

車両火災の簡易模型について

令和6年12月24日
消防庁予防課

車両火災の簡易模型の作成について

簡易模型化までの流れ

作成方針と設計



簡易模型のシミュレーション（クリブ数、組み方を算出）



簡易模型の作成



簡易模型の燃焼実験（実車の燃焼性状と比較）



（必要に応じて簡易模型の補正）



簡易模型の完成

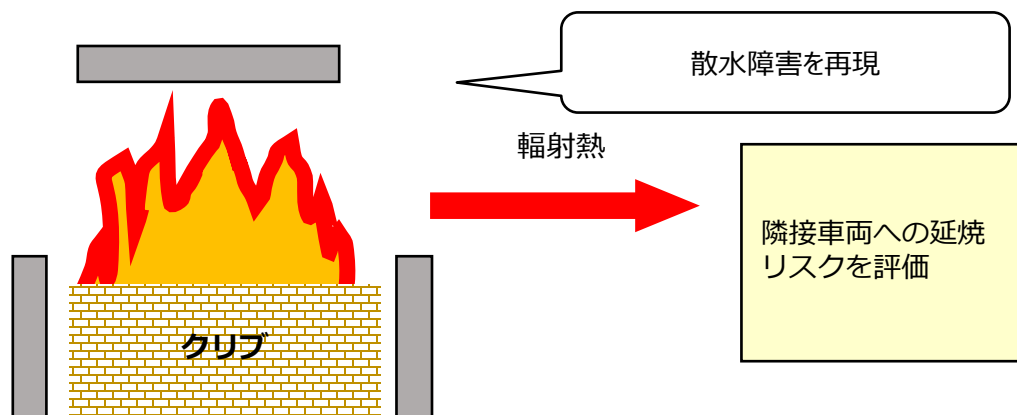
車両火災の簡易模型の作成

簡易模型の作成方針

・簡易模型（A火災）

車室内から出火し、開口部ができて延焼拡大する火災

- 再現性があり、A火災を想定した火災模型として知見があるクリブ※を使用する。
※クリブは建築部材として一般的に使用されている30mm×40mm×1800mmのものを使用し、数量や組み方はシミュレーション(FDS)の結果を踏まえ決定する。
- 模型で目指すのは、約8.7MWのピーク発熱速度とピーク前後における発熱速度の継続時間(75-80分)の再現とする。
- ボディによる散水障害が発生することを再現する。
※ボディが全て樹脂製である車両は、火災によりボディが焼失して散水障害が解消される可能性がある(参考資料7-17)が、このような車両は高級車に限定され極少数であり、また、例えこのような車両が将来増えたとしても、散水障害が解消されるのは盛期火災以降であり、消火設備の作動時はボディの形状は維持されていると考えられる。
- 周囲への輻射熱の影響が大きくなる、窓ガラスが全壊した状態とする。
※ボディによる散水障害を再現するための天板に、窓ガラスが全壊した状態とするため開口部を設ける。

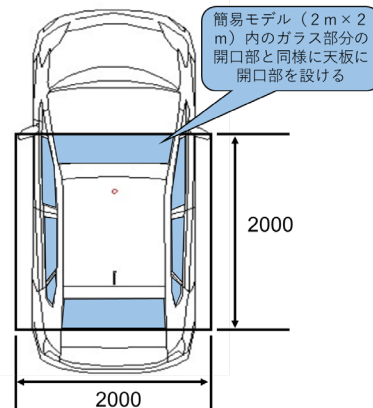
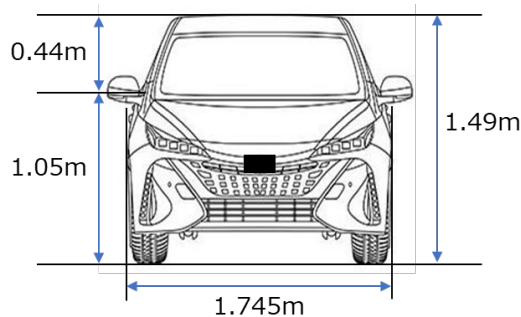
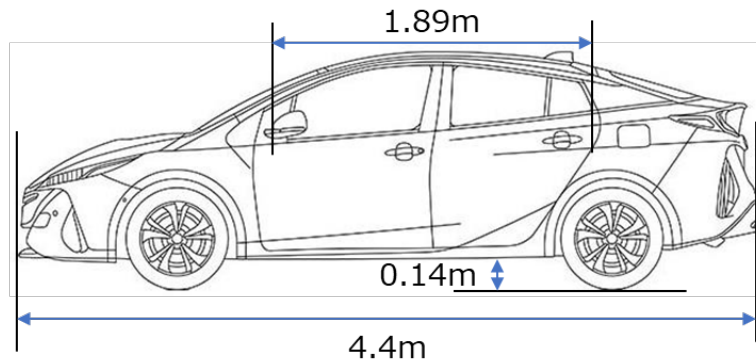


車両火災の簡易模型の作成

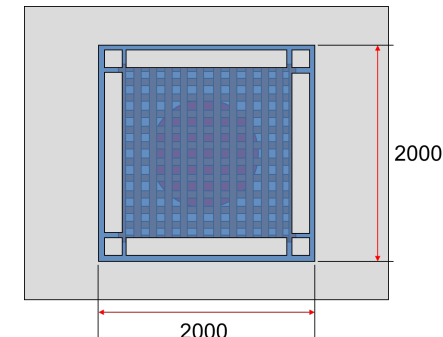
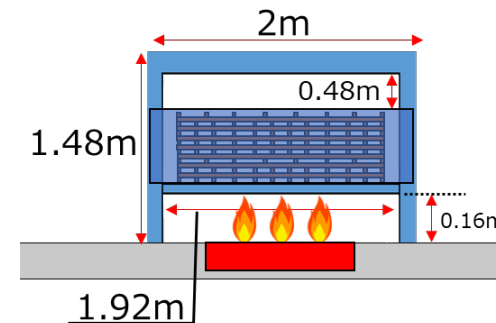
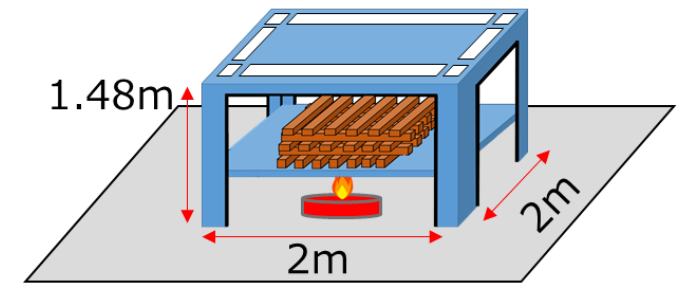
簡易模型の設計

- ・簡易模型の材質は鋼製とし、可燃物としてはク립及びn-ヘプタンとする。
- ・車室の形状及び開口部（天板、側面）の寸法は試験車両の寸法を考慮し設定。
- ・車両燃焼実験で確認を行った試験車両の車室部分を想定し、開口部は窓が全て破壊されたものを再現する。

実験車両



簡易モデル



車両火災の簡易模型の作成

簡易模型の作成方針

・簡易模型（B火災）

燃料配管から燃料が漏洩し引火、延焼拡大する火災

- 車両底部は平面を想定する。

※漏洩した燃料に泡消火液が到達できるようオイルパンの縁と同じ高さに床面を設定する。

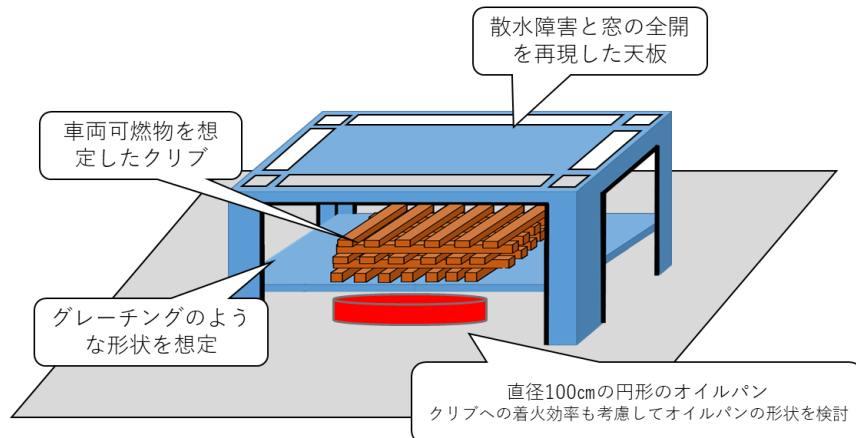
- 漏洩した燃料の形状については円形（直径1mのオイルパン）とし、 n -ヘプタンの量は燃料タンクの燃料が全て漏れることを想定して45Lに設定する。

※2[L/min]で漏れた場合、消防隊が到着する約20分までの間にほぼ全ての燃料が漏れることとなる。

- 簡易模型の燃焼実験（B火災）で目指すのは、約10.2MWのピーク発熱速度とピーク前後における発熱速度の継続時間（5-10分）の再現とする。A火災のピーク発熱速度（約8.7MW）と n -ヘプタンを45L入れたオイルパンとの発熱速度（約2MW）の合計と概ね一致していることから、クリブの本数・組み方についてはA火災モデルと同様のものとする。
- 開口部の条件については、A火災モデルと同様の形状とする。

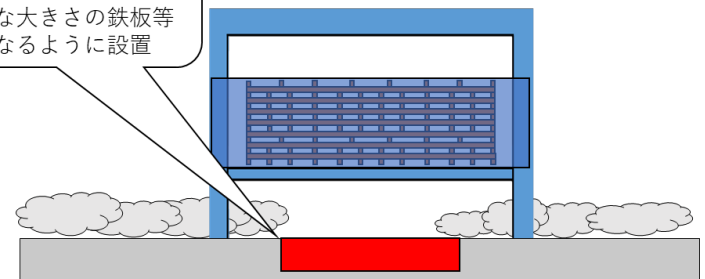
・簡易模型イメージ（B火災）

全体図



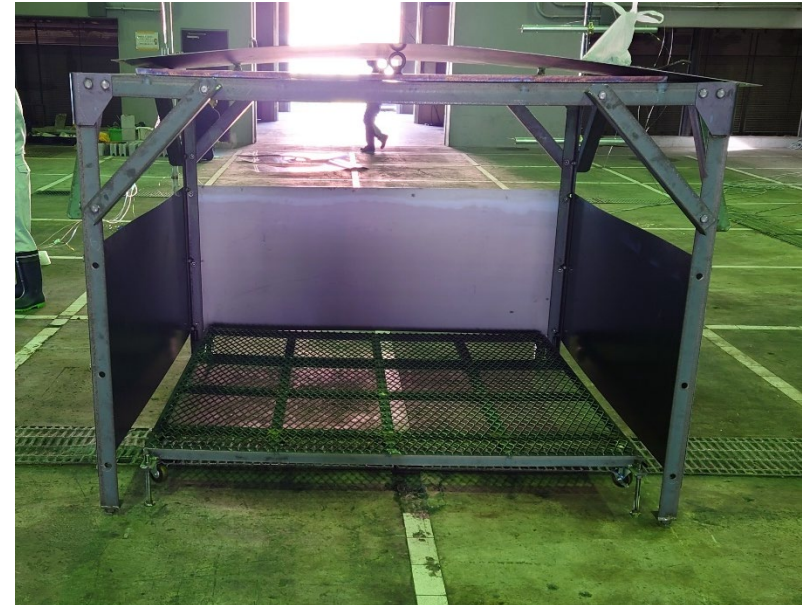
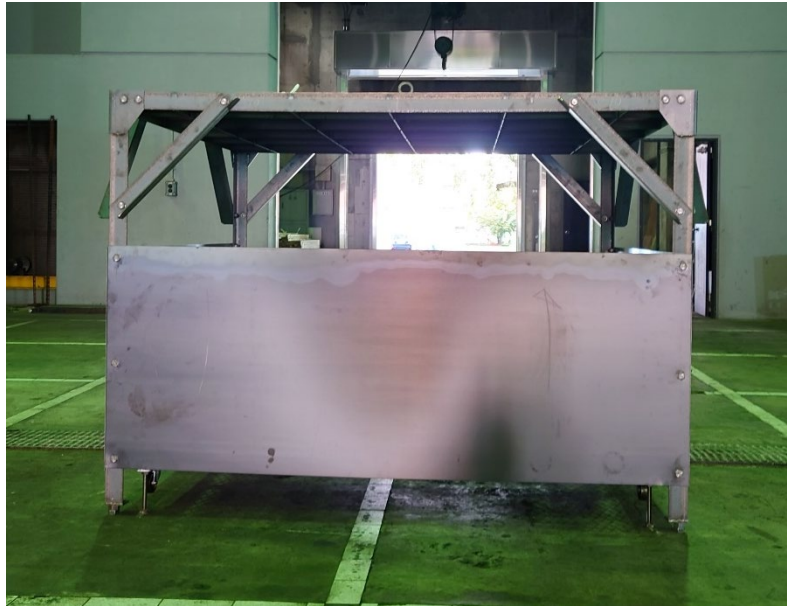
立面図

地面に広がった泡消火液がオイルパン内の油面に到達できるようオイルパンの縁と同じ高さに十分な大きさの鉄板等を平らになるように設置



車両火災の簡易模型の作成

簡易模型の設計



車両火災の簡易模型における火災シミュレーションについて

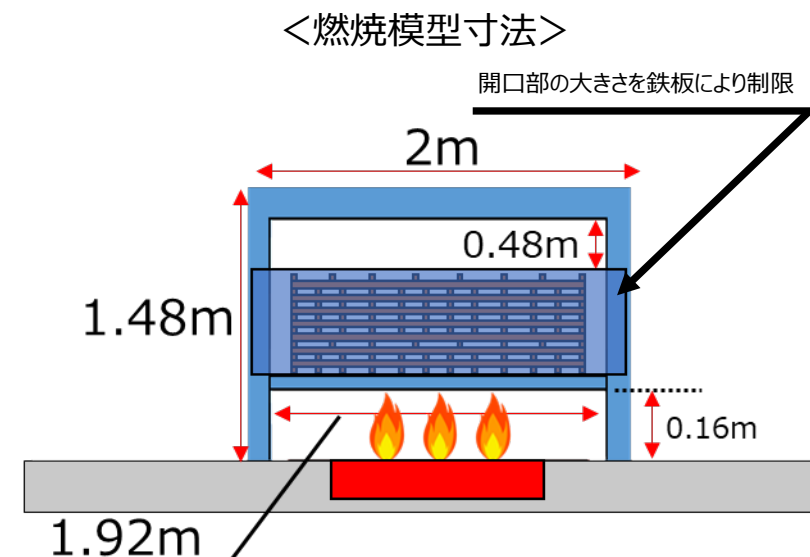
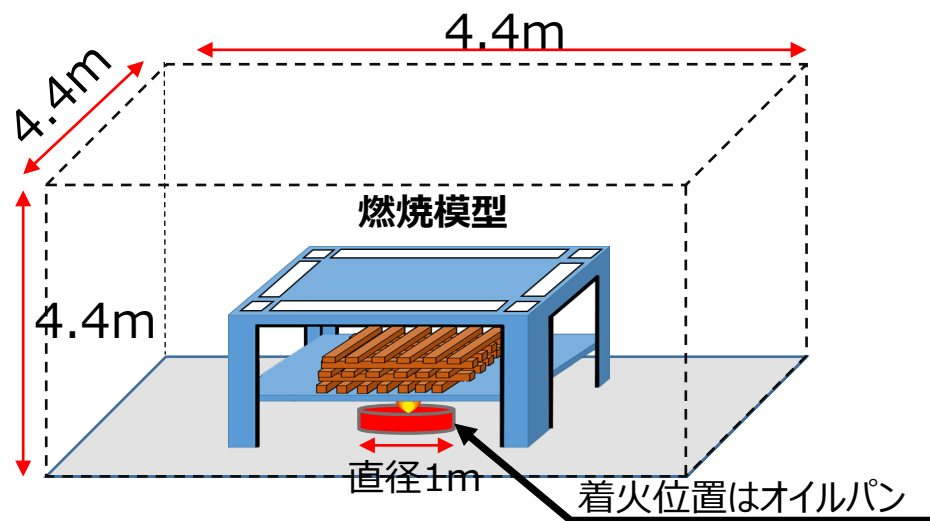
車両火災の簡易模型における火災シミュレーションの実施

シミュレーションの目標設定

自動車燃焼実験で得られた最大の発熱速度をA・B火災の簡易模型それぞれで再現するため、簡易模型内に入れるクリブの量を求める。

シミュレーションの条件

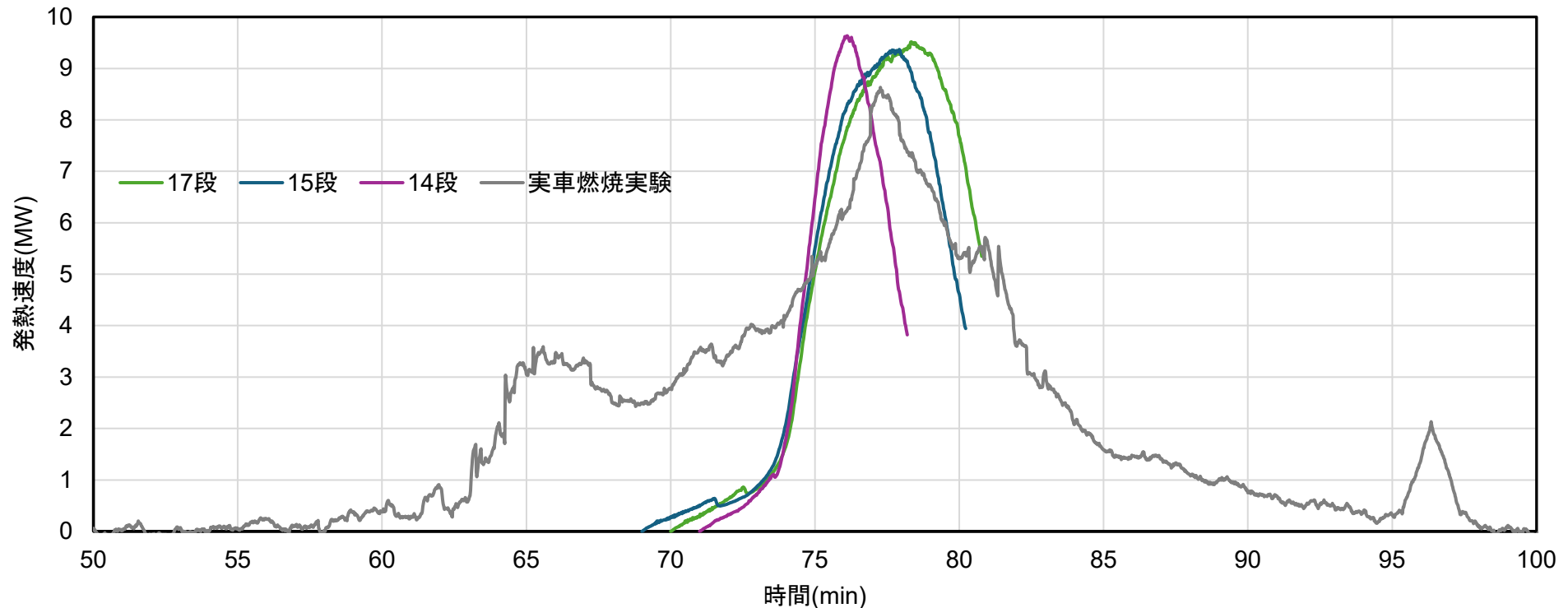
- ・計算領域は4.4m×4.4m×4.4mの立方体とし、立方体中央下部に燃焼模型を設置する。
- ・燃焼模型は2m×2m×1.48mの直方体とする。
- ・開口部条件は試験車両の車室及び開口部を再現した寸法とする。
- ・燃焼模型の材質は鋼製とする。
- ・地面及び計算領域境界面からの輻射熱等は考慮しないこととする。
- ・B火災で使用するn-ヘプタンの量は45Lとする。
- ・クリブの含水率は13%とする。



車両火災の簡易模型における火災シミュレーションの結果

数値シミュレーション結果（A火災）

クリブ長さ1800mmの14段、15段、17段
(火源1mオイルパン 60秒着火)



求められた可燃物量

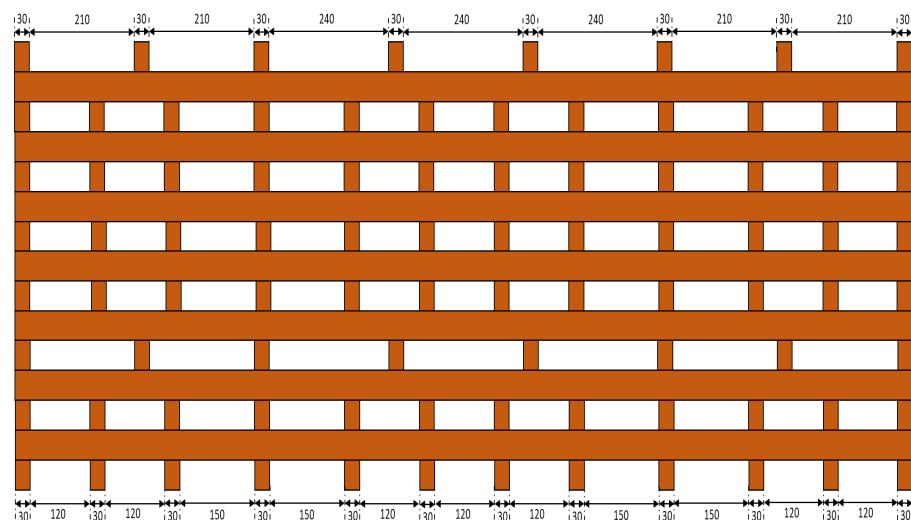
A火災模型ではオイルパンからの燃焼時間を1分間（1.5L）とし、クリブの量は30mm×40mm×1800mmのクリブを1段12本を基本とし15段積む（5・10・15段のみ8本）こととする。

また、B火災模型については、目指すべき発熱速度のピークが約10.2MWであり、A火災のピーク発熱速度（約8.7MW）とn-ヘプタンを45L入れたオイルパンとの発熱速度（約2MW）の合計と概ね一致していることから、クリブの本数・組み方についてはA火災モデルと同様のものとする。

車両火災の簡易模型における火災シミュレーションの結果

数値シミュレーション結果に基づくクリブ

正面図

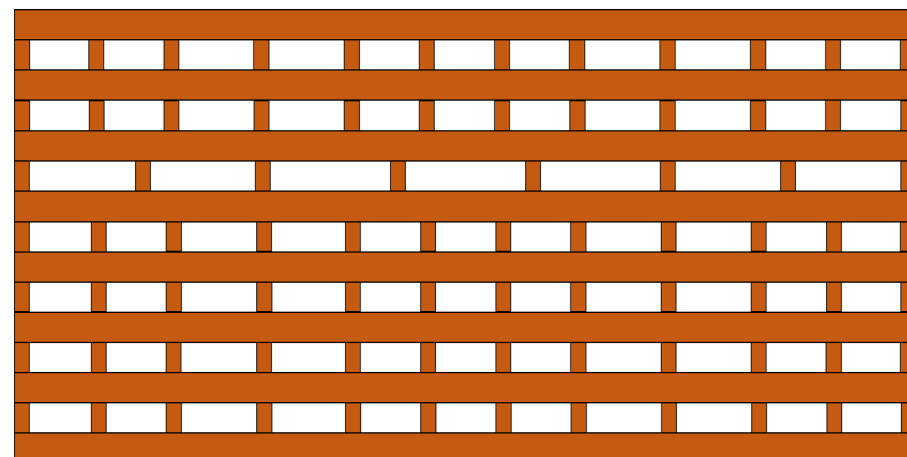


側面図

⑮

⑩

⑤



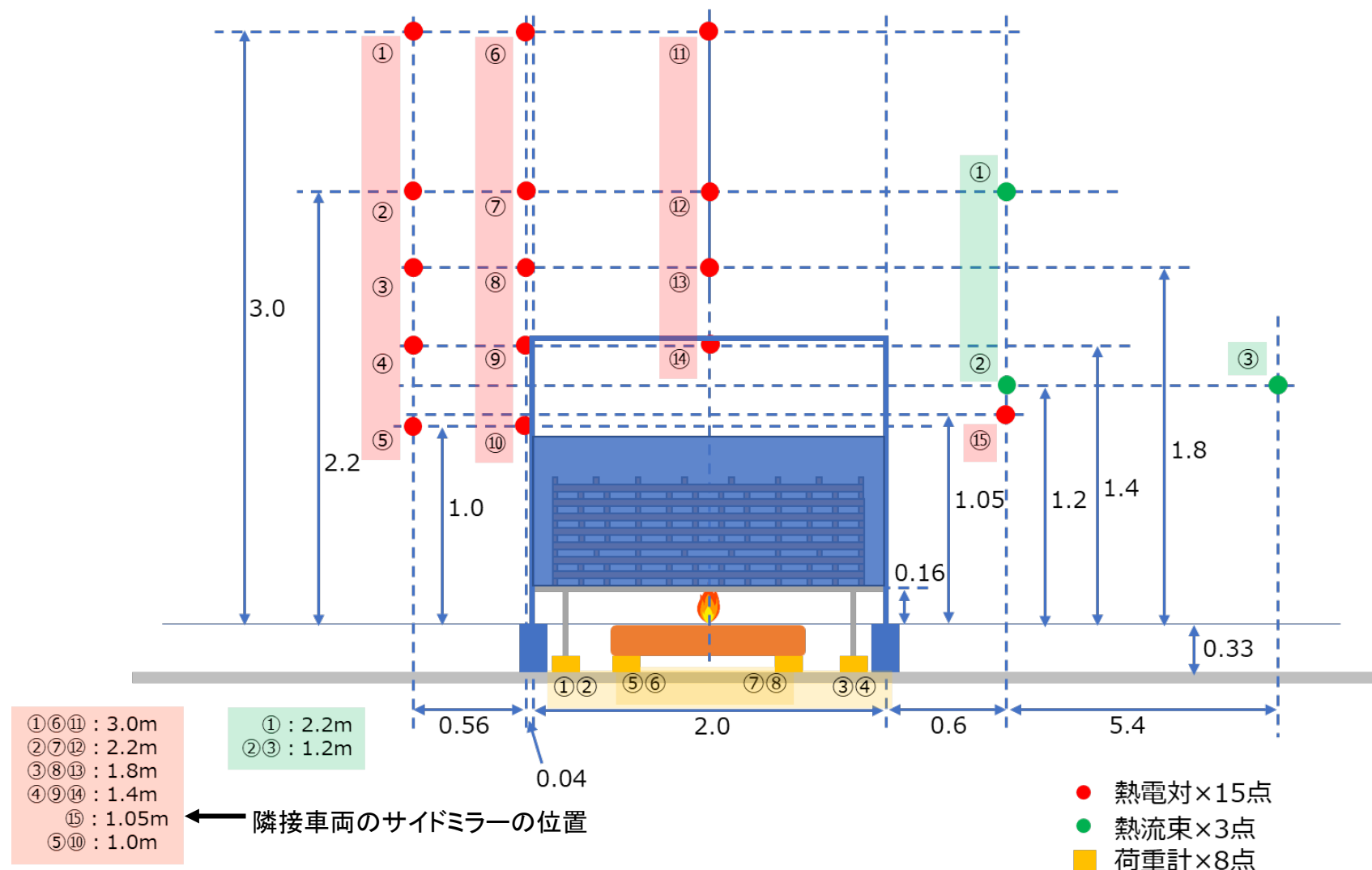
求められた可燃物量

- ・ A 火災・B 火災模型とも同様のクリブ数とする。
- ・ クリブは建築部材として一般的に使用され、調達が容易な30mm×40mm×1800mmのものを使用
- ・ 1段12本を基本とし、15段積む（5・10・15段のみ8本）
※ 5・10・15段のみ8本とし組違いとする理由は、クリブの燃烧に伴う熱気流が上部にすり抜けることを防止し、クリブの燃烧拡大を促し車両の燃烧性状を再現するため。

車両火災の簡易模型における燃焼実験について

計測項目

クリブ火災試験時の測定位置詳細

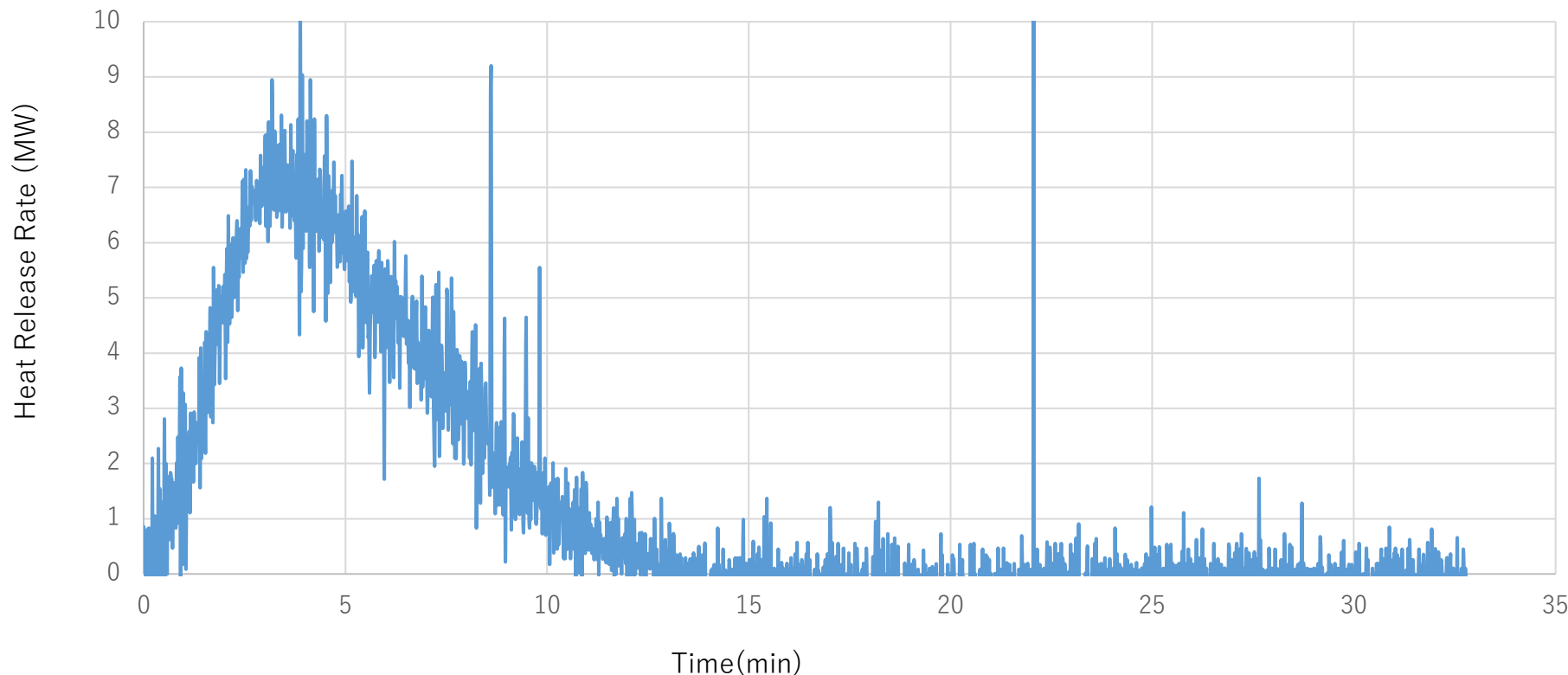


車両火災の簡易模型における燃焼実験について

A火災試験

実験日時: 令和6年10月15日(火) 実施場所: 消防庁消防大学校消防研究センター

発熱速度のグラフ



<実験条件>

- 可燃物量は30mm×40mm×1800mmのグリブを1段12本×15段（5・10・15段のみ8本）として簡易模型内に設置。
- グリブの含水率は、実測値で平均12.04%（偏差：0.8402）となっている。
- 直径1mのオイルパン内にn-ヘプタン1.5Lを入れ約1分間着火を行う。

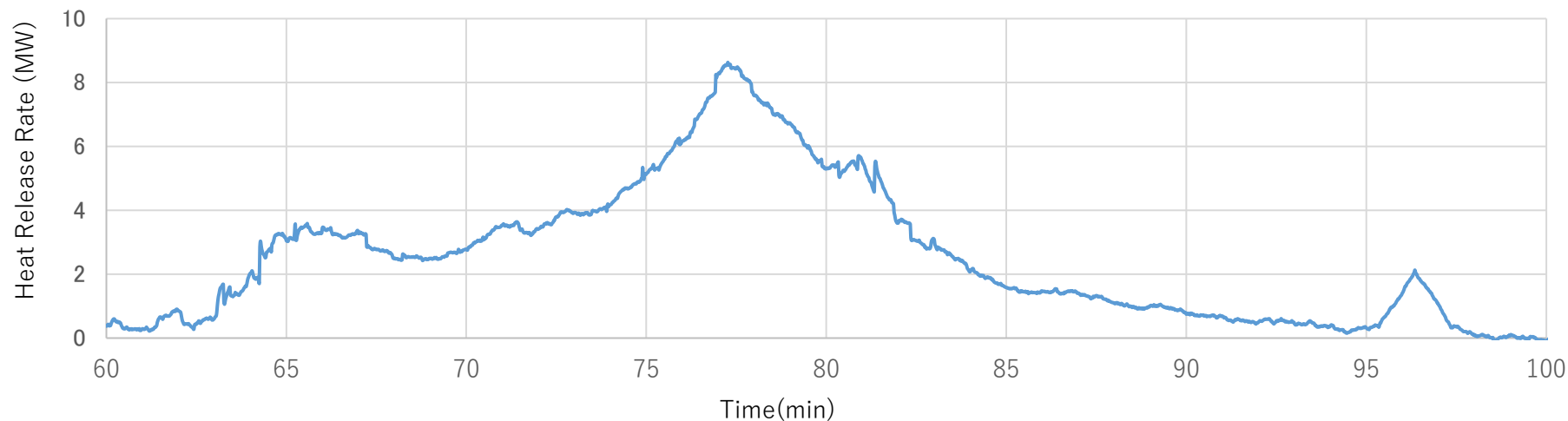
<実験結果>

- ピーク発熱速度は、3～4分あたりで約8MWのピークとなっている。

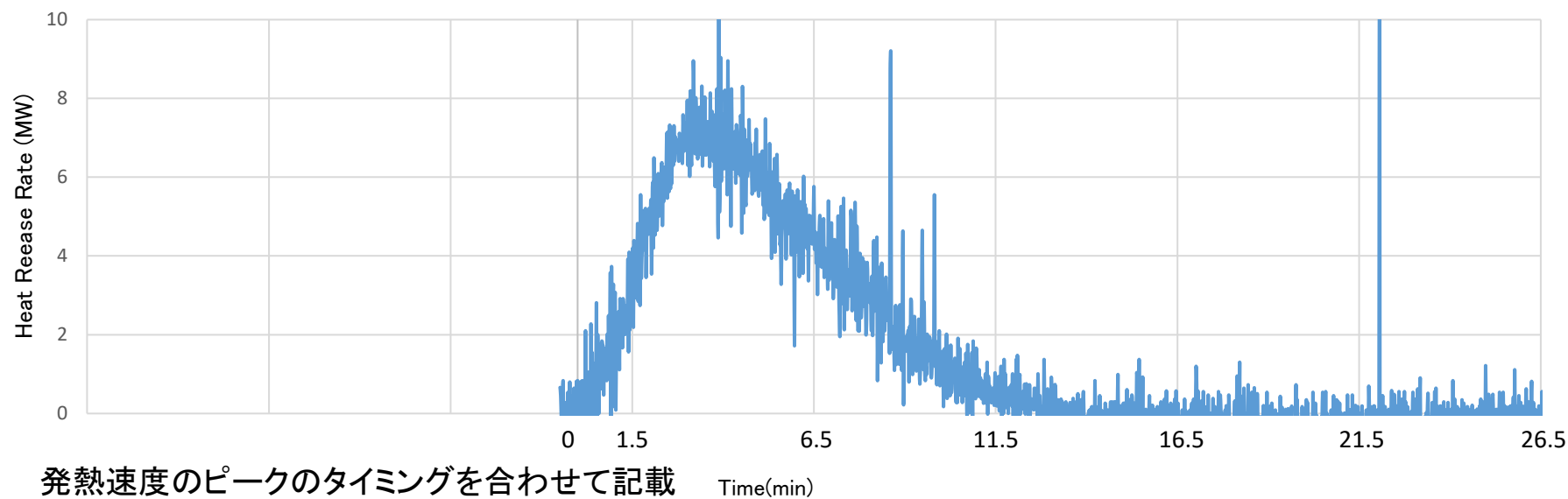
車両火災の簡易模型における燃焼実験について

A火災試験

実車

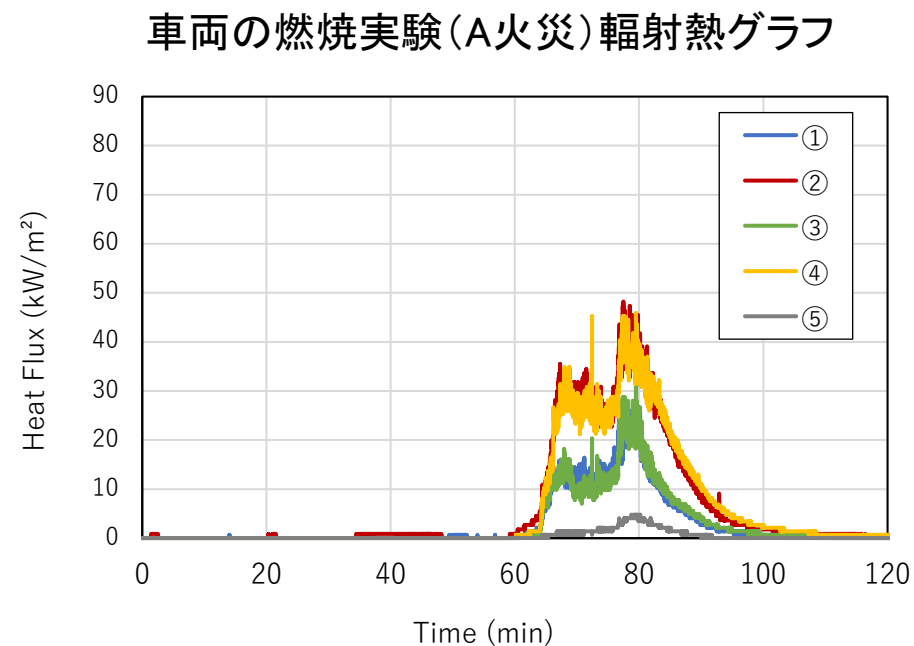
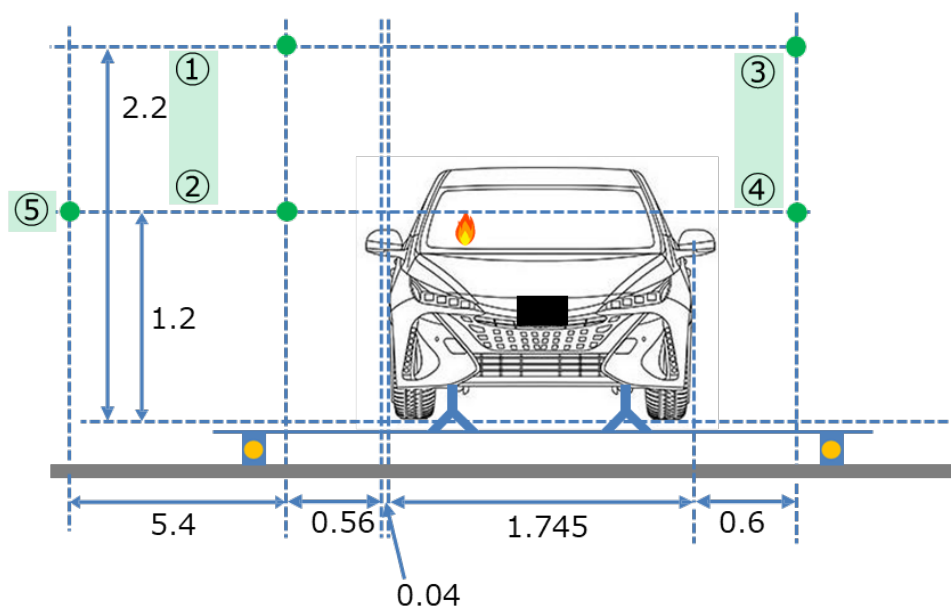
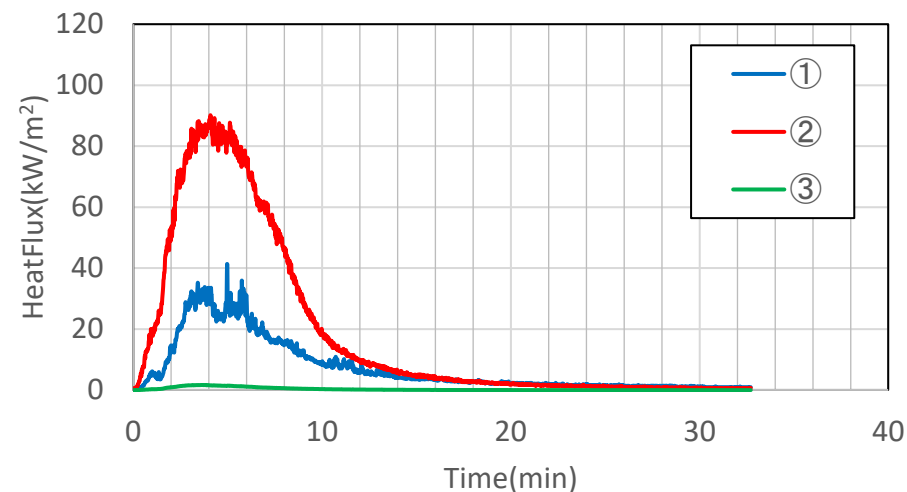


模型



A火災試験

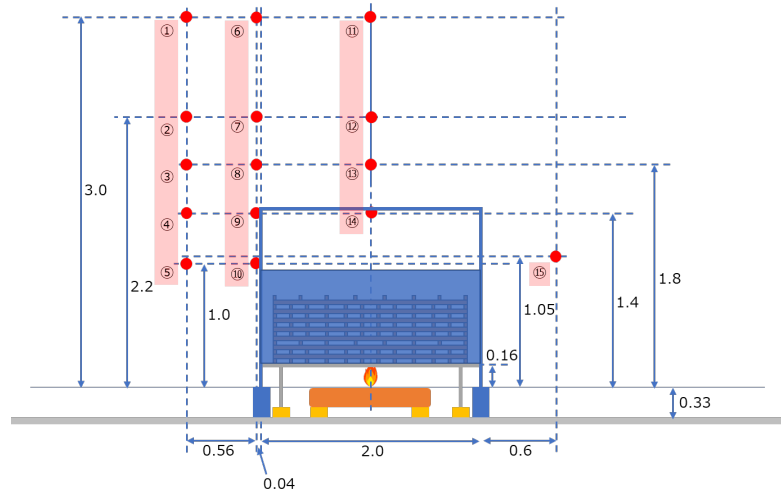
A火災模型輻射熱グラフ



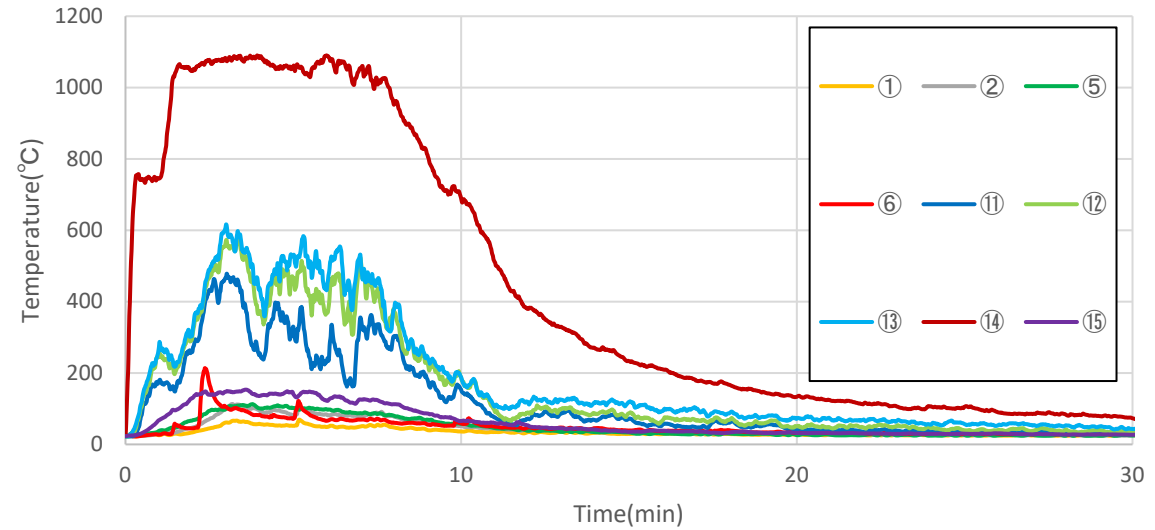
車両火災の簡易模型における燃焼実験について

A火災試験

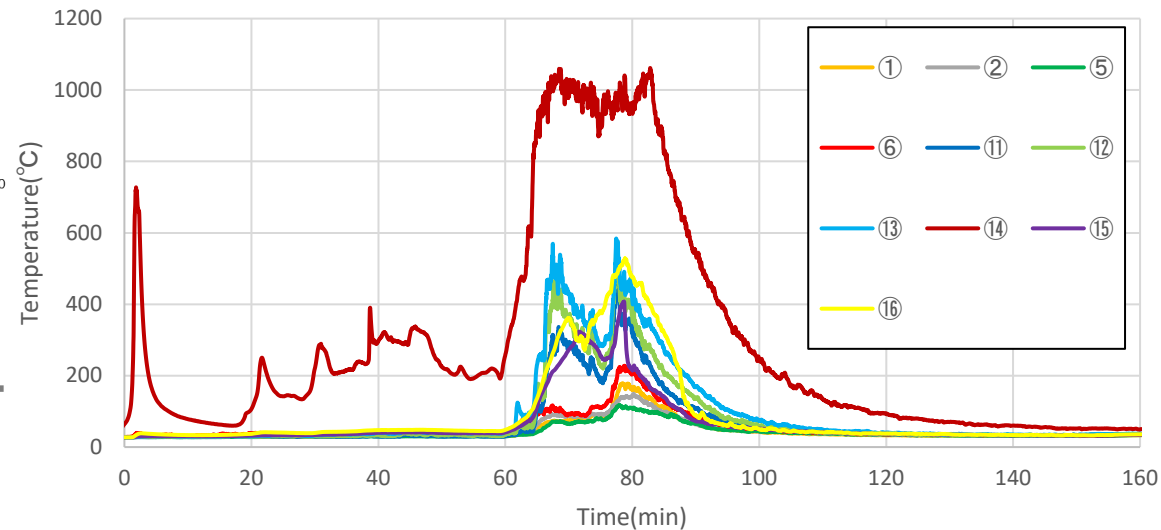
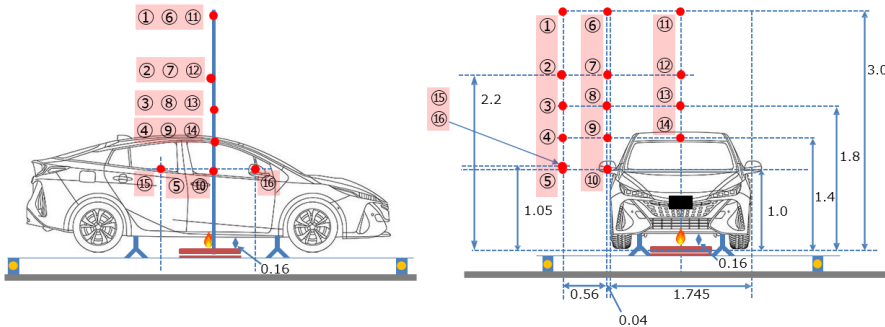
温度の比較



A火災模型温度グラフ



車両の燃焼実験(A火災)温度グラフ

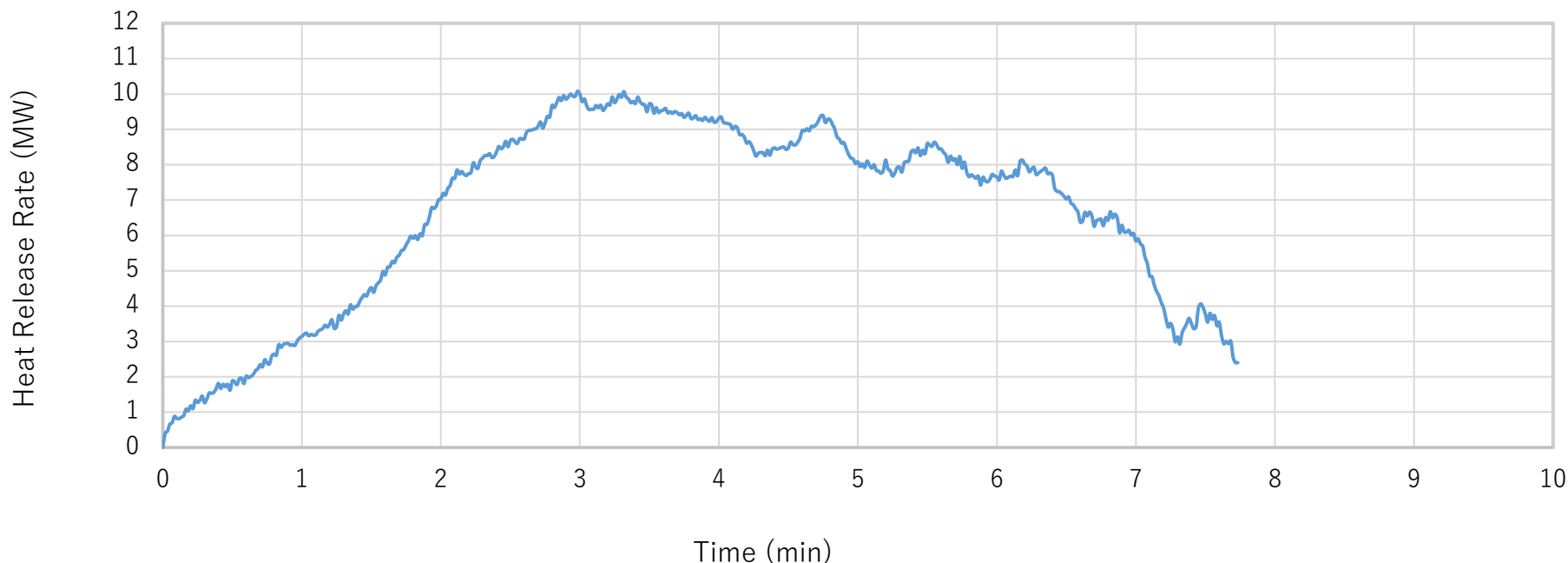


車両火災の簡易模型における燃焼実験について

B火災試験

実験日時: 令和6年10月16日(水) 実施場所: 消防庁消防大学校消防研究センター

発熱速度のグラフ



<実験条件>

- 可燃物量は30mm×40mm×1800mmのク립を1段12本×15段（5・10・15段のみ8本）として簡易模型内に設置。
- ク립の含水率は、実測値で平均12.15%（偏差：0.8532）となっている。
- 直径1mのオイルパン内にn-ヘプタン45Lを入れ着火を行う。

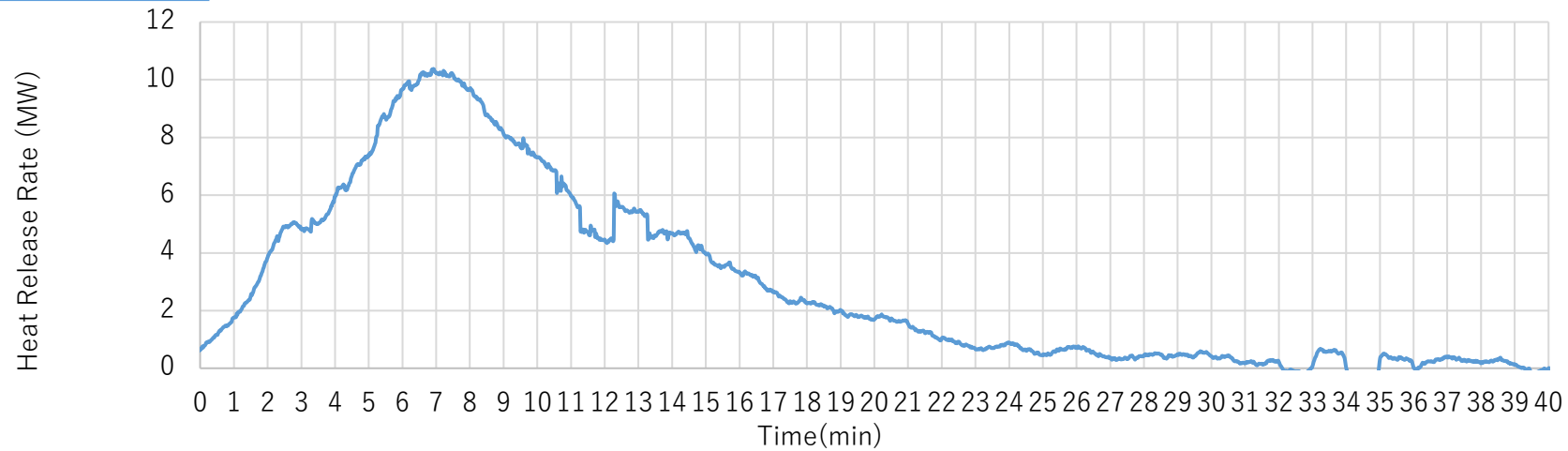
<実験結果>

- 実験途中でロードセルに接続したケーブルが断線し、途中までしか計測できなかったが、ピークを測定することはできた。
- ピーク発熱速度は、3分あたりで約10MW程度のピークとなっている。

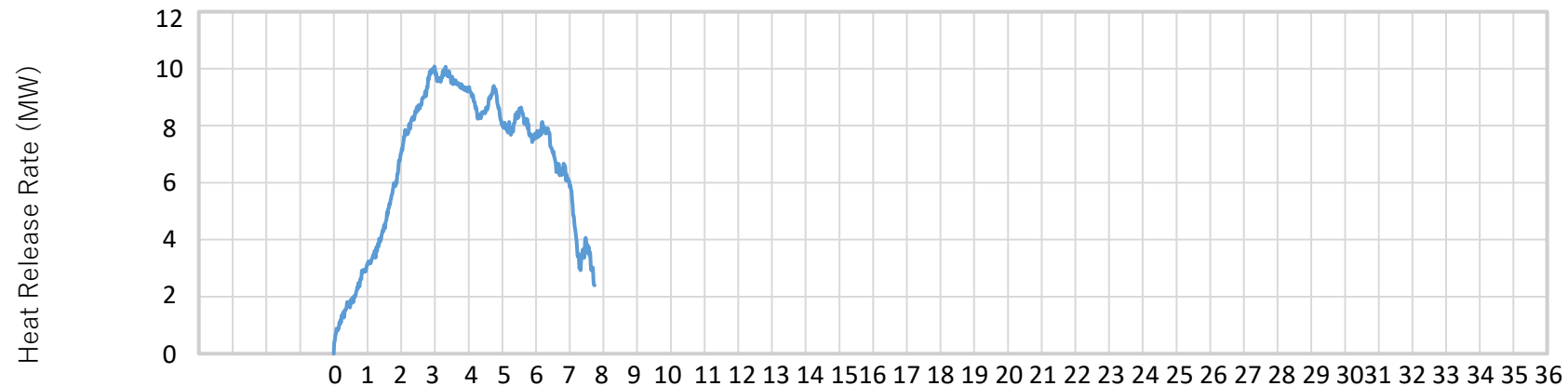
車両火災の簡易模型における燃焼実験について

B火災試験

実車



模型

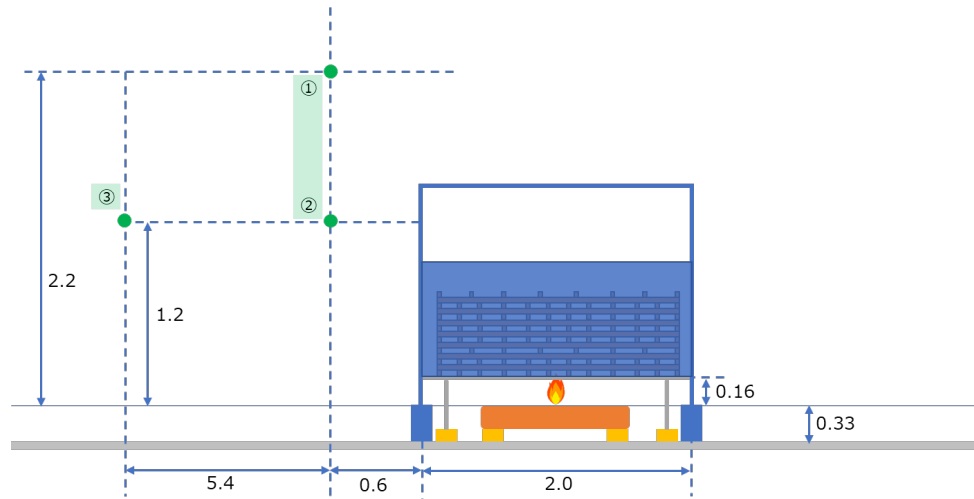


発熱速度のピークのタイミングを合わせて記載 Time (min)

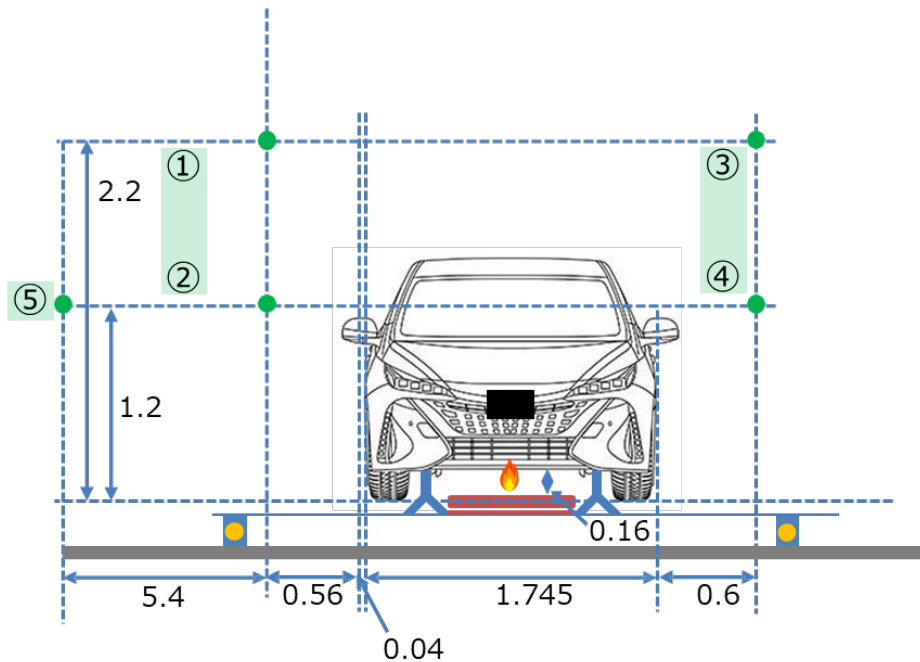
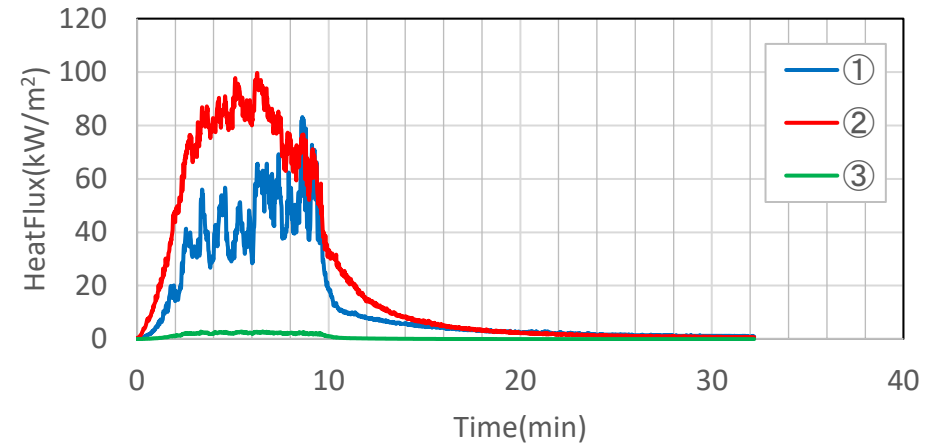
車両火災の簡易模型における燃焼実験について

B火災試験

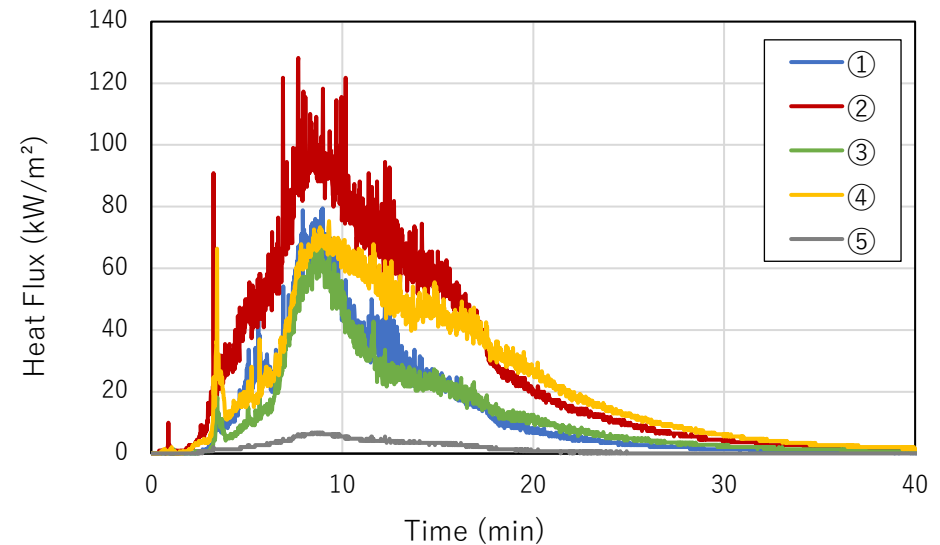
輻射熱の比較



B火災模型輻射熱グラフ



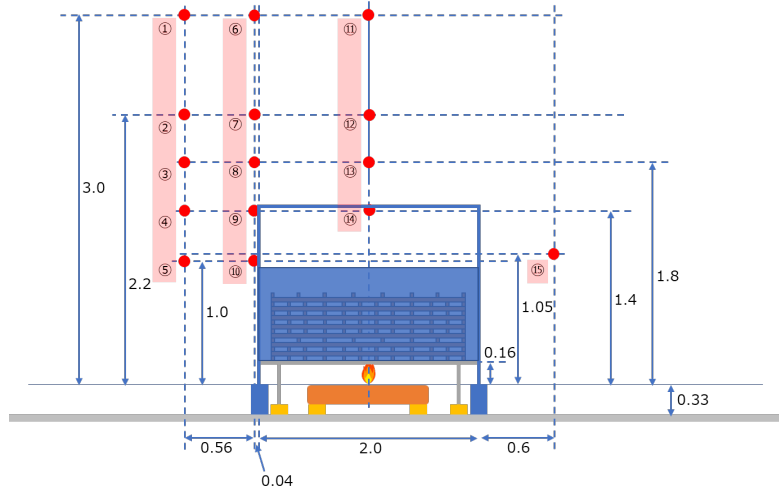
車両の燃焼実験(B火災)輻射熱グラフ



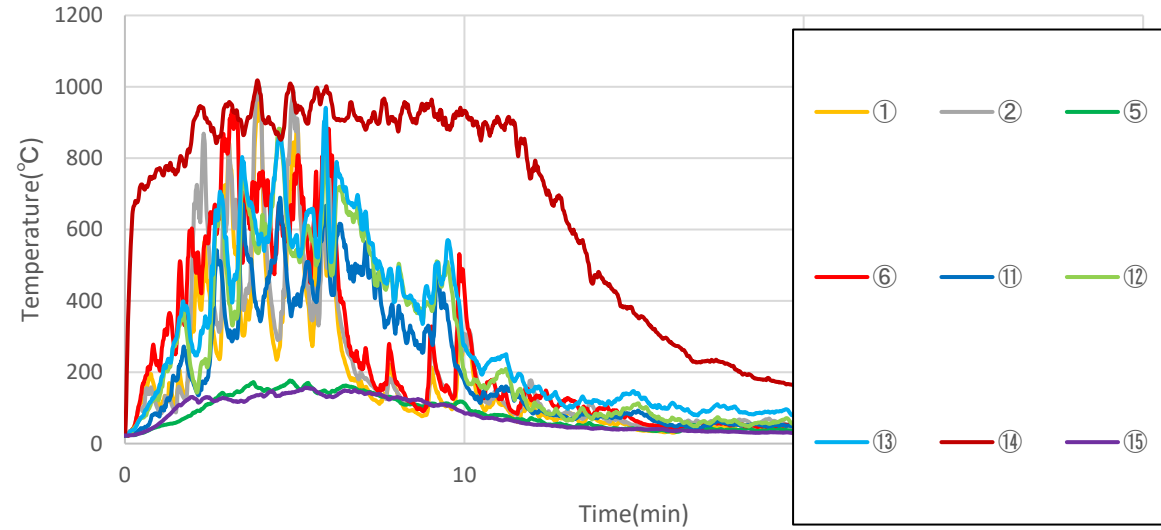
車両火災の簡易模型における燃焼実験について

B火災試験

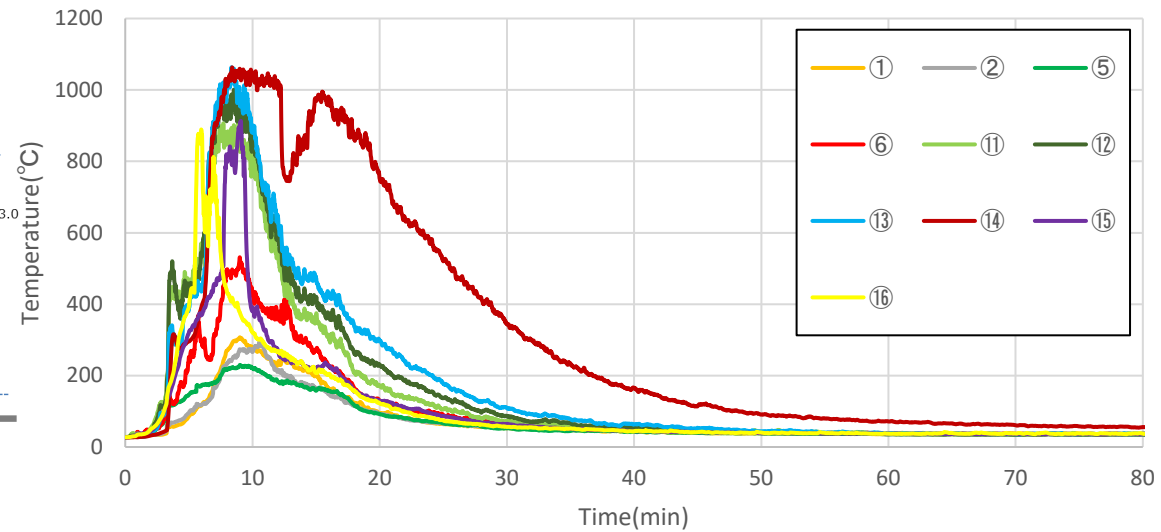
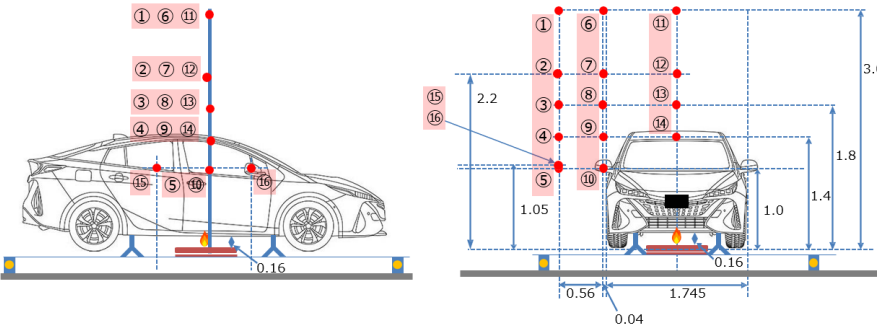
温度の比較



B火災模型温度グラフ

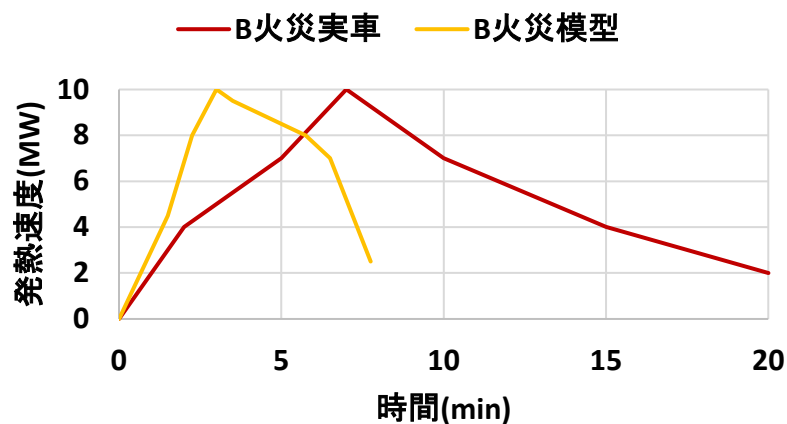
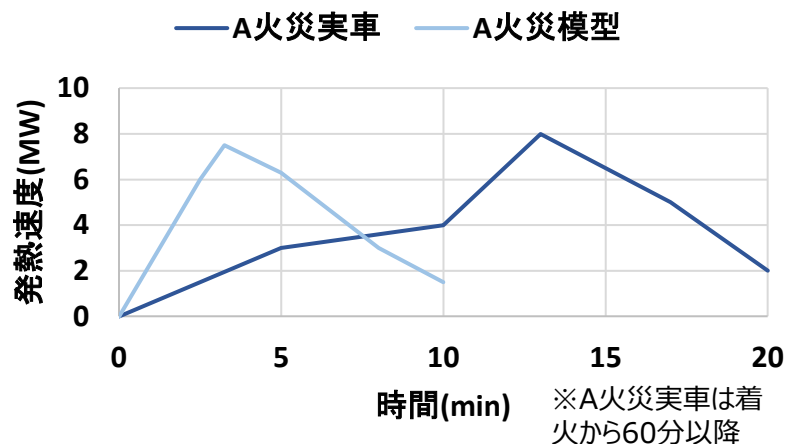


車両の燃焼実験(B火災)温度グラフ



実車と簡易模型との燃焼性状の比較

※グラフは大まかな傾向を示したもの



○ピーク時の発熱速度は概ね再現できている

○ピークへの立ち上がりの速度が実車よりも簡易模型の方が速い（特に、A火災においては、実車で5から10分までの窓ガラスが破壊されるまでの間の3-4MW程度の燃焼が模型では再現できていない）

○燃え尽きるまでの時間が、実車よりも簡易模型の方が短い

燃焼性状の違いが生じる理由

実車火災においては、特にA火災（車内出火）の場合は、空気の流入が開放している窓に限られ、全ガラスが破壊されるまでの間においては、換気支配型であり燃焼が比較的緩やかに進展すると考えられる。他方で、簡易模型では、窓ガラスが破壊された状態を想定し上部に4面に加え底部にも開口部があるため燃焼速度が速くなっていると考えられる。

