

# 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

平成27年4月

消防庁危険物保安室



## はじめに

近年、クリーンで経済的なエネルギー需給の実現の観点から、燃料電池自動車の普及に向けた取組が進められており、燃料電池自動車の水素インフラ整備の一つとして、規制改革実施計画において液化水素スタンドの技術基準の整備について取り上げられたことから、液化水素スタンドと給油取扱所を併設する際の消防法上の安全対策の検討を行うことは急務である。

このため、液化水素貯槽を設置する液化水素スタンドの基準について、高圧ガス保安法上の基準の整備状況を踏まえつつ、液化水素貯槽を給油取扱所に設置する場合の安全対策のあり方について検討を重ねてきた。

本報告書をまとめるにあたり、御多忙中にもかかわらず検討に積極的に参加され、貴重な意見をくださった各委員に厚くお礼申し上げます。

平成 27 年 4 月

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会

座長 林 光一



# 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

## 目次

第1章	検討の概要	
1.1	検討の目的	1
1.2	検討体制	2
1.3	検討項目	3
1.4	検討状況	3
第2章	現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所に係る技術基準及び検討項目について	
2.1	現行の圧縮水素充填設備等設置給油取扱所に係る技術基準等について	4
2.2	液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の影響評価に係る検討	8
第3章	液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合に必要な安全対策のあり方について	
3.1	液化水素関連設備の危険要因が給油取扱所に及ぼす影響	9
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	15
第4章	まとめ	24

## 参考資料

### 目次

- 参考資料－1 （平成25年度 経済産業省委託非化石エネルギー等導入促進対策調査事業）都市型圧縮水素スタンドに液化水素貯槽を設置する場合の技術基準検討報告書
- 参考資料－2 （平成26年度 経済産業省委託非化石エネルギー等導入促進対策調査事業）都市型圧縮水素スタンドに液化水素貯槽を設置する場合の技術基準検討報告書
- 参考資料－3 平成26年3月10日高圧ガス小委員会審議資料「液化水素スタンド基準の整備について」
- 参考資料－4 圧縮水素スタンドにおける液化水素貯槽の設置に係る一般高圧ガス保安規則等の一部改正について
- 参考資料－5 液化水素スタンドの基準整備に関する検討
- 参考資料－6 圧縮水素充填設備設置給油取扱所関係法令抜粋
- 参考資料－7 圧縮水素スタンドにおける液化水素貯槽の設置に係る一般高圧ガス保安規則等の一部改正（新旧）

## 第1章 検討の概要

### 1.1 検討の目的

近年、クリーンで経済的なエネルギー需給の実現の観点から、燃料電池自動車の普及に向けた取組が進められており、燃料電池自動車の水素インフラ整備の一つとして、規制改革実施計画において液化水素スタンドの技術基準の整備について取り上げられたことから、液化水素スタンドと給油取扱所を併設する際の消防法上の安全対策の検討を行うことは急務である。

圧縮水素スタンドと液化水素スタンドを構成する設備の相違点については、圧縮水素スタンドに液化水素貯槽、送ガス蒸発器が新たに設置されることである。従来、圧縮水素充填設備を設置する給油取扱所に講ずべき安全対策に係る技術基準の整備はすでに行われているが、これらの液化水素貯槽等を設置する場合の安全対策についてはまだ検討が行われていない。

このため、液化水素スタンドの基準について、高圧ガス保安法上の基準の整備状況を踏まえつつ、給油取扱所に当該設備を併設した場合に火災危険性が增大しないことの検証を行い、その安全対策のあり方について検討を行うものとする。

## 1.2 検討体制

本検討を行うために、「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会」を開催して検討を行った。

「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会」  
(敬称略、五十音順)

座長	林 光一	青山学院大学 理工学部 教授
委員	宇佐美 三郎	全国石油商業組合連合会 理事
委員	大谷 英雄	横浜国立大学大学院 環境情報研究院 教授
委員	小川 敬	一般社団法人 日本産業・医療ガス協会 産業ガス部門 水素スタンドプロジェクトリーダー
委員	河村 哲	岩谷産業株式会社 産業ガス・機械事業本部 ガス技術・開発室 品質管理部
委員	清水 秀樹	石油連盟 給油所技術専門委員会委員長
委員	高橋 俊勝	川崎市消防局 予防部 危険物課長
委員	塚目 孝裕	消防研究センター 技術研究部特殊災害研究室長
委員	鶴田 俊	秋田県立大学システム科学技術学部 教授
委員	西井 匠	一般財団法人日本ガス協会 技術開発部 燃料電池・水素グループ係長
委員	堀 信之	大阪市消防局 予防部 規制課長
委員	松崎 敏志	日本ガソリン計量機工業会
委員	松本 一哉	高圧ガス保安協会 高圧ガス部長
委員	山口 克己	東京消防庁 予防部 危険物課長
委員	山本 豊	危険物保安技術協会 業務部長

(オ<sup>h</sup>ザ<sup>h</sup>-ハ<sup>h</sup>-)

	遠藤 秀雄	経済産業省 商務流通保安グループ 高圧ガス保安室 室長補佐
	小富士 貴	国土交通省 住宅局 市街地建築課 課長補佐
事務局	鈴木 康幸	消防庁危険物保安室長
	鳥枝 浩彰	消防庁危険物保安室 課長補佐
	中嶋 仁美	消防庁危険物保安室 危険物施設係長
	貫井 信行	消防庁危険物保安室 事務官



### 1.3 検討項目

- (1) 液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の火災危険性に関する事項
- (2) 液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の安全対策のあり方に関する事項

### 1.4 検討状況

第1回 平成26年3月19日

第2回 平成27年1月30日

## 第2章 現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所に係る技術基準及び 検討項目について

### 2.1 現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所に係る技術基準について

#### 2.1.1 現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所に係る技術基準策定時の背景等について

給油取扱所に圧縮水素充填設備（水素を製造するための改質装置、水素を圧縮する圧縮機、圧縮水素を貯蔵する蓄圧器、圧縮水素を燃料電池自動車に充填するディスペンサーをいう。以下同じ。）を設置する場合の安全対策については、消防庁主催の平成15年度「燃料電池自動車用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調査検討会」及び平成16年度「燃料電池安全対策に関する調査検討会」（以下、平成15年度及び平成16年度の検討会を併せて「平成16年検討会」という。）において検討が行われ、当該検討会の検討結論を踏まえて、平成17年2月に圧縮水素充填設備設置給油取扱所の技術基準が消防法令に規定された。

従来（35MPa）より高圧（70MPa）の圧縮水素充填設備を給油取扱所に設置する場合の安全対策については、消防庁主催の平成23年度「圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策に係る検討会」（以下「平成23年検討会」という。）において検討が行われ、当該検討会の検討結論を踏まえて、平成24年5月に給油取扱所に従来より高圧（70MPa）の圧縮水素充填設備の設置、危険物から水素を製造するための改質装置の遠隔監視、顧客に自ら給油等をさせる給油取扱所（いわゆるセルフ給油取扱所）に圧縮水素充填設備の設置に関する基準が策定された。

これらの検討においては、給油取扱所の固定給油設備等及び水素スタンドの圧縮水素充填設備における火災危険要因の抽出・分析を踏まえ、給油取扱所内に圧縮水素充填設備が併設された場合に火災危険性が增大することがないように、必要な安全対策のあり方について検討が行われた。圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策の考え方の概念図を図2.1及び図2.2に示す。

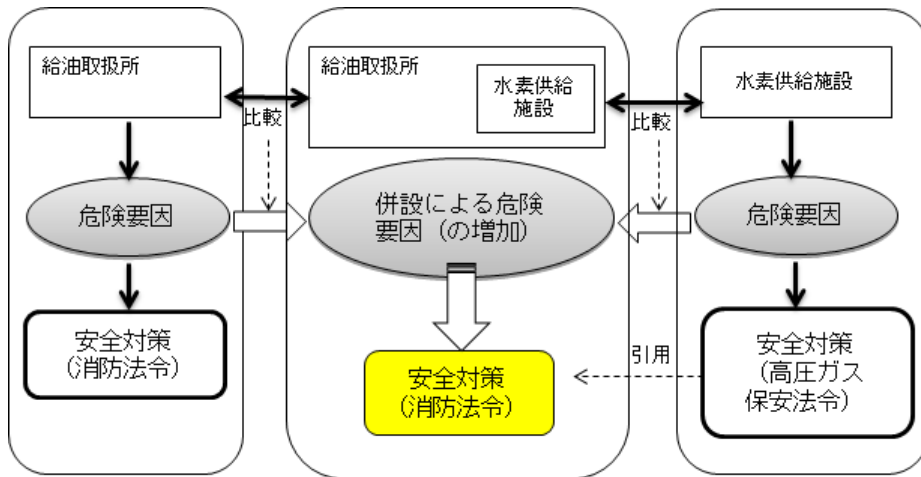


図 2.1 圧縮水素充填設備設置給油取扱所の安全対策の考え方について（概念図）

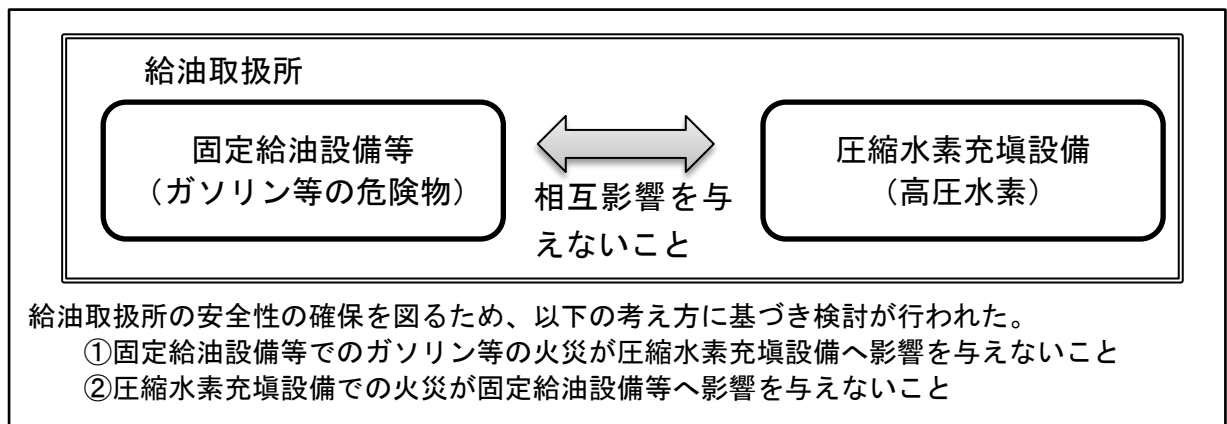


図 2.2 併設時の危険要因（の増加）に対する検討方法について（概念図）

図 2.1 及び図 2.2 から、給油取扱所及び水素スタンドの安全対策はそれぞれ消防法令、高圧ガス保安法令に安全対策が規定されている。給油取扱所に水素スタンドが併設される場合には、給油取扱所で発生した火災が水素スタンドに影響を与え被害が拡大する危険性及び水素スタンドで発生した火災が給油取扱所に影響を与え被害が拡大する危険性が生じることから、併設による火災危険要因の増加に対しては、消防法令において必要な安全対策が規定されている。消防法令に規定されている給油取扱所に水素スタンドを併設する場合の安全対策は、①給油取扱所の固定給油設備等でのガソリン等の火災が圧縮水素充填設備へ影響を与えないこと、及び②圧縮水素充填設備での火災が固定給油設備等へ影響を与えないことを前提としている。

### 2.1.2 現行の消防法令の技術基準について

図 2.3 に現行の消防法令に規定されている圧縮水素充填設備設置給油取扱所の技術基準の概要（イメージ図）を示す。

(規則第27条の5関係)

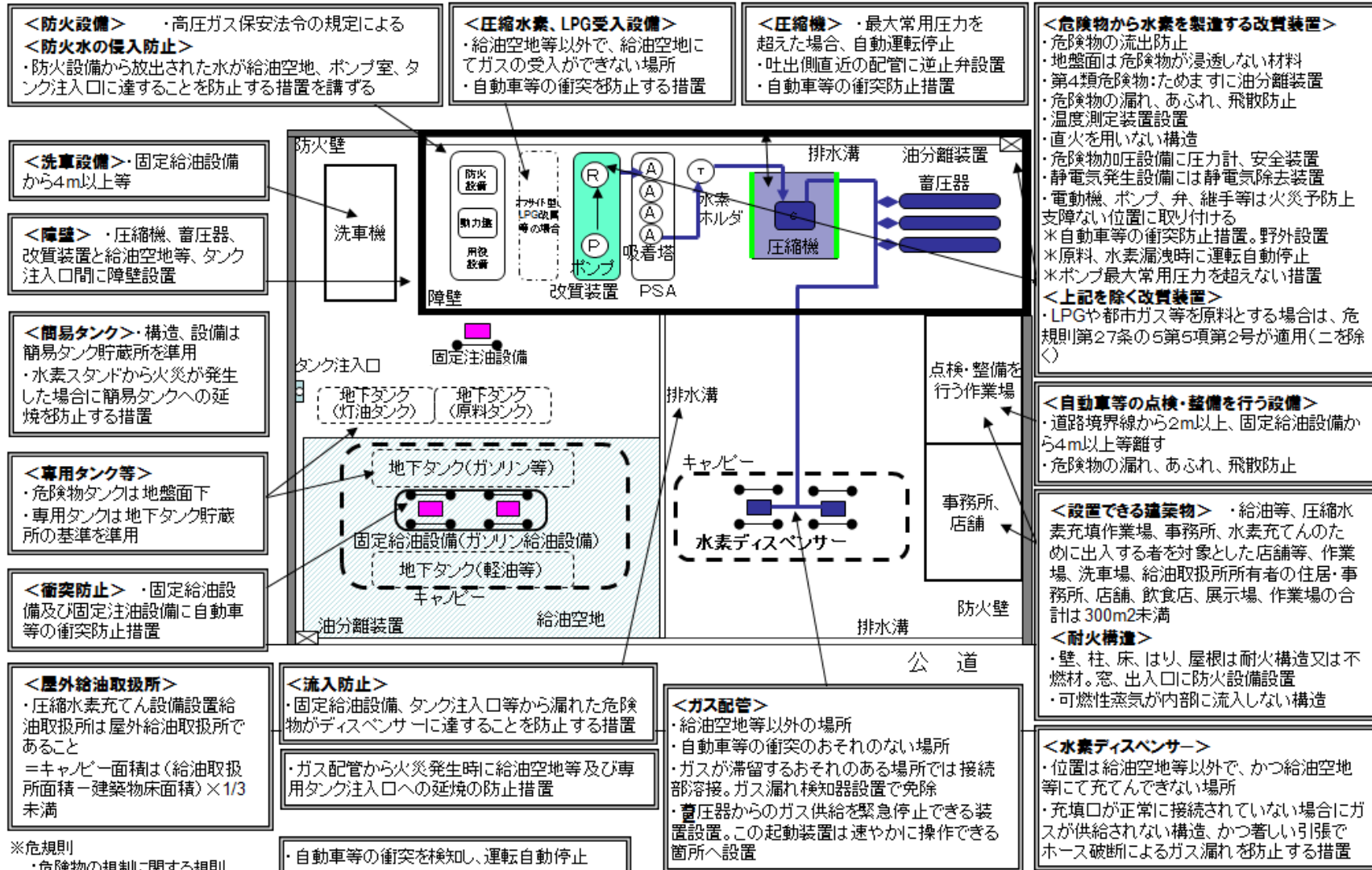


図 2.3 現行の消防法令における圧縮水素充填設備設置給油取扱所の技術基準の概要 (イメージ図)

図 2.3 から、圧縮水素充填設備設置給油取扱所の主な安全対策を次に示す。

(主な安全対策)

- 給油空地で発生した火災が圧縮水素充填設備に延焼することを防止するため、圧縮水素充填設備を給油空地及び注油空地以外へ設置するとともに、固定給油設備等からのガソリン等の漏えいによる火災で火面が圧縮水素充填設備付近に至ること等を防止するため、固定給油設備等と圧縮水素充填設備の間に排水溝を設置すること。
- 圧縮機、蓄圧機及び改質装置と給油空地等及び専用タンク等の注入口との間に障壁を設けること。

## 2.2 液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の影響評価に係る検討

本検討会では、液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の影響評価に係る検討についても、これまでの検討と同様、給油取扱所、液化水素スタンドの危険要因が相互に影響を及ぼさないための安全対策の検討を実施する。

なお、液化水素スタンドの構成設備は一部圧縮水素スタンドの構成設備と重複するため、今回は追加的に設置される液化水素関連設備（液化水素貯槽、蒸発器、液化水素ローリー）についての安全対策を検討する。

### 液体水素による貯蔵・水素スタンド

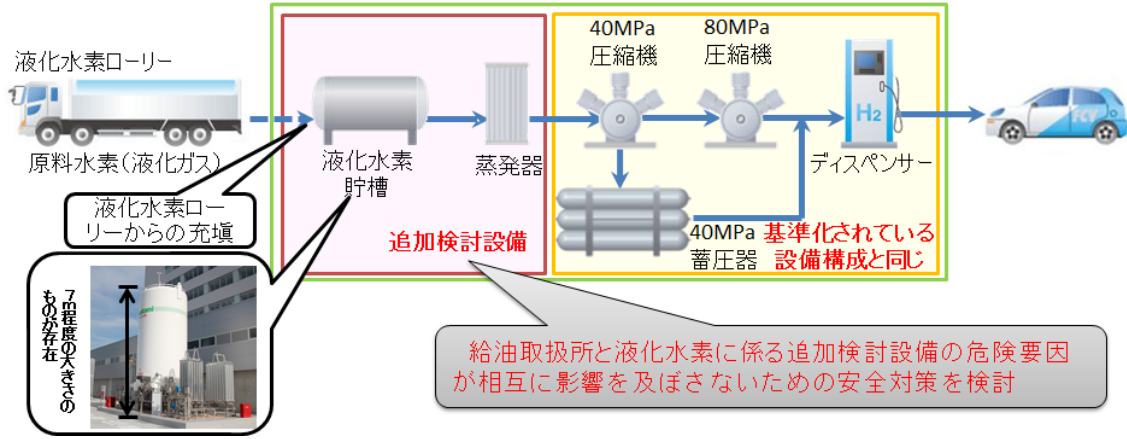


図 2.4 液化水素スタンドを給油取扱所に併設する場合の影響評価に係る検討の範囲

### 第3章 給油取扱所に液化水素関連設備を設置する場合に必要な 安全対策のあり方について

この章においては、給油取扱所に液化水素関連設備を設置する場合に必要な安全対策のあり方に係る検討内容及び結果をまとめる。

#### 3.1 液化水素関連設備の危険要因が給油取扱所に及ぼす影響

給油取扱所に70MPaの圧縮水素充填設備を設置する場合については、既に技術基準が定められており、固定給油設備等と水素充填設備が相互に影響を与えないよう水素漏洩による火災危険性について検討がなされている。

このことから、給油取扱所に液化水素関連設備が設置された場合の水素漏洩による火災危険性について検討する。

##### 3.1.1 液化水素関連設備からの水素漏洩による火災危険性に対する対策の考え方

液化水素の物性等は表3.1のとおり。水素火炎はほとんど視認できず、爆発範囲が非常に広く、最小着火エネルギーが小さいことによる火災危険性や、液化水素は沸点-253℃以下の超低温であることから低温関係に十分注意が必要である。

表 3.1 水素に係る物性等

外観	無色の超低温液体
臭い	無臭
融点（大気圧）	-259℃
沸点（大気圧）	-253℃
臨界点	-239.9℃ 1.3MPa (abs)
液密度（沸点、大気圧）	70.8kg/m <sup>3</sup>
有害性（皮膚刺激性） （ガス吸入）	凍傷 単純窒息性
蒸発潜熱（大気圧）	446.0kJ/kg（1kg=11.1Nm <sup>3</sup> ） （参考） 液化酸素 213.0（=0.7Nm <sup>3</sup> ） 液化窒素 199.1（=0.8 Nm <sup>3</sup> ） 液化ヘリウム 20.3（=5.6 Nm <sup>3</sup> ）
ガス比重（空気=1）	0.0695（参考：メタンの場合0.55）
爆発範囲（空气中）	4.0～75.0 Vol%（参考：メタンの場合5.0～15.0 Vol%）
拡散係数（常圧、20℃、空气中）	6.1×10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s（参考：メタンの場合1.6×10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s）
最小着火エネルギー	0.02 mJ（参考：メタンの場合0.28 mJ）

液化水素関連設備からの水素漏洩による火災危険性については「（平成25、26年度 経済産業省委託非化石エネルギー等導入促進対策調査事業）都市型圧縮水素スタンドに液化水素貯槽を設置する場合の技術基準検討会」（事務局：高圧ガス保安協会）（以下「都

市型圧縮水素スタンド検討会」と言う。)及び「平成 25、26 年度 液体水素スタンド基準整備検討会」(事務局：日本産業・医療ガス協会)(以下「液体水素スタンド基準整備検討会」と言う。)において検討がなされている。

これら検討会においては、表 3.2 のとおり水素の漏洩規模に応じた検討が行われた。

表 3.2 液化水素関連設備からの水素漏洩による火災危険性

内容	事故要因
大量漏洩	飛来物、暴走車両飛び込み、踏みつけ等による配管類の損傷、外部熱入力、操作ミス(バルブの閉等)、送ガス蒸発器の性能不足(下流部の破損)、いたずら、水素脆化 等
少量漏洩	継手、バルブシート等からの漏洩 等
低温影響	上記漏洩による凍結
液化水素タンクローリーからの漏洩	液化水素のローリーからの充填中の漏洩 液化水素タンクローリーのスタンド内での事故 等

### 3.1.2 大量漏洩に対する対策の考え方

液化水素関連設備の損傷等の大量漏洩への対策については様々な検討が行われ、既に高圧ガス保安法において表 3.3 のとおり基準化されている。

表 3.3 高圧ガス保安法で担保された大量漏洩に対する対策

防止すべき事象	対策
漏洩	遮断弁の設置(法制化) 蒸発器の能力が不足したときに遮断するための措置(法制化)
貯槽の破裂	安全弁の元弁を閉めることができないような 2 以上の安全装置の設置(法制化)
貯槽の圧力上昇	停電等により機能が失われない圧力リリーフ弁の設置(法制化) 真空断熱を用いた二重殻構造とし、適切な真空度の保持(法制化) 液化水素を放出する場合は気化及び加温した後に放出(法制化)
地震対策	耐震設計実施を規定(自主基準) 液化水素の通る部分は同一の基礎上に設置

【液化水素関連設備からの大量漏洩が給油取扱所に及ぼす影響】

液化水素関連設備からの大量漏洩については、何重もの安全対策が高圧ガス保安法により担保されているため、事故の発生が抑制されている。



高圧ガス保安法により安全性が担保されている



### 3.1.3 少量漏洩に対する対策の考え方

継手、バルブシート等からの少量の漏えい事故等への対策については様々な検討が行われ、既に高圧ガス保安法において表 3.4 のとおり基準化されている。

82MPa の高圧ガス設備と異なり、法令で認められている液化水素貯槽は 1MPa 未満で低圧であるため、離隔距離については実験結果及びシミュレーション結果から現行の 82MPa の高圧ガス設備よりも短い離隔距離が設定された。

表 3.4 高圧ガス保安法で担保された少量漏洩に対する対策

防止すべき事象	対策
漏洩水素への着火	火気取扱い設備までの離隔距離（火気離隔距離） <u>2m</u> （法制化）
爆風圧による第三者への影響 （目安：爆風圧 1kPa の到達距離）	敷地境界までの離隔距離（敷地境界距離） <u>6m</u> （法制化）
噴出火炎による第三者への影響 （目安：火炎長の到達距離）	
輻射熱による第三者への影響 （目安：輻射熱 1.26kW/m <sup>2</sup> の到達距離）	
スタンド内の人的被害	貯槽及び送ガス蒸発器とのディスペンサー隔離をはかるため、障壁の設置。ただし、液化水素貯槽にあっては、その操作部分（バルブ類、充填口、計測器類等）を対象。（法制化）

#### 【液化水素関連設備からの少量漏洩が給油取扱所に及ぼす影響】

少量漏洩の危険要因が給油取扱所に及ぼす影響として、給油取扱所内の人的被害が考えられるが、水素ディスペンサーと同様に、貯槽及び送ガス蒸発器と給油取扱所の隔離をはかるための障壁を設置すれば給油取扱所内の人的被害を防止できるものと考えられる。

なお、現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所では、圧縮機、蓄圧器及び改質装置と給油空地等、簡易タンク及び専用タンク等の注入口との間には障壁を設けることとしており、同様の対応を求めるものである。



貯槽及び送ガス蒸発器と給油関連設備の間に障壁の設置が必要  
※現行の圧縮機、蓄圧器及び改質装置と同様の対応

### 3.1.4 低温関係に対する対策の考え方

液化水素の低温関係（低温部の拡散、液滴の飛散）に対する対策については様々な検討が行われ、既に高圧ガス保安法において表 3.5 のとおり基準化されている。

表 3.5 高圧ガス保安法で担保された低温関係（低温部の拡散、液滴の飛散）に対する対策

防止すべき事象	対策
液化空気	砂利敷きによる蒸発促進（自主基準）
冷気の影響	防火壁の設置が難しい場合はスタンド間の離隔距離を大きくとる、あるいは防火壁の種類・形の検討（自主基準）
低温部の曝露	簡単に立ち入ることができないよう、フェンスの設置（自主基準）
スタンド内の人的被害	貯槽及び送ガス蒸発器とのディスペンサー隔離をはかるため、障壁の設置。ただし、液化水素貯槽にあっては、その操作部分（バルブ類、充填口、計測器類等）を対象。（法制化）

【液化水素関連設備からの低温関係が給油取扱所に及ぼす影響】

低温関係の危険要因が給油取扱所に及ぼす影響として、給油取扱所内の人的被害が考えられるが、少量漏洩の危険要因への対策と同様、水素ディスペンサーと同様に、貯槽及び送ガス蒸発器と給油取扱所の隔離をはかるため、障壁を設置すれば給油取扱所内人的被害を防止できるものと考えられる。



貯槽及び送ガス蒸発器と給油関連設備の間に障壁の設置が必要  
 ※現行の圧縮機、蓄圧器及び改質装置と同様の対応

3.1.5 液化水素タンクローリーからの漏洩に対する対策の考え方

液化水素タンクローリーからの漏洩に対する対策については様々な検討が行われ、既に高圧ガス保安法において表 3.6 のとおり基準化されている。

表 3.6 高圧ガス保安法で担保された液化水素タンクローリーからの漏洩に対する対策

防止すべき事象	対策
漏洩	払い出し側、受入れ側に遮断弁の設置
充填中の誤発進	誤発進防止措置を設置
誤操作	充填中の移動監視者による監視
地震による倒壊等	遮断措置と移動監視者の監視により対応
液化ガス放出	放出管から気化・加温し放出
敷地内の事故	停止場所は、他の車両と接触事故等を起こすおそれのない場所であつて、土地内のあらかじめ定められた場所。 液化水素貯槽との距離は、充填容量の確認後直ちに供給を適切に停止できる場所。

【液化水素タンクローリーからの漏洩が給油取扱所に及ぼす影響】

液化水素タンクローリーからの漏洩については、何重もの安全対策が高圧ガス保安法により担保され、事故の発生が抑制されている。



高圧ガス保安法により安全性が担保されている

#### 3.1.6 まとめ

液化水素関連設備からの水素漏洩による火災危険性については既に高圧ガス関連の検討会において検討がなされており、高圧ガス保安法及び業界自主基準により安全性が担保されている。このことから、液化水素関連設備の危険要因が給油取扱所に及ぼす影響についても現行の高圧ガス保安法及び業界自主基準により安全性が担保されていると考えられる。

一般高圧ガス保安規則第7条の3第2項

< ローリー、ローリー停車位置 >

- ・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
- ・ローリー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管に接続
- ・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(全ての貯槽能力)
- ・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
- ・同一の基礎に緊結・貯槽の沈下状況の測定(全ての貯槽能力)
- ・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ができない構造のもの)
- ・圧力リリフ弁
- ・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
- ・放出ラインに加温器設置
- ・充填率の上限

< 蒸発器 >

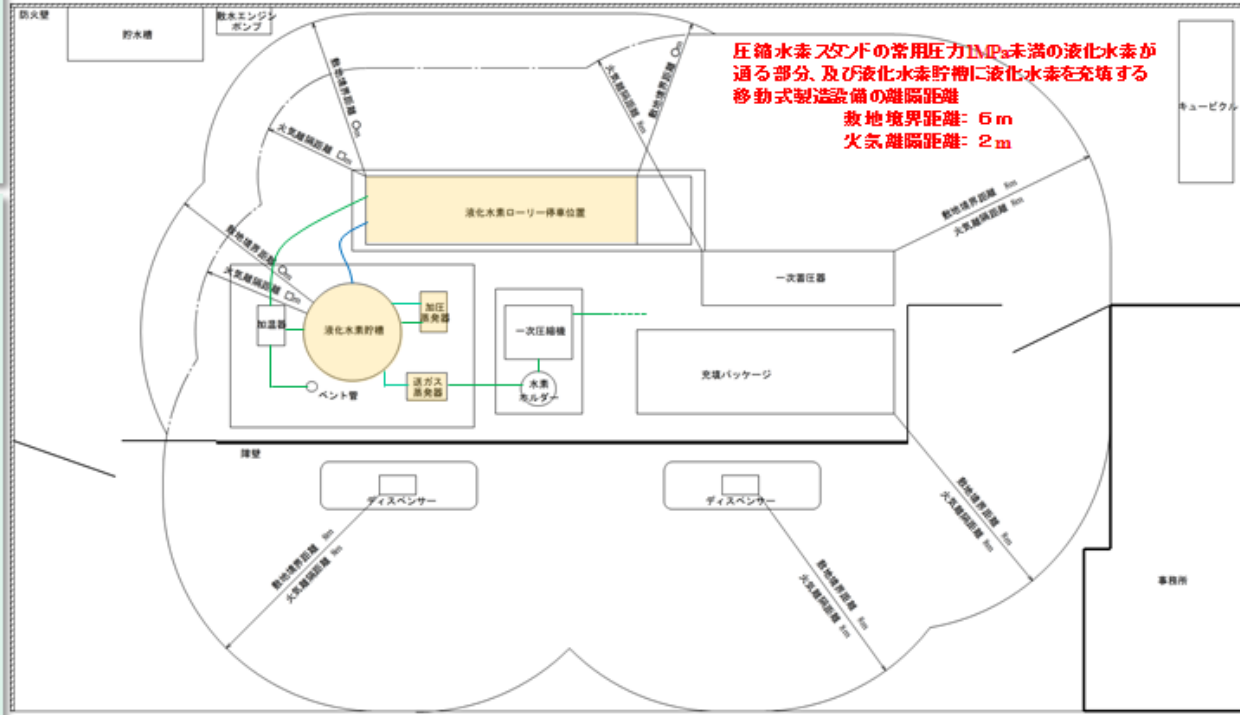
- ・送ガス蒸発器の能力が不足したときに速やかに遮断するための措置
- ・液化水素が通る設備(貯槽、送ガス蒸発器を想定)の同一基礎上への配置

< 配管 >

- ・配管の設置に対する措置
- ・配管等の接合

< 障壁 >

- ・液化水素貯槽及び蒸発器等の設置場所とディスプレイとの間の障壁



公道

液化水素関連設備範囲

- ・赤字:追加の技術基準
- ・黒字:もともと存在する該当技術基準

図 3.1 液化水素関連設備を設置する圧縮水素スタンドの追加安全対策の概要 (イメージ図)

### 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。

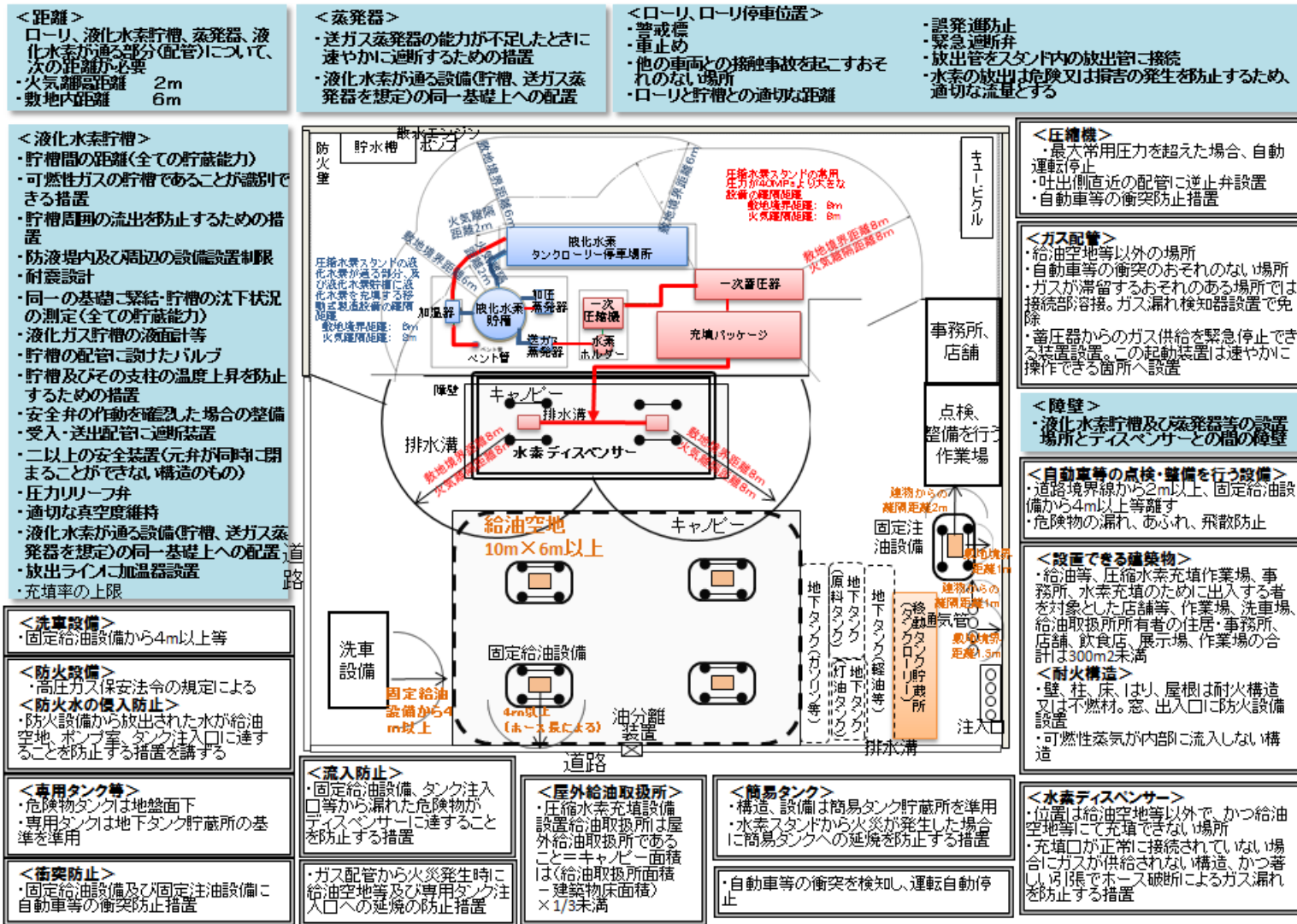


図 3.2 液化水素貯槽を設置する圧縮水素スタンド併設給油取扱所のレイアウト (案)

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)。

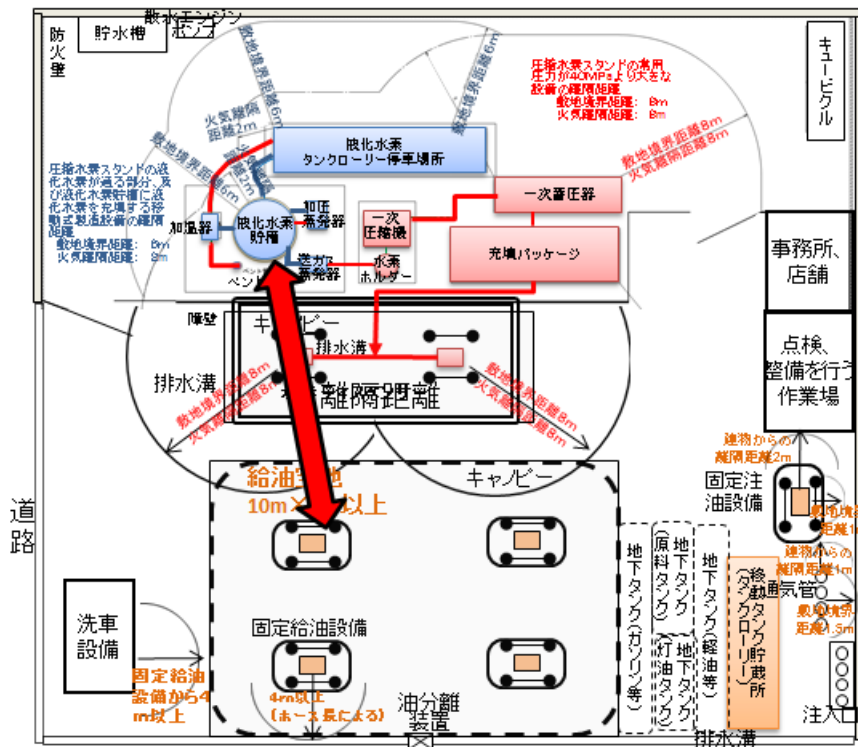


図 3.4 液化水素貯槽を設置する圧縮水素充填設備設置給油取扱所のレイアウトからの危険要因

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。



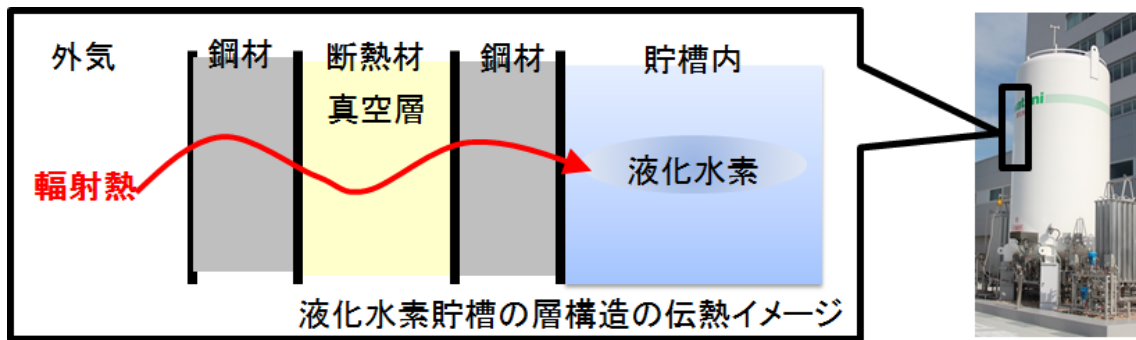


図 3.5 液化水素貯槽の構造イメージ

(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。

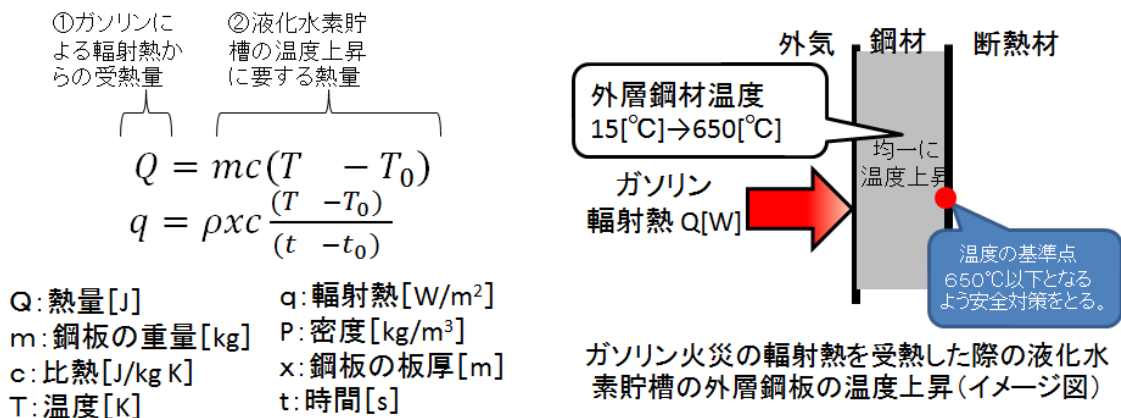


図 3.6 液化水素貯槽の温度上昇計算モデル

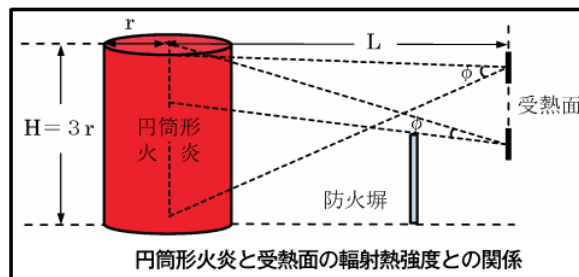
ア ガソリンによる輻射熱の放熱量

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

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

(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。

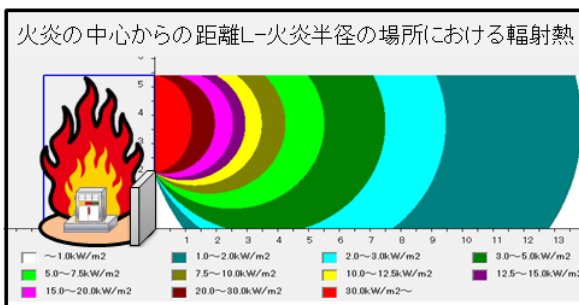


図 3.7 ガソリンによる輻射熱からの受熱量の算出

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 <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、

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

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

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



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

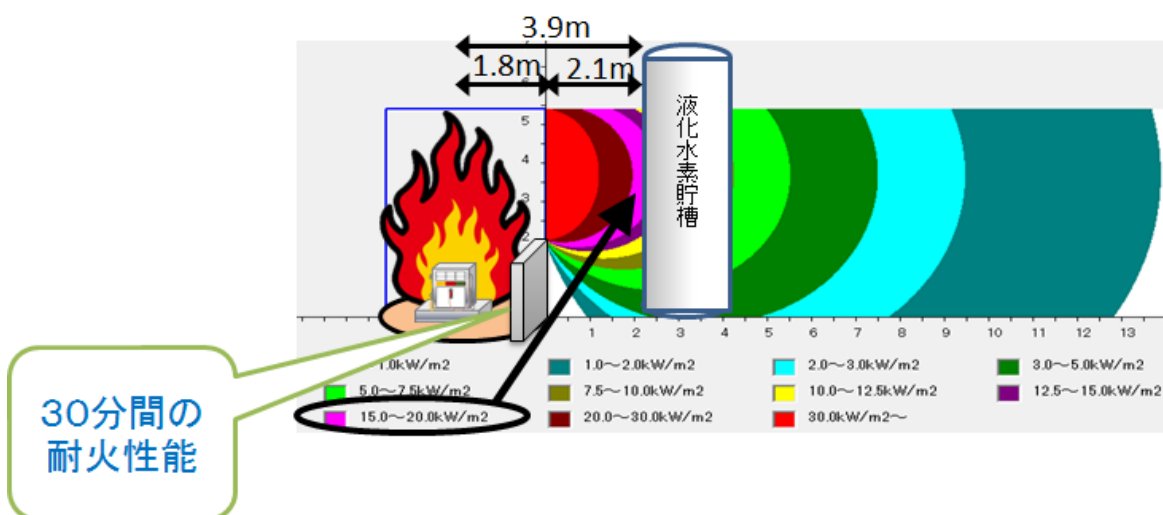


図 3.8 液化水素貯槽と給油設備の間に必要な離隔距離

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 <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 <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	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/m<sup>2</sup>）

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 <sup>2</sup>
20分後	32.9MJ/m <sup>2</sup>
30分後	49.4MJ/m <sup>2</sup>

○液化水素貯槽と障壁の距離が2.1mの場合（輻射熱 15.719kW/m<sup>2</sup>）

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 <sup>2</sup>
20分後	18.9MJ/m <sup>2</sup>
30分後	28.3MJ/m <sup>2</sup>

#### 第4章 まとめ

給油取扱所に液化水素関連設備を設置する場合に必要な安全対策のあり方については、ガソリン等の固定給油設備等又は液化水素関連設備で発生する火災が相互に影響を与えないことを前提として、高圧ガス保安法令上の液化水素関連設備に係る安全対策の内容を確認した。液化水素関連設備について、現行の圧縮水素充填設備と同等の安全性が確保されるよう、一般高圧ガス保安規則等の高圧ガス保安法令において確保されており、消防法令においても現行の圧縮水素充填設備設置給油取扱所に設置される圧縮機、蓄圧器及び改質装置と同様に液化水素貯槽及び送ガス蒸発器と給油関連設備の間に障壁の設置することが適当である。給油取扱所内で想定される火災が液化水素関連設備に与える影響については、想定される輻射熱から、液化水素貯槽と給油関連設備との離隔距離を設けることが適当である。しかし、固定給油設備等と液化水素貯槽との間に高さ2m以上の障壁が設置されたり、今後ガソリン等の漏えい可能性が低い固定給湯設備等が開発されたりした場合には、それらの条件にあわせたシミュレーションが行われ、適切な離隔距離が設けられることが必要であると考えられる。