

8. 調査研究のまとめ

8.1 平成15年度の調査研究結果から

8.1.1 地下駐車場等における車両火災の実態

14大都市の地下駐車場等における車両火災の実態調査（平成10年～14年の5年間）から、燃料電池自動車が増車する際の火災状況について、以下のことがいえる。

(1) 車両火災の発生率は極めて小さい

- ・地下駐車場等における車両火災は、5年間で38件（7.6件／年）発生しているが、地下駐車場等の収容台数と比較すると、およそ24.8万台に1件という極めて小さな発生率である。
- 燃料電池自動車の出火可能性がガソリン自動車の同等以下と仮定するならば、燃料電池自動車が駐車した場合においても、地下駐車場等における車両火災の発生率は極めて小さいといえる。

(2) 出火原因の多くは車両本体に起因する

- ・ガソリン自動車の出火原因の約4割がエンジン・燃料配管系・オイル配管系、約3割が電気系であり、車両そのものに起因する火災が約7割を占めている。
- 燃料電池自動車は圧縮水素ガスを利用した一種の電気自動車であり、出火原因からみると、内燃機関を持たない分だけガソリン自動車よりは出火の可能性は低いと考えられる。
- なお、こうした車両に起因する出火を防止する上で、燃料電池自動車の点検整備の仕組みについても留意する必要がある。
- ・その他の出火原因として、車室内における失火（タバコ等）と放火（疑い）がある。
- 燃料電池自動車においてもこうした出火は避けられないと考えられる。

(3) 火災のほとんどは初期消火により、ぼやで鎮火している

- ・車両火災の約6割は、消火器・屋内消火栓設備を活用した従業員の初期消火活動によって鎮火し、自動消火設備が作動したものは1割程度である。そのため、9割近くの火災は、出火箇所周辺や車両の一部を焼損する程度で鎮火している。
- 燃料電池自動車から出火した場合でも、一般には同様の初期消火対応によってぼやで鎮火するものと思われるが、問題となるのは、火災時等の火熱から圧縮水素ガス容器の安全対策として設置される容器安全弁の作動時間と消火活動（人的消火、自動消火）との時間関係である。
- ・隣接車両への延焼火災が1件あり、その原因はハロゲン化物消火設備の操作ミスである。
- 消火設備等の維持管理や訓練等、防火管理の徹底は地下駐車場のみならず全ての防火対象物に不可欠の対策である。燃料電池自動車が増車する場合には、特に、車両間の延焼による圧縮水素ガス容器安全弁の作動時間と消火活動（人的消火、自動消火）との時間関係についての検討が必要とされる。

8.1.2 地下駐車場等において想定される火災についての検討

地下駐車場等に圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車が増車する場合、どのような火災となるかについて、火災事例や既存のガソリン自動車及び模擬燃料電池自動車の火災実験結果等を踏まえて検討を行った。

(1) 圧縮水素ガス容器安全弁の機能

圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車の特徴として、圧縮水素ガスを充填した圧縮水素ガス容器が搭載される。圧縮水素ガス容器には、火災時等の加熱による圧縮水素ガス容器の破裂を防ぐため容器安全弁が設置されており、この容器安全弁の溶栓部が約 110°C で溶融し、内部の水素ガスを外気に放出する機能を持っている。

NEDO 平成 13 年度燃料電池普及基盤整備事業「自動車用燃料電池の普及基盤整備」において、(財)日本自動車研究所が実施した模擬燃料電池自動車(ガソリン自動車に圧縮水素ガス容器を設置したもの)の火災実験と、既往のガソリン自動車の火災実験とを比較してみると、周囲へ与える熱的影響は、容器安全弁作動後の急激な燃焼時期を除き、全体としては模擬燃料電池自動車の方が小さくなっている。

また、車両火災によって容器安全弁が作動する場合は、放出水素ガスは必ず着火し、35MPa の圧縮水素ガス容器では、放出圧力によって 10 秒程度は急激に燃焼する。この際に、上方放出の場合は、火炎の先端は最大で高さ約 10m、下方放出の場合は、火炎は最大半径約 6 m の範囲となる。この後は、火炎は急速に縮小し、ガソリン車の火災と同様な性状となる。圧縮水素ガス容器の容量によって違いがあるが、35 MPa の圧縮水素ガス容器では、1 本当たり約 1 分、2 本では約 2 分で水素ガスの燃焼は終了することになる。

なお、容器安全弁が作動した場合、当初の約 10 秒間に広がる火炎の範囲内にある可燃物の種類によっては着火する可能性がある。

(2) 圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車からの出火とその影響

天然ガス自動車における燃料供給システム系統からの出火は、これまでに発生していないことから、圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車においても、通常想定される出火の可能性としては、車室内からの失火(タバコ等)やバンパー等への外部からの放火があげられる。こうした出火については、過去の火災事例が示すように、出火車両を焼損する程度のぼやで収束し、圧縮水素ガス容器の容器安全弁は作動しないと考えられるが、その検証は必要である。

(3) 圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車に隣接するガソリン自動車の出火とその影響

ガソリン自動車の火災実験結果をみると窓からの火炎による影響が大きく、出火車両の上方、次いで、側方、前後の順で延焼の可能性が高くなる。特に、問題となるのは、機械式駐車装置における上方への延焼である。上部に置かれた燃料電池自動車の圧縮水素ガス容器の容器安全弁が早期に作動する可能性について検証が必要である。

なお、現実には初期消火が行われるため、隣接車両への延焼火災の事例は、過去 5 年間の実態調査では、ハロゲン化物消火設備の操作ミスによる 1 例しかない。圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車が増車する場合、こうした消防用設備等の維持管理を含めた人為的なミスを

なくしていく必要がある。

(4) 衝突事故と水素ガス漏洩の可能性

圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車には、水素ガスの漏洩対策として、ガスセンサーや自動的に遮断する装置が設けられている。また、衝突試験により、衝突時においても水素ガスの漏洩がないことや遮断弁等の安全装置の機能保持が確かめられている。

これらのことから、地下駐車場等では、通常、水素ガスが漏洩することはないと考えられる。

(注) 地下駐車場等における水素ガスの漏洩と換気設備の機能等については、(財)日本自動車研究所で検討中である。

8.1.3 地下駐車場等における火災シナリオの想定と消火設備の効果についての検討

地下駐車場等には、法定の自動火災報知設備や消火器・屋内消火栓設備、自動消火設備などの消防用設備等が設置されている。

圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車が駐車する場合、想定される車両火災に対して自動消火設備の効果を検討するために、火災のシナリオを作成した。火災事例と既往の実験結果をもとに、想定される出火に対して、自動消火設備の作動と容器安全弁の挙動について検討を行い、その後の実験計画の条件を抽出した。

(1) 地下駐車場での自動車火災を想定した場合

車を利用する人が出入りする地下駐車場では、一般に泡消火設備が使用されている。泡消火設備は、熱を感知するヘッド（スプリンクラーヘッド）の溶融によって自動的に泡（水性膜）を放出することによって消火する設備である。火災シナリオを検討した結果、以下の出火想定に対して実験により消火設備の効果を検証するものとした。

a) 平置き駐車された圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車の室内から出火した場合

b) 二段式機械駐車装置上部に置かれた圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車の直下のガソリン自動車の室内から出火した場合

a) は、一般的な駐車形式であり、圧縮水素ガス容器の容器安全弁が作動する前に泡消火設備が作動すると考えられる。しかしながら、泡消火設備は、車室内など泡の入らない部分については十分な消火効果が期待できない場合がある。このような事態を把握するため、泡消火設備の作動後の火災状況と圧縮水素ガス容器の容器安全弁の温度変化を測定する必要があると示された。

b) は、地下駐車場に置かれる圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車への延焼や圧縮水素ガス容器の容器安全弁の作動に関して、通常考えられる事態の中で、最も危険な火災シナリオである。泡消火設備の感知ヘッドは天井下に、泡ヘッドは天井下と側面に設置されている。このような出火想定で、泡消火設備が作動し、圧縮水素ガス容器の容器安全弁が作動するかどうかを確認するための実験が必要とされた。

(2) 立体駐車場での自動車火災を想定した場合

常時人のいない立体駐車場では、一般的にガス系消火設備が使用されている。感知器の作動

後、ガスを放出し消火する設備である。泡と異なり、窒素ガスによる消火では、既往の実験結果から約 40 秒間で完全に鎮火することが確認されている。しかし、実大規模程度の実験によって、感知器の作動時期やガス系消火設備の消火効果等を検証することが必要とされた。

なお、出火条件に関しては、下記のように危険側の想定で実験を行うこととした。

c) 圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車の直下にあるガソリン自動車の室内から出火した場合

8.1.4 地下駐車場等を想定した自動車火災に対する消火設備の効果に関する実験

8.1.3 の想定に基づき、地下駐車場で2タイプ、立体駐車場で1タイプの車両火災と消火設備の効果に関する実験を実施した。なお可能な限り実態に近づけるために、以下の点に留意した。

- ・模擬燃料電池自動車は、CNG 車を使用し、関係者の協力・指導のもと、現在の圧縮水素ガスを燃料とする燃料電池自動車に使用されている圧縮水素ガス容器及び容器安全弁を使用し、車両後部下の取り付け方も実車を再現するようにした。
- ・法定の基準に従い、自動火災報知設備と自動消火設備（地下駐車場については泡消火設備、立体駐車場については不活性ガス（窒素）消火設備）を設置した。

(1) 地下駐車場を想定した平置き式の車両火災と泡消火設備の効果に関する実験

平置き式（前記 a）の実験では、自動火災報知設備の感知器は点火 62 秒後に作動し、SP ヘッドの開放は点火 93 秒後、この時点の圧縮水素ガス容器の溶栓近傍温度は、実験開始時と同じ 10.2℃であった。本来はこの時点で泡消火設備が作動することになるが、実験を継続し、点火 4 分 53 秒後に泡消火剤を放出した。この時点でも、溶栓近傍温度は 10.5℃（実験スタート時は 10.2℃）であり、車室内から出火した場合は、容器安全弁が作動するまでには相当の時間がかかることが確かめられた。

(2) 地下駐車場を想定した二段式の車両火災と泡消火設備の効果に関する実験

二段式（前記 b）の実験では、自動火災報知設備の感知器は点火約 60 秒後に作動し、SP ヘッドの開放は点火 96 秒後であった。この時点で、下部の車両の窓ガラスが割れ、上部の模擬燃料電池自動車の圧縮水素ガス容器カバー下の温度は 525℃であったが、溶栓近傍温度は実験開始時より 0.7℃上昇した 12.3℃であった。

本来は、点火 96 秒後に泡消火設備が作動することになるが、燃焼を継続し、点火 7 分 56 秒後に泡消火剤を放出した。この時点での溶栓近傍温度は 75.3℃であった。溶栓近傍温度は、通常の泡消火設備の作動時（点火 96 秒後）には 12.3℃であり、点火 2 分後から上昇をはじめ、点火 7 分 56 秒後（泡消火剤放出）に 75.3℃、17 分 8 秒後に最高温度の 102.8℃を記録し、18 分 5 秒後（泡消火剤放出終了）には 102.7℃であり、実験中には容器安全弁は作動していない。

この実験では、圧縮水素ガス容器の容器安全弁溶栓部の温度上昇の抑制に関わる一つの要素として、圧縮水素ガス容器の下に取り付けられた鉄製カバープレートの効果が確かめられた。このカバープレートが、下からの火炎や熱に対する防ぎょ機能を果たすことを評価し、活かしていく必要がある。

なお、この実験では、上部に置かれた車両ばかりでなく、点火 7 分 30 秒後に、隣接車両の

塗料やゴムパッキン等に着火しているが、通常どおり、泡消火設備が作動すれば、上部及び隣接の車両に延焼することはないといえる。

(3) 泡消火設備の効果

実験で見られたように、通常の作動時間より、平置き式で3分20秒、二段式で6分27秒遅らせて、泡消火設備を作動させたが、所定の消火効果を果たし、車両火災は概ね鎮圧され、模擬燃料電池自動車に積載した圧縮水素ガス容器の容器安全弁が作動することはなかった。

(4) 立体駐車場を想定した車両火災と窒素ガス消火設備の効果

立体駐車場（前記C）の実験では、点火したガソリン自動車の上部、高さ3m、6m、9m、12mの位置にある差動式分布型感知器は、点火後36秒から44秒の間に全て作動し、この11秒後、点火55秒後に窒素ガスを約1分間放射した。窒素ガス放射後、約29秒でほぼ鎮火し、上部の模擬燃料電池自動車に延焼することはない。

法定通りの窒素ガスの放出を行った実験であり、窒素ガスの消火効果を確認できたといえる。

圧縮水素ガス容器の溶栓近傍温度は、実験開始前が9.5℃、窒素ガス放出時が9.5℃、実験終了時で13.0℃（最高温度）であり、わずかな温度変化しか記録されていない。

8.2 平成16年度の調査研究結果から

平成15年度の調査研究結果8.1.2(2)及び8.1.3(1)に示す検証が必要とされた事項の実施を主眼として以下の実験を行ったものである。

8.2.1 実験の種類

(1) 第1実験

平成15年度の実験では、実規模の二段式機械地下駐車場で模擬燃料電池自動車の実車を用いた火災実験を行ったが、本実験では模擬燃料電池自動車の圧縮水素ガス容器及び容器保護用のカバーの部分のみを模擬した実験装置により火災実験を行った。

二段式機械地下駐車場で模擬燃料電池自動車の直下に駐車中のガソリン車から火災が発生した場合を想定したもので、模擬燃料電池自動車に搭載している圧縮水素ガス容器が火炎に曝され、温度が上昇し容器安全弁が作動するに至るまでの溶栓近傍の温度変化や圧縮水素ガス容器表面各部の温度及び容器内の圧力の変化を測定したものである。

(2) 第2実験

平置き地下駐車場等で隣接して駐車しているガソリン車から多量のガソリン（50分）が漏れ、このガソリンが模擬燃料電池自動車の床下に流れ込み、これに着火した場合を想定した火災実験を行った。