

液化水素スタンドを給油取扱所に併設する
場合の安全性に関する検討報告書
(一部抜粋)

平成 27 年 4 月

消防庁危険物保安室

3.2 給油取扱所の危険要因が液化水素関連設備に及ぼす影響

3.2.1 液化水素貯槽を設置する圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトからの危険要因

3.1 の検討結果を踏まえ、液化水素貯槽を設置する圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトとして想定するものは図 3.2 のとおり。

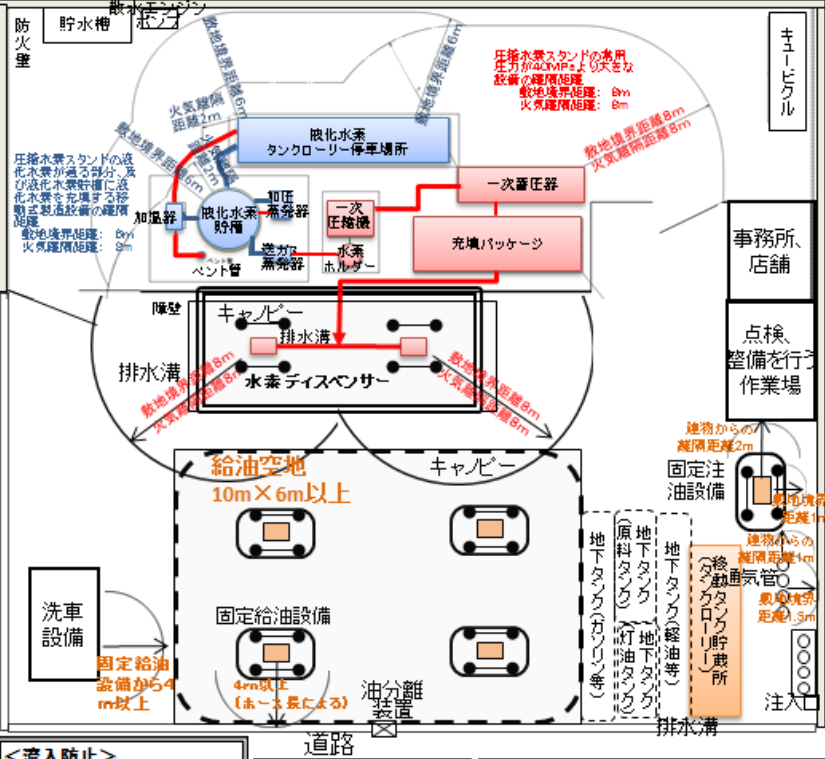
<距離>
 ローリ、液化水素貯槽、蒸発器、液化水素が通る部分(配管)について、次の距離が必要
 ・火気距離 2m
 ・敷地内距離 6m

<蒸発器>
 ・送ガス蒸発器の能力が不足したときに速やかに遮断するための措置
 ・液化水素が通る設備(貯槽、送ガス蒸発器を想定)の同一基礎上への配置

<ローリ、ローリ停車位置>
 ・警戒標
 ・車止め
 ・他の車両との接触事故を起こすおそれのない場所
 ・ローリと貯槽との適切な距離

・誤発進防止
 ・緊急遮断弁
 ・放出管をスタンド内の放出窓に接続
 ・水素の放出は危険又は損害の発生を防止するため、適切な流量とする

<液化水素貯槽>
 ・貯槽間の距離(全ての貯蔵能力)
 ・可燃性ガスの貯槽であることが識別できる措置
 ・貯槽周囲の流出を防止するための措置
 ・防液堤内及び周辺の設備設置制限
 ・耐震設計
 ・同一の基礎に繋結・貯槽の沈下状況の測定(全ての貯蔵能力)
 ・液化ガス貯槽の液面計等
 ・貯槽の配管に設けたバルブ
 ・貯槽及びその支柱の温度上昇を防止するための措置
 ・安全弁の作動を確認した場合の整備
 ・受入・送出配管に遮断装置
 ・二以上の安全装置(元弁が同時に閉まることのできなない構造のもの)
 ・圧力リリーフ弁
 ・適切な真空度維持
 ・液化水素が通る設備(貯槽、送ガス蒸発器を想定)の同一基礎上への配置
 ・放出ライノヒド加温器設置
 ・充填率の上限



<圧縮機>
 ・最大常用圧力を超えた場合、自動運転停止
 ・吐出側直近の配管に逆止弁設置
 ・自動車等の衝突防止措置

<ガス配管>
 ・給油空地等以外の場所
 ・自動車等の衝突のおそれのない場所
 ・ガスが滞留するおそれのある場所では接続部溶接。ガス漏れ検知器設置で免除
 ・蓄圧器からのガス供給を緊急停止できる装置設置。この起動装置は速やかに操作できる箇所へ設置

<障壁>
 ・液化水素貯槽及び蒸発器等の設置場所とディスペンサーとの間の障壁

<自動車等の点検・整備を行う設備>
 ・道路境界線から2m以上、固定給油設備から4m以上等離す
 ・危険物の漏れ、あふれ、飛散防止

<設置できる建築物>
 ・給油等、圧縮水素充填作業場、事務所、水素充填のために出入する者を対象とした店舗等、作業場、洗車場、給油取扱所所有者の住居・事務所、店舗、飲食店、展示場、作業場の合計は300m²未満

<耐火構造>
 ・壁、柱、床、はり、屋根が耐火構造又は不燃材。窓、出入口に防火設備設置
 ・可燃性蒸気が内部に流入しない構造

<洗車設備>
 ・固定給油設備から4m以上等

<防火設備>
 ・高圧ガス保安法令の規定による
<防火水の侵入防止>
 ・防火設備から放出された水が給油空地、ポンプ室、タンク注入口に達することを防止する措置を講ずる

<専用タンク等>
 ・危険物タンクは地盤面下
 ・専用タンクは地下タンク貯蔵所の基準を準用

<衝突防止>
 ・固定給油設備及び固定注油設備に自動車等の衝突防止措置

<流入防止>
 ・固定給油設備、タンク注入口等から漏れた危険物がディスペンサーに達することを防止する措置

<屋外給油取扱所>
 ・圧縮水素充填設備設置給油取扱所は屋外給油取扱所であること=キャベアー面積は(給油取扱所面積-建築物床面積)×1/3未満

<簡易タンク>
 ・構造、設備は簡易タンク貯蔵所を準用
 ・水素スタンドから火災が発生した場合に簡易タンクへの延焼を防止する措置
 ・自動車等の衝突を検知し、運転自動停止

<水素ディスペンサー>
 ・位置は給油空地等以外で、かつ給油空地等にて充填できない場所
 ・充填口が正常に接続されていない場合にガスが供給されない構造、かつ著しい圧降でホース破断によるガス漏れを防止する措置

図 3.2 液化水素貯槽を設置する圧縮水素スタンド併設給油取扱所のレイアウト (案)

高圧ガス保安法により液化水素関連設備とディスペンサーの間には高さ2mの障壁の設置が必要であるが、一方、液化水素貯槽の中には2m以上の大きさのものもあり、障壁の高さ(2m)を超える部分が露出するものが存在。

(高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について(内規) 「22. 障壁」)

(障壁の設置場所は) 圧縮水素スタンドの圧縮機、蓄圧器、液化水素の貯槽(加圧蒸発器及びバルブ類、充填口、計測器等の操作部分に限る。)及び送ガス蒸発器とディスペンサーとの間

※ 敷地境界距離を短縮するための障壁について、従来の圧縮水素スタンドの基準に倣えば液化水素貯槽を覆うような高さ10m近い障壁を設けることとなり現実的でない。漏洩の可能性のある箇所はバルブ周りであると考えられる。



図 3.3 液化水素貯槽の例

障壁の高さについては地震による倒壊等を考慮すると高くなりすぎることは好ましくなく、また、高圧ガス保安法は高さ2m以上としていることを踏まえ、給油取扱所からの出火による、火炎又は輻射熱の影響が液化水素関連設備に影響を及ぼさないために必要な液化水素関連設備と給油取扱所の距離について検討する必要がある。

【前提条件】

○障壁の設置基準

高圧ガス保安法においてバルブ周り等を隠すように2m程度の障壁を設ければよいという基準を設定⇒障壁より背の高い貯槽の場合、障壁に隠れない部分ができる。

○液化水素貯槽の性能

一般的な液化水素貯槽は、火災時の火炎に30分間以上耐えることができ、貯槽の外面の温度が650℃までであれば貯槽内の許容圧力を超えないよう安全装置の吹き出し量が設計されている。(真空2重殻+パーライト断熱材)。

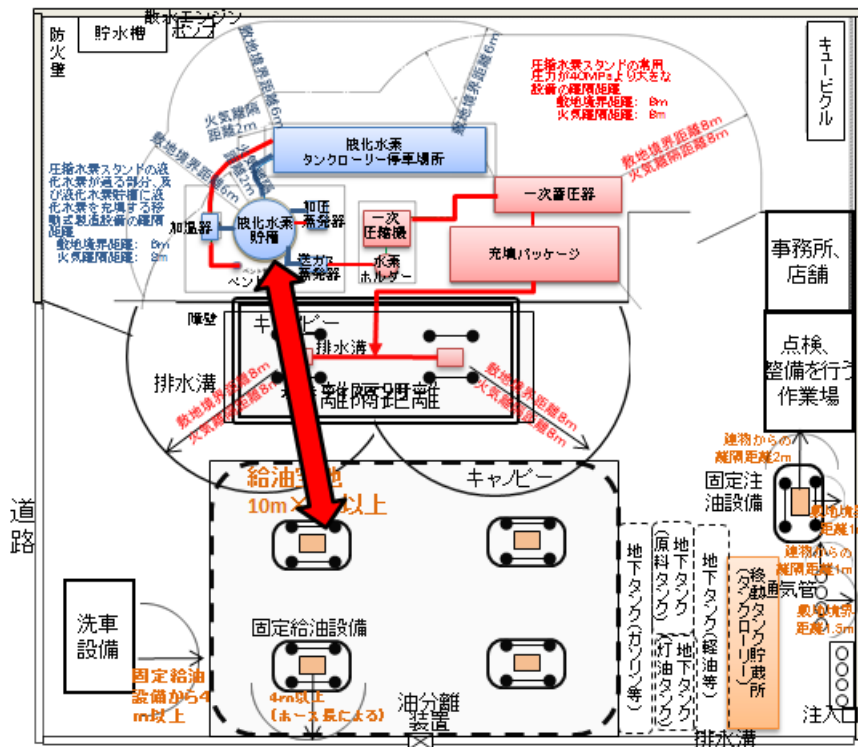


図 3.4 液化水素貯槽を設置する圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトからの危険要因

3.2.2 液化水素貯槽の構造及び温度上昇モデルの考え方

(1) 液化水素貯槽の構造

液化水素貯槽は、層構造となっており、輻射熱の伝熱イメージは下図のとおりである。

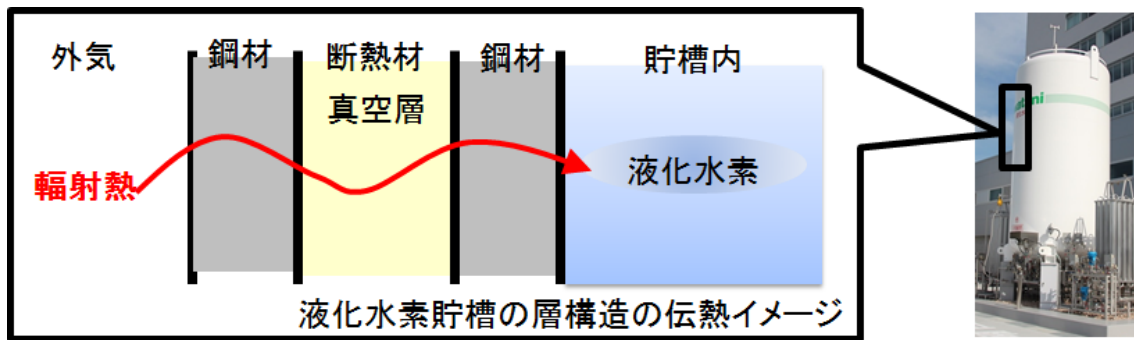


図 3.5 液化水素貯槽の構造イメージ

(2) 液化水素貯槽の温度上昇モデルの考え方

液化水素貯槽の性能の前提条件から、次の条件を満たすことが必要。

- 液化水素貯槽が輻射熱により 650°C以上の温度にならないこと
- 火災に 30 分間耐えること



液化水素貯槽が輻射熱を受けて 30 分以内に 650°Cに達しないことが必要

(3) 液化水素貯槽の温度上昇計算モデル

給油設備からの漏洩火災を想定し、①ガソリンによる輻射熱からの受熱量と②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量の収支により計算を行う。

なお、計算の簡便化のため、下記の仮定を置く。

(仮定)

- 液化水素貯槽の外鋼材と断熱材を比較すると、大きく比熱が異なることから、全ての熱量が外鋼材の温度上昇に寄与するとし、液化水素貯槽の温度の基準点は外層鋼材と断熱材の間とする。
- 鋼材は伝熱性能が良く、12mm 程度と薄いため、鋼材内で温度分布は発生せず一律に温度上昇する。

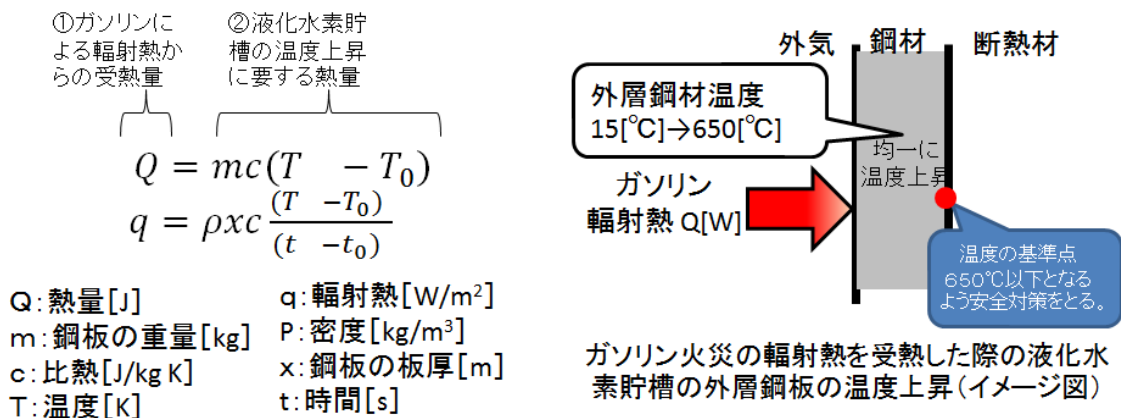


図 3.6 液化水素貯槽の温度上昇計算モデル

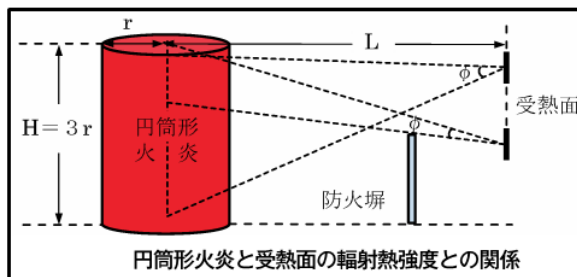
ア ガソリンによる輻射熱の放熱量

給油取扱所の塀又は壁に考慮すべき火災等については、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(消防庁特殊災害室)により計算することで差し支えないとされており、通常この方法により計算されている。

【火災規模の計算】

液体の流出率をガソリンの給油設備の最大吐出量 $q_L=50\text{L}/\text{min}$ 、ガソリンの燃焼速度 $V_B=0.8 \times 10^{-4}\text{m}/\text{s}$ とすると、

- ① 火災面積 $S = \frac{q_L}{V_B} = 10.4\text{m}^2$
- ② 火災直径 $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1.8\text{m}$
- ③ 火災高さ $H = 3r = 5.4\text{m}$



【想定火災の輻射熱強度】

輻射熱 $E = \phi \times R_f$ ※輻射発散 $R_f = 58000 \text{ [W/m}^2\text{]}$

なお、形態係数 ϕ [-] は火災規模を次の式に代入することにより、計算される。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{A-2n}{nAB} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{B(n+1)} \right) - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A(n-1)}}{(n+1)} \right) \right] \dots$$

(ただし、 $A = (1+n)^2 + m^2$ $B = (1-n)^2 + m^2$ $m = H/r$ $n = L/r$)

上記計算により、火炎の中心から距離Lの場所における輻射熱を得た。

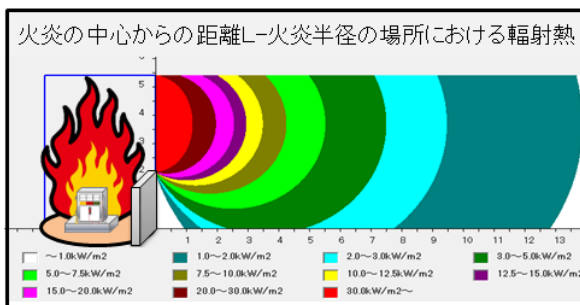


図 3.7 ガソリンによる輻射熱からの受熱量の算出

イ 液化水素貯槽の温度上昇に要する受熱量

○ 計算条件

外層鋼板の物性については、岩谷産業(株)資料から一般的なものを想定した。

温度条件は、日本における平均気温である 15°C から輻射熱により 650°C に上昇す

ることを想定した。

表 3.7 計算条件

SS400の物性		鋼板の板厚 ×[m]	初期温度 T ₀ [°C]	最終温度 T ₁ [°C]	想定時間 t[s]
密度 P [kg/m ³]	比熱 c [J/kg K]				
7850	473	0.012	15 (通常使用環境下における温度)	650	1800 (30分)

○ 計算結果

液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量は、

$$\rho x c \frac{(T - T_0)}{(t - t_0)}$$

$$= 7850 \times 0.012 \times 473 \times \frac{650 - 15}{1800 - 0}$$

$$= 15719 [\text{W/m}^2]$$



液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量は、輻射熱が 15.719kW/m² となった。

(4) 液化水素貯槽と給油設備の間に必要な離隔距離

液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量 15.719kW/m² をガソリンによる輻射熱からの受熱量で求めた火炎から距離Lの場所における輻射熱分布図と比較する。

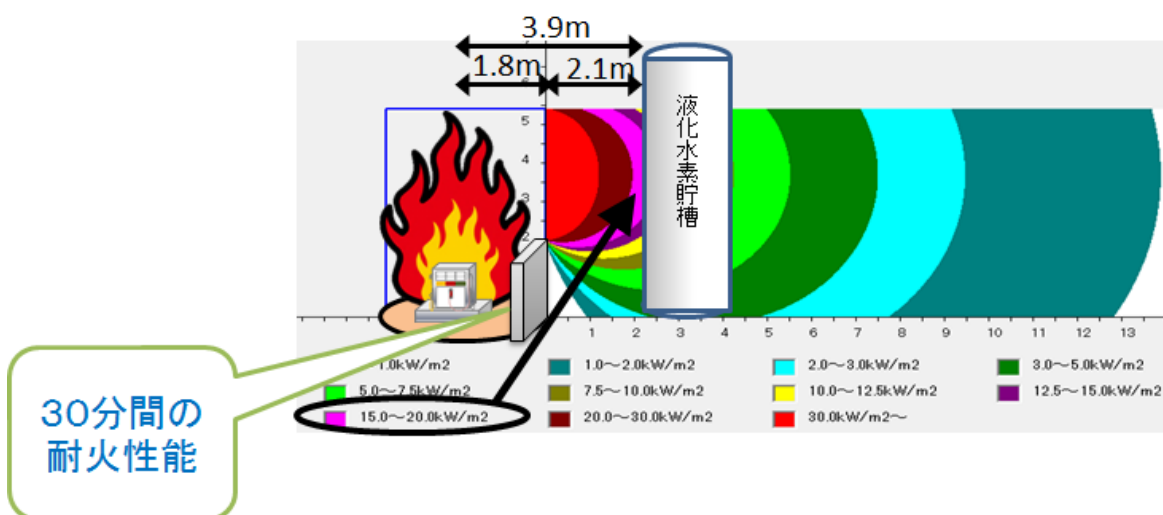


図 3.8 液化水素貯槽と給油設備の間に必要な離隔距離

以上の検討結果から、障壁からの距離 2.1m (火炎径 1.8m 時)

- ① 障壁に向かって下り勾配が設けられている場合、障壁へのガソリンの流出は避けられないため、液化水素貯槽と障壁の間の距離は 2.1m 以上 とすることが求められる。
- ② 障壁と逆方向に下り勾配が設けられている等により、障壁に向かってガソリンが流出することが考えられない場合は、給油設備と液化水素貯槽の間の距離は、火炎半径を考慮して 3.9m 以上 とすることが求められる。

また、給油取扱所内で発生する火災の想定としては、下表の3パターンが考えられる。油種、流量等により、輻射熱強度が異なることから、実際に併設する給油取扱所に設置される設備等を勘案し、必要な離隔距離を検証する必要がある。

表 3.8 給油取扱所内で発生する火災の想定に応じた離隔距離（例）

火災想定	給油中の火災			注油中の火災		荷卸し中の火災	
漏洩箇所	固定給油設備			固定注油設備		荷卸し	
油種	ガソリン	軽油		灯油		ガソリン	
吐出量の想定	法令の最大吐出量	一般的な吐出量	法令の最大吐出量	容器注油の最大吐出量	ローリータンク注油の最大吐出量	低速で荷卸した場合の流量	高速で荷卸した場合の流量
吐出量[L/min]	50	90	180	60	180	400	800
火炎面積[m ²]	10.4	27.3	54.5	12.8	38.5	83.3	166.7
火炎半径[m]	1.8	2.9	4.2	2.0	3.5	5.2	7.3
火炎高さ[m]	5.5	8.8	12.5	6.1	10.5	15.5	21.9
燃焼速度[m/s]	0.000080	0.000055	0.000055	0.000078	0.000078	0.000080	0.000080
許容輻射熱量[W/m ²]	15,719 (30分間を想定)					47,157 (タンク容量から10分間を想定)	94,314 (タンク容量から5分間を想定)
障壁からの距離[m]	2.1	2.1	2.3	2.0	3.0	輻射熱を受ける時間が短いため、影響は少ないと考えられる	
火炎中心からの距離[m] (火炎半径+障壁からの距離)	3.9	5.0	6.5	4.0	6.5		

現在普及している固定給油設備等を用いて行っているため、漏えいすることを前提としてシミュレーションを行っている。将来的に技術開発が行われ、漏えいすることが少ない固定給油設備等が開発された場合は、それに合わせたシミュレーションが必要と考えられる。

また、障壁が2mであり、液化水素貯槽は障壁以上の高さがあることを前提としてシミュレーションを行っているが、障壁等の耐火性能を有する壁の高さが2mを越えるものについても、それに合わせたシミュレーションが必要であると考えられる。

(参考)

液化水素貯槽と障壁の距離が1mの場合、2.1mの場合で液化水素貯槽の温度と受熱量（火炎からの輻射熱で液化水素貯槽が受ける熱量）をシミュレーションすると、下のとおりとなる。

なお、ガソリン火災の場合、一般的な炎の温度は1000℃から1500℃程度となる。

○液化水素貯槽と障壁の距離が1mの場合（輻射熱 27.44kW/m²）

液化水素貯槽の温度	
10分後	385度
20分後	753度
30分後	1124度
液化水素貯槽の総受熱量	
10分後	16.5MJ/m ²
20分後	32.9MJ/m ²
30分後	49.4MJ/m ²

○液化水素貯槽と障壁の距離が2.1mの場合（輻射熱 15.719kW/m²）

液化水素貯槽の温度	
10分後	226度
20分後	439度
30分後	650度
液化水素貯槽の総受熱量	
10分後	9.4MJ/m ²
20分後	18.9MJ/m ²
30分後	28.3MJ/m ²