

(案)

環境に配慮した消火設備の設置基準に関する検討報告書
～PFASを含有しない泡消火薬剤を用いた駐車場泡消火設備～

令和7年3月

消防用設備等の設置・維持のあり方に関する検討部会

環境に配慮した消火設備に関する検討報告書

目次

1 検討概要	3
1.1 検討目的	3
1.2 これまでの検討経過	3
1.3 検討部会の開催状況	4
2 PFAS を含有する泡消火薬剤に対する環境規制	5
3 現状の課題と検討の方向性	7
3.1 駐車場における消火設備の設置基準と課題	7
3.2 検討の方向性	8
4 検討内容	9
4.1 検討の進め方	9
4.2 検討結果	9
4.2.1 国内の過去の駐車場火災の事例調査	9
4.2.2 最近の大規模な駐車場火災の事例調査	10
4.2.3 文献調査	10
4.2.4 駐車場における火災シナリオの整理	12
4.2.5 消火設備に求められる性能の整理	14
5 実験結果とこれまでの検討等を踏まえた対応	15
5.1 実車の燃焼実験（フリーバーン）の結果	15
5.2 実車を用いた消火実験の結果	16
5.3 簡易模型を用いた消火実験の結果	19
5.4 実験結果等を踏まえた対応	22
6 今後の検討事項	23
6.1 水系消火設備の基準化	23
6.2 自動車の燃焼性状の変化に伴う検討	23

<資料編>

資料 1 検討部会委員名簿

資料 2 消防法施行令・消防法施行規則（抜粋）

資料 3 火災事例

資料 4 自動車の燃焼実験等に係る文献調査のまとめ

資料 5 実車燃焼実験

資料 6 実車消火実験

資料 7 模型燃焼実験

資料 8 模型消火実験

参考資料 1 車両の大小による発熱速度

参考資料 2 燃料タンク漏れ量と穴の大きさの関係

参考資料 3 衝突時等における燃料漏れ防止基準

参考資料 4 乗用車用プラスチック製燃料タンクの技術基準

参考資料 5 内装材料の難燃性の技術基準

参考資料 6 燃料電池自動車に対応した地下駐車場等における防火安全対策に関する調査
研究報告書（抜粋）

参考資料 7 燃料漏洩火災の火災面積について

1 検討概要

1.1 検討目的

泡消火設備は、駐車場や危険物施設等において用いられている消火設備であり、当該設備に用いられている一部の泡消火薬剤には、油火災に対する消火性能を高めるため、有機フッ素化合物のうち PFAS¹を含有するものが用いられてきたところである。しかしながら、PFAS の一種である PFOS²（その塩を含む）、PFOA³（その異性体、これらの塩及び PFOA 関連物質を含む）及び PFHxS⁴（その異性体、これらの塩を含む）（以下「PFOS 等」という。）は、難分解性、生物蓄積性、長距離移動性を有することから、国内において規制やリスク管理に関する取組が進められており、これらの取組の対象となる物質は順次拡大されている。

このような状況を踏まえ「予防行政のあり方に関する検討会」の部会である「消防用設備等の設置・維持のあり方に関する検討部会」（以下「検討部会」という。）において、PFAS を含有しない消火設備の普及に向けて検討したものである。なお、令和 6 年度の本検討部会では、防火対象物において PFAS を含有する水成膜泡消火薬剤の主な設置先となっている駐車場について、必要な性能を確保しつつ、PFAS を含有しない他の種別の泡消火薬剤への切替えに係る負担をなるべく小さくできるよう、基準を見直すことに主眼を置いて検討した。

1.2 これまでの検討経過

消防庁では、本検討部会に関連して、令和元年度から泡消火設備に求められる性能や泡消火薬剤に含有する PFAS に係る国際的な規制の動向を整理した上で、泡消火設備に係る新たな設置基準等を検討してきた。なお、これまでの検討経過は以下のとおりである。

年度	検討または実験内容
令和元年度	・火災統計データや火災事例調査、文献調査から火災リスクや火災シナリオを整理。 ・泡消火設備に求められる消火性能を検討。

¹ ペルフルオロアルキル化合物及びポリフルオロアルキル化合物の総称

² ペルフルオロオクタンズルホン酸

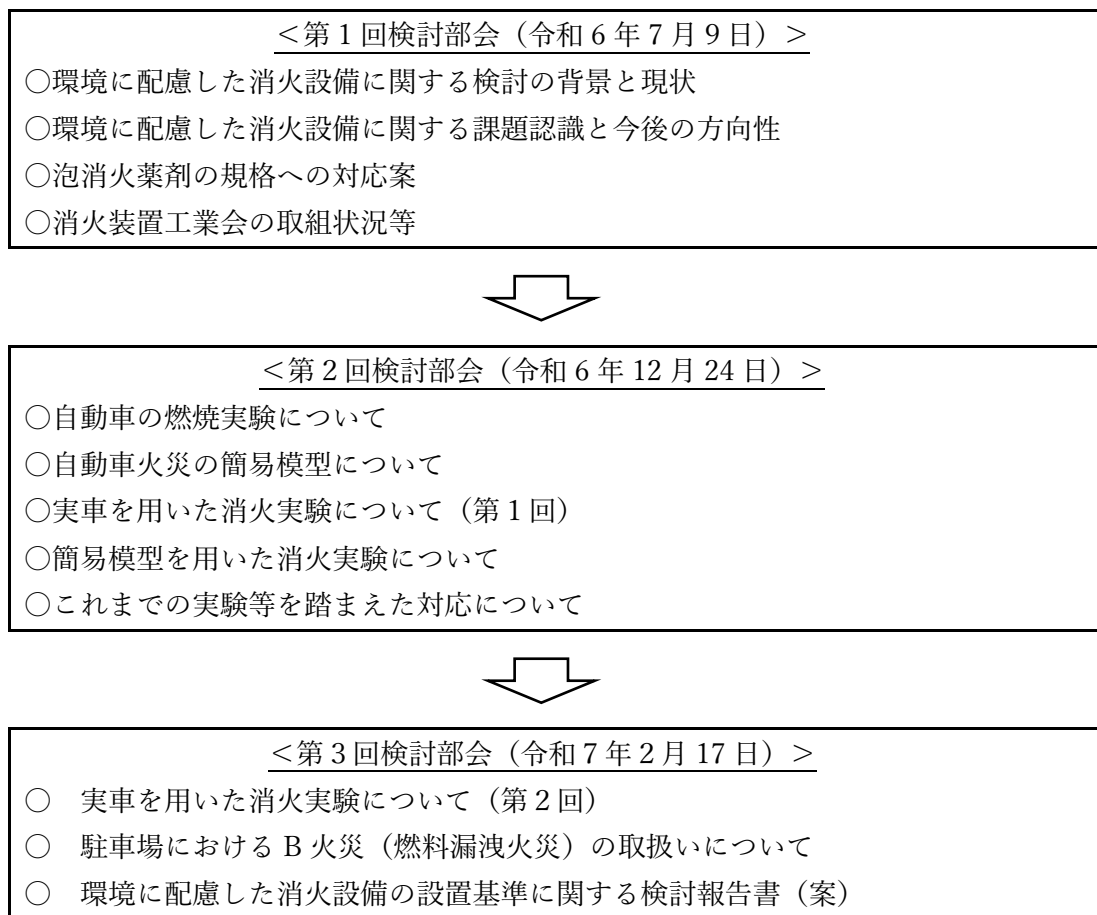
³ ペルフルオロオクタン酸

⁴ ペルフルオロヘキサンスルホン酸

令和 2 年度	・ FDS によるシミュレーションを活用して自動車火災の簡易模型を製作。 ・ 製作した簡易模型と実車の燃焼比較実験を実施。
令和 3 年度	簡易模型を用いて、既存の泡消火設備の消火性能を確認するための実験を実施。
令和 4 年度	実車を用いて、既存の泡消火設備の消火性能を確認するための実験を実施。

1.3 検討部会の開催状況

令和 6 年度の検討部会のスケジュールは次のとおり。



2 PFAS を含有する泡消火薬剤に対する環境規制

1.1 検討目的でも述べたとおり、一部の泡消火薬剤には、油火災に対する消火性能を高めるために PFOS 等が含有されているが、当該物質は難分解性、生物蓄積性、長距離移動性を有することから、残留性有機汚染物質（POPs：Persistent Organic Pollutants）から人の健康及び環境を保護することを目的とした「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」（以下「POPs 条約」という。）において、製造及び使用の廃絶・制限等の対象となっている。

POPs 条約を批准している我が国においては、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（昭和 48 年法律第 117 号。以下「化審法」という。）に規定する、第一種特定化学物質に PFOS 等を指定し、製造や輸入を原則禁止にする等の規制を課している。

第一種特定化学物質を含有する泡消火薬剤については、化審法の規制後は新たに製造することが禁止されている一方、規制前に製造されたもので、すでに建物に設置されている泡消火薬剤については、火災時等の使用（泡消火薬剤の放出）は規制されていないため、既存建物には、当該泡消火薬剤が設置されているものが相当数あるのが現状である。これらについては、環境への排出抑制の観点から、保管、点検、使用、廃棄等の際には、以下の法令等に基づき、必要な措置が求められている。

- （１）化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令附則第四項の表 PFOS 又はその塩の項、PFOA 若しくはその異性体又はこれらの塩の項、ペルフルオロオクタン酸関連物質の項又は PFHxS 若しくはその異性体又はこれらの塩の項に規定する消火器、消火器用消火薬剤及び泡消火薬剤に関する技術上の基準を定める省令（平成 22 年総務省・厚生労働省・経済産業省・国土交通省・環境省・防衛省第 1 号）

第一種特定化学物質（PFOS 等）を含有する消火薬剤の取扱い（貯蔵、保管、点検等）に関する技術基準が定められている。

- （２）水質汚濁防止法（昭和 45 年法律第 138 号）

令和 5 年 2 月に水質汚濁防止法施行令（昭和 46 年政令第 188 号）が改正され、水質汚濁防止法（以下「水濁法」という。）第 2 条第 4 項に規定する指定物質に PFOS 及びその塩、PFOA 及びその塩が追加された。

本改正により、事故（災害含む）によりこれらを含有する泡消火薬剤が漏洩した場合で、河川への流出や地下に浸透することにより、人の健康や環境を汚染するおそれがある場合は、応急措置を講ずるとともに、速やかに事故の状況や措置の概要を都道府県知事に届け出なければならない。ただし、消火に伴う排出等は、前述の対応の対象外となっている（可能な限り都道府県又は水濁法政令市に情報提供することとされている）。

(3) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年法律第 137 号）

PFOS 等を含む泡消火薬剤の廃棄にあたっては、廃棄物の処理及び清掃に関する法律及び PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項に基づき、適正に保管や収集運搬、委託処理することが必要とされている。また、PFOS 及び PFOA 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項では、当該廃棄物の処理方法として焼却処理（PFOS 含有廃棄物：約 850℃以上、PFOA 含有廃棄物：約 1,000℃以上（約 1,100℃以上を推奨））が掲げられており、安全かつ確実に分解処理することが必要とされている。

また、PFOS 等が化審法の第一種特定化学物質に指定されて以降は、第一種特定化学物質は含有しないものの、これらの規制対象物質以外の PFAS を含有する泡消火薬剤が製造されていると考えられる。なお、国内の泡消火薬剤における PFAS の含有状況については、消火設備の関連企業で構成されている一般社団法人日本消火装置工業会の調査により一覧化され、ホームページに公開されている。

3 現状の課題と検討の方向性

3.1 駐車場における消火設備の設置基準と課題

駐車場における消火設備の設置基準については、消防法、消防施行令、消防法施行規則等において定められており、各消火設備の主な特徴は表 1 のとおりである。

既存の駐車場において多く設置されているのは、フォームヘッドを用いる泡消火設備（ルート A）である。泡消火設備に充填されている泡消火薬剤のうち水成膜泡消火薬剤は油火災に対する消火性能に優れ、現行の設備基準において、床面積 1 m²あたりの放射量が合成界面活性剤泡消火薬剤やたん白泡消火薬剤よりも少なく、ポンプや配管等の設備コストが抑えられることから、既存の駐車場において主流となっているが、当該泡消火薬剤は PFAS を含有している。そのため、環境排出抑制の観点から、PFAS を含有しない合成界面活性剤泡消火薬剤やたん白泡消火薬剤に早期に交換していくことが望ましい。しかしながら、現行の設備基準では放射量を大きくする必要があるので、既存の駐車場において泡消火薬剤を交換しようとした場合には、配管やヘッド、ポンプ、水槽など泡消火設備全体の大規模改修が必要となる。そのため、駐車場オーナーの負担が大きく、PFAS を含有しない泡消火薬剤への交換が進んでいないことの一因となっている。

表 1 駐車場に設置される消火設備の主な特徴

	泡消火設備		水系消火設備	
	ルートA ⁵ (フォームヘッド)	ルートB ⁶ 特定駐車場用泡消火設備 (閉鎖型泡水溶液ヘッド)	ルートA ⁵ 水噴霧消火設備	ルートC ⁷ 閉鎖型水噴霧設備
感知から放射までの仕組み	感知は火災感知用ヘッドまたは自動火災報知設備の感知器にて行い、泡放射はフォームヘッドから行う。火災感知用ヘッド等が火源から離れている場合は、火災がある程度進展してから放射となる。	感知と放射を1つのヘッドで行う。火源に近いヘッドが作動するためルートAより早く作動する設備となる。	感知は火災感知用ヘッドまたは自動火災報知設備の感知器にて行い、放射は水噴霧ヘッドから行う。火災感知用ヘッド等が火源から離れている場合は、火災がある程度進展してから放射となる。	感知と放射を1つのヘッドで行う。火源に近いヘッドが作動するため、ルートAより早く作動する設備となる。
消火性能を確認する火災モデル	法令上はなし (従前行われていた安全センターの評価基準としては、2.0㎡のオイルパン(ガソリン60L)を使用)	閉鎖型泡水溶液ヘッドの試験として、2.0㎡のオイルパン(ガソリン又はN-ヘプタン60L)を使用。	なし	散水障害を考慮し、自動車模型の中に設置した1.4㎡のオイルパン(N-ヘプタン28L)を使用。 ※火災モデルの発熱速度は4MW程度
消火性能の判定基準	法令上はなし (従前行われていた安全センターの評価基準としては、火災モデルを1分以内に消火すること)	火災モデルを1分30秒以内に消火すること	なし	・隣接する車両模型の表面温度が30℃を超えないこと。 ・隣接する車両火災模型に取り付けたドアミラーに延焼や著しい損傷がないこと。
作動時間	10分間	10分間	20分間	20分間
設置可能な駐車場の条件	なし	天井高さ10m以下	なし	天井高さ10m以下
設置基準等	泡消火薬剤におけるB火災の消火性能が高いほどに放射量が少なくなる。 水成膜泡:3.7L/min・㎡ たん白泡:6.5L/min・㎡ 合成界面活性剤泡:8.0L/min・㎡	ルートAと同等以上の性能を有する消火設備として、平成26年3月に基準化。	・大量の水を放水(20L/min・㎡)するため、排水設備が必要となる。 ・車路の中央又は両側に排水溝を設ける。 ・排水溝に向かって2/100以上の勾配をつける。 ・高さ10cmの区画境界堤を設ける。 ・油分離装置付きの消火ビットを設ける。	・水噴霧消火設備に代えて設置するもの。 ・放射量が10L/min・㎡であり、ルートAの半分の水量である。 ・排水溝に向かって1/100以上の勾配をつける。
備考	・駐車場で主流の設備 ・多くがPFASを含有する水成膜泡を使用している。	・設置実績は、前身の設備も含め数百程度 ・多くがPFASを含有する水成膜泡を使用している。	・設置実績はほとんどない ・泡を使用しないためPFASは含有されていない。	・平成25年に1件目の大臣認定を取得し、現在までの認定実績は9件 ・泡を使用しないためPFASは含有されていない。

3.2 検討の方向性

駐車場において、大規模な改修を要さず、PFASを含有しない泡消火薬剤への交換を可能とすることを目指して、消火実験やシミュレーションを行い、設置方法の見直しを行うこととした。

具体的には、床面積1㎡あたりの放射量が最も少ない水成膜泡消火薬剤から合成界面活性剤泡消火薬剤等の他の種別に変更する場合であっても、火元車両から隣接車両への延焼抑制性能を一定程度有している場合には、水成膜泡消火薬剤と同様の放射量で差し支えないものとする。これにより、既存の駐車場においては、水成膜泡消火薬剤からPFASを含有しない合成界面活性剤泡消火薬剤等に交換した場合であっても配管やポンプ等を改修する必要がなくなる。また、新規の駐車場においても、PFASを含有しない合成界面活性剤泡消火薬剤等が選択されやすくなると考えられる。

⁵ 仕様規定：消防法施行令第2章第3節に技術基準を規定。

⁶ 性能規定：消防法施行令第29条の4第1項に規定。通常の消防用設備等と同等性能を有するものについては、総務省令で新たに位置づけ、通常設備に代替。

⁷ 大臣認定：消防法第17条第3項に規定。申請者は消防法第17条の2に基づく登録検定機関が行う性能評価を受けた上で、総務大臣に申請。総務大臣は申請に係る設備が消防用設備等と同等以上と認める場合は、特殊消防用設備等として認定。

4 検討内容

4.1 検討の進め方

検討を進めるにあたっては、まずは国内の過去 10 年間の駐車場火災や最近の大規模な駐車場火災の事例調査、自動車火災に関する文献調査等を実施して、自動車の燃焼性状から想定される火災シナリオや泡消火設備に求められる性能を整理することとした。

次に、最近の自動車の燃焼性状を確認するため、比較的最近の自動車の燃焼実験（フリーバーン）や火災事例の調査等により整理した泡消火設備に求められる性能等の妥当性を確認するため、実車を用いた消火実験を実施することとした。

4.2 検討結果

4.2.1 国内の過去の駐車場火災の事例調査

消防庁では、駐車場における火災リスクの整理のため、令和元年度に全国の消防本部に対し、火災事例（平成 21 年から平成 30 年までの過去 10 年間に於いて発生した事例）の調査を依頼しており、計 361 件の報告を受けている（資料 3 参照）。

このうち、自動車から出火した 208 件について、出火箇所別にみると、車室内から出火したものが 89 件、エンジンルームから出火したものが 84 件、バンパー等の外周部から出火したものが 28 件、タイヤ付近から出火したものが 7 件となっている。出火車両の焼損程度が大きいものと隣接車両への延焼の件数が多いものは、いずれも車室内から出火したケースであった。

また、全火災事例のうち、泡消火設備、移動式粉末消火設備等の特殊消火設備が設置されていた駐車場及び車庫の火災事例は 68 件であり、そのうち泡消火設備が作動した火災事例は 9 件であった。

これら 9 件の火災事例の内訳については、自動車の排気管に接触していた段ボールから出火したものが 1 件、自動車から出火したものが 8 件となっている。段ボールから出火した火災事例については、散水障害がなかったため、泡消火設備の作動により鎮火に至っている。一方、車室内やエンジンルームから出火した事例では、車体等が散水障害となり、泡消火設備の作動のみでは鎮火には至っていないが、その後に到着した消防隊の放水により鎮火に至っている。結果として、泡消火設備が作動したいずれの火災事例も、自動車の焼損台数は 1 台のみに抑えられ、隣接車両へ延焼拡大することはなかった。

4.2.2 最近の大規模な駐車場火災の事例調査

最近、多数の車両が焼損する駐車場火災が国内外で発生している。

国内においては、令和 5 年 8 月 20 日に神奈川県厚木市の駐車場（二層三段の自走式駐車場）において、駐車場の 2 階に駐車されていた自動車から出火し、延べ 153 台の車両が焼損する火災が発生した。海外においては、令和 5 年 10 月 10 日にイギリスのルートン空港の自走式駐車場において、3 階に駐車されていた自動車から出火し、推定 1,200 台の車両が被害を受ける火災が発生した。

これらの火災は甚大な物的被害が発生した事案である一方、どちらの駐車場も一定の開放性を有していることから、固定式の消火設備（日本の場合は水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備等から選択、海外の場合はスプリンクラー設備が主流）が設置されていないものであった。

そのため、泡消火設備の設置を前提とした今回の検討の対象範囲ではないが、これらの火災に影響したとされている最近の自動車の可燃性部品の増加に伴う燃焼性状の変化については、今回の検討においても考慮することとする。

4.2.3 文献調査

過去に実施された自動車の燃焼実験等に係る文献調査にて明らかになった、自動車の燃焼性状に関する主な内容は以下のとおりである。

（1）自動車火災全般

ア 総発熱量や燃焼時間等は車両重量に比例して増加する。一方、可燃物割合は車両重量が大きくなると減少傾向を示す⁸。

イ 最大発熱速度と総発熱量は車種により異なり、最大発熱速度は 2.4MW～6.8MW、総発熱量は 2.7GJ～8.4GJ である。発熱速度の推移を見ると、いずれの車種においても発熱速度が急激に上昇するピークが複数回現れており、最初のピークで約 2～3MW を示している⁹。

ウ 近年の自動車は、合成樹脂等の可燃性部品が多く使用されており、火災危険性が増加している。加えて、車両自体が大型化しているため可燃物量も多くなっている。可燃物の増加により、火災の進展速度、着火容易性、隣接車両への延焼の危険性が高まっている。駐車場の車両間で 10～20 分程度で急速に延焼することが分かっている¹⁰。

⁸ 資料編の参考資料 1：田村陽介、「車両の大小による発熱速度」

⁹ 増田秀昭、「自動車火災を受ける構造部材の耐火設計手法」、平成 16 年度建築研究所講演会資料

¹⁰ Modern Vehicle Fire Hazards in Parking Garages and Vehicle Carriers(近年の屋内駐車場における車両火災の危険性) NFPA 2020

(2) 車室内に着火した燃焼実験

ア 運転席のシートに着火した場合、着火後 8 分間は約 0.4MW、その後フロントガラスの破壊により車内が爆発的に燃焼し、発熱速度が約 2 MW となった。30 分後にバンパー、タイヤなどの外周部に延焼し発熱速度が上昇し約 4 MW、発熱速度のピークは着火から 47 分後で約 4.5MW であり、60 分程度で燃焼がほぼ終了した¹¹。

イ 車両の前面、後面に形成される火炎形状は、エンジンルームの面積やトランクルームの有無など車体の構造によって変化するため、前面、後面に配置した可燃物の表面温度も、車種によってばらつきが大きい。また、自動車側面に配置した可燃物への影響の方が大きい¹²。

(3) エンジンルームに着火した燃焼実験

ア 窓ガラスの開閉に関係なく、エンジンルームから火炎が噴出した後に車室内に火災が進展しており、車室内から火炎が噴出するのは着火から 20 分後以降である¹³。

イ 車室内から車両前後方向への輻射熱の熱流束は、水平距離 1 m の箇所において、窓ガラスの開閉にかかわらず 10kW/m²以下であり、着火可能性は低い。側面方向への輻射熱の熱流束は、水平距離 1 m の箇所において、最高 17~18kW/m²となり周囲の可燃物へ着火危険性はあるが、輻射熱に寄与する車室内の燃焼が大きくなる時間は、窓ガラスが全閉の場合は着火から約 45 分後、全開の場合は着火から約 25 分後である¹⁴。

(4) 外周部に着火した燃焼実験

ア 右後タイヤの泥よけに着火した場合、窓ガラスが閉じていると、燃焼が進むにつれて車室内に可燃性気体が充満し、窓ガラスが破損すると、爆発的な燃焼が生じる。一方、窓ガラスが開いているとその開口部から車室内へ火災が進展する。いずれの条件においても着火から 20 分過ぎに発生した車室内の急激な燃焼とともに発熱速度が上昇し（閉じている窓ガラスは全壊）、車両側面方向の輻射熱が急激に増大している。その際の発熱速度のピークは約 6 MW である¹⁵。

¹¹ 原田、新谷ほか、「自動車燃焼実験（その 1 実験概要と燃焼拡大性状）」、平成 15 年度日本建築学会近畿支部研究報告集

¹² 岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への輻射熱の計算」、平成 14 年度日本火災学会研究発表会概要集

¹³ 渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火炎挙動」、平成 15 年度日本火災学会研究発表会概要集

¹⁴ 岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響（その 2）」、平成 15 年度日本火災学会研究発表会概要集

¹⁵ 渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火炎の進展」、平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集、

イ ミニバンの右後タイヤ泥よけに着火した場合は、着火から 10 分後に車室内に火災が進展したが、すぐに酸欠状態になり、着火から 39 分後に窓ガラスが破損したことにより車室内全体に拡大、発熱速度が上昇し(約 4 MW)、周囲への輻射熱が大きくなった。前バンパーに着火した場合においても同様に着火から 45 分後にフロントガラスが破損したことにより盛期火災となり発熱速度が 6 MW となった。フロントガラスが破損するまでの発熱速度は約 2 MW 以下である¹⁶。

4.2.4 駐車場における火災シナリオの整理

前述の火災事例の調査や文献調査等にて明らかになった、自動車の燃焼性状から想定される火災シナリオは図 1 のとおりである。

自動車火災は、車室内で出火した場合において、火災が徐々に拡大し、窓ガラスが割れ開口部が形成されると急激に拡大し、2～3 MW 程度の発熱速度に達する。その際、消火設備が作動した場合には、出火車両の車体が散水障害となり、鎮火には至らないものの、開口部から火源に放射されることにより火勢は一定程度抑制されると考えられる。

また、車両外周部で発生した火災においては、前述の発熱速度になる前の段階で、泡消火設備が作動し、有効に火勢が抑制されると想定されると考えられ、車室内で出火した場合、車両外周部で出火した場合のいずれの場合においても、隣接車両への延焼は抑制されると考えられる。

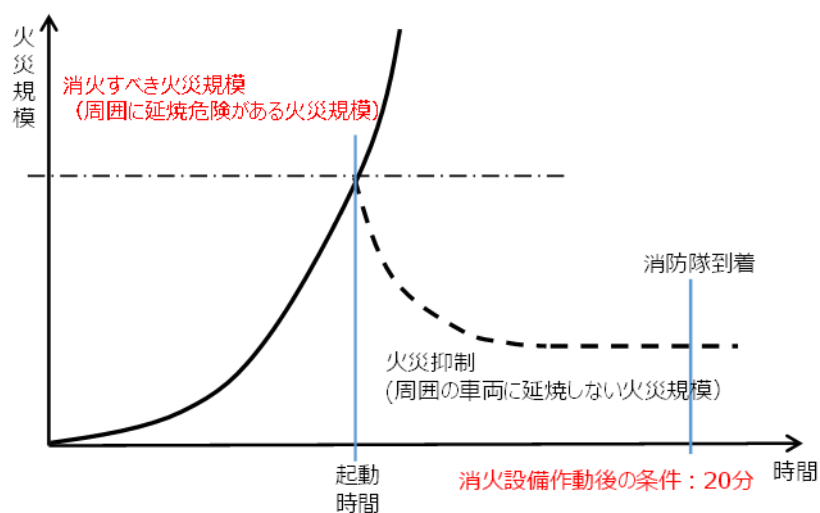


図 1 火災シナリオのイメージ

岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響（その 3）」、平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集

¹⁶ 岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響（その 3）」、平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集

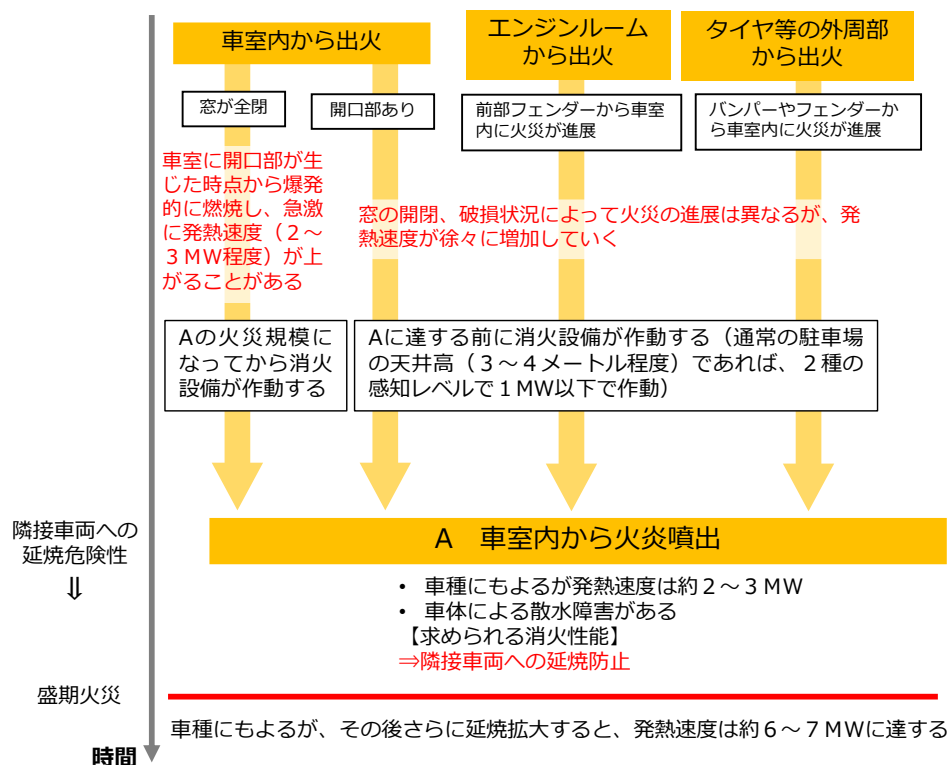


図2 火災シナリオ

また、駐車場における火災シナリオとして、燃料が漏洩して出火する火災が想定されるが、過去10年間の駐車場火災の事例としては、走行中のグレーチングの跳ね上げによる燃料漏洩の1件のみであった。燃料の漏洩量については、その原因や発生状況によって異なることから一律に漏洩量を設定することは困難であり、基準としては道路運送車両法によることとされている。具体的には「衝突時等における燃料漏れ防止の技術基準」（道路運送車両の保安基準の細目を定める告示（平成14年国土交通省告示第619号）別添）（参考資料3）が定められており、時速50km程度で衝突した場合の燃料タンク及び燃料配管からの漏洩量として、最初の1分間は30g以下、かつ、5分間で150g以下とされている。そのため、駐車場内は徐行することを考慮すれば、多く見積もったとしても漏洩量は毎分30g程度と想定でき、この程度の漏洩量であれば、車室内から出火した場合の発熱速度からは十分に小さく、燃焼性状への影響は少ないと考えられることから、燃料漏洩火災のシナリオを個別に設定する必要はないと考えられる。本検討において燃料漏洩火災を想定した実験も実施しているが、前述した理由から参考として取り扱う。

4.2.5 消火設備に求められる性能の整理

現行基準上、泡消火薬剤については検定¹⁷により性能（ガソリン 4 m²の消火）が確認されているとともに、泡消火設備のヘッドは消火すべき対象物が当該ヘッドの有効防護空間（基準上求められる放射量が得られる空間的な範囲）内に包含できるように設けることとされていること等により、泡消火薬剤が直接かかる部分については消火することができる性能が担保されている。

一方、自動車火災の特性（車室内や車両下部の散水障害が大きいなど）を踏まえると、PFAS を含有する水成膜泡消火薬剤を用いた場合を含め、ヘッドの位置が固定された消火設備により完全に鎮火することは実態として困難であると考えられる。実際に、前述のとおり、駐車場の火災事例においては、泡消火設備により火勢抑制が図られた後、消防隊等の人手による消火活動により鎮火しているケースが一般的である。

こうしたことから、駐車場に設置する泡消火設備に求められる具体的な性能としては、消防隊が到着するまでの間、火勢を抑制し、隣接車両への延焼を抑制することであると整理することが適当である。この場合において、消防隊が到着するまでの時間については、近年の建物火災における消防隊の放水開始時間を踏まえ 20 分間とする。また、火災の抑制（隣接車両への延焼防止）については、最も延焼リスクが高いと考えられる隣接車両のドアミラーや車体側面に着火しないことを求めることとする。

表 2 建物火災の放水開始時間¹⁸

覚知から 放水開始まで	平成30年 (%)	令和元年 (%)	令和2年 (%)	令和3年 (%)	令和4年 (%)
5分以内	791 (7.4%)	677 (6.4%)	596 (6.2%)	494 (5.2%)	469 (4.9%)
5分を超え10分以内	4431 (41.5%)	4348 (40.8%)	3900 (40.4%)	3680 (38.5%)	3499 (36.2%)
10分を超え15分以内	3531 (33.0%)	3640 (34.2%)	3330 (34.5%)	3433 (35.9%)	3506 (36.3%)
15分を超え20分以内	1167 (10.9%)	1210 (11.4%)	1117 (11.6%)	1142 (11.9%)	1311 (13.6%)
20分を超えるもの	764 (7.2%)	777 (7.3%)	699 (7.2%)	820 (8.6%)	873 (9.0%)

¹⁷ 消防法第 21 条の 2 に規定。消防の用に供する機械器具等のうち、一定の性能等を有することについて、あらかじめ検査を受ける必要性の高いものを対象として実施するもの。

¹⁸ 令和元年から令和 5 年の消防白書の「資料 1-1-45 建物火災の放水開始時間別焼損状況」により作成
<https://www.fdma.go.jp/publication/#whitepaper>

5 実験結果やこれまでの検討等を踏まえた対応

5.1 実車の燃焼実験（フリーバーン）の結果

4.2.3 文献調査のとおり、近年の自動車は合成樹脂等の可燃性部品が多く使用され、燃焼性状に影響を与えていると推測される。そこで、自動車の可燃性部品の増加による燃焼性状への影響を確認するため、実車の燃焼実験（フリーバーン）を実施した（資料5参照）。

実験には「現在普及しており、車体に樹脂製製品が多く使用されている平均的な自動車¹⁹」を選択し、着火場所は「車室内から出火し、開口部ができて延焼拡大する火災（A 火災）」を想定し運転席としている。実験は、令和2年度及び令和6年度に実施しており、車種は同一で製造年の異なる車両（令和2年度は平成16年製造、令和6年度は平成26年製造）を使用している。

燃焼実験の結果、想定していた火災シナリオのとおり、窓が破損して開口部が大きくなると、空気が流入して爆発的に燃焼し、盛期火災に至る様子が確認できた。令和2年度の実験では4分後には窓から火炎が出始め、令和6年度の実験では、燃焼拡大するまでに時間を要し62分後であった（この頃にはおおむね1MWの発熱速度）。その後、いずれも同様に燃焼が継続し12～13分後にはおおむね4MW程度まで成長し、さらに3分後に最高発熱速度に達した。その後、5～6分後には4MW程度まで発熱速度は減衰した。盛期火災時の最高発熱速度は、令和2年度は7MW（総発熱量約6.9GJ）、令和6年度が約8～9MW（総発熱量約6.4GJ）となった。

なお、燃料が全量漏洩して車両下部から出火し延焼拡大する火災（B 火災）を想定し、車両下に0.8 m²のオイルパンに45Lのヘプタンを入れ着火させた実験も実施したが、泡消火設備が作動する火災初期の段階の漏洩量としては過大であること、過去の火災事例を調査してもB火災に該当するものは特殊なケースのみであったことから参考と位置づけている。

¹⁹ 一般社団法人日本自動車販売協会連合会が毎年公表している乗用車の販売台数の統計データ

（<https://www.jada.or.jp/pages/74/>）において、2009年から2023年までの15年間の累計販売台数が1位（約255万台）の自動車を選択（2位：約190万台 3位：約180万台）。また、2023年の燃料別新車販売台数のうち、半数以上の約55%が、今回選択した自動車と同じ「ハイブリット車（HEV）」となっている。



図3 実験実施状況 (A 火災：令和6年度実施時)

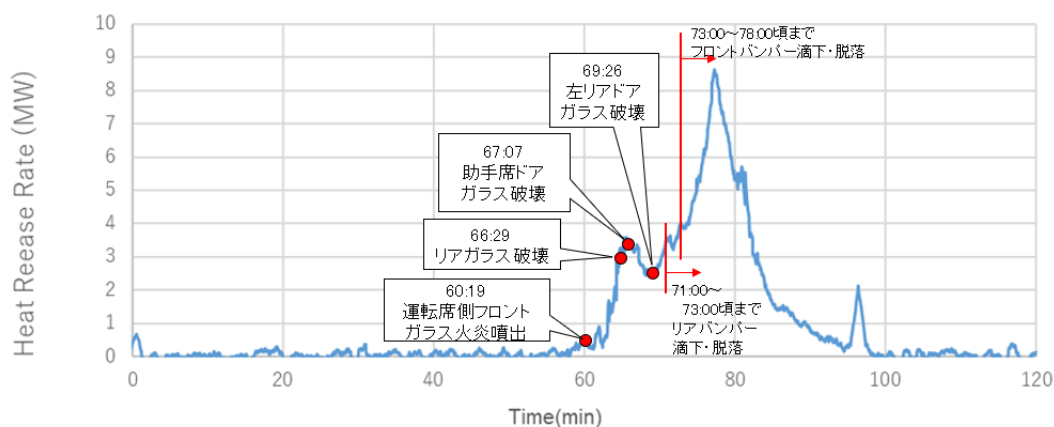


図4 A 火災における発熱速度の時間変化 (令和6年度実施時)

5.2 実車を用いた消火実験の結果

自動車火災における泡消火設備の消火・延焼抑制性能を確認するため、現在普及しており、車体に樹脂製製品が多く使用されている平均的な自動車（フリーバーンで使用した車種と同じもの）を燃焼させ、泡消火設備を起動した際の車両周囲の温度変化及び輻射熱の熱流束を計測する実験を実施した（資料6参照）。

なお、令和4年度に水成膜泡消火薬剤を用いた消火実験を、令和6年度に合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた消火実験を実施している。

火災想定については、過去の火災事例から隣接車両への延焼リスクが比較的高い出火パ

ターンとなる車室内からの出火とし、窓ガラスが割れることにより開口部が形成され燃焼拡大する火災（A 火災）とした（実車のフリーバーンの A 火災と同様）。

設備構成については、①駐車場に広く設置されている標準的な泡消火設備（泡種別:水成膜泡消火薬剤（PFAS 含有）、放射量:3.7L/min・m²、泡放出口の種別：フォームヘッド）の場合と②泡消火薬剤の種別を合成界面活性剤泡消火薬剤（PFAS 非含有）に変更した場合（それ以外の条件については、水成膜泡消火薬剤を用いた消火実験と同様）の 2 パターンで実験を実施した。これは、前述の

3.2 検討の方向性のとおり、既存の駐車場の泡消火設備の泡消火薬剤を PFAS を含有しないものに切り替える場合に、配管やポンプ等の設備の大規模な改修を要さないようにするため、放射量やヘッド等の設置環境は同条件として泡消火薬剤の種別のみ変更した場合の消火設備の性能比較を行うために実施したものである。

消火実験の結果、水成膜泡消火薬剤、合成界面活性剤泡消火薬剤のいずれのパターンであっても、泡放射後には燃焼車両からの熱放射が抑制され、10 分間の泡放射後 10 分経過する間（消防隊が放水を開始するまでの間）において、隣接車両のミラーや車体を模した部材への着火は認められず延焼を抑制することができていた。このことから、現在広く普及している普通乗用車の火災に対し一定の性能（火勢抑制、隣接車両への延焼抑制）を有していることがおおむね確認できた。

なお、燃料が全量漏洩する B 火災も実施したが、フリーバーンの実験と同様、参考と位置づけている。



図5 実験実施状況（水成膜泡消火薬剤：令和4年度実施時）



図6 実験後のミラーの状況（水成膜泡消火薬剤：令和4年度実施時）



図7 実験実施状況（合成界面活性剤泡消火薬剤：令和6年度実施時）

【実験前】



【実験後】



図8 実験後のミラーの状況（合成界面活性剤泡消火薬剤：令和6年度実施時）

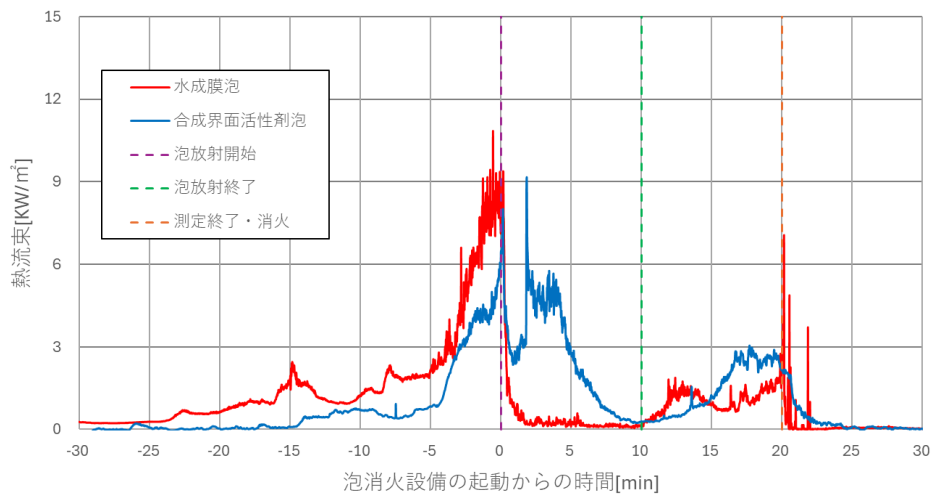


図9 輻射熱の時間変化の比較

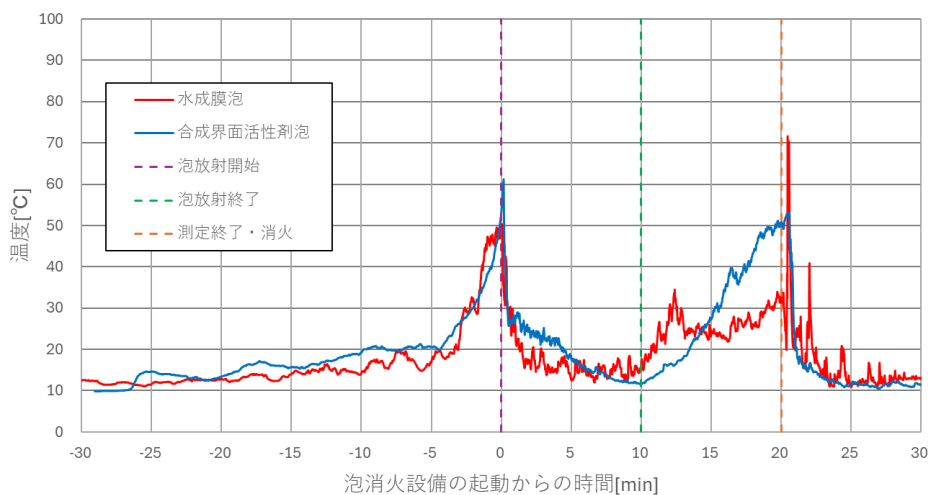


図10 ドアミラーの時間変化の比較

5.3 簡易模型を用いた消火実験の結果

5.1 実車の燃焼実験（フリーバーン）の結果に基づき、自動車火災の最盛期の状況が再現できる簡易模型をクリブやオイルパンを用いて製作した。なお、火災想定については、実車を用いた消火実験と同様、A火災とした。

製作した簡易模型の消火実験において、泡消火設備を起動した際の自動車周囲の温度変化及び輻射熱の熱流束を計測し、泡消火設備の消火・延焼抑制性能を確認した（資料7参照）。

設備構成については、実車を用いた消火実験と同様、①駐車場に広く設置されている標準的な泡消火設備（泡種別:水成膜泡消火薬剤（PFAS 含有）、放射量:3.7L/min・m²、泡放出口の種別：フォームヘッド）の場合と②泡消火薬剤の種別を合成界面活性剤泡消火薬剤

(PFAS 非含有) に変更した場合の 2 パターンで実験を実施した。

実験の結果、現在駐車場に設置されている標準的な泡消火設備 (PFAS 含有) 及びこれと放射量等を同条件にした合成界面活性剤泡消火薬剤 (PFAS 非含有) を用いた消火設備のいずれのパターンであっても、散水障害と熱気流の影響により、泡放射による模型内部の燃焼物にほとんど届かず、直接的な抑制・消火効果は見られなかった。一方、10 分間の泡放射中においては、隣接車両のミラーや車体を模した部材には泡消火薬剤が付着することなどにより冷却され、着火する温度以下に抑えられており、延焼を抑制することができていた。このことから、自動車火災の最盛期においても隣接車両への延焼抑制性能を有していることがおおむね確認できた。

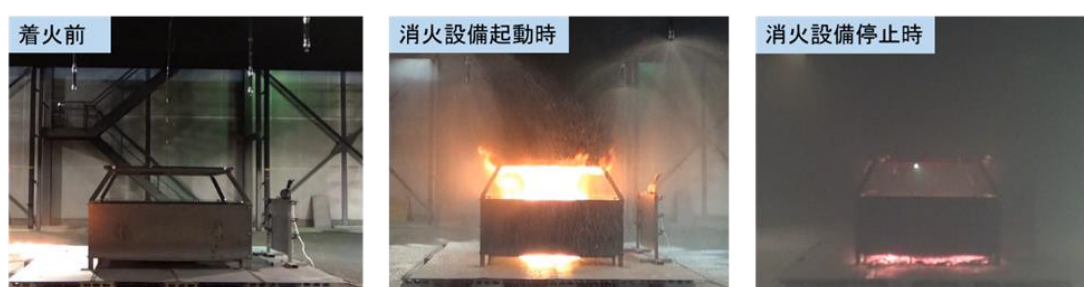


図 11 実験実施状況 (水成膜泡消火薬剤)

【実験前】

【実験後】



図 12 実験後のミラーの状況 (水成膜泡消火薬剤)



図 13 実験実施状況 (合成界面活性剤泡消火薬剤)

【実験前】



【実験後】



図 14 実験後のミラーの状況（合成界面活性剤泡消火薬剤）

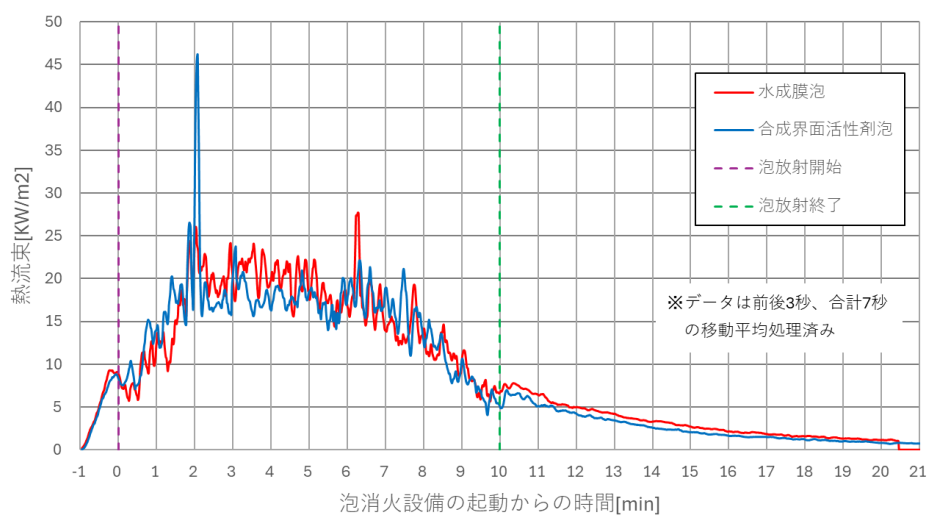


図 15 輻射熱の時間変化の比較

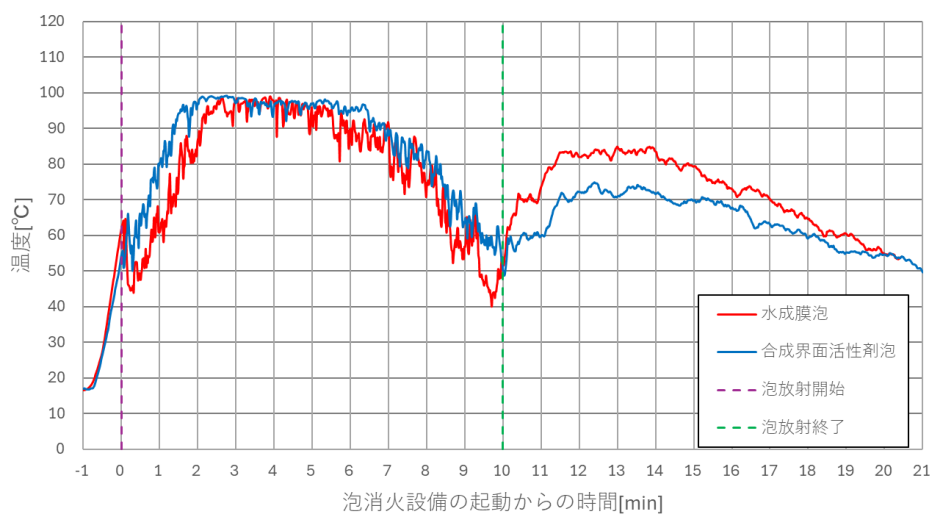


図 16 ドアミラー温度の時間変化

5.4 実験結果等を踏まえた対応

過去の火災事例や実験結果から得られた知見の範囲では、フォームヘッドを用いる泡消火設備について、普通乗用車が駐車される一般的な駐車場であれば、合成界面活性剤泡消火薬剤（PFAS 非含有）であっても、水成膜泡消火薬剤（PFAS 含有）と同程度の放射量で、消防隊が到着するまでの間、火勢を抑制し、隣接車両への延焼を抑制することができるのではないかと考えられる。また、今回の実験においては、設置事例が少ないたん白泡消火薬剤を用いた実験は行っていないが、現行の設置基準では、たん白泡消火薬剤を用いた場合においては、合成界面活性剤泡消火薬剤を用いた場合よりも少ない放射量でも良いこととされていることから、合成界面活性剤泡消火薬剤を用いた実験結果はたん白泡消火薬剤を用いた場合にも適用できると考えられる。

現状、泡消火薬剤やヘッドは、様々な種類の製品が流通しているところであり、水成膜泡消火薬剤以外の種別の泡消火薬剤について放射量を低減しようとする場合、個別の泡消火薬剤とヘッドの組合せについて一定の消火性能を有することを確認することが必要と考えられる。現行法令上、駐車場に設置されている標準的な泡消火設備（ルート A）については、泡消火薬剤の種別ごとに放射量が一律に規定されており個別の泡消火薬剤とヘッドの組合せにおいて、消火性能を確認する試験基準は設けられていないところであるが、ルート A の泡消火設備と同等性能を有する消防用設備等として平成 26 年に基準化された閉鎖型泡水溶液ヘッドを用いる特定駐車場用泡消火設備（ルート B）については、一定の消火性能を要求するために 2 m²オイルパンを用いた消火試験の基準が設けられている。

そのため、フォームヘッドを用いる泡消火設備についても、合成界面活性剤泡（PFAS 非含有）を用いて水成膜泡消火薬剤（PFAS 含有）を用いた場合と同程度の放射量としようとする場合においては、特定駐車場用泡消火設備に準じて、2 m²オイルパンを用いた消火試験の基準を満足することを求めることとする。すなわち、規定上は、泡消火薬剤の種別にかかわらず、当該試験基準を満足した放射量で設置することを認めることとする。

6 今後の検討事項

6.1 水系消火設備の基準化

現在国内の駐車場に設置されている消火設備の多くは泡消火設備であるが、海外の駐車場では一般的にスプリンクラー設備が設置されている。現行法令においても駐車場に設置することができる水系消火設備としては水噴霧消火設備があるが、建物構造への適用基準が厳しく設置が進んでいない現状である。一方、駐車場において水噴霧消火設備に代えて設置することができる特殊消防用設備等として総務大臣の認定を受けた水系消火設備も存在していることから、駐車場に設ける水系消火設備についてその有効性を評価し、基準化に向けた検討が必要である。

6.2 自動車の燃焼性状の変化に伴う検討

本検討部会における検討について、PFAS を含有しない消火設備の普及に主眼を置いており、広く普及している普通乗用車クラスの自動車を前提としているが、今般の世界的な脱炭素化の流れから電気自動車（EV）、燃料電池自動車（FCV）、プラグインハイブリッド自動車（PHEV）などの次世代自動車が増加している。国内においては、自動車保有台数のうち1%弱²⁰が次世代自動車（EV、FCV、PHEV）となっており、これらの次世代自動車の普及が進む諸外国においては、EVに係る駐車場火災も発生している。一般的にEVに積載されているリチウムイオン蓄電池が燃焼した場合には、水による消火、冷却が有効であるとされていること等を踏まえ、次世代自動車など今後の自動車の燃焼性状の変化や普及状況に応じて駐車場の消火設備に必要な性能の見直しなど検討を継続していくことが必要である。

²⁰ 一般財団法人次世代自動車振興センター及び一般財団法人自動車検査登録情報協会ホームページより算出

<資料編>

目次

資料 1	検討部会委員名簿	2
資料 2	消防法施行令・消防法施行規則（抜粋）	3
資料 3	火災事例	13
資料 4	自動車の燃焼実験等に係る文献調査のまとめ	17
資料 5	実車燃焼実験	21
資料 6	実車消火実験	38
資料 7	模型燃焼実験	53
資料 8	模型消火実験	61
参考資料 1	車両の大小による発熱速度	72
参考資料 2	燃料タンク漏れ量と穴の大きさの関係	76
参考資料 3	衝突時等における燃料漏れ防止基準	79
参考資料 4	乗用車用プラスチック製燃料タンクの技術基準	84
参考資料 5	内装材料の難燃性の技術基準	88
参考資料 6	燃料電池自動車に対応した地下駐車場等における防火安全対策に関する調査 研究報告書（抜粋）	92
参考資料 7	燃料漏洩火災の火災面積について	97

検討部会委員名簿

(敬称略 五十音順)

〈委員〉(◎：座長)

- 合庭 貴信 福岡市消防局予防部指導課長
上矢 恭子 公立諏訪東京理科大学工学部機械電気工学科准教授
木原 隆史 千葉市消防局予防部指導課長
◎小林 恭一 危険物保安技術協会特別顧問(元東京理科大学教授)
三枝 浩也 一般財団法人日本消防設備安全センター企画研究部企画研究課長
志賀 明 日本消防検定協会消火・消防設備部消火設備課長
中村 祐二 国立大学法人豊橋技術科学大学大学院工学研究科機械工学系教授
松山 賢 東京理科大学創域理工学研究科国際火災科学専攻教授
森山 修治 日本大学工学部非常勤講師(元日本大学教授)
山橋 大輔 東京消防庁予防部副参事(予防技術担当)
吉岡 英樹 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻准教授
吉村 敏裕 大阪市消防局予防部規制課消防設備指導担当課長

〈オブザーバー〉

- 一般財団法人日本自動車研究所
一般社団法人日本火災報知器工業会
一般社団法人日本自走式駐車場工業会
一般社団法人日本消火装置工業会
公益社団法人立体駐車場工業会
消防庁消防大学校消防研究センター

消防法施行令（昭和 36 年 3 月 25 日 政令第 37 号）

（水噴霧消火設備等を設置すべき防火対象物）

第十三条 次の表の上欄に掲げる防火対象物又はその部分には、水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備のうち、それぞれ当該下欄に掲げるもののいずれかを設置するものとする。

防火対象物又はその部分	消火設備
別表第一(十三)項ロに掲げる防火対象物	^{あわ} 泡消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の屋上部分で、回転翼航空機又は垂直離着陸航空機の発着の用に供されるもの	^{あわ} 泡消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の道路（車両の交通の用に供されるものであつて総務省令で定めるものに限る。以下同じ。）の用に供される部分で、床面積が、屋上部分にあつては六百平方メートル以上、それ以外の部分にあつては四百平方メートル以上のもの	水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の自動車の修理又は整備の用に供される部分で、床面積が、地階又は二階以上の階にあつては二百平方メートル以上、一階にあつては五百平方メートル以上のもの	^{あわ} 泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の駐車のために供される部分で、次に掲げるもの 一 当該部分の存する階（屋上部分を含み、駐車するすべての車両が同時に屋外に出ることができる構造の階を除く。）における当該部分の床面積が、地階又は二階以上の階にあつては二百平方メートル以上、一階にあつては五百平方メートル以上、屋上部分にあつては三百平方メートル以上のもの 二 昇降機等の機械装置により車両を駐車させる構造のもので、車両の収容台数が十以上のもの	水噴霧消火設備、 ^{あわ} 泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の発電機、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分で、床面積が二百平方メートル以上のもの	不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の鍛造場、ボイラー室、乾燥室その他多量の火気を使用する部分で、床面積が二百	不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末

平方メートル以上のもの		消火設備
別表第一に掲げる防火対象物の通信機器室で、床面積が五百平方メートル以上のもの		不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備
別表第一に掲げる建築物その他の工作物で、指定可燃物を危険物の規制に関する政令別表第四（以下この項において「危険物政令別表第四」という。）で定める数量の千倍以上貯蔵し、又は取り扱うもの	危険物政令別表第四に掲げる綿花類、木毛及びかんなくず、ぼろ及び紙くず（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品を除く。）、糸類、わら類、再生資源燃料又は合成樹脂類（不燃性又は難燃性でないゴム製品、ゴム半製品、原料ゴム及びゴムくずに限る。）に係るもの	水噴霧消火設備、泡消火設備又は全域放出方式の不活性ガス消火設備
	危険物政令別表第四に掲げるぼろ及び紙くず（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品に限る。）又は石炭・木炭類に係るもの	水噴霧消火設備又は泡消火設備
	危険物政令別表第四に掲げる可燃性固体類、可燃性液体類又は合成樹脂類（不燃性又は難燃性でないゴム製品、ゴム半製品、原料ゴム及びゴムくずを除く。）に係るもの	水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備
	危険物政令別表第四に掲げる木材加工品及び木くずに係るもの	水噴霧消火設備、泡消火設備、全域放出方式の不活性ガス消火設備又は全域放出方式のハロゲン化物消火設備

- 2 前項の表に掲げる指定可燃物（可燃性液体類に係るものを除く。）を貯蔵し、又は取り扱う建築物その他の工作物にスプリンクラー設備を前条に定める技術上の基準に従い、又は当該技術上の基準の例により設置したときは、同行の規定にかかわらず、当該設備の有効範囲内の部分について、それぞれ同表の下欄に掲げる消火設備を設置しないこと

ができる。

(泡消火設備に関する基準)

第十五条 第十三条に規定するもののほか、泡消火設備の設置及び維持に関する技術上の基準は、次のとおりとする。

- 一 固定式の泡消火設備の泡放出口は、防護対象物の形状、構造、性質、数量又は取扱いの方法に応じ、標準放射量で当該防護対象物の火災を有効に消火することができるように、総務省令で定めるところにより、必要な個数を適当な位置に設けること。
- 二 移動式の泡消火設備のホース接続口は、すべての防護対象物について、当該防護対象物の各部分から一のホース接続口までの水平距離が十五メートル以下となるように設けること。
- 三 移動式の泡消火設備の消防用ホースの長さは、当該泡消火設備のホース接続口からの水平距離が十五メートルの範囲内の当該防護対象物の各部分に有効に放射することができる長さとする。
- 四 移動式の泡消火設備の泡放射用器具を格納する箱は、ホース接続口から三メートル以内の距離に設けること。
- 五 水源の水量又は泡消火薬剤の貯蔵量は、総務省令で定めるところにより、防護対象物の火災を有効に消火することができる量以上の量となるようにすること。
- 六 泡消火薬剤の貯蔵場所及び加圧送液装置は、点検に便利で、火災の際の延焼のおそれ及び衝撃による損傷のおそれが少なく、かつ、薬剤が変質するおそれが少ない箇所に設けること。ただし、保護のための有効な措置を講じたときは、この限りでない。
- 七 泡消火設備には、非常電源を附置すること。

（泡消火設備に関する基準）

第十八条 固定式の泡消火設備の泡放出口は、次に定めるところによらなければならない。

一 泡放出口は、次の表の上欄に掲げる膨脹比（発生した泡の体積を泡を発生するに要する泡水溶液（泡消火薬剤と水との混合液をいう。以下この条において同じ。）の体積で除した値をいう。以下この条において同じ。）による泡の種別に応じ、同表下欄に掲げるものとする。

膨脹比による泡の種別	泡放出口の種別
膨脹比が二十以下の泡（以下この条において「低発泡」という。）	泡ヘッド
膨脹比が八十以上千未満の泡（以下この条において「高発泡」という。）	高発泡用泡放出口

二 泡ヘッドは、令別表第一(十三)項ロに掲げる防火対象物又は防火対象物の屋上部分で、回転翼航空機若しくは垂直離着陸航空機の発着の用に供されるものにあつてはフォーム・ウォーター・スプリンクラーヘッドを、道路の用に供される部分、自動車の修理若しくは整備の用に供される部分又は駐車のために供される部分にあつてはフォームヘッドを、指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分にあつてはフォーム・ウォーター・スプリンクラーヘッド又はフォームヘッドを、次に定めるところにより設けること。

イ フォーム・ウォーター・スプリンクラーヘッドは、防火対象物又はその部分の天井又は小屋裏に床面積八平方メートルにつき一個以上のヘッドを防護対象物のすべての表面が当該ヘッドの有効防護空間内に包含できるように設けること。

ロ フォームヘッドは、防火対象物又はその部分の天井又は小屋裏に床面積九平方メートルにつき一個以上のヘッドを防護対象物のすべての表面が当該ヘッドの有効防護空間内に包含できるように設けること。

ハ フォームヘッドの放射量は、次の表の上欄及び中欄に掲げる防火対象物又はその部分の区分及び泡消火薬剤の種別に応じ、同表下欄に掲げる数量の割合で計算した量の泡水溶液を放射することができるように設けること。

防火対象物又はその部分	泡消火薬剤の種別	床面積一平方メートル当たりの放射量
道路の用に供される部分、自動車の修理若しくは整備の用に供される部分又は駐車のために供される部分	たん白泡消火薬剤	リットル毎分 六・五
	合成界面活性剤泡消火薬剤	八・〇
	水成膜泡消火薬剤	三・七

指定可燃物を貯蔵し、又は 取り扱う防火対象物又はそ の部分	たん白泡消火薬剤	六・五
	合成界面活性剤泡消火薬剤	六・五
	水成膜泡消火薬剤	六・五

三 高発泡用泡放出口は、次のイ又はロに定めるところにより設けること。

イ 全域放出方式の高発泡用泡放出口は、令第十六条第一号の区画された部分（以下「防護区画」という。）で開口部に自動閉鎖装置（防火戸又は不燃材料で造つた戸で泡水溶液が放出される直前に開口部を自動的に閉鎖する装置をいう。）が設けられているものに設けるものとし、次に定めるところによること。ただし、当該防護区画から外部に漏れる量以上の量の泡水溶液を有効に追加して放出することができる設備であるときは、当該開口部の自動閉鎖装置を設けないことができる。

(イ) 泡放出口（泡発生機を内蔵しないものにあつては当該泡発生機を含む。以下同じ。）の泡水溶液放出量は、次の表の上欄及び中欄に掲げる防火対象物又はその部分の区分及び泡放出口の膨脹比による種別に応じ、当該防護区画の冠泡体積（当該床面から防護対象物の最高位より〇・五メートル高い位置までの体積をいう。以下同じ。）一立方メートルにつき、同表下欄に掲げる量の割合で計算した量の泡水溶液を放出できるように設けること。

防火対象物又はその部分	泡放出口の膨脹比による種別	毎分一立方メートル当たりの泡水溶液放出量
令別表第一(十三)項ロに掲げる防火対象物	膨脹比が八十以上二百五十未満のもの（以下この条において「第一種」という。）	リットル 二・〇〇
	膨脹比が二百五十以上五百未満のもの（以下この条において「第二種」という。）	〇・五〇
	膨脹比が五百以上千未満のもの（以下この条において「第三種」という。）	〇・二九
自動車の修理若しくは整備の用に供される部分又は駐車のために供される部分	第一種	一・一一
	第二種	〇・二八
	第三種	〇・一六
ぼろ及び紙くず（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品に限る。）、可燃性固体類又は可燃性液体類を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分	第一種	一・二五
	第二種	〇・三一
	第三種	〇・一八

指定可燃物（ぼろ及び紙くず（動植物油がしみ込んでいる布又は紙及びこれらの製品に限る。）、可燃性固体類又は可燃性液体類を除く。）を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分	第一種	一・二五
---	-----	------

- ロ 局所放出方式の高発泡用泡放出口は、次に定めるところによること。
- (イ) 防護対象物が相互に隣接する場合で、かつ、延焼のおそれのある場合にあつては、当該延焼のおそれのある範囲内の防護対象物を一の防護対象物として設けること。
- (ロ) 泡放出口の泡水溶液放出量は、次の表の上欄に掲げる防護対象物の区分に応じ、防護面積（当該防護対象物を外周線（防護対象物の最高位の高さの三倍の数値又は一メートルのうちいずれか大なる数値を、当該防護対象物の各部分からそれぞれ水平に延長した線をいう。）で包囲した部分の面積をいう。以下この条において同じ。）一平方メートルにつき、同表下欄に掲げる数値の割合で計算した量以上の量であること。

防 護 対 象 物	防護面積一平方メートル当たりの放射量
指定可燃物	リットル毎分 三
その他のもの	二

2 水源の水量は、次の各号に定める量の泡水溶液を作るに必要な量以上となるようにしなければならない。

一 フォーム・ウォーター・スプリンクラーヘッドを用いるもので、令別表第一(十三)項ロに掲げる防火対象物又は防火対象物の屋上部分で回転翼航空機若しくは垂直離着陸航空機の発着の用に供されるものに設けられるものにあつては、床面積又は屋上部分の面積の三分の一以上の部分に設けられたすべての泡ヘッドを、指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分に設けられるものにあつては、床面積五十平方メートルの部分に設けられたすべての泡ヘッドを同時に開放した場合に第三十二条に規定する標準放射量で十分間放射することができる量

二 フォームヘッドを用いるもので、道路の用に供される部分に設けられるものにあつては、当該部分の床面積八十平方メートルの区域、駐車場の用に供される部分に設けら

れるものにあつては、不燃材料で造られた壁又は天井面より〇・四メートル以上突き出したはり等により区画された部分の床面積が最大となる区域（当該天井部分に突き出したはり等のない場合にあつては床面積五十平方メートルの区域）、その他の防火対象物又はその部分に設けられるものにあつては、床面積が最大となる放射区域に設けられるすべてのヘッドを同時に開放した場合に前項第二号ハに定める放射量で十分間放射することができる量

三 高発泡用泡放出口は、次のイ又はロに定めるところによること。

イ 全域放出方式のものは、泡水溶液量が床面積が最大となる防護区画の冠泡体積一立方メートルにつき、次の表の上欄に掲げる泡放出口の種別に応じ、同表の下欄に掲げる量の割合で計算した量（防護区画の開口部に自動閉鎖装置を設けない場合には当該防護区画から外部に漏れる量以上の量の泡水溶液を有効に追加して放出することができる量を追加した量）

泡放出口の種別	冠泡体積一立方メートル当たりの泡水溶液の量
第一種	立方メートル 〇・〇四〇
第二種	〇・〇一三
第三種	〇・〇〇八

ロ 局所放出方式のものは、床面積が最大となる放出区域に前項第三号ロ(ロ)に定める泡水溶液放出量で二十分間放出することができる量

四 移動式の泡消火設備は、二個（ホース接続口が一個の場合は一個）のノズルを同時に使用した場合に、道路の用に供される部分、自動車の修理若しくは整備の用に供される部分又は駐車のために供される部分に設けられるものにあつては泡水溶液がノズル一個当たり毎分百リットル、その他の防火対象物又はその部分に設けられるものにあつては泡水溶液がノズル一個当たり毎分二百リットルの放射量で十五分間放射することができる量

五 前各号に掲げる泡水溶液の量のほか、配管内を満たすに要する泡水溶液の量

3 泡消火薬剤の貯蔵量は、前項に定める泡水溶液の量に、消火に有効な泡を生成するために適したそれぞれの泡消火薬剤の種別に応じ消防庁長官が定める希釈容量濃度を乗じて得た量以上の量となるようにしなければならない。

4 泡消火設備の設置及び維持に関する技術上の基準の細目は、次のとおりとする。

一 火災のとき著しく煙が充満するおそれのある場所に設けるものは、固定式のものとすること。

一の二 道路の用に供される部分には、固定式の泡消火設備を設けること。ただし、屋上部分に設けられるものにあつては、この限りでない。

二 防護対象物のうち床面からの高さが五メートルを超える場所に設ける高発泡用泡放出口を用いる泡消火設備は、全域放出方式のものとする。

- 三 移動式の泡消火設備に用いる泡消火薬剤は、低発泡のものに限ること。
- 三の二 移動式の泡消火設備の消防用ホースは、消防庁長官の定める基準に適合するものであること。
- 四 移動式の泡消火設備の表示は、次に定めるところによること。
- イ 泡放射用器具を格納する箱にはその表面に「移動式泡消火設備」と表示すること。
- ロ 泡放射用器具を格納する箱の上部には赤色の灯火を設けること。
- 五 フォームヘッドを用いる泡消火設備の一の放射区域の面積は、道路の用に供される部分にあつては八十平方メートル以上百六十平方メートル以下、その他の防火対象物又はその部分に設けられるものにあつては五十平方メートル以上百平方メートル以下とすること。
- 六 呼水装置は、第十二条第一項第三号の二の規定の例により設けること。
- 七 操作回路及び第四号ロの灯火の回路の配線は、第十二条第一項第五号の規定の例により設けること。
- 八 配管は、第十二条第一項第六号の規定に準じて設けるほか、一斉開放弁の二次側のうち金属製のものには亜鉛メッキ等による防食処理を施すこと。
- 九 加圧送水装置は、第十二条第一項第七号イ(ロ)、ロ(ロ)及び(ハ)、ハ(ハ)から(チ)まで、ニ、ト並びにチの規定の例によるほか、次に定めるところによること。
- イ 高架水槽を用いる加圧送水装置の落差（水槽の下端から泡放出口までの垂直距離をいう。以下この号において同じ。）は、次の式により求めた値以上の値とすること。
- $$H = h_1 + h_2 + h_3$$
- Hは、必要な落差（単位 メートル）
- h_1 は、第三十二条に規定する当該設備に設置された固定式の泡放出口の設計圧力換算水頭若しくは移動式の泡消火設備のノズル放射圧力換算水頭（単位 メートル）
- h_2 は、配管の摩擦損失水頭（単位 メートル）
- h_3 は、移動式の泡消火設備の消防用ホースの摩擦損失水頭（単位 メートル）
- ロ 圧力水槽を用いる加圧送水装置の圧力水槽の圧力は、次の式により求めた値以上の値とすること。
- $$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4$$
- Pは、必要な圧力（単位 メガパスカル）
- p_1 は、第三十二条に規定する当該設備に設置された固定式の泡放出口の設計圧力又は移動式の泡消火設備のノズル放射圧力（単位 メガパスカル）
- p_2 は、配管の摩擦損失水頭圧（単位 メガパスカル）
- p_3 は、落差の換算水頭圧（単位 メガパスカル）
- p_4 は、移動式の泡消火設備の消防用ホースの摩擦損失水頭圧（単位 メガパスカル）

カル)

ハ ポンプを用いる加圧送水装置は、次に定めるところによること。

(イ) ポンプの吐出量は、固定式の泡放出口の設計圧力又はノズルの放射圧力の許容範囲で泡水溶液を放出し、又は放射することができる量とすること。

(ロ) ポンプの全揚程は、次の式により求めた値以上の値とすること。

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

Hは、ポンプの全揚程 (単位 メートル)

h_1 は、第三十二条に規定する当該設備に設置された固定式の泡放出口の設計圧力換算水頭又は移動式の泡消火設備のノズルの先端の放射圧力換算水頭 (単位 メートル)

h_2 は、配管の摩擦損失水頭 (単位 メートル)

h_3 は、落差 (単位 メートル)

h_4 は、移動式の泡消火設備の消防用ホースの摩擦損失水頭 (単位 メートル)

ニ 加圧送水装置には、泡放出口の放出圧力又はノズルの先端の放射圧力が当該泡放出口又はノズルの性能範囲の上限値を超えないための措置を講じること。

十 起動装置は、次に定めるところによること。

イ 自動式の起動装置は、自動火災報知設備の感知器の作動、閉鎖型スプリンクラーヘッドの開放又は火災感知用ヘッドの作動若しくは開放と連動して、加圧送水装置、一斉開放弁及び泡消火薬剤混合装置を起動することができるものであること。ただし、自動火災報知設備の受信機が防災センター等に設けられ、又は第十五号若しくは第二十四条第九号において準用する第十二条第一項第八号の規定により総合操作盤が設けられており、かつ、火災時に直ちに手動式の起動装置により加圧送水装置、一斉開放弁及び泡消火薬剤混合装置を起動させることができる場合にあっては、この限りでない。

ロ 手動式の起動装置は、次に定めるところによること。

(イ) 直接操作又は遠隔操作により、加圧送水装置、手動式開放弁及び泡消火薬剤混合装置を起動することができるものであること。

(ロ) 二以上の放射区域を有する泡消火設備を有するものは、放射区域を選択することができるものとする。

(ハ) 起動装置の操作部は、火災のとき容易に接近することができ、かつ、床面からの高さが〇・八メートル以上一・五メートル以下の箇所に設けること。

(ニ) 起動装置の操作部には有機ガラス等による有効な防護措置が施されていること。

(ホ) 起動装置の操作部及びホース接続口には、その直近の見やすい箇所にそれぞれ起動装置の操作部及び接続口である旨を表示した標識を設けること。

十一 高発泡用泡放出口を用いる泡消火設備には泡の放出を停止するための措置を設けること。

- 十二 自動警報装置は、第十四条第一項第四号の規定の例により設けること。
- 十三 非常電源は、第十二条第一項第四号の規定の例により設けること。
- 十四 泡放出口及び泡消火薬剤混合装置は、消防庁長官の定める基準に適合したものであること。
- 十五 第十二条第一項第八号の規定は、泡消火設備について準用する。
- 十六 貯水槽等は、第十二条第一項第九号に規定する措置を講じること。

その他泡消火設備に関する省令

- ・一斉開放弁の技術上の規格を定める省令（昭和五十年自治省令第十九号）
- ・泡消火薬剤の技術上の規格を定める省令（昭和五十年自治省令第二十六号）

○ 火災事例

駐車場における火災リスクの整理のため、全国の消防本部に対し、火災事例の調査を依頼した（令和元年 11 月 15 日付消防予第 226 号）。

1 調査対象とした火災事例

調査対象とした火災事例については以下のとおり。

- ・ 平成 21 年から平成 30 年までの過去 10 年間に発生したもの
- ・ 令別表第一の用途に掲げる防火対象物で発生したもの
- ・ 出火場所が駐車場又は車庫であるもの
- ・ 車両が 1 台以上焼損したもの

2 調査結果

報告件数は 361 件となっている。なお、消防本部が保有しているデータベースによっては、今回の調査の対象とする火災事例を抽出できない場合があるため、調査対象に該当するすべての火災事例ではない。

出火場所の内訳は図 1 のとおりであり、自走式屋内駐車場（建物の一部に設けられた駐車場）が 140 件と最も多く、車庫（規模の小さいもの）が 125 件、自走式立体駐車場（図 2）が 86 件、機械式駐車場（図 3）が 10 件となっている。

なお、泡消火設備や移動式粉末消火設備等の特殊消火設備が設置されていた駐車場及び車庫の火災事例は 68 件である。

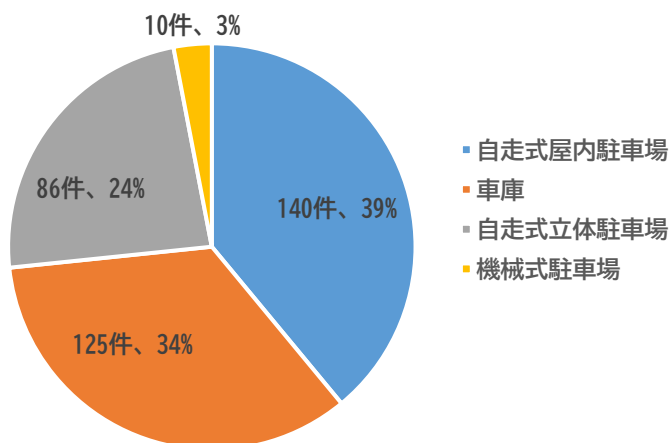


図 1 出火場所の内訳（361 件）

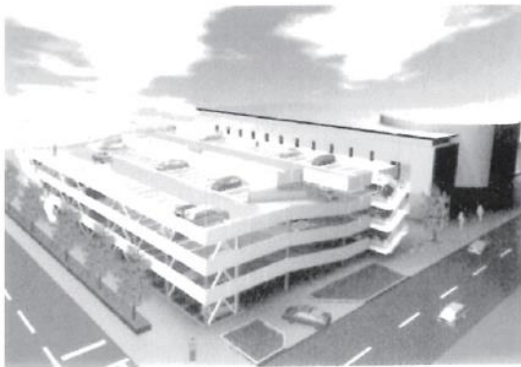


図2 自走式立体駐車場の例

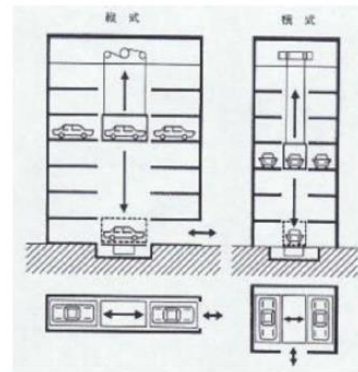


図3 機械式駐車場の例

3 出火箇所別の整理

- (1) 報告された 361 件を出火箇所別に分類すると、「自動車から出火したもの」が 208 件と最も多く、「オートバイから出火したもの」が 61 件、「車両以外の可燃物から出火し、車両に類焼したもの」が 52 件、「出火箇所が不明であるもの」が 40 件となっている。
- (2) オートバイはシート部分やバイクカバーなど着火しやすい部分が露出しているため、放火されやすく、また、隣接車両が多いため、火災になると焼損台数が多くなる傾向があると推測される。また、車両以外の可燃物から類焼した火災事例については、建物が半焼や全焼となった結果、車両が焼損した火災事例も多くなっている。

4 自動車から出火した火災の詳細整理

自動車から出火した火災の出火箇所の内訳は図4のとおりである。

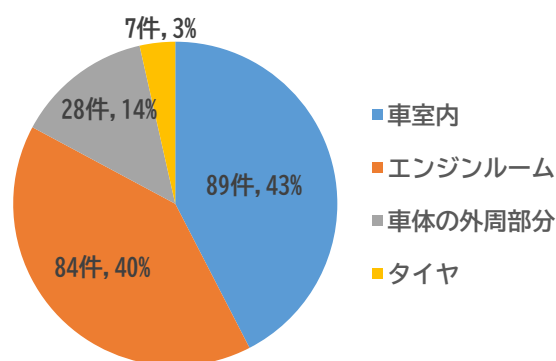


図4 自動車の出火箇所の内訳 (208 件)

(1) 車室内から出火したものは 89 件

ア 出火車両の焼損程度が大きい火災（自動車の車室内全体とその他の部分（エンジンルーム又は外周部等）にも延焼が見られた火災をいう。以下同じ。）は 17 件であり、このうち複数台に延焼した火災は 13 件である。

イ 出火車両の焼損程度が大きい火災事例に着目すると、繊維類や紙類等の燃えや

すいものが着火物である事例が多い。

ウ 発火源の付近に可燃物があればシート等に燃え移り、火災が拡大する可能性がある。その後、窓ガラスが割れて開口部ができると火災が急激に拡大し、隣接車両にも延焼する火災規模に成長すると推測される。

(2) エンジンルームから出火したものは 84 件

ア 出火車両の焼損程度が大きい火災事例は 5 件であり、このうち複数台に延焼した火災は 1 件のみである。

イ 発火源は電気系統である事例が多く、着火物は電気配線のほかエンジンルーム内に漏洩したガソリンに引火した事例があった。

ウ エンジンルーム内に火災が留まっている段階で消防隊が到着している事例が多いため、エンジンルームから車室内に火災が拡大するまでには時間がかかると推測される。また、出火車両と距離がある前方方向への隣接車両には延焼しづらいと推測される。

(3) バンパーやマフラー等の車体の外周部分から出火したものは 28 件

ア 出火車両の焼損程度が大きい火災事例は 2 件であり、このうち複数台に延焼した火災はない。

イ 火災規模が大きくなる前に初期消火に成功している事例や火災が車室内に拡大する前に消防隊が到着している事例が多く、車体の外周部に着火した場合は延焼速度が遅いと推測される。

(4) タイヤ付近から出火したものは 7 件

ア 出火車両の焼損程度が大きい火災は 4 件であり、いずれの火災も複数台に延焼している。

イ 出火原因は溶接作業中の溶接片がタイヤに接触し出火したものが 1 件であり、その他の 3 件は放火によるものである。

ウ タイヤに着火すると火災の進展が早く、火災規模が大きくなる可能性が高いと推測される。また、タイヤは隣接車両に近いと推測される。

5 その他の火災事例の整理

(1) 泡消火設備が作動した火災事例

泡消火設備が作動した火災事例は 9 件である。

ア 自動車から出火した火災事例が 8 件であり、自動車の排気管に接触していた段ボールから出火した火災事例が 1 件である。

イ 漏洩した燃料に着火した油火災は報告されていない。

ウ 車室内やエンジンルームから出火した場合は、散水障害の影響があり完全鎮火には至っていない。

エ いずれの火災事例も車両の焼損台数は 1 台のみであり泡消火設備の作動により

隣接車両への延焼拡大が防止されている。

(2) 不活性ガス消火設備等が設置された場所での火災事例

不活性ガス消火設備が作動した火災事例が 1 件であり、同設備が不作動だった火災事例が 2 件、ハロゲン化物消火設備が作動した火災事例が 1 件である。

ア 不活性ガス消火設備が作動した火災事例は、タワーパーキング内の自動車の車室内から出火したもので、駐車場係員が火災に気づき消火設備を手動起動させており、焼損車両は 1 台である。

イ 不活性ガス消火設備が不作動だった 2 件の火災事例は、機械式立体駐車場の出入庫ゲートが何らかの原因で閉鎖されず、消火設備が起動しなかったと推測される。

ウ ハロゲン化物消火設備が作動しなかった火災事例は、消火設備が自動起動ではなかったため消防隊到着後に消火設備を起動したが、消火には至っていない。消火設備起動時の火災規模が大きくなっていたことや区画形成ができなかった等の原因が考えられる。

(3) 燃料の漏洩があった火災事例

燃料の漏洩があった火災事例は 11 件である。

ア 燃料タンクが破損して出火した火災事例が 1 件であり、燃料の漏洩量は不明であるが、走行中にグレーチングを跳ね上げ燃料タンクに下から強い衝撃が加わり破損したことで、火災となっている。

イ その他の 10 件の火災事例は、燃料の漏洩量は不明であるが燃料ホース等からの漏洩であり漏洩量としては少量であると推測される。なお、10 件中、オートバイから出火した火災事例が 5 件であり、そのうち 3 件は整備中のものである。

○ 自動車の燃焼実験等に係る文献調査のまとめ

自動車燃焼したときの火災性状に関するもの

【自動車火災全般】

- ・ 総発熱量や燃焼時間等は車両重量に比例して増加する。一方、可燃物割合は車両重量が大きくなると減少傾向を示す。(参考資料 1：田村陽介、「車両の大小による発熱速度」)
- ・ 最大発熱速度と総発熱量は車種により異なり、最大発熱速度は 2.4MW～6.8MW、総発熱量は 2.7GJ～8.4GJ である。発熱速度の推移を見ると、いずれの車種においても発熱速度が急激に上昇するピークが複数回現れており、最初のピークにおいて約 2～3MW を示している。(増田秀昭、「自動車火災を受ける構造部材の耐火設計手法」、平成 16 年度建築研究所講演会資料)
- ・ 内部燃焼（車室内、エンジンルーム、トランクルーム）は換気支配型火災に近いため、燃焼速度は窓の大きさで決まる。窓の形状は車両重量が異なっても大きく変わるものではないため、燃焼速度は車両重量に依らず一定であり、燃焼継続時間が可燃物量に比例すると考えられる。(原田、新谷ほか、「自動車燃焼実験（その 1 実験概要と燃焼拡大性状）」、平成 15 年度日本建築学会近畿支部研究報告集)
- ・ 車体外周部（タイヤ、バンパー等）の火災は自由空間での燃焼となり理論的な予測は難しいため、内部燃焼分の発熱速度を換気因子から予測して計算し、発熱速度の実測値からその分を差し引き、観察記録に基づいて車体外周部の前部及び後部における発熱速度を見積もっている。その結果、当該発熱速度は車両重量への依存性は小さく、最大発熱速度は前部で 1.85MW、後部で 2.98MW となっている。(新谷、原田ほか、「自動車燃焼実験（その 2 発熱速度と放射熱流束）」、平成 15 年度日本建築学会近畿支部研究報告集)

【車室内に着火した燃焼実験】

- ・ 運転席のシートに着火した場合、着火後 8 分間は約 0.4MW、その後フロントガラスの破壊により車内が爆発的に燃焼し、発熱速度が約 2 MW となった。30 分後にバンパー、タイヤなどの外周部に延焼し発熱速度が上昇し約 4 MW、発熱速度のピークは 47 分後で約 4.5MW であり、60 分程度で燃焼がほぼ終了した。(原田、新谷ほか、「自動車燃焼実験（その 1 実験概要と燃焼拡大性状）」、平成 15 年度日本建築学会近畿支部研究報告集)
- ・ 車室内前部の窓ガラスを開けた状態で車室内前部に着火した場合、いずれの車種においてもフロントガラスの破損とともに車室内から火炎が噴出した後、エンジンルーム等に火災が進展している。開口部の形成による車室内の燃焼拡大が、自動車側面における周

囲への延焼に顕著に影響していると考えられている。(渡邊、岡本ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響」、平成 14 年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ 車両の前面、後面に形成される火炎形状は、エンジンルームの面積やトランクルームの有無等の車体の構造によって変化するため、前面、後面に配置した可燃物の表面温度も、車種によってばらつきが大きい。また、自動車側面に配置した可燃物への影響の方が大きい。(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への輻射熱の計算」、平成 14 年度日本火災学会研究発表会概要集)

【エンジンルームに着火した燃焼実験】

- ・ エンジンルームに着火した場合、窓ガラスの開閉にかかわらず、前部フェンダーから車室内に火災が進展する。(渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火炎挙動」、平成 15 年度日本火災学会研究発表会概要集)
- ・ 窓ガラスの開閉に関係なく、エンジンルームから火炎が噴出した後に車室内に火災が進展しており、車室内から火炎が噴出するのは着火から 20 分後以降である。(渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火炎挙動」、平成 15 年度日本火災学会研究発表会概要集)
- ・ 車室内から車両前後方向への輻射熱は、距離 1 m において、窓ガラスの開閉にかかわらず 10kW/m²以下であり、着火可能性は低い。側面方向への輻射熱は、距離 1 m において、最高 17~18kW/m²となり周囲の可燃物へ着火危険性はあるが、輻射熱に寄与する車室内の燃焼が大きくなる時間は、窓ガラスが全閉のとき着火後約 45 分、全開のとき着火後約 25 分である。(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響 (その 2)」、平成 15 年度日本火災学会研究発表会概要集)

【外周部に着火した燃焼実験】

- ・ 右後タイヤの泥よけに着火した場合、窓ガラスが閉じていると、燃焼が進むにつれて車室内に可燃性気体が充満し、窓ガラスが破損すると、爆発的な燃焼が生じる。一方、窓ガラスが開いているとその開口部から車室内へ火災が進展する。いずれの条件においても 20 分過ぎに発生した車室内の急激な燃焼とともに発熱速度が上昇し (閉じている窓ガラスは全壊)、車両側方輻射熱が急激に増大している。その際の発熱速度のピークは約 6 MW である。(渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火炎の進展」、平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集)、(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響 (その 3)」、平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ 右後タイヤの泥よけに着火した場合、自動車の側方方向、前後方向において、距離 0.5m

に設置した全ての杉板に焼損が見られ、これらの盛期火災時の平均輻射熱は $20\text{kW}/\text{m}^2$ であった。距離 1m の杉板においては、設置位置により焼損が見られないものがあった。

(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響 (その3)」、平成16年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ ミニバンの右後タイヤの泥よけと前部バンパーへの着火を比較した場合、車室内への火災の進展経路は異なるが、車室内の温度変化はほぼ同じ傾向を示す。また、発熱速度が高くなるのは、窓ガラスが破壊され車室内や燃料火災が進展した時であり、タイヤに着火してから約40分後(約6.5MW)、バンパーに着火してから約45分後(約6MW)である。それまでは、約2MW以下である。(渡邊、岡本ほか、「自動車火災における火災の進展特性」、平成17年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ ミニバンの右後タイヤ泥よけに着火させた場合は、10分後に車室内に火災が進展したが、すぐに酸欠状態になり、39分後に窓ガラスが破損したことにより車室内全体に拡大、発熱速度が上昇し(約4MW)、周囲への輻射熱が大きくなった。前バンパーに着火させた場合においても同様に45分後にフロントガラスが破損したことにより盛期火災となり発熱速度が6MWとなった。それまでは約2MW以下である。(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響 (その4)」、平成17年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ セダンとミニバンを比較した場合において、車室空間と車室窓が大きいミニバンの方が隣接車両へ与える燃焼の影響は大きい。(岡本、渡邊ほか、「自動車火災における周辺可燃物への影響 (その4)」、平成17年度日本火災学会研究発表会概要集)

燃料漏洩に関するもの

- ・ 衝突時における燃料漏れ防止の技術基準が定められており、自動車が約50km/hで衝突事故を想定した場合において、衝突後の燃料の流出は1分間で30g以下であり、5分間で150g以下であることとされている。(参考資料3：衝突時等における燃料漏れ防止の技術基準(道路運送車両法の保安基準の細目を定める告示(平成14年国土交通省告示第619号)))

【電気自動車や燃料電池自動車に関するもの】

- ・ 電気自動車(1500kg)の場合においても、総発熱量は6.4GJであり、ガソリン車と大きな違いはない。(参考資料1：田村陽介、「車両の大小による発熱速度」)、(渡邊、諏訪ほか、「バッテリー駆動電気自動車の燃焼性状」、平成24年度日本火災学会研究発表会概要集)
- ・ 電気自動車(24kWh リチウムイオン電池、充電率100%)の左後バンパーに着火させた

燃焼実験においては、約 10 分過ぎに自動車後部に大きな火炎を形成し、発熱速度は 1.8MW を示した。約 40 分過ぎに生じた前部窓ガラスの破損により拡大した車室内の燃焼によって、急激に上昇したときの最大発熱速度は約 6.3MW であった。また、バッテリーパックから火炎の噴出は観察されたが、破裂や爆発は観測されていない。(渡邊、諏訪ほか、「バッテリー駆動電気自動車の燃焼性状」、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集)

- ・ 電気自動車においても、ガソリン自動車と同様に車室のガラスが破損し、大きな開口部が形成されると燃焼が顕著になる。(渡邊、諏訪ほか、「バッテリー駆動電気自動車の燃焼性状」、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集)
- ・ 電気自動車の火災においては、消防隊の消火戦術は通常の自動車と同様であり、水による消火で対応可能である。ただし、火が消えてもバッテリーが再燃することがあり、長時間の冷却が必要になる場合がある。(尾川、大高ほか、「リチウムイオン電池を積載した電気自動車の消火」、平成 24 年度日本火災学会研究発表会概要集)
- ・ 電気自動車において、バッテリーが爆発や破裂することがないように耐衝撃試験、耐火性試験、過充電保護性能試験等の各種試験が実施されている。また、燃料電池自動車においても、保安基準において、衝突時の水素の最大許容漏洩量が規定されており、この条件で水素が漏洩して着火しても車両周囲に重大な危害を与えることはない。また、水素燃料容器は火災時に確実に安全弁が作動するように火炎暴露試験が実施されている。
(日本火災学会 編、『火災便覧 第 4 版』、共立出版)
- ・ 電気自動車や燃料電池自動車であることが原因による大きな火災はこれまでに報告されていない。(日本火災学会 編、『火災便覧 第 4 版』、共立出版)、(田村陽介、「近年の環境対策車における火災の傾向」)
- ・ 電気自動車を含めた近年の自動車は軽量化を図るため、アルミ合金や炭素繊維強化プラスチック (CFRP) などが採用される傾向にあり、ドアやルーフなどのボディパネルにはアルミ合金、窓にはポリカーボネート樹脂、強度部材には CFRP が使用されている。火災時には、エンジンルーム、車室、トランクルーム、荷台などの区画が熱によって、従来の自動車よりも早く開口部が生じ、延焼速度が増大する。また、CFRP やアルミは、火災後に車両の形状が維持されない場合がある。(田村陽介、「近年の環境対策車における火災の傾向」)

○ 実車燃焼実験

1 目的

近年の自動車は、合成樹脂等の可燃性部品が多く使用され、燃焼性状に影響を与えていると推測される。そこで、自動車の可燃性部品の増加による燃焼性状への影響を確認するため、実車の燃焼実験（フリーバーン）を実施した。

実験は令和 2 年度及び令和 6 年度に実施しており、車種は同一で、製造年の異なる車両（令和 2 年度は平成 16 年製造、令和 6 年度は平成 26 年製造）を使用している。

2 実験条件

(1) 実験車両

近年で、累計販売台数が最も多い「現在普及しており、車体に樹脂製製品が多く使用されている平均的な自動車」を選択した。

今回選択した自動車は、ハイブリット車（HEV）であり、燃費向上のための軽量化が盛んで最新の樹脂製部品が多く採用されている。例として軽量素材の「発泡ポリプロピレン（EPP）」があり、EPP は「軽さ」と「緩衝性」を特徴とする素材で発泡スチロールと同じ発泡プラスチックの一種であり、発泡スチロールと比べて欠けたり割れにくく、復元性や耐熱性、耐油・耐薬品性に優れているといった特徴がある。

(2) 着火場所

車室内から出火し、開口部ができて延焼拡大する火災を想定した火災（以下「A 火災」という。）では運転席に設置したアルコール系固形燃料（80 g）に着火することとし、燃料が漏れ車両下部から出火し延焼拡大する火災を想定した火災（以下「B 火災」という。）では、車両下部に設置した直径 1 m のオイルパンに入れたノルマルヘプタン（45 L）に着火することとした。

(3) 窓の開口部

着火後に炎の立ち消えが想定されない大きさとして運転席側の後部座席のドアガラスを 20 cm 開放し、他の窓は全閉状態とする。

(4) 燃料タンクのガソリン

車室内に着火した場合、燃料タンクへ延焼するのは火災が車両全体へ延焼するタイミングであり、消火設備の起動による火災抑制は過去の火災事例から車両全体へ延焼するタイミング以前に開始されるものと想定されることから、A 火災では燃料タンクのガソリンへの延焼は考慮しないこととし、燃料タンクは空の状態とする。

また、B 火災では、消防隊が到着するまでの間に燃料タンクのガソリンが全量漏洩した場合を想定しているため、A 火災と同様に燃料タンクは空の状態とする。

(5) その他

ア 車載されているバッテリーの充電率について、HEV は電気自動車（EV）と比べバッテリー容量が小さいため充電率は燃焼に影響は少ないと考えられるため考

慮しないこととする。

イ 燃焼による自動車の重量減少量から自動車の発熱速度を確認するため、車両下部に荷重計を設置する（図 1-1 及び 1-2）。

なお、令和 2 年度の実験では、部品の脱落により重量減少量が一気に減少することで発熱速度の測定に影響があったため、令和 6 年度の実験では当該影響を少なくするため荷重計の設置場所を変更している。（図 2-1 及び 2-2）

ウ 隣接車両への輻射熱を確認するため、実験車両から 0.7m、地盤面から高さ 1.2m の位置に熱流束計を設置する（図 1-1 及び 1-2）。

なお、令和 6 年度の実験で使用した自動車は令和 2 年度の実験で使用した自動車より車幅が広がっているため、実験車両から 0.6m、地盤面から高さ 1.2m の位置に熱流束計を設置している。（図 2-1 及び 2-2）

エ 実験車両の周辺の温度及び延焼危険が最も高いことが想定される隣接車両のミラーの位置（実験車両から 0.6m¹、地盤面から高さ 1.05m の位置）の温度を確認するため、熱電対を設置する（図 1-1、1-2、2-1 及び 2-2）。

オ 自動車可燃物の単位発熱量は車両重量との関係（参考資料 1）及び車両製造年代による発熱速度との関係（出典：Development of a database of full scale calorimeter tests of motor vehicle burns）から 30M J 毎キログラムとする（図 3 及び 4）。

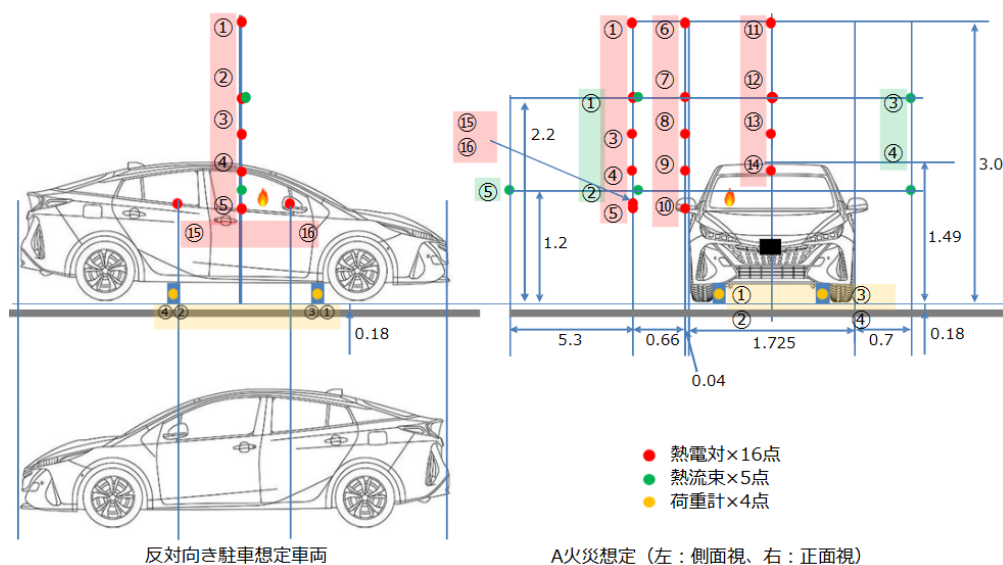


図 1-1 令和 2 年度実験時における計測機器の位置（A 火災）

¹ 国土交通省から通知されている「駐車場設計・施工指針」（H4.6.10 道企発第 40 号）において普通乗用車の駐車スペースは幅員 2.5m 以上とすることを原則とされており、幅 2.5m の駐車スペースに試験車両を 2 台並べた場合の車間距離が約 0.6m となるため。

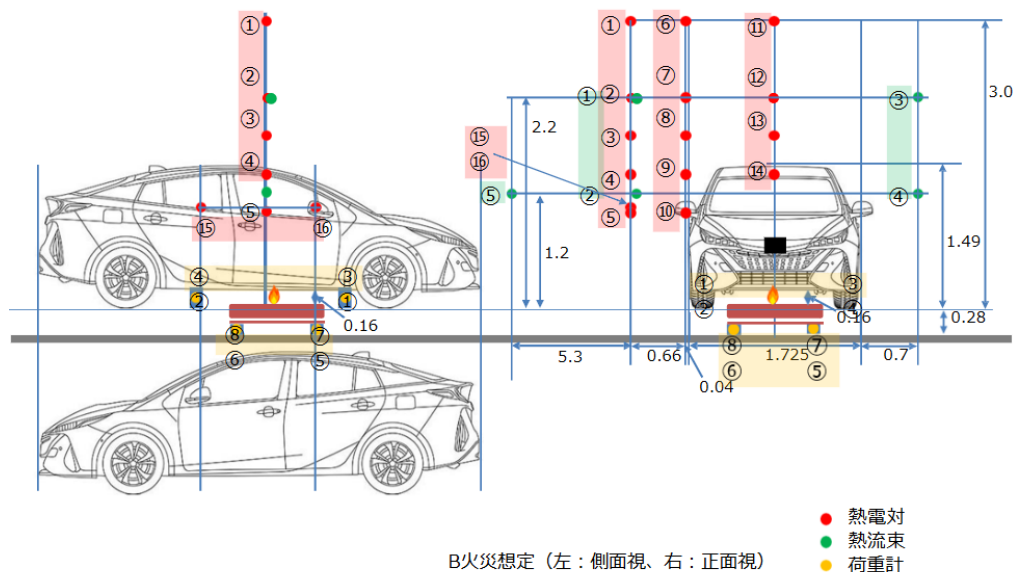


図 1-2 令和 2 年度実験時における計測機器の位置 (B 火災)

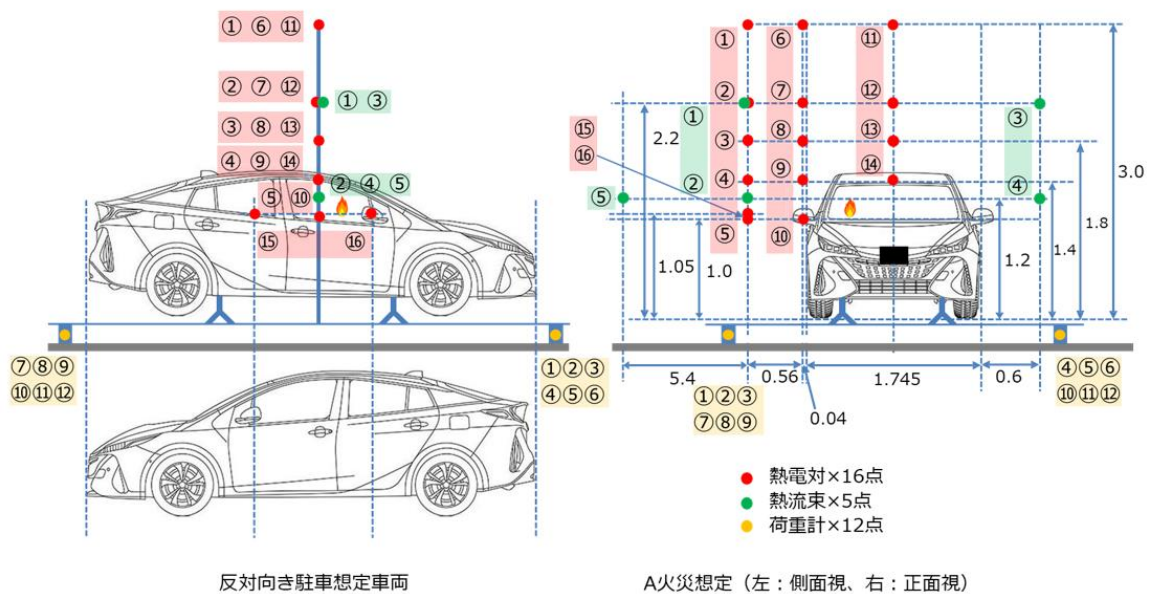


図 2-1 令和 6 年度実験時における計測機器の位置 (A 火災)

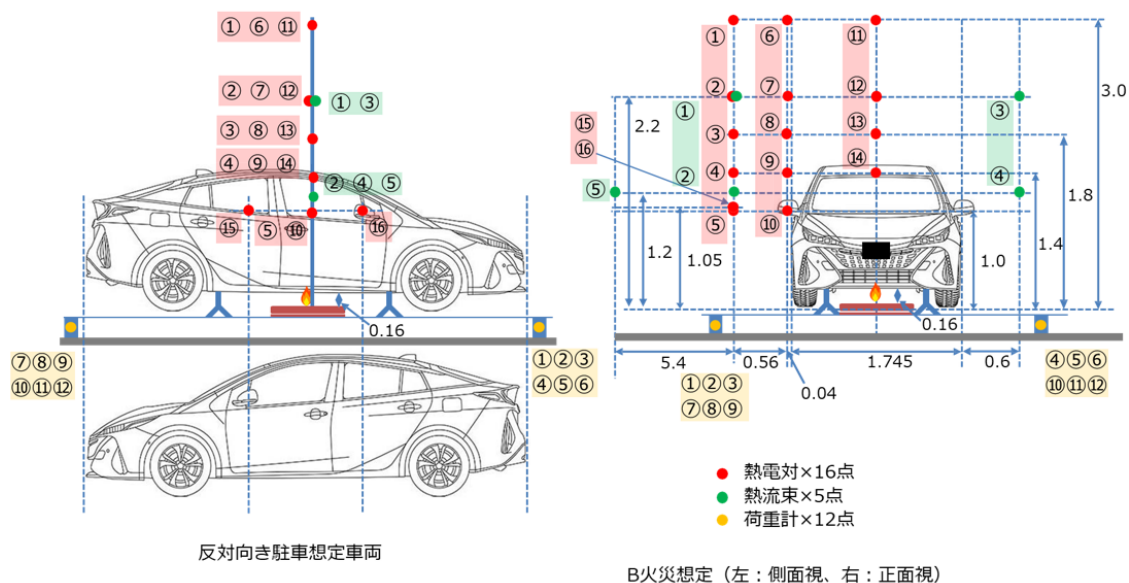


図 2-2 令和 6 年度実験時における計測機器の位置 (B 火災)

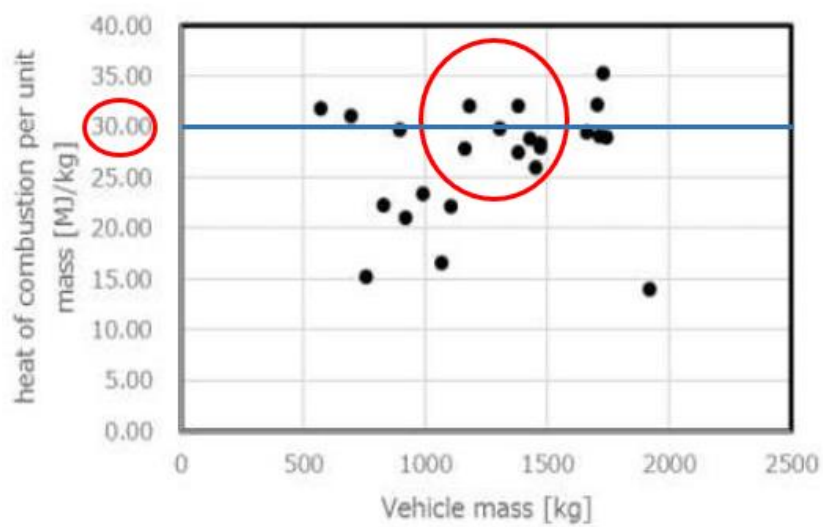


図 3 車両重量と単位重量当たりの発熱量の関係

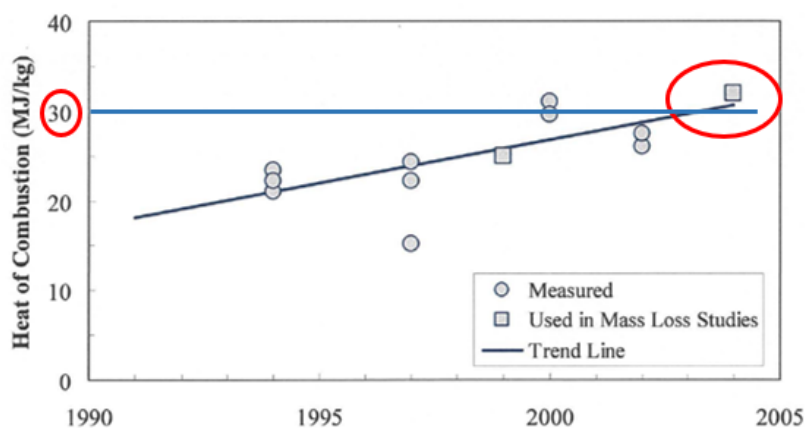


図4 製造年と単位重量当たりの発熱量の関係

3 実験結果

(1) A 火災

実験の実施状況は以下のとおり。



図5-1 実験実施状況 (A 火災：令和2年度実施時)



図 5-2 実験実施状況 (A 火災：令和 6 年度実施時)

ア 発熱速度の時間変化

着火後フロントガラスが割れ開口部が増えたことで火炎が一気に拡大しており、その後 15 分程度で発熱速度がピークに達している。

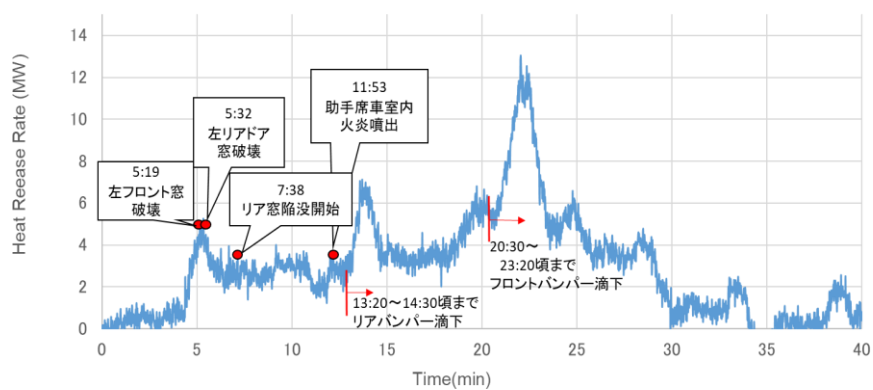


図 6-1 A 火災における発熱速度の時間変化 (令和 2 年度実験時)

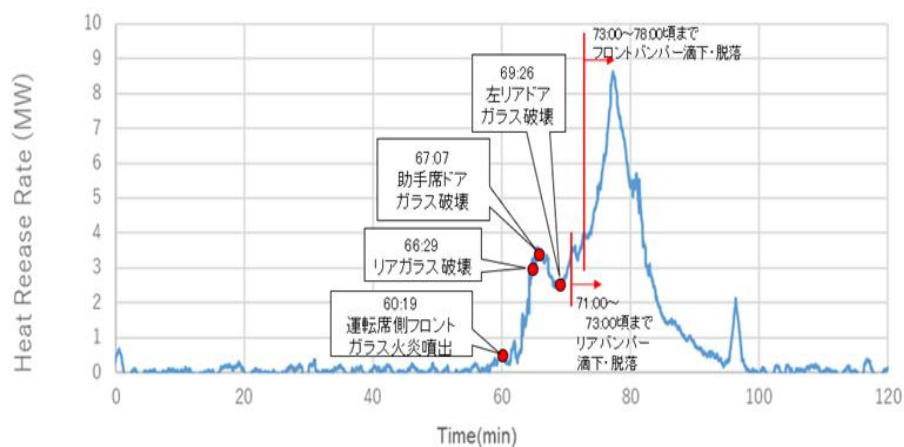


図 6-2 A 火災における発熱速度の時間変化（令和 6 年度実験時）

イ 輻射熱の時間変化

発熱速度と同様に着火後フロントガラスが割れ開口部が増えたことで火炎が一気に拡大した時点から輻射熱が急激に上昇し、発熱速度のピーク時に輻射熱もピークに達している。

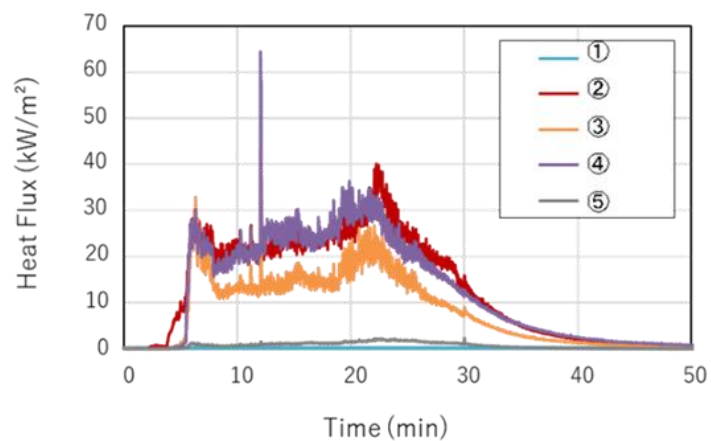


図 7-1 A 火災における輻射熱の時間変化（令和 2 年度実験時）

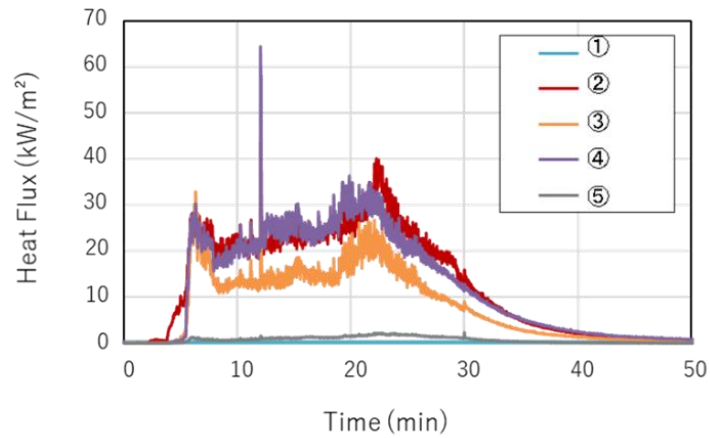


図 7-2 A 火災における輻射熱の時間変化（令和 6 年度実験時）

ウ 温度の時間変化

発熱速度及び輻射熱と同様に、着火後フロントガラスが割れ開口部が増えたことで火炎が一気に拡大した時点から温度が急激に上昇し、発熱速度及び輻射熱のピーク時に温度もピークに達している。

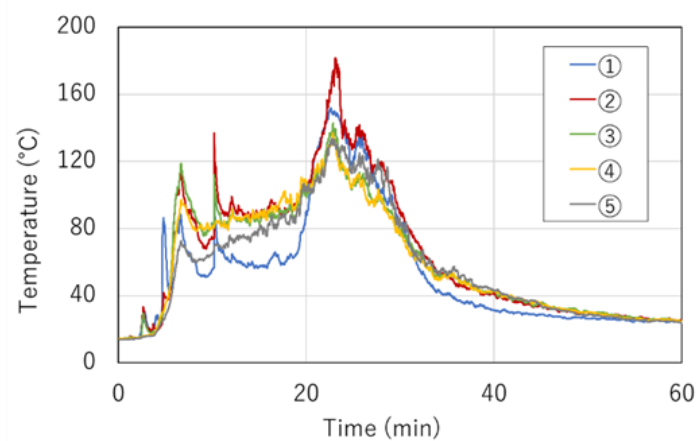


図 8-1-1 A 火災における温度（①～⑤）の時間変化（令和 2 年度実験時）

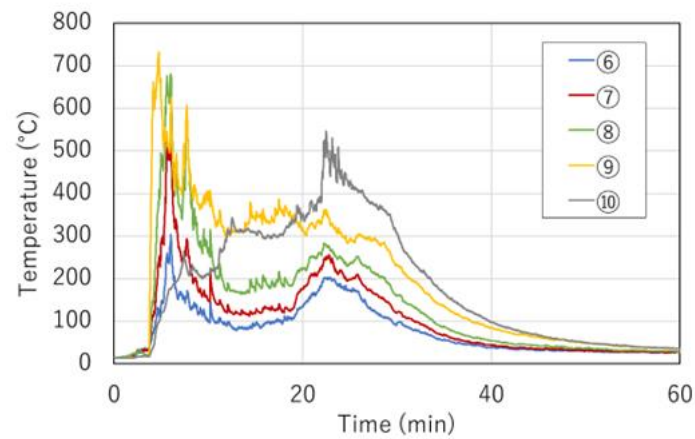


図 8-1-2 A 火災における温度（⑥～⑩）の時間変化（令和 2 年度実験時）

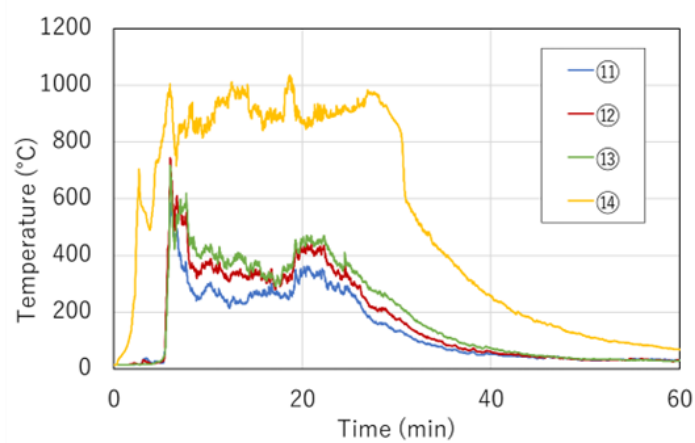


図 8-1-3 A 火災における温度（⑪～⑭）の時間変化（令和 2 年度実験時）

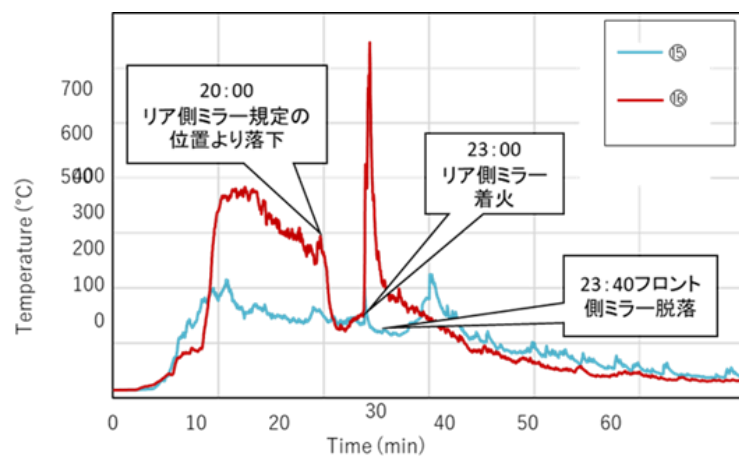


図 8-1-4 A 火災におけるミラー温度（⑮・⑯）の時間変化（令和 2 年度実験時）

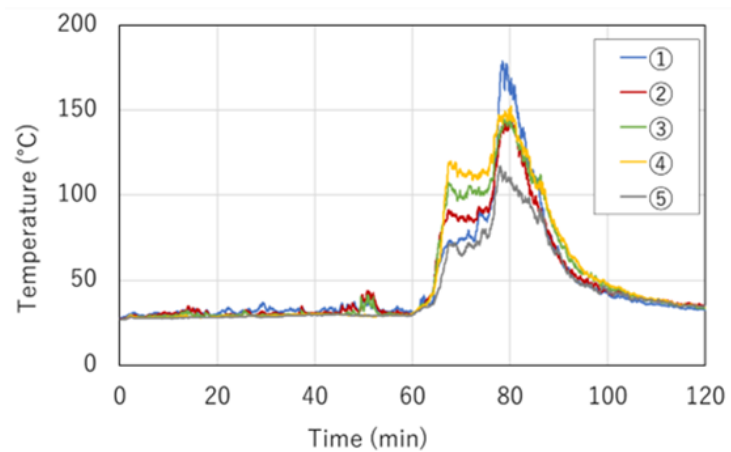


図 8-2-1 A 火災における温度 (①～⑤) の時間変化 (令和 6 年度実験時)

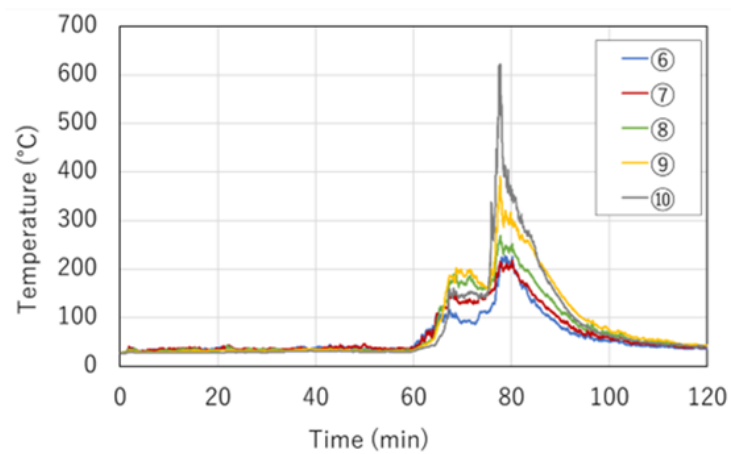


図 8-2-2 A 火災における温度 (⑥～⑩) の時間変化 (令和 6 年度実験時)

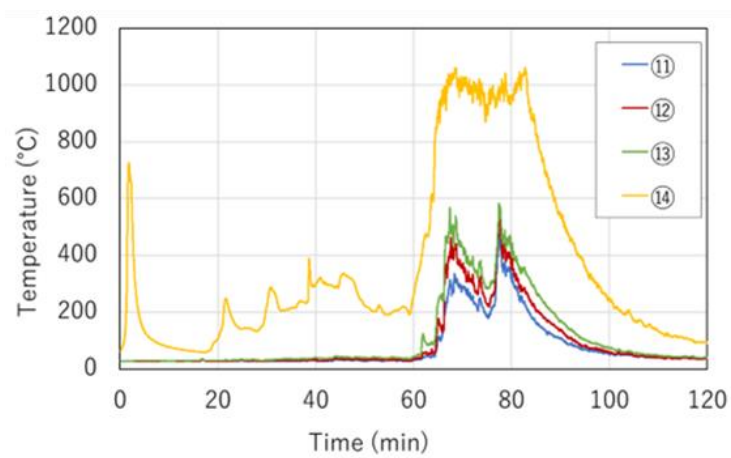


図 8-2-3 A 火災における温度 (⑪～⑭) の温度変化 (令和 6 年度実験時)

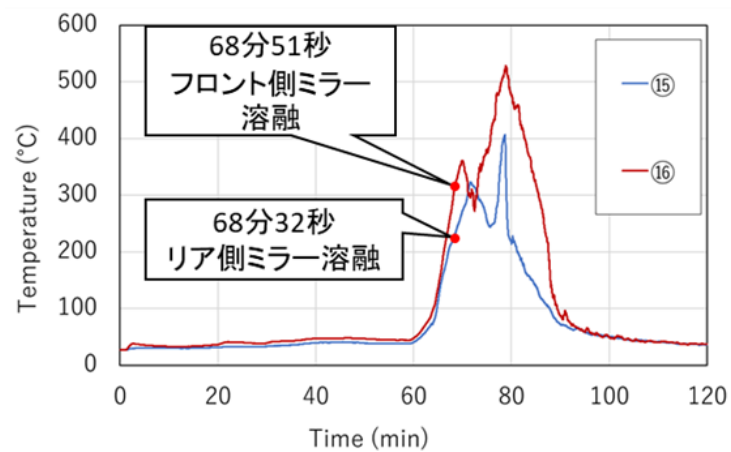


図 8-2-4 A 火災におけるミラー温度 (⑮・⑯) の温度変化 (令和 6 年度実験時)

(2) B 火災

実験の実施状況は以下のとおり。



図 9-1 実験実施状況 (B 火災：令和 2 年度実施時)



図 9-2 実験実施状況 (B 火災：令和 6 年度実施時)

ア 発熱速度の時間変化

着火後から急激に火炎が拡大しており、着火後 5 分から 10 分頃にかけて発熱速度がピークに達している。

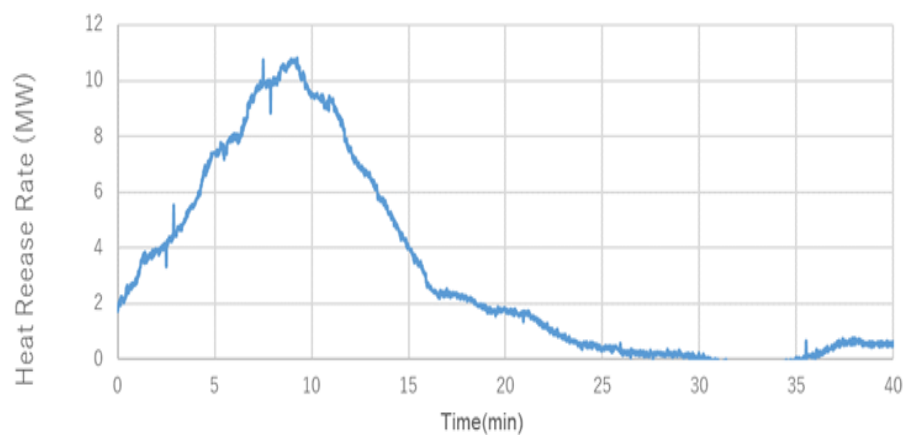


図 10-1 B 火災における発熱速度の時間変化 (令和 2 年度実験時)

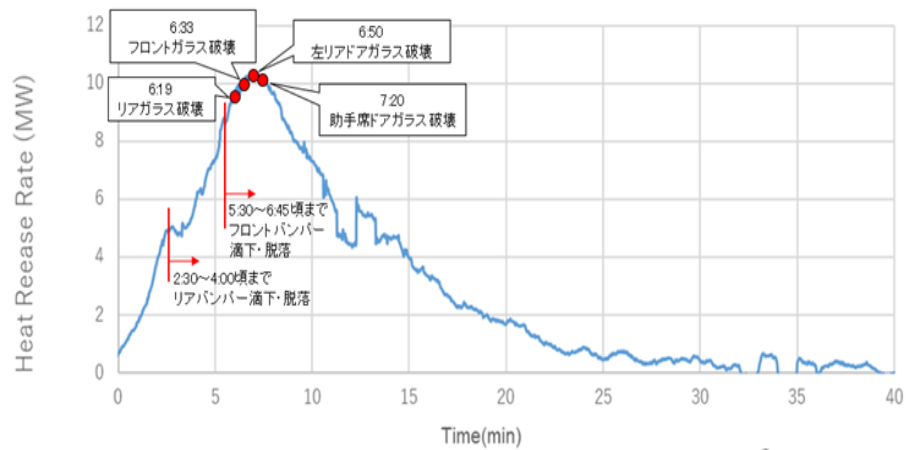


図 10-2 B 火災における発熱速度の時間変化（令和 6 年度実験時）

イ 輻射熱の時間変化

発熱速度と同様に、着火後から輻射熱が急激に上昇し、発熱速度のピーク時に輻射熱もピークに達している。

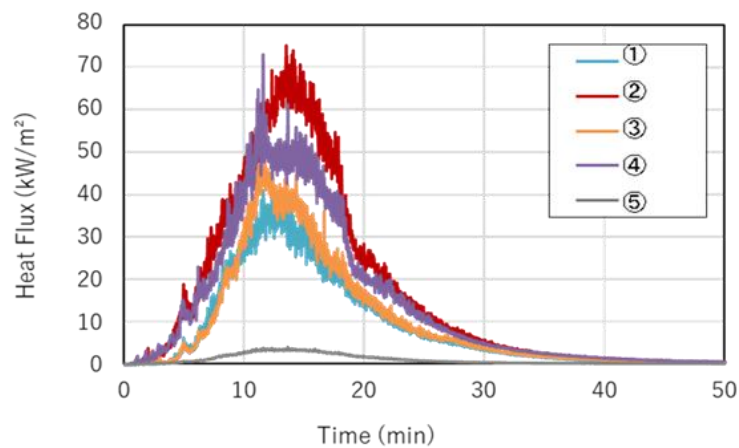


図 11-1 B 火災における輻射熱の時間変化（令和 2 年度実験時）

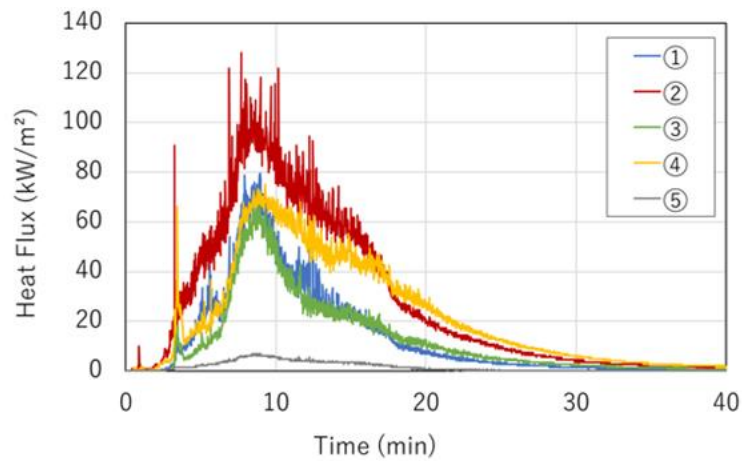


図 11-2 B 火災における輻射熱の時間変化（令和 6 年度実験時）

ウ 温度の時間変化

発熱速度及び輻射熱と同様に、着火後から温度が急激に上昇し、発熱速度及び輻射熱のピーク時に温度もピークに達している。

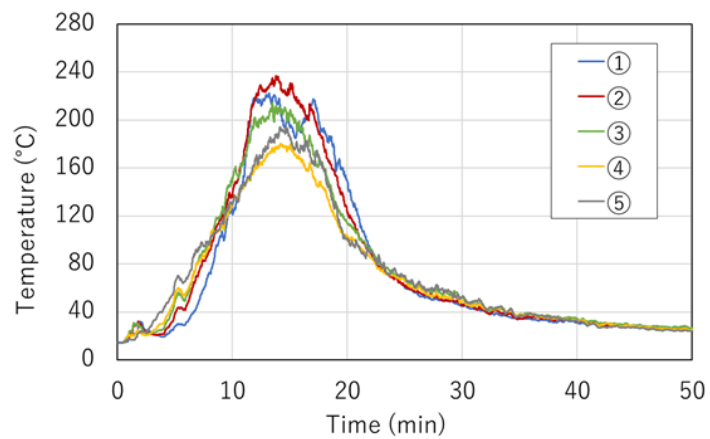


図 12-1-1 B 火災における温度（①～⑤）の時間変化（令和 2 年度実験時）

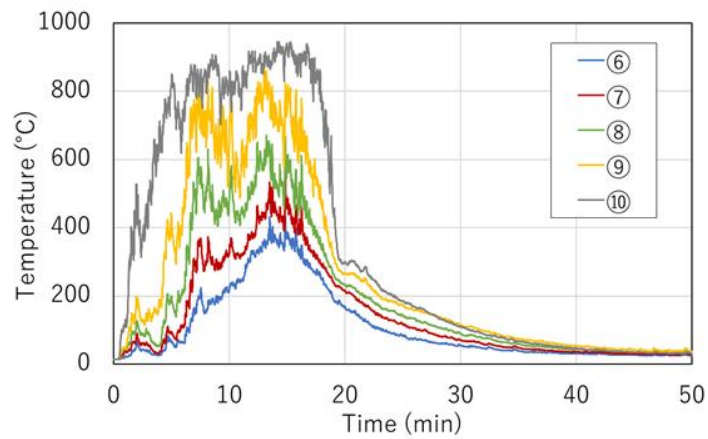


図 12-1-2 B 火災における温度 (⑥～⑩) の時間変化 (令和 2 年度実験時)

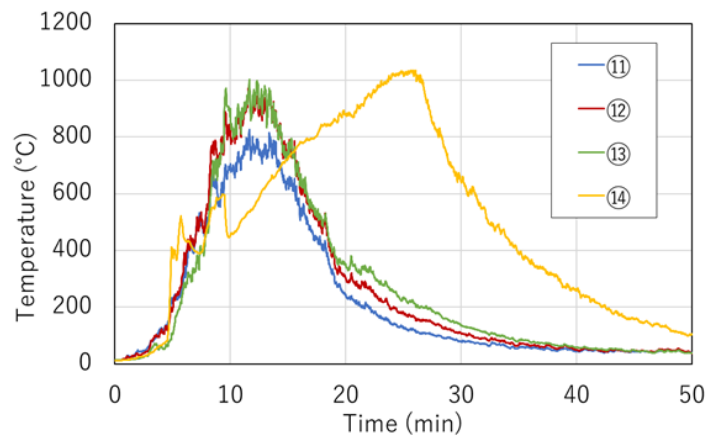


図 12-1-3 B 火災における温度 (⑪～⑭) の時間変化 (令和 2 年度実験時)

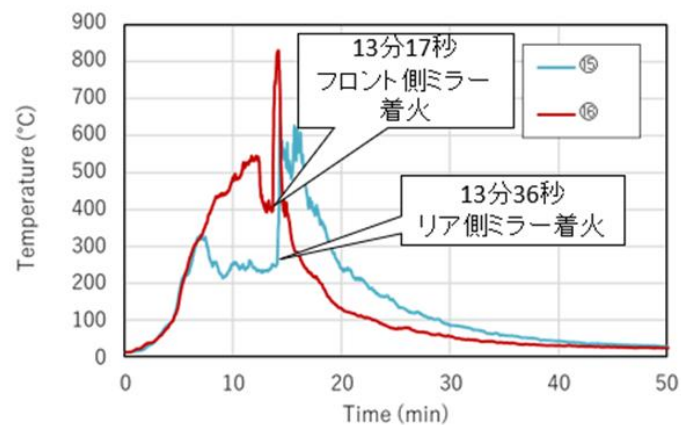


図 12-1-4 B 火災におけるミラー温度 (⑮・⑯) の時間変化 (令和 2 年度実験時)

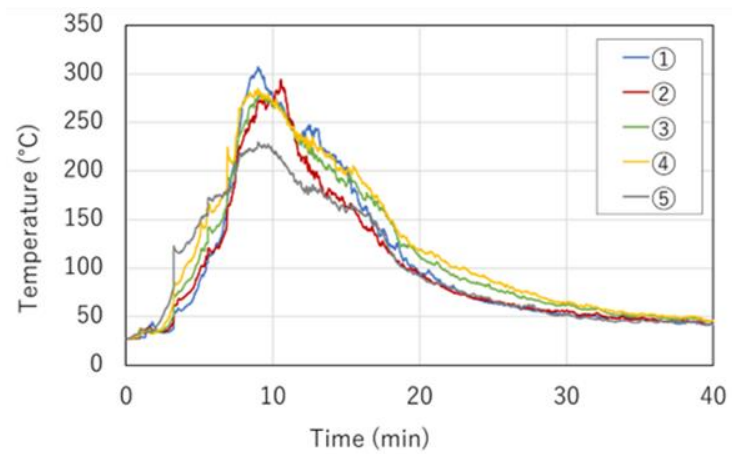


図 12-2-1 B 火災における温度（①～⑤）の時間変化（令和 6 年度実験時）

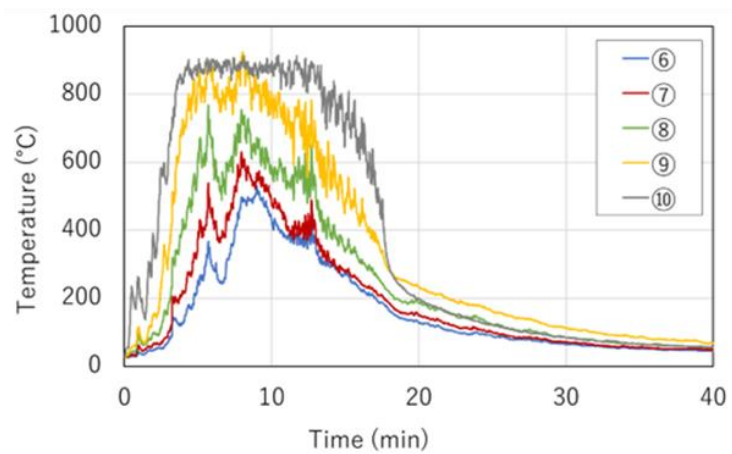


図 12-2-2 B 火災における温度（⑥～⑩）の時間変化（令和 6 年度実験時）

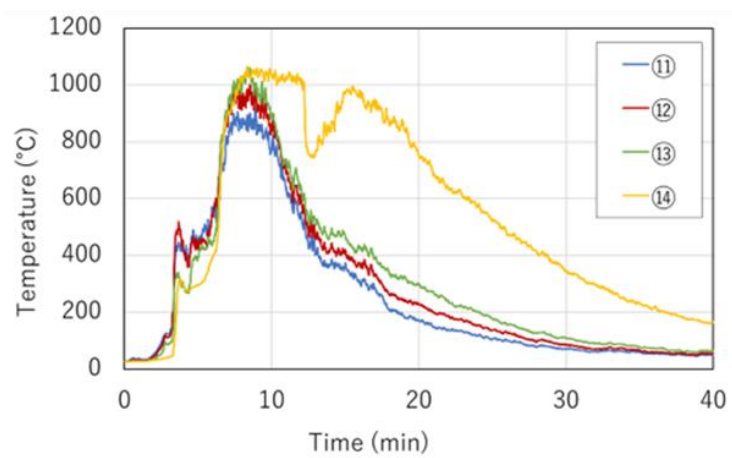


図 12-2-3 B 火災における温度（⑪～⑭）の時間変化（令和 6 年度実験時）

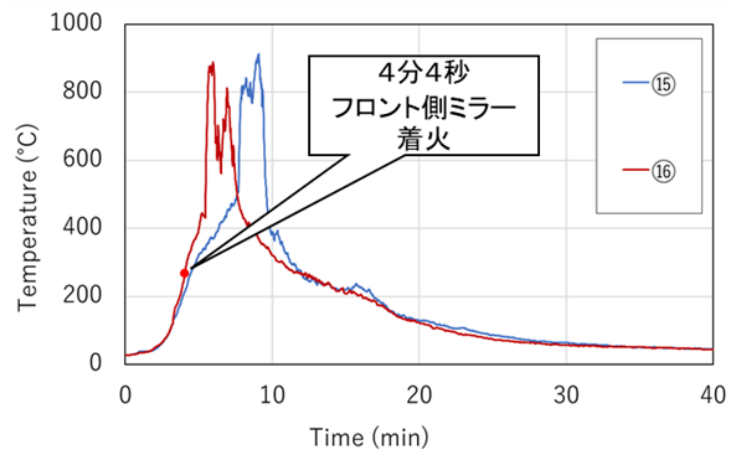


図 12-2-4 B 火災における温度 (⑮・⑯) の時間変化 (令和 6 年度実験時)

○ 実車消火実験

1 目的

自動車火災における泡消火設備の消火・延焼抑制性能を確認するため、現在普及しており、車体に樹脂製製品が多く使用されている平均的な自動車（フリーバーンで使用する車種と同じもの）を燃焼させ、泡消火設備を起動した際の車両周囲の温度変化及び輻射熱の熱流束を計測する実験を実施した。

なお、令和4年度に水成膜泡消火薬剤を用いた消火実験を実施し、令和6年度に合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた消火実験を実施している。

2 実験条件

実験条件及び実験レイアウトについては、以下のとおりである。

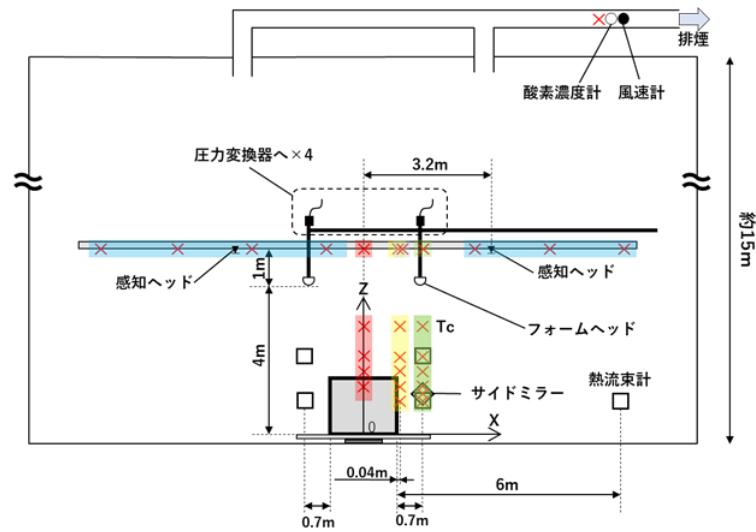
資料5の「実車燃焼実験」と同様に、車室内から出火し、開口部ができて延焼拡大する火災を想定した火災（以下「A 火災」という。）と燃料が漏れ車両下部から出火し延焼拡大する火災を想定した火災（以下「B 火災」という。）を想定し実験を実施した。

(1) 水成膜泡消火薬剤を用いた実験（令和4年度実施）

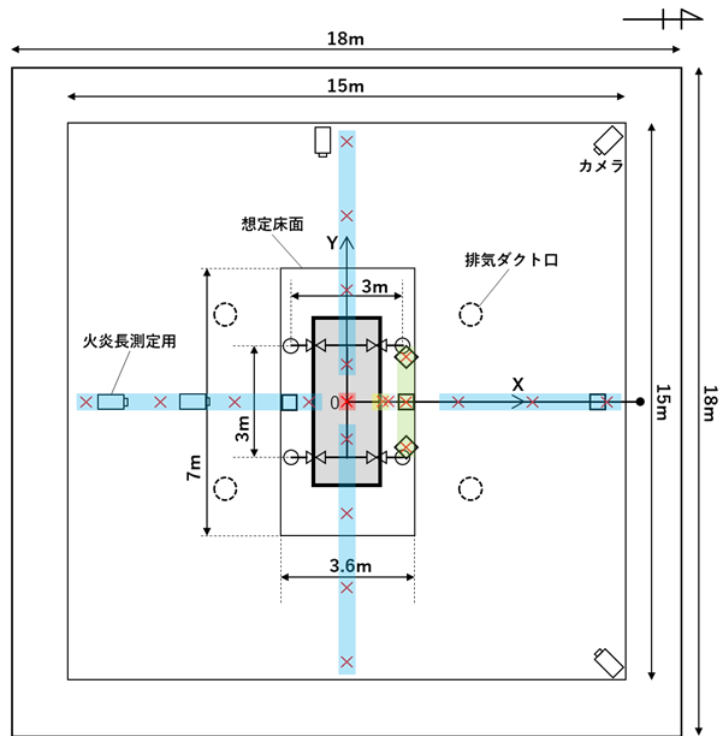
令和4年度に実施した水成膜泡消火薬剤を用いた実験条件及びレイアウトは以下のとおりである。

表1 実験条件（令和4年度実験時）

項目	条件	備考
フォームヘッド	性能評定品	
フォームヘッド高さ	4.0m	想定床～フォームヘッドまでの距離
放射圧	0.25MPa	放射圧力下限値
総流量	140L/min ※35L/(min・個)	放射量下限値
水成膜泡消火薬剤	検定品	3%型
放射時間	10min	消防庁様指定 ※中止の場合はその時点まで
感知ヘッド	感度1種 標示温度 66℃ 感度2種 標示温度 68℃	天井での設置位置により作動時間が異なる可能性があるため、火源から4方向の天井に設置
天井高さ	5.0m	想定床～天井までの距離
車両	2004年式	消防庁様指定、色指定無し 後部座席右側の窓のみ20cm開放 燃料タンクは充水
駆動バッテリー	ニッケル水素電池	消防庁様指定 充電率は車内モニターの残量表示が全8段階中の6段階目から5段階目に切り替わったところで統一
火源	A 火災想定 アルコール系固形燃料 80g	消防庁様指定
	B 火災想定 n ヘプタン 45L 火皿 φ1.0m	消防庁様指定、敷水 83mm（油面から火皿上端まで50mm）
想定床	鋼板等	A 火災想定、B 火災想定ともに設置 想定床の高さは実験場床から24cm
換気量	開始時：約 320m ³ /min 変更後：約 800m ³ /min ※性能曲線	実験前から起動しておき、実験場外への煙流出防止や視界確保のため、状況を見て最大換気量に変更した。
排気ダクト断面積	0.785m ²	φ1.0 m



立断面図



上面図

熱電対位置(X,Y,Z)m :

(X=0) : (0,0,1.4)(0,0,1.8)(0,0,2.2)(0,0,3.0) (0,0,5.0)

(X=0.9) : (0,9,0,1.0)(0,9,0,1.4)(0,9,0,1.8)(0,9,0,2.2)(0,9,0,3.0)(0,9,0,5.0)

(X=1.56) : (1,56,0,1.0)(1,56,0,1.4)(1,56,0,1.8)(1,56,0,2.2)(1,56,0,3.0)(1,56,0,5.0)(1,56,0.64,1.05)(1,56,-0.64,1.05)

天井(X=0,0.9,1.56以外) : (1,0,0,5.0)(3,0,0,5.0)(5,0,0,5.0)(7,0,0,5.0)(-1,0,0,5.0)(-3,0,0,5.0)(-5,0,0,5.0)(-7,0,0,5.0)(0,1,0,5.0)(0,3,0,5.0)(0,5,0,5.0)(0,7,0,5.0)(0,-1,0,5.0)(0,-3,0,5.0)(0,-5,0,5.0)(0,-7,0,5.0)

熱流束計位置(X,Y,Z)m : (-1,56,0,1.2)(-1,56,0,2.2)(1,56,0,1.2)(1,56,0,2.2)(7,0,0,1.2)

輻射計 : 隣接車両サイドミラーの位置に並べて設置

感知ヘッド(X,Y,Z)m : (-3,2,0,5.0)(3,2,0,5.0)(0,-3,2,5.0)(0,3,2,5.0)

泡ヘッド(X,Y,Z)m : (1,5,1,5,4.0)(1,5,-1,5,4.0)(-1,5,1,5,4.0)(-1,5,-1,5,4.0)

図1 実験レイアウト (令和4年度実験時)

(2) 合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた消火実験（令和 6 年度実施）

令和 6 年度に実施した合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた実験条件及びレイアウトは以下のとおりである。

表 2 実験条件（令和 6 年度実験時）

項目	条件	備考
フォームヘッド	性能評定品	
フォームヘッド高さ	4.0m	令和 5 年実験と同様
放射圧	0.25MPa	放射圧力下限値
総流量	140L/min※35L/min・個	令和 5 年実験と同様
泡消火薬剤	合成界面活性剤泡消火薬剤 （フッ素フリー泡）	3 % 型
放射時間	10min	
放射開始時間	手動起動	火災進展を踏まえ手動で起動
天井高さ	仮想天井無し	
車両	2011 年式・2012 年式	運転席側後部座席のドアガラスのみ 20 cm 開放
駆動バッテリー	ニッケル水素電池	
火源	アルコール系固形燃料 80g	運転席に設置
仮想床	無し	車体をジャッキアップ
換気設備	自然換気又は機械換気	1 回目：自然換気 2 回目：機械換気

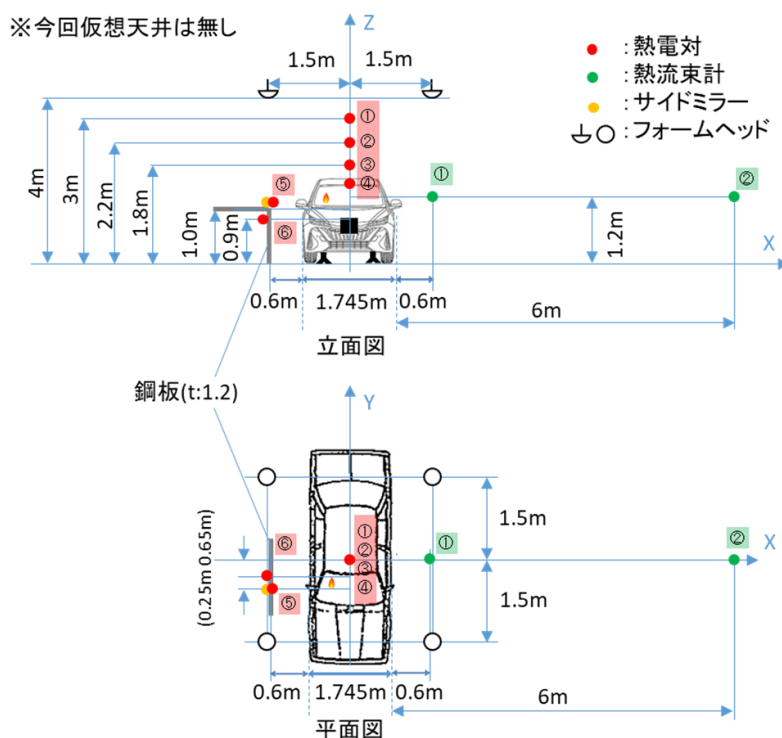


図 2 実験レイアウト（令和 6 年度実験時）

3 実験結果

(1) 水成膜泡消火薬剤を用いた実験（令和4年度実施）

ア A 火災

(ア) 実験状況について

時間経過に伴う実験状況は図3及び表3のとおりである。

泡消火設備を起動し泡水溶液の放射中は自動車周囲の輻射熱と温度は低下しており、周囲への延焼が抑制されていることが確認できた。



図3 実験実施状況（令和4年度実施時：A 火災・水成膜泡消火薬剤）

表3 A 火災における実験状況（令和4年度実験時）

時間 [分'秒"]	イベント	備考
0'00"	点火	
33'16"	南側1種感知ヘッド作動	
35'41"	南側2種感知ヘッド作動	
35'48"	換気量変更開始	約 320 m ³ /min→約 800 m ³ /min
35'58"	東側2種感知ヘッド作動	
36'03"	西側1種感知ヘッド作動	
36'06"	換気量変更完了	
36'13"	北側2種感知ヘッド作動	
37'39"	西側2種感知ヘッド作動	
37'45"	泡消火設備放射開始	図4-1 から図5-4 における①に対応
47'45"	泡消火設備放射停止	図4-1 から図5-4 における②に対応
57'45"	実験終了	図4-1 から図5-4 における③に対応

※ 北側及び東側の1種感知ヘッドは濃煙により作動確認ができなかったが、1種感知ヘッドは2種感知ヘッドより感知性能が高いため同じ場所に設置された2種感知ヘッドより先に作動していたと考えられ、すべての2種感知ヘッドが作動した場合に泡消火設備を放射開始することとしていたため、実験に影響はないと考えられる。

(イ) 輻射熱の時間変化

着火後35分を経過したあたりから輻射熱が上昇し始め、着火後38分頃に輻

射熱がピーク（約9kW）に達している。

その後、泡消火設備を起動し泡水溶液が放射されたことで輻射熱が低下している。なお、着火後59分頃に急激に輻射熱が上昇しているのは、泡消火設備の放射停止後10分を経過した時点で測定を終了し消火作業を実施した影響によるものと推測される。

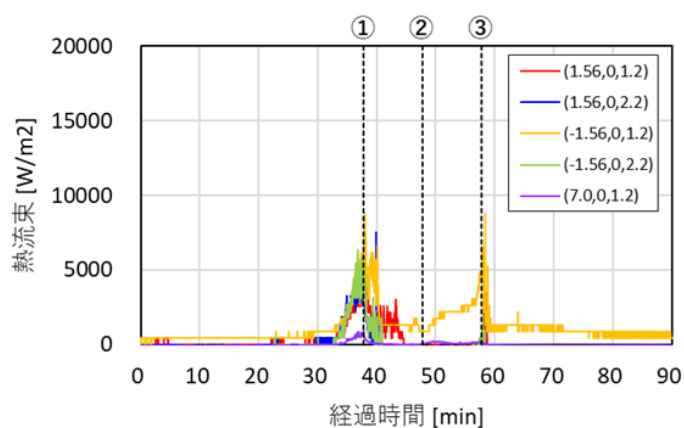


図4-1 A火災における輻射熱の時間変化（令和4年度実験時）

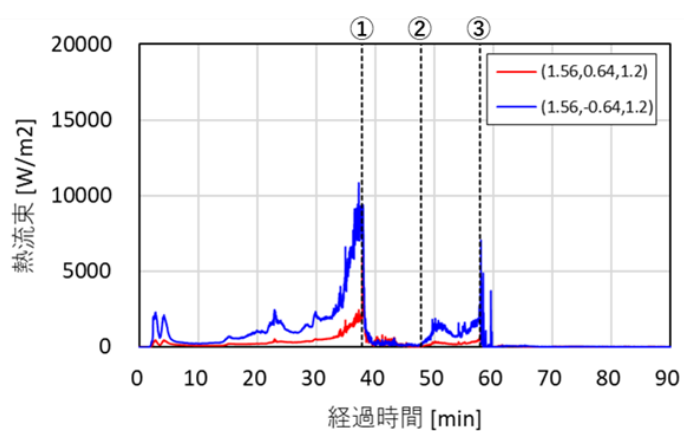


図4-2 A火災におけるミラー部分の輻射熱の時間変化（令和4年度実験時）

(ウ) 温度の時間変化

一部の測定位置を除き、輻射熱と同様に、着火後35分を経過した時点から温度が上昇し、着火後38分頃に温度がピークに達している。

なお、泡消火設備を起動し泡水溶液の放射中でも車室内には散水障害により泡水溶液が直接かからないため泡水溶液の放射直後は温度が上昇している。また、窓付近では一時的に温度が急上昇しているものが見受けられるが、これは窓から火炎が噴出した際の火炎温度を計測していると推測される。

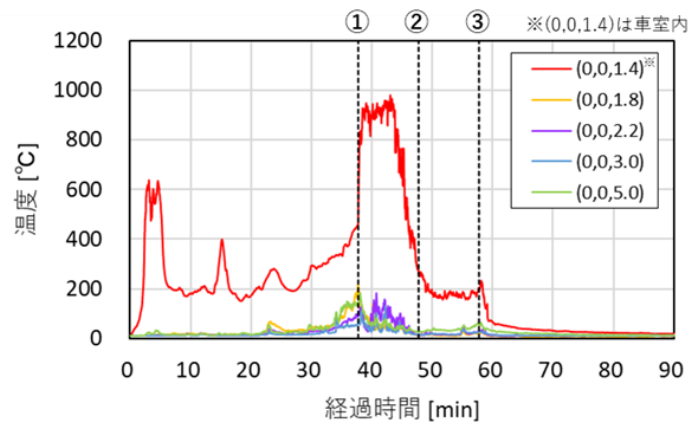


図 5-1 A 火災における車両上部の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

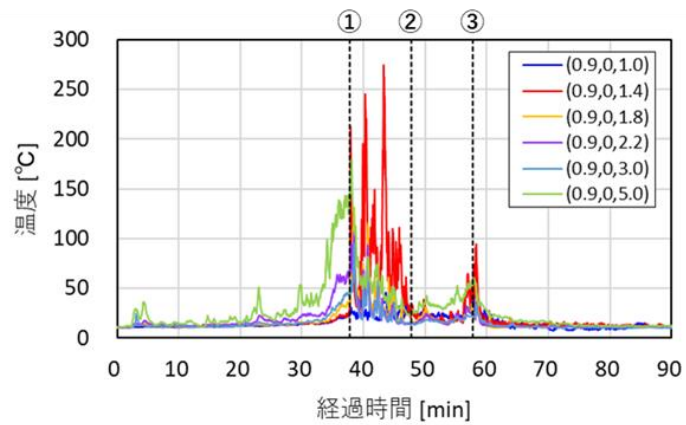


図 5-2 A 火災における車両側面の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

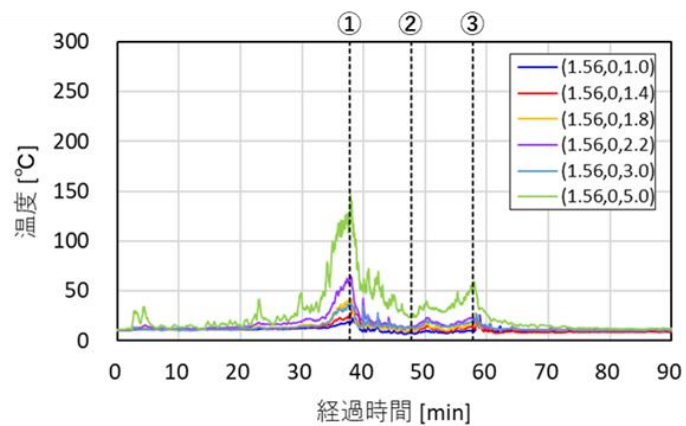


図 5-3 A 火災における隣接車両の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

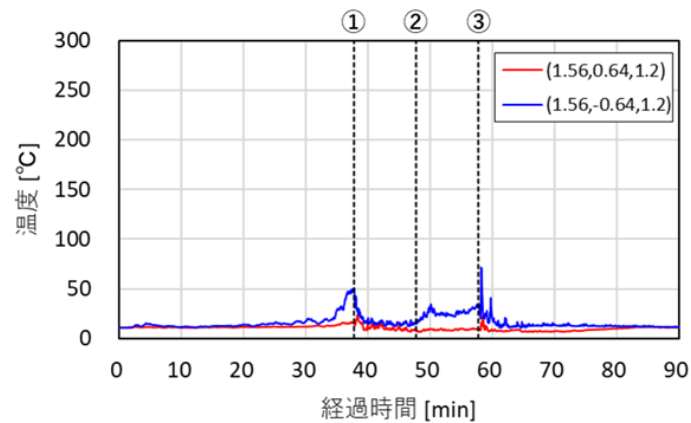


図 5-4 A 火災におけるミラー部分の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）



図 6 実験後のミラーの状況（令和 4 年度実施時・A 火災）

イ B 火災

(ア) 実験状況について

時間経過に伴う実験状況は図 7 及び表 4 のとおりである。

泡消火設備を起動し泡水溶液の放射中は自動車周囲の輻射熱と温度は低下しており、周囲への延焼が抑制されていることが確認できたが、泡消火設備の放射終了後は火勢の拡大が見られた。



図 7 実験実施状況（令和 4 年度実施時：B 火災・水成膜泡消火薬剤）

表4 B火災における実験状況（令和4年度実験時）

時間 [分'秒"]	イベント	備考
0'00"	点火	
2'44"	東側1種感知ヘッド作動	
2'50"	東側2種感知ヘッド作動	
2'57"	北側1種感知ヘッド作動	
3'01"	北側2種感知ヘッド作動	
3'08"	南側1種感知ヘッド作動	
3'21"	南側2種感知ヘッド作動	
4'26"	換気量変更開始	約 320 m ³ /min→約 800 m ³ /min
4'33"	西側1種感知ヘッド作動	
4'33"	西側2種感知ヘッド作動	
4'37"	泡消火設備放射開始	図8-1 から図9-4 における①に対応
4'43"	換気量変更完了	
14'37"	泡消火設備放射停止	図8-1 から図9-4 における②に対応
17'05"	実験終了	図8-1 から図9-4 における③に対応

※ 実験場の計測終了条件に該当したため放射停止から 10 分間の経過観察を待たずに計測終了し、消火作業を実施。

(4) 輻射熱の時間変化

着火後から輻射熱が上昇し始め、着火後7分頃に輻射熱がピーク（約 50kW）に達している。

泡消火設備を起動し泡水溶液が放射された直後は温度が上昇しているもの継続的に泡水溶液が放射され続けることで輻射熱が低下している。なお、泡消火設備の放射停止後は再度輻射熱が上昇し、実験場の計測終了条件に該当したため放射停止後2分28秒を経過時点で計測を終了し消火作業を実施した。

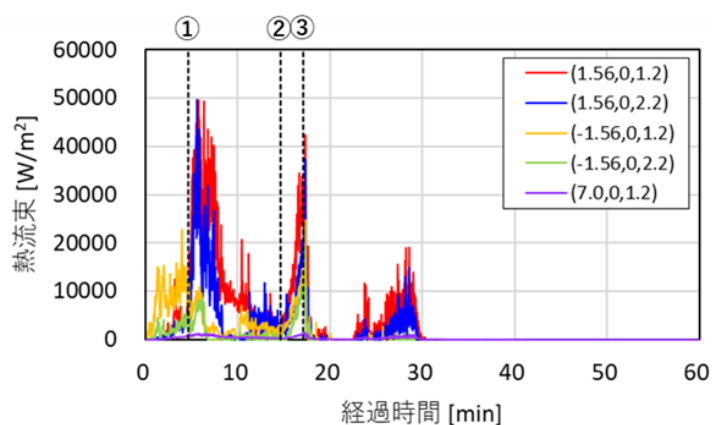


図8-1 B火災における輻射熱の時間変化（令和4年度実験時）

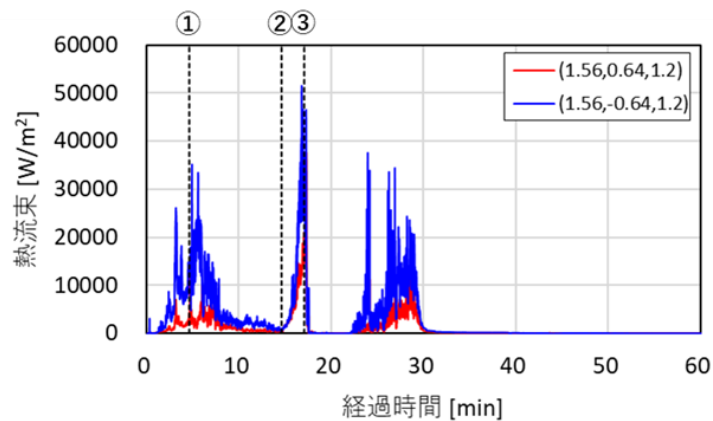


図 8-2 B 火災におけるミラー部分の輻射熱の時間変化（令和 4 年度実験時）

(ウ) 温度の時間変化

着火後から温度が上昇しており、泡消火設備を起動し泡水溶液の放射が開始すると温度が低下していることが確認できるが、車室内には散水障害により泡水溶液が直接かからないため大きな温度変化が見られない。また、車両側面では一時的に温度が急上昇しているものが見受けられるが、これはオイルパンからの火炎や窓から火炎が噴出した際の火炎温度を計測していると推測される。

本実験では、想定床を構成する鉄板が熱せられたことにより歪み、さらに床面に展開する泡水溶液が蒸発してしまい、オイルパンに入る泡水溶液が非常に少なくなっていた。そのため、オイルパンの燃焼は一定程度抑制できていたが、しばらくの間消火には至らずオイルパンの燃焼が継続していた。

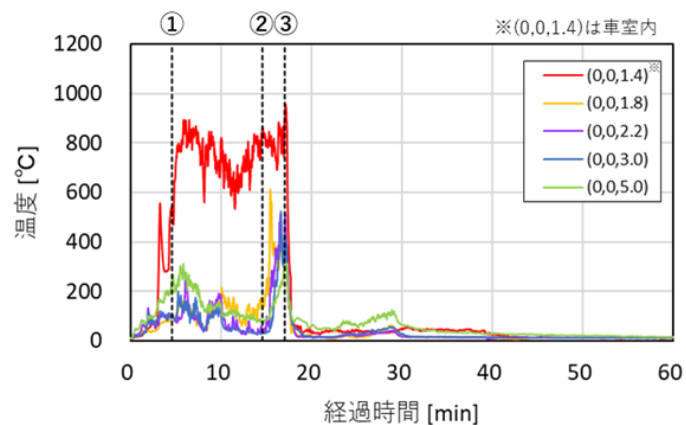


図 9-1 B 火災における車両上部の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

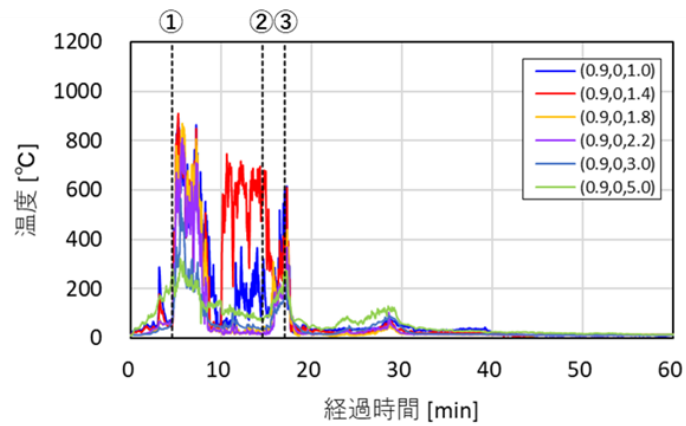


図 9-2 B 火災における車両側面の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

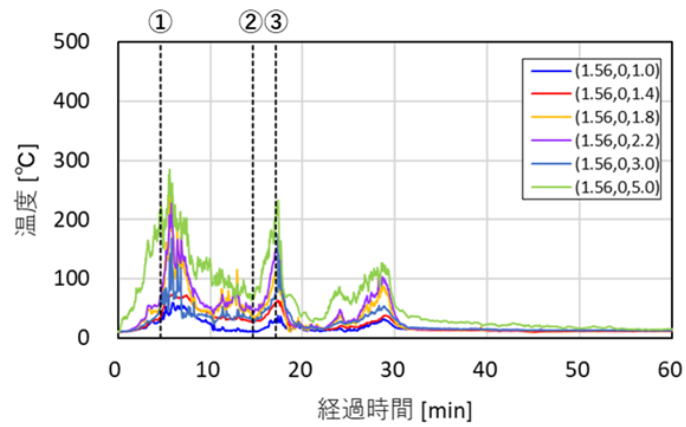


図 9-3 B 火災における隣接車両の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）

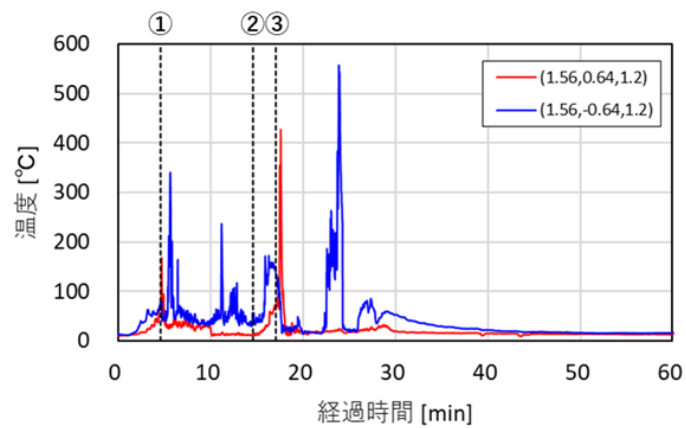


図 9-4 B 火災におけるミラー部分の温度の時間変化（令和 4 年度実験時）



図 10 実験後のミラーの状況（令和 6 年度実施時・B 火災）

- (2) 合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた実験（令和 6 年度実施）
 合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー泡）を用いた実験については、A 火災
 想定の実験のみとし、2 回実施した。

ア 実験状況について

時間経過に伴う実験状況は図 11-1 及び 11-2 並びに表 5-1 及び表 5-2 のとおりである。

泡消火設備を起動し泡水溶液の放射中は自動車周囲の輻射熱と温度は低下しており、周囲への延焼が抑制されていることが確認できた。



図 11-1 実験実施状況（令和 6 年度 1 回目実施時）



図 11-2 実験実施状況（令和 6 年度 2 回目実施時）

表 5-1 実験状況について（令和 6 年度 1 回目実験時）

時間 [分'秒"]	イベント	備考
0'00"	点火	
3'27"	運転席ドアガラス破壊	
4'25"	フロントガラスが 一部割れ火炎噴出	
4'02"	車室内温度が 定常的に 400 度超	
6'10"	フロントガラスが 全面的に破壊	
6'24"	泡消火設備放射開始	図 12-1 から図 13-2 における①に対応
16'24"	泡消火設備放射停止	図 12-1 から図 13-2 における②に対応
26'24"	実験終了	図 12-1 から図 13-2 における③に対応

表 5-2 実験状況について（令和 6 年度 2 回目実験時）

時間 [分'秒"]	イベント	備考
0'00"	点火	
15'00"	車室内温度が 定常的に 400 度超	
16'40"	助手席側後部座席のドア ガラスが一部割れ火炎噴出	
17'00"	リアガラスが一部 割れ火炎噴出	
24'20"	リアガラスが全面的に破壊	
27'30"	フロントガラスが 一部割れ火炎噴出	
28'55"	フロントガラスが 全面的に破壊	
29'00"	泡消火設備放射開始	図 12-1 から図 13-2 における①に対応
39'00"	泡消火設備放射停止	図 12-1 から図 13-2 における②に対応
49'00"	実験終了	図 12-1 から図 13-2 における③に対応

イ 輻射熱の時間変化

泡消火設備を起動し泡水溶液が放射された直後は輻射熱が上昇しているものの継続的に泡水溶液が放射され続けることで輻射熱が低下している。

また、泡消火設備を停止し泡水溶液の放射が停止以降は火災の再拡大に伴い輻射熱が上昇している。

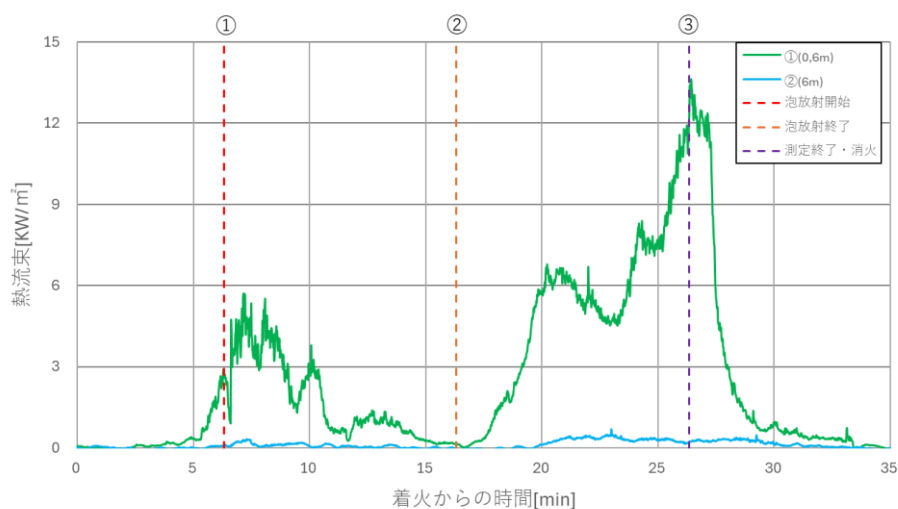


図 12-1 輻射熱の時間変化（令和 6 年度 1 回目実験時）

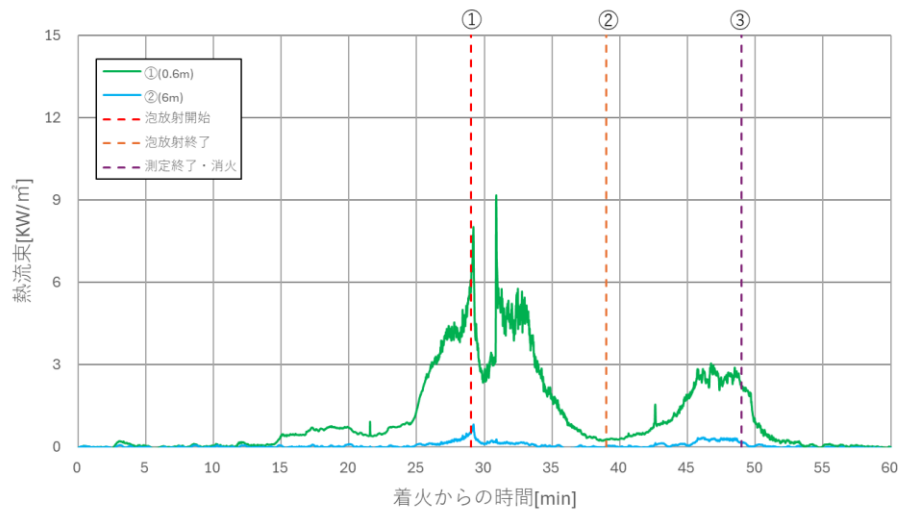


図 12-2 輻射熱の時間変化（令和 6 年度 2 回目実験時）

ウ 温度の時間変化

輻射熱と同様に、泡消火設備が起動中は温度が低下し、延焼が抑制されているが、泡消火設備停止後は火災の再拡大に伴い温度も上昇している。泡消火設備停止後は 10 分を経過するまでの間、温度が上昇し続けているが、ミラーは一部変形しているのみで溶融・着火は確認できなかった。

なお、1 回目の実験での車室内温度（④）については、実験中に計測機器が断線したため、途中から温度を計測できなかった（図 13-1 及び 13-2）。

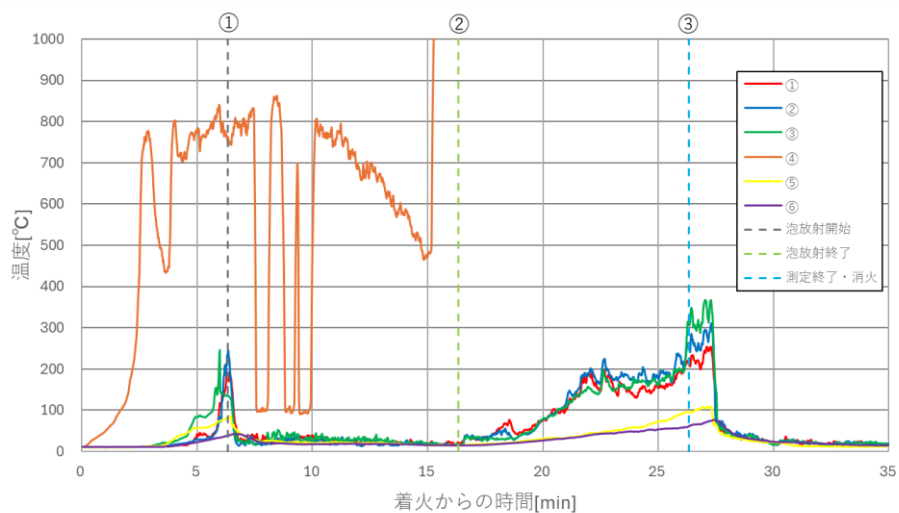


図 13-1 温度の時間変化（令和 6 年度 1 回目実験時）

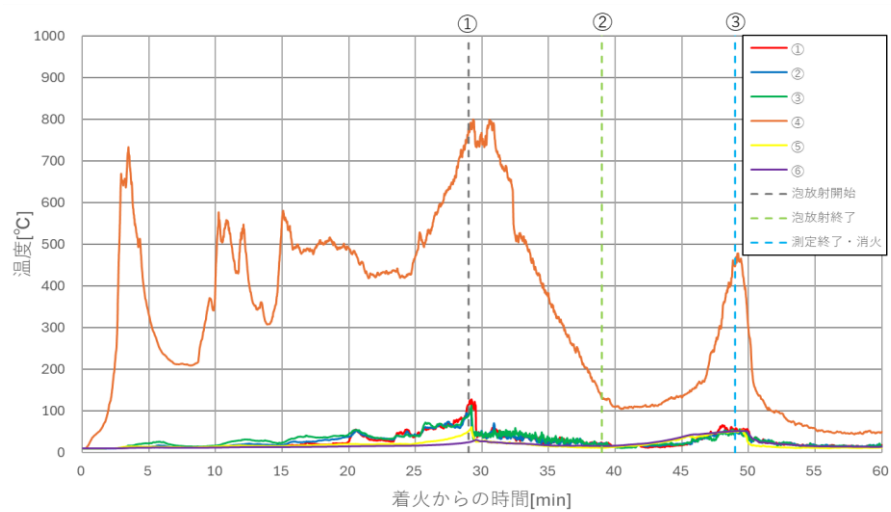


図 13-2 温度の時間変化（令和 6 年度 2 回目実験時）

【実験前】



【実験後】



図 14-1 実験後のミラーの状況（令和 6 年度 1 回目実施時）

【実験前】



【実験後】



図 14-2 実験後のミラーの状況（令和 6 年度 2 回目実施時）

○ 模型燃焼実験

1 火災模型の製作

資料 5 の令和 6 年度に実施した自動車の燃焼実験により得られた近年の自動車の燃焼性状を基に、消火設備の性能を確認するための簡易模型を製作した。

火災模型の材質は鋼製で、使用する可燃物はクリブとノルマルヘプタンとし、資料 5 の令和 6 年度の燃焼実験で使用した自動車を基に形状や及び開口部の寸法を設定する。

- (1) 車室内から出火し、開口部ができて延焼拡大する火災を想定した火災（以下「A 火災」という。）模型

A 火災模型については、以下の条件により製作することとする。

ア 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。なお、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×1,800mm」のものを使用し、数量や組み方は火災シミュレーション（FDS）の結果を踏まえて決定する。

イ 火災模型で目指すことは、資料 5 の令和 6 年度に実施した A 火災想定燃焼実験の発熱速度のピーク（約 8.7MW）と当該ピーク前後における発熱速度の継続時間（75－80 分の 5 分間）の再現とする。

ウ 車体による散水障害が発生することを再現する。

エ 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。

- (2) 燃料が漏れ車両下部から出火し延焼拡大する火災を想定した火災（以下「B 火災」という。）模型

B 火災模型については、以下の条件により製作することとする。

ア 車両底部は平面を想定し、漏洩した燃料に泡水溶液が到達するようオイルパンの縁と同じ高さに床面を設置する。

イ 漏洩した燃料の形状は円形（直径 1 m のオイルパン）とし、ノルマルヘプタンの量は燃料タンクの燃料が全て漏洩することを想定して 45 L とする。

ウ 火災模型で目指すことは、資料 5 の令和 6 年度に実施した B 火災想定燃焼実験の発熱速度のピーク（約 10.2MW）と当該ピーク前後における発熱速度の継続時間（5－10 分の 5 分間）の再現とする。なお、A 火災模型で再現しようとする発熱速度のピーク（約 8.7MW）とノルマルヘプタンを 45 L 入れたオイルパンの発熱速度（約 2 MW）の合計と概ね一致していることから、クリブの本数及び組み方については A 火災模型と同様のものとする。

エ 開口部の条件については、A 火災模型と同様の形状とする。

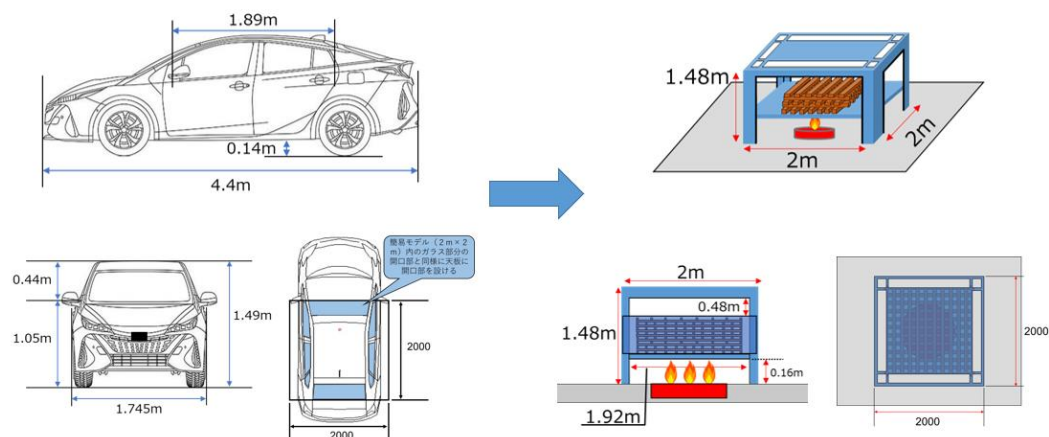


図1 火災模型製作のイメージ図

(3) 火災シミュレーション

資料5の令和6年度に実施した自動車の燃焼実験で得られた発熱速度のピークと継続時間をA火災模型及びB火災模型でそれぞれ再現するため、火災模型内に設置するクリブの量を火災シミュレーションを用いて求める。

ア シミュレーションの条件

シミュレーションの条件は、以下のとおりとする。

- ・ 計算領域は $4.4\text{m} \times 4.4\text{m} \times 4.4\text{m}$ 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 $2\text{m} \times 2\text{m} \times 1.48\text{m}$ の直方体とする。
- ・ 開口部条件は資料5で用いた実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火災で使用するノルマルヘブタンは45Lとする。
- ・ クリブの含水率は13%とする。

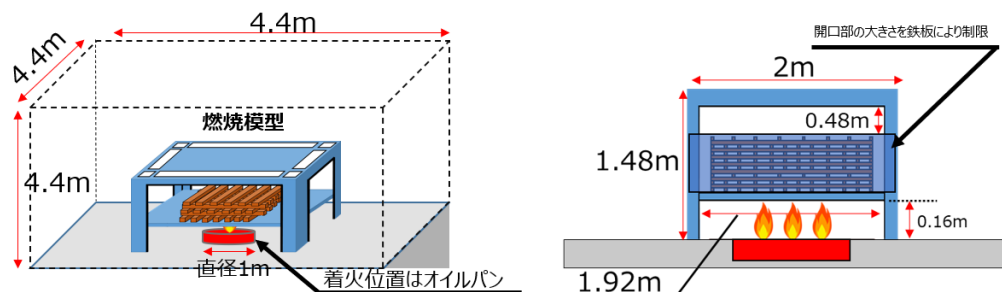


図2 火災模型のシミュレーション条件

イ シミュレーションの結果

図3のとおり14段、15段及び17段のシミュレーション結果から、クリブを

1 段 12 本を基本とし 15 段積む（クリブの燃焼に伴う熱気流が上部にすり抜けることを防止してクリブの燃焼拡大を促し、自動車の燃焼性状を再現するため 5 段目、10 段目及び 15 段目のみ 8 本とする。） こととする。

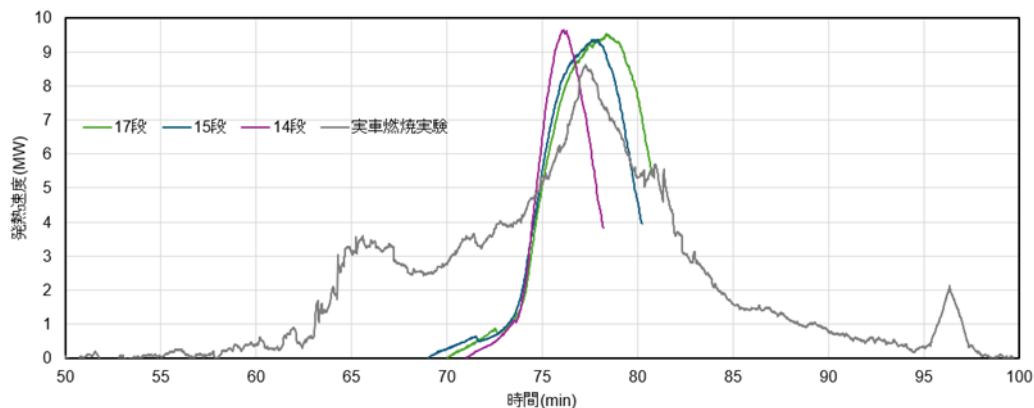


図3 火災シミュレーションの結果

ウ シミュレーションに基づくクリブの量と組み方

上記シミュレーションの結果からクリブは図4のとおりとする。

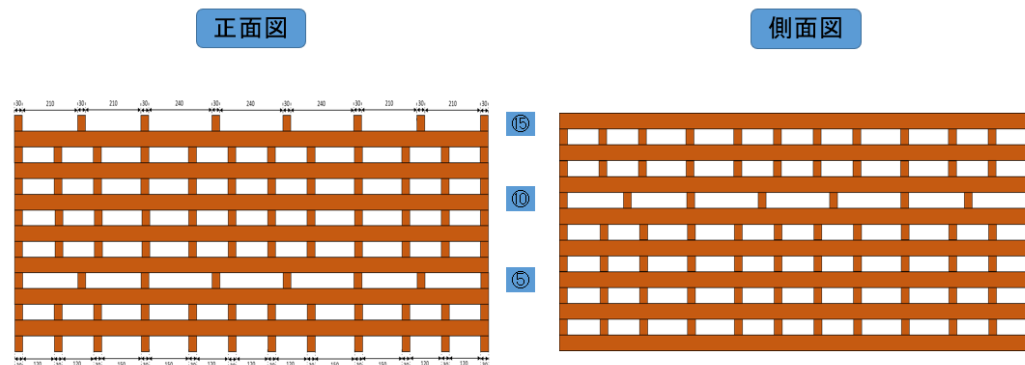


図4 火災シミュレーションに基づくクリブの量及び組み方

2 火災模型の燃焼実験

(1) 目的

上記火災シミュレーションに基づき製作した火災模型について、自由燃焼させた場合の発熱速度のピーク及び当該ピークの継続時間が自動車の燃焼実験と概ね一致するかを確認するための燃焼実験を実施した。

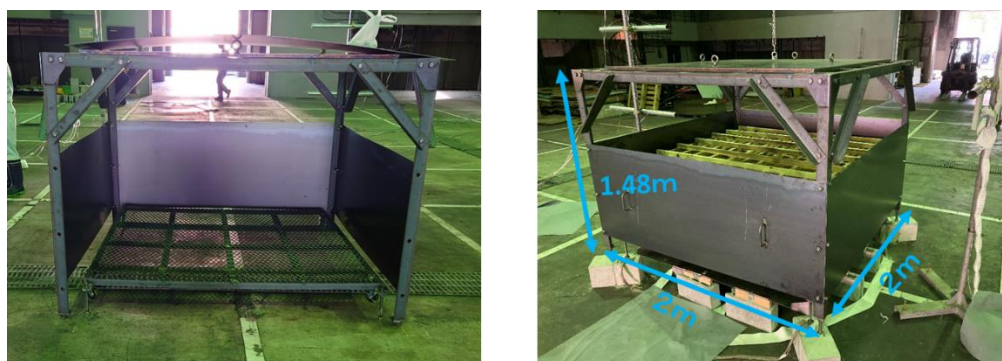


図5 製作した火災模型

(2) 実験条件

火災模型周囲の発熱速度、輻射熱及び温度を図4に基づき計測する。

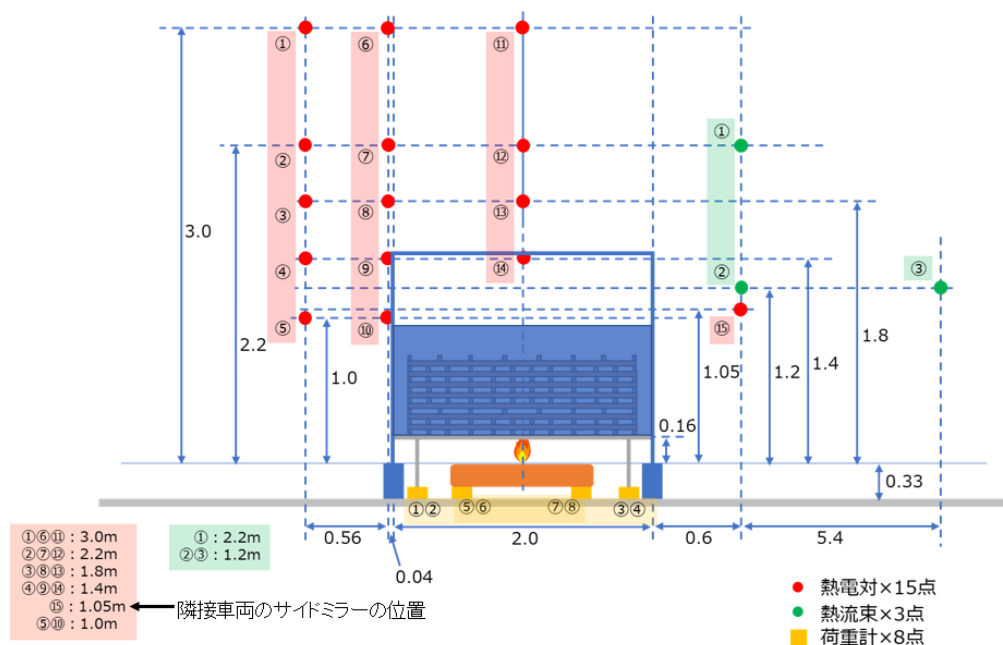


図6 簡易模型の燃焼実験に係る測定機器の位置

(3) 実験結果

ア A 火災模型

A 火災模型の燃焼実験で計測したデータと資料5の令和6年度に実施した自動車の燃焼実験で計測したデータの比較は以下のとおりである。

(7) 発熱速度

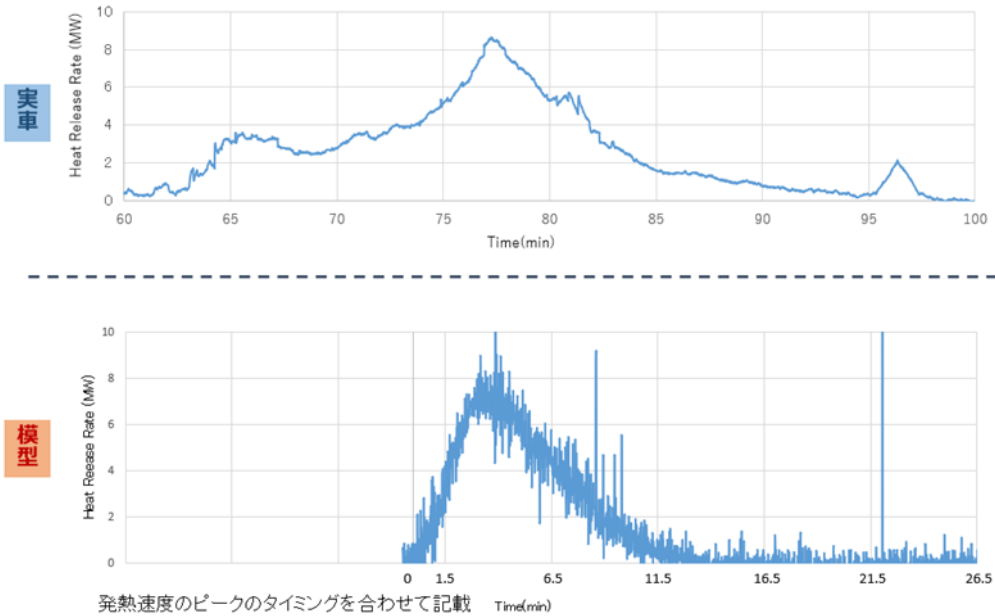


図7 A 火災模型と自動車における燃焼実験の発熱速度の比較

(4) 輻射熱

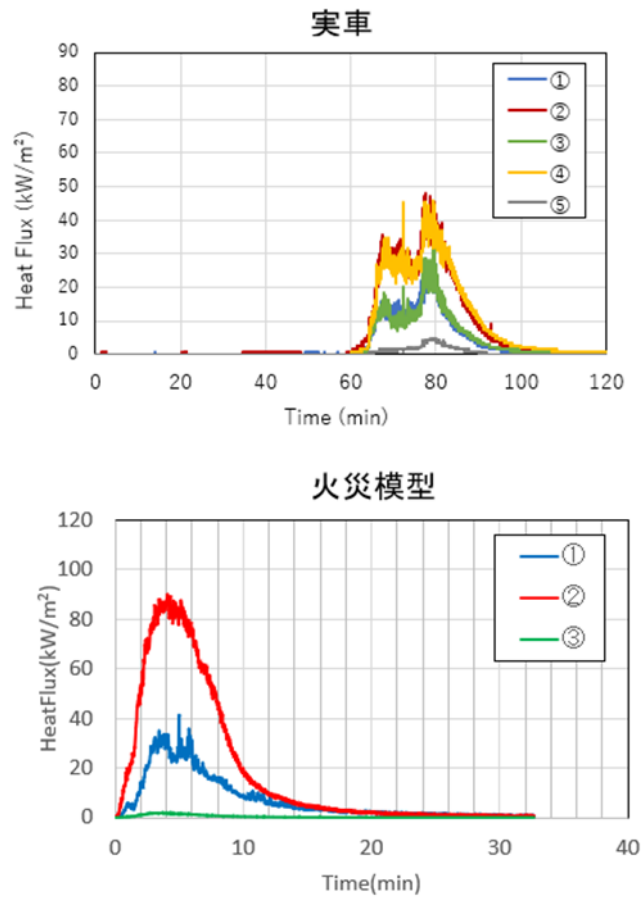


図8 A 火災模型と自動車における燃焼実験の輻射熱の比較

(ウ) 温度

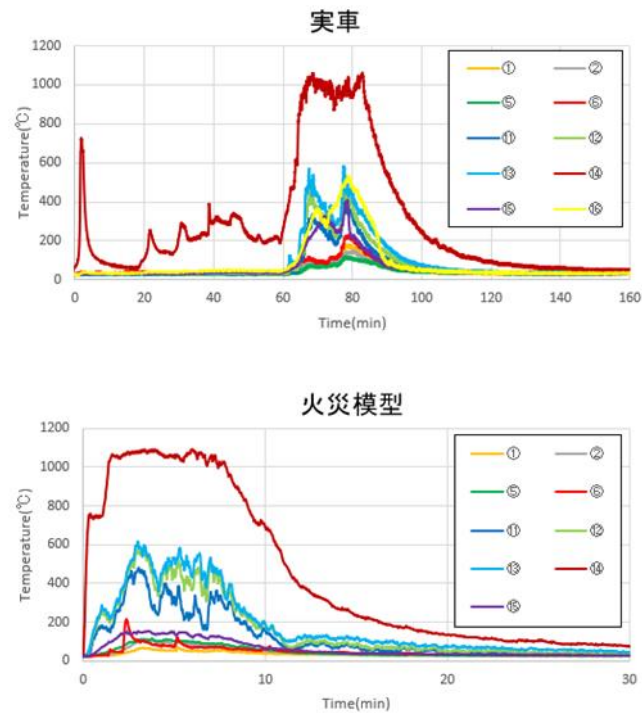


図9 A 火災模型と自動車における燃焼実験の温度の比較

イ B 火災模型

B 火災模型の燃焼実験で計測したデータと資料5の令和6年度に実施した自動車の燃焼実験で計測したデータの比較は以下のとおりである。

(ア) 発熱速度

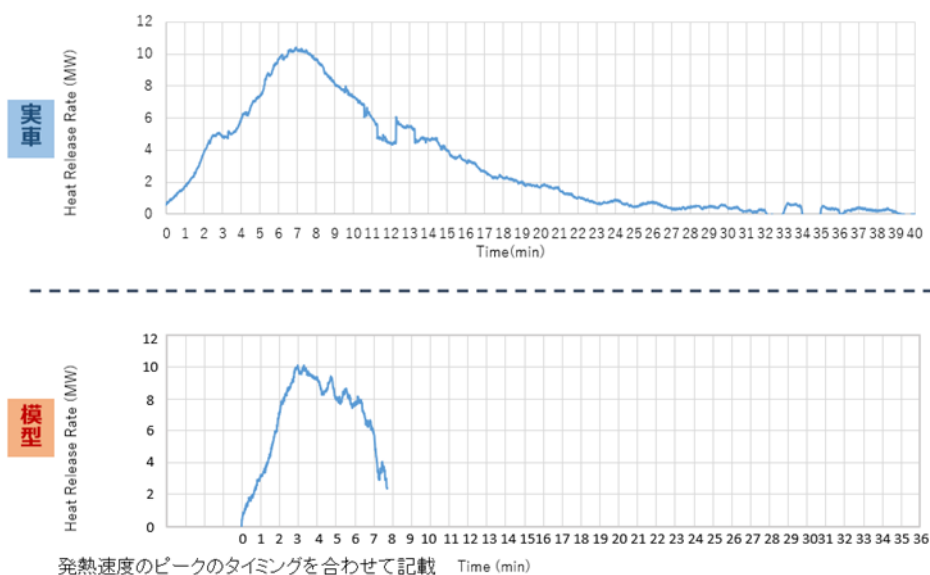


図10 B 火災模型と自動車における燃焼実験の発熱速度の比較

(イ) 輻射熱

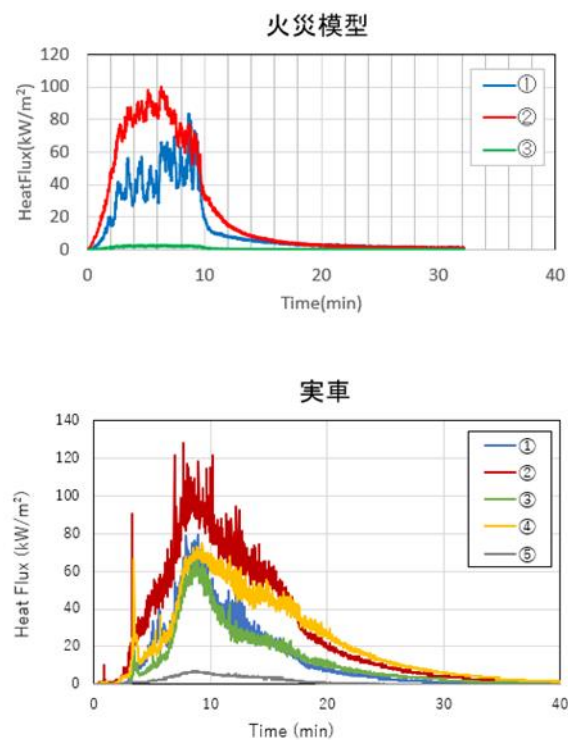


図 11 B 火災模型と自動車における燃焼実験の輻射熱の比較

(ウ) 温度

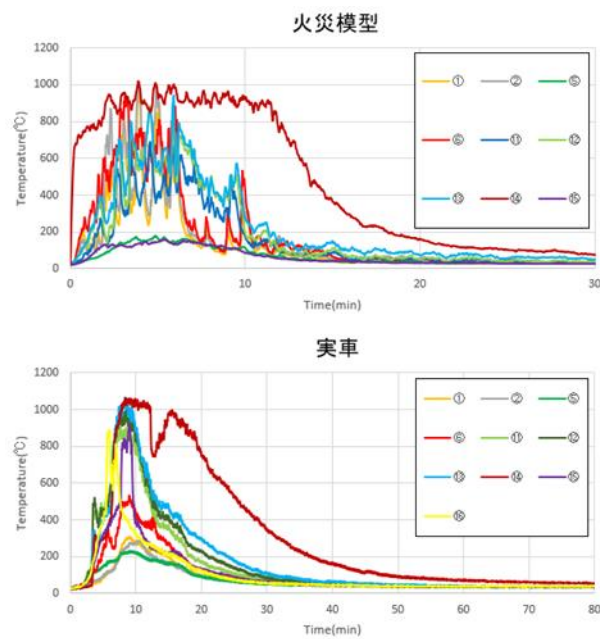


図 12 B 火災模型と自動車における燃焼実験の温度の比較

(4) 考察

火災模型と自動車の燃焼性状を比較すると、発熱速度のピークと継続時間は概ね再現できているが、ピークへの立ち上がり速度が自動車より火災模型の方が速く、燃え尽きるまでの時間も自動車より火災模型の方が短くなっている。

上記の燃焼性状の違いが生じる理由として、自動車の燃焼において A 火災想定では特に窓ガラスが割れるまでは換気支配型であり燃焼が比較的緩やかに展開するが、火災模型では窓が始めから全壊した状態であるため、燃焼速度が速くなると考えられる。

○ 模型消火実験

1 目的

資料 7 で製作した火災模型を用いて、既存の水成膜泡消火薬剤と PFAS を含まない合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー）の消火・延焼抑制性能についてそれぞれ確認し、泡消火設備に求められる性能の比較検討を行う。

2 実験条件

火災模型を用いた消火実験における実験条件等は表 1 及び図 1 のとおり。

表 1 火災模型を用いた消火実験における実験条件

項目	条件	備考
フォームヘッド	性能評定品	r=2.1m,35L/min/個
ヘッド高さ	仮想床から3.0m	
ヘッド間距離	3.0m	正方配置における最大間隔
放射圧	0.25MPa	下限放射圧
消火薬剤	水成膜泡3%希釈液（検定品） 合成界面活性剤泡（フッ素フリー）3%希釈液	
放射開始時間	点火開始 1 分後	
放射時間	10 分間	計測機器への影響等を考慮し、実験の継続が困難であると判断した場合は、その時点まで計測を実施する。
計測時間	放射開始20分後まで	
燃料	ノルマルヘブタン	A 火災：1.5L B 火災：45L
敷水	45L	

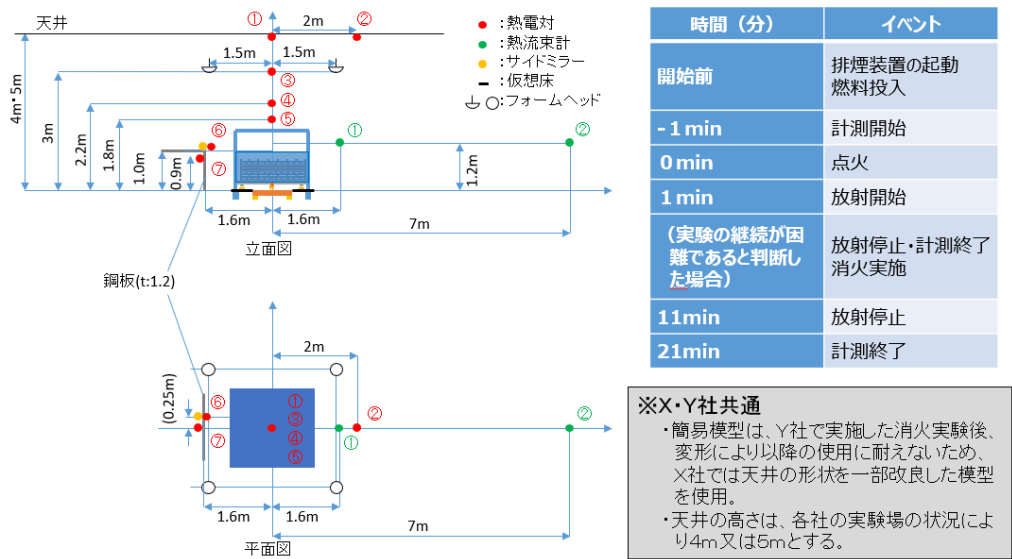


図 1 火災模型を用いた消火実験における実験レイアウト及びタイムテーブル

3 実験結果

(1) X社での実験結果

ア A 火災模型

(ア) 水成膜泡消火薬剤

A 火災模型において水成膜泡消火薬剤を用いた泡消火設備の消火実験の状況及び結果は以下のとおり。



図2 実験実施状況（A火災模型・水成膜泡消火薬剤）

a 輻射熱の時間変化

輻射熱の計測状況及び時間変化は図3及び4のとおりである。泡消火設備起動後は輻射熱の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認できる。

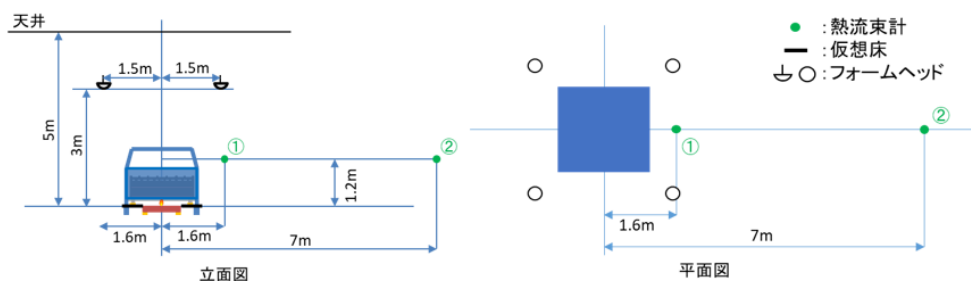


図3 輻射熱の計測状況（A火災模型共通）

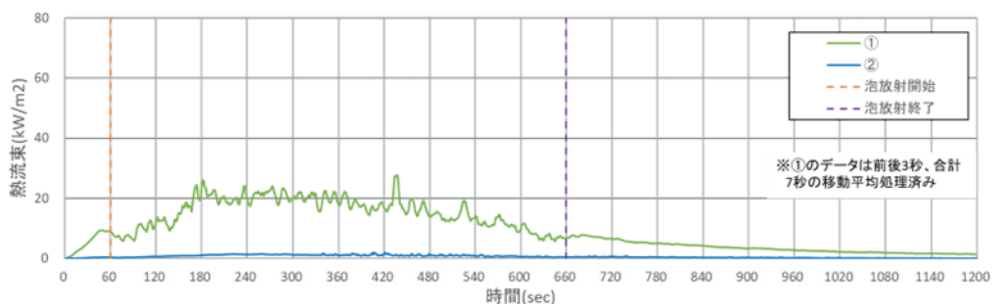


図4 輻射熱の時間変化（A火災模型・水成膜泡消火薬剤）

b 温度の時間変化

温度の計測状況及び時間変化は図5及び6のとおりである。温度変化についても、泡消火設備起動後は温度の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認できる。また、泡消火設備の放射停止後は、温度が上昇しているが、ミラーにはほぼ変化が見られなかった（図7）。

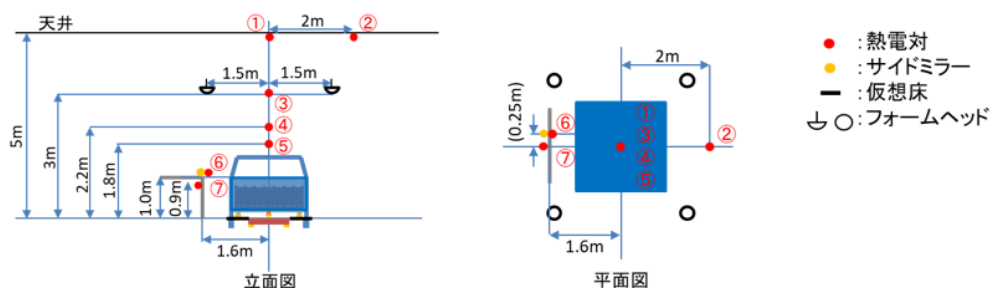


図5 温度の計測状況（A 火災模型共通）

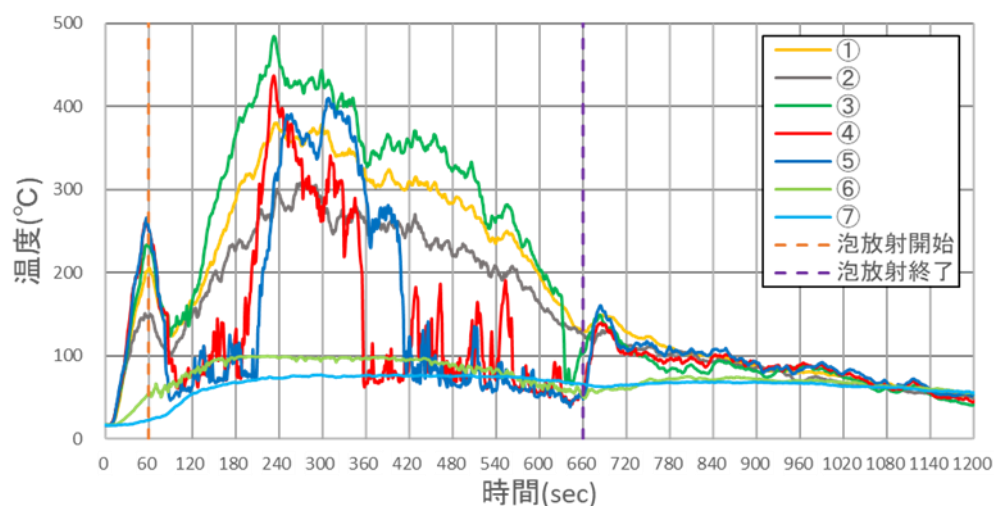


図6 温度の時間変化（A 火災模型・水成膜泡消火薬剤）

【実験前】



【実験後】



図7 実験前後のミラー状況（A 火災模型・水成膜泡消火薬剤）

(イ) 合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー）

A 火災模型において合成界面活性剤泡消火薬剤（フッ素フリー）を用いた泡消火設備の消火実験の状況及び結果は以下のとおり。



図8 実験実施状況（A火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤）

a 輻射熱の時間変化

輻射熱の時間変化は図9のとおりである。泡消火設備起動後は輻射熱の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認でき、水成膜泡消火薬剤を用いた場合と概ね同じ傾向となっている。

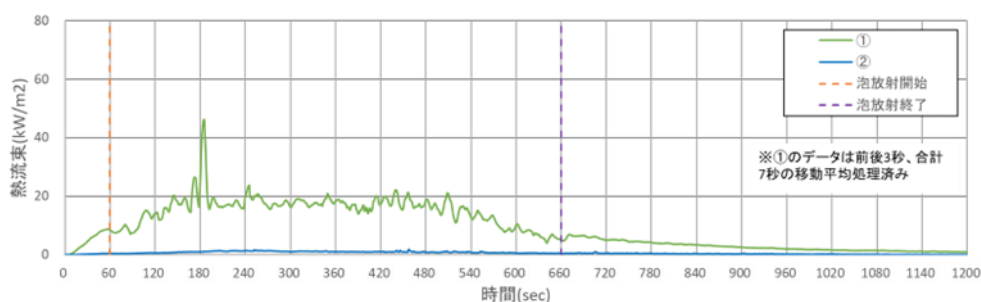


図9 輻射熱の時間変化（A火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤）

b 温度の時間変化

温度の時間変化は図10のとおりである。温度変化についても、泡消火設備起動後は温度の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認でき、水成膜泡消火薬剤を用いた場合と概ね同じ傾向となっている。また、泡消火設備の放射停止後は、温度が上昇しているが、ミラーにはほぼ変化が見られなかった（図11）。

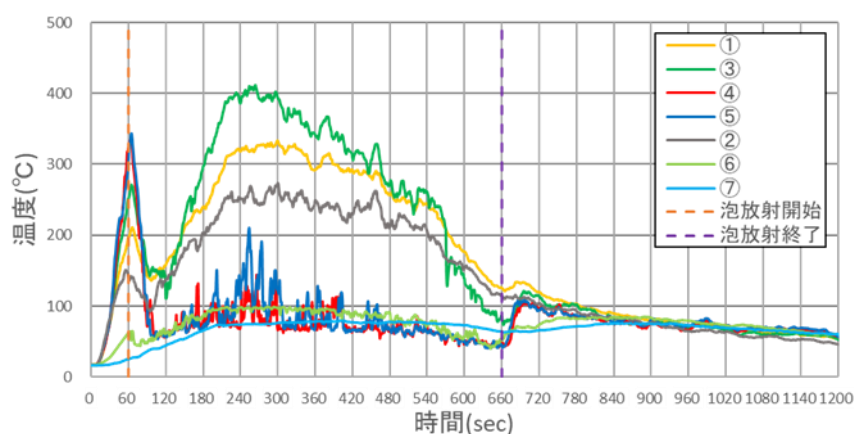


図 10 温度の時間変化（A 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤）

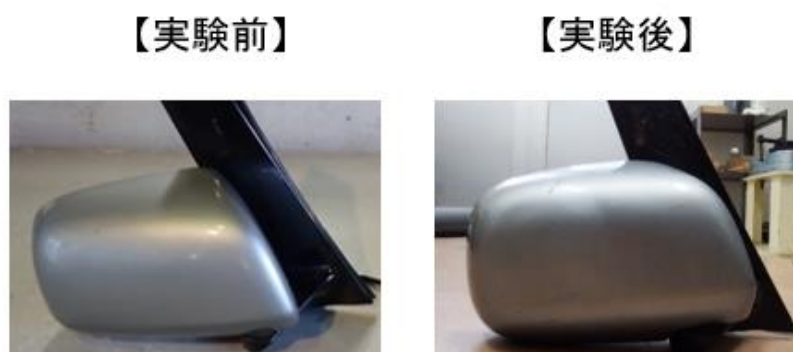


図 11 実験前後のミラー状況（A 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤）

イ B 火災模型

(ア) 水成膜泡消火薬剤

B 火災模型において水成膜泡消火薬剤を用いた泡消火設備の消火実験結果は以下のとおり。



図 12 実験実施状況（B 火災模型・水成膜泡消火薬剤）

a 輻射熱の時間変化

輻射熱の計測状況及び時間変化は図 13 及び 14 のとおりである。泡消火設備起動後は輻射熱の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認できる。

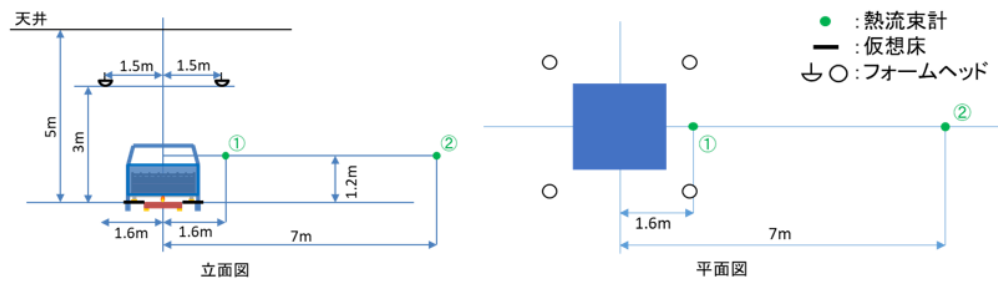


図 13 輻射熱の測定状況（B 火災模型共通）

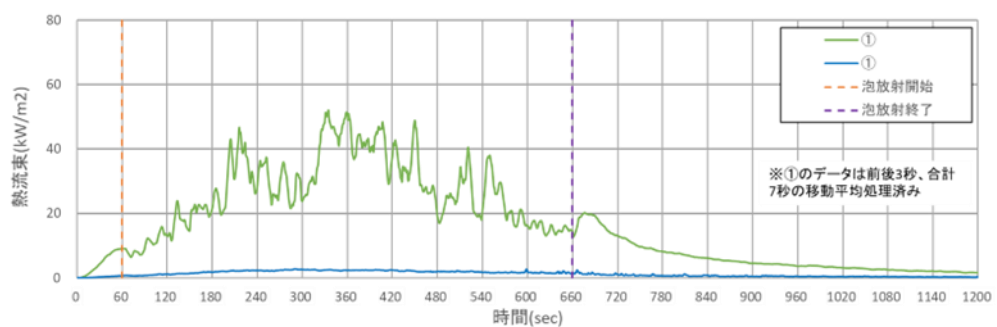


図 14 輻射熱の時間変化（B 火災模型・水成膜泡消火薬剤）

b 温度の時間変化

温度の計測状況及び時間変化は図 15 及び 16 のとおりである。温度変化についても、泡消火設備起動後は温度の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認できる。また、泡消火設備の放射停止後は、温度が上昇しているが、ミラーが一部溶融している程度で着火はしていない（図 17）。

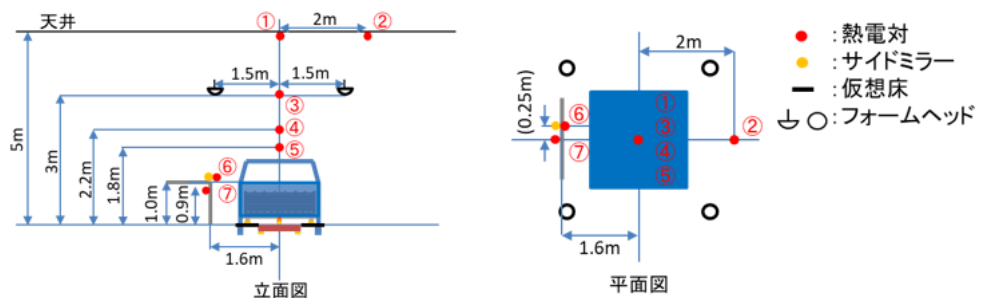


図 15 温度の測定状況（B 火災模型共通）

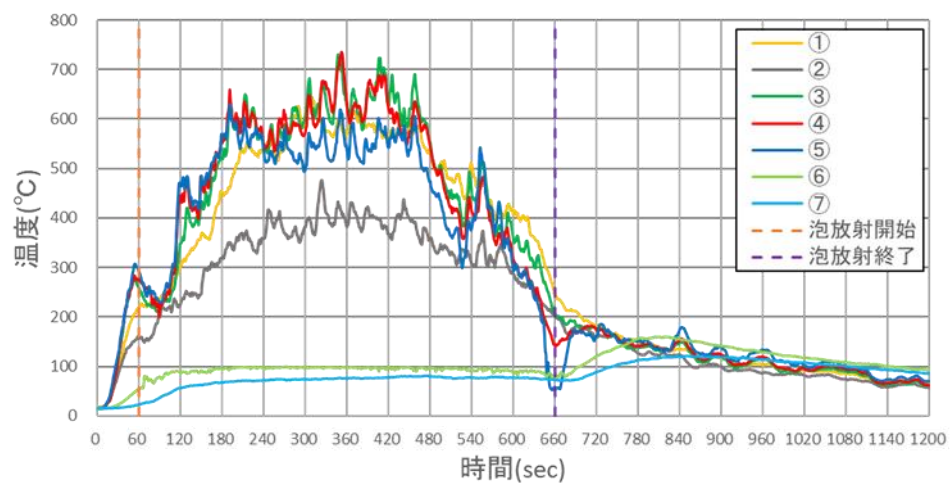


図 16 温度の時間変化 (B 火災模型・水成膜泡消火薬剤)

【実験前】

【実験後】



図 17 実験前後のミラー状況 (B 火災模型・水成膜泡消火薬剤)

(4) 合成界面活性剤泡消火薬剤 (フッ素フリー)

B 火災模型において合成界面活性剤泡消火薬剤 (フッ素フリー) を用いた泡消火設備の消火実験の状況及び結果は以下のとおり。



図 18 実験実施状況 (B 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤)

a 輻射熱の時間変化

輻射熱の時間変化は図 19 のとおりである。泡消火設備起動後は輻射熱の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認でき、水成膜泡消火薬剤を用いた場合と概ね同じ傾向となっている。

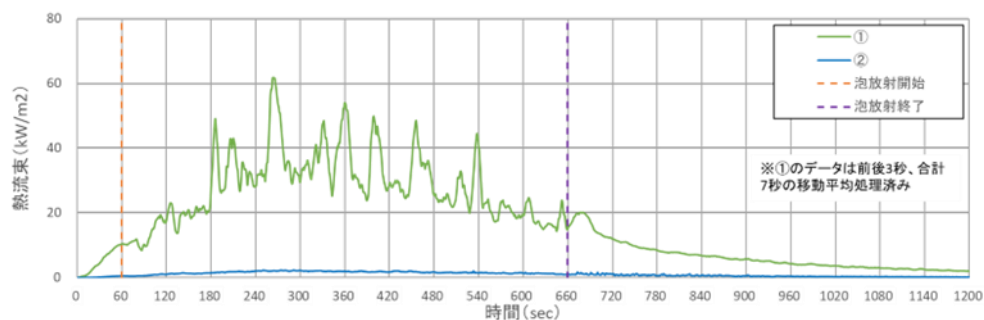


図 19 輻射熱の時間変化 (B 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤)

b 温度の時間変化

温度の時間変化は図 20 のとおりである。温度変化についても、泡消火設備起動後は温度の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認でき、水成膜泡消火薬剤を用いた場合と概ね同じ傾向となっている。また、泡消火設備の放射停止後は、温度が上昇しているが、ミラーが一部溶融している程度で着火はしていない (図 21)。

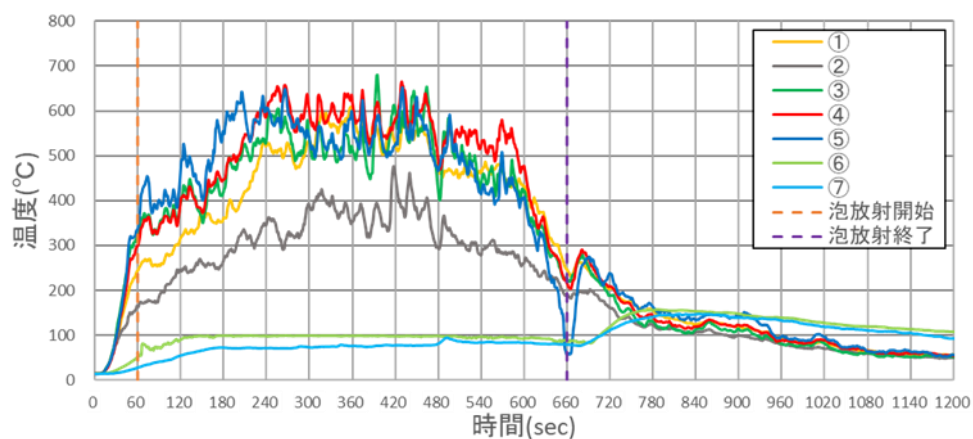


図 20 温度の時間変化 (B 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤)



図 21 実験前後のミラー状況（B 火災模型・合成界面活性剤泡消火薬剤）

(2) Y 社での実験結果

Y 社で実施した実験については、1 回目の A 火災模型を用いた水成膜泡消火薬剤の実験で実験場の計測終了条件に該当し実験を終了したため、以降の A 火災模型を用いた合成界面活性剤泡消火薬剤の実験と B 火災模型を用いた実験については実施せず。

A 火災模型において水成膜泡消火薬剤を用いた泡消火設備の消火実験の状況及び結果は以下のとおり。



図 22 実験実施状況（A 火災・水成膜泡消火薬剤）

ア 輻射熱の時間変化

輻射熱の計測状況及び時間変化は図 23 及び 24 のとおりである。泡消火設備起動後も輻射熱が上昇しており、着火から約 180 秒で定常燃焼となっている。また、着火から 311 秒時点で実験場の計測終了条件に該当したため、人手による消火を実施している。

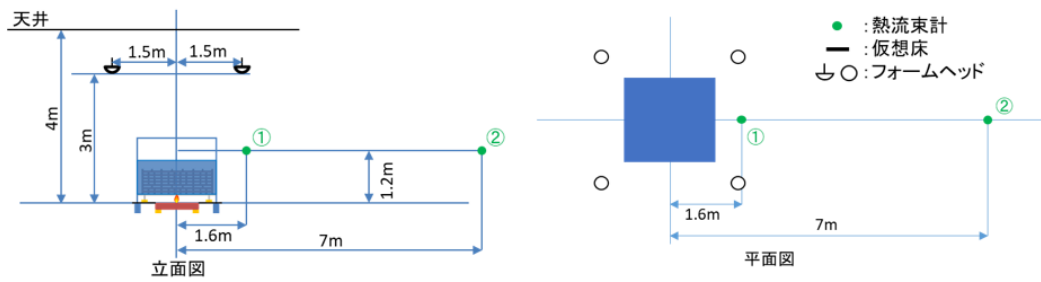


図 23 輻射熱の測定状況 (A 火災模型)

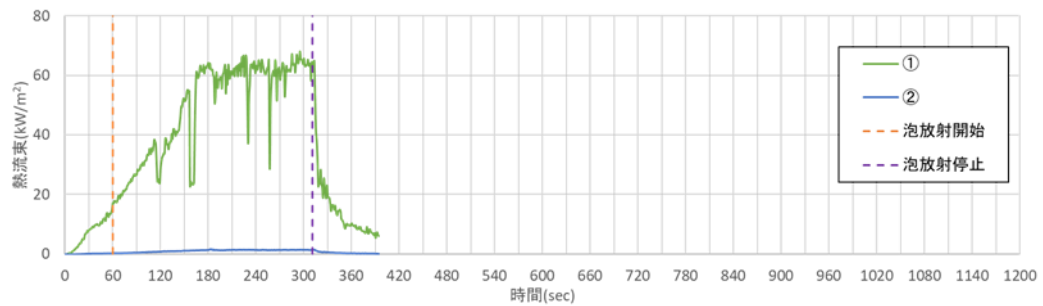


図 24 輻射熱の時間変化 (A 火災・水成膜泡消火薬剤)

イ 温度の時間変化

温度の計測状況及び時間変化は図 25 及び 26 のとおりである。泡消火設備起動後は温度の上昇が緩慢になっており、隣接車両への延焼が抑制されていることが確認できる。また、泡消火設備の放射停止後は、温度が上昇しているが、ミラーにはほぼ変化が見られなかった (図 27)。

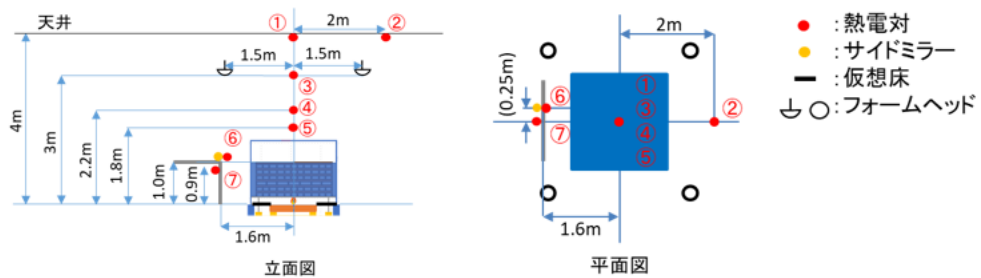


図 25 温度の測定状況 (A 火災模型)

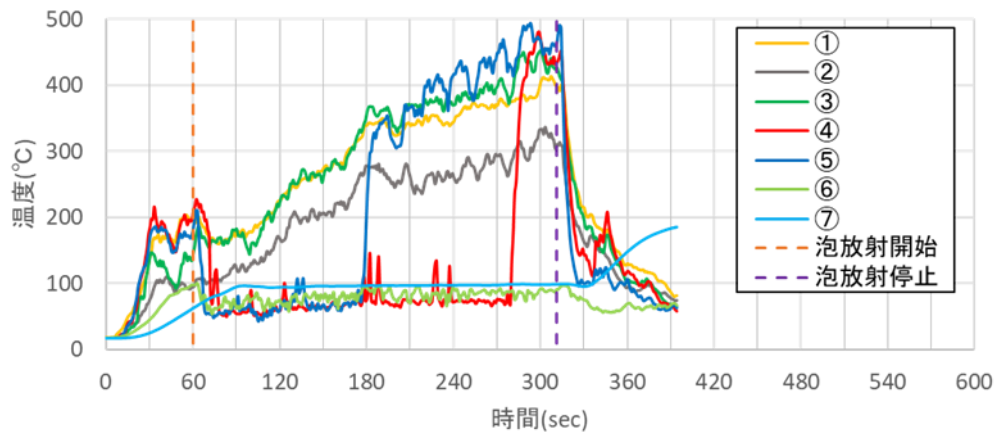


図 26 温度の測定状況 (A 火災模型・水成膜泡消火薬剤)



図 27 実験前後のミラー状況 (A 火災模型・水成膜泡消火薬剤)

4 考察

火災模型は自動車の発熱速度のピーク前後（10 分間）の燃焼性状は概ね再現できており、火災模型を用いた消火実験の結果から泡消火設備を作動させた場合においてフォームヘッドより下の泡消火薬剤がかかる部分についてはピーク前後における延焼抑制性能を有していることが確認できた。一方で、フォームヘッドより上の泡消火薬剤がかからない部分については温度が上昇していることから、天井の不燃化等の配慮が必要であると考えられる。なお、火災模型の燃焼は 10 分程度で減衰するため、現行基準の泡放射時間である 10 分以後の性能までは確認できなかった。

また、火災模型を用いた消火実験では、実験後の火災模型の損傷が大きく 4 回程度で造り直す必要があることや実験場の制約（耐熱、排煙能力等）により実験自体の実施が困難な場合もあることから、火災模型については自動車の燃焼のピーク前後の火熱に対する泡消火設備の有効性について本実験における確認用のものとして位置づけることが適当であると考えられる。

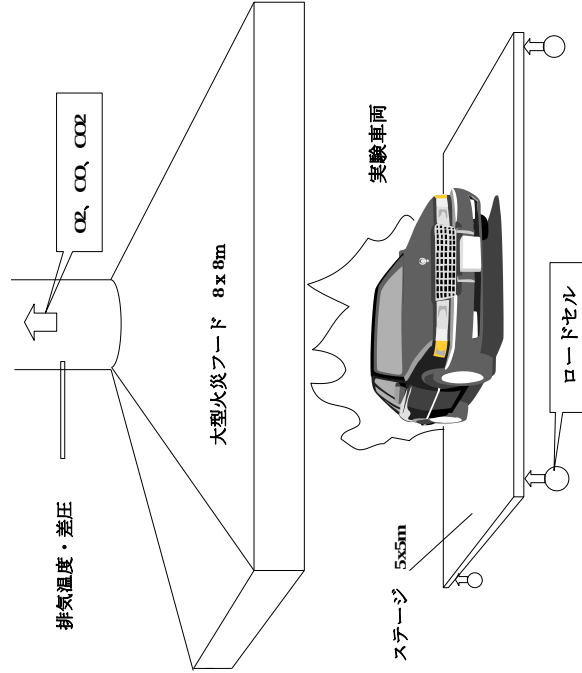


車両の大小による発熱速度

一般財団法人 日本自動車研究所
電動モビリティ研究部
田村陽介

方法

オートバイ、軽自動車、SUV、大型車（ガソリン車）の熱量計を使用した車両燃焼実験が実施（参考文献1-3）。これらの報告書から、可燃物の重量、総発熱量、単位重量当発熱量、総発熱量/燃焼時間に関する車両の大きさ（車重の大小）の影響を導いた。

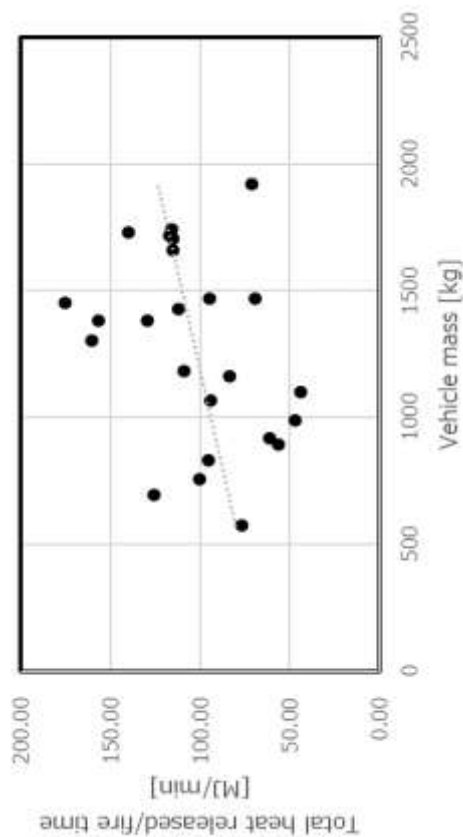
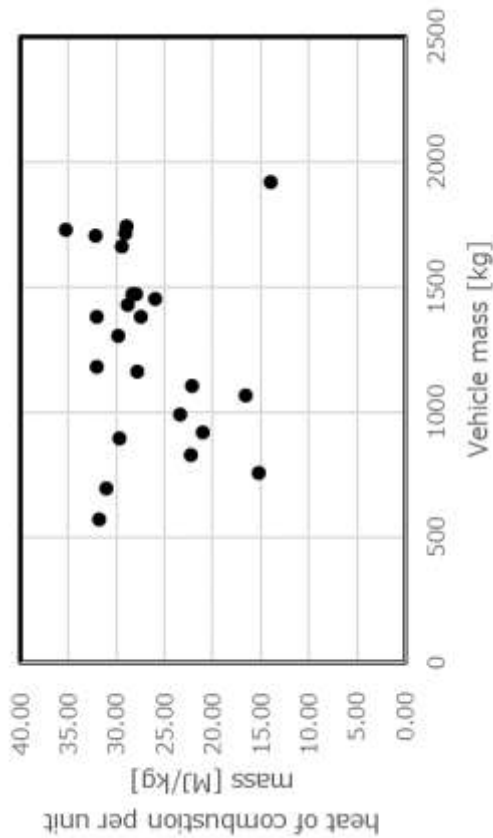
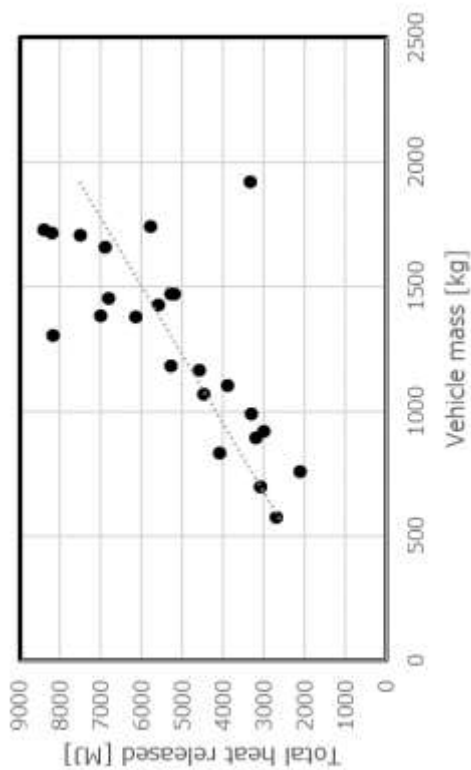
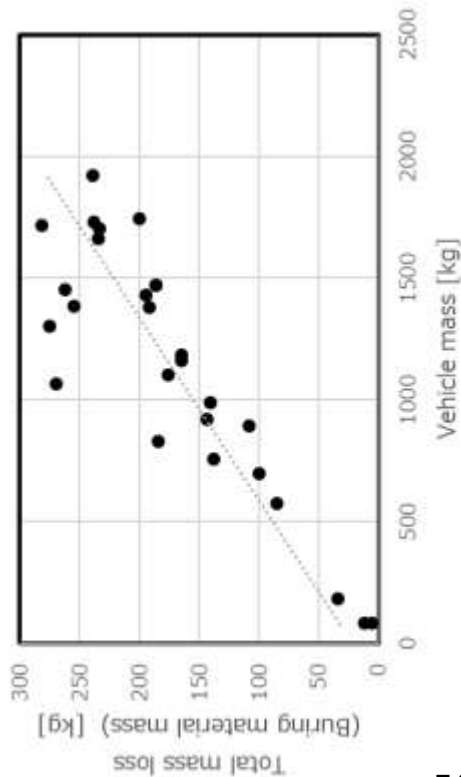


Ref.

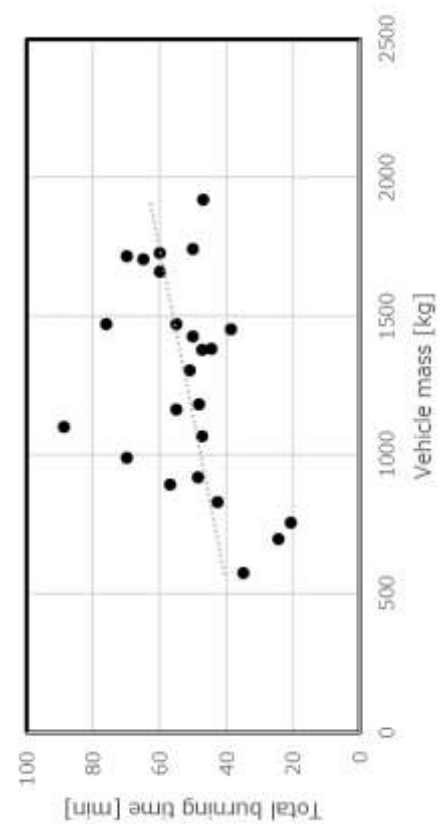
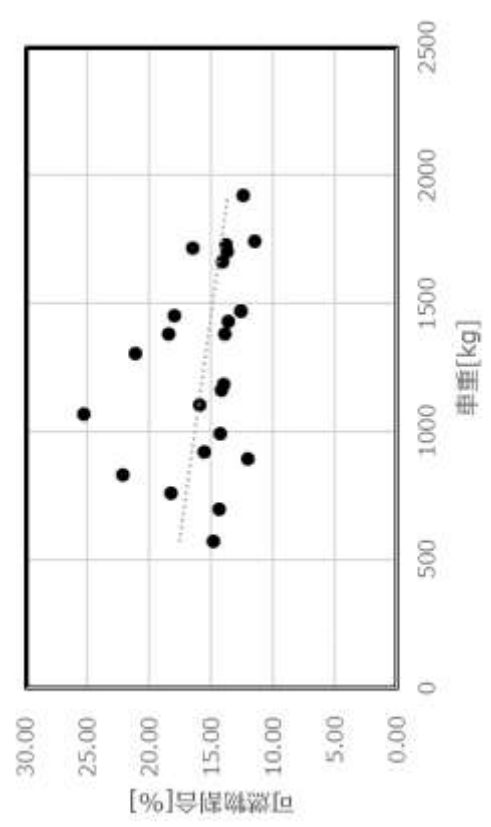
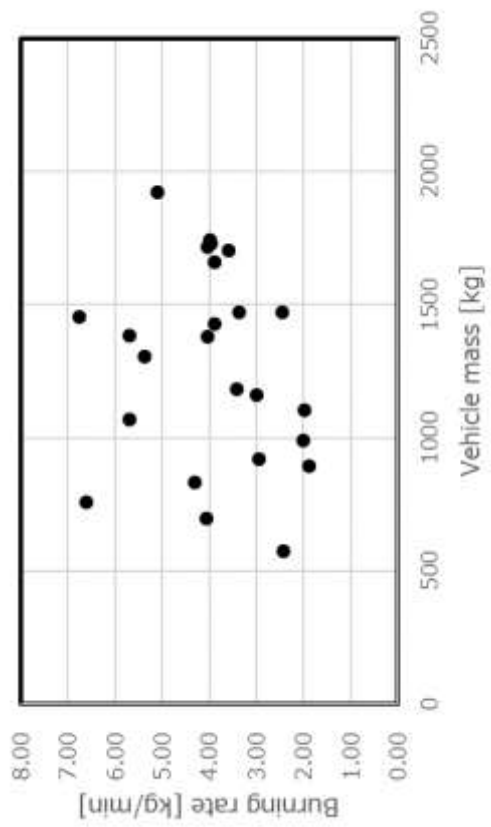
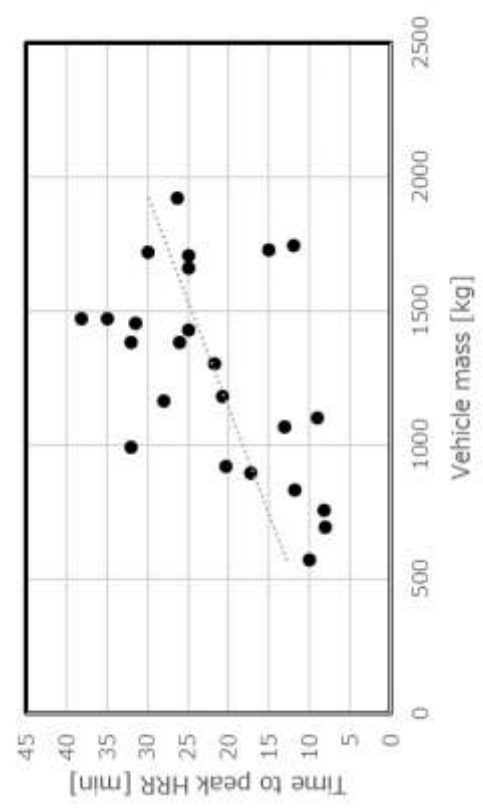
- 1)SwRI, Development of a full-scale calorimeter tests of motor vehicle burns, Motor vehicle fire research institute, 2008.
- 2) Hideaki Masuda, Fire resistant design method for structural members under automobile fire, <https://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h16/txt/05-3.pdf>
- 3)Norichika Kakae, Effect of engine displacement and motorbike types on their burning behavior, Japan association for fire science and engineering ,vol.59,No.1(2009)

車両火災による車両の大小影響(結果)

EVは 6.4GJ(1500kg)



車両火災による車両の大小影響(結果)



2. 燃料タンク漏れ量と穴の大きさの関係

2.1 目的

燃料タンクに穴が開いた場合，どの程度の量のガソリンが漏れるかを調べる．

2.2 理論

燃料タンクに穴が開いた場合の燃料漏れ速度を考える。タンクの穴が円形であり、タンクの液面降下速度がほとんど変化しないと仮定すれば、以下に示すベルヌーイの定理からの漏れ速度を算出することができる。

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B \quad (2.1)式$$

より、

$$V_B = \sqrt{2g \left(\frac{P_A - P_B}{\rho g} + H \right)} \quad (2.2)式$$

ここで、添え字 A はタンク内の液面上部、添え字 B は流出部の状態を示し、 P は圧力、 V は流速、 Z は高さであり、 H は位置ヘッド ($=Z_A - Z_B$) である。

ここで、図 2 に示される燃料タンクからガソリンが漏れた場合を考える。

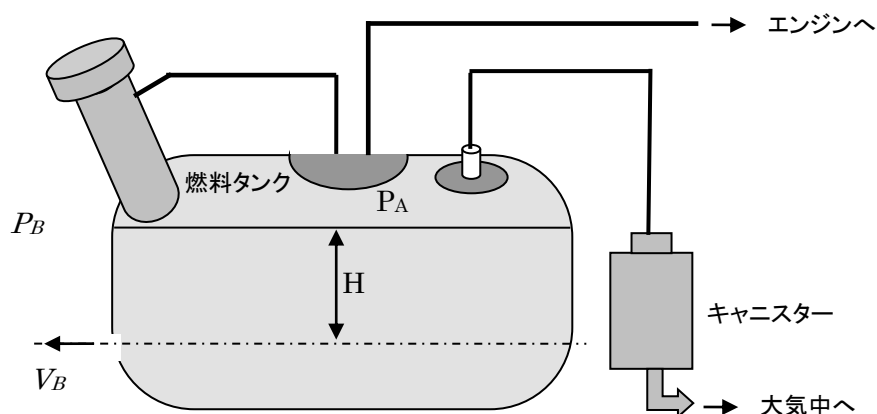


図2 燃料タンクからのガソリン漏れ

タンク内の圧力 P_A が大気圧 P_B と同じであると仮定 ($P_A = P_B$) すると、(2.2)式は、

$$V_B = \sqrt{2gH} \quad (2.3)式$$

となる。

タンク内の燃料が漏れる流量 Q [m^3/s] は

$$Q = \alpha A V_B = \alpha \frac{\pi R^2}{4} V_B \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.4)\text{式}$$

で表される。ここで、 α は流量係数、 R は孔の直径[m]である。

$1\text{m}^3=1000\text{L}$ であるので、流量を $[\text{m}^3/\text{s}]$ から $[\text{L}/\text{s}]$ に換算し、かつ式(2.3)を代入すると、

$$Q = 1000\alpha \frac{\pi R^2}{4} V_B = 1000\alpha \frac{\pi R^2}{4} \sqrt{2gH} \quad [\text{L}/\text{s}] \quad (2.5)\text{式}$$

となる。なお、実際には流体の粘性や縁などの荒さの影響により流量係数 $\alpha < 1$ がある。

(ここでは、タンク内の圧力 P_A が大気圧 P_B と同じであると仮定したが、実際には、燃料タンク内はガソリン蒸気圧で加圧されている。この場合、 P_A にはそのタンク内の圧力（絶対圧）を入れ、 P_B には大気圧を式(2.2) に代入し、 V_B を解く。)

<例題>

縦 0.6m × 横 1.2m の燃料タンク内にガソリンが 40L 入っている。燃料タンクの真下に直径 0.00371m (3.71mm) の孔が空いた際、ガソリンが初期に漏れる量はどの程度であるか。ただし、流量係数は 1 とする。

解答)

燃料タンクの底面積は

$$\text{縦 } 0.6\text{m} \times \text{横 } 1.2\text{m} = 0.72\text{m}^2$$

となる。ガソリン $40\text{L}=0.04\text{m}^3$ が入っているので、燃料タンク底面からガソリン液面までの高さは

燃料タンク底面からガソリン液面までの高さ=燃料の量/底面積= $0.04/0.72=0.056\text{m}$ となる。式 (5) に代入すると、

$$Q = 1000\alpha \frac{\pi R^2}{4} \sqrt{2gH} = 1000 \times 1 \times \frac{3.14 \times 0.00371^2}{4} \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.056} = 0.0113 \text{ [L/s]}$$

すなわち、一秒間に 0.0113L (11.3mL)、一分間では約 0.68L 漏れる ($680\text{cc}/\text{min}$) ことになる。



この流量で燃料漏れ火災が発生すると、どうなるのか？



実験開始



実験開始3秒後

ガソリン漏れ量
680cc/min



実験開始1分後

火炎が大きく拡大し始める



実験開始1分30秒後

火炎は車両底部投影面と
ほぼ同じ規模になる



実験開始2分20秒後

火炎は車室内へフラッシュオーバーし、トランクルームリッドのエッジ周囲にも見られる。



実験開始2分40秒後

運転席側後輪のタイヤが破裂し、その破片が助手席側へ吹き飛ぶ

別添17 衝突時等における燃料漏れ防止の技術基準

1. 適用範囲

この技術基準は、専ら乗用の用に供する普通自動車又は小型自動車若しくは軽自動車（乗車定員11人以上の自動車、車両総重量が2.8tを超える自動車、二輪自動車、側車付二輪自動車並びにカタピラ及びそりを有する軽自動車を除く。）の燃料タンク及び配管（圧縮水素ガスを燃料とする自動車にあっては、ガス容器、配管その他の水素ガスの流路にある装置。以下同じ。）に適用する。

2. 用語

2.1. 「バリヤ」とは、前面衝突試験の際に試験車両を衝突させる壁面をいう。

2.2. 「インパクト」とは、後面衝突試験の際に、試験車両の後面に衝突させる衝撃子をいう。

3. 試験方法

3.1. 前面衝突試験

3.1.1. 試験装置

3.1.1.1. バリヤ

バリヤは、試験自動車の衝突の耐えられる重量及び構造を有する鉄筋コンクリート製とし、その前面は高さ1.5m以上、幅3m以上の大きさを有し、助走路に対して垂直であるものとする。また、バリヤの衝突面から手前5m程度の助走路は、平たんかつ水平であること。

なお、バリヤ前面には、厚さ約20mmのベニヤ板を取り付けるものとする。また、バリヤとベニヤ板との間には、バリヤを保護するための鉄板又は荷重計を取り付けてもよい。

3.1.2. 試験自動車の状態

3.1.2.1. 試験自動車の重量は車両重量相当以上であること。ただし、スペア・タイヤ及び工具類を備えた自動車にあっては、これらを試験自動車に取り付けた状態で試験することができる。

3.1.2.2. 装着部品は、燃料タンク及び配管に干渉するおそれのある部品を除き、正規の部品でなくてもよく、また、取り外すことができる。

3.1.2.3. 燃料は、代用液体を使用するものとし、この代用液体は、使用燃料と粘性、比重が類似したものであること。圧縮水素ガスを燃料とする自動車においては、ヘリウムを代用ガスとして使用するものとする。

3.1.2.4. 燃料の量は規定タンク容量の90%以下であってはならない。圧縮水素ガス

を燃料とする自動車においては、ガス容器は、常用の圧力（別添100「圧縮水素ガスを燃料とする自動車の燃料装置の技術基準」の2.4.の常用の圧力を言う。）の90%を超えるようヘリウムガスが充填されていること。

3.1.2.5. 燃料タンク及び配管以外の装置については、代用液を入れなくても差し支えない。

3.1.2.6. 圧縮水素ガスを燃料とする自動車においては、試験自動車の主止弁及びその下流の配管に装備されている遮断弁等は、衝突の直前までは開放状態としておくこと。

3.1.2.7. 衝突時に自動的に主止弁その他を閉止させて燃料の供給を遮断するシステムを備えない圧縮水素ガスを燃料とする自動車にあっては、衝突後に主止弁その他の弁が閉止した場合、速やかにこれらの弁を開放状態とする。

3.1.2.8. 衝突時に自動的に主止弁その他の弁を閉止させて燃料の供給を遮断するシステムを備える圧縮水素ガスを燃料とする自動車にあっては、このシステムが作動するように施されていても良い。衝突後、いずれかの弁が閉止してガス容器内の圧力の測定が妨げられる場合には、圧力を測定するときに、それを開放状態とするか、又は必要に応じて測定用の圧力センサ若しくは温度センサを取り付けるものとする。

3.1.3. 試験方法

試験自動車を 50 ± 2 km/hの速度で、バリヤ前面に垂直に正面衝突させる。ただし、試験がこれよりも高速度で実施された自動車が要件に適合した場合、当該自動車は要件に適合しているものとする。この場合に、衝突時の車両中心面とバリヤの中心面との間隔は、300mm以下であること。また、衝突後、できるだけ速やかに各部より車外に流出又は滴下する燃料の量を、5分間測定する。圧縮水素ガスを燃料とする自動車においては、ガス容器内又はガス容器下流の最初の減圧弁の上流において、ガスの圧力及び温度を、衝突を実施する直前と衝突60分後に測定する。

3.2. 後面衝突試験

3.2.1. 試験装置

3.2.1.1. 試験場

車両の衝突と移動が行われる路面は水平かつ平坦で、乾燥した舗装路であること。

3.2.1.2. インパクト

インパクトは鋼鉄製で、剛性を有する構造であること。

インパクトの衝撃面は平坦であり、高さ800mm以上幅2.5m以上の大きさを有しており、その端部が丸められているものにはその端部の曲率半径は50mm以下であること。また、インパクトの衝撃面には、厚さ約20mmのベニヤ板を取り付けるも

のとし、更に、インパクタの衝撃面の下端の地上高は、 $175 \pm 25\text{mm}$ であること。

インパクタは、3.2.1.2.1.に規定する方法により直線移動する台車に固定するか、3.2.1.2.2.に規定する方法により振子に取り付けられること。

3.2.1.2.1. 台車を使用する場合の要件

- (1) 台車は剛性を有し、衝突により変形することのないものであること。
- (2) 台車は、衝突中拘束されるものであってはならず、かつ、衝突後は推進力を有しないものであること。また、台車には、再衝突を防止するための制動装置を備えることができる。
- (3) 台車及びインパクタの総質量は、 $1,100 \pm 20\text{kg}$ であること。

3.2.1.2.2. 振子を使用する場合の要件

- (1) 振子及びインパクタと振子の取り付け部は剛性を有し、衝突により変形することのないものであること。
- (2) 衝撃面の中心と振子の回転軸との間の距離は5 m以上であること。
- (3) 振子の衝撃中心における換算質量〔 M_r 〕は、 $1,100 \pm 20\text{kg}$ であること。

ここで

$$M_r = M \times L/A$$

M：振子の全質量〔kg〕

L：衝撃中心と回転軸間の距離〔m〕

A：振子の重心と回転軸間の距離〔m〕

- (4) 振子には、二次衝突を防止するための制動装置を設けること。

3.2.2. 速度測定装置

3.2.3.の速度を測定するための速度測定装置は、インパクタの速度を真の値の1 %以内の精度で測定できるものであること。

3.2.3. 試験自動車の状態

3.1.2.と同じとする。

3.2.4. 試験方法

自動車を試験場内に静止させ、インパクタを水平、かつ、車両中心面と平行な方向に $50 \pm 2 \text{ km/h}$ の速度で車両の後面に衝突させる。ただし、試験がこれよりも高速度で実施された自動車が要件に適合した場合、当該自動車は要件に適合しているものとする。この場合に、衝突時の車両中心面とインパクタの中心面との間隔は、300mm以下であること。また、衝突後、できるだけ速やかに各部より車外に流失又は滴下する燃料の量を、5 分間測定する。圧縮水素ガスを燃料とする自動車においては、ガス容器内又はガス容器下流の最初の減圧弁の上流においてガスの圧力及び温

度を、衝突を実施する直前と衝突60分後に測定する。

4. 判定基準

3.1.及び3.2.の試験を行ったとき、衝突後各部より車外に流失又は滴下する燃料の量は、最初の1分間で30g以下であり、かつ、5分間で150g以下であること。圧縮水素ガスを燃料とする自動車においては、次の手順で求められる水素ガス漏洩は、毎分131NL以下であること。

- (1) 測定された衝突を実施する直前と衝突60分後のガス容器内又はガス容器の下流の最初の減圧弁の上流のヘリウムのガスの圧力を0における圧力に換算する。

$$P_0 = P_0 \times \{ 273 / (273 + T_0) \}$$

P_0 : 衝突を実施する直前のヘリウムのガスの圧力の0換算圧力 (MPa abs)

P_0 : 衝突を実施する直前のヘリウムのガスの圧力測定値 (MPa abs)

T_0 : 衝突を実施する直前のヘリウムのガスの温度測定値 ()

$$P_{60} = P_{60} \times \{ 273 / (273 + T_{60}) \}$$

P_{60} : 衝突60分後のヘリウムのガスの圧力の0換算圧力 (MPa abs)

P_{60} : 衝突60分後のヘリウムのガスの圧力測定値 (MPa abs)

T_{60} : 衝突60分後のヘリウムのガスの温度測定値 ()

- (2) (1)で得られた衝突を実施する直前と衝突60分後のガス容器内又はガス容器の下流の最初の減圧弁の上流のヘリウムのガスの圧力の0換算圧力を用いて、衝突を実施する直前と衝突60分後の各々のガス密度を求める。

$$\rho_0 = - 0.00621 \times (P_0)^2 + 1.72 \times P_0 + 0.100$$

ρ_0 : 衝突を実施する直前のヘリウムのガス密度 (kg/m³)

$$\rho_{60} = - 0.00621 \times (P_{60})^2 + 1.72 \times P_{60} + 0.100$$

ρ_{60} : 衝突60分後のヘリウムのガス密度 (kg/m³)

- (3) (2)で得られたガス密度を用いて、衝突を実施する直前と衝突60分後の各々のヘリウムのガス量を求める。ただし、内容積については、ガス容器内でヘリウムのガスの圧力を測定した場合はガス容器の内容積、ガス容器下流の最初の減圧弁上流でヘリウムのガスの圧力を測定した場合はガス容器とガス容器下流の最初の減圧弁上流までの間の内容積とする。

$$Q_0 = \rho_0 \times V \times (22.4 / 4.00) \times 10^{-3}$$

Q_0 : 衝突を実施する直前のヘリウムのガス量 (m³)

V : 内容積 (L)

$$Q_{60} = \rho_{60} \times V \times (22.4 / 4.00) \times 10^{-3}$$

Q_{60} : 衝突 60 分後のヘリウムのガス量 (m^3)

V : 内容積 (L)

(4) ヘリウムのガス漏洩率を求める。

$$Q = (Q_0 - Q_{60}) \times 10^3$$

$$R_{He} = Q / 60$$

Q : 衝突 60 分後のヘリウムのガス漏れ量 (NL)

R_{He} : ヘリウムのガス漏洩率 (NL/min)

(5) ヘリウムのガス漏洩率を水素ガス漏洩率に換算する。

$$R_H = 1.33 \times R_{He}$$

R_H : 水素ガス漏洩率 (NL/min)

別添16 乗用車用プラスチック製燃料タンクの技術基準

1. 適用範囲

この技術基準は、専ら乗用の用に供する乗車定員10人以下の三輪自動車のプラスチック製燃料タンクに適用する。

2. 用語

この技術基準中の用語の定義は、次によるものとする。

- 2.1. 「燃料タンク」とは、燃料タンク本体、注入口及びそのキャップ、配管類の接続部並びに附属装置類の取付部をいう。
- 2.2. 「基準燃料」とは、ガソリンを燃料とする自動車にあつては、JIS K2202ガソリン相当品、軽油を燃料とする自動車にあつては、JIS K2204軽油相当品をいう。
- 2.3. 「受け皿」とは、耐火性試験用燃焼燃料の平底容器で、長さ及び幅が供試燃料タンク本体の水平面上の投影寸法よりも20cmから50cmまで大きいものであり、側壁の高さが燃料液面から8 cm以下であつて、自由燃焼状態で5 分間以上燃焼する燃料（市販ガソリン）を満たしうるものをいう。
- 2.4. 「スクリーン」とは、受け皿を覆うことのできる厚さ7 cmの耐火性材料の平板で、直径30mmの穴を受け皿の中の燃料の表面積の約44％に相当する数だけ均一に空けてあるものをいう。
- 2.5. 「公称容量」とは、国土交通省に届け出た諸元表に記載された燃料タンクの容量をいう。
- 2.6. 「空車状態」とは、保安基準第1 条第1 項第3 号に定める状態をいう。

3. 試験方法

3.1. 燃料透過性試験

- 3.1.1. 燃料タンクに基準燃料を公称容量の50％まで入れ、その重量減少割合が一定になるまで、 $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の温度で密閉しないで放置する。ただし、放置期間は4 週間以内とする。
- 3.1.2. 次に、燃料タンクを空にし再び新しい基準燃料を公称容量の50％まで入れ、密閉して $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の温度で保存する。燃料タンク内の燃料の温度が $40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ に達したとき、燃料タンクを一旦開放してから再び密閉し、その後の8 週間の試験期間における燃料の減少量を測定する。
- 3.1.3. 3.1.2. の試験の結果、拡散による燃料の減少量が4.1.1. の基準に適合していない場合、同じ燃料タンクを用いて再び3.1.2. の試験を行うことができる。ただし、この場合の温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。

3.2. 衝撃試験

3.1. に規定した試験の後、基準燃料を抜いた燃料タンクに水とグリコールの混合液か、燃料タンク材の特性を変えないような氷点の低い液を公称容量まで満たし、燃料タンクの温度を $-40 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とする。この状態の燃料タンクの傷つきやすいと見られる数個所に、側面が正三角形で底面が正方形である角錐の衝撃体の頂点を衝突させ、 $30\text{N}\cdot\text{m}$ の衝撃エネルギーを加える。衝撃体は鋼製で、有効質量が 15kg あり、頂点と稜部に半径 3mm の丸みをつけたものとする。

また、衝撃試験時には、燃料タンクは取り付け具により固定しておくものとする。

なお、傷つきやすいと見られる個所とは、燃料タンクの形状及び車両への取り付け方を考慮して、最も弱いと見られる露出部分のことをいい、試験は、1個所ごとに別の燃料タンクで行ってもよいものとする。

3.3. 耐圧試験

3.1. に規定した試験の後、基準燃料を抜いた燃料タンクは、車両に取り付けられているものと同様な状態とし、これに温度 53°C の水を公称容量まで満たし、 $53 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の温度のもとで、燃料タンクの内圧をゲージ圧で 29kPa に5時間保つ。

3.4. 耐火性試験

燃料タンクは車両への取り付けと同様な状態で試験装置に取り付け、基準燃料を公称容量の50%まで満たす。

なお、試験装置には車両部材のうち、炎に対する燃料タンクの防護部材及び炎の進路に影響を及ぼす車両部材が取り付けられてあってもよいものとする。

試験中は、燃料タンクのすべての開口部は密閉しておくものとするが、通気装置は作動状態としておくものとする。

燃料タンクに接触させる炎は、受け皿の中で市販ガソリンを燃焼させて得るものとし、受け皿に満たす市販ガソリンの量は、自由燃焼状態で5分以上の間燃焼し続けられる量（以下「規定量」という。）とする。

試験は次の4段階に分けて実施し、風の影響を受けないように配慮する。試験は別々の燃料タンクで3回行う。

3.4.1. 段階A：予熱焼

規定量の市販ガソリンの入った受け皿を燃料タンクから 3m 以上離して置き、60秒間燃焼させる。

3.4.2. 段階B：炎への直接接触

段階Aを終了後、直ちに受け皿を、その中の市販ガソリンの液面と燃料タンクの底面との距離が空車状態の車両の燃料タンクの路面からの高さと一致し、かつ、燃

焼中の炎が燃料タンクの全側面と接触する位置に置き、60秒間燃料タンクを炎にさらす。

3.4.3. 段階C：炎への間接接触

段階Bを終了後直ちに受け皿をスクリーンで覆う。スクリーンの位置は、燃焼中のガソリンの液面から 3 ± 1 cm上方に置くものとする。この状態を60秒間続ける。

3.4.4. 段階D：試験終結

段階Cを終了後、直ちに、燃焼している受け皿をスクリーンと共に燃料タンクから3 m以上離す。

試験が終了しても燃料タンクが燃えている場合は直ちに消火する。

3.5. 耐熱性試験

燃料タンクは車両への取り付けと同様な状態で取り付け具に取り付け、温度 20°C の水を公称容量の50%まで満たした後、温度 $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$ の雰囲気内に1時間放置する。

4. 判定基準

燃料タンクは、次の基準に適合すること。

4.1. 燃料透過性試験

4.1.1. 3.1.1. から3.1.2. までの試験を行ったとき、燃料の減少量は、24時間当たり20 g 以下であること。

4.1.2. 3.1.3. の試験を行ったとき、燃料の減少量は、24時間当たり10 g 以下であること。

4.2. 衝撃試験

3.2. の試験を行ったとき、液漏れがないこと。

4.3. 耐圧試験

3.3. の試験を行ったとき、液漏れ及びき裂を生じないこと。ただし、永久変形を生じて差支えない。

4.4. 耐火性試験

3.4. の試験を行ったとき、燃料漏れがないこと。

4.5. 耐熱性試験

3.5. の試験を行ったとき、液漏れ及び著しい変形を生じないこと。

別紙 基準燃料の性状等 (2.2. 関係)

試験自動車 (E10 ガソリンを燃料とすることが出来る自動車 (二輪自動車及び側車付二輪自動車を除く。)) に限る。) に使用するガソリンの標準規格は、表のとおり

とする。

表

燃料の性状又は物質名		基準試験方法		試験方法
		レギュラー	プレミアム	
鉛		検出されない		JIS K 2255
硫黄分		10wt-ppm以下		JIS K 2541-1 JIS K 2541-2 JIS K 2541-6 JIS K 2541-7
ベンゼン		1.0vol%以下		JIS K 2536-2 JIS K 2536-3 JIS K 2536-4
酸素分▼		3.7wt%以下		JIS K 2536-2 JIS K 2536-4 JIS K 2536-6
MTBE▼		検出されない		JIS K 2536-2 JIS K 2536-4 JIS K 2536-5 JIS K 2536-6
メタノール		検出されない		JIS K 2536-2 JIS K 2536-4 JIS K 2536-5 JIS K 2536-6
エタノール		9～10vol%		JIS K 2536-2 JIS K 2536-4 JIS K 2536-6
実在ガム		5mg/100ml以下		JIS K 2261
灯油				
オクタン価	RON			
密度				
蒸留性状 10%留出温度 50%留出温度 90%留出温度 終点		343K (70℃) 以下 343～378K (70～105℃) 453K (180℃) 以下 493K (220℃) 以下		JIS K 2254
蒸気圧		56～60kPa		JIS K 2258-1 JIS K 2258-2

道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2005. 11. 9】

別添27（内装材料の難燃性の技術基準）

別添27 内装材料の難燃性の技術基準**1. 適用範囲**

この技術基準は、自動車（二輪自動車、側車付二輪自動車、カタピラ及びそりを有する軽自動車、大型特殊自動車並びに小型特殊自動車を除く。）の運転者室及び客室（以下「運転者室等」という。）の内装材料に適用する。

2. 用語

この技術基準中の用語の定義は次によるものとする。

2. 1. 「燃焼」とは、試料への着火又は試料の炭化、滴下若しくは溶解をいう。
2. 2. 「運転者室等の内装材料」とは、座席、座席ベルト、シート組込式年少者用補助乗車装置、天井張り、コンバーチブルトップ、アームレスト、ドアトリム、フロントトリム、リアトリム、サイドトリム、リアパッケージトレイ、頭部後傾抑止装置、カーペット、マット、サンバイザ、サンシェード、ホイールハウスカバー、エンジンコンパートメントカバー、マットレスカバー、インストルメントパネルパッド、乗員が衝突したときに衝撃を吸収するよう設計されたステアリングセンターパッド、エアバッグの膨張部分及びニーボルスタであって、車体に固定されているものの構成材料をいう。ただし、寸法が長さ293mm又は幅25mmに満たないものは除く。

3. 試験方法**3. 1. 試験片****3. 1. 1. 試験片の寸法**

内装材料の試験片の寸法は、長さ350mm、幅100mm、厚さ12mmとする。ただし、内装材料の大きさ又は形状により当該寸法の直方体を試験片として採取することができない場合には、当該内装材料から3. 1. 2. の規定に従って採取できる最大寸のものを試験片とする。

3. 1. 2. 試験片の採取及び作製方法

試験片を次の手順に従って5個採取及び作製する。

- (1) 内装材料の平らな部分（内装材料の形状等により、平らな部分から3. 1. 1. に規定する寸法の試験片を採取することができない場合は、曲がり方が緩やかな曲面を含む。）から運転者室等の内表面から12mmの深さのところまでを（表面が湾曲しているため平らな試験片を得ることが不可能な場合は、すべて点で試験片の厚さが12mm以上にならないよう）3. 1. 1. に規定する寸法で切断・採取する。ただし、当該深さのところまでにおいて異なる2種類の内装材料の接合面がある場合には、接着されているか否かに応じ、それぞれ、次の方法によって試験片を採取する（図1）。

① 接触するすべての点が接着材等により接着されている場合

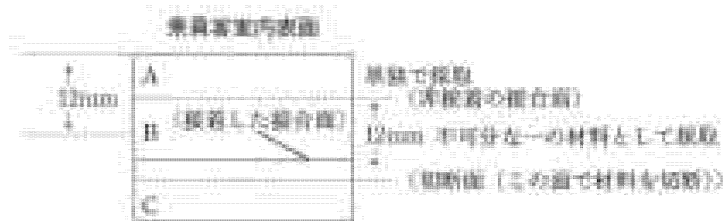
接着された2種類の内装材料を不可分な一のものとし、運転者室等の内表面から12mmの深さのところまで、接着した状態で試験片を採取する。ただし、当該内表面とは反対側にある接着された内装材料が鋼板、アルミ板、FRP等の不燃性の材料で

ある場合には、当該不燃性材料をはがしたものを試験片とすることができる。

② 接触するすべての点が接着材等により接着されていない場合

運転者室等の内表面側にある内装材料のみから分離して試験片を採取し、さらに、接合面から12mmの深さのところまでの内装材料を採取する。ただし、再び当該深さのところまでにおいて異なる2種類の内装材料の接合面がある場合には、運転室等の内装面側にある接合面を運転者室等の内表面とみなし、(1)本文のただし書きの規定に準じて試験片を採取することとする。

図1



(図の説明)

- ① 材料Aは、材料Bと非接着であるため、単独で採取される。
- ② 材料Bの部分は、運転者室等の内表面から12mm以内にあり、かつ、材料Bと材料Cは、接触するすべての点が接着材等により接着されている。このため、材料Bと材料Cは、不可分な一材料として採取される。その切断は、図中材料C内に示されるように試験片を12mmの厚さにするよう行う。
- (2) 内装材料の形状等により、平らな試験片の採取が困難な場合には、当該内装材料と材質、構成等が同一である平板から試験片を採取することができる。なお、当該平板の厚さは、当該内装材料のうち最も平らな部分の厚さとする。
- (3) 内装材料が燃焼した場合において、その燃焼範囲の広がり方に方向性があるときには、燃焼が早く進む方向が試験片の長手方向と一致するよう試験片を採取することとする。
- (4) 内装材料の表面が柔毛を備え、又は房状である場合には、当該内装材料を平らな面に置き、25mm当り7本又は8本の滑らかな丸みの歯を有するくしで2回すいた後、試験片を採取する。

3.2. 試験装置及び試験条件

- 3.2.1. 試験は、JIS D1201-1977「自動車室内用有機資材の燃焼試験方法」に規定する燃焼試験装置（各部の寸法（JIS D1201-1977において公差が規定されているものを除く。）については、すべて±2mmの公差を許容することとし、当該試験装置上部にある換気用すき間の長さの寸法は、特に定めないこととする。）内で行う。
- 3.2.2. 試験を実施する前に、各試験片は20±5℃の温度及び相対湿度50±5%に保たれた環境条件のもとで少なくとも24時間放置する。なお、試験片の燃焼は、20±5℃の温度及び相対湿度65±20%に保たれた環境条件のもとで行う。

- 3.2.3. 試験片は、2個のJIS D1201-1977に規定するコの字形取付具（各部の寸法（JIS D1201-1977において公差が規定されているものを除く。）については、すべて $\pm 2\text{mm}$ の公差を許容することとする）の間にはさむ。なお、試験片の幅が小さいため、コの字形取付具にはさめない場合又は試験中試験片の燃焼端の軟化又は屈曲のため、試験片が垂れ下がる等により試験片を水平に保持することが困難な場合には、下側のコの字形取付具は、JIS D1201-1977に規定する針金付き保持具に代えることができる。
- 3.2.4. コの字形取付具の開口端から38mmの位置及び当該位置から254mmの位置に標線を表示する。この場合において、クランプされた内側の端からその側の標線までの間の距離は、 $38 \pm 1\text{mm}$ とする。
- 3.2.5. 試験片の着火に使用するガスバーナーの出火管の内径は $9.5 \pm 0.5\text{mm}$ とする。
- 3.2.6. ガスバーナーに供給されるガスは、原則として総発熱量が $35,000 \sim 38,000\text{kJ/m}^3$ の天然ガスを用いる。ただし、当該天然ガスと同等以上の総発熱量を有する液化石油ガス（LPガス）を用いてもよい。
- 3.3. 試験方法
- 次の手順に従って5個の試験片について試験を行う。
- (1) 試験片の長辺の両側及び短辺の一方の端がコの字形取付具又は針金付き保持具によって保持されるよう試験片を取付ける。この場合において、もう一方の短辺の端（以下「自由端」という。）は、コの字形取付具の開口端と平行し、また、試験片の運転者室等の内表面側の表面は、ガスバーナーの炎があたるよう下側とする。
 - (2) コの字形取付具等に取り付けられた試験片を水平、かつ、ガスバーナーを燃焼試験装置内に置いた場合に、ガスバーナーの出炎管の中心が試験片の自由端の中心の下方19mmの位置となるよう燃焼試験装置の中央部に置く。
 - (3) ガスバーナーを空気取入口を閉じた状態で水平な土台に置いて点火し、ガス調整バルブを炎の高さが出炎管を垂直にした状態で約38mmとなるよう調節する。
 - (4) 燃焼試験装置内の試験辺との位置関係が(2)に規定するものとなるようガスバーナーを燃焼試験装置内に置く。
 - (5) 試験片を少なくとも15秒間炎にさらす。
 - (6) 燃焼が、試験片の自由端から38mmの位置にある点を通り、コの字形取付具の開口端と平行な直線（以下「A標線」という。）に達したとき、時間の計測を開始する。なお、試験片を作製するときに切除することにより新たに作られた試験片の面については、燃焼時に火炎の急激な伝播があったとしても、これを燃焼とはみなさないこととする。
 - (7) 燃焼が、A標線からの距離が254mmの位置にある点を通り、コの字形取付具の開口端と平行な直線（以下「B標線」という。）に達するまでに要する時間を測定する。なお、燃焼がB標線に達しない場合には、燃焼の進行が停止するまでの時間とそれまでに試験片が燃焼した長さを測定する。また、時間の計測を開始した後、5分経過しても燃焼がB標線に達しない場合には、コの字形取付具に取り付けられた状態で強制的に燃焼の進

行を停止させ、その時点で試験を終了することができる。この場合においては、強制的な燃焼の進行停止作業を開始するまでの時間と燃焼の進行が停止するまでに試験片が燃焼した長さを測定する。

(8) 次の計算式にしたがって試験片の燃焼速度を計算する。

$$B = \frac{60 \cdot D}{T}$$

この場合において、

Bは、燃焼速度（単位 mm/分）

Dは、254mm又は燃焼の進行が停止するまでに試験片が燃焼した長さ
（単位 mm）

Tは、距離Dを燃焼するために要した時間又は強制的な燃焼の進行停止作業を開始するまでの時間（単位 秒）

4. 判定基準

4. 1. 3の試験を行ったとき、5個の試験片は、それぞれ、次のいずれかの基準に適合すること。

(1) 燃焼しないこと。

(2) 試験片の燃焼速度の最大値は、100mm/分を超えないこと。

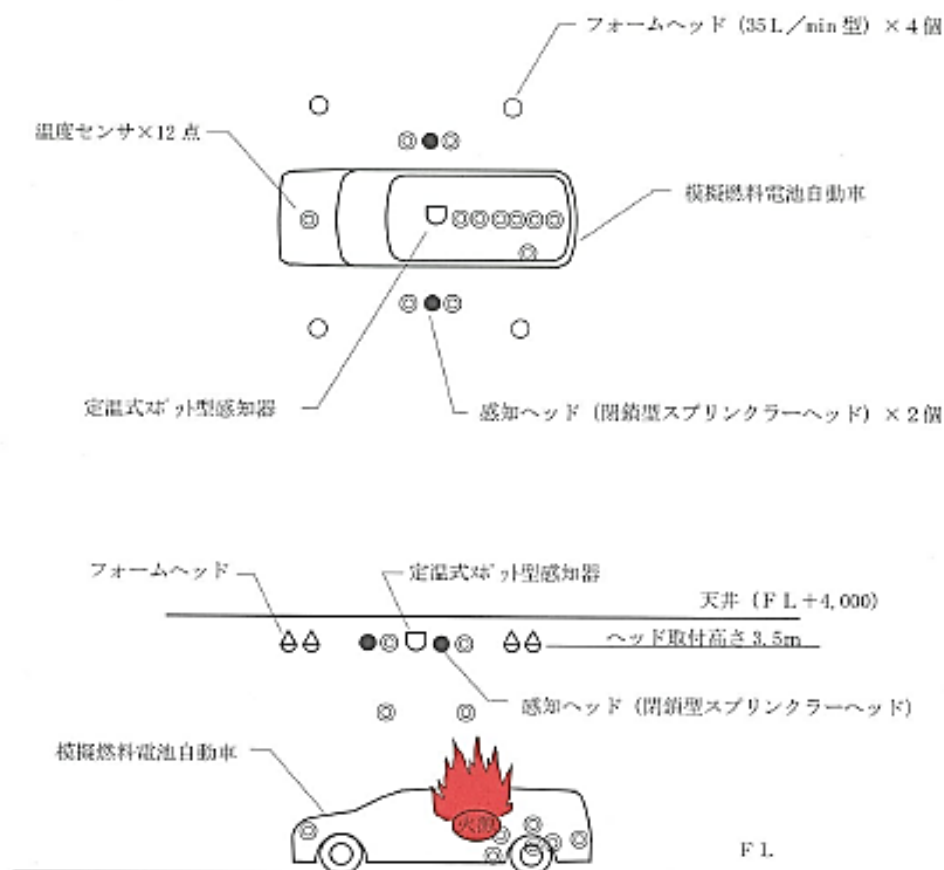
(3) 試験片の燃焼が、A標線に達してから60秒経過する前に停止し、かつ、A標線に達した後の試験片の燃焼した長さが50mm未満であること。

4. 2. 鋼板、アルミ板、FRP、厚さ3mm以上の木製の板（合板を含む。）及び天然の皮革は、
3. 及び4. 1. の規定にかかわらず、難燃性の材料とみなす。

燃料電池自動車に対応した地下駐車場等における防火安全対策に関する調査研究報告書【抜粋】
 (平成16年 燃料電池自動車の地下駐車場等における防火安全対策検討会)

6.2.5 各種センサの設置及び点火場所

各実験用駐車場に設置した感知器、消火剤噴出ヘッド及び温度センサ（外径1mmシースド熱電対）等の取付け位置を下記に示す。



6.3.2 平置き地下駐車場車両火災実験

平置き地下駐車場の車両火災実験の場合には、立体駐車場とは異なり実験の途中で火が立ち消えしても再実験が可能なことを考慮して、後部座席に置いた布切れに含ませる灯油の量を0.5リッターと立体駐車場の場合に比べ少なくした。

点火1分弱の頃から模擬燃料電池自動車の窓から火炎が勢いよく噴出し始めた。立体駐車場での実験と比較すると火炎の噴出が30秒程度遅れたもののその後の燃焼状況には大きな差が認められなかった。点火62秒後に天井に設置した定温式スポット型感知器が作動し、93秒後には泡消火剤の放射を起動するための感知ヘッド（閉鎖型スプリンクラーヘッド）（以下「SP」という。）が作動した。なお、その後約3分間、延焼状況を観測するために消火剤の放射をしなかった。

泡消火剤の放射は点火299秒後から10分間実施した。泡消火剤放出後4分30秒で模擬燃料電池自動車内の温度は850℃から200℃以下に、8分後にトランクルーム内の温度も600℃から200℃以下になり模擬燃料電池自動車の火災はほぼ鎮火した。また、容器安全弁カバー内上部の温度が一時97℃まで上がったが容器安全弁自体の温度は実験終了まで顕著な変化が見られなかった。これらの結果を表6-4に示す。

表6-4 容器安全弁及びその周辺の温度

実験開始時		SP近傍の温度	12.7℃
		容器安全弁	10.2℃
		圧縮水素ガス容器カバー内上部	11.1℃
		圧縮水素ガス容器カバー内下部	10.6℃
定温式スポット型感知器作動 点火62秒後			
SP開放	点火93秒後	SP近傍の温度	126℃
		容器安全弁	10.2℃
		圧縮水素ガス容器カバー内上部	11.6℃
		圧縮水素ガス容器カバー内下部	10.9℃
泡放射	点火293秒後	SP近傍の温度	134℃
		容器安全弁	10.5℃
		圧縮水素ガス容器カバー内上部	28.4℃
		圧縮水素ガス容器カバー内下部	12.6℃
泡放射終了	点火908秒後	SP近傍の温度	11.6℃（消火剤により冷却）
		容器安全弁	16.7℃
		圧縮水素ガス容器カバー内上部	50.5℃
		圧縮水素ガス容器カバー内下部	23.0℃
温度最高値と時間		SP近傍の温度	360℃ 点火 282秒後
		容器安全弁	18.4℃ 1,137秒後
		圧縮水素ガス容器カバー内上部	96.9℃ 643秒後
		圧縮水素ガス容器カバー内下部	23.5℃ 510秒後

なお、実験時の車両等の延焼状況及び消火後の状況を写真6-8～10に、また、各部の温度上昇状況を表6-5及び図6-8～10に示す。



写真 6-8

平置き地下駐車場で燃焼
中の模擬燃料電池自動車
(点火後 2 分 50 秒頃)



写真 6-9

平置き地下駐車場で消火
後の車両

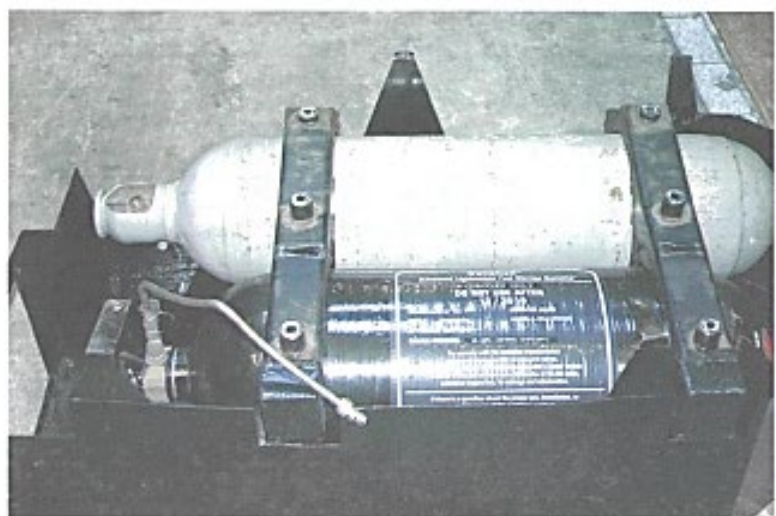


写真 6-10

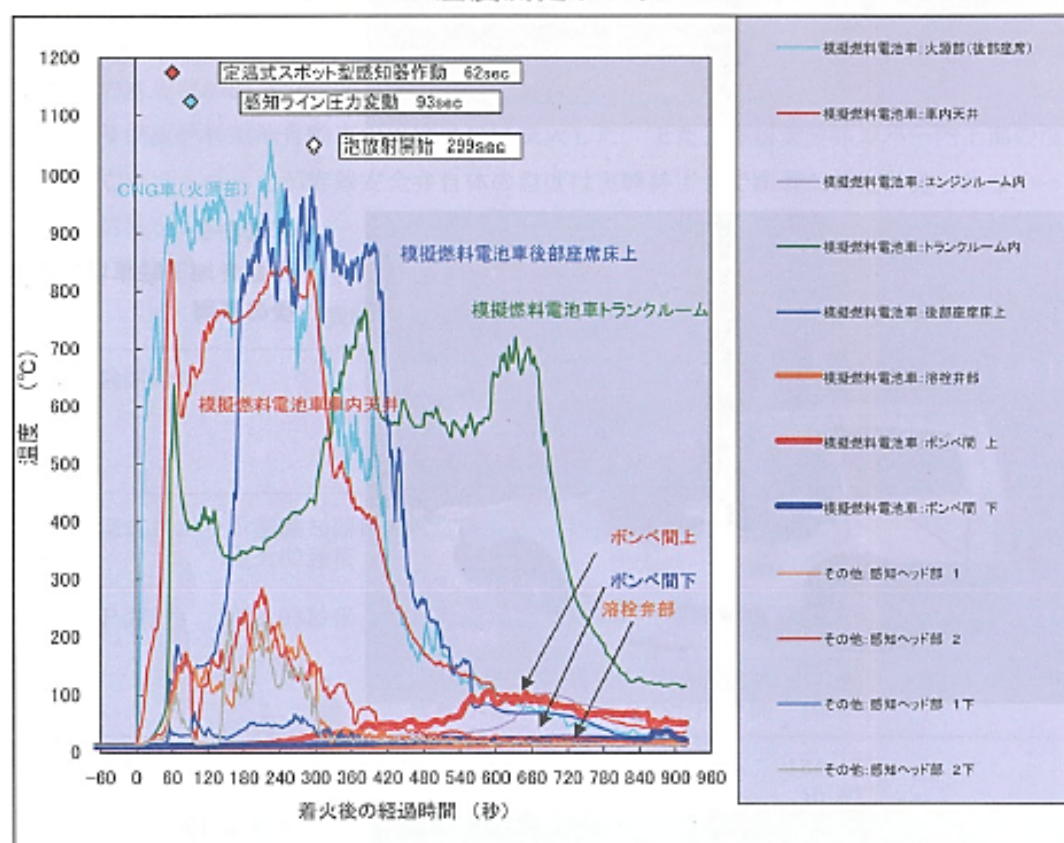
消火後車両から取り外した
ボンベの状況

表6-5

実 験	No.	2
-----	-----	---

実 験 日	平成15年12月25日(木)	天 候	晴	外 気 温	15.4	℃		
実 験 棟 温 度	12.2	℃	湿 度	64.3	%	水 温	13.0	℃
出 火 車 両	模擬燃料電池自動車	ボ ン ベ					仕 様	
		ボ ン ベ	水素	充てん	窒素	溶 栓	弁 式	GFI社製
		種 類	ボンベ	圧 力	0.8MPa	型 式	35MPa仕様	
駐 車 場 型 式	平置き地下駐車場	消 火 設 備	泡消火設備		消 火 薬 剤	3%水成膜泡消火薬剤		
希 釈 容 量 濃 度	3.3	%	25%還元	190	sec	発 泡 倍 率	7.4	倍
火 源 位 置	後部座席中央部	火 源	灯油ぼろ(0.5L)		着 火 方 法	着火棒		
その他実験条件	泡ヘッド型式:SMF-01(定格性能:35L/min at 0.25MPa) 泡消火薬剤検定番号:泡第13-1号							

温度測定データ



測定データ

泡放射開始時間	着火後299秒後	泡放射時間	607秒(10分7秒)	給水圧力	0.828MPa	
感 知 ヘ ッ ド	感知ヘッド型式	作動感知ヘッドNo.	作動時間(sec)	作動温度(℃)		
作 動 時 間	DU-F72	H-59	着火後93秒	126.4		
放 射 力	0.244 MPa	流 量	147.3 L/min	感 知 ラ イ ン 力	0.002 MPa	
溶 栓 弁 部	開 放 時 間	開放せず	sec	温 度	開始時:10.2℃ 終了時:17.0℃	
感 知 器	感 知 器 型 式		作 動 時 間 (sec)			
作 動 時 間	FDL118-WN-75(定温式スポット型1種)		着火後62秒			
最 高 温 度	熱 電 対 No.	H-51	最高温度	1056 ℃	着火からの時間	226 sec
消火時間又は	消火達成 : ☐ 可 ☒ 否					
消火の可否	消火達成時間 : 消火剤放出から — sec					

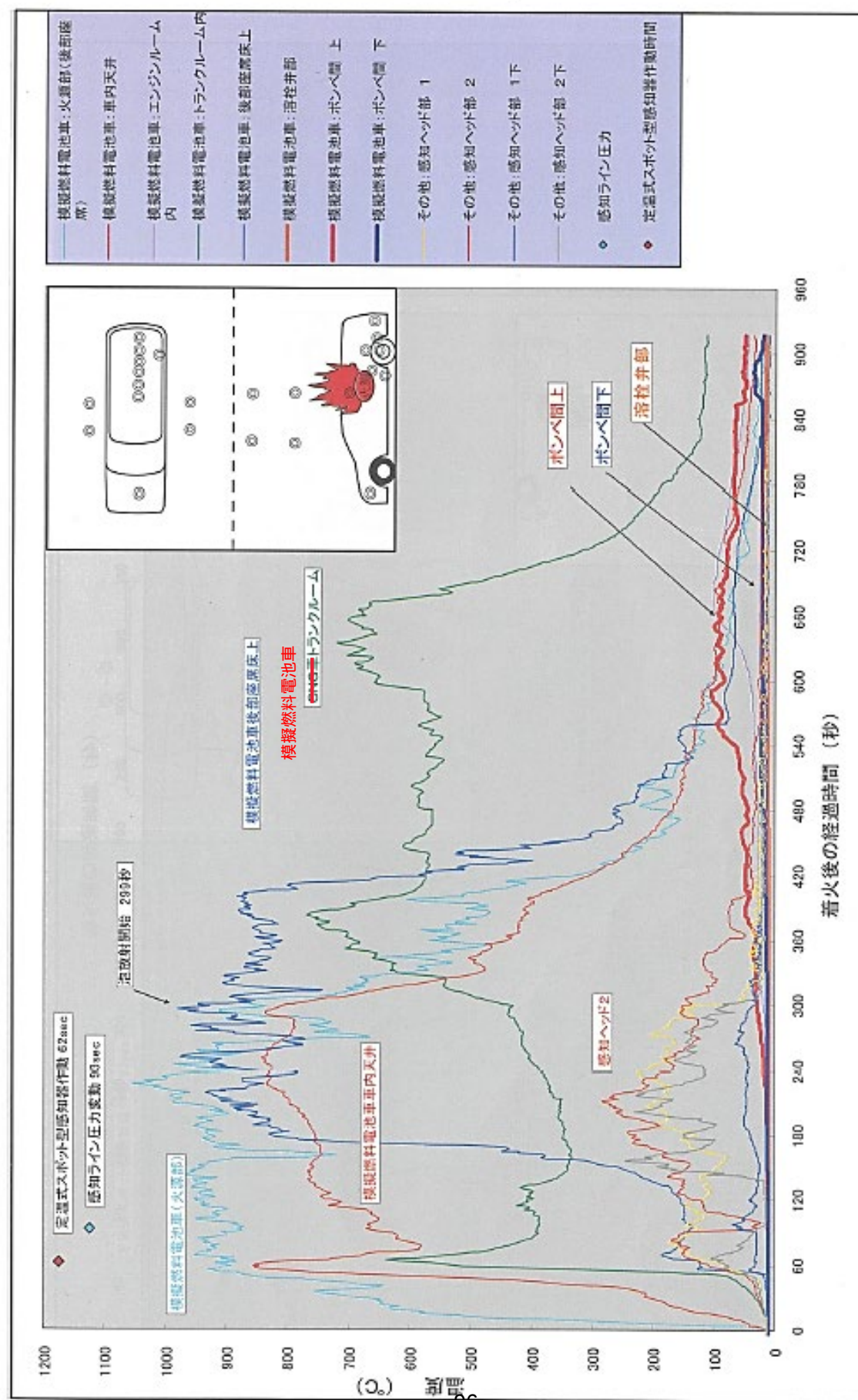


図6-8

温度記録 (全体)

実験 NO. 2

可燃性液体が小さな開口部から流出し、直後に着火して火災になるような場合、によると、火災面積は次式で表わされる。
燃焼速度は、可燃性液体によって固有の値をとり、ガソリンの場合は $V_B = 0.8 \times 10^{-4}$ となる。

$$S = \frac{q_L}{V_B}$$

- S : 火災面積 (m^2)
- q_L : 液体の流出率 (m^3/s)
- V_B : 液体の燃焼速度 (m/s)

石油コンビナートの防災アセスメント指針より(消防庁特殊災害室)

仮に、図のような自動車の燃料タンクが下部からの衝撃により破損し、タンク底部に直径1cmの穴が空いたと想定すると、燃料の流出速度 V は、液体の粘性を無視すると以下のように表せる。(トリチェリの定理)

$$V = \sqrt{2gh}$$
$$= \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.3} = 2.4 (m/s)$$

- g : 重力加速度 $9.8 (m/s^2)$
- h : 穴から液面までの高さ (m)

燃料の流出率 Q は流出速度 V より

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 V = \frac{3.14}{4} \times (0.01)^2 \times 2.4 = 1.89 \times 10^{-4} (m^3/s) = 0.189 (l/s)$$

火災面積 S は、 $S = \frac{Q}{V_B} = \frac{1.89 \times 10^{-4}}{0.8 \times 10^{-4}} = 2.36 (m^2)$

※実際はタンク内の液面が下がるにつれて、流出速度が小さくなるため、火災面積は計算値よりも小さくなる。

