

自走式駐車場に設置される消火設備の検討

検討の進め方

令和元年度の検討（主にWGにおける整理）

①火災統計データの分析

②火災事例調査

③文献調査

想定される火災リスクの整理

泡消火設備・水噴霧消火設備に
求められる消火性能の検討

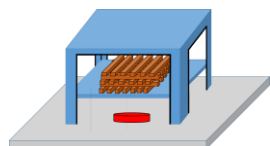
過去の火災事例及び安全基準を参考に
消火すべきB火災モデルを検討

- 過去の燃焼実験の結果・数値シミュレーションを活用して簡易モデルを製作
- 実車モデルと簡易モデルの燃焼の比較実験（再現実験）を実施し、簡易モデルの寸法等を調整
- 簡易モデルを活用し、各種消火設備の消火性能を確認するための実験を実施

令和2年度の検討

駐車場等に設置される泡消火設備・水噴霧消火設備の
設置基準案の整理、改正に向けた作業

令和3年度の検討



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
(令和元年11月15日消防予第226号)

調査対象とした火災事例

- 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1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、車庫であるもの
- 車両が1台以上焼損したもの

調査結果

- 報告件数 **361件**
(消防本部の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全ての火災件数ではない。)

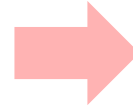
燃料が漏洩した火災事例 --- 11件

- 燃料タンクが破損して出火した火災事例が1件。燃料の漏洩量は不明であるが、消火設備が設置されていない屋外において、走行中に跳ね上がったグレーチングにより燃料タンクが下から強い衝撃を受けて破損し燃料が漏洩、火災となったもの。(参考資料4-5)
- その他の10件の火災事例については、燃料の漏洩量は明確ではないが、燃料ホース等から漏洩したもの。

B火災モデルの設定

B火災モデル設定において考慮する事項

1. 燃料の漏れ方
2. 想定される油面火災の最大面積
3. 路面傾斜の影響及び漏洩した燃料の拡散



1～3の要素を考慮し、
B火災モデルの設定を行う

1. 燃料の漏れ方

車両から燃料が漏れる際には、

①燃料配管から漏れる場合

②燃料タンクに穴が空き、漏れる場合

があり、両者の燃料の漏れ方を比較し漏洩量が多い場合を今回の想定モデルとする。

①燃料配管から漏れる場合

【参考資料 3 - 7 - 20】

○専門家の見解

- ・「一般に、車種等により漏洩量は異なると考えられる。」((財)日本自動車研究所)
- ・「燃料配管の切断場所により漏洩する燃料の量が異なると予想される。また、燃料ポンプがタンク側にある場合とエンジン側にある場合でも異なると思われる。」(国内自動車メーカー)

○実車による漏洩燃料量の測定結果

- エンジン停止時の最大漏洩量は約100[mL/min] (燃料リターンパイプが完全に切断された場合)。
- エンジン起動時の最大漏洩量は2.0[L/min] (燃料供給パイプにφ3.1[mm]の穴が開いた場合)

上記検証結果に基づき、配管からのガソリン漏洩量を2[L/min]と想定

B火災モデルの設定

①燃料配管から漏れる場合

漏洩量から火災面積・発熱速度を計算する。

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は、火災面積は次式で表すことができる。
(参考資料 3 - 7 - 22)

$$S = Q/V_B \cdots \cdots (*1)$$

(S : 火災面積[m²]、 Q : 液体の流出率[m³/s]、 V_B : 液体の燃焼速度[m/s]であり、ガソリンの燃焼速度は、 $V_B = 0.8 \times 10^{-4}$ [m/s] ※)

※「石油コンビナート災害想定の手法について（通知）」（昭和55年6月25日消防地第180号）を参照。

仮にガソリンの漏洩量を2[L/min]と想定して、火災面積 S を以下のとおり計算する。

<計算式>

$$S = Q/V_B = \frac{2 \times 10^{-3}}{60} / 0.8 \times 10^{-4} \doteq 0.42 \text{ [m}^2\text{]}$$

火災面積は、 $S \doteq 0.42$ [m²]となり、直径に換算すると約73[cm]に相当する。

なお、このときの発熱速度は、次式で表され、1.11[MW]となる。

$$\text{発熱速度 } E \text{ [MW]} = \text{標準発熱量 [MJ/L]} \times \text{流量 [L/s]} \cdots \cdots (*2)$$

(ガソリンの標準発熱量は33.36[MJ/L]※)

※「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数一覧表：資源エネルギー庁HP（2020年1月改訂分）」を参照

<計算式>

$$E \text{ [MW]} = 33.36 \times \frac{2}{60} \doteq 1.11 \text{ [MW]}$$

B火災モデルの設定

②燃料タンクに穴が空き、漏れる場合

次の(1)～(3)に着目して分析する。

(1) タンクの材質

現在使用されている大部分の自動車の燃料タンクは、金属製ではなく樹脂（HDPE：高密度ポリエチレン）製と考えられることから、本資料におけるB火災モデルの検討では、**樹脂製タンクを想定**する。

(2) タンクの耐衝撃性

＜自動車燃料タンクの耐衝撃性に係る基準＞

自動車を試験場内に静止させ、インパクトを水平、かつ、車両中心面と平行な方向に 50 ± 2 km/hの速度で車両の後面に衝突させた場合、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。（参考資料3-7-13、「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17「衝突時等における燃料漏れ防止の技術基準」）

衝突時の燃料漏れの基準は1996年から変更がないため、現在使用されているほとんどの自動車について同基準が適用されているものと推定される。

駐車場内においては、時速10km程度以下の徐行運転が求められていることが多いことから、50km/hを超える速度での衝突事故等が発生することは想定されにくい。



(1)・(2)を踏まえ、衝突により燃料タンクに生じる穴の大きさは、ガソリンの漏洩量が30g/minとなる大きさと想定する。

燃料タンクが衝突以外の要因（誰かが故意に穴を開ける、障害物が刺さる等）により損傷する場合について

この場合、タンクに大きな穴が空くことで、短時間に多量のガソリンが流出することも考えられる。
しかし、燃料タンクの構造基準においてもこのような損傷は想定されていないこと及び過去の火災事例の状況等を踏まえ、これらの要因による損傷については考慮しないこととする。

B火災モデルの設定

②燃料タンクに穴が空き、漏れる場合

燃料タンクから漏れる量を、1分間当たり30gと仮定した場合、燃料タンクの穴の直径 R （最大値）を次の*3の式を用いて計算すると、0.6mmとなる。

【ベルヌーイの定理】

(Q : 漏洩量[L]、 R : 直径[m]、 H : タンク内の液面高さ[m]、 π : 円周率(=3.14...)、
 g : 重力加速度(=9.8) [m/s²]、 $P_A - P_B$: 燃料タンク内のガソリン蒸気圧[Pa])

$$Q = 1000 \frac{\pi R^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{P_A - P_B}{\rho g} + H \right)} \dots \text{ (* 3) (参考資料 3 - 7 - 21)}$$

なお、密度を740[kg/m³]（温度によらず一定）、タンク内の液面高さ H を0.3[m]と仮定した。

<計算式1>

Q を[g/min]から[L/s]へ
密度を使用し単位変換

$$Q = \frac{30 \times 10^{-3}}{740 \times 60}$$
$$\cong 6.757 \times 10^{-7} [\text{m}^3/\text{s}]$$
$$\cong 6.757 \times 10^{-4} [\text{L}/\text{s}]$$

<計算式2>

*3式から直径 R の最大値を求める。

$$R = \sqrt{\frac{4Q}{1000\pi \sqrt{2g \left(\frac{P_A - P_B}{\rho g} + H \right)}}} \leq \sqrt{\frac{4 \times 6.757 \times 10^{-4}}{1000 \times 3.14 \sqrt{2 \times 9.8 \left(\frac{0}{740 \times 9.8} + 0.3 \right)}}}$$
$$\cong 6.0 \times 10^{-4} [\text{m}]$$
$$\cong 0.60 [\text{mm}]$$

②燃料タンクに穴が空き、漏れる場合

(3) タンク内の圧力

* 3の式から、タンク内のガソリン蒸気圧によって流出量が増える。

<自動車燃料タンクの耐圧性に係る基準>

温度53度の水を公称容量まで満たし、53±2℃の温度のもとで、燃料タンクの内圧をゲージ圧で29kPaに5時間保つこと。(参考資料4-6、「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16「乗用車用プラスチック製燃料タンクの技術基準」)

実際の自動車の燃料タンクの最高耐圧に係るデータは不明であるが、燃料タンクに生じる穴の直径が上記(2)の値(=0.6mm)となる場合、タンク内圧力の上昇に伴う漏洩量の増加は極めて小さく、樹脂製タンクの最高耐圧における漏洩量が2[L/min]を超えることは想定されにくい。

(例) タンク内圧力が十分に大きい場合の燃料漏洩量の試算

仮にタンク内圧力を1,000[kPa]、その他の条件については前ページと同一とし、この場合の流出量 Q を*3の式により計算すると、 $Q \doteq 0.015$ [L/s]となり、火災面積を*1の式により計算すると、火災面積 $S = 0.1875$ [m²] (直径49[cm]程度)となる。

<計算式1>

$$\begin{aligned} Q &= 1000 \frac{\pi R^2}{4} \sqrt{2g \left(\frac{P_A - P_B}{\rho g} + H \right)} \\ &= 1000 \times \frac{3.14 \times 0.0006^2}{4} \sqrt{2 \times 9.8 \left(\frac{1000 \times 10^3}{740 \times 9.8} + 0.3 \right)} \\ &\doteq 0.015 \text{ [L/s]} \end{aligned}$$

<計算式2>

$$\begin{aligned} S &= Q / V_B \\ &= 0.015 \times 10^{-3} / 0.8 \times 10^{-4} \\ &= 0.1875 \text{ [m}^2\text{]} \end{aligned}$$

B火災モデルの設定

2. 想定される油面火災の最大面積

条件設定フローチャート

燃料の漏れ方

燃料配管から漏れる場合

配管が損傷

過去の実験結果より最大の
漏洩量は2[L/min]

火災面積は0.42㎡
(直径73cm程度)

想定するモデルは直径1m
(火災面積0.79㎡、発熱速度約2.1MW) とする

燃料タンクに穴が開き漏れる場合

衝突によりタンクに衝撃を受け、損傷を受ける

燃料タンクの基準においては、漏洩量30g/min以下

燃料タンクに直径0.6mmの穴が開いた場合にタンク内の圧力を考慮しても、漏洩量は2[L/min]を超えることはない

想定するモデル

燃料配管から漏れる場合を想定し

直径1m (火災面積0.79㎡、発熱速度約2.1MW) の火災面積とする。

B火災モデルの設定

3. 傾斜の影響及び漏洩の形状

斜面を走行中の車両の配管や燃料タンクから燃料が漏洩した場合、漏洩したガソリンが当該斜面を下って拡散する。車両下部のマフラー部分等は高温であることから漏洩直後に引火することが想定されるため、漏洩したガソリンは当該斜面により拡散するよりも前に燃焼することが考えられる。このため、傾斜の有無に応じて別々の火災モデルを設ける必要は無いと考えられる。

以上から、本検討においては平面上におけるB火災モデルについて整理していくこととする。また、漏洩した燃料面の形状については、円形とする。

B火災モデル（自動車使用モデル）

以上を踏まえ、n-ヘプタン（ガソリンの主成分）を注いだ直径100[cm]の円形オイルパンが平らな地面に置かれ、その上に車両が存在する状況を想定する。

※オイルパンの燃料量と車両タンクの容量を一致させるとともに、車両タンク内のガソリンは抜いておく。

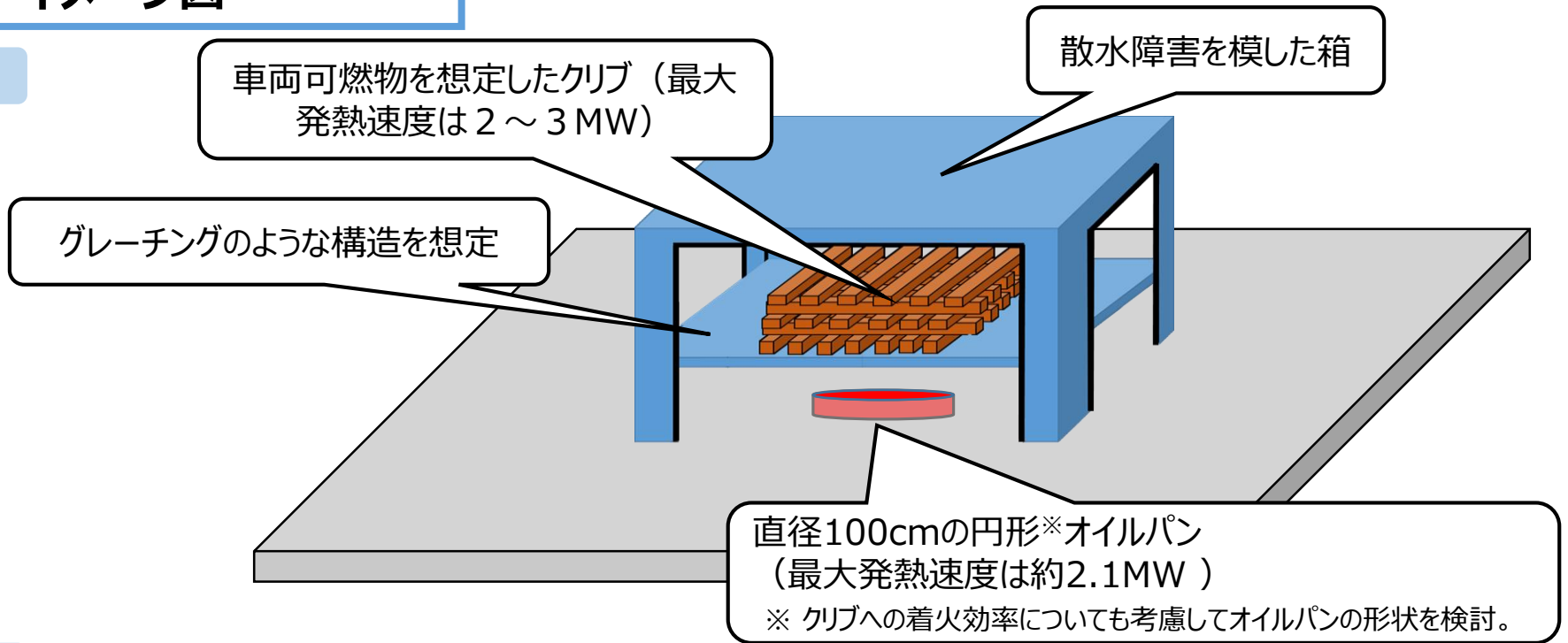


直径100cmの円形オイルパン

B火災モデルの設定

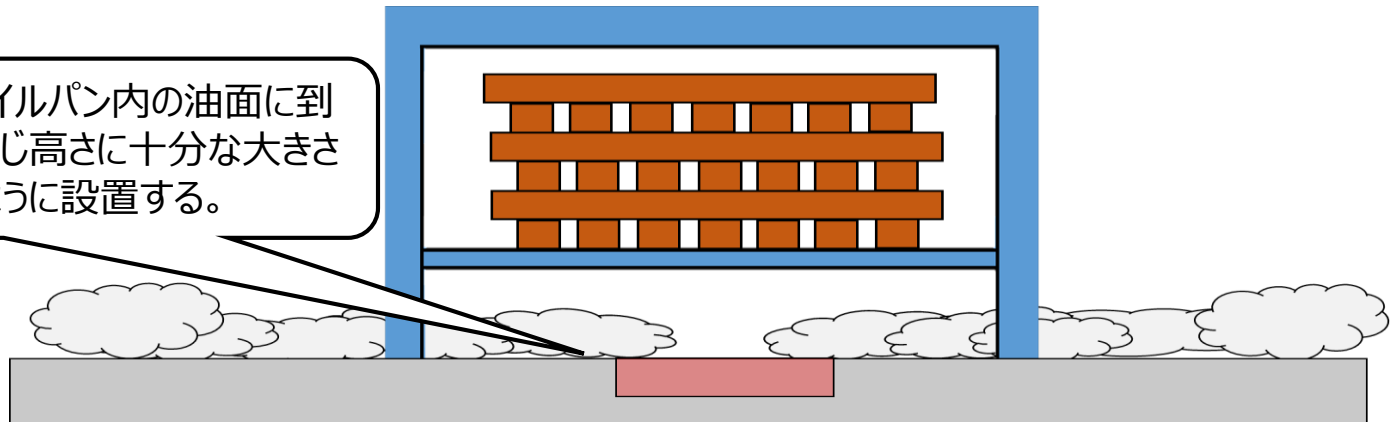
B火災モデル（簡易モデル） イメージ図

全体図



断面図

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にオイルパンの縁と同じ高さの十分な大きさの鉄板等を平らになるように設置する。



今後の検討方針

① 過去の自動車の燃焼実験の結果や数値シミュレーションを活用し、簡易モデル（A火災・B火災）の試行版を作成。

- 現在広く普及していると考えられる、ボディに樹脂製部品が使用されている平均的な自動車をピックアップする。

② 自動車使用モデルと簡易モデルの燃焼の比較実験（再現実験）を実施し、簡易モデルの試行版の（A火災・B火災）の寸法等を調整。

- 発熱速度、輻射熱、周辺の温度を測定し、自動車モデルを使用した場合と簡易モデルを使用した場合で、著しい差が生じないように、簡易モデルの寸法等を調整する。
- 複数の消火実験に耐えられるよう、鋼板の厚みや接合部分の仕様等についても検討する。

③ ②の実験の結果を踏まえ、簡易モデル（A火災・B火災）の試験体を製作。

④ 上記簡易モデル（A火災・B火災）を使用し、各消火設備の消火性能を検証する。

- 泡消火設備（薬剤の種別ごとに）、水噴霧消火設備、スプリンクラー設備のそれぞれについて消火実験を行い、隣接車両において延焼しない受熱量を設定しその値を超えないか否かを確認する。
※昇降式の機械式駐車場がある場合の延焼危険性や、リチウムイオン電池の危険性についても検討する。

⑤ 泡・水噴霧消火設備の設置基準を検討する。

- 設置場所における排水設備（傾斜等）の基準、各消火設備のヘッドの性能を含めて検討。

実験

実験