

# 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

平成27年1月30日  
消防庁危険物保安室

# 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

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。  
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。



液化水素貯槽の障壁を越える部分について安全対策の検討が必要



# 給油取扱所の危険要因が液化水素に係る追加検討設備に及ぼす影響の検討

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い。このため、高圧ガス保安法で示されている高さ2mを最大とし、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

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イメージ図

## 【前提条件】

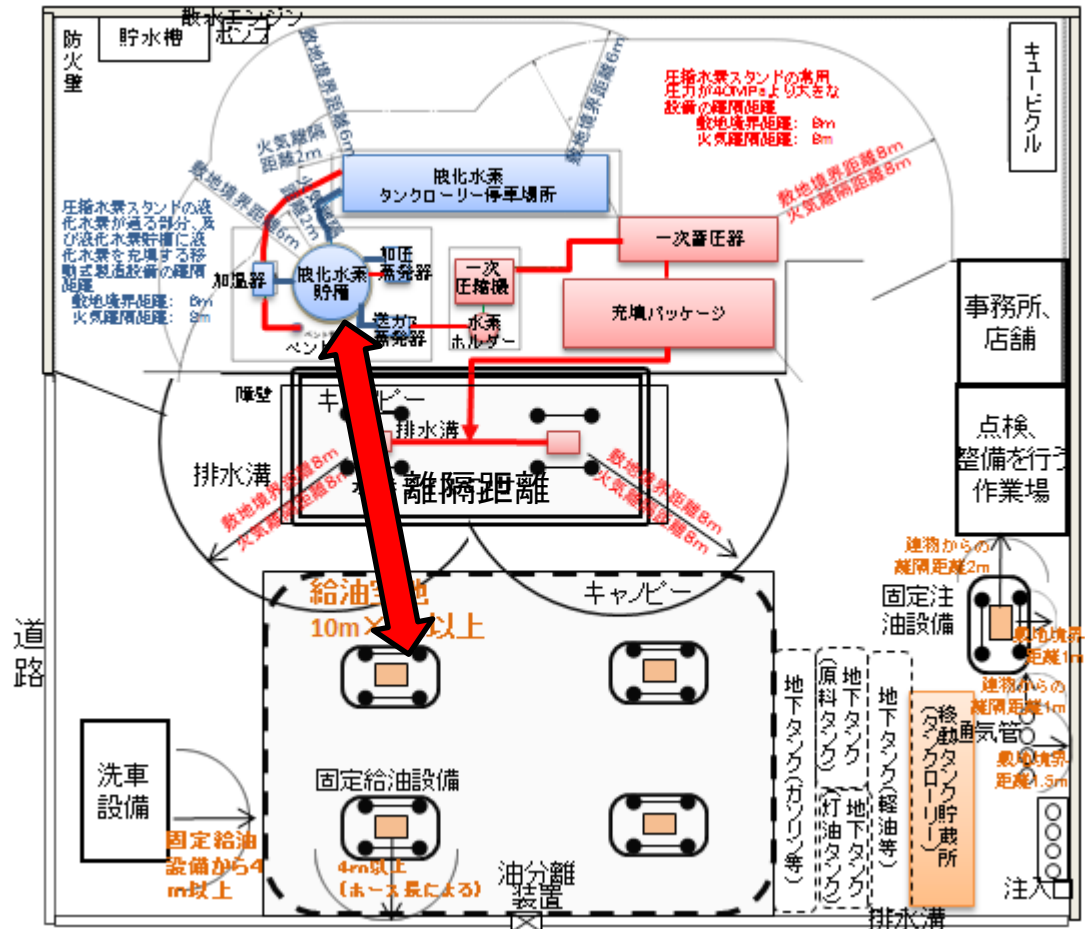
### ○障壁の設置基準

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

液化水素貯槽は一般的なプール火災を想定し、貯槽の外面の温度が650℃になっても30分以上耐えることとして設計されている。(真空2重殻+パーライト断熱材)。

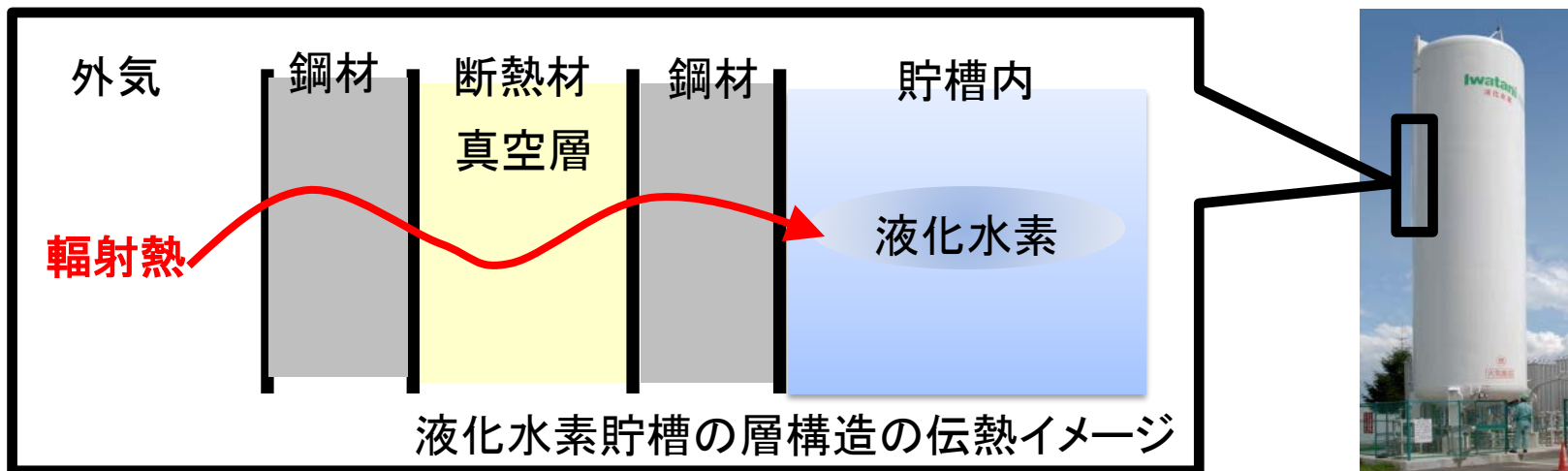
なお、この場合の「耐えること」とは、外部からの熱侵入により貯槽の圧力が上昇しても、30分間は安全弁が作動しないことを意味する。



# 液化水素貯槽の構造及び温度上昇モデルの考え方

## 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。



## 液化水素貯槽の温度上昇モデルの考え方

液化水素貯槽は、例示基準に従い、火災に30分以上耐える性能がある場合、650°Cの温度で安全装置が設計されている。実火災の輻射熱を受けた場合の温度は時間と共に変化することから、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
- 安全装置から安全に水素ガスを噴き出すため、650°C以上の温度で30分間熱せられないこと



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

# 液化水素貯槽の温度上昇計算モデル

## 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。

①ガソリンによる輻射熱からの受熱量

②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量

$$Q = mc(T - T_0)$$

$$q = \rho xc \frac{(T - T_0)}{(t - t_0)}$$

Q: 熱量 [J]

m: 鋼板の重量 [kg]

c: 比熱 [J/kg K]

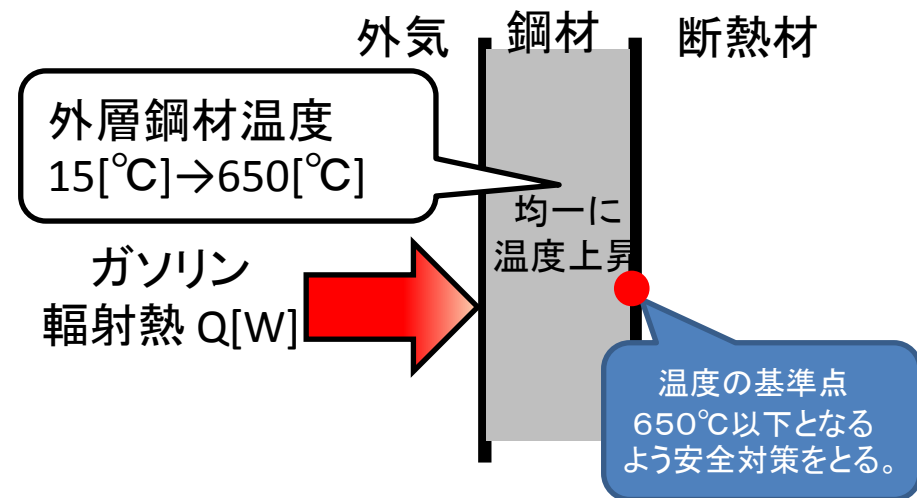
T: 温度 [K]

q: 輻射熱 [W/m<sup>2</sup>]

P: 密度 [kg/m<sup>3</sup>]

x: 鋼板の板厚 [m]

t: 時間 [s]



ガソリン火災の輻射熱を受熱した際の液化水素貯槽の外層鋼板の温度上昇(イメージ図)

# ①ガソリンによる輻射熱からの受熱量の算出方法

## ①ガソリンによる輻射熱からの受熱量

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  $q_L = 50\text{L/min}$ 、ガソリンの燃焼速度  $V_B = 0.8 \times 10^{-4}\text{m/s}$  とすると、

① 火災面積  $S = \frac{q_L}{V_B} = 10.4\text{m}^2$

② 火炎半径  $r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} = 1.8\text{m}$

③ 火炎高さ  $H = 3r = 5.4\text{m}$

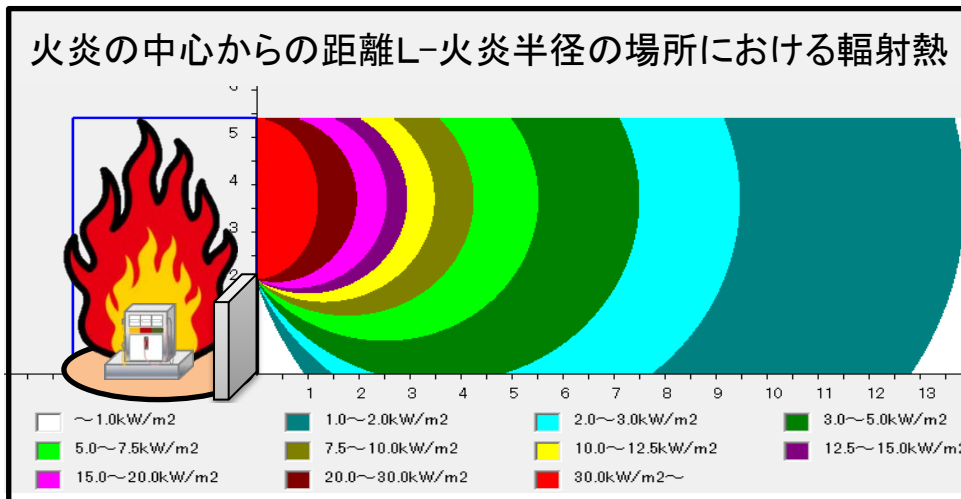
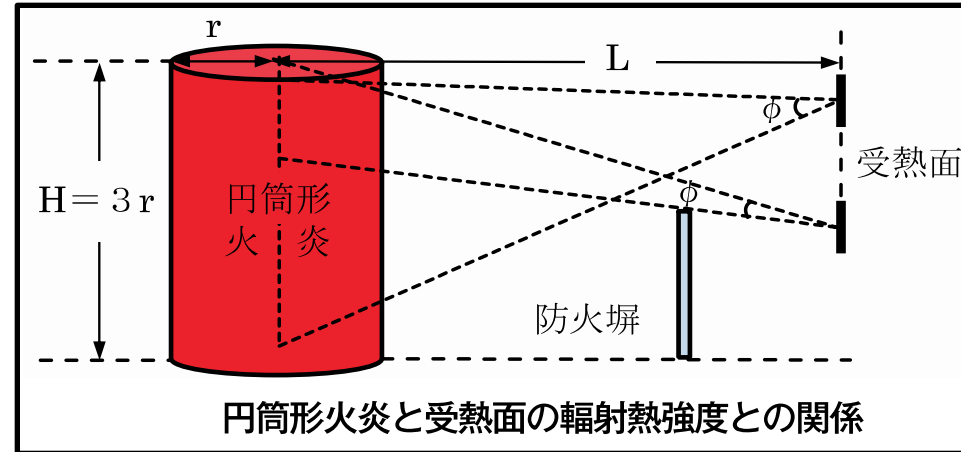
### 【想定火災の輻射熱強度】

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

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

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

(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。



# ②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量の算出方法

## ②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量

### ○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 計算条件

SS400の物性		鋼板の板厚 x[m]	初期温度 T <sub>0</sub> [°C]	最終温度 T <sub>1</sub> [°C]	想定時間 t[s]
密度 P [kg/m <sup>3</sup> ]	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、

$$\begin{aligned} & \rho x c \frac{(T - T_0)}{(t - t_0)} \\ & = 7850 \times 0.012 \times 473 \times \frac{650 - 15}{1800 - 0} \\ & = 15719 [\text{W/m}^2] \end{aligned}$$

参考

①ガソリンによる輻射熱からの受熱量

②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量

$$Q = mc(T - T_0)$$

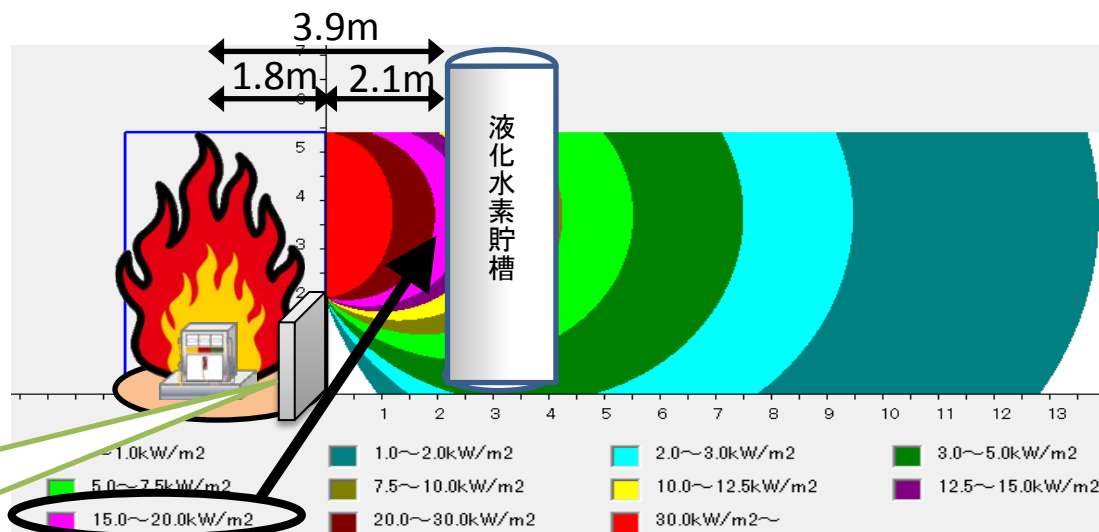
$$q = \rho x c \frac{(T - T_0)}{(t - t_0)}$$

液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量は、輻射熱が15.719kW/m<sup>2</sup>となった。

# 液化水素貯槽と給油設備の間に必要な離隔距離

## 必要な離隔距離

②液化水素貯槽の温度上昇に要する熱量 $15.719\text{kW/m}^2$ を①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と、



30分間の  
耐火性能

輻射熱距離2.1m（火炎径1.8m時）

以上の検討結果から、

- 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。



# 液化水素貯槽と給油設備等の間に必要な離隔距離

(参考) 主な火災想定に対応した離隔距離

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。

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	低速で荷卸しした場合の流量	高速で荷卸しした場合の流量
吐出量[L/min]	50	90	180	60	180	400	800
火災面積[m <sup>2</sup> ]	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
燃烧速度[m/s]	0.000080	0.000055	0.000055	0.000078	0.000078	0.000080	0.000080
許容輻射熱量[W/m <sup>2</sup> ]	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	緊結すること、荷卸しに要する時間がため輻射熱を受ける時間が短いことから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		