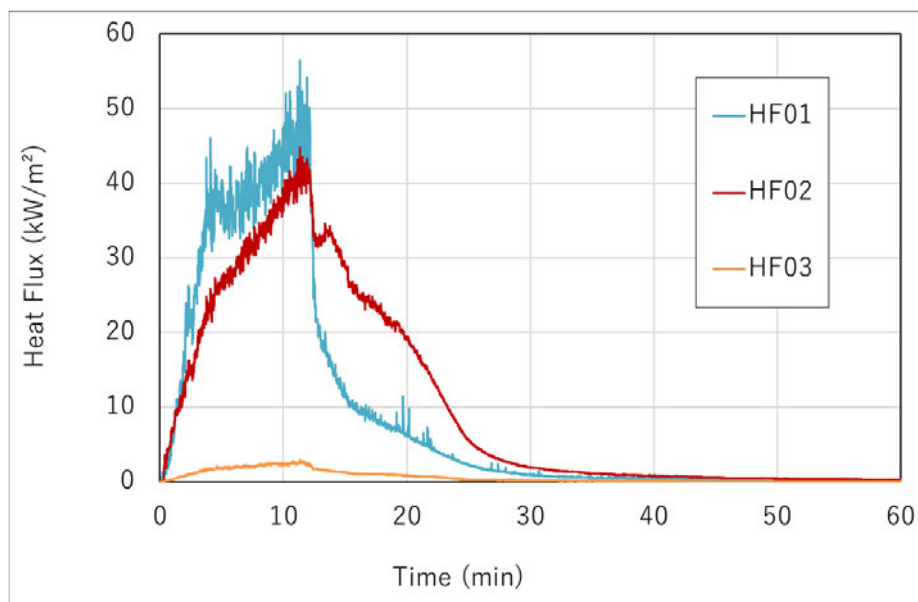


図 53 熱流束計測結果

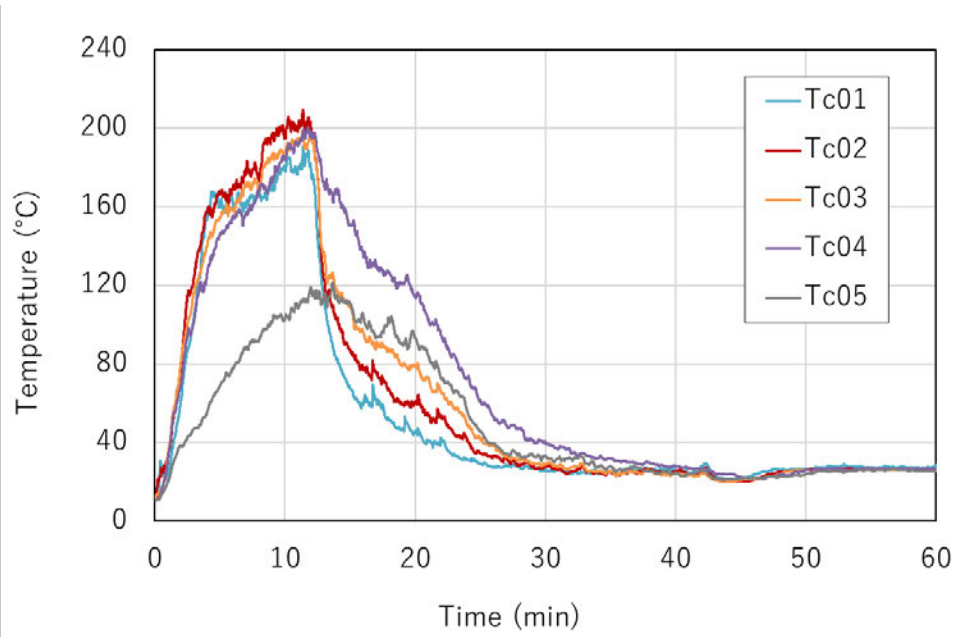


図 54 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

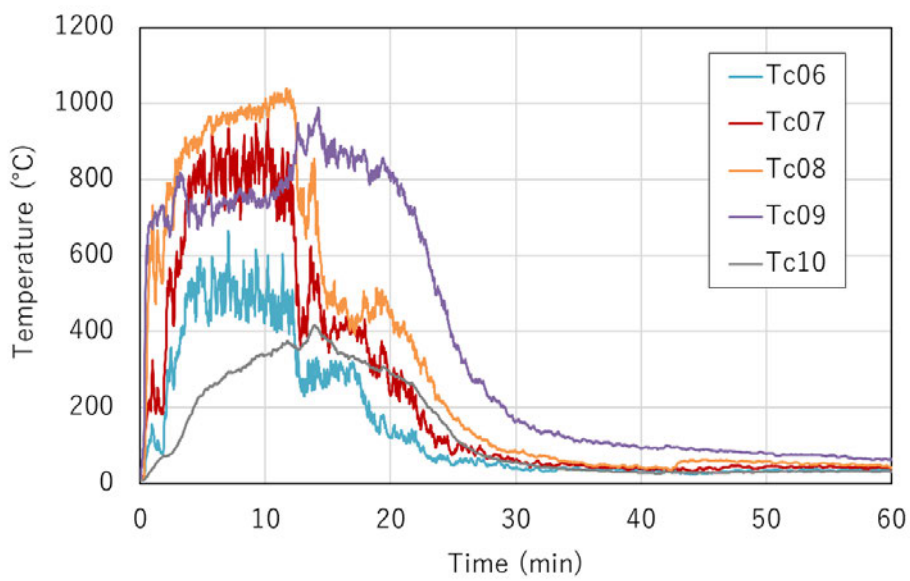


図 55 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

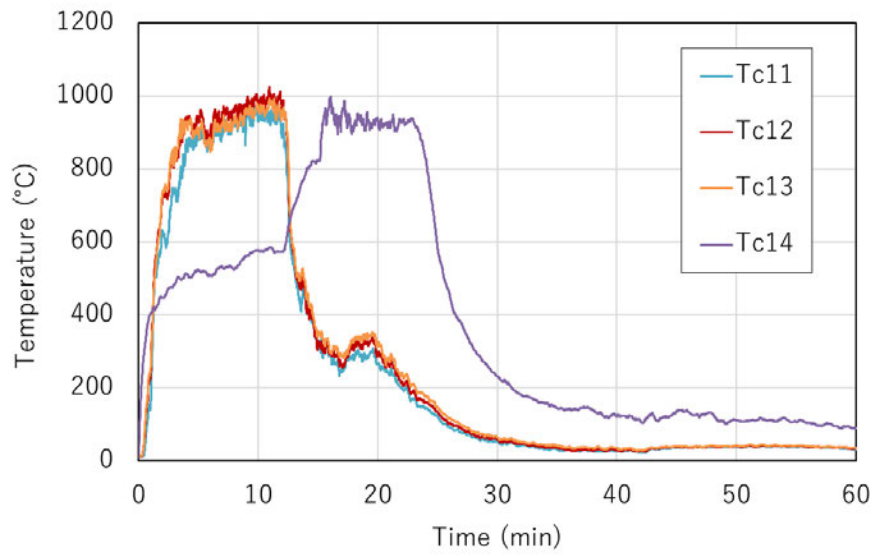


図 56 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

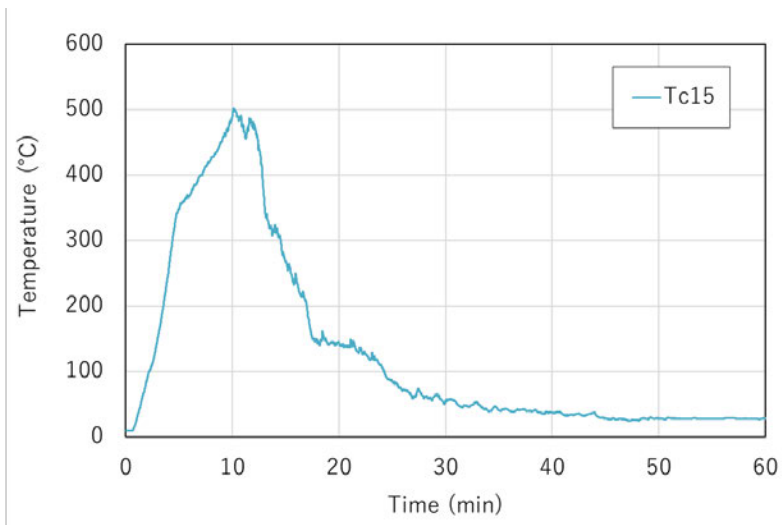


図 57 温度計測結果 (Tc15~Tc16)

試験後の外観を図 58 に示す。



図 58 試験後の外観

3-6 簡易モデル燃焼実験 (A 火災想定)

クリブを 1 段 13 本×27 段として簡易モデル内に設置し、燃料パン内のノルマルヘプタン 1.5L を着火源とする燃焼実験を実施した。

3-6-1 計測項目

計測項目および各計測センサー設置位置は、3-3-1 項と同じ条件とした。

試験前の外観を図 59 に示す。



図 59 試験前の外観

3-6-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 60、図 61 に示す。

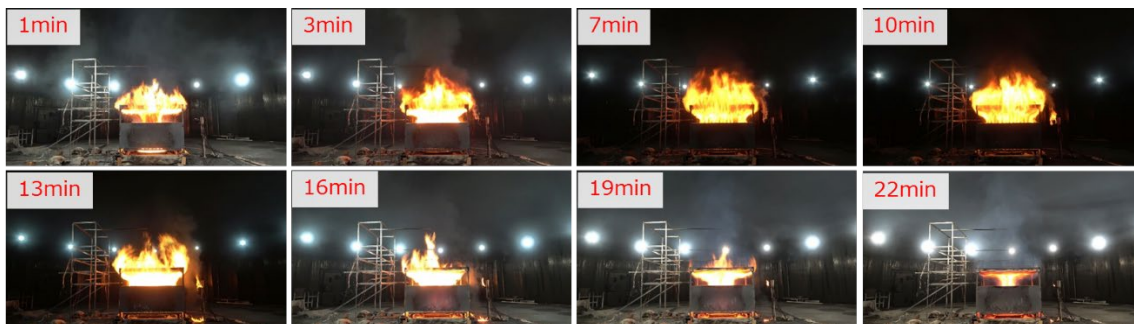


図 60 試験時の燃焼の様子（正面視）

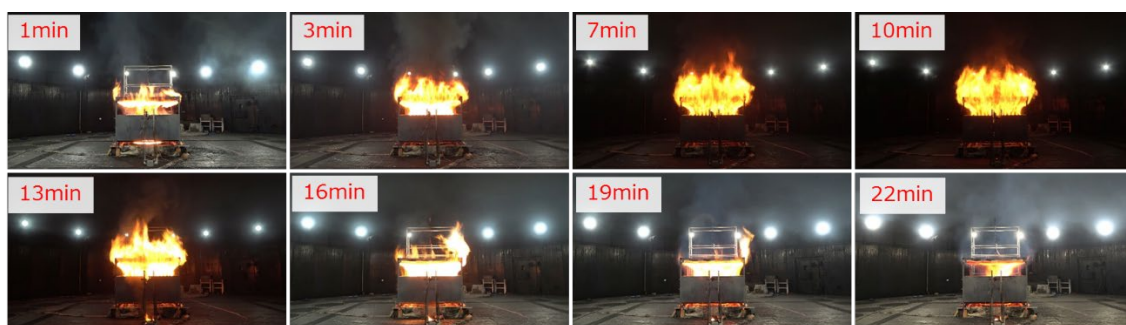


図 61 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 60 秒移動平均結果を図 62 に示す。最大発熱速度は、クリブが約 6MW となった。なお、A 火災想定ではクリブ燃焼のみで車両の発熱速度を模擬するため、燃料パンの発熱速度は合算しなかった。

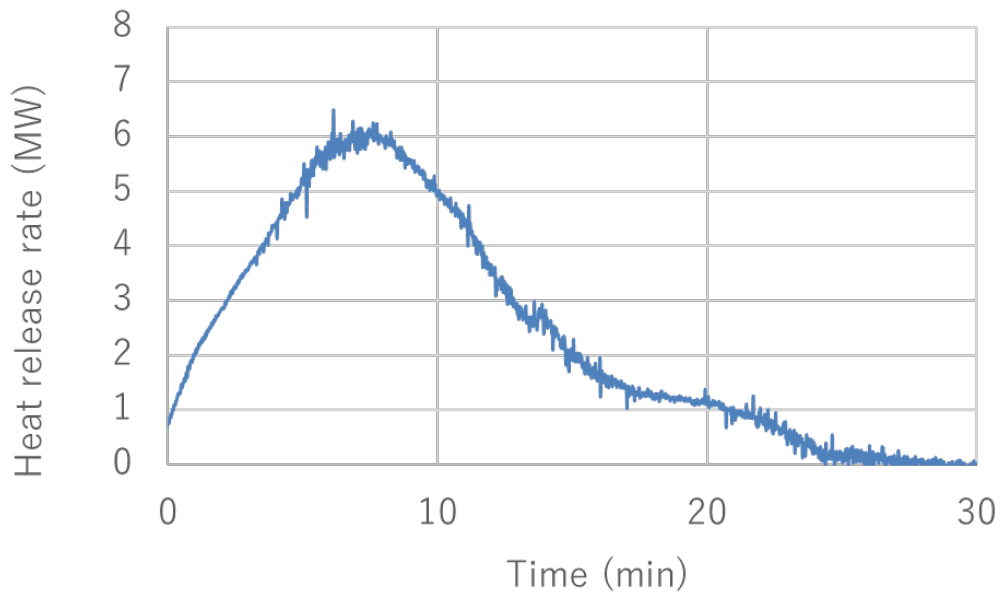


図 62 発熱速度結果（クリブ、60 秒移動平均）

続いて、熱流束計測結果を図 63 に、温度計測結果を図 64～67 に示す。熱流束値のピークは、HF01 が 7 分 24 秒後に 20.9kW/m²、HF02 が 11 分 36 秒後に 39.4kW/m²、HF03 が 10 分頃に 1.5kW/m²を示した。

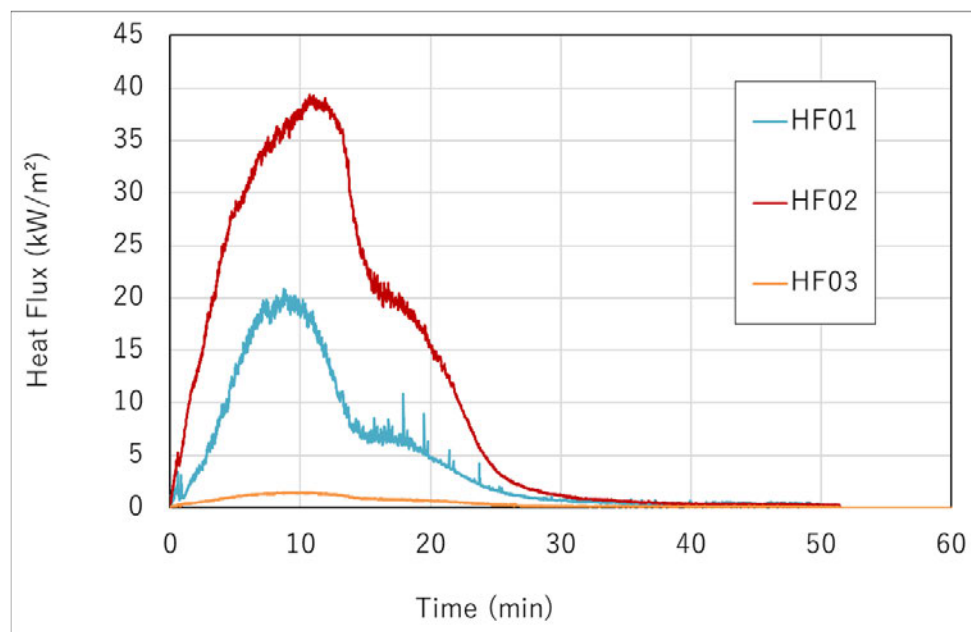


図 63 熱流束計測結果

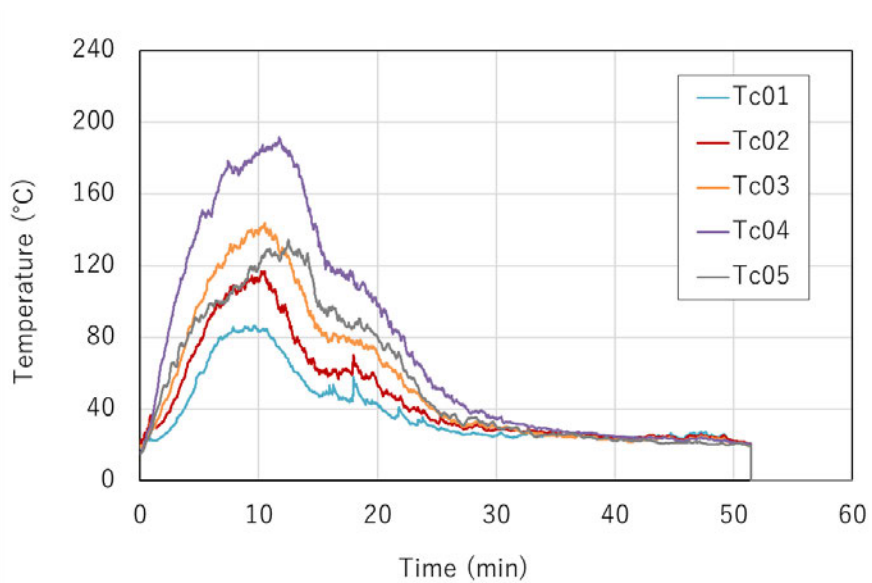


図 64 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

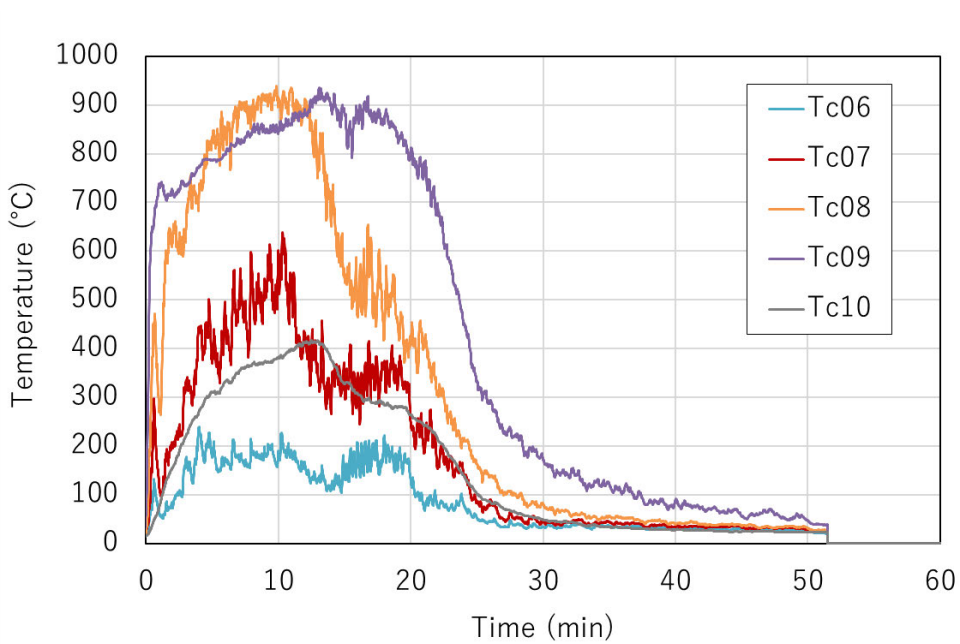


図 65 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

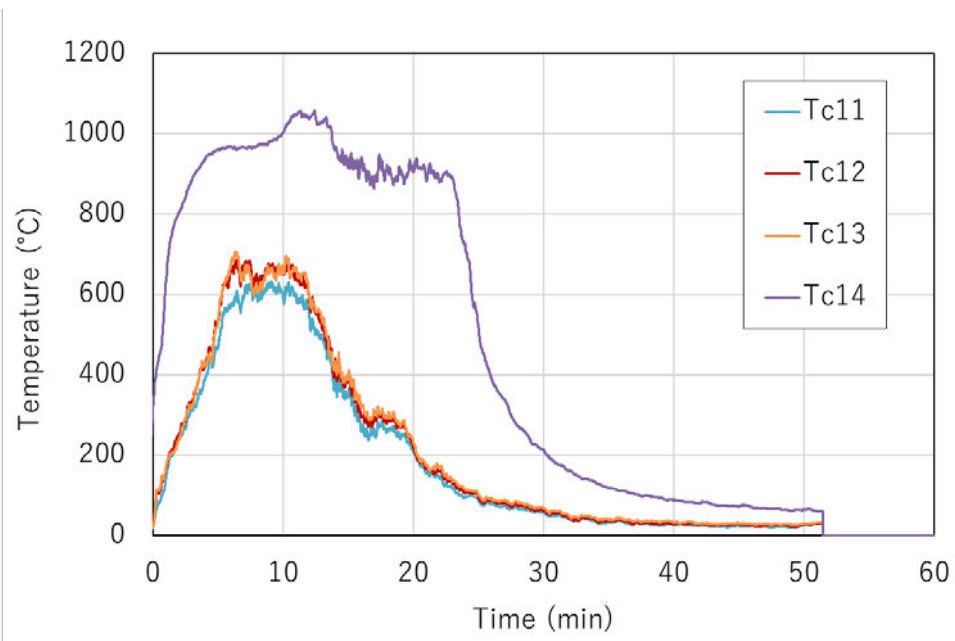


図 66 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

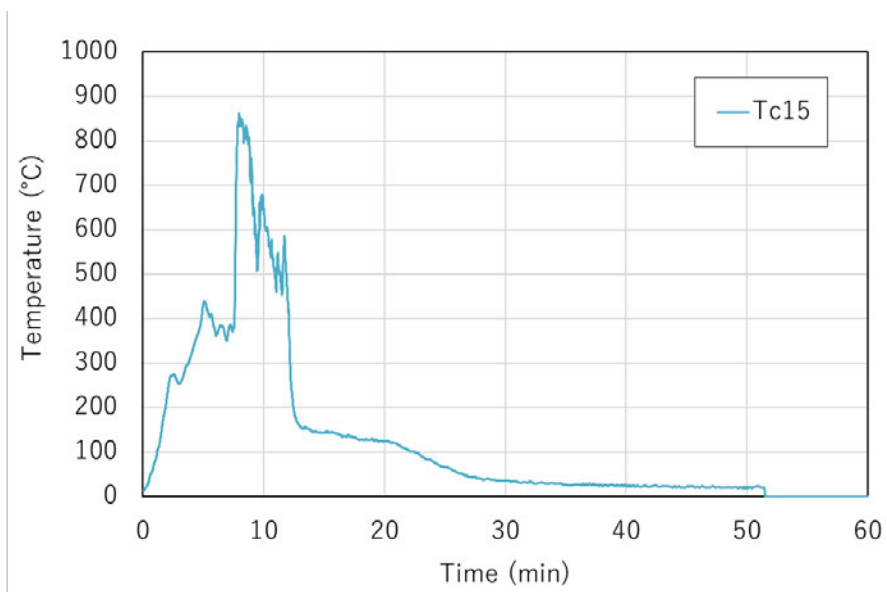


図 67 温度計測結果 (Tc15)

試験後の外観を図 68 に示す。



図 68 試験後の外観

3-7 簡易モデル燃焼実験 (B 火災想定)

クリブを 1 段 16 本×27 段として簡易モデル内に設置し、燃料パン内のノルマルヘプタン 45L を着火源とする燃焼実験を実施した。

3-7-1 計測項目

計測項目および各計測センサー設置位置は、3-3-1 項と同じ条件とした。
試験前の外観を図 69 に示す。



図 69 試験前の外観

3-7-2 試験結果

試験時の燃焼の様子を図 70、図 71 に示す。

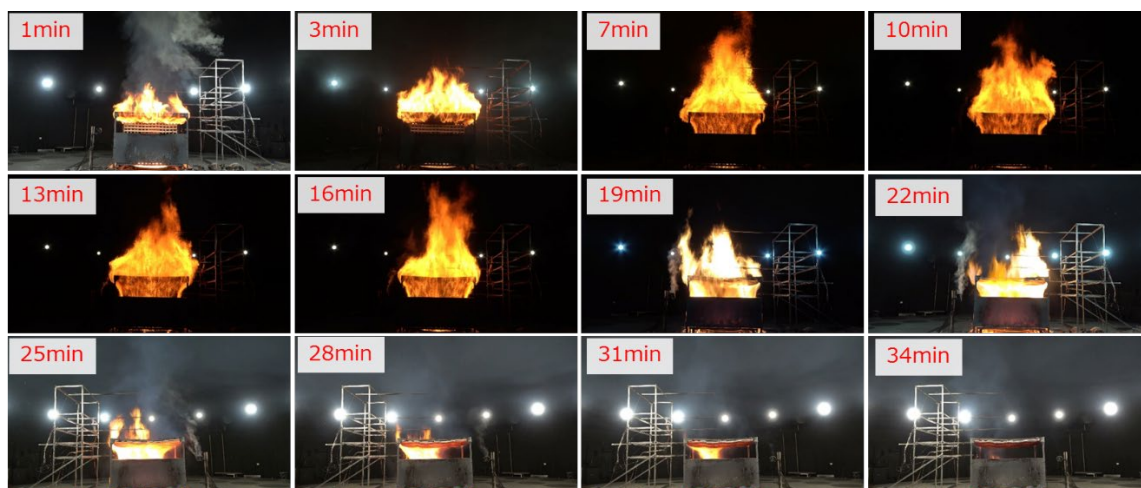


図 70 試験時の燃焼の様子（正面視）

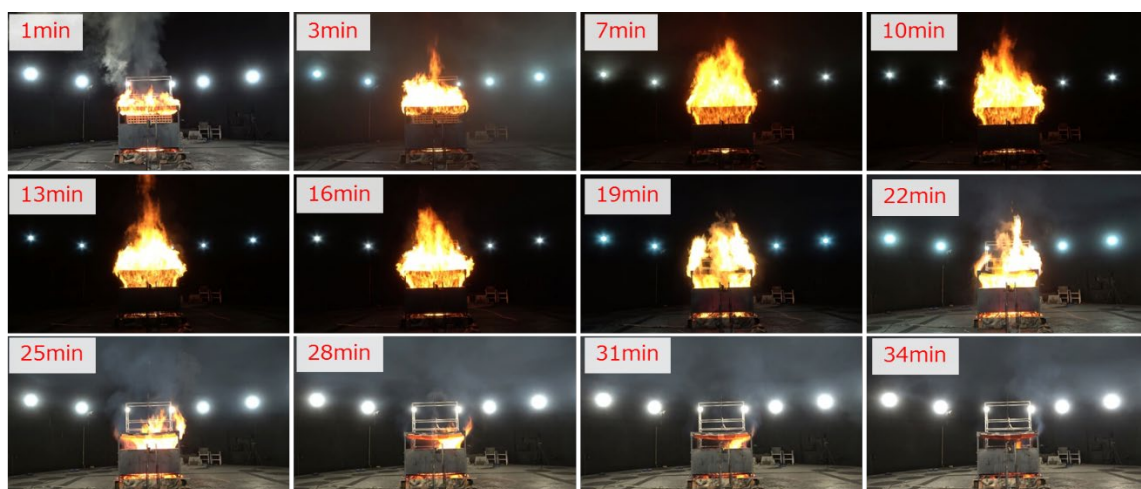


図 71 試験時の燃焼の様子（側面視）

次に、発熱速度の 300 秒移動平均結果を図 72～74 に示す。最大発熱速度は、クリブが約 6.5MW となった。なお、本試験においては荷重計が熱影響により破損したため、燃料パンの発熱速度を算出できなかった。しかしながら、プレ試験の結果から、燃料パンの発熱速度には高い再現性がみられたため、それらの値を代入すると、クリブ+燃料パンの最大発熱速度は約 9MW となった。

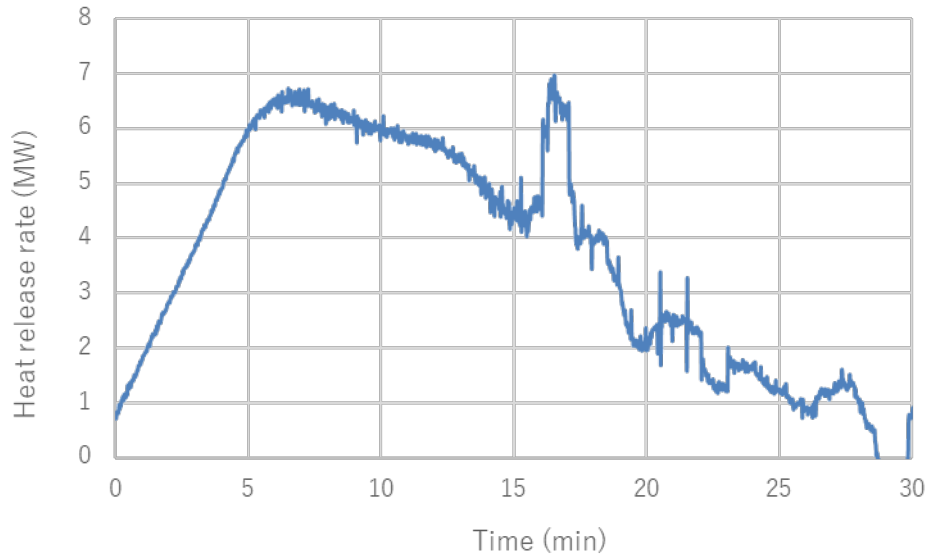


図 72 発熱速度結果（クリブ、60 秒移動平均）

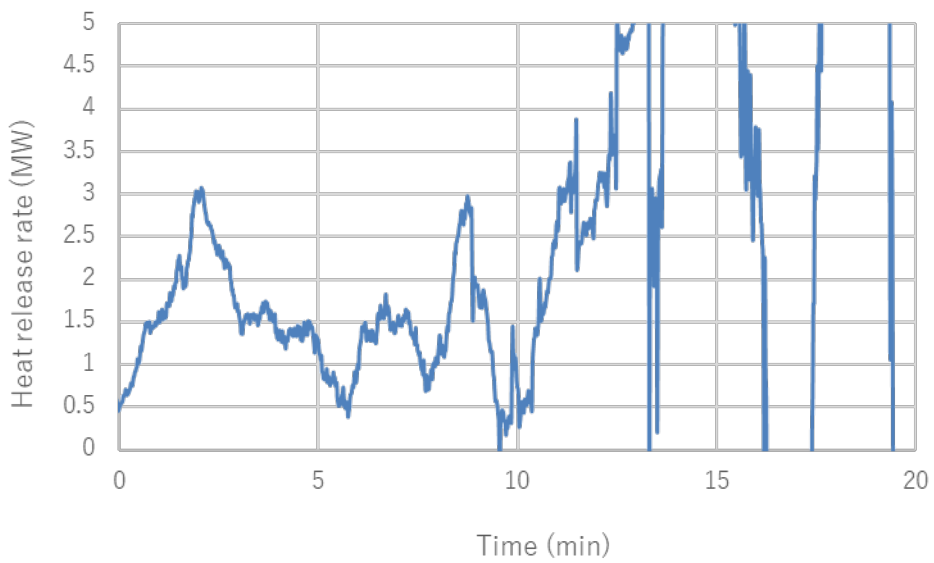


図 73 発熱速度結果（燃料パン、60 秒移動平均）

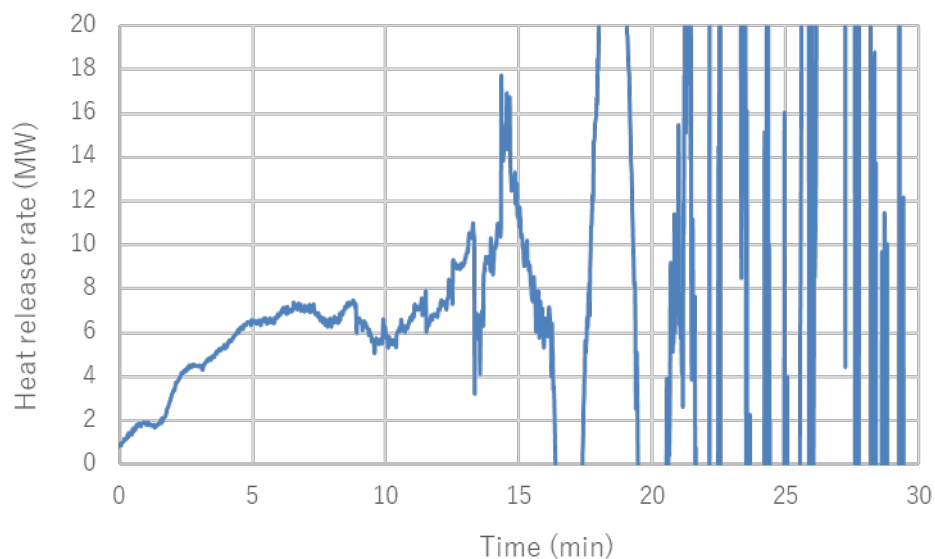


図 74 発熱速度結果（クリブ+燃料パン）

続いて、熱流束計測結果を図 75、温度計測結果を図 76～79 に示す。熱流束値のピークは、HF01 が 7 分 48 秒後に 50.0kW/m²、HF02 が 11 分 54 秒後に 37.5W/m²、HF03 が 15 分頃に 2.4kW/m²を示した。

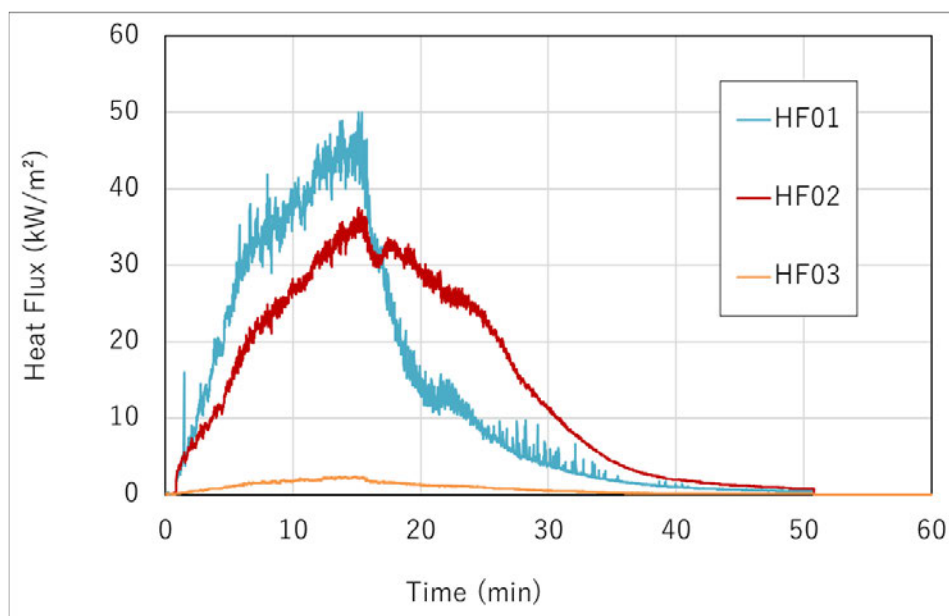


図 75 熱流束計測結果

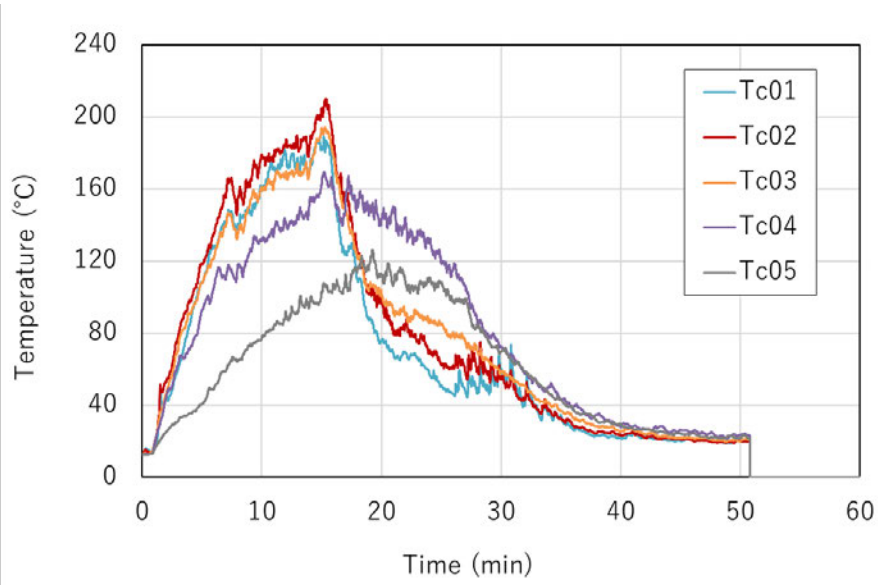


図 76 温度計測結果 (Tc01~Tc05)

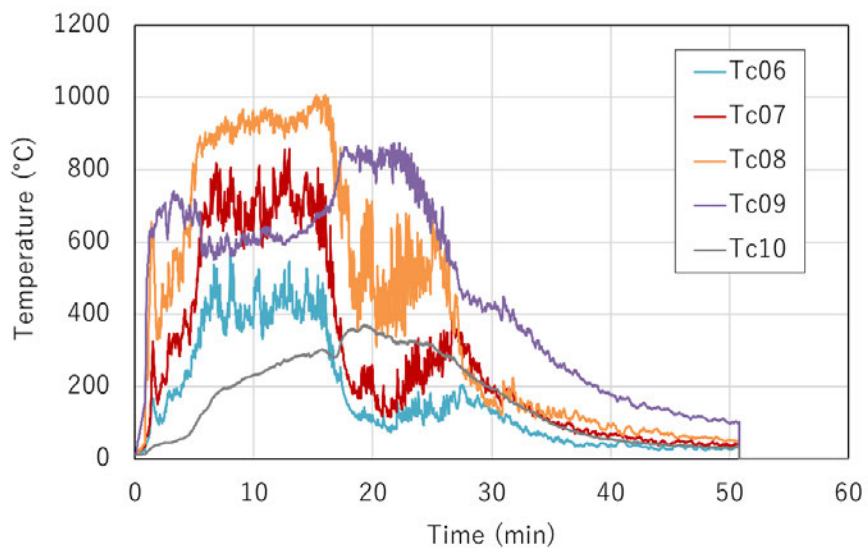


図 77 温度計測結果 (Tc06~Tc10)

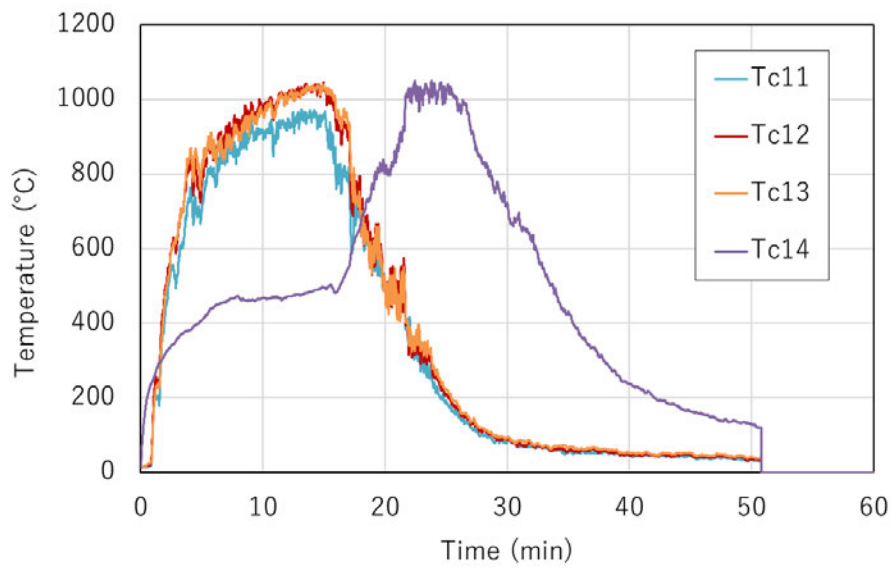


図 78 温度計測結果 (Tc11~Tc14)

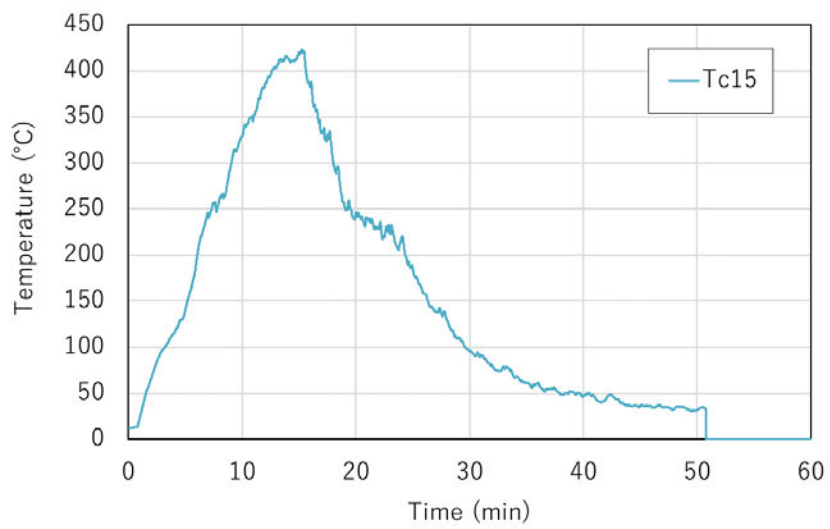


図 79 温度計測結果 (Tc15)

試験後の外観を図 80 に示す。



図 80 試験後の外観