

CNG自動車下部へのガソリンの流入防止対策についての検討方法（案）

万が一、漏えい防止対策が機能せず、ガソリンが漏えいした場合、CNG自動車下部へガソリンが流入する危険性がある。この場合、CNG自動車の高圧ガス容器が強烈なガソリンプール火災で炙られ、高圧ガス容器の破裂又は安全弁が作動し強烈な火炎放射状態になる危険性がある。

このことから、資料 3-2 で挙げた次の対策について、検討することとする。

フェーズ 3：CNG自動車車体下へのガソリンの流入

安全対策の方向性	安全対策（案）	検討事項（案）
給油設備から漏えいしたガソリンがCNG自動車の下へと流れることの防止・CNG自動車へのガソリン火災の延焼阻止	a. CNG自動車よりも低い位置に給油設備がくるようするための勾配の設置 b. CNG自動車の下にガソリンが流入しないよう溝を設置 c. CNG自動車の停車時に近接した場所でのガソリン給油の禁止 d. ガソリンに引火しても発熱量が少なくなるよう床面に格子状の溝を設置 e. ガソリンとCNGガスの両方に対応した消火設備の設置	○既設の給油取扱所への設置は可能か。(a, b, c, d, e, f, g) ○どのようなレイアウトが考えられるか。(a, b, c, d, e, f, g) ○充てん待ちのCNG自動車の停車位置はどうするか。(a) ○火災を抑制させる溝の設置方法はあるのか (d) ○有効な消火方法は何か。(e)
荷卸しにより漏えいしたガソリンがCNG自動車の下へと流れることの防止・CNG自動車へのガソリン火災の延焼阻止	f. CNG自動車よりも低い位置に注入口がくるようするための勾配の設置 b. CNG自動車の下にガソリンが流入しないよう溝を設置（再掲） g. 荷卸し中のCNG自動車の給油空地内進入禁止 d. ガソリンに引火しても発熱量が少なくなるよう床面に格子状の溝を設置（再掲） e. ガソリンとCNGガスの両方に対応した消火設備の設置（再掲）	

1 ガソリンの火災性状

(1) ガソリン燃焼特性

ガソリンの燃焼拡大は非常に速いことが知られており、急激に高熱の輻射熱を発生する。ガソリン燃焼と一般の可燃物燃焼との違いを比較したものは図1のとおり。

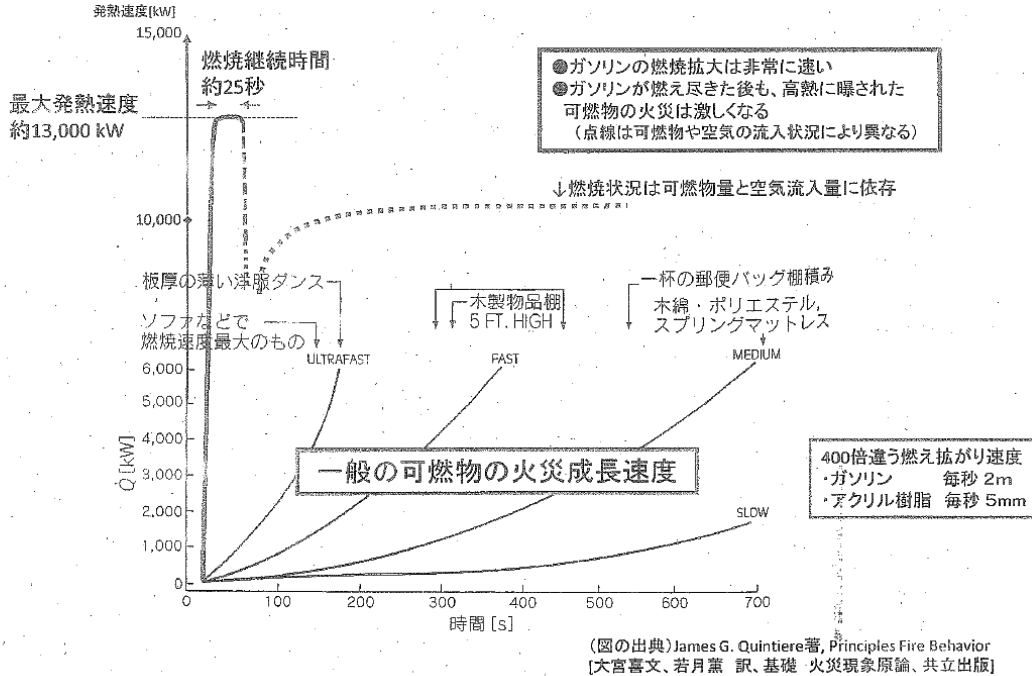


図1 ガソリン燃焼と一般の可燃物燃焼との違い

(2) ガソリンプール火災の輻射熱

液体燃料の燃焼による火炎からの輻射の簡易計算方法¹⁾によると、輻射熱は燃焼面積に比例するとされている。表1にガソリンを火源とした火炎輻射の簡易計算結果を示す。

ガソリンは漏えいすると一気に拡散し、燃焼面積が非常に大きくなることから、急激に高温の輻射熱を発生する。

$$q'' = \frac{\chi f Q}{4 \pi R^2}$$

$$Q = \Delta h_c m'' \infty \epsilon f \left(\frac{\pi D^2}{4} \right)$$

q'' : 半径方向に垂直な面への入射熱流束

χf : 全発生熱 Q のうち輻射熱として失われる割合

R : 火炎の中心と受熱点との距離

Δh_c : 燃焼熱 (MJ/kg)

$m'' \infty$: 液面燃焼速度 (kg/m²s)

ϵf : 火炎輻射率 = $1 - e^{-(kf\beta) D}$

$kf\beta$: 実効吸収係数 (1/m)

D : 燃料容器の直径

ガソリンの場合は以下の測定値²⁾が得られているためこれを用いると、

x_f : 0.18

Δh_c : 43.7 (MJ/kg)

m^{∞} : 0.055 (kg/m²s)

$k_{f\beta}$: 2.1 (1/m)

表1 ガソリンを火源とした火炎輻射の簡易計算結果

ガソリンの 直径	発生熱	火源からの距離			
		3 m	6 m	10 m	20 m
直径 5 m	47.2 MW	75.1 kW/m ²	18.8 kW/m ²	6.76 kW/m ²	1.69 kW/m ²
直径 3 m	17.0 MW	27.0 kW/m ²	6.76 kW/m ²	2.43 kW/m ²	0.61 kW/m ²
直径 1 m	1.9 MW	3.0 kW/m ²	0.8 kW/m ²	0.3 kW/m ²	0.07 kW/m ²
直径 0.5 m	0.5 MW	0.8 kW/m ²	0.2 kW/m ²	0.07 kW/m ²	0.02 kW/m ²

参考：10 kW/m²=木材が無制限時間の加熱を受けても着火しないとされる値

2.3 kW/m²=人が熱による痛みを感じ始めるとされる値³⁾

<参考>



10リットルの漏えいで、
2m×3mほどの面積に拡
がっている

図2 給油ノズル・満量停止装置の故障時の噴出漏えい状況（10リットル漏えい時）
（床面の赤いマークの間隔は1メートル）⁴⁾

2 CNG自動車の火災想定

(1) 通常の自動車燃焼火災の進行について

自動車の燃焼性状については、過去に多くの実験が行われており、出火場所や着火源の種類が異なれば、その後の火災の拡大といった自動車燃焼性状に違いが現れることがわかっている。

- 原田ら⁵⁾によると、屋内に駐車させた車両（運転席及び助手席側の窓10cm開放）の運転者のシートに着火した場合、着火直後はシートが急速に炎上したが、車内はすぐに酸欠状態となり8分間くん焼状態が続いた。8分後のフロントガラスの破壊により、車内がフラッシュオーバーした。着火後8分間は、発熱速度は400kW程度でごく小

さいが、8分時点でフラッシュオーバーした後、発熱速度は急速に増大し、約2 MWを記録した。24分後にはエンジンルームに延焼したが、この時間帯は換気支配型の火災と考えられれば一定の発熱速度を示したと報告している。

- 岡本ら⁶⁾は、実車を用いて、出火場所、車室窓の開閉状態、着火源の種類を変えた自動車燃焼実験を実施しており、車両後部から出火した場合に車室内が盛火となるまでに要した時間は最短で27分、エンジンルームから出火した場合に車室内が盛火となるまでに要した時間は最短でも50分が必要であることを確認している。この結果から、車両後部から出火した場合は、燃料タンクから漏出したガソリンの火炎の燃焼熱によって車室窓の破損がより起こりやすく、エンジンルームから出火した場合と比べ、車室内への火炎の伝播が早い傾向があると報告している。

また、この報告の中でJ. Mangsらの実験にも紹介しており、衝突事故により燃料タンクから漏洩したガソリンに着火したケースを想定して、自動車下部の床面にヘプタン（ガソリンの成分の一つである炭化水素系有機溶媒）を入れたオイルパンを設置して、ヘプタンに着火して実験では、着火直後に自動車全体がガソリン火炎に包まれて、着火後10分以内に自動車の燃焼は盛火に至っており、自動車全体への急速な火災の拡大が見られたと述べている。

- 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⁷⁾によると、平置き地下駐車場に駐車中の模擬燃料電池自動車から出火させ、圧縮水素ガス容器の容器安全弁の溶栓部の温度が上昇し溶融するまでの時間内に消火設備が作動し、火災を抑制し、容器安全弁が作動するまでに至らないかどうかの確認結果を報告している。

火源としては、後部座席に灯油をしみ込ませた布切れを置き、これに点火しており、実験用消火設備（泡消火設備）の放射量等は、現行の消防法施行規則第18条に従ったもので、水性膜泡消火薬剤3%型のものを用いている。

泡消火剤の放射は点火299秒後から10分間実施しているが、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℃まで上がったが溶栓近傍の温度は実験終了まで顕著な変化が見られなかったと報告している。



図3 実験の状況

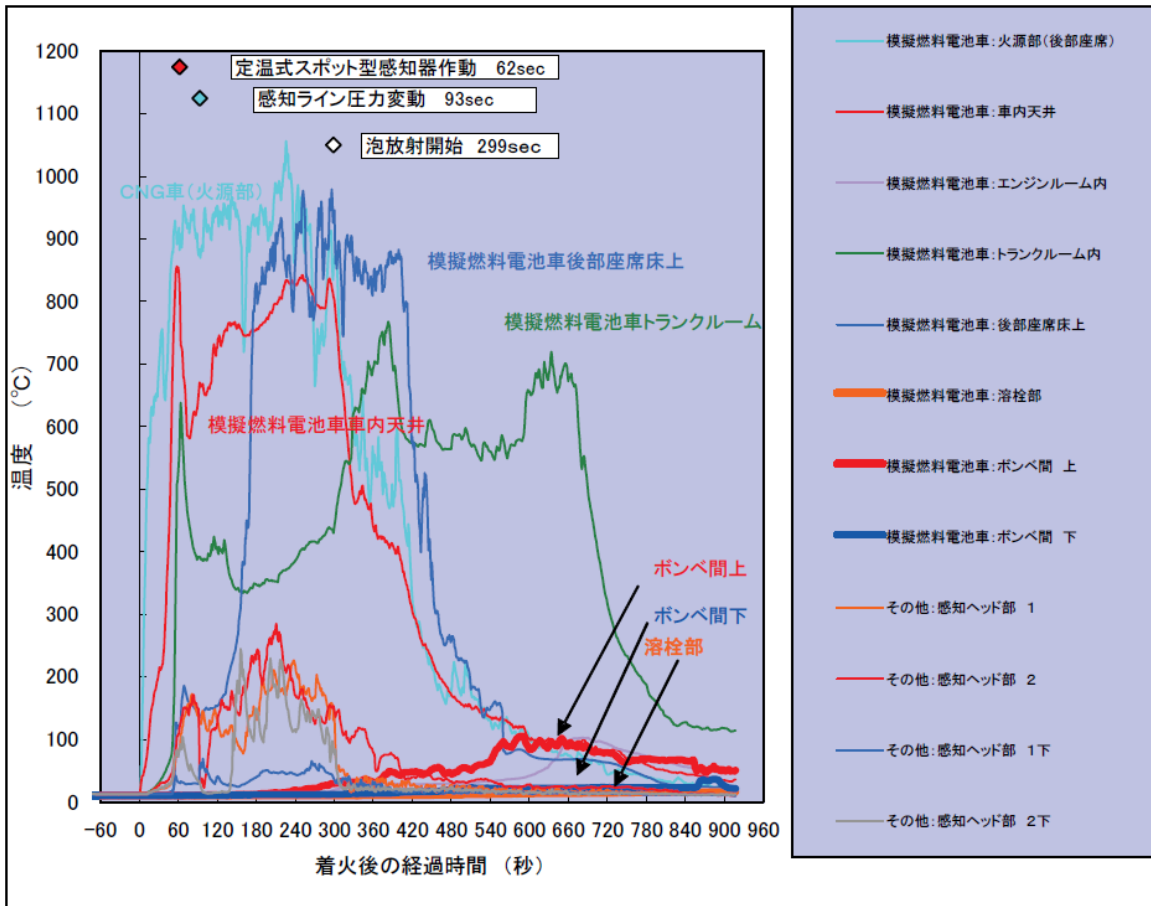


図4 温度測定結果

- 一般財団法人日本自動車研究所で行われたガソリン自動車の火災実験⁸⁾では、着火30分後に燃料の給油口から出るガソリン蒸気に着火・燃焼する様子が見られたが、激しく火炎が横方向に噴出するような状況は見られなかったことが確認されている。


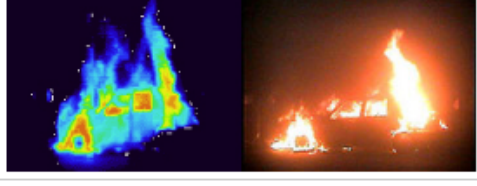
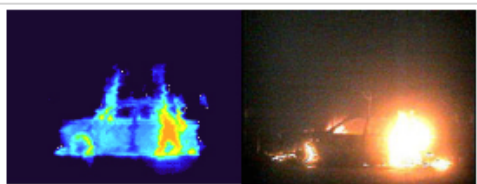
	<p>着火 (0分) 車室内の灰皿上に置いたアルコール系固形燃料にライターで着火した。着火から数分でダッシュパネルに延焼し、2分ほどで車外からも火炎が確認できた。</p>
	<p>15分 車室内全体に火炎が広がり、配線が短絡してホーンが鳴ったり、前照灯が点灯したりした。車室内温度は約800℃に達した。着火から約15分でエンジンが停止した。</p>
	<p>30分 車室内からエンジンルームや前タイヤに延焼した。また、後部左フェンダーにある燃料給油口から出るガソリン蒸気に着火・燃焼する様子が観察された。25～35分くらいが最も火の勢いが強かった。</p>
	<p>45分 車室内からトランクルームや後タイヤに延焼した。</p>
	<p>60分 着火から約60分で全焼した。樹脂部分はほとんど焼失した。</p>

図5 ガソリン自動車の火災実験

(2) ガソリンプール火災におけるCNG自動車の燃焼進行について

- 平成16年度に消防庁が実施した高圧ガス容器である燃料電池自動車用容器を用いた火災実験では、健全な容器カバー内に収納された容器の直下でガソリン火災が発生すると、3分程度で安全弁が作動する可能性があることが判明した。



図6 90cm×100cmのガソリン火炎により高圧ガス容器を加熱している様子

○ 財団法人 日本自動車研究所の報告⁹⁾によると、高圧水素ガス容器およびこれらの水素燃料系を搭載した自動車火災実験を実施しており、表2の実験条件で実施した結果、図7の実験結果を得ている。

表2 実験条件

No.	想定した火災形態	火源	放出孔に取り付けられたベント管	圧縮水素容器	溶栓
TEST 1	車室内火災	灰皿に置かれた固形アルコール燃料	あり(内径6.8[mm]、2本)、車両下への吹出し	Type3、46[L]、2本、設定圧21[MPa]	ガラス式
TEST 2	路面上でのガソリン漏洩火災	容器が位置する車体下部に置かれたガソリンプール火災	PRD放出孔から直接トランクルーム内へ吹出し	Type3、46[L]、2本、設定圧21[MPa]	ガラス式

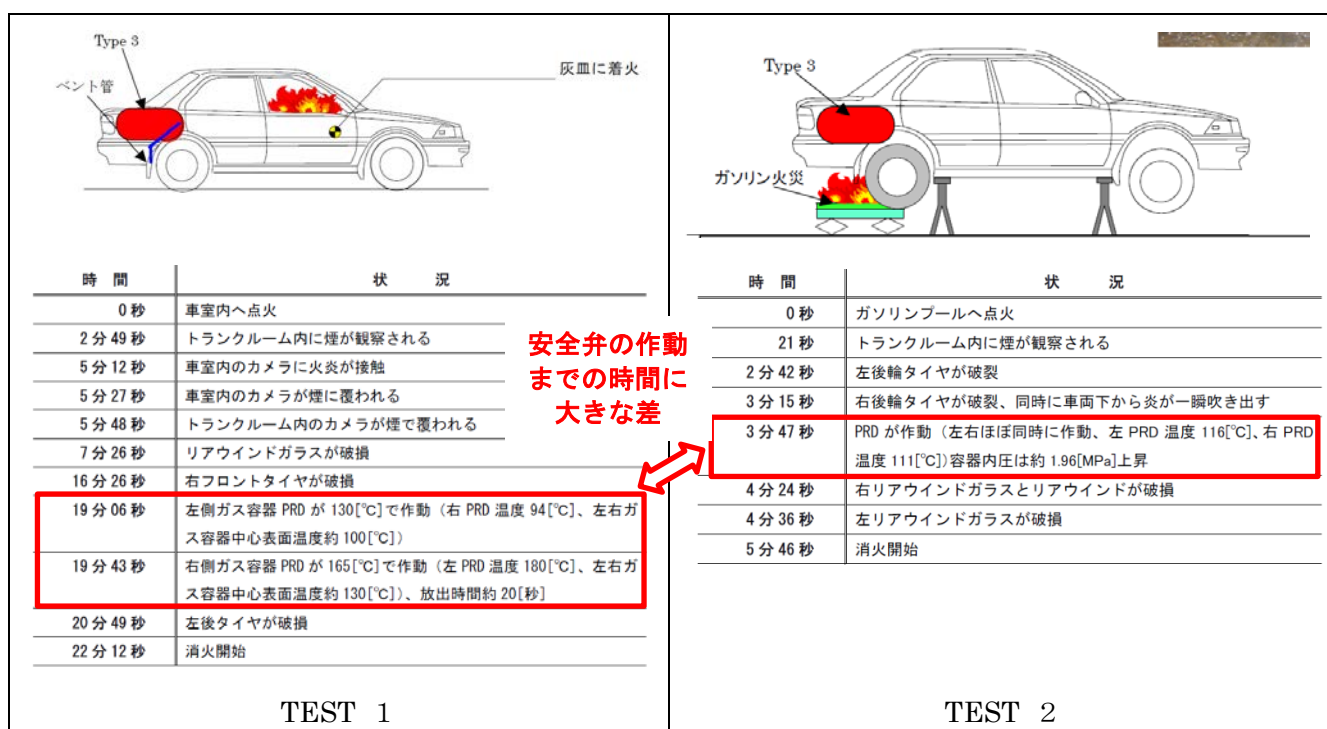


図7 実験結果

以上のことから、着火源がガソリン等の燃料以外の通常の自動車火災の場合、緩慢に燃焼が進行するため、高圧ガス容器の安全弁の作動には時間を要する(本実験の場合、19分程度)。

一方、燃料タンクからガソリンが漏出する等のガソリンプール火災の場合、ガソリンの強烈な火炎により、急激に燃焼が進行するため、高圧ガス容器の安全弁の作動は極めて短時間に起こる(本実験の場合、3分程度)。

3 検討の進め方（案）

上記1, 2を踏まえ、短時間であったとしてもCNG自動車の下にガソリンが流入しガソリンプール火災となる状況は避けなければならないことから、漏えいガソリンをCNG自動車の下に流入させないレイアウトを中心に検討する必要がある。

これらの対策の実現化に当たって、検討の進め方は次のとおりとしてはどうか。

(1) ガソリンが漏えいする危険性のある範囲の推定

資料3-2で挙げたとおり、ガソリンが漏えいする要因は複数考えられる。漏えい状況を分類すると、ホース破断等の1点での漏えいするものと、自動車の衝突により給油設備がはね飛ばされどこで漏えいするかわからないものがある。また、勾配のレイアウトによって拡散範囲が異なってくる。

設置する給油設備のホース長や自動車の衝突等による給油設備の移動範囲を想定し、必要に応じてシミュレーションを行う等により具体的なガソリンの漏えいする危険性のある範囲を想定し、それを踏まえて給油設備とCNGディスプレイ間の距離、勾配のレイアウトのパターンを検討してはどうか。

例) 勾配の違いによる漏えい範囲



勾配が緩い場合



勾配が急な場合

(2) CNG自動車の下にガソリンを流入させない溝の設置方法

CNG自動車の下にガソリンが流入しないようにする方法として最も合理的な方法は溝を設置することである。ただし、今回の規制緩和要望では、給油取扱所とCNGスタンドの停車スペースの共用化であるので、ガソリン給油設備の周囲を車一台分の溝を設置する等、要望を実現させつつ効果的に溝を設置する方法について検討してはどうか。

(3) レイアウトの考え方

(1)、(2)を検討した上で、具体的なレイアウトについて検討していきたい。

(4) 有効な消火方法

有効な消火方法の検討については、高圧ガス設備に設置される防消火設備と給油取扱所に設置される消火設備との関係を検討する必要があることから、法令の内容を確認しつつ、今後検討の進め方も含めて議論したい。

参考文献

- 1) 社団法人日本火災学会監修火災と消火の理論と応用東京法令出版平成 17 年
- 2) Drysdale, D An Introduction to Fire Dynamics 1986
- 3) 長谷見雄二、重川希志依：火災時における人間の耐放射限界について、日本火災学会論文集、第291号（1981年）
- 4) 給油取扱所の安全性等に関する調査検討委員会：給油取扱所の安全性等に関する調査検討委員会報告書（1998年）
- 5) 原田 和典、新谷 祐介、抱 憲誓、高橋 済、増田 秀昭、五頭 辰紀、森本 崇徳：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（2003年）
- 6) 岡本 勝弘：自動車火災における自動車の燃焼性状、そんぽ予防時報、第227号（2006年）
- 7) 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：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（2005年）
- 8) 一般財団法人日本自動車研究所ホームページ
- 9) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託先 財団法人 日本自動車研究所：平成 13 年度 報告書「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」衝撃・火災安全性評価（2002 年）