

新技術を用いた消防用設備等の 性能規定化に関する作業部会報告書

平成22年3月

新技術を用いた消防用設備等の
性能規定化に関する作業部会

目 次

第1編 検討の概要

1.1 検討目的	P 1
1.2 検討事項(平成21年度)	P 1
1.3 検討体制	P 1
1.4 作業部会の開催状況	P 2

第2編 FK-5-1-12を消火剤とする消火設備

2.1 FK-5-1-12を消火剤とする消火設備の構成	P 3
2.2 FK-5-1-12消火剤の消火原理及び物性について	P 4
2.3 検討のポイント(FK-5-1-12の気化性と設置対象)	P 6
2.4 FK-5-1-12消火設備の設置・維持に関する基本的な考え方	P 7

第3編 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備

3.1 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の概要等	P 8
3.2 検討のポイント(想定すべき火災規模)	P11
3.3 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置・維持に関する 基本的な考え方	P13

第4編 今後の対応について

P16

付 属 資 料

- 付属資料1 FK-5-1-12を消火剤とする消火設備
付属資料2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備検討報告書

第1編 検討の概要

1.1 検討目的

近年、防火対象物の大規模・複雑化等の高度利用が急激に進み、いわば一つの街を形成するような防火対象物が出現している。また、その管理や利用の形態も複雑・多様化が進んでいること等から、新技術を用いた消防用設備等を活用し、円滑に対応していくことが求められているところである。このような状況を踏まえ、本作業部会では、新技術を用いた消防用設備等について、技術的な観点から検討を行うものである。

1.2 検討事項(平成21年度)

今年度は、これまで消防法第17条第3項の規定により、総務大臣の認定を受け、通常用いられる消防用設備等に代えて設置される特殊消防用設備等のうち、ハロゲン化物消火設備に代えて用いられる「FK-5-1-12を消火剤とする消火設備」と、駐車場において泡消火設備に代えて用いられる「特定駐車場用閉鎖型泡消火設備」について、一定の技術的知見が蓄積されたことから、基準化に向けた検討を行った。

1.3 検討体制

本作業部会は、「予防行政のあり方に関する検討会」の「大規模防火対象物の防火安全対策のあり方に関する検討部会」における作業部会として開催されるものである。

作業部会の部会員は、以下のとおりである。

新技術を用いた消防用設備等の性能規定化に関する作業部会

役 職	氏 名	所 属
部会長	須川 修身	諏訪東京理科大学 教授
部会長代理	佐藤 研二	東邦大学理学部生命圏環境科学科 教授
部会員	浅見 繁	財団法人日本消防設備安全センター 企画研究部長
部会員	阿部 勝男	東京消防庁 参事兼予防課長
部会員	伊藤 要	千葉市消防局 予防部指導課長
部会員	井上 康史	社団法人日本消火装置工業会 SC5WG8作業部会主査
部会員	佐藤 安彦	社団法人日本消火装置工業会 事務局 技術主幹

部会員	福田 孝行	社団法人日本消火装置工業会 技術委員会委員
部会員	藤野 健治	社団法人建築設備技術者協会 技術委員会委員
部会員	万木 良章	大阪市消防局 予防部保安・規制担当課長
部会員	カ久 修一	日本消防検定協会 消火・消防設備部長

オブザーバー：日本消防検定協会 高橋 俊明、阿世賀 宏

消火装置工業会 吉川 昭光、内山 裕三、田郷 太三

消防庁担当：総務省消防庁予防課 設備専門官 渡辺 剛英、設備係長 塩谷 壮史
総務事務官 種村 和孝

1.4 作業部会の開催状況

第1回 平成21年 4月20日

第2回 平成21年 6月30日

第3回 平成21年 9月18日

第4回 平成21年11月30日

第2編 FK-5-1-12を消火剤とする消火設備

ハロン消火剤は、高絶縁性、低毒性、高浸透性、低汚損性等の利点を有する消火剤であり、コンピュータ室、通信機器室、駐車場等の防火対象物の消火システムなどに幅広く使用されている。しかし、オゾン層を破壊する性質を有することから、平成13年に消防法施行令(以下「令」という。)が改正され、ハロン代替消火剤に関する基準が整備された。

これら既存のハロン代替消火剤を大別すると、ハロゲン化合物系(ハロカーボン系)と不活性ガス系(イナート系)の2種類があり、このうちハロゲン化合物系消火剤としては「HFC-227e a」及び「HFC-23」(以下「HFC消火剤」という。)がある。

一方、これらのHFC消火剤についても地球温暖化係数(GWP値)が高いことから、より環境負荷の少ないハロン代替消火剤として「FK-5-1-12」(ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オン)が米国で開発され、全域放出消火設備用の消火剤としてISO等で規格が定められている。

国内においても、消防法第17条第3項の規定に基づく総務大臣の認定により、当該消火剤を用いた消火設備が設置されるようになっている。

これらの状況を踏まえ、本編では、FK-5-1-12を消火剤とする消火設備について、基準化に向けた検討を行った。

なお、検討の詳細については、付属資料1を参照されたい。

2.1 FK-5-1-12を消火剤とする消火設備の構成

FK-5-1-12を消火剤とする消火設備(以下「FK-5-1-12消火設備」という。)は、従来のハロゲン化物消火設備と同様、消火剤貯蔵容器、配管、選択弁、噴射ヘッド、制御装置、音声警報装置、手動起動装置及び蓄電池設備等で構成されている。(図2.1参照)

システムの起動は、基本的には感知器による自動起動であるが、扉付近に設けられた別置きの手動起動装置から手動でも行うことができ、起動後、高压容器に窒素で加圧された消火剤(FK-5-1-12)必要量が、10秒で放出される。

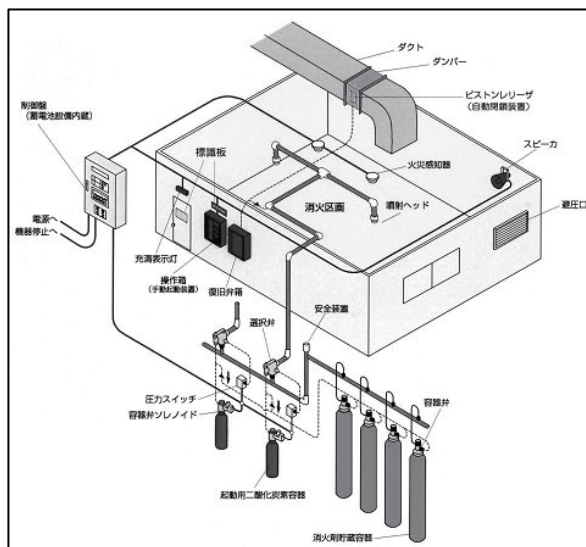


図2.1 設備構成

2.2 FK-5-1-12消火剤の消火原理及び物性について

ハロン代替消火剤の消火性能については、カップバーナー装置で測定された消炎濃度で評価が実施されている(ハロン代替物質の消火性能評価に関する研究委員会報告書、平成7年)。その燃料としては、n-ヘプタンが使用されている。

FK-5-1-12の消炎濃度は4.8%で、これまでのハロン代替消火剤の中では最も低い値になっている。各消火剤の消炎濃度を表2.1に示す。

また、メーカーにおいて、実大規模で各種可燃物及び実際の車両を用いた実験が行われ、消火性能の確認が行われている。

表2.1 各消火剤の消炎濃度

種類	消火剤	消炎濃度(%)
不活性ガス	二酸化炭素	22.0
	窒素ガス	33.6
	IG-541	35.6
	IG-55	37.8
ハロゲン化物	ハロン1301	3.4
	HFC-23	12.4
	HFC-227ea	6.4
	FK-5-1-12	4.8

また、FK-5-1-12の物性については、表2. 2のとおりである。

表2. 2 ガス系消火剤の物性

消火剤名	ハロン代替消火剤			ハロン 1301	二酸化炭素
	FK-5-1-12	FM-200	HFC-23		
化学式	C6F12O	C3HF7	CHF3	CF3Br	CO2
消火原理	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	酸素濃度の 希釈・冷却
分子量	316	170	70	149	44.01
沸点(°C)	49.0	-16.4	-82.1	-57.8	-78.5
貯蔵状態	液体 (N2 加圧)	液体 (N2 加圧)	液体	液体 (N2 加圧)	液体
貯蔵圧力(MPa、20°C)	4.2	4.2	4.2	4.2	5.6
放出時間(秒)	10	10	10	30	60
消炎濃度(%) (ヘプタン)	4.5~4.8	6.4	12.4	3.4	22.0
設計濃度(%)	5.8	7~7.7	16	5	34.0
NOAEL(%) ※1	10	9	50	5	---
LOAEL(%) ※2	>10	10.5	>50	7.5	---
オゾン破壊係数(ODP)	0	0	0	10	0
地球温暖化係数(GWP)	1	2900	11700	5600	1

※1 NOAEL:生理学上の又は毒性の悪影響が観察されない最高濃度で、急性暴露における心臓感応で評価される。

※2 LOAEL:生理学上の又は毒性の悪影響が観察される最小濃度で、急性暴露における心臓感応で評価される。

2.3 検討のポイント(FK-5-1-12の気化性と設置対象)

上記のとおり、FK-5-1-12の消火原理、物性及び消防用設備の構成については、従来のハロゲン化物消火設備と共通する点が多く、ISO14520-5規格でもHFC消火剤と同じ分類のハロゲン化合物系消火剤として規定されていることから、設置対象についても基本的に同様としてさしつかえないと考えられる。

しかし、FK-5-1-12の沸点は、49℃と他の消火剤より高いことから、消火ガスが十分に気化することを確認する必要がある。そこで、区画内温度が極端に低下することが想定されるものは、設置対象から除外するとともに、その判断が困難なものにあつては、実際に温度測定等を行うことにより、設置対象として認めるか否かを判断することとした。

2.3.1 HFC消火剤を用いた消火設備の設置対象をベースとした検討

HFC消火剤を用いた消火設備の設置対象として規定されている場所について、各々の構造要件から、区画内の温度が極端に低下する場合があるかどうかという観点から、FK-5-1-12の設置対象とすることが適当かどうか検討した。その概要は表2.3のとおりである。

表2.3 設置対象の検討

設置対象(※)	設置対象の特徴	設置の可否について
変圧器室、電気室、通信機器室等	①室内に発熱体が存在 ②屋外に面する開口部が少ない ③室内が温度管理されている	設置可能
非常用発電機室	①室内に発熱体がない ②屋外に面する開口部が少ない ③機器の保守管理上、極端な低温環境に設置されることが少ない	実験等を行い、設置可否を判断することが必要
自動車の修理の用に供される部分	用途上、室内の温度が極端に低下することが少ない	設置可能
駐車の用に供される部分	駐車場の構造上、区画内温度が極端に低下することが予想される自走式駐車場や、タワー式の機械式駐車場等は、設置対象から除外する。温度変化が少ないと思われる機械式地下駐車場については設置対象に含めるか検証する必要がある	実験等を行い、設置可否を判断することが必要

※設置対象としては、常時人のいない部分以外の部分又は防護区画の面積が1000m²以上若しくは体積が3000m³以上のもの以外のものとする。

2.3.2 非常用発電機室及び駐車のために供される部分の検討

上記2.3.1を踏まえ、非常用発電機室及び駐車のために供される部分について、温度測定実験やFDSシミュレーション実験を行うことにより、区画内温度が極端に低下することがないか確認し、設置対象に含めるか検討することとした。

(1) 非常用発電機室

寒冷地における冬季の温度測定実験(札幌市。平成22年1月25日～2月8日)の結果、非常用発電機室内の室温がFK-5-1-12使用の目安である0℃を下回ることはなく、室温は約6℃以上であった。また、より厳しい温度条件下でもFK-5-1-12消火剤が火災時に有効に気化するか、FDSシミュレーションによる検証をあわせて実施した結果、有効に気化すると判断できるデータが得られた。これらのことから、非常用発電機室を設置対象に含めることとしてさしつかえないと考えられる。

(2) 駐車のために供される部分

寒冷地における冬季の温度測定実験(札幌市。平成22年1月25日～2月8日)の結果、機械式地下駐車場の室温が0℃を下回ることはなく、室温は約10℃以上であり、十分に気化するものと判断できることから、機械式地下駐車場を設置対象に含めることとしてさしつかえないと考えられる。

2.4 FK-5-1-12消火設備の設置・維持に関する基本的な考え方

本作業部会での調査・検討を踏まえ、FK-5-1-12消火設備の設置・維持については、次によることが適当である。

(1) 設置対象

自動車の修理のために供される部分、駐車のために供される部分(機械式地下駐車場に限る。)、発電機(ガスタービンを原動力とするものを除く。)、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室で、常時人のいない部分以外の部分又は防護区画の面積が1000m²以上若しくは体積が3000m³以上のもの以外のものとする。

(2) 消火性能

カップバーナー装置で測定された消炎濃度で評価することとし、その燃料としては、n-ヘプタンを使用する。

(3) 設置・維持の細目

ハロゲン化物消火設備の例によることとする。特に、(同様に比較的沸点が高いハロン2402の例により、)FK-5-1-12消火剤が有効に拡散するよう、噴霧ヘッドは霧状に放射するものとする。

第3編 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備

防火対象物の屋内駐車場には、主に固定式の泡消火設備が設置されている。泡消火設備は、50～100㎡の規模で放射区域を設定し、当該区域内に設置されている全てのフォームヘッドから泡を一斉に放射し、火災を消火するものである。

一方、平面式の駐車場等において、火災となった自動車等の防護対象物に対し、直近の閉鎖型ヘッドが開放し、泡水溶液を局所的に放射して火災を消火する泡消火設備（以下「特定駐車場用閉鎖型泡消火設備」という。）が開発され、日本消防検定協会の特定消防機器等性能鑑定を受け、令第32条の適用等により既に400件以上設置されている。また、消防法第17条第3項に基づく総務大臣の認定により、通常の泡消火設備に代わる設備として設置されるようになっている。

こうした状況を踏まえ、本編では、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備について、基準化に向けた検討を行った。

なお、検討の詳細については、付属資料2を参照されたい。

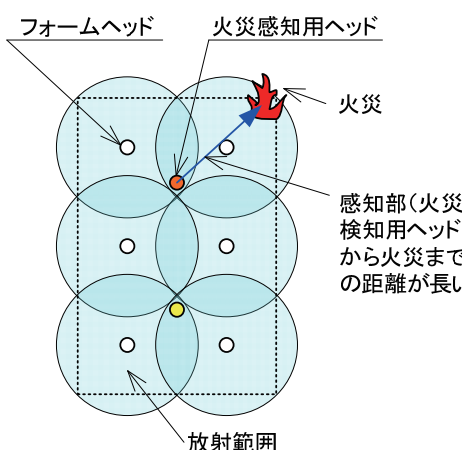
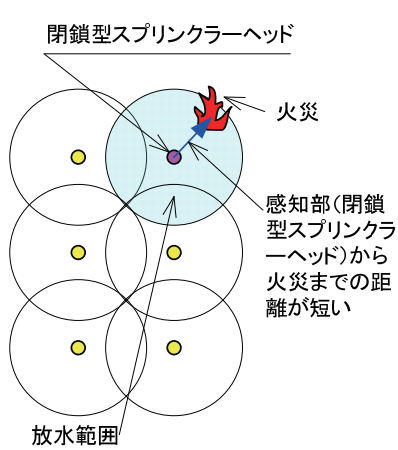
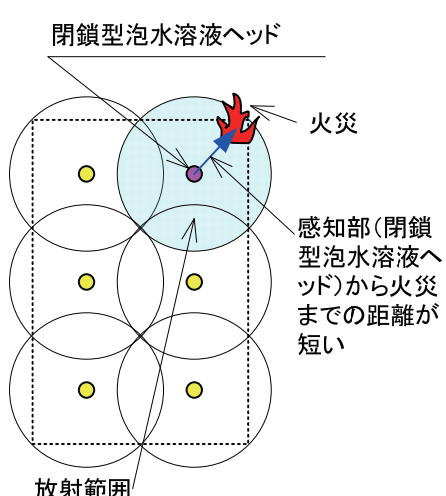
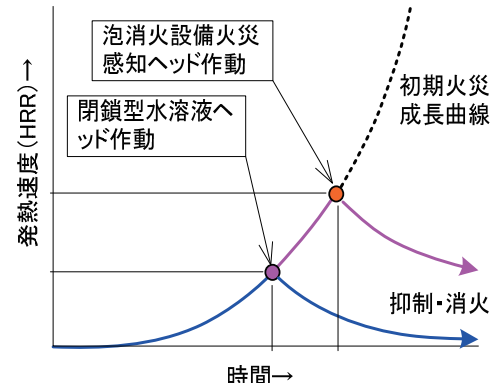
3.1 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の概要等

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備について、その概要を整理するとともに、泡消火設備との比較を行った。その結果は、表3.1及び表3.2並びに図3.1及び図3.2のとおりである。

表3.1 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の比較

項 目	泡 消 火 設 備	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備
消火剤	フッ素系合成界面活性剤を主成分としたもの	フッ素系合成界面活性剤を主成分としたもの
放射する泡等の性状と消火原理	泡(発泡倍率5倍以上) ⇒窒息作用、燃料の可燃性蒸気遮断作用、冷却作用	①泡又は②泡と噴霧状の泡水溶液の混合 ⇒窒息作用、燃料の可燃性蒸気遮断作用、冷却作用
放射範囲	50～100㎡の放射区域に一斉放射。	火源を中心に局所的に放射。
感知と放射の仕組み	感知は火災感知用ヘッドにより行い、泡放射はフォームヘッドから行う。感知部と放射部が分かれている。	閉鎖型泡水溶液ヘッドは感知と放射を一体化したもので、閉鎖型スプリンクラーヘッドの1種感度相当の感度で、早期に火災を感知し、当該ヘッドから泡水溶液を放射する。

表3.2 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の感知・放射に関する相違点

<p>泡消火設備は、火災感知用ヘッドで火災を感知し、フォームヘッドから泡を放射する。放射は図の点線で囲まれた放射区域内の全フォームヘッドから放射する。</p>  <p style="text-align: center;">泡消火設備</p>	<p>閉鎖型スプリンクラーヘッドは、感知と放水を1つのヘッドで行う。火源に近いヘッドが作動し、放水を行う。</p>  <p style="text-align: center;">(参考) 閉鎖型スプリンクラー設備</p>
<p>閉鎖型スプリンクラー設備と同様に、閉鎖型泡水溶液ヘッドは感知と放射を1つのヘッドで行う。火源に近いヘッドが作動し、泡水溶液の放射を行う。</p>  <p style="text-align: center;">特定駐車場用閉鎖型泡消火設備</p>	<p>感知は、火災からの距離が遠いほど、また感知部の感度が低いほど感知は遅くなり、泡放射等(泡、水、泡水溶液)開始時の火災規模が大きくなる。これを放射(放水)開始時の発熱速度と点火からの時間で表すと、下のグラフのようになる。</p> <p>閉鎖型スプリンクラー設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、泡消火設備に比べて早期に火災を感知し放射を開始するもの一般的である。</p>  <p style="text-align: center;">泡放射時等の発熱速度について</p>

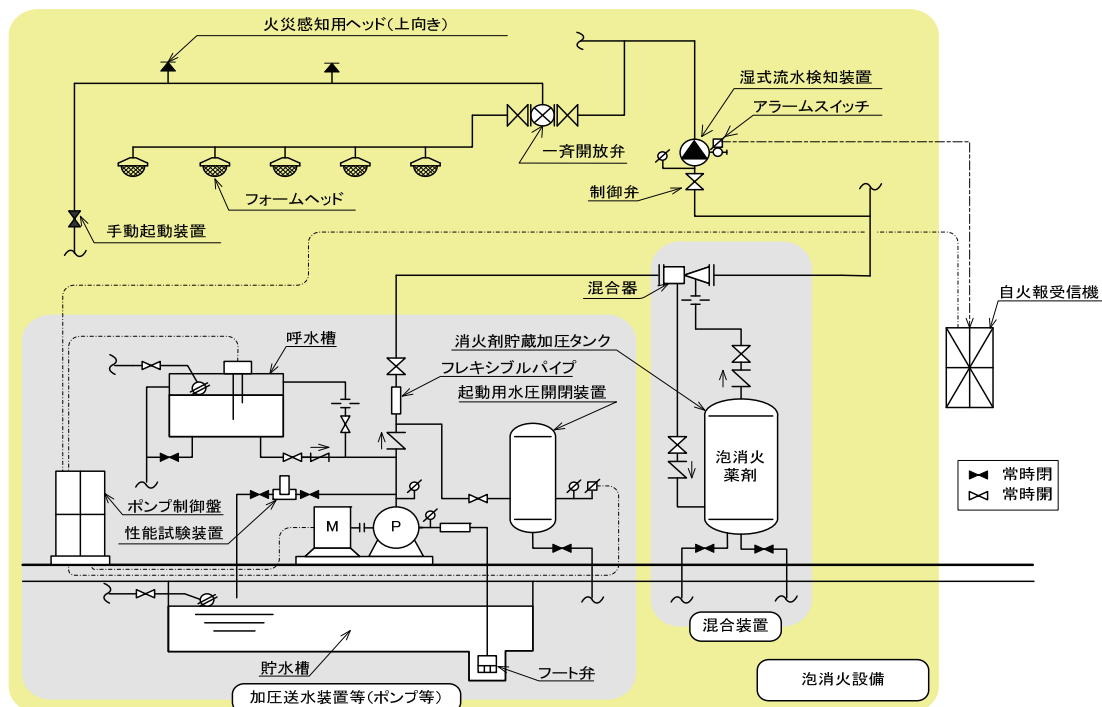


図3.1 泡消火設備のシステム構成例

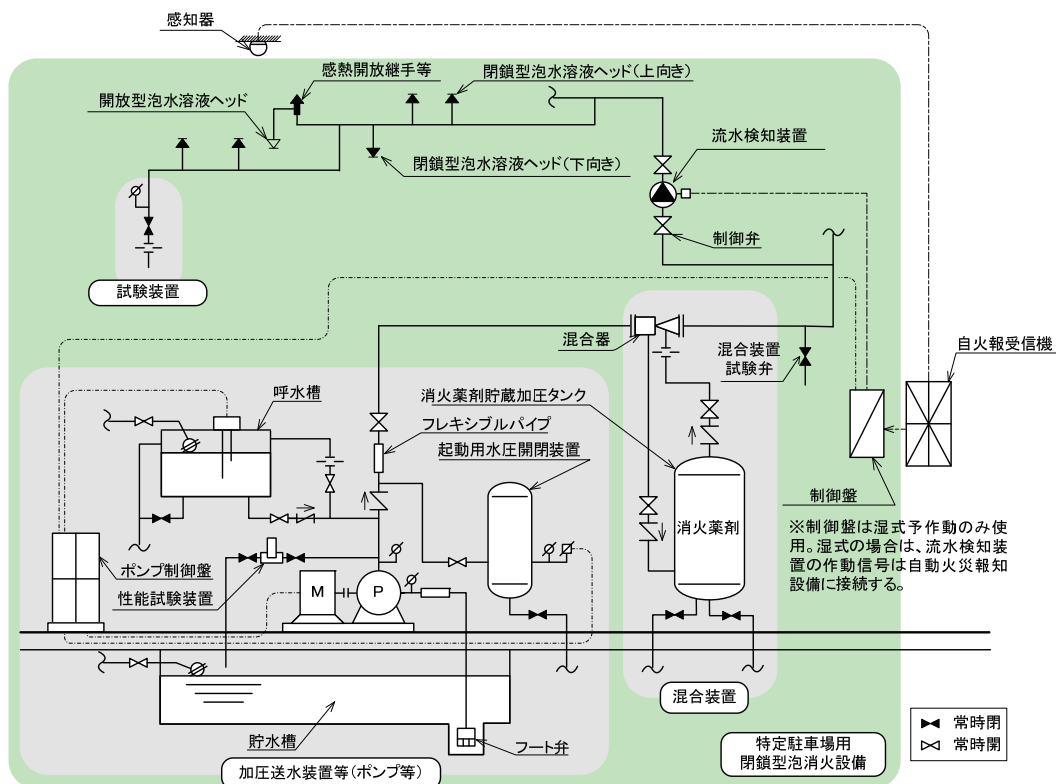


図3.2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備のシステム構成例

3. 2 検討のポイント(想定すべき火災規模)

3. 2. 1 車両の燃焼試験等から推測される駐車場での火災シナリオ

車両火災に関する文献等から一般的に車1台当りの燃焼性状は、盛期火災の発熱速度が概ね2～3MW、自由燃焼試験から着火～燃え尽きまでの燃焼時間は概ね50～60分となることが知られている。また、複数車両を同時に燃焼させた試験報告の文献から、火元の車両から隣接車両への延焼は概ね10～15分、前後の車両への延焼が約25分との結果が報告されている。

平面駐車場で車両火災を想定した場合、火災の拡大は、出火した火元車両から左右車両に着火、前後の車両に延焼し、車自体燃え尽きを考慮すると図3. 3に示すような延焼拡大プロセスとなる。このことから、着火延焼し、同時に燃焼している車両は、車両燃焼時間の推移から駐車場内での盛期火災車両台数は5台と推定できる。(図3. 3で盛期火災が重なるのは車両②②③④④の5台)

前記の条件から、この火災状況で消火設備による消火・抑制対応を行わない場合、駐車場区画内に開放される発熱量は、最大で2～3MW/台×5台＝10～15MW 程度と推測される。

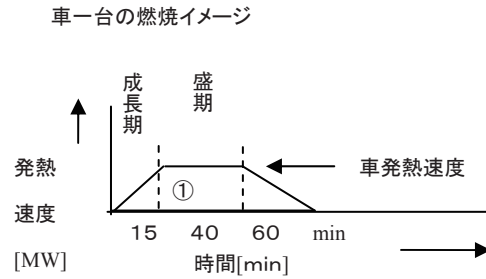
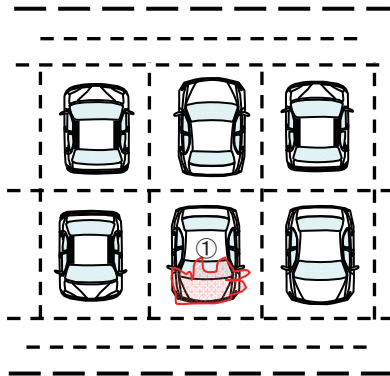
また、図3. 3の火災シナリオa～dの進行状況を重ね合わせると、火災成長曲線は図3. 4のように整理することができる。

3. 2. 2 従来の泡消火設備が設置されている部分に想定される火災規模

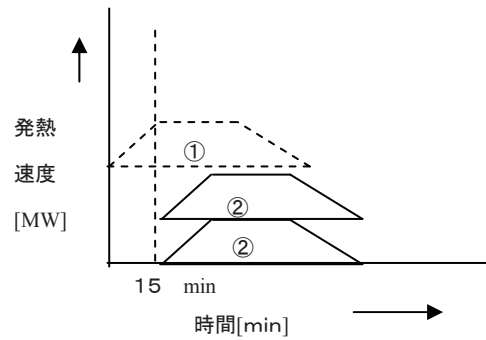
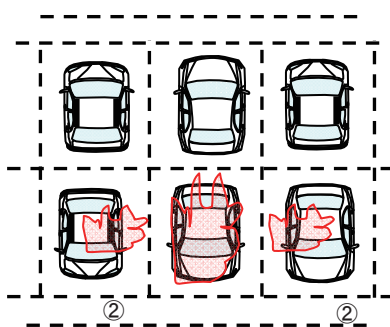
平面駐車場に設置された泡消火設備は、火災時に区画50～100㎡で一斉放水する。この条件から、一般車両(2000cc クラス普通乗用車のサイズ:約1.7m×4.7m)を横列2列に配置したと仮定し、東京都及び大阪市の条例で決められた駐車スペース15㎡/台を適用すると、最小に放水する区画50㎡に収まる車両数は3台分で面積45㎡となる。ここでガソリン漏洩による車前面の車路部の流出火災を想定しても放水区画100㎡に十分収まる。

このことから、駐車場に設置された現行の泡消火設備は横列駐車で車3台分までの火災を最大として消火抑制することを想定していると考えられる。

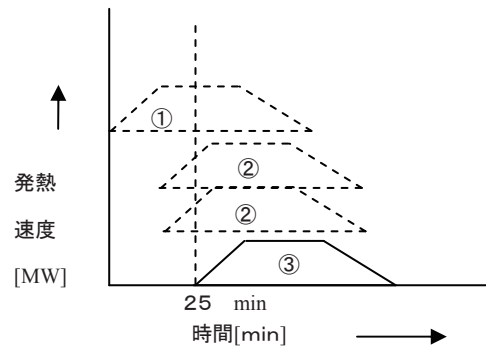
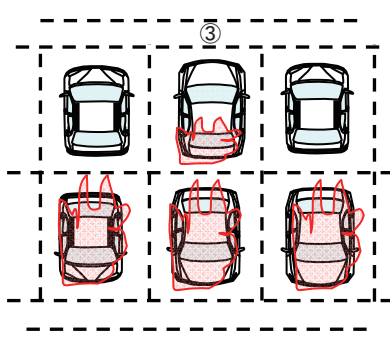
a. 車一台目①で出火



b. 車一台目①が盛期火災、隣接車両②に延焼拡大



c. 車3台①②が盛期火災、前後車両③に延焼拡大



d. 車①は衰退、車②③が盛期火災、前後隣接車両④に延焼拡大

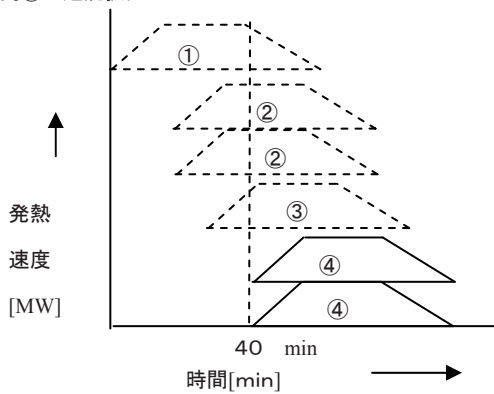
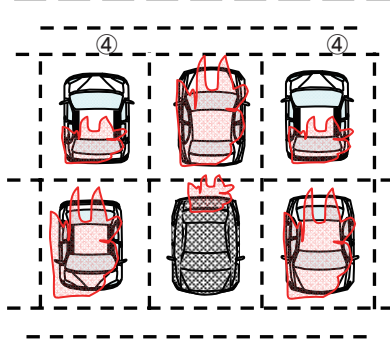


図3. 3 平面駐車場での車両火災シナリオ

3. 2. 3 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備として想定すべき火災規模等

(1) 規定すべき火災規模

従来の泡消火設備は放水範囲が車両3台を防護する条件で設置されていると考えられるところであり、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備についても、同等の消火抑制性能を確保することが適当と考えられる。特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の場合、火源に近いヘッドから順次開放して消火を行うものであることから、3台以上の車両に延焼拡大しない条件としては、図3. 4「b. 消火性能」に示すように、出火車両から左右の車両に延焼したとしても出火車両の反対側まで拡大しないうちに消火する必要がある。

(2) 火災感知・消火抑制の条件

火災感知は、被害軽減の観点から、なるべく早期に行うことが望ましいものである。一方、消火抑制については、上記(1)を踏まえ、図3. 4「b. 消火性能」に示すようにおおむね車両2台の盛期火災を想定し、これに対応することのできる性能を確保することが適当である。

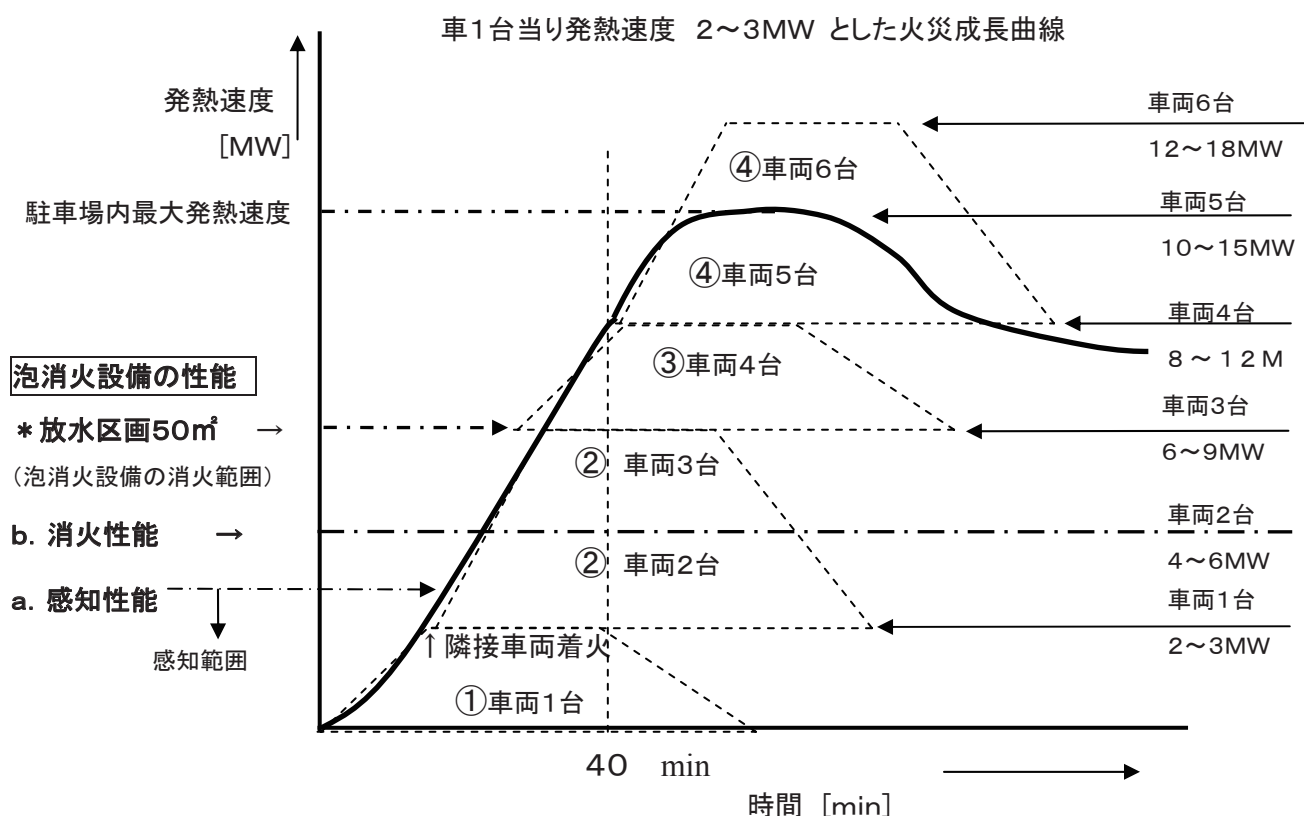


図3. 4 平面駐車場における火災成長曲線

3. 3 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置・維持に関する基本的な考え方

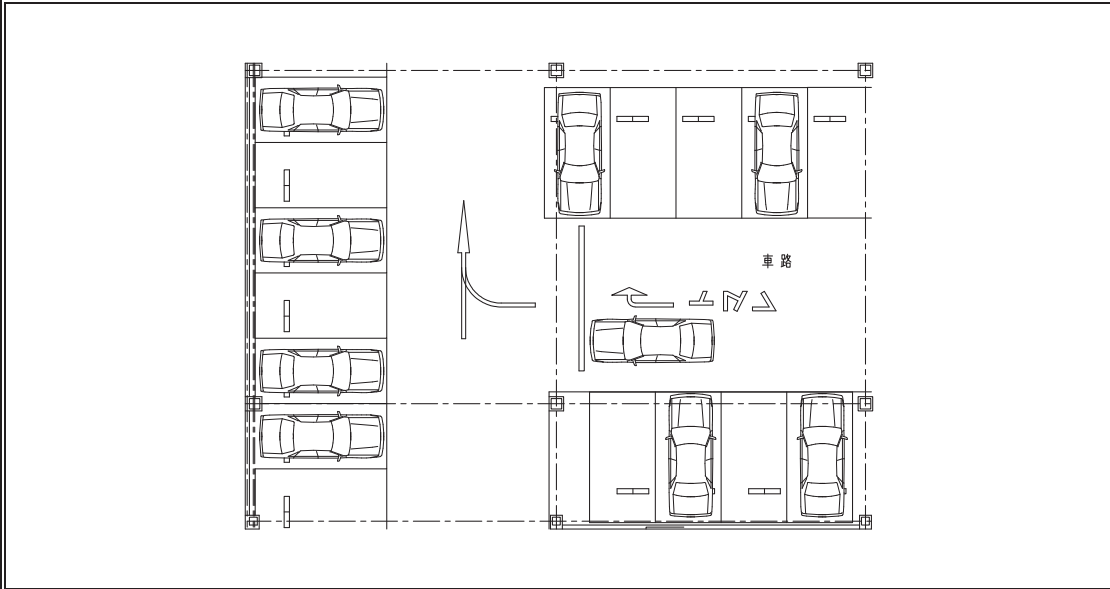
3. 3. 1 設置対象

設置対象は、令第13条第1項に規定する駐車用の用に供される部分のうち、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備により、火災を有効に感知できる構造の駐車場とする必要がある。

具体的な例として、平面式駐車場の構造については、設置対象として一般的にさしつかえないと考えられる。

図3.5 平面式駐車場

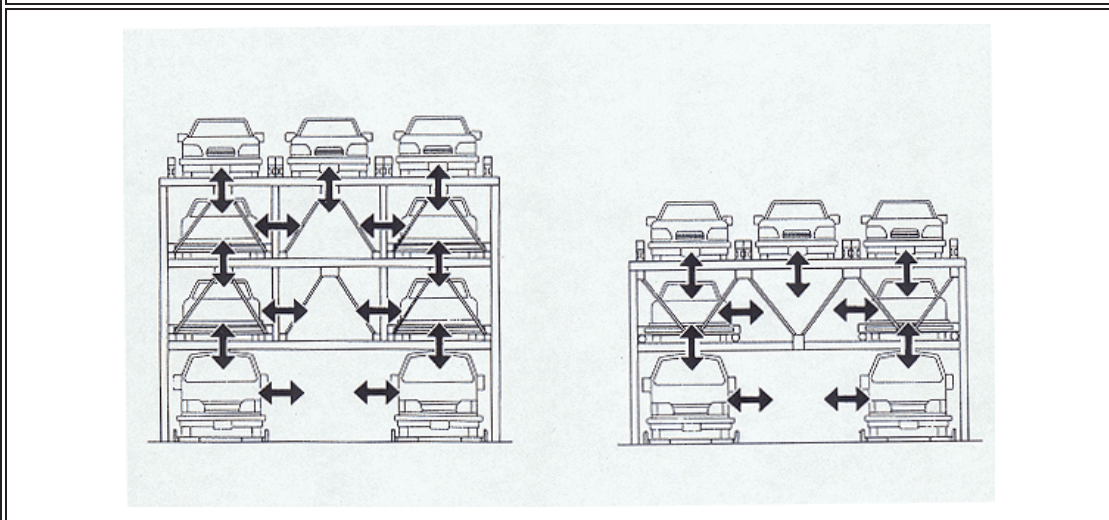
車路および車両駐車部等により構成されるもので、機械等を用いず、駐車車両自らが自走して車両駐車部に直接駐車するものをいう。



また、機械式駐車場については、垂直循環式、多層循環式、水平循環式、エレベーター式、平面往復式、多段式等の種類があるが、これまでの設置実績から多段式のものについては設置対象としてさしつかえないものが多いと考えられる。

図3.6 機械式駐車場(多段式)

自動車を収納する台車(パレット)を上下2段から4段に積み重ねる方式。2段式の簡易的なものやエレベータスライド方式の3層4段まであり、機械式駐車場の設置数の80%を占める。



一方、これ以外のものについては、個別の構造等を勘案し、具体的に判断していくことが必要である。

3.3.2 要求性能

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、火災を初期の段階で消火・抑制する性能を有するものとする。

(1) 想定火災

駐車場における想定火災は、車両火災を前提とし、車両の各部分、荷台積載物からの出火、燃料の流出による床面火災、隣接部分での出火等、過去の事故事例等から適切に設定することが必要と考えられる。

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の作動により消火抑制すべき火災規模としては、車両1台の火災、かつ、隣接して駐車された車両に延焼拡大しない火災(隣接の車両に延焼したとしても盛期火災に拡大しない)の規模以下とし、車両以外の火災もこの規模以下とすることが適当である。

(2) 感知性能

感知性能は、上記(1)により設定した火災規模で、設備の持つ消火性能を超えない範囲内で感知することが必要である。

(3) 消火性能

消火性能は、上記(2)により感知し、実際に放水する際の火災規模を消火できる性能(放水範囲、放水量)を有する必要がある。また、車両2台の盛期火災に相当する火災規模に対応できる性能を共通的に確保する必要がある。

(4) 感知・消火性能の確認等

- ・上記(1)及び(2)の性能が確保されていることを、火災実験、シミュレーション、既往の知見等により、客観的に確認することが必要である。
- ・ヘッドの仕様(感度、放射特性)と設置位置(高さ、ヘッド間隔等)は、上記確認の範囲内とする必要がある。

(5) 設置・維持の細目

- ・設計同時開放個数は、特定駐車場で発生する火災を有効に感知し消火・抑制できる同時開放個数を元に、必要に応じて安全率を考慮した個数であることが適当である。
- ・放水時間は、火災を消火及び抑制するのに十分な時間(*現行法令:泡消火設備は10分間放水)を確保する必要がある。
- ・水源水量および泡消火薬剤の貯蔵量は、設計同時開放個数の閉鎖型泡消火設備ヘッドから同時に放水した場合、上記放水時間に対応した量以上であること。
- ・閉鎖型泡消火設備ヘッドで感知障害及び散水障害が起こる場合は、障害を避けるための有効な手段を講じる必要がある。
- ・上記のほか、基本的なシステム上の要件は泡消火設備の例によるほか、閉鎖型泡消火設備ヘッドの設置等についてはスプリンクラー設備の例によることが適当である。

第4編 今後の対応について

FK-5-1-12を消火剤とする消火設備及び特定駐車場用閉鎖型泡消火設備については、第2編及び第3編の検討結果を踏まえ、基準の整備を行うことが適当と考えられる。

付 属 資 料 1

FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備

平成22年3月

1. 設備概要

FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備（以下、「FK-5-1-12 消火設備」と呼ぶ）は、従来のハロゲン化物消火設備と同じ構成となっている。主な機器構成は、消火剤貯蔵容器、配管、選択弁、噴射ヘッド、制御装置、音声警報装置、手動起動装置及び蓄電池設備である。設備構成の例を、図1に示す。

消火剤は、高圧容器に充てんし窒素で加圧したもので、必要消火剤量を 10 秒で放出する。システムの起動は、基本的には感知器による自動起動であるが、扉付近に設けられた別置きの手動起動装置から手動でも行うことができる。

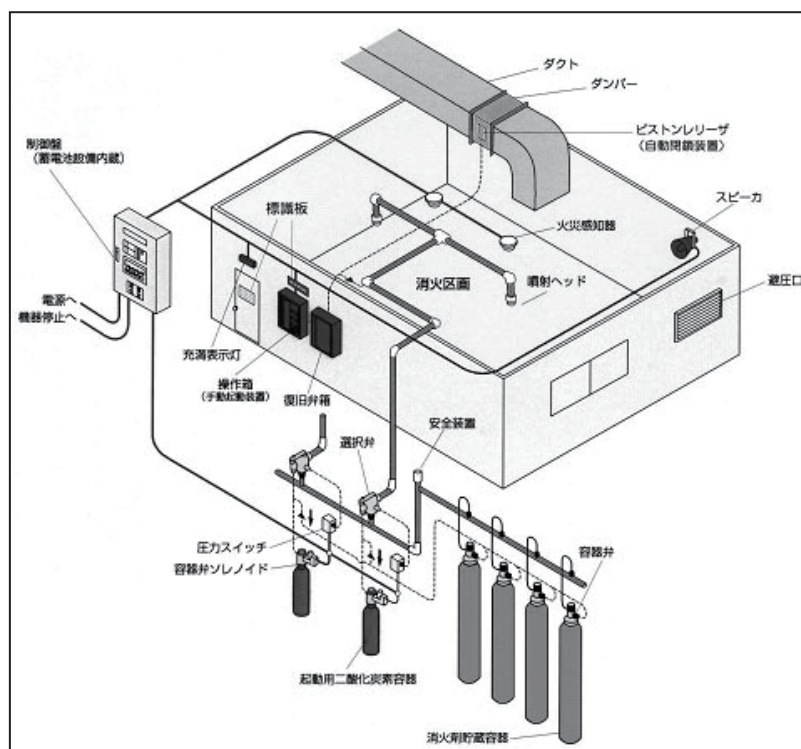


図1 設備構成

2. 検討概要

2.1 FK-5-1-12 消火剤について

FK-5-1-12 は、ハロン代替消火剤として米国3M社で開発され、すでに全域放出消火設備用の消火剤として国際的に認知されており、国際標準化機構の「ISO14520-5(抜粋)」(資料2)、米国防火協会基準の「NFPA2001 規格」で標準化され、さらに米国環境保護庁 EPA の「SNAP」にリストアップされている。

FK-5-1-12 の具体的な物性を表1に示す。

また、他の消火剤物性を併記し比較表にした。日本国内では、消防庁予防課がとりまとめている「ハロン等抑制対策検討会報告書(平成 19 年度)(抄)」(資料1)においてハロゲン化合物系の消火剤としてリストアップしている。

表1 各消火剤の比較表

	ハロン代替消火剤				
消火剤名	FK-5-1-12	FM-200	HFC-23	ハロン 1301	二酸化炭素
化学式	C6F12O	C3HF7	CHF3	CF3Br	CO2
消火原理	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	燃焼連鎖 反応の抑制	酸素濃度の 希釈・冷却
分子量	316	170	70	149	44.01
沸点(°C)	49.0	-16.4	-82.1	-57.8	-78.5
貯蔵状態	液体 (N2 加圧)	液体 (N2 加圧)	液体	液体 (N2 加圧)	液体
貯蔵圧力(MPa、20°C)	4.2	4.2	4.2	4.2	5.6
放出時間(秒)	10	10	10	30	60
消炎濃度(%) (ヘプタン)	4.5~4.8	6.4	12.4	3.4	22.0
設計濃度(%)	5.8	7~7.7	16	5	34.0
NOAEL(%) ※1)	10	9	50	5	---
LOAEL(%) ※2)	>10	10.5	>50	7.5	---
オゾン破壊係数(ODP)	0	0	0	10	0
地球温暖化係数(GWP)	1	2900	11700	5600	1

*1 NOAEL: 生理学上の又は毒性の悪影響が観察されない最高濃度で、急性暴露における心臓感応で評価される

*2 LOAEL: 生理学上の又は毒性の悪影響が観察される最小濃度で、急性暴露における心臓感応で評価される

消火剤の特性は、すでに消防法に記載されている化学的な消火効果を持つハロン代替消火剤と同じで、次のような特徴を持っている。

- ・ 全域放出用消火ガスである。
- ・ クリーンな消火剤で、放出後に残滓がない。
- ・ 液化ガスである。
- ・ 非電導性である。
- ・ オゾン層破壊係数(ODP)が0である。

これらの特性からハロン抑制対策検討報告書では FK-5-1-12 は、現在ハロゲン化物消火剤として消防法施行規則(以下、「規則」という。)第20条に規定されているHFC-23やHFC-227eaと同じハロゲン化合物系に分類されている。詳しい物性や製品に関する情報は「製品安全データシート」(資料3)及び「Novec1230物性表」(資料4)に記載されている。

2.1.1 消火性能

ハロン代替消火剤の消火性能評価については、平成7年に「ハロン代替物質の消火性能評価に関する研究委員会報告書(抄)」(資料5)により、カップバーナー装置で測定された消炎濃度で消火性能の評価を実施することと結論づけられている。燃料は、特殊な指定可燃物や危険物を除く一般的な可燃物の評価用として用いられるn-ヘプタンを使用する。FK-5-1-12の消炎濃度は4.8%で、ハロン代替消火剤の中では一番低い値になっている。各消火剤の消炎濃度を表2に示す。

また、実規模大の試験装置においても各種可燃物の消火性能を確認している(資料8)。車両については実際の車両を用いた実験を行い、消火性能を確認した(資料8)。

表2 各消火剤の消炎濃度

種類	消火剤	消炎濃度 (%)
不活性ガス	二酸化炭素	22.0
	窒素ガス	33.6
	IG-541	35.6
	IG-55	37.8
ハロゲン化物	ハロン1301	3.4
	HFC-23	12.4
	HFC-227ea	6.4
	FK-5-1-12	4.8

2.1.2 消火剤量

ハロン代替消火剤の体積1立方メートル当たりの消火剤量は、消火剤の濃度を元に算出され、濃度の最低値は設計消火剤濃度、最高値は人に対する安全濃度で算出することとなっている。

設計消火剤濃度は消炎濃度に20%の安全率を考慮した値である。最高値はNOAEL値を用いる。

体積1立方メートル当たりの消火剤の量(kg/m³)は、消火剤濃度から次の式を用いて計算される。

$$G = -\text{LN}(1-C/100) / \nu$$

C(%): 消火剤濃度

ν (m³/kg): 消火剤の比容積

ここで、それぞれの値を代入

設計濃度は、消炎濃度に安全係数(1.2)を乗じた値(5.8%)となる。

$$G = -\text{LN}(1-5.8/100) / 0.0719 = 0.84$$

FK-5-1-12 の NOAEL 値は 10%であるので、上記と同様に計算する。

$$G = -\text{LN}(1-10/100) / 0.0719 = 1.46$$

以上のことから、FK-5-1-12 の消火剤量は、防護区画の体積1立方メートル当たり 0.84 kg以上 1.46 kg以下の割合で計算した量とする。

また、同一の防火対象物に防護区画が2つ以上存在する場合には、それぞれの防護区画について上記の例により計算した量のうち最大の量以上の量とすることは、HFC-227ea と同じである。

2.1.3 拡散性

FK-5-1-12 消火剤は、沸点 49°Cで常温において液体であるが、噴射ヘッドから霧状の液滴で放射した場合、通常の設置環境においては直ちに空気と混合し拡散する。液滴の最大直径は液体の表面張力によって決まることが一般的に知られており、FK-5-1-12 の表面張力は水の約 1/6 で、液滴の直径は小さくなる。液滴が小さくなれば、全体としての表面積が増え、その上体積は小さくなるため非常に気化しやすくなる。

FK-5-1-12の拡散性については、海外規格のISO14520-5規格やNFPA2001規格と同様の単一噴射ヘッドの放出実験を行い検証している(資料8)。また、複数の噴射ヘッドの拡散実験についても実施し、濃度のバラツキがないことを確認している(資料8)。

2.1.4 消火剤の安全性

ハロン代替消火剤の安全性については、平成6年に「ハロン代替物質の毒性評価に関する研究委員会報告書(抄)」(資料6)及び「ハロン代替消火剤の安全基準の確立に係る調査検討報告書(抄)」(資料7)により検討された。その結果、設計濃度は NOAEL^{*}を超えないと結論づけられており、FK-5-1-12 についても適用できる。FK-5-1-12 の NOAEL 値は資料2に記載されており、濃度値は 10%となっている。

また、消火剤自体は化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律において第一種特定化学物質でも指定化学物質でもない「白物質」と判断されており、化学物質としての規制はない(資料8)。

2.1.5 分解ガス

FK-5-1-12 はハロゲン化合物系の消火剤であるので HFC-227ea と同様消火時に分解ガスが発生する(資料8)。発生する分解化合物は、ほとんどがフッ化水素(HF)で、消火時に発生するフッ化水素濃度は HFC-227ea と同程度であった(資料8)。

2.2 設置対象について

FK-5-1-12 消火剤は、ISO14520-5 規格でも HFC-227ea や HFC-23 と同じ分類のハロゲン化合物系消火剤として規定されており、消火原理も同様であることから、設置対象についても基本的に同様として差し支えないと考えられる。規則第 20 条第 4 項第 2 の 2 号に示されているハロン代替物質が設置可能である対象物を表3に示す。

一方、沸点が高いことから、低温時における気化性について、従来のハロン代替消火剤との相違点として留意する必要がある。これに当たり、海外規格の ISO14520-5 規格や NFPA2001 規格には FK-5-1-12 に関する温度要件はなく、海外ですでに表3と同様の防火対象物への設置実績があるが、わが国の特殊事情として機械式駐車場、特にタワー式立体駐車場の取扱い等について検討が必要と考えられる。

具体的には、ハロゲン化物消火設備の必要条件として、規則第 19 条第 2 項第1号に噴射ヘッドについて放射された消火剤が防護区画の全域に均一に拡散できるように設けることと定められていることから、これに合致するかどうか、設置対象として規定される各用途ごとに検討を行った。

表3 FK-5-1-12 の設置対象として想定される防火対象物又はその部分

防火対象物又はその部分	自動車の修理の用に供される部分、駐車のに供される部分、発電機(ガスタービンを原動力とするものを除く。)、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室
	常時人のいない部分で防護区画の面積が千平方メートル未満又は体積が三千立方メートル未満のもの

2.2.1 変圧器室、電気室、通信機器室等

変圧器室、電気室、通信機器室等の防火対象物またはその部分は、①室内に熱源となる発熱する機器が存在すること、②屋外に面した常時開放の開口部が少ないこと、③ほとんどが室内で温度管理されていることがあり、容易に低温環境にならないと想定される。従って、FK-5-1-12 消火剤を使用することができると考えられる。

2.2.2 発電機室

発電機室(ガスタービンを原動力とするものを除く)のうち、非常用発電機にあつては常時は運転していないため、発電機自体は発熱していない。しかし、①発電機室はビルの中に設けることが主で、屋外に面した常時開放の開口部が少ないこと、②設置する部屋がさほど大きくないこと、③発電機の内燃機関は水冷が主であり冷却水が凍結することを避けることから極端な低温環境には設置しないこと、④火災時に自動起動装置(通常、定温式熱感知器を使用)が作動して消火剤を放射する時には、火災の熱により室温が上昇していることから、FK-5-1-12 を使用することができると考えられる。

なお、上記①～③を確認するために実際の非常用発電機室における冬季の室温を実測した(資料9)。測定場所は、北海道札幌市とし、測定は一年の中で一番気温が低い時期(1月25日～2月5日)に実施した。測定期間中の外気温最低値は約-12℃となったが、その場合でも非常用発電機室内は約6℃で著しい低温にはならなかった。

また、上記④を確認するために、火災による消火剤放出時の空間内の温度状況について標準的な条件を設定し、FDS^{*}シミュレーションを行った(資料10)。火災発生前の初期温度は、非常用発電機室の室内温度の実測値が約6℃であるが、余裕を持った値とし、低温状態の-5℃と-10℃とした。計算の結果、火災発生前の室温が-10℃の条件でも消火剤放射前の室内平均温度は19～23℃になると想定されることから、FK-5-1-12が充分気化可能な温度になっていると考えられる。

※FDS:「Fire Dynamic Simulator」の略で、米国標準技術局(NIST)建築火災研究所で開発された火災シミュレータ

2.2.3 自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分

自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分においては、その構造によって異なってくるため、それぞれについて考察する。

(1) 自走式立体駐車場

自走式の立体駐車場は、現状では泡消火設備と粉末消火設備が主であることと、自走式であるため、出入口が屋外に面し外部に直接常時開口しているため温度が低下しやすいことから、地域や気象条件によっては著しい低温環境になる可能性があり、均一に拡散しないおそれがある可能性を排除できない。従って、今回の対象から除外することが相応しいと判断する。

(2) 垂直循環式およびエレベータ式(タワー式)の機械式立体駐車場

機械式駐車場で、垂直循環式およびエレベータ式(タワー式)立体駐車場は、①屋外に面した常時開放の開口部はほとんどないが、②独立建屋が多いこと、③垂直方向に細長い構造であること、④近年高さ31mを越える高層の立体駐車場ができており大規模区画となることから、建築部内部に包含される構造のものを除くと、外気温の影響を受けやすく著しい低温環境になる可能性があり、均一に拡散しないおそれがある可能性を排除できない。従って、今回の対象から除外することが相応しいと判断する。

(3) 多層循環式、水平循環式、平面往復式の機械式地下駐車場

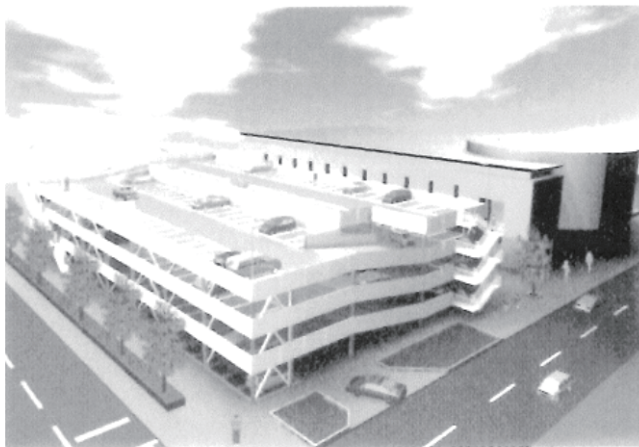
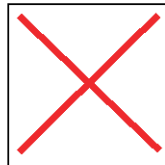
ビルの地下等に設ける多層循環式、水平循環式、平面往復式の駐車場は、ビルの地下に設けることが主であり、構造は密閉されたラック倉庫に類似し、運転者は自動車をエレベータリフト等に止め、自動的に駐車部分まで移動する構造である。これらの方式は、①ほとんどがビルの内部にあること、②開口部が直接外気に面していることが少ないこと、③開口部が安全対策上常時閉鎖されていること、など構造上の特徴から、著しい低温環境になる可能性は考えにくいこと、火災時で消火剤放射時には火災の熱により室温が上昇することが予測されることから、均一に拡散しないおそれがないと考えられる。このことから、この対象物についてはFK-5-1-12消火剤を使用することができると考えられる。

なお、ビルの地下等に設ける機械式駐車場について、実際の室内温度を冬季に調査した。測定場

所は、北海道札幌市の機械式地下駐車場(2物件)とし、一年の中で一番気温が低い時期(1月25日～2月5日)に測定を実施した。測定期間中の外気温最低値は-12℃となったが、その場合でも区画内は約10℃で、著しい低温にならないことを確認した。

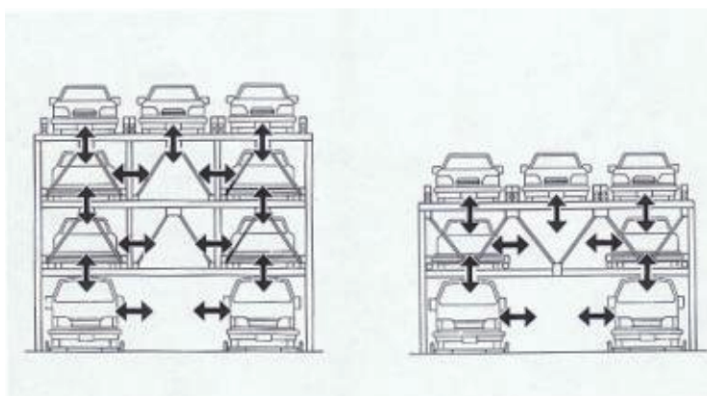
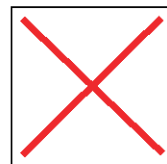
自走式立体駐車場

自走式
複数階が斜路によってつながったもので、自動車が自ら走って出入りする立体駐車場。閉鎖空間ではない。



機械式立体駐車場

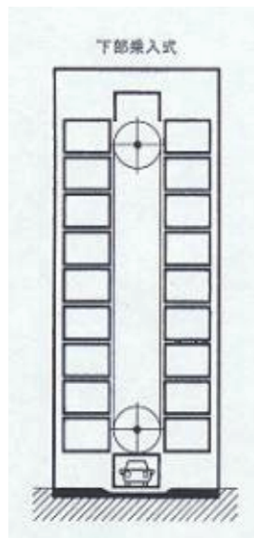
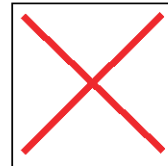
多段式
自動車を収納する台車(パレット)を上下2段から4段に積み重ねる方式。2段式の簡易的なものやエレベータスライド方式の3層4段まであり、機械式駐車場の設置数の80%を占める。閉鎖空間ではない。



機械式立体駐車場

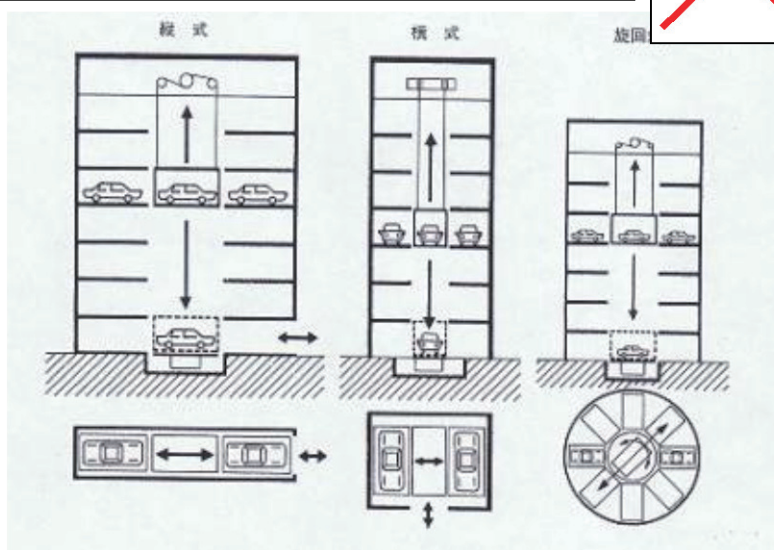
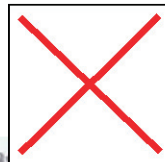
垂直循環式

メリーゴーランド方式とも呼ばれ、自動車を台車(パレット)に乗せて垂直循環移動する形式。自動車の乗入口(進入経路)により最下部乗入式・中間部乗入式・最上部乗入式といいます。一般には独立した建物内に組込む場合と、ビルなどの建築物の一部に組込むものがある。



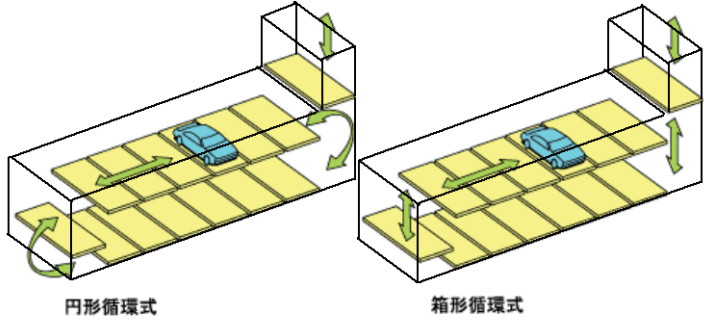
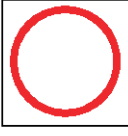
エレベータ式

自動車をエレベータ装置を使って駐車格納する階まで運び、駐車室に収納する形式。

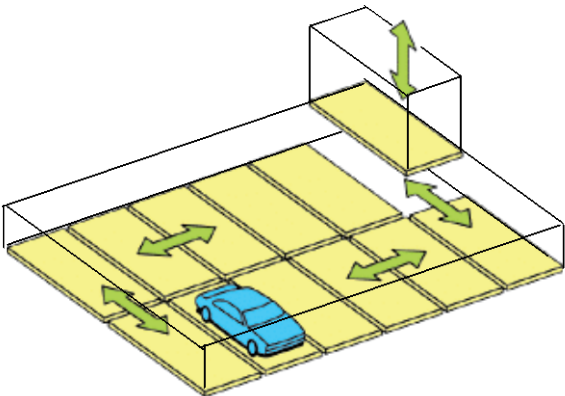
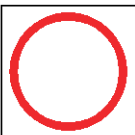


機械式地下駐車場

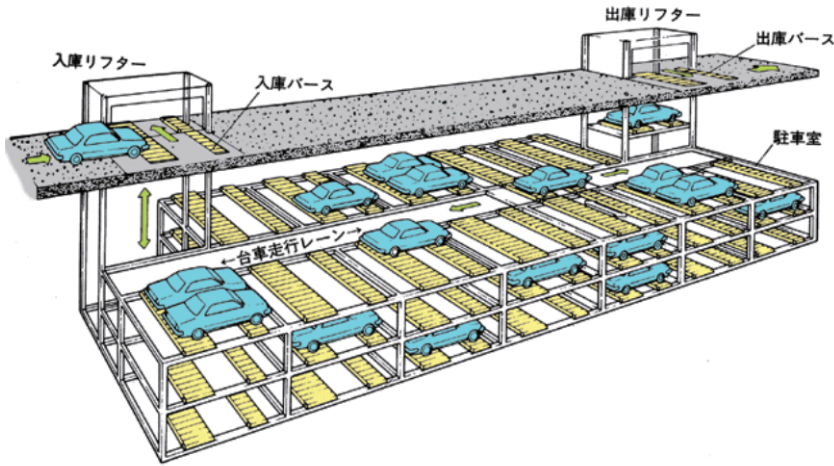
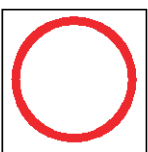
多層循環式
 自動車を台車(パレット)に乗せて横行移動させる装置を多層に配置し、その両端に台車(パレット)を昇降移動する装置を設けたもの。



水平循環式
 自動車を台車(パレット)に乗せて水平移動させる装置を配置し、縦送り横送りを交互に繰り返して平面移動させて自動車を入出庫する方式。



平面往復式
 平面的に自動車を移動して格納する方式。一般には運搬式と格納式があり、ビルに組込れる場合が多く比較的規模の大きい駐車場に導入されます



2.3 使用機器等

FK-5-1-12 消火設備に使用する機器は、液体の消火剤を窒素で加圧している点、放出時間が[※]10秒である点、消炎濃度や設計濃度の値が近いことから消火設備の設計に関しては HFC-227ea とほぼ同じであることや窒素の加圧圧力が 4.2MPa であることから HFC-227ea と同じ機器を使用することが出来る。それぞれの機器の要求仕様は次の通り。

2.3.1 区画構成

FK-5-1-12 消火設備は、既存のハロゲン化物消火設備と同類の設備であり、火災時に区画を密閉した後消火剤を放射し、区画内を消火雰囲気にして消火するものである。このことから、密閉区画を構成するために防護区画の換気装置は消火剤放出前に停止できる構造とすること、開口部は消火剤放出前に閉鎖できる自動閉鎖装置を設けることが重要である。

2.3.2 貯蔵容器

- ・ 防護区画以外の場所に設けること。
- ・ 温度 40℃以下で温度変化が少ない場所に設けること。
- ・ 直射日光及び雨水のかかるおそれの少ない場所に設けること。
- ・ その見やすい箇所に、充てん消火剤量、消火剤の種類、製造年及び製造者名を表示すること。
- ・ 貯蔵容器は、温度 20℃において、4.2MPa になるように窒素で加圧したものであること。加圧圧力は、使用する配管のグレードから決まる数値である。FK-5-1-12 消火設備は、HFC-227ea と同グレードの配管を用いるため、HFC-227ea と同圧力とした。
- ・ 貯蔵容器の充てん比は、0.7 以上 1.6 以下であること。この値は、容器弁の安全装置の圧力から決まる。数値は、ISO14520-5 と同じ値とした。
- ・ 貯蔵容器等には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置を設けること
- ・ 貯蔵容器には、消防庁長官が定める基準に適合する容器弁を設けること。

2.3.3 噴射ヘッド

- ・ 放射された消火剤が防護区画の全域に均一に、かつ、速やかに拡散できるように設けること。
- ・ 当該消火剤を霧状に放射するものであること。
- ・ 消火剤の放射時間は、次に定める消火剤の量を 10 秒以内に放射できるものであること。この値は、FK-5-1-12 は消火時に分解ガス(資料8)を発生するため、短時間に放出する必要がある。この特性は HFC-227ea と同じであるため、HFC-227ea と同じ 10 秒放出とした。
- ・ 噴射ヘッドの放射圧力は、0.3MPa 以上であること。この値は、HFC-227ea と同じ値とした。

2.3.4 配管及び継手等

- ・ 専用とすること。
- ・ 鋼管を用いる配管は、日本工業規格G3454 の STPG370 のうち呼び厚さでスケジュール 40 以上のものに適合するもの又はこれと同等以上の強度を有するもので、亜鉛メッキ等による防食処理を施した

ものを用いること。

- ・ 銅管を用いる配管は、日本工業規格H3300 のタフピッチ銅に適合するもの又はこれと同等以上の強度及び耐食性を有するものを用いること。
- ・ 管継手及びバルブ類は、鋼管若しくは銅管又はこれらと同等以上の強度及び耐食性を有するものであること。
- ・ 貯蔵容器等から噴射ヘッドまでの間に選択弁等を設けるものには、当該貯蔵容器等と選択弁等の間に、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置又は破壊板を設けること。
- ・ 落差は、50メートル以下であること。この値は、HFC-227ea と同じ値とした。

2.3.5 選択弁

- ・ 選択弁は、防護区画以外の場所に設けること。
- ・ 一の防火対象物に防護区画が二以上存する場合において貯蔵容器を共用するときは、防護区画ごとに選択弁を設けること。
- ・ 選択弁には選択弁である旨及びいずれの防護区画又は防護対象物の選択弁であるかを表示すること。
- ・ 消防庁長官が定める基準に適合するものであること。

2.3.6 起動ガス容器

- ・ 起動用ガス容器は、24.5MPa 以上の圧力に耐えるものであること。
- ・ 起動用ガスは窒素ガス又は二酸化炭素とすること。
- ・ 起動用ガス容器の内容積は、1リットル以上とし、起動用ガスに窒素ガスを用いるものにあつては充填圧力が温度 35°Cにおいて 3.5MPa 以上、14.7MPa 以下、二酸化炭素を用いるものにあつては当該容器に貯蔵する量は、0.6kg 以上で、かつ、充てん比は、1.5 以上であること。
- ・ 起動用ガス容器には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置及び容器弁を設けること。

2.3.7 制御盤

- ・ 消防庁長官が定める基準に適合する当該設備等の起動、停止等の制御を行う制御盤を設けること。
- ・ 起動装置の放出用スイッチ、引き栓等の作動により直ちに貯蔵容器等の容器弁又は放出弁を開放するものであること。(自動閉鎖装置等による防護区画形成に要する最低限の時間を除く)
- ・ 操作回路、音響警報装置回路及び表示灯回路の配線は、規則第 12 条第 1 項第 5 号の例により設けること。

2.3.8 起動装置

- ・ 自動式とし、手動起動装置を付置すること。
- ・ 一の火災信号は自動火災報知設備の感知器から制御盤に、他の火災信号は消火設備専用に設ける感知器から制御盤に入る方式とするか、又は、消火設備専用として設けた複数の火災信号が制御盤に入る方式とし、AND回路制御方式に限定するものとする。
- ・ 手動起動装置は、容易に操作できる箇所に設けること。
- ・ 自動及び手動を表示する表示灯を設けること。

- ・ 自動手動の切替えは、かぎ等によらなければ行えない構造とすること。

2.3.9 警報装置等

- ・ 音響警報装置は、音声による警報装置とすること。ただし、常時人のいない防火対象物にあつては、この限りでない。
- ・ 防護区画にいるすべての者に消火剤が放射される旨を有効に報知できるように設けること。
- ・ 手動又は自動による起動装置の操作又は作動と連動して自動的に警報を発するものであり、かつ、消火剤放射前に遮断されないものであること。
- ・ 音響警報装置は、消防庁長官が定める基準に適合するものであること。
- ・ 防護区画の出入口の見やすい箇所に消火剤が放出された旨を表示する充満表示灯を設けること。

2.3.10 非常電源

- ・ 自家発電設備、蓄電池設備又は燃料電池設備によるものとし、その容量は当該設備を有効に1時間作動できる容量以上とするほか、規則第12条第1項第4号ロ、ハ、ニ及びホの規定の例により設けること。

2.3.11 その他付帯設備等

- ・ 当該防護区画内の圧力上昇を防止するための措置を講じること。
- ・ 消火剤放射時の圧力損失計算は、消防庁長官が定める基準によること。
- ・ 貯蔵容器等を収納する組枠、配管及び非常電源には、地震による震動等に耐えるための有効な措置を講じること。
- ・ 防護区画には、放射された消火剤及び燃焼ガスを安全な場所に排出するための措置を講じること。

2.4 維持管理

FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備の維持管理については、使用する機器が HFC-227ea とほぼ同じ機器が使えることから、従前のハロゲン化物消火設備と同じ扱いが出来る。ハロゲン化物消火設備の維持管理に係わる通知は下記の通り。

- ・ 平成 14 年 消防予第 282 号「消防用設備等の試験基準の全部改正について」
- ・ 平成 14 年 消防予第 86 号「「消防法施行規則の規定に基づき、消防用設備等の種類及び点検内容に応じて行う点検の期間、点検の方法並びに点検の結果についての報告書を定める件」等の改正について」
- ・ 平成 16 年 消防庁告示第 9 号「消防法施行規則の規定に基づき、消防用設備等又は特殊消防用設備等の種類及び点検内容に応じて行う点検の期間、点検の方法並びに点検の結果についての報告書の様式を定める件」
- ・ 平成 14 年 消防予第 172 号「消防用設備等の点検要領の全部改正について」

参考資料

資料1 ハロン等抑制対策検討報告書(平成19年度) (抄)

資料2 ISO14520-5(抜粋)

- ・ ISO14520-5 "Gaseous fire extinguishing systems - Physical properties - FK-5-1-12 extinguishant" (2004)

資料3 製品安全データシート

- ・ Novec (TM) Fire Protection Fluid 1230 (2003)

資料4 Novec1230 物性表

資料5 ハロン代替物質の消火性能評価に関する研究委員会報告書(抄)

資料6 ハロン代替物質の毒性評価に関する研究委員会報告書(抄)

資料7 ハロン代替消火剤の安全基準の確立に係る調査検討報告書(抄)

資料8 ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3 オン(FK-5-1-12)を消火剤とする消火設備に係わるあり方検討会報告書(抄)

資料9 機械式地下駐車場等における室内温度について

資料10 非常用発電機室における火災時の室内温度シミュレーション

関連通知関係

- ・ 平成7年 消防予第 89 号「ガス系消火設備等に係る取り扱いについて」
- ・ 平成 18 年 消防予第 500 号「消防用設備等に係る執務資料の送付について」
- ・ 平成 14 年 消防予第 282 号「消防用設備等の試験基準の全部改正について」
- ・ 平成 14 年 消防予第 86 号「「消防法施行規則の規定に基づき、消防用設備等の種類及び点検内容に応じて行う点検の期間、点検の方法並びに点検の結果についての報告書を定める件」等の改正について」
- ・ 平成 16 年 消防庁告示第 9 号「消防法施行規則の規定に基づき、消防用設備等又は特殊消防用設備等の種類及び点検内容に応じて行う点検の期間、点検の方法並びに点検の結果についての報告書の様式を定める件」
- ・ 平成 14 年 消防予第 172 号「消防用設備等の点検要領の全部改正について」

ハロン等抑制対策検討報告書（抄）

（平成 19 年度）

平成 20 年 3 月

ハロン等抑制対策検討会

第5章 ハロン代替消火剤の使用状況等

1 ハロン代替消火剤の特性

現在、ハロン代替の種々の消火剤の開発が精力的に行われている。ハロン代替消火剤を大別すると、ハロゲン化合物系と不活性ガス系の2種類がある。

これらのガスについては、消火性能、毒性等の研究が国内外で行われ、実用化されているが、オゾン層破壊係数（ODP）値が0で、かつ、ハロンと同等の消火性能等を有する新消火剤は、現在開発されていない状況にある。

(1) ハロン代替消火剤の種類と物理特性

ア ハロゲン化合物系（ハロカーボン系）

(ア) HFC-227ea

(イ) HFC-23

(ウ) FK-5-1-12

イ 不活性ガス系（イナート系）

(ア) IG-541

(イ) IG-55

(ウ) IG-100

表5-1 ハロン代替消火剤の化学式と物理特性

名称	化学式	蒸気圧 MPa・20°C	容器内圧 MPa・20°C	沸点 °C
ハロン1301	CF ₃ Br	1.45	2.5/4.2	-58
HFC-227ea	C ₃ F ₇ H	0.39	2.5/4.2	-16
HFC-23	CHF ₃	4.19	4.0	-82
FK-5-1-12	CF ₂ CF ₂ C (O)CF(CF ₃) ₂	0.3260bar 20°C (*)	4.2	49
IG-541	N ₂ 52% Ar 40% CO ₂ 8%	—	—	-196
IG-55	N ₂ 50% Ar 50%	—	—	-190
IG-100	N ₂	—	—	-196

(Report of the Halon Fire Extinguishing Agents Technical Options Committee, December 1994 より参考)

* ISO14520-5:2006(E)

(2) ハロン代替消火剤の特性

ア ハロゲン化合物系

次の特徴を有しているといわれている。

- (ア) 全域放出用消火ガスである。
- (イ) クリーンな消火ガスで、放出後に残滓がない。
- (ウ) 液化ガスである。
- (エ) 非導電性である。
- (オ) オゾン層破壊係数（ODP）が0である。

HFC-227eaは、一般的に窒素で加圧して貯蔵されているが、HFC-23は、窒素による加圧の必要はない。

これらについては、ハロン1301より、放出濃度が高いので、通常の貯蔵形態において貯蔵に要する空間は、ハロン1301より大きくなることが多い。また、ハロン1301と同じ消火条件下では、フッ化水素等の腐食性・毒性を有する分解生成物を多く発生する傾向にある。

ハロゲン化合物系の消火原理は、現時点ですべて解明されているわけではないが、物理効果（酸素濃度の低下、冷却）と化学効果（燃焼連鎖反応の抑制）が合わさったものといわれている。なお、ハロン1301は、主として化学効果（燃焼連鎖反応の抑制）による消火である。

イ 不活性ガス系

次の特徴を有しているといわれている。

- (ア) 全域放出用消火ガスである。
- (イ) クリーンな消火ガスで、放出後に残滓がない。
- (ウ) 非導電性である。
- (エ) オゾン層破壊係数（ODP）が0である。

消火の作用としては、室内の酸素濃度を継続的に燃焼できないレベルまで下げることにより、火災を抑制するものである。

一般的に、ハロン1301やハロゲン化合物系のものより放出濃度は高く、また、通

表 5 - 2 ハロン代替消火設備の評価状況

消火剤の種別		評 価 件 数	
		設備・個別評価	基本類型評価
ハロゲン化物系	HFC-227ea (FM-200)	1 2 2	9
	HFC-23 (FE-13)	7 5 0	8
不活性ガス系	IG-541 (イージェン)	2 9 5	2 1
	IG-55 (アルゴナイト)	2 9	0
	IG-100 (窒素)	7 0 6	2 5
合 計		1, 9 0 2	6 3

6 ハロン代替消火剤を用いる消火設備の消防法令への本則化

(1) 消防法施行令第 13 条に規定する不活性ガス消火設備等について

ハロン代替消火剤の設置・維持に係る知見が評価制度を通じて十分に集積されたものにあつては、一般基準化することとし、平成 13 年 1 月 24 日に消防法施行令（以下、「令」という。）の改正を行い、平成 13 年 3 月末までに消防法施行規則（以下「規則」という。）の改正が行われた。（平成 13 年 4 月 1 日施行）。これにより、この基準に適合するハロン代替消火剤を用いるガス系消火設備は、法令による設置・維持が行われている。

ただし、ハロン代替消火剤を用いる消火設備を、法令で規定されている部分以外の部分に設置しようとする場合には消火剤の消火特性、安全性を鑑み当該部分の建築構造、空間の形状、人員の状況、避難経路等を踏まえ、避難安全性、消火の確実性について、個々の防火対象物の実情に応じ、十分検討・評価するものとする。評価された消火設備は、令 32 条の特例の適用となり設置することができることとされた。

なお、危険物施設においては、一般基準化はされておらず、個々に危険物の品名、数量、貯蔵取扱いの形態等と当該場所における危険物を含む火災に適応するかについて、個別に評価を行っている。

(2) 消防法第 17 条第 3 項に規定する特殊消防用設備等について

消防法第 17 条第 3 項に基づき特殊消防用設備等として総務大臣が認定した新たに開発

されたハロン代替消火設備は平成20年2月28日現在、表5-3のとおりである。

表5-3 ハロン代替消火設備の認定状況

消火剤の種別		認定件数 (設備・個別評価)
ハロカーボン系	ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オン	2
合 計		2

7 新消火剤のリスト

ハロン代替となる新消火剤は、種々の候補が挙げられている。国際標準化機構（ISO）の14520-5（2006年版）、米国防火協会基準（NFPA2001）（2004年版）及び米国環境保護庁（EPA）（2003年）にリストされているガス系消火剤をそれぞれ表5-4、表5-5及び表5-6に示す。

表5-4 ISO 14520-5

消火剤の種別	名 称	化 学 式	商 品 名
CF ₃ I	Trifluoroiodomethane	CF ₃ I	Triodide
HFC Blend A			NAF S-Ⅲ
HFC-123	Dichlorotrifluoroethane	CHCl ₂ CF ₃	
HFC-22	Chlorodifluoromethane	CHClF ₂	
HFC-124	Chlorotetrafluoroethane	CHClF ₂ CF ₃	
	Isopropeny-1-methylcyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	
HFC 125	Pentafluoroethane	CHF ₂ CF ₃	FE-25
HFC 236fa	Hexafluoropropane	CF ₃ CH ₂ CF ₃	FE-36
HFC227ea	Heptafluoropropane	CF ₃ CHF ₂ CF ₃	FM200,FE-227
HFC-23	Trifluoromethane	CHF ₃	FE-13
IG-01	Argon	Ar	Argotec
IG-100	Nitrogen	N ₂	NN100
IG-55		(N ₂ +Ar)	Argonite
IG-541		(N ₂ +Ar+CO ₂)	Inergen
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	CF ₃ CF ₂ C (O)CF(CF ₃) ₂	Novec1230

表5-5 NFPA2001

消火剤の種類	名 称	化学式
FC-3-1-10	Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀
FK-5-1-12	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	CF ₃ CF ₂ C (O)CF(CF ₃) ₂
HFC Blend A HFC-123 HFC-22 HFC-124	Dichlorotrifluoroethane Chlorodifluoromethane Chlorotetrafluoroethane Isopropeny-1-methylcyclohexene	CHCl ₂ CF ₃ CHClF ₂ CHClFCF ₃ C ₁₀ H ₁₆
HFC-124	Chlorotetrafluoroethane	CHClFCF ₃
HFC 125	Pentafluoroethane	CHF ₂ CF ₃
HFC227ea	Heptafluoropropane	CF ₃ CHFCF ₃
HFC-23	Trifluoromethane	CHF ₃
HFC 236fa	Hexafluoropropane	CF ₃ CH ₂ CF ₃
FIC-1311	Trifluoroiodide	CF ₃ I
IG-01	Argon	Ar
IG-100	Nitrogen	N ₂
IG-55		(N ₂ +Ar)
IG-541		(N ₂ +Ar+CO ₂)

表5-6 EPA
(Significant New Alternatives Policy)

消火剤の種類	化学式又は 商品名	消火剤の種類	化学式又は 商品名
HCFC-22	CHClF ₂	C3F8	CEA-308
HCFC-124	CHClFCF ₃	C4F10	CEA-410
HCFC Blend A	NAF III	SF6	
HFC-125	FE -25	CF3I	Triiodide
HFC-134a		IG-01	Argotec
HFC-227ea	FM200,FE-227	IG-100	NN100
HFC-23	FE-13	IG-55	Arugonite
HFC236fa	FE-36	IG-541	ingen
HFC227-BC		C6-perfluoroketone	Novec1230
HFC-125 with o.1% d-limonene	NAF S-125	(1,1,1,2,2,4,5,5,5- nonafluoro-4- (trifluoromethyl)	
Halotron II		-3-pentanone)	

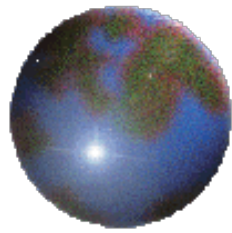
ハロン等抑制対策検討会委員名簿

(順不同敬称略)

委員長	梅原 直	総務省消防庁予防課長
	上原 陽一	横浜国立大学名誉教授
	木原 正則	総務省消防庁危険物保安室長
	勝山 潔	経済産業省製造産業局化学物質管理課オゾン層保護等推進室長
	深見 正仁	環境省地球環境局環境保全対策課フロン等対策推進室長
	山田 常圭	消防研究所センター研究企画部長
	北村 吉男	東京消防庁予防部長
	小野 和夫	横浜市消防局予防部長
	横川 勝二	名古屋市消防局予防部長
	藤原 肇	大阪市消防局予防部長
	小川 茂樹	日本消防検定協会検査部長
	小林 茂昭	(財)日本消防設備安全センター常務理事
	沖山 毅	(社)日本消火装置工業会理事
	竹原 善久	(社)日本消火器工業会常務理事
	高松 秀樹	(特非)消防環境ネットワーク事務局長
	飯塚 宏	(株)日建設計設備設計部門副代表
	石山 松男	能美防災(株)顧問

以上 17 名

(事務局) 消防庁予防課：渡辺設備専門官、鳥枝設備係長、矢島事務官



ISO-14520-5規格(抜粋)

ハ°ト5:FK-5-1-12消火剤

FK-5-1-12を消火剤とする消火設備作業部会

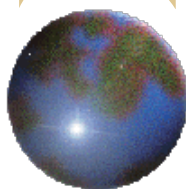


表1 消火剤仕様

項目	仕様
純度 (mol/mol,min)	99.9%
酸分 (mass,max)	3×10^{-6}
水分 (mass,max)	0.001%
蒸発残分 (mass,max)	0.03%
外觀	浮遊物又は沈殿の ないこと

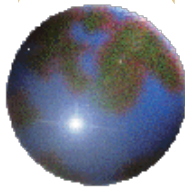


表2 物性

項目	單位	數值
分子量	-	316.04
沸点	°C	49.2
凝固点	°C	-108
臨界温度	°C	168.66
臨界压力	bar	18646
臨界容積	cc/mol	494.5
臨界密度	kg/m ³	639.1
蒸氣压 at 20°C	bar	0.326
液体密度	g/ml	1.616
飽和蒸氣密度	kg/m ³	4.3305
比容積 at 20°C	m ³ /kg	0.0719
汽化熱	KJ/kg	88.0
化学式	CF ₃ CF ₂ C(O)CF(CF ₃) ₂	
化学名	Dodecafluoro-2-methylpentan-3-one	



表7 毒性学情報

項目	数値 (%by volume)
4hLC50 ¹⁾	> 10
No observed adverse effect level (NOAEL) ²⁾	10
Lowest observed adverse effect level (LOAEL) ³⁾	> 10

※

1) 4hLC50: 半数致死濃度(ラット、4h)

2) NOAEL: 生理学上の又は毒性の悪影響が観察されない最高濃度。

3) LOAEL: 生理学上の又は毒性の悪影響が観察される最小濃度。

製品安全データシート

1 製品及び会社情報

住友スリーエム株式会社
 所在地 本社 東京都世田谷区玉川台2-33-1
 担当部門 化学製品事業部 技術部
 電話番号 042-779-2331

MSDS No : 16-3425-2 発行日 : 2003年05月08日
 版 : 1.01 前発行日 : 2002年07月15日

製品名

名称

Novec (TM) Fire Protection Fluid 1230

3Mストックナンバー

98-0212-3028-3 98-0212-3029-1 98-0212-3030-9 98-0212-3031-7

2 組成、成分情報

単一化学物質・混合物の区別: 単一化学物質

成分及び含有量

成分	CAS No	含有量 (%)
1, 1, 1, 2, 2, 4, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)-3-ペ ンタノン	756-13-8	> 99.9

P R T R法指定化学物質の有無: 非該当

成分に関する特記事項:

本品の成分はT S C Aに適合しています。
 本品を構成する成分はELINCSに届出済み

3 危険有害性の要約

最重要危険有害性:

下記有害性並びに物理的及び化学的危険性を参照

有害性:

熱分解物は呼吸器系等に刺激を与える。

物理的及び化学的危険性:

危険性は極めて低い。

分類の名称 (分類基準は日本方式): 分類基準に該当しない。

4 応急措置

吸入した場合:

被災者を新鮮な空気のある場所に移動させる。 徴候・症状が持続する場合は、医師の診断を受ける。

皮膚に付着した場合:

水及び石鹸で洗い流す。 徴候・症状が現れた場合は、医師の診断を受ける。

目に入った場合:

多量の水で洗眼する。 徴候・症状が持続する場合は、医師の診断を受ける。

飲み込んだ場合:

吐かせてはならない。

コップ2杯の水を与える。被災者に意識が無い場合は、口から何も与えてはならない。

徴候・症状が現れた場合は医師の診断を受ける

5 火災時の措置

消火剤:

本品は消火剤。

消火方法：

ヘルメット、自給式呼吸器、防火服、腕、胴、脚等の保護バンド、頭部保護具を含む完全保護服を着用のこと。

火災時の措置に関する特記事項：

適用しない。

6 漏出時の措置

個人防護：

他項の関連予防措置を参照。

除去方法：

無機の吸収剤で覆う。周囲を換気する。漏洩を止める。漏洩した物質を回収する。残さを清掃する。金属製の容器に収納する。回収した物質はできるだけ早く廃棄する。

廃棄方法：

関係法規制に従って自社で適正に処理するか、産業廃棄物処理業者に処分を委託する。

7 取扱い及び保管上の注意

取扱い：

容器内部は圧力が上がっていることがあるので注意して容器を開ける。

摂取防止：

本品を使用中は、飲食又は喫煙を禁ずる。本品が接触した箇所は、石けんと水で十分に洗うこと。

保管：

換気：

換気状態のよい場所に容器を置く。

8 暴露防止及び保護措置

設備対策：

移しかえの際は適切な局所排気装置を使用する。
開放型容器には適切な局所排気装置を使用する。
ミスト、蒸気又は噴霧を許容濃度以下に管理するために、一般的な希釈換気又は局所排気装置を使用すること。換気が十分出ない場合は、呼吸保護具を使用する。

管理濃度：

1, 1, 1, 2, 2, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)-3-ペンタノン (756-13-8)
数値：設定されていない

許容濃度：

1, 1, 1, 2, 2, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)-3-ペンタノン (756-13-8)
日本産業衛生学会 許容濃度 TWA：設定されていない
ACGIH TLV：設定されていない
3 M社 許容濃度 TWA：1940 mg/m³ 150 ppm

保護具，個人防護：

呼吸保護具：

蒸気、ミスト又はスプレーの吸入をさける。

保護眼鏡：

目への接触を避ける。
蒸気、ミスト又は噴霧が目と接触することを避ける。
目に接触することを防止するために次記のものを単独又は組み合わせで着用する。
通気性ゴーグルを着用する。

保護手袋：

次記の材料で作られた手袋を使用すること。ブチルゴム

保護衣：

長時間又は、反復の皮膚接触はさける。

暴露防止、個人防護に関する特記事項：

暴露ガイドラインは未決定

9 物理的及び化学的性質

形状、色、臭い：

液体 無色透明 わずかな臭気

pH:	適用しない
沸点/範囲:	49 °C
融点/範囲:	< -108 °C
引火点:	適用しない
発火点:	適用しない
爆発範囲—下限(%):	適用しない
爆発範囲—上限(%):	適用しない
蒸気圧:	0.03253 MPa (参考値 244mmHg) 20°C
蒸気密度:	< 11.6
比重:	1.6 (水=1)
水溶性:	溶けない
蒸発速度:	1
粘度:	< 0.5 cps

1 0 安定性及び反応性

安定性・反応性:	危険な重合は起こらない。安定。
避けるべき条件:	直射日光 紫外線
避けるべき物質:	強アルカリ アミン アルコール
有害な分解物:	フッ化水素 一酸化炭素 二酸化炭素

1 1 有害性情報

目に入った場合:	使用中に目に接触しても、刺激作用があるとは考えられない。
皮膚に付着した場合:	製品使用時の皮膚刺激性は予想されない。
吸入した場合:	許容濃度を超えて長期間又は反復暴露した場合: 吸入により体内に吸収されて全身的な健康障害を起こすことがある。

飲み込んだ場合:
飲み込んだ場合の健康障害は予想されない。

その他有害性情報:
本品を通正な条件と当社の推奨する使用方法に従って使用する場合は有害性は無いと考えられる。
しかしながら当社の推奨する使用方法に従わないで使用又は加工をする場合は製品に影響を与えて危険有害性が発生する可能性がある。
許容濃度を超えて長期間又は反復暴露した場合:

肝臓への影響: 徴候: 症状は食欲減退、体重減少、疲労、虚弱、腹部過敏及び黄疸を含むことがある。

1 2 環境影響情報

生態毒性:
(註) 加水分解は重要な分解のための道筋とは考えられない。製品は非常に水に溶けにくく又揮発性が有るので、クリーンな消火薬剤としての使用により本品が一般的に水環境に放出されることは考えられない。
光分解による半減期: 3-5日
光分解による残留分解物: トリフルオロ酢酸
地球温暖化係数 (GWP): 1
オゾン層破壊係数 (ODP): 0
水棲生物への毒性: 適用されない

1 3 廃棄上の注意

販売された製品:

関係法規制に従って自社で適正に処理するか、産業廃棄物処理業者に処分を委託する。

1.4 輸送上の注意

国連番号：該当しない

国連分類（IMO）：該当しない

国連分類（ICAO）：該当しない

注意事項：

取り扱い及び保管上の注意の項に記載した一般的な注意による。

1.5 適用法令

日本国内法規制（主な適用法令）：
該当しない

適用法規に関する特記事項： その他の情報が必要な場合は当社にお問い合わせください。

1.6 その他の情報

特記事項：危険、有害性の評価は、必ずしも十分ではないので、取扱いには十分注意して下さい。

改訂理由：

最重要危険有害性、蒸気圧及び許容濃度の項目を改訂

この製品安全データシートの情報は、発行時において正確であると信じられるものです。
当社は、製品安全データシートの記載内容について、ある特定目的への適合性又は、商取引への使用等について一切の保証をするものではありません。
当社の製品が、ユーザー各位の特定の目的及び使用方法に適合しているか否かは、ユーザーで判断して下さい。
ユーザー各位の使用条件に基づいた適正な安全管理に役立てて頂くため、当社の製品を使用する場合に影響があると考えられる種々の要因を提供したものです。

Novec1230 物性表

項目	物性	項目	物性
化学式	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	貯蔵状態	液体 (N ₂ 加圧)
分子量	316.04	n-ヘプタンに対する消炎濃度 (%)	4.8
沸点 (°C)	49.2	凝固点 (°C)	-108
臨界温度 (°C)	168.66	液体の比熱 (kJ/kg°C) at 25°C	1.103
臨界圧力 (MPa)	1.86	気体の比熱 (kJ/kg°C) at 25°C、1atm	0.891
比容積 (m ³ /kg) at 20°C	0.0719	沸点における気化熱 (kJ/kg)	93.2
飽和蒸気圧力 (MPa) at 20°C	0.0326	液体の熱伝導率 (W/m°C) at 25°C	0.059
オゾン層破壊指数 (ODP値)	0	液体の粘性 at 25°C	0.524
温暖化指数 (GWP値)	1	比絶縁耐力 at 25°C、1atm (N ₂ =1.00)	2.3
充填比の範囲	0.7 ~ 1.6	水の溶解性 at 21°C (ppm)	<0.001

ハロン代替物質の消火性能評価に関する 研究委員会報告書(抄)

(最 終 報 告)

(平成 7 年 12 月)

自治省消防庁消防研究所

4 消火剤の消火性能評価

消火剤の消火性能は目的に応じ、液体燃料などの拡散炎を消火する性能、または、燃料-空気混合気の予混合炎の消火する性能で評価される。一般の火災に対する消火性能は拡散炎を、また、爆発抑制等の目的には予混合炎を用いた方法で評価する。本章では、消火剤の消火性能がどのように評価されてきたかを概観するとともに、新消火剤を利用するために、それらの消火性能をどのように評価すべきかについて検討する。

4.1 消火性能評価に関する文献的検討

(1) 消炎濃度

拡散炎に対する消火剤の性能評価は、1961年にCreitz³⁾が同軸流拡散火炎バーナーを用いて臭化メチルとハロン1301の消火性能を研究したことに始まる。その後、このバーナーは英国ICI社のHirstら⁴⁾、米国ファクトリミューチュアル研究センター(FMRC)のBajpai⁵⁾らによってカップバーナーに改良され、各方面で消火性能を調べるために使用されるようになった⁶⁾。

拡散炎による消火剤の性能評価の試みは、1963年にPandyaら⁷⁾が報告した対向流拡散火炎バーナーを用いた方法もあり、Ibiricuら⁸⁾、Seshadriら⁹⁾、Niokaら¹⁰⁾、Haminsら¹¹⁾の報告がある。対向流拡散火炎バーナーは火炎が燃焼する条件を厳密に制御できる利点を持つが、カップバーナーに比べ構造が複雑で取り扱い易いとはいえ、もっぱら学術研究用として使用されている。この燃焼方式を利用した消火性能の試験装置は、いまだ開発されていない。

実際の火災の消火に近い状態で消炎濃度を求める試みが、山鹿¹²⁾により400mm×400mm×400mmの小型火災室模型を用い行われた。測定では、所定の濃度の消火剤を含んだ空気中において液体、固体の各種燃料を燃焼させ放置し、消火するときの消火剤濃度を分析し調べる。この方法は、結果の解析にガス分析データを必要とするため、消炎濃度を得るための手軽な試験方法とはいえない。

消防法令の「ハロゲン化物消火設備」の基準¹³⁾によれば、消火設備が作動したとき火災防護区画内に形成される空気-消火剤混合気の消火剤濃度、すなわち設計濃度は、カップバーナー装置で測定された消炎濃度に基づいて決定される。これは、カップバーナーの消炎濃度が、大規模模型室火災の消火実験で得られる消炎濃度よりほとんどの場合大きく、設計濃度を決定するのに適した参照データとみなせるためである⁶⁾。図1に消防法令のカップバーナー装置¹³⁾を一例として示す。カップバーナー装置はこのほかにも種々の異なる寸法・形状のものが使用されている⁶⁾。装置がさまざまなのは、二酸化炭素消火剤に関するカップバーナー装置のISO国際統一規格¹⁴⁾はあるが、それ以外の消火剤について

カップの詳細図

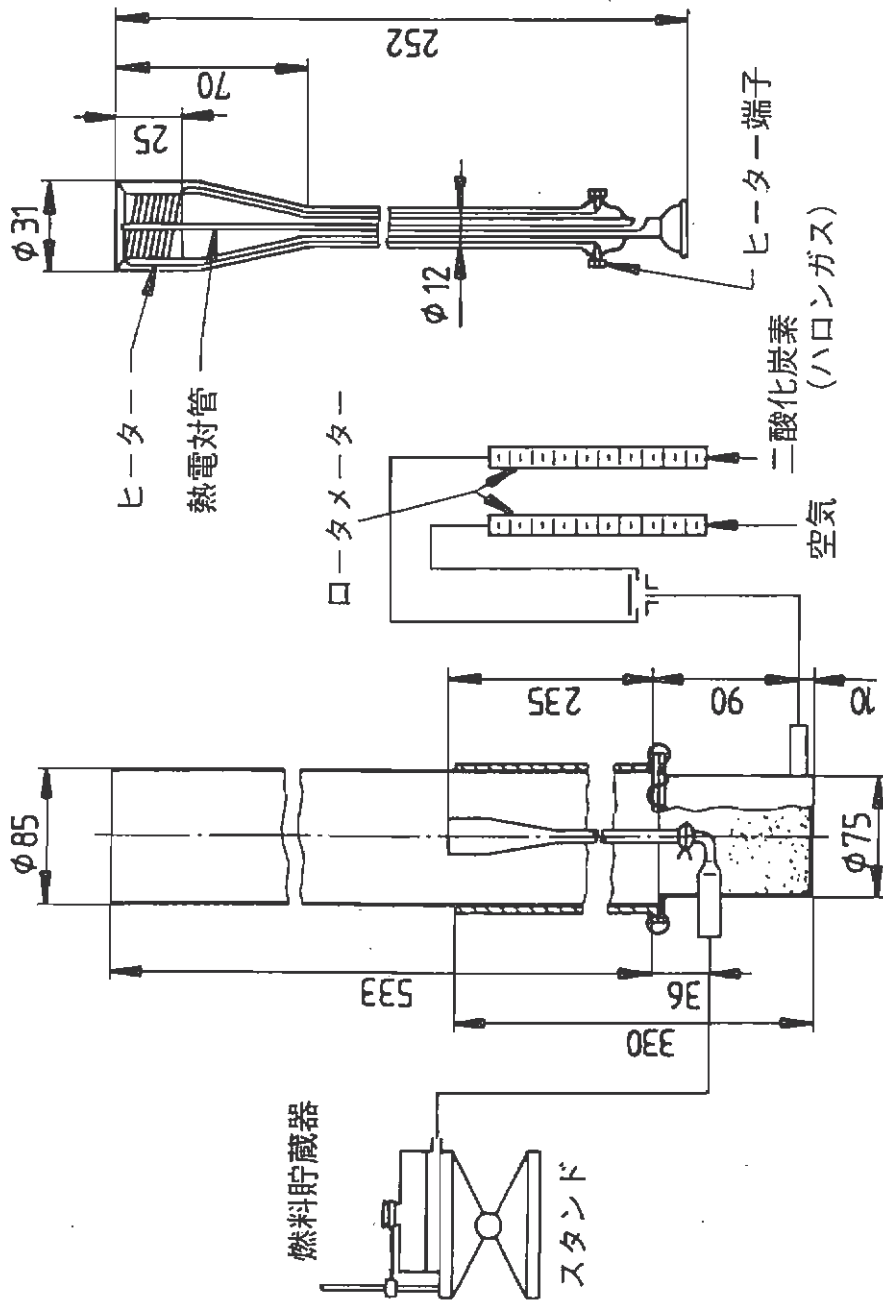


図1 消防法令のカップバーナー装置¹²⁾

は規格が定められていないためである。

(2) 不活性化濃度

予混合炎を用いた消火性能評価の代表的な方法に、可燃性混合気を不活性化するために必要な消火剤濃度に基づく方法がある。可燃性混合気の不活性化とは、燃料-空気混合気に消火剤を加え燃焼できなくなる状態をつくり出すことである。燃料と空気のいかなる混合比にある可燃性混合気についても不活性化できる、最低の消火剤濃度は「ピーク濃度」と呼ばれ、爆発防止のための重要なデータとして知られている⁶⁾。

ピーク濃度の測定は、米国鉱山局で開発された爆発ビュレット¹⁵⁾を用いて行われるのが一般的である。爆発ビュレット法は、国際的にはISO規格¹⁶⁾として、また、わが国においては高圧ガス取締法関連の法令¹⁷⁾に取り入れられている。また、最近では、爆発ビュレット法の他に、図2に示すような球形容器を用いた方法も利用されるようになった^{2, 17, 18)}。

爆発ビュレット法などの爆発容器による燃焼限界測定方法は全て、燃料、酸化剤、添加剤等による混合気を容器内に入れて点火し、火炎の燃え広がりがあるかどうかで可燃、不燃を判断する、「火炎伝播法」の試験方法を採用している。この方法の欠点は、

- (1) 着火過程は本質的に確率論的である、
- (2) 着火は点火エネルギーの影響を受ける、
- (3) 容器器壁の影響がでる、
- (4) 可燃、不燃の境界を分ける合理的基準を用意しにくい、
- (5) 混合気の調製が煩雑で、調製精度に難がある

等が原因となり、測定法によって測定値は必ずしも一致せず、ものによってはかなりの差異が生じる点にある¹⁷⁾。

燃焼限界は予混合炎バーナーでも測定することができる。利用する火炎の形状とバーナーの形式を吟味すれば、バーナー法を採用することにより消火剤のピーク濃度を再現性よく、しかも簡便に測定できるようになる。

(3) 大規模模型室火災の消火実験

ハロン1301の場合、大規模模型を用いて消火性能を確認する消火実験が数多く行われている。これらの大規模模型室火災の消火性能試験に関しては、沖山¹⁹⁾の総説及び文献6)に紹介されている。

新消火剤の消火性能を調べる目的で行われた大規模模型室火災の消火実験に関する報告もいくつか見られる。わが国では、ハロン抑制対策委員会のもとで、6.4m×6.4m×2.5mの大きさの火災室によるハロゲン化合物新消火剤のHFC-23とHFC-227eaの消火濃度の確認実験が行われた^{20, 21)}。また、米国海軍研究所のSheinsonら²²⁾によって、艦船の機械室を

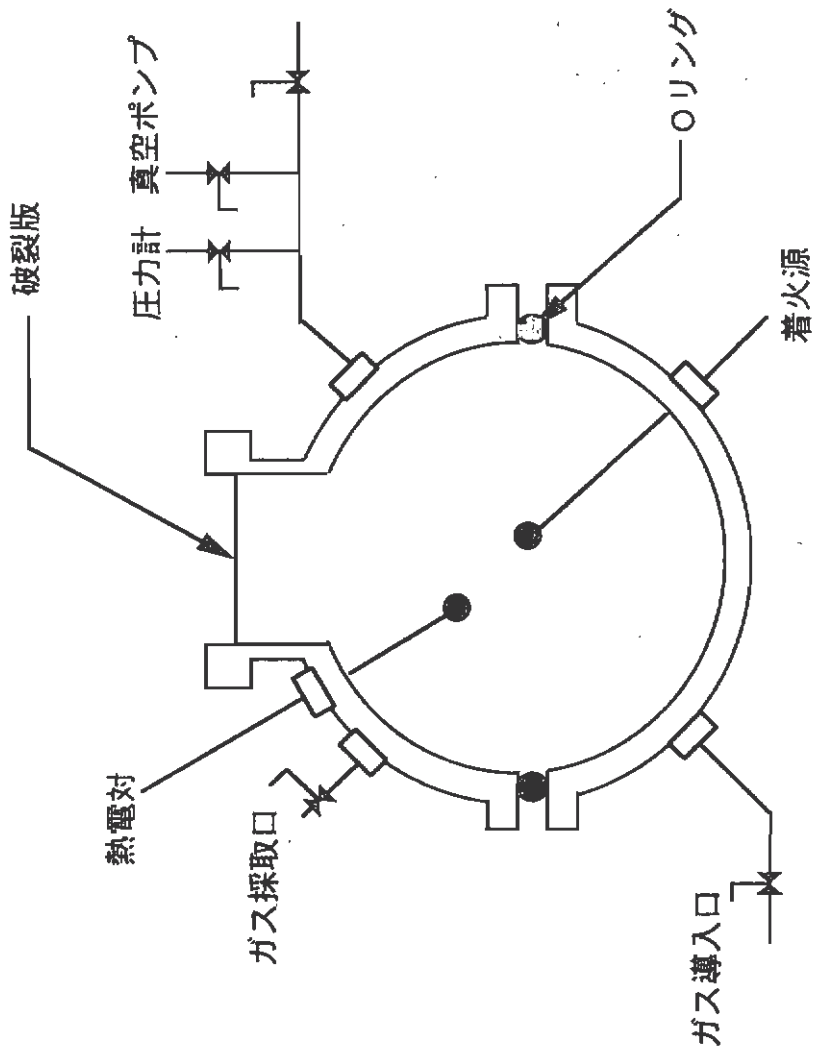


図2 燃焼限界測定用球形容器

模擬した中規模（4.0m×3.4m×4.3m）及び大規模（17m×8.5m×6m）模型区画を用いたHF C-23、HFC-227ea及びFC-3-1-10による消火実験が行われ、報告されている。Sheinsonらの主な実験目的は消火性能の確認であるが、消火の際に消火剤が熱分解を受けて発生する、腐食性があり有毒なフッ化水素ガスの発生量の検討にも重点が置かれている。

大規模模型により新消火剤の消火性能を評価することは、消火設備の設計濃度の信頼性を確認する意味で基本的に重要である。それにも関わらず、ハロン代替の新消火剤に関する研究報告が比較的少ないのは、メーカー内部のデータとして取得されているためと考えられる。

4. 2 新消火剤の性能評価方法に関する検討

ここでは、新消火剤の消火性能を適切に評価できる測定方法を抽出するため、種々の方法で新消火剤の消火性能を測定することを試みる。まず、拡散火炎を消火する性能を測定できるカップバーナー及び対向流拡散火炎バーナーを試作し、消炎濃度を測定し、試験装置としての可能性と測定結果の再現性を検討する。また、カップバーナーについて、カップ材質を金属（黄銅）に変更することによる影響を調べる。

次に、管状火炎バーナーを用いる新方式の燃焼限界測定装置を試作し、ハロン代替の新消火剤を含む可燃性混合気の燃焼を範囲を測定し、ピーク濃度による消火性能評価方法について検討を行う。

最後に、消防庁予防課の「ハロン抑制対策委員会」による大規模模型室火災の消火実験の結果を参考に、望ましい消火性能評価方法について考察する。

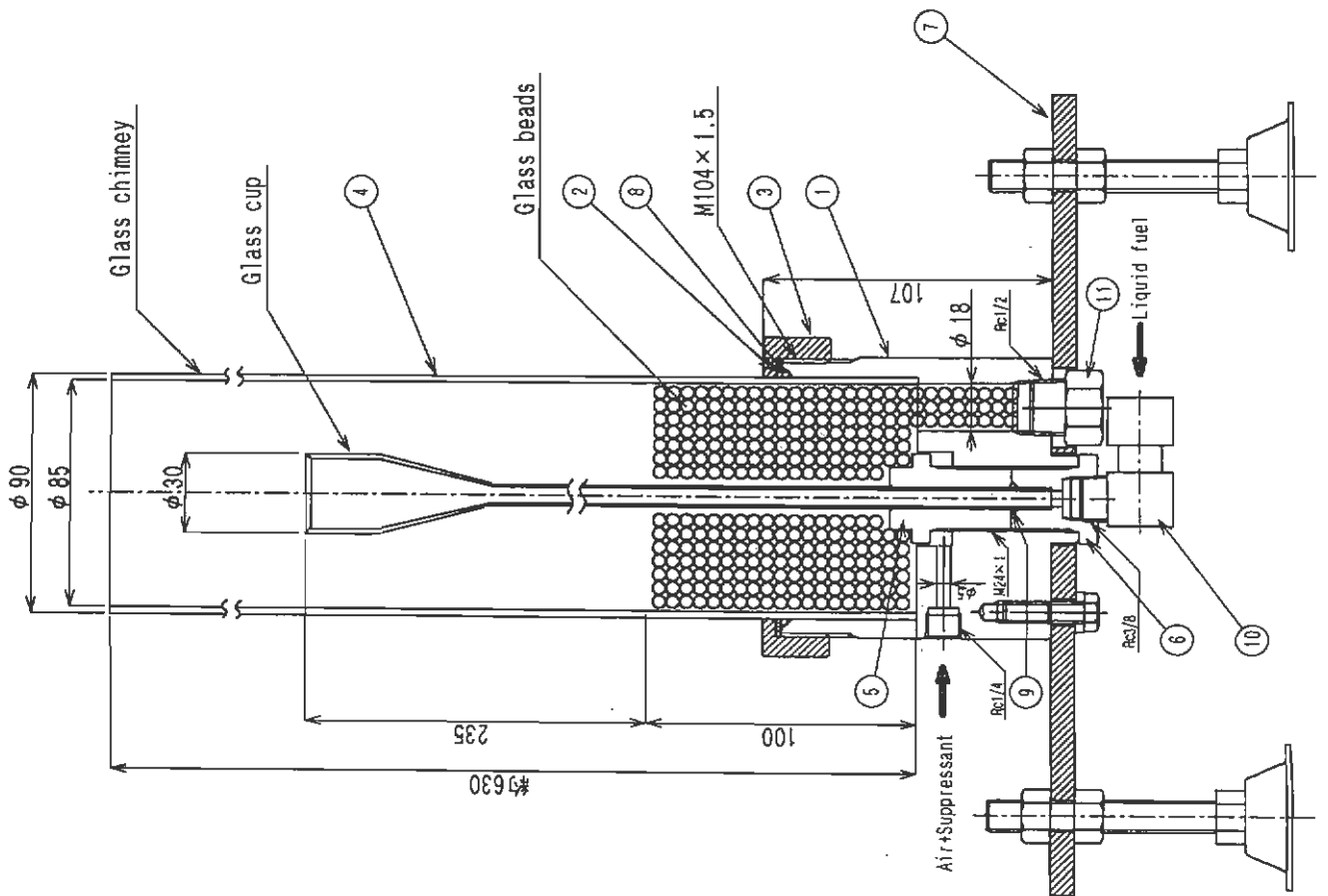
(1) 消炎濃度

(a) カップバーナーによる消炎濃度

委員会は、構造が複雑で作製の困難なガラス製カップを使用するISO 6183¹⁴⁾に規定されているカップバーナー装置のガラスカップに代えて、寸法等はほぼ同じであるが単純な形のカップを用いたFR I ガラスカップバーナーを作製した。FR I ガラスカップバーナーの詳細を図3に示す。

このカップバーナー装置で、n-ヘプタン及びエタノールに対するハロン1301、ハロゲン化合物新消火剤3種類、及び不活性ガス新消火剤2種類の消炎濃度を測定した。得られた結果を表5に示した。この表には、参考として、新消火剤の消炎濃度のハロン1301消炎濃度に対する倍率も併せて示した。また、いくつかの消火剤につき、国連環境計画（UNEP）の委員会報告書²³⁾のデータと比較した。

用いた全ての新消火剤の消炎濃度はハロン1301よりも大きく、新消火剤の消火性能はハロン消火剤に比べて低いことが分かる。なお、消炎濃度測定方法等の詳細は、巻末に



No.	Parts Name	Material	QTY	Description
1	Main body	SUS304	1	
2	O ring stopper	SUS304	1	
3	Nuts	SUS304	1	
4	Glass chimney	Pyrex Glass	1	
5	Guide bush	SUS304	1	
6	Burner stopper	SUS304	1	
7	Support stand	SUS304	1	
8	O ring	Fluorine rubber	1	4D G104
9	O ring	Fluorine rubber	1	4D P8
10	Main elbow	PTFE	1	Type ME10-3, =F7X
11	Stopper plug	PTFE	1	Type PG-3, =F7X

図3(a) F R I ガラスカップバーナー

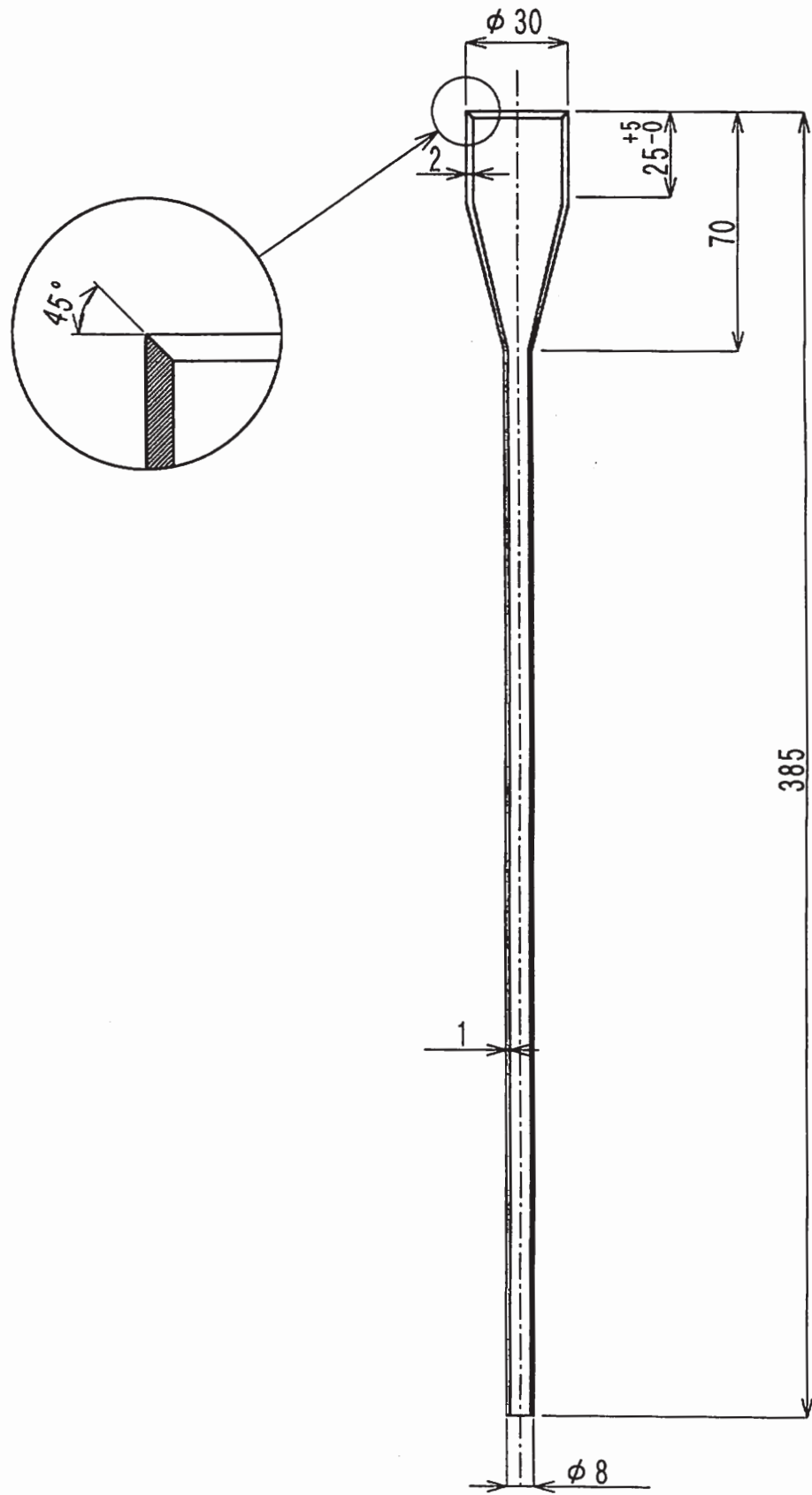


図 3 (b) ガラスカップ部分詳細

表5 種々の消火剤のn-ヘプタン、エタノールに対する消炎濃度

燃 料	消火剤	消炎濃度 (%)		消炎濃度比 (対ハロン)
		消防研究所	UNEP	
n-ヘプタン	ハロン1301	3.4	2.9-3.9	1.0
	HFC-23	12.4	12-13	3.6
	HFC-227ea	6.4	5.8-6.6	1.9
	FC-3-1-10	5.2	5.0-5.9	1.5
	IG541	35.6	29.1	10.5
	IG55	37.8	30	11.1
	IG01	43.3	30	12.7
	窒素	33.6	---	9.9
エタノール	ハロン1301	4.1	---	1.0
	HFC-23	16.0	---	3.9
	HFC-227ea	8.2	---	2.0
	FC-3-1-10	6.9	---	1.7
	IG541	38.7*	---	9.4
	IG55	41.5*	---	10.1
	IG01	47.6	---	11.6
	窒素	36.8	---	9.0

*は、窒素、炭酸ガス、アルゴンの消炎濃度からの計算値

添付した資料1及び資料5を参照されたい。

(b) 消炎濃度の再現性

カップバーナー消炎濃度は、バーナー各部の寸法や空気流量などの測定条件によって変化することが知られている^{4, 5, 24)}。NFPA 2001²⁾に掲載されているn-ヘプタン火炎に対するハロン1301の消炎濃度は、表6に示したように測定者によって大きく異なり、データ間に30%程度の違いが認められる。この原因の一つは、カップバーナー装置の寸法が異なっているためと考えられる。

新消火剤の消火性能はハロン1301に比較し低いいため、設計濃度はハロン消火剤の場合に比べて大きくなる。しかし、消火剤の毒性などを考慮すると、NOAEL（無毒性濃度）以上に大きい設計濃度の採用は避けられるべきである²⁵⁾。このような理由により、新消火剤の設計濃度を求める際の安全率は、ハロン1301の場合の約150%に比べて低く設定される可能性は十分にある。ちなみに、NFPA 2001規格²⁾では安全率は消炎濃度の120%とされている。したがって、設計濃度の基準として利用し得るカップバーナー消炎濃度は、測定機関、測定者によらない十分な再現性をもって測定されることが、消火設備の信頼性を高めるために必要である。

委員会は、3組のFRIガラスカップバーナー装置を用いて、消炎濃度に与える設置ドラフト、装置、バーナーカップ形状、及び測定者の影響について検討を行った。ただし、空気流量を毎分40リットル、測定室温度を25℃（一定）の条件とした。その結果、装置寸法を同一にし、燃料温度、空気流量、及び予燃時間の測定条件を一定に保てば、消炎濃度は、使用したドラフト、装置、及び測定者によらず、測定値の3%の標準誤差で一致させることが可能で、十分な再現性を持っていることが確かめられた²⁵⁾。これらの検討に関する詳細を資料2として巻末に添付した。

(c) 金属カップバーナーによる消炎濃度

ガラスカップの加工は手作業となるため様な加工精度を期待し難く、また、ガラスは、フッ素を分子内に含む消火剤の消炎濃度を測定する際に発生するフッ化水素ガスにより腐食される。本委員会は、カップバーナー装置が広範に利用される場合を想定し、ガラス加工技術がなくても寸法精度良く製作できる、図4に示す黄銅製のカップを試作し、このカップバーナーによる消炎濃度の測定を試みた。金属製カップに用いた黄銅の化学成分は、概ね、銅60%、亜鉛40%のものである。

燃料液温を25℃に設定した金属カップバーナーで各種消火剤の消炎濃度を測定し、ガラスカップに代えて金属カップを使用した場合の影響を調べた。その結果、引火点が20℃以下の可燃性液体に対しては、消炎濃度は、表7及び図5に示すよう求められ、ガラスカップを使用した場合と良く一致したデータを得ることができた²⁵⁾。

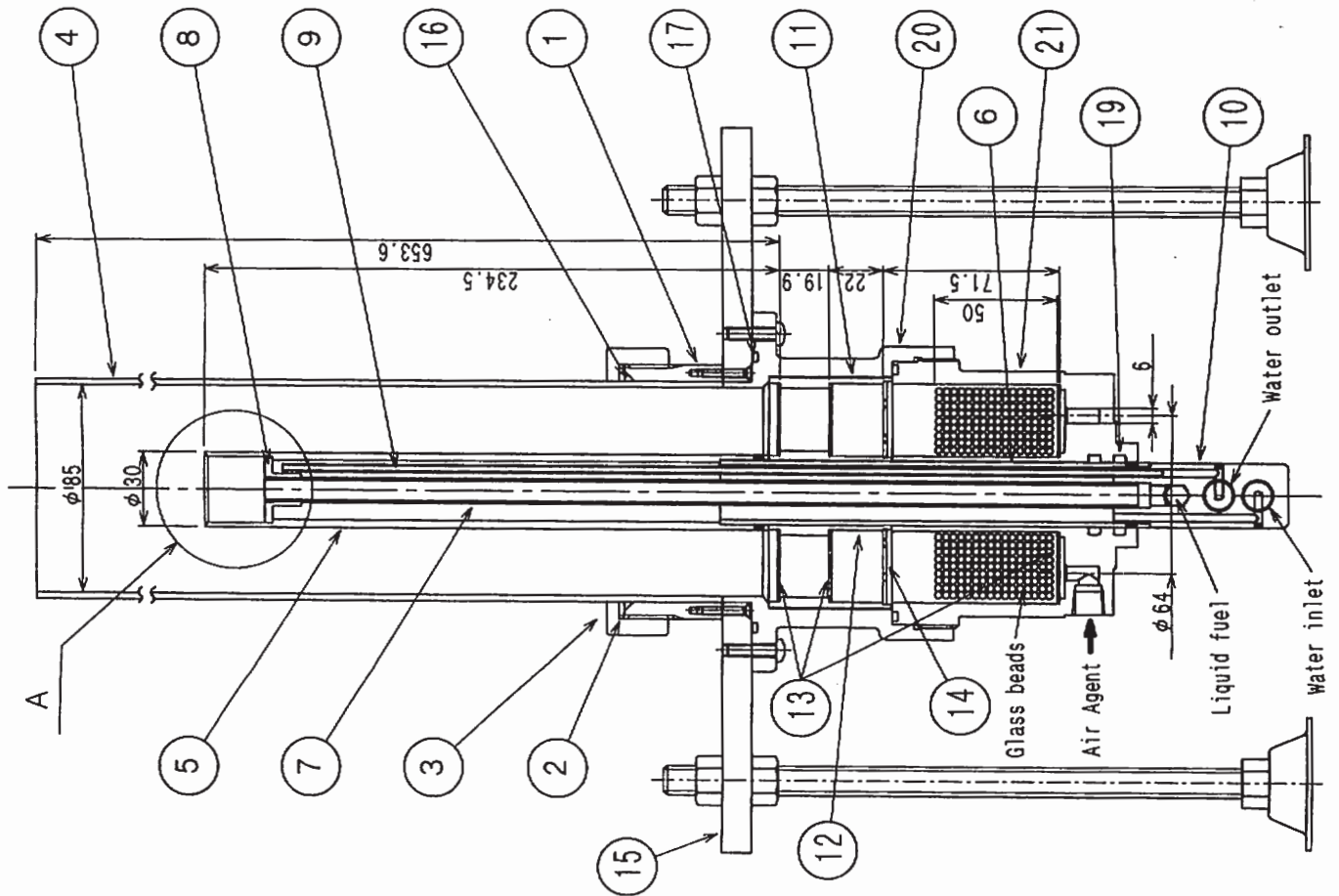
表6 消火剤のヘプタン火炎に対する消炎濃度

測定 機関	消 火 剤									
	FC- 3-1-10	HFC- 124	HFC- 227ea	HFC- 22B1	HBFC- 23	HFC- 125	HFC- 125	HFC- 125	IG- 541	ハロン 1301
NRL	5.2	-	6.6	4.1	12	9	9	-	-	3.1
3M	5.9	-	-	-	-	-	-	-	-	3.9
NMERI	5	-	6.3	4.4	12.6	9.4	9.4	-	-	2.9
Fenwal	5.5	6.4	5.8	3.9	12	8.1	8.1	-	-	3
GLCC	-	-	5.9	3.9	12.7	-	-	-	-	3.5
Ansul	-	-	-	-	-	-	-	29.1	-	-

NRL - Naval Research Laboratory

NMERI - New Mexico Engineering Research Institute

GLCC - Great Lakes Chemical Company



No.	Parts Name	Material	QTY	Description
1	Support housing	SUS303	1	
2	O ring stopper	SUS304	1	
3	Nuts	SUS303	1	
4	Glass chimney	Pyrex glass	1	L=630
5	Burner top	C2700T-H	1	D30, t3.0
6	Joint burner	C2700T-H	1	D28, t3.0
7	Fuel pipe	C1220P-H	1	D10, t1.0
8	Burner bottom	C3604BD-F	1	
9	Drain pipe	SUS304 or SUS301TBS	1	D3.0, t0.5
10	Water adapter	SUS304	1	
11	Frame rectifier	SUS304TP	1	Sch80, 90A
12	Core rectifier	SUS304TP	1	Sch80, 25A
13	Screen	SUS304WP	3	平線 60mesh
14	Punching metal	SUS304 t1.5	1	$\phi 3, P=4.60$ 千鳥 (開口率50%以上)
15	Support stand	SUS304	1	
16	O ring	Fluorine rubber	1	390
17	O ring	Fluorine rubber	1	I種 A G110
18	O ring	Fluorine rubber	1	I種 A G100
19	O ring	Fluorine rubber	2	I種 A P26
20	Joint housing	SUS304	1	
21	Base holder	SUS304	1	

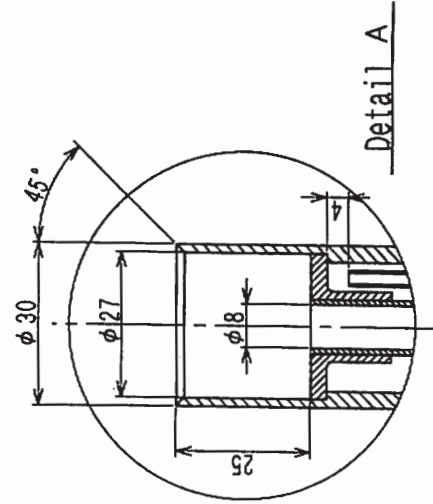


図4 FRI金属カップバーナー

表7 ガラスカップバーナーと金属カップバーナーの消炎濃度

消火剤	燃料	バーナー			
		金属カップ		ガラスカップ	
		C _M (%)	標準偏差	C _G (%)	標準偏差
ハロン1301		3.5	0.08	3.4	0.10
HFC-23		12.7	0.08	12.9	0.03
HFC-227ea	n-ヘプタン	6.5	0.07	6.6	0.12
FC-3-1-10		5.5	0.09	5.3	0.08
窒素		33.0	0.03	33.6	0.28
炭酸ガス		22.8	0.18	21.8	0.30
ハロン1301	エタノール	4.2	0.01	4.3	0.07

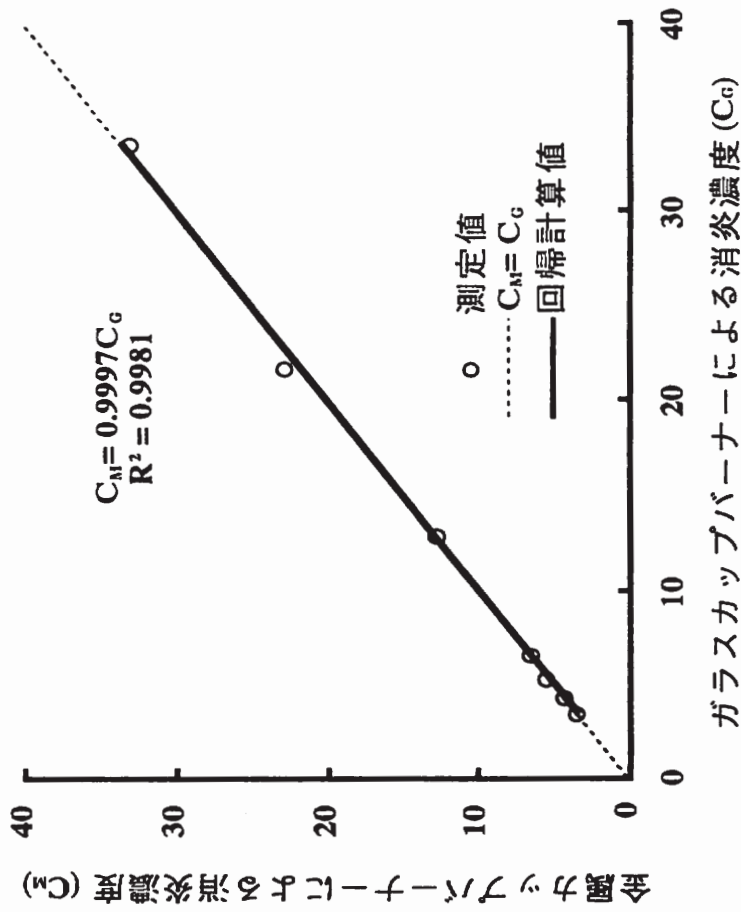


図5 ガラスカップバーナーと金属バーナーとの消炎濃度比較

ハロン代替物質の毒性評価に関する研究 委員会報告書

(平成6年度 最終報告)

(平成7年9月)

自治省消防庁消防研究所

ハロン代替物質の毒性評価に関する研究委員会

名 簿

(1) 委員会

委員長	上原陽一	横浜国立大学工学部物質工学科教授
委員長代理	平野敏右	東京大学工学部化学システム工学科教授
委員	西村正雄	東京歯科大学名誉教授
委員	櫻井治彦	慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教授
委員	大谷英雄	横浜国立大学工学部物質工学科助教授
委員	関沢 純	国立衛生試験所化学物質情報部情報第一室長
委員	大野博見	自治省消防庁予防課長
委員	小林弘明	前自治省消防庁予防課長
委員	斎藤 直	消防研究所第二研究部消火第二研究室長
オブザーバー	鈴木和男	自治省消防庁予防課設備専門官
オブザーバー	木原正則	前自治省消防庁予防課理事官

(2) 事務局

消防研究所第二研究部消火第二研究室

斎藤 直
佐宗祐子
尾川義雄

(3) 共同研究機関

横浜国立大学工学部物質工学科（安全工学）上原・大谷研究室

慶應義塾大学医学部衛生学公衆衛生学教室 櫻井研究室

2 ハロン代替の新消火剤開発の現状と動向

ハロン消火剤は消火剤として優れた特質を持つため、わが国ではハロン消火剤の消火設備は、通信機器室、発電機室などの電気通信関係施設、駐車場、危険物施設などに主として利用されてきた。これら施設の消火設備をハロン消火剤以外の、たとえば二酸化炭素などの消火設備で代替できる施設もある。しかし、ライフライン等公共性の高い施設で安全性が極めて重視され、かつ、消火薬剤の設置場所の確保等の問題がある場合、また、文化財や博物館、美術館等の場合で、二酸化炭素や水系消火設備では作動時の在館者の窒息事故、消火による文化財の損傷等の問題が懸念される場合など、ハロン消火剤のような特性を持つ代替の新消火剤の使用が不可欠となることがある。

ハロン代替の新消火剤の開発は各方面で進められている。オゾン破壊係数（ODP）が0で、全域放出型消火設備に使用可能なハロン代替の新消火剤として表3に示すものが商品化されている。

表3 商品化されているハロン代替の新消火剤

	呼 称	メーカ ー	商 品 名
ハロゲン化合物	FC-3-1-10	3M	CEA-410
	HFC-227ea	GLCC	FM-200
	HFC-23	DuPont	FE-13
非ハロゲン物質	IG-541	Ansul	Inergen

ハロン代替の新消火剤を利用した消火装置の設置基準として、米国においてはNFPA（米国防火協会）2001委員会において”クリーンエイジェント”による消火設備の技術基準NFPA2001が既に定められている。NFPA2001（1994年版）に掲載されているハロン代替候補物質の中、ハロゲン化合物であるものを表4に示す。

表4 新ハロン消火剤の開発状況

呼称 ハロン番号 商品名	新消火剤の種類										参考	
	HFC-125 ハロン25 FE-25	HFC-23 ハロン13 FE-13	HFC-227ea ハロン37 FM-200	HBFC-22B1 ハロン1201 FM-100	FC3-1-10 ハロン410 CEA-410	HCFC-124 ハロン241	HCFC Blend A	BFC-1301 ハロン1301	炭酸ガス			
分子式	CHF2CF3	CHF3	CF3CHF2CF3	CHF2Br	C4F10	CHClFCF3	*1	CF3Br	CO2			
分子量	120	70	170	131	238	137	93	149	44			
ODP(*2)	0	0	0	0.6	0	0.02	0.04	10	0			
沸点 ℃	-48	-82	-16	-15	-2	-11	-38	-58	-79			
臨界温度 ℃	66	26	102	139	113	122	124	67	31			
蒸気圧(*3) bar	13	45	4.5	4	3.3	3.8	9.5	16	66.5			
消炎濃度 %	8.1	12.4*	6.4*	3.9	5.2*	6.4	--	3.4*	22.0*			
毒性(*4) %	>70	>65	>80	10.8	>80	23-29	29	>80	<10			
開発メーカー	デュポン	デュポン	クレドレックス ケミカル	クレドレックス ケミカル	3M	デュポン	ノースアメリカンファイア ガード・インテクトロジ-	--	--			
現在の状況	--	--	--	1996年廃止	--	2020年廃止	2020年廃止	廃止	--			
今後の予定	--	--	--	--	--	2020年廃止	2020年廃止	廃止	--			

注* : 消防研究所 I SO タイプアップバーナーによる測定値、他はFenwalのデータ。全て、n-ヘプタン火炎に対する消炎濃度

*1 : HCFC-123(4.75%)、HCFC-22(82%)、HCFC-124(9.5%)、イソプロピル-1-メチルエーテル(3.75%)の混合物

*2 : オゾン破壊係数 (フロン12のODP = 1.0)

*3 : 25℃における蒸気圧

*4 : ラット、4時間でのLC50またはALC(%)

3 ハロン代替候補物質の性能評価と新消火剤の採用

3.1 大気環境への影響

ウィーン条約及びモントリオール議定書の円滑な実施を図るための国内法として、1988年5月に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」が公布された。この法律の中で、特定物質がオゾン層を破壊する能力は、オゾン破壊係数（ODP）で示されている。このODP値が、新消火剤の採用に当たりオゾン層に対する環境安全性を考慮する上での指標となる。ハロン1301は、一般的に認められているODP値が1.0、国連環境計画の報告書（資料7）に掲載されているODP値は1.6であり、オゾン層破壊能力の最も高い特定物質である。現在検討されているハロン代替候補物質のODP値を、表4にまとめた。表中、ODP値が0以外の物質は全て、第4回モントリオール議定書締約国会合において、廃止の方向で合意されている。

ハロン代替物質について考慮されるべき大気環境への他の影響は、地球温暖化への寄与である。化学物質の地球温暖化に対する寄与の度合いは、大気中における寿命およびこれに関係するGWP値で評価される。国連環境計画の報告書（資料7）に、ハロン代替候補物質の大気中での寿命とGWP値が掲載されている。同報告書によれば、ODP値が0のハロゲン化合物においても大気中での寿命は長く、GWP値の大きさは無視できない。このため、いくつかの国では既に、ハロゲン化合物の使用が制限もしくは禁止されている。特に分子内に水素を含まないペルフルオロカーボン（PFC）は、大気中にむやみに放出すべきではないことを同報告書も忠告している。

3.2 国内法規との関連

新規化学物質の製造または輸入に際し、「難分解性の性状を有し、かつ、人の健康を損なうおそれがある化学物質による環境の汚染を防止するため、新規の化学物質の製造または輸入に際し事前にその化学物質が難分解性等の性状を有するかどうかを審査する制度を設けるとともに、その有する性状等に応じ、化学物質の製造、輸入、使用等について必要な規制を行うことを目的」とした「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下、化審法）」（昭和48年）が公布されている。化審法の規定に基づき、新規化学物質に対して、微生物等による分解度試験、生体内における濃縮度試験、慢性毒性試験、生殖能及び後世代に及ぼす影響に関する試験、催奇形性試験、変異原性試験、がん原性試験、生体内運命に関する試験及び薬理的試験が必要となる。

ハロン代替候補物質において、それが新規化学物質であるなら、化審法に基づく試験成績が求められるので、その結果が消火剤としての利用の適否の重要な判断材料となる。また、既存物質についても化審法の各種試験に関するデータが収集されている必要があり、これらがやはり消火剤としての利用の適否の重要な判断材料となる。

3.3 消火性能と設計濃度

ガス系消火剤の消火性能は、一般に、*n*-ヘプタンに対する消炎濃度で評価される。前掲の表4中に、ハロン1301及びハロン代替候補物質の消炎濃度を示した。現在のところ、ハロン1301に匹敵する消火性能を有するODP値が0の代替候補物質は開発されていない。

ガス系消火剤を用いた消火設備・機器の設計濃度は、消炎濃度に妥当な安全率を乗じて算出される。ハロン代替物質を用いた消火設備の設計濃度は、ハロン1301の設計濃度に比べ高くなる。ハロン代替候補物質の設計濃度が、その物質に対して毒性安全上許容される最高濃度より高くなるような場合、その物質は代替消火剤として使用されるべきではない。新消火剤の採用に当たって、候補物質の消火性能と毒性を切り離して考えることはできない。

等の事実が理解できる。

しかしながら、消火設備の作動に関する公表または提供された情報はきわめて少なく、消火後の実際の分解ガス毒性を議論するに十分な資料の収集はできていない。この種の情報を所持している機関からの情報提供が望まれると共に、今後消防機関などによる情報の意識的収集が望まれる。

(7) 新ハロン消火剤の評価されるべき毒性

前節の事実関係から、評価すべき毒性項目について以下の方向が示唆される。

- (a) 人が消火剤に接触する機会は、誤放出事故による場合の可能性がもっとも高い。したがって、消火剤濃度が設計濃度にある環境下での急性吸入毒性の評価は、安全確保上の毒性に関する基本的な情報となる。
- (b) ハロン消火剤の貯蔵容器の不良による漏れ事故率は小さい。また、容器は建物内の特別な場所に隔離され保管されている。したがって、平常時に一般人が消火剤に触れる機会は非常に少ないと考えられ、長期にわたり低濃度の消火剤に接触した場合の毒性に関する詳細な調査研究の必要性は、前記(a)に比較し小さいと考えられる。
- (c) 分解ガスの毒性は、消火剤の毒性より大きいことは明らかである。しかし、現行のハロン消火設備に関する技術基準は、消火時の火災区画には人がいないことを原則としている。また、消火後に消防隊員がこの区画に入るのは十分に排気された後である。したがって、避難することにより火災区画が無人となったことを確認した後、手動により消火装置を作動させるという現行基準が踏襲されるなら、分解ガスの毒性は候補物質の採否を決定するための決定的要件とはし難い。
- (d) ハロン代替の消火剤候補物質の消火性能はハロン消火剤に劣るため、消火のために必要な消火剤量はより多くなると予想される。現行のハロン消火設備でも区画火災の消火に失敗した場合には、分解ガスは多量に発生することになる。それゆえ、高濃度の分解ガスに暴露されることが皆無とはいえず、可能なシナリオを検討しておくことが将来に渡って必要である。
- (e) 毒性評価に際しては、消火剤と分解生成物についての入手可能な情報をできる限り入手し、整理、評価しておく必要がある。分解生成物については、火災、消火の条件とのおおよその関連付けがされていることが望ましい。
- (f) ハロン1301を基準に相対評価した分解ガスの毒性は、消火剤として使用した場合の安全に関するユーザーへの情報として提供されるべきである。また、現段階で未知の毒性危険に関し、長期に渡って調査され、毒性情報の充実が図られることも重要である。

4. 2 毒性試験と毒性データ

(1) 諸外国における毒性試験

(a) P A F T (Programme for Alternative Fluorocarbon Toxicity Testing)

開発中の代替フロンの毒性に関し、P A F Tの活動が知られている。P A F Tは、9カ国、15の代表的フロン製造会社が出資しあい、ヨーロッパ、日本、米国の12以上の試験機関が協力し、代替フロン候補物質の毒性試験を実施している。現在までに取り上げられた8種類の代替フロン物質候補は、表11に示されている。この中には、ハロン代替物質候補となっているものもある。P A F Tは、これらの物質の急性、亜慢性、発育、慢性などの毒性試験や、発ガン性試験、遺伝毒性試験及び環境毒性試験を行っている。P A F Tのこれらの活動は、ヨーロッパ諸国、日本、米国の各国政府に認知されている。

表11 P A F Tの計画に含まれる代替フロン候補物質

種類	分子式
HFC32	CH_2F_2
HFC125 (*)	CHF_2CF_3
HFC134a	CH_2FCF_3
HCFC123 (*)	CHCl_2CF_3
HCFC124 (*)	CHClFCF_3
HCFC141b	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$
HCFC225ca	$\text{CHCl}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$
HCFC225cb	$\text{CHClFCF}_2\text{CClF}_2$

注(*) ハロン代替候補物質

(b) S N A P (Significant New Alternatives Policy) プログラム

E P A (Environmental Protection Agency) (米国環境保護局) は S N A P プログラムにより、フロン・ハロン代替候補の化学物質に関してオゾン破壊、地球温暖化、健康被害等の可能性の評価を行い、結果を S N A P リストとして公表している。

(c) N F P A (National Fire Protection Association)

N F P A (米国防火協会) 2001委員会において検討・決定された、1994年版の”クリーンエイジェント”による消火設備の技術基準に、ハロン代替候補物質の毒性に関する情報が記載されている。この情報は、(b)の S N A P リストに基づいている。

(2) 既存毒性データの利用

ハロン代替物質の毒性に関し、前掲の資料(a)～(c)の外に利用できる膨大な情報源がある(資料3)。ここでは以下のものを特に掲げる。

(a) 米国労働安全衛生研究所

NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health)監修のデータベースのRTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances)

(b) 世界保健機関

これまでに発行されているEHC(Environmental Health Criteria)の中、ハロン代替物質に関連するものとして以下がある。(資料6)

EHC 113 Fully Halogenated Chlorofluorocarbons

EHC 126 Partially Halogenated Chlorofluorocarbons (Methane derivatives)

EHC 139 Partially Halogenated Chlorofluorocarbons (Ethane derivatives)

(c) 化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)関係データ

変異原性試験までの試験データ

(d) 消火剤メーカーのデータ

(e) 内藤裕史、「防水スプレーのフッ素樹脂熱分解生成物による中毒」、日本医事新報、No.3647, p.48 (平成6.3.19)

(3) 新消火剤の毒性評価

ハロン代替の新消火剤の毒性評価は、消火剤としての特質から評価されなければならない項目を明らかにした上で、信用のおける機関の公表データを最大限利用し行うのがよい。本委員会で検討対象とした毒性は、消防法第17条防火対象物に関する全域放出型消火設備の設計濃度を決定するために必要な毒性に限定した。

新消火剤の毒性評価にあたっての基本的な考え方を、以下に述べる。

(a) 毒性安全上の基本として、ハロン代替の新消火剤候補物質は、新規物質、既存物質であるかを問わず、化審法に基づく試験結果を備えている必要がある。その結果が消火剤としての利用の適否の重要な判断材料となる。

(b) 新消火剤の毒性については、さらに信頼できる機関によるラットの50%致死濃度 LC_{50} (1時間又は4時間)、および急性曝露におけるNOAEL(無毒性濃度)で評価する。また、LOAEL(最小毒性濃度)、その他できるだけ多くの毒性データが提示されることが望ましい。これらの毒性データは、国内外を問わず信頼できる機関のデータとする。

(c) ハロゲン化合物消火剤を用いる消火設備の設計濃度を定める際に考慮すべき毒性危険は、消火剤自身の毒性ならびに消火剤の放出にともなう酸素濃度の低下による窒息危険である。従って、ハロゲン化合物消火剤を用いる消火設備の設計濃度は、消火剤の急性曝露におけるNOAELもしくは24%（空気中の酸素濃度を16%以下にしない消火剤濃度）のいずれか低い方の濃度を越えてはならないものとする。参考のため図1に、消火剤の放出濃度と酸素濃度の関係を、人体への影響の有無と共に示した。

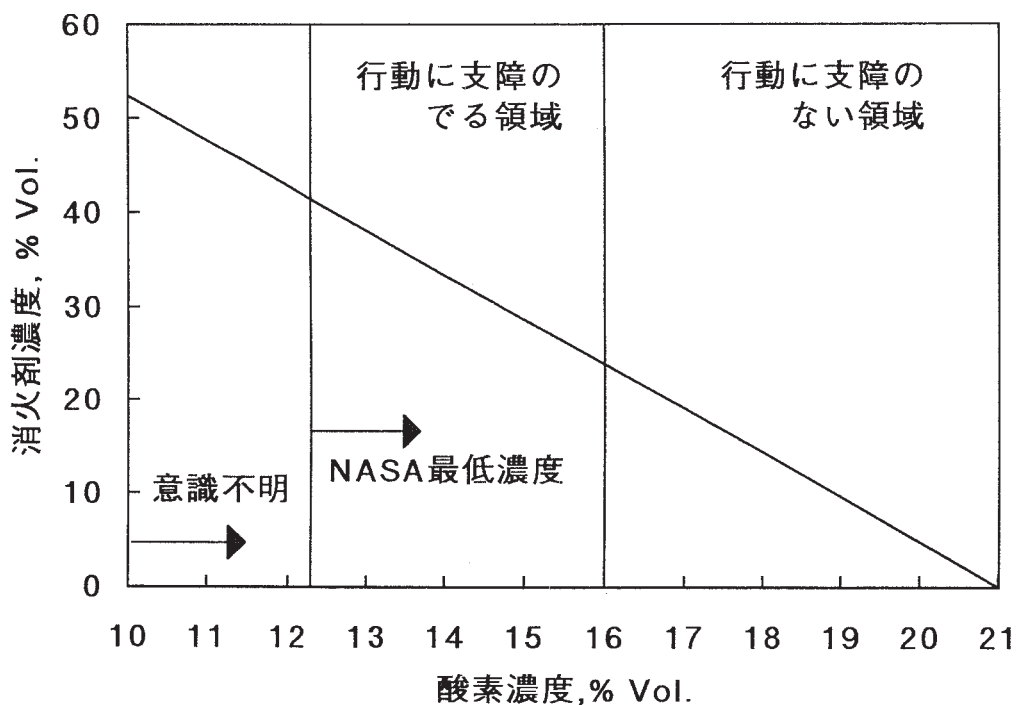


図1 消火剤の放出濃度と酸素濃度の関係

DuPont News, Vol.1, No.2 (1992)より

(4) 分解ガスの毒性評価

新ハロン消火剤としてハロン代替候補物質が製品化される場合、製品に関する正しい安全知識を利用者等へ提供することは重要である。したがって、新ハロン消火剤から生成する分解ガスの毒性危険に関する情報についても、利用者等へ提供されなければならない。

新ハロン消火剤候補物質から生成する分解ガスの毒性が消火剤自身の毒性と比較し大きくなることは、ハロンの場合と同様に明らかである。候補物質のうち、フッ素と炭素を含んでいる物質の火災条件下での分解生成物として、毒性の大きいフッ化水素（資料2）及びフッ化カルボニルが考えられる。さらに塩素を含んでいる場合には、塩化水素、塩化カルボニル（ホスゲン）が追加される。

新ハロン候補物質の分解ガス毒性に関しては、ハロン1301の場合との相対比較で危険情報が提供されるべきである。分解ガスの毒性危険に関する情報の一例として、図2に示した模型火災消火実験において発生したフッ化水素の濃度を図3に示した。新ハロン候補物質から生成するフッ化水素の量は、いずれも消火に要した時間に比例して多くなり、ハロン1301の場合の約6～8倍に達している。

分解ガスについて評価されるべき毒性は、当面、急性吸入毒性が主要なものと考えられる。新ハロン候補物質から生成する分解ガスの組成を実験的に求め、その結果に従い合成ガスを調製し、動物実験によって急性吸入毒性を評価するのが望ましい。同時に、典型的な火災・消火シナリオに基づき発生する分解ガスの特性を検討し、これを模擬し得る分解ガス発生装置を用いて動物実験を行うことにより、検出及び定量が困難な成分を含む分解ガス総体の毒性についての知見が得られるなら、火災消火時の毒性を推定する上で大いに参考となる。さらに既知の毒性危険に加え、フッ素を含む化合物の分解ガスによる中毒事故例等の集積により、新たな毒性についても情報の収集を図り、検討していくことが大切である。このような毒性危険の一例として、防水スプレーの熱分解生成物による中毒事故例がある³⁾。

分解ガスの毒性は安全上の重要な要件の一つであるにもかかわらず、新ハロン消火剤から生成する分解ガスの毒性危険に関する情報は非常に少ない。このため、消火後の分解ガス毒性を新消火剤の採否の参考資料とすることは現時点では困難である。しかしながら、新ハロン消火剤から生成する分解ガスの毒性はハロン1301の場合に比べて大きいことは明らかである。このような背景から、分解ガス毒性に関し以下の基本的な考え方が導かれる。

- (a) ハロゲン化合物消火剤の分解ガス毒性はハロン1301の場合に比べて大きいため、毒性の面からは、これら消火剤を用いる消火設備の放出時間はハロン消火剤を用いた消火設備の基準における放出時間以内とする必要がある。
- (b) 分解ガス毒性は安全上重要な要件となるため、今後各種の機関、方法による火災・消火のシナリオと分解ガス毒性に関する情報の収集と研究の必要がある。

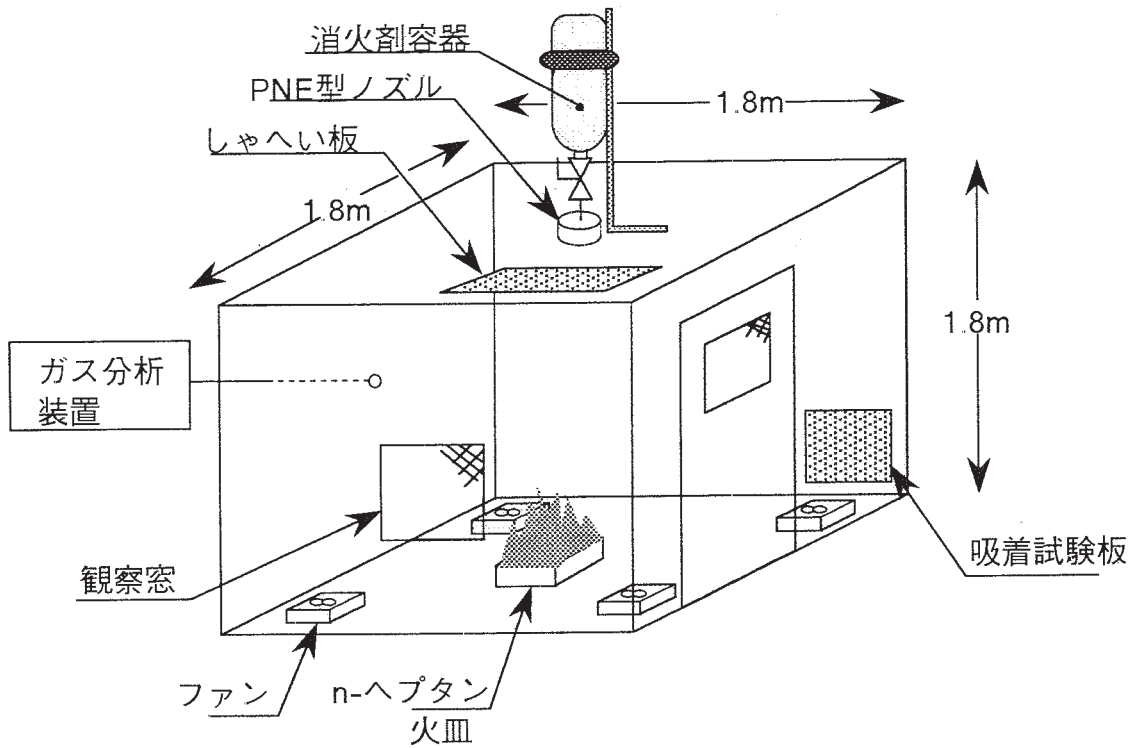


図2 模型火災消火実験²⁾

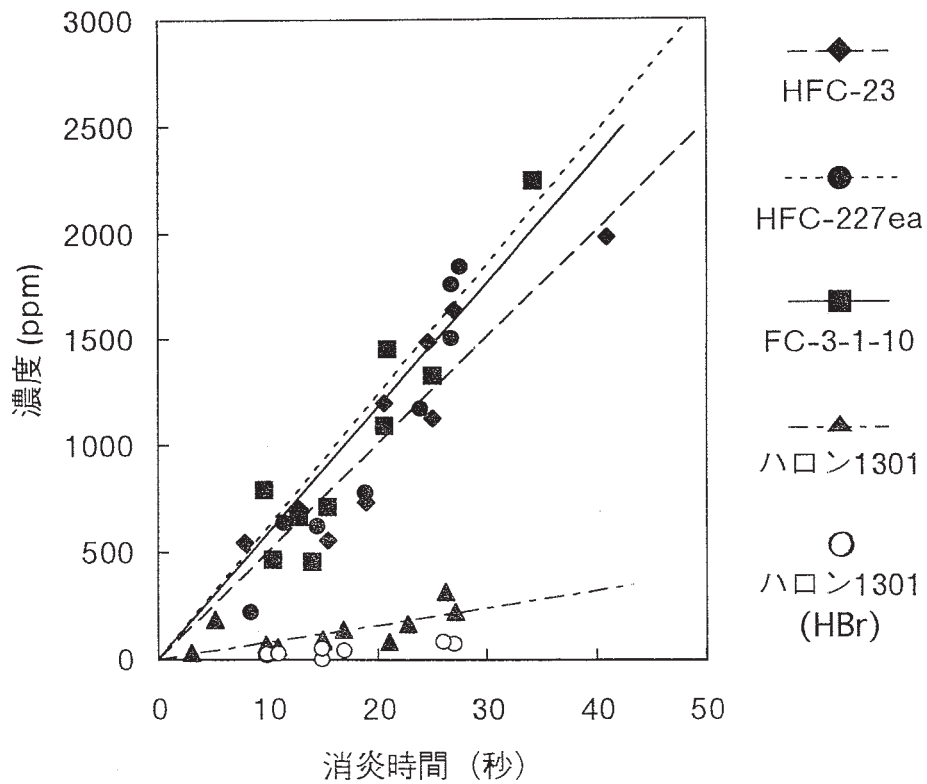


図3 ハロン1301及び新消火剤による
消火30秒後のフッ化水素濃度²⁾

4. 3 化学平衡計算によるハロン代替物質の熱分解ガスの予測

フッ素と炭素から成り、それに水素を含むか含まないハロン代替候補物質（HFCまたはFC）3種類と、従来のハロン1301について、計算により熱分解ガス組成を予測した。計算結果は表12に示したとおりである。本計算は燃料を含んでおらず、また化学平衡が成り立つと仮定した場合の熱分解ガス組成を求めたものであり、この結果を火災消火時にそのまま適用することはできない。しかし、従来のハロンおよびハロン代替候補物質から生成する熱分解ガス組成の傾向を予測するのに、表12の結果は有用である。

計算結果によれば、ハロン代替物質の主な熱分解生成物は、フッ化カルボニルおよびフッ化水素であり、フッ素はほとんど生成しない。また、水蒸気の存在により、平衡はフッ化カルボニルからフッ化水素の方へ移動する。

4. 4 ハロン代替物質の熱分解性状に関する実験的研究

ハロン代替物質の熱分解性状を調べるため、横浜国立大学工学部 上原教授の指導の下に熱分解実験を実施し、分解率の測定、熱分解生成物の同定およびフッ素イオン濃度の測定を行った。

熱分解実験は、流通法と静置法の2種類の方法で行った。ハロン1301とハロン代替候補物質の1つであるHFC-227eaについて、流通法で測定された分解率を比較すると、HFC-227eaの方が分解しやすいことがわかった。一方、静置法で測定されたハロン代替候補物質3種類の分解率は、いずれもハロン1301の分解率より低く、流通法の場合と逆の結果となった。GC/MS（ガスクロマトグラフ/質量分析計）による分析の結果、ハロン代替候補物質を500°C付近で熱分解させると多くの有機フッ素化合物が確認され、さらに高温になるとそれらも分解され無機物になることが明らかとなった。HFC-227eaを熱分解させた場合にはCO₂、C₂F₆、C₃F₆、C₃F₈等が、FC-3-1-10からはCO₂、C₂F₆、C₃F₈が、またHFC-23からはCO₂のみが主な分解生成物であった。さらに、フッ素イオン濃度の測定から、無機フッ素化合物の発生量は本実験条件下ではHFC-23>HFC-227ea>FC-3-1-10の順に少なくなることがわかった。実験結果の詳細を、資料1に掲載した。

表 1 2 化学平衡計算による熱分解平衡組成

(単位：%)

(1) ハロン1301		3.4%			
H ₂ O	0%	5%	10%	15%	
フッ化水素	0.0	9.4	9.6	9.6	
フッ化カルボニル	1.2	0.1	0.0	0.0	
臭素 ※	1.7	1.6	1.5	1.4	
臭化水素	0.0	0.0	0.3	0.4	
CF ₄	1.9	0.0	0.0	0.0	

(2) HFC-23		12.4%			
H ₂ O	0%	5%	10%	15%	
フッ化水素	11.7	20.1	27.9	31.4	
フッ化カルボニル	5.5	4.4	1.8	0.0	
CF ₄	3.1	1.1	0.1	0.0	

(3) HFC-227ea		6.4%			
H ₂ O	0%	5%	10%	15%	
フッ化水素	5.8	14.3	22.1	29.2	
フッ化カルボニル	8.2	7.4	5.6	2.9	
CF ₄	4.6	2.5	1.0	0.2	

(4) FC-3-1-10		5.2%			
H ₂ O	0%	5%	10%	15%	
フッ化水素	0.0	8.9	17.0	24.4	
フッ化カルボニル	8.5	8.7	7.9	6.3	
CF ₄	7.8	5.0	2.8	1.3	

条件： 1000°C 1 atm

- ・ 消火剤と空気とH₂Oを合わせて100%としたものを原系とし計算した。
- ・ 消火剤濃度は、n-heptaneに対するカップバーナー法の消炎濃度とした。
- ・ 空気の組成は N₂ 79%、O₂ 21%とした。
- ・ 考慮した生成物：H, H₂, OH, H₂O, O, O₂, N, N₂, C(g), CO, CO₂, F, F₂, HF, F₂CO, CF₄, NO, CF₃,
C₂F₆, Br, Br₂, HBr ※Br₂(%)には、Br(%)を含む。(Br₂=Br/2+Br₂)

4. 5 ハロン代替物質熱分解生成物の動物実験による毒性評価

ハロン代替物質から生成する分解ガスの毒性危険に関する情報は、安全上重要であるにもかかわらず、消火後の分解ガス毒性に関する情報は現在のところ非常に少ない。ハロン代替物質分解ガス発生装置を用いて分解ガスを発生させ、これを実験動物に曝露することにより、検出及び定量が困難な成分を含む分解ガス総体の毒性を評価することができ、火災消火時の毒性を推定するための重要な資料を得ることができると考えられる。

資料 1 に、消防研究所において設計・試作したハロン代替物質分解装置の仕様を掲げた。この分解装置は、水素ガス発生装置、空気及びハロン代替物質供給部、燃焼ユニット及び制御ユニットから構成されており、水素/空気拡散火炎を用いてハロン代替物質を分解することにより、長時間にわたり一定濃度の分解ガスを実験動物に曝露させることができる。この分解装置を用いて、慶應義塾大学医学部 櫻井教授の指導の下に、ハロン代替物質熱分解生成物の動物曝露実験が実施されている。

ハロン代替物質から生成する分解ガスの動物実験による毒性評価はまだ開始されたばかりであり、分解ガス毒性に関する情報の蓄積のため今後も継続して行われる必要がある。同時に、火災・消火のシナリオに応じた分解ガスの特性についても、情報の収集・蓄積に努めていくことが重要である。

5 結論

ハロン代替候補物質を新消火剤として導入する際の毒性評価方法に関し、これまで述べてきた検討の結果、以下の通り結論を得た。

全域放出消火設備の技術基準に関し、

- 1 新消火剤は、「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」に基づく試験結果を備えている必要がある。
- 2 新消火剤の毒性は、さらに信用できる機関のLC50（1時間又は4時間）、および急性曝露におけるNOAELで評価する。また、その他の信頼できる毒性データをできるだけ多く提示する。
- 3 ハロゲン化合物消火剤の設計濃度は、急性曝露におけるNOAELもしくは24%のいずれか低い方の濃度を越えないものとする。
- 4 ハロゲン化合物消火剤の放出時間は、ハロンを用いた消火設備の基準における放出時間以内とする。
- 5 以上の毒性データの確認をしかるべき機関で行い、必要が生じたら見直す。
- 6 分解ガス毒性は安全上重要な要因と考えられるため、今後各種の機関、方法による火災・消火のシナリオと分解ガス毒性に関する情報の収集と研究の必要がある。

参考文献

- 1) 自治省消防庁予防課、平成4年度ハロン抑制対策検討委員会報告書（平成5年3月）
- 2) 自治省消防庁予防課、平成5年度ハロン抑制対策検討委員会報告書（平成6年3月）
- 3) 自治省消防庁消防研究所、ハロン代替物質の毒性評価に関する研究委員会報告書（中間報告）（平成6年3月）

ハロン代替消火剤の安全基準の確立に係る
調査検討報告書（抄）

平成12年3月

自治省消防庁
日本消防検定協会

第4章 ハロン代替消火設備の毒性に係る一般評価手法の検討

4.1 ハロン代替消火剤として用いる物性の毒性に係る評価（原体ガスの評価）

4.1.1 ハロカーボン系消火剤（原体ガス）についての毒性評価

一般にハロカーボン系消火剤は新物質であり、毒性評価は、以下のような評価が必要である。

ア 新化学物質として「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律」（昭和48年法律第117号）により分解・濃縮度試験、スクリーニング毒性試験等のデータ審査により新物質として安全物質、特定化学物質等に分類されている（安全でない物質も含まれる。）ので、これらのデータで安全性を評価する必要がある。

イ LC₅₀、LOAEL 及び NOAEL による評価

（ア）原体ガスの吸入毒性は、一般に LC₅₀、LOAEL 及び NOAEL で評価され、用語は次のように定義されている。

NOAEL no observed adverse effect level

生理学の又は毒性の悪影響が観察されない最高濃度で心臓の感応で評価される。

LOAEL lowest observed adverse effect level

生理学の又は毒性の悪影響が観察される最小濃度で心臓の感応で評価される。

LC₅₀ concentration causing death in 50%

50%致死濃度（一般に暴露1時間値）

（イ）LC₅₀、LOAEL 及び NOAEL について、国内で現在使用されている2種類と以下の関連文書を対象として調査した。

- a 国連環境計画（UNEP）のハロン技術オプション委員会（HTOC）関連
1999年5月版
- b 米国環境保護局（EPA）における SNAP LIST 関連
1999年6月版
- c 全米防火協会（NFPA）クリーン消火剤消火設備基準（NFPA2001）
1996年版
- d NFPA 2001（1999年改正案）

表4.1.1のLC₅₀、NOALE、LOAELについては、UNEP HTOC文書、EPAの関連文書及びNFPA2001等で公表されており、表4.1.1の消火剤についてはあらためて毒性

に関する証明は要しないと思慮される。

表 4.1.1 LC₅₀、NOALE、LOAEL 一覧

消火剤の種類	LC ₅₀ 又は ALC (%)	NOAEL (容量%)	LOAEL (容量%)
FC-3-1-10	>80.0	40.0	>40.0
HCFC Blend A	64.0	10.0	>10.0
HCFC-124	23.0 ~ 29.0	1.0	2.5
HFC-125	>70.0	7.5	10.0
HFC-227ea	>80.0	9.0	10.5
HFC-23	>65.0	50.0	>50.0
HFC-236fa	>18.9	10.0	15.0
FIC-1311	>12.8	0.2	0.4
Halon 1301(参考)	>80.0	5.0	7.5

4. 1. 2 イナート系消火剤（原体ガス）についての毒性評価

ア イナート系消火剤（IG-100、IG-541、IG-55）については、窒素、アルゴン、二酸化炭素のいずれかの単体ガスまたは2以上の混合ガスであり、窒素、アルゴンについては毒性はなく、IG-541については8%の二酸化炭素を含有しているが、設計放出濃度で放出した場合約 1/3 の濃度に希釈され二酸化炭素の IDLH 値 4000ppm(4%)以下となる。また、イナート系消火剤の放出時の酸素濃度は12～13%であり、酸素濃度のNOAEL相当=12%、LOAEL相当=10%（NFPA2001（1996年版））としていることから、この範囲で使用する場合、安全範囲にあり、また、次のLOAEL相当及びNOAEL相当により評価されている。

二酸化炭素の人体に対する影響についての情報は、「二酸化炭素消火設備の安全対策について」（平成8年9月20日付け消防予第193号、消防危第117号）に示されている。

イ LOAEL相当及びNOAEL相当による評価

国内で現在使用されている3種類と以下の関連文書を対象として調査した。

a 国連環境計画（UNEP）のハロン技術オプション委員会（HTOC）関連

1999年5月版

b 米国環境保護局（EPA）におけるSNAP LIST関連

1999年6月版

c 全米防火協会 (NFPA) クリーン消火剤消火設備基準 (NFPA 2001)

1996年版

d NFPA 2001 (1999年改正案)

表 4.1.2 の NOALE、LOAEL 相当については、UNEP HTOC 文書、EPA の関連文書及び NFPA2001 等で公表されており、表 4.1.2 の消火剤についてはあらためて毒性に関する証明は要しないと思慮される。

表 4.1.2 NOAEL 及び LOAEL 相当

消火剤の種類	NOAEL 相当 (容量%)	LOAEL 相当 (容量%)
IG-01	43.0	52.0
IG-541	43.0	52.0
IG-55	43.0	52.0
IG-100	43.0	52.0

4. 2 ハロン代替消火剤を用いた消火システムの毒性に係る評価

4. 2. 1 ハロカーボン系消火剤（HFC-227ea、HFC-23）の燃焼生成ガスの毒性評価

(1) ハロカーボン系消火剤で消火した場合に発生する有毒な分解生成物についての評価をどのように行っているかについて、主要な生産国である米国とヨーロッパ等の状況について関係機関にメールにより問い合わせ、その回答を得た。その結果、ハロカーボン系消火剤の有害な分解生成物の評価を行っているとする回答はなかった。各機関の回答は以下のとおりである。

ハロン代替消火剤の主要生産国である米国の状況

関係機関の回答

ア EPA（米国環境保護局）は、人の健康及び地球環境の広範な範囲を審査している。

しかしながら、毒性については原体ガスについてのみであり、分解生成物については評価をしていない。

イ UL（Underwriters Laboratory）は、消火器に使用するハロン代替消火剤がEPAの承認を得たかどうか（SNAP リストにリストアップされたかどうか）を審査する。

ウ FMRC は、消火器に使用するハロン代替消火剤が EPA の承認を得たかどうか（SNAP リストにリストアップされたかどうか）を審査するのみで、それ以上はこの問題に立ち入らない。

エ NFPA（全米防火協会）の回答の要旨は、「分解生成物は吸入すると安全ではない。においが安全に対する警告である。」であった。

オ 英国 LPC 研究所からの回答では、ハロン代替消火剤 9 種類を使用した消火実験（区画容積 100 m³）では、同じ火災規模のハロン 1301 を使用した消火実験におけるふっ化水素の発生濃度の数倍を発生すること、及び消火に失敗すると 10000ppm に達する危険があることを述べている。

(2) ハロカーボン系消火剤（HFC227ea, HFC-23）の燃焼生成ガスの毒性評価

文献調査および今回行った燃焼生成ガス発生実験からも明らかなように、消火時にはハロカーボン系消火剤から有毒なふっ化水素及びふっ化カルボニルが安全とされる吸入濃度をはるかに超えて発生する。

ハロカーボン系の消火剤を使用した場合、このことは避けられず、むしろ、ふっ化水素、ふっ化カルボニルの吸引を絶対に避け、消火後は、室内の燃焼生成ガス中のふっ化水素等を安全濃度まで下げ、かつ、外部に排出するガスが人に危害を加えないように処置できる排出装置を設ける必要がある。また、燃焼生成ガスが安全濃度に下がったことを確認してから入室する必要がある。

(3) 文献調査および今回行った燃焼生成ガス発生実験からも明らかなように、火災規模

が小さい段階で感知し、消火剤を短時間に放出する設備設計を行い、ふっ化水素等の燃焼生成ガスの発生濃度を最小限に押さえる必要がある。このことにより消火剤放出時に区画内の温度上昇が抑えられ内圧上昇の低減にも有効である。

ア 火災規模の小さい段階で感知する。

イ ハロカーボン系消火剤消火設備の放出時間は 10 秒以内とする。

ウ ハロカーボン系消火剤消火設備の設計濃度は、カップバーナー消炎濃度の 1.2 倍以上とする。

(4) NFPA 2001 (1996 年版) の改正情報

調査の過程で NFPA 2001 (クリーン消火剤の設備基準 1996 年版) の改訂作業が行われており、改正原案が 1998 年に、現在の基準にない燃焼分解生成物の情報に関する記載がなされその改正原案に対する改正案が 1999 年 5 月に発行され現在審議されている。この改正案には、ふっ化水素等の分解生成物の発生濃度と毒性情報が含まれている (資料 3-2, 3-3)。現時点における米国の消火機器に関する基準の中には、燃焼生成物毒性に関する情報、評価等は含まれていない。改正の審議における毒性に係る部分は以下のとおりである。

改正原案で提案されている毒性情報に係る部分

「表 A-1-5.1.2 (b) は、ふっ化水素の毒物学上の影響に関する情報を備える。

ふっ化水素に対する ERPGs は、一般的な公共に対して上限暴露水準を表し、かつ、10 分及び 1 時間の緊急暴露時間に対して適用可能である。

3 種類の ERPGs は、各々暴露時間に対して開発された。

ERPG3 は、それ以下の濃度で、ほとんど全ての人が、生命危機の健康への影響を経験することなく又は展開することなく記述の時間の間、暴露されることのできると考えられる最大大気濃度を表す。

ERPG2 は、それ以下の濃度で、ほとんど全ての人が、回復不可能な又は他の一連の健康への影響、あるいは防護活動をとる人の能力を弱める兆候を体験することなく又は展開することなく記述の時間の間、暴露されることのできると考えられる最大大気濃度を表す。

ERPG1 は、それ以下の濃度で、ほとんど全ての人が、軽い一時的な健康への悪影響以外の体験をしないで、又は不快な臭気をはっきりと自覚しないで記述の時間の間、暴露されることのできると考えられる最大大気濃度を表す。

表 A-1-5.1.2 (b) ふっ化水素に関する毒性情報

	10 分	1 時間
ERPG3	170 ppm	50 ppm
ERPG2	50 ppm	20 ppm
ERPG1	2 ppm	2 ppm

改正原案に対する改正提案されている毒性情報に係る部分

「A. 背景とふっ化水素の毒性

ふっ化水素の蒸気は、フロロカーボン消火剤の分解生成物として及びふっ素重合体の燃焼で火災において作られる。

ふっ化水素暴露の顕著な毒性の影響は、接触する部分で生じる。吸入ルートによって、顕著な堆積物が殆ど鼻の前方の部位に、もし十分な暴露濃度が成し遂げられるならば下部呼吸器官系（気道及び肺）の延長する後部に生ずると予想される。

ふっ化水素の接触する部分で引き起こす損傷は、広範囲な組織の損傷と炎症で細胞の死滅によって特徴づけられる。950 ～ 2600ppm のふっ化水素濃度にラットを1時間暴露させた1日後の組織の損傷は、もっぱら鼻の前方の部分に限定された (DuPont 1990)。気管又は肺の中に影響は見いだされなかった。

約 200ppm の高い濃度において、人間の呼吸パターンは鼻を主とした呼吸から口を主とした呼吸に変化すると予想される。この呼吸パターンの変化は、呼吸器官系に入るふっ化水素の沈殿物のパターン、上部呼吸器官系（鼻呼吸）又は下部呼吸器官系（口呼吸）のいずれかを定めるであろう。Dalby (1996) の研究において、ラットは鼻のみによる又は口のみによる呼吸によって暴露された。口呼吸のみのモデルにおいて、ラットは、気管の中に置かれたチューブを通して、それによって上部呼吸器官系を通過することにより幾種類かのふっ化水素濃度で暴露された。この暴露方法は、人が鼻を通じて呼吸しないであろうが下部呼吸器官系にふっ化水素の沈殿物を最大にするような口を通じて吸入するであろう最悪の暴露を予想するために控えめな研究方法であることを考慮している。

鼻吸入モデルにおいて、約 6400ppm 又は 1700ppm に対するラットの2分又は10分の暴露は、同様の影響、言い換えれば死亡なしであるが鼻の顕著な細胞の損傷を作り出す。対照的に口呼吸モデルにおいて、記録される毒性の差ははっきりしていた。

約 1800ppm の濃度で10分間暴露及び約 8600ppm で2分間暴露の後、死亡が明らかであった。下部吸入気管系の重大な炎症もまた明らかであった。

同様に、約 4900ppm で 2 分間の暴露は、死亡及び重大な鼻の損傷を生みだした。しかしながら、950ppm で 10 分間の暴露の後又は 1600ppm で 2 分間の暴露の後、死亡は観察されず最小限度の刺激が観察された。

他のいくらかの毒性研究は、比較的長い時間、例えば 15、30 又は 60 分間の実験動物で行われている。これらの研究の最近の全てにおいて、ふっ化水素の影響は、全ての検体を通じて一般に同様の、言い換えるとふっ化水素の濃度が増加すると呼吸器官系の激しい刺激であった。

これらは、人間で上部の気道及び目の刺激が生ずる約 3 ppm の刺激の境界値であると思われる。約 5 ppm で長い暴露において、皮膚の赤みもまた発生する。試験暴露された人において、数分間 32ppm で軽い鼻の刺激（主観的な反応）に耐えたと報告されている。（Machle 1934）

約 3 ppm 1 時間の人間の暴露は、かすかな目と上部呼吸器官系の刺激を生じる。

約 1 分の暴露において 122ppm までの暴露濃度の均等な増加及び低下で、皮膚、目及び呼吸器官系の刺激が生じる。（Machle and Kitzmiller 1935）

Meldrum(1993)は、例えば人間のふっ化水素の影響を予測する手段として危険毒性負荷(DTL)の概念を提案した。これらの著者は確実な化学物質の毒性影響が Haber の法則 ($C \times t = k$) に従う傾向にある論拠を展開した。ふっ化水素の吸入に対する人間の反応に関して有効データが DTL を設定するための基礎を備えるためには不十分な考慮であった。このため、人間の反応のモデルを設定するために有効な動物死亡データを使うことが必要であった。その DTL は、動物の暴露母集団の 1 % の死亡の見込みを基礎にしている。動物の死亡データの分析を基礎に、著者は、ふっ化水素に対する DTL が 12000ppm-min であると決定した。この研究法は実験動物の死亡データで合理的、かつ、矛盾しないと思われるにもかかわらず、人間で死亡しない影響に関し、この関係の予想性質が証明されていない。

B. 潜在的な人間への影響と危険分析シナリオ

ふっ化水素の一層高い濃度に対する暴露は、例えば消防士のような普通の健康な人と健康を損なっている人々との間に区別を持つことが危険分析に関して重要である。

ふっ化水素のより高い濃度に対する暴露は、健康な人ではより一層耐えられると予想されるが、一方で、同じ濃度で待避行動を弱める影響は、健康を損なっている人々に生ずるかもしれない。それゆえ次の議論の中での仮定は、いろいろの濃度と暴露時間で記述される影響が健康な人に対するものである。

体の組織への刺激は、「刺激なし」から「厳しい、深く突き抜ける」刺激の一連を表現する。刺激の関連において「かすか」、「軽い」、「中位」、及び「激しい」の使用は、この影響を量化するための試みを表す。しかしながら、人間の個体の広い変異性と感応性で、ふっ化水素に対する暴露からの刺激の度合いの差が生じると予想される。

例として、いくらかの人は、他の人が中位の刺激に帰するような濃度に対して軽い刺激を経験するかもしれない。

50ppm 以下、10 分間までの濃度において、上部呼吸器系及び目の刺激が生じると予想される。これらの低濃度において、待避を弱める影響は、健康な人において予想されない。ふっ化水素が 50 ~ 100ppm に増えるとき、刺激の増加が予想される。

10 ~ 30 分間の短い間、皮膚、目及び呼吸器系の刺激が生じよう。30 ~ 60 分間、100ppm で待避を弱める影響が生じ始め、200ppm、1 時間以上での連続暴露は、医療の介入なしには死に至らしめよう。ふっ化水素の濃度が増加するとき、刺激の厳しさが増加し、遅れてあらわれる機能的な影響もまた増加する。ふっ化水素の濃度が約 100 ~ 200ppm で、人間が吸入形態が口呼吸に移行すると予想される。それゆえ、より激しい肺の刺激が予想される。200ppm を超える濃度では、呼吸の苦痛、深部の肺の刺激及び機能的な影響が起こりうる。これらのより高い濃度での連続的な暴露は、医療の処置なしでは死亡するかもしれない。

フロロカーボン消火剤からのふっ化水素の発生は、潜在的な危険を表す。前述の議論において、暴露の期間は 10 ~ 60 分間について示された。ふっ化水素が発生する火災状況において実際の暴露時間は、10 分より短く、殆どの場合 5 分より短いと予想さる。Dalby (1996) が示したように、約 600ppm、2 分間のふっ化水素に対して暴露している口呼吸ラットは、影響なしであった。同様に、約 300ppm、10 分間のふっ化水素に対して暴露している口呼吸ラットは、死亡又は呼吸の影響に至らなかった。それゆえ、10 分より短い時間に同様の濃度に暴露される人間は、そのような濃度に生き残れることが推測できる。しかしながら、これらのデータをオーバーな解釈で用いることは注意が必要である。

人間が 10 分より短い時間これらの高濃度で生き残れることができるとする毒性データが提案されるかもしれないが、肺機能の低下している人々又は心臓肺病を持つ人々はふっ化水素の影響に反応しやすいかもしれない。

更に平均的な健康な人において、上部呼吸器系及び目の刺激が予想され、かつ、待避が弱められよう。

健康な人におけるふっ化水素の潜在的な人間に対する健康影響

2分暴露

・ < 50 ppm	かすかな目と鼻の刺激
・ 50 ~ 100 ppm	軽い目と上部呼吸器系の刺激
・ 100 ~ 200 ppm	中位の目と上部呼吸器系の刺激；かすかな皮膚の刺激
・ > 200 ppm	身体全部の表面の中位の刺激；濃度の増加は退避行動を弱めるかもしれない。

5分暴露

・ < 50 ppm	軽い目と鼻の刺激
・ 50 ~ 100 ppm	増した目と鼻の刺激；かすかな皮膚の刺激
・ 100 ~ 200 ppm	皮膚、目及び呼吸器系の中位の刺激
・ > 200 ppm	組織表面のはっきりした刺激；濃度の増加で退避行動を弱めることを生じるであろう。

10分暴露

・ < 50 ppm	はっきりとした目、皮膚及び上部呼吸器系の刺激
・ 50 ~ 100 ppm	身体全体の表面の中位の刺激
・ 100 ~ 200 ppm	身体全体の表面の中位の刺激；退避行動を弱める影響のようなもの。
・ > 200 ppm	退避行動を弱める影響が生じるだろう。；濃度が増加することは医療の介入なしでは死亡するかもしれない。

職業上の暴露限界は、ふっ化水素に対し設定されている。その限界は、ACGIH（米国政府産業衛生専門家会議）によって設定される。

しきい限界値（TLV）は、1日に8時間の作業又は1週間に40時間の作業に対する普通の健康な作業者の暴露を表す。ふっ化水素に関して、設定されている限界値は3 ppmであり、上限限界、例として作業日の間、いかなる時間においても超えるべきでない大気中濃度を表す。この限界は、刺激を防止し、かつ、繰り返しと長期間の暴露での機能的な影響を生じることを防止することを意図している。これ及び類似のTWA（時間加重平均値）は、緊急状態間のフロロカーボンの消火活動の使用に対して関連して考慮されない。しかしながら、これらの限界は、ふっ化水素の高レベルが発生する場所における清掃手順で考慮される必要がある。

ACGIHのTLVに関する契約で、米国産業衛生学会（AIHA）の緊急対応計画ガイドライン（ERPG）は、化学物質の突発事態の放出に対して設定されている限界値

を表す。これらの限界値は、例えば健康への危害を受ける人を考慮して設定される。ERPG 限界値は、化学物質の破壊的な放出に対し計画される緊急対応の要員を評価するために設定されている。それらは、繰り返しの活動に対する安全限界として使用するために開発されていない。しかしながら、消火活動の使用とふっ化水素の発生の場合において、これらの限界値は TLV のような時間加重平均値よりは適切である。ERPG 限界値は、緊急計画の使用に対して3種類のレベルから構成され、ふっ化水素に対し代表的に1時間値と10分値が設定されている。

1時間限界値に関して、ERPG1 (2 ppm) は、においの知覚を基礎にしていて、やわらかいわずかな刺激が報告されている3 ppmの濃度以下である。

装着マスク等の軽減の手段が取られるべき濃度である。このレベルは、待避行動を弱めることなく又は回復不可能な健康への影響生じない、かつ、Machle(1934)及びLargent(1960)によって得られた人間の刺激データを主として基礎にしている。

ERPG3 (50ppm) は、動物データを基礎にしており、殆ど全ての人に対し死亡しない最大値である。このレベルは、影響されやすい人に対し死亡にいたらせる。ふっ化水素に関し、10分値が設定され、ふっ化水素蒸気が発生する場所における火災においての緊急計画で使用され、ERPG3 = 170ppm、ERPG2 = 50ppm、ERPG1 = 2 ppm である。」

改正原案は後述の AIHA (米国産業衛生学会) の基準そのものであり、改正原案に対する改正案は暴露時間を短くした更に緩和した案になっている。AIHA のふっ化水素の ERPG 10分値が1999年に決定されており NFPA 2001の改正には少なからず影響を受けるものと考えられる。

(5) 毒性ガスに関する他の安全基準

諸外国においても消防機器関連の規格、基準には毒性ガスの安全基準は見つけだすことができなかったが、米国において、軍事及び宇宙の短期吸入規格、労働安全上の毒性ガスの安全推奨基準及び化学工場等の事故における緊急対応計画ガイドラインが存在する。

a) NAS-NRC (国立科学アカデミー・調査研究審査会) が基準化している軍事及び宇宙の短期吸入規格の EEL (1964年公布)

国防省の要求で制定され、NASA (航空宇宙局)、AEC (原子力委員会)、U.S.CG (沿岸警備隊) 等が検討に参加している。 (資料2)

ふっ化水素の EEL（緊急暴露限界）

暴露時間（分）	EEL（緊急暴露限界）
10	20ppm
30	10ppm
60	8 ppm

b) NIOSH（国立職業安全衛生研究所）が基準化している IDLH

NIOSH が基準化している IDLH（防護マスクを使用することなく、健康への後遺症がなく、避難行動を妨げることなく避難できる限界濃度）で暴露時間 30 分を基礎としているが、30 分は余裕という考え方である。

この IDLH 値は、有毒ガスの作業環境の中で簡易防毒マスクを装着して作業中に、簡易防毒マスクの故障等で効力がなくなっても簡易防毒マスクなしに安全に緊急脱出することを保証する基準である。資料 4-2 は 1995 年に改正された IDLH 値を示したもので、ふっ化水素は IDLH = 30ppm と規定している。30ppm を超える濃度環境では、簡易防毒マスクではなく、故障した場合のために補助吸入装置等の 2 重の吸入装置を要求する仕組みになっている。IDLHs の考え方は、IDLHs に関連する文書として NIOSH から公表されている。（資料 4-1）

Criteria for a recommended standard Occupational Exposure To Hydrogen Fluoride より

NIOSH のふっ化水素に対する防毒マスクの選定

1	8 時間 TWA（加重平均）濃度まで	3 ppm	装備なし
2	～ 30ppm 濃度まで		<ul style="list-style-type: none"> ① 工業サイズふっ化水素キャニスター付き全面ガスマスク ② 全面フェースピース付き、カートリッジ及びふっ化水素防護フィルター付き化学カートリッジ吸入器 ③ 全面フェースピース付き、フード付き又は覆い付きヘルメット付き供給又は圧力供給式 C タイプ空気供給型吸入器
3	～ 300ppm 濃度まで		<p>全面フェースピース付き供給又は圧力供給式 C タイプ空気供給型吸入器と補助の自己保有（ボンベ等）圧力供給量タイプ等呼吸装置の組み合わせタイプ</p>

4	<p>300ppm 以上</p> <p>① 全面フェースピース付き、圧力供給又は能動的な圧力タイプ付き自己保有（ボンベ等）呼吸装置</p> <p>② 補助の全面フェースピース付き、圧力供給又は能動的な圧力タイプ付き自己保有（ボンベ等）呼吸装置を備えた連続空気供給服</p>
---	--

ふっ化水素について通常の作業環境では OSHA（職業安全衛生局）の基準で TWA 許容濃度（1日8時間、週40時間許容濃度）3 ppm としている。日本においても労働安全衛生法第65条関連で作業環境評価基準（告示）においてふっ化水素評価基準3 ppm としている。

IDLH 値は、職業上環境上の緊急時の安全な脱出のための基準値であるが、消火により有毒ガスが発生した場合の再入室等の基準値として適当と考えられる。

また、IDLH を公表している NIOSH の見解として、50ppm では、30 ～ 60 分の暴露で人は死亡するかもしれないとする見解を示している。

（資料4-3）

c) AIHA（米国産業衛生学会）が規定している ERPGs（緊急対応計画ガイドライン）

AIHA は、化学工場等の事故等での救助に対応するためのレベル基準を設けている。ERPGs で1時間暴露値としてレベル1、2、3の三段階に区分され、ふっ化水素についても基準が設けられ次のように規定している。

（1997年最新版）

<p>ERPG3 : 50ppm 1時間暴露値</p> <p>それ以下の濃度では、ほとんど全ての人が生命の危機的な健康への影響の経験又は展開なしに1時間までの間、暴露されることができると信じられる最大大気濃度</p>
--

ERPG2 : 20ppm 1時間暴露値

それ以下の濃度では、ほとんど全ての人々が回復不可能な若しくは他の激しい健康への影響の経験又は展開なしにあるいは防護動作をとる人の能力を阻害することなく1時間までの間、暴露されることができると信じられる最大大気濃度

ERPG1 : 2 ppm 1時間暴露値

それ以下の濃度では、ほとんど全ての人々が軽い若しくは一時的な悪い健康への影響以外の経験をする事なく又ははっきりと不快な匂いを知覚することなく1時間までの間、暴露されることができると信じられる最大大気濃度

また、追補で1999年に10分値として次の基準値が定められている。

10分 ERPGs と根拠 (1999年制定)

ERPG - 3 (10分) : 170ppm (139.4mg / m³)

それ以下の濃度で生命の危機的な健康への影響を経験又は展開することなく、ほとんど全ての人々が10分間まで暴露されることができると信じられる最大大気濃度は170ppmである。これは、1700ppmで気管カニューレされたラットに対する10分暴露(高い感応モデル)が死亡に対するしきい値であったが一方で7014ppm10分間に対する鼻呼吸ラットの暴露が死亡に至らなかったことの観察を基礎としている。

ERPG-2 (10分) : 50ppm (41mg / m³)

それ以下の濃度で、ほとんど全ての人々が回復不可能な若しくは他の激しい健康への影響の経験又は展開なしにあるいは防護動作をとる人の能力を著しく阻害する兆候なしに10分間までの間、暴露されることができると信じられる最大大気濃度は50ppmである。この値は、人体暴露データ及び短期間の動物暴露研究を基礎としている。それは、マウスのRD₅₀の1/3に一致する。

マウスは明確にふっ化水素に対して最も感応的な種である。

この値の控えめなことは、石油環境研究リサーチ(PERF)によって報告されるデータによって証明されることができると信じる。PERF研究は、2種類の暴露モデルを使用した。第1に、ラットは鼻のみの暴露を受けた。

第2に、暴露は、上部呼吸システムの通常の除去（防護）機能をバイパスするカニューレを通したラットモデルを使用した気管及び下部呼吸システムへ向けられた。

この修正で得られた増加した感応が証明された。カニューレを通したラットモデルを使用したふっ化水素 1764ppm への 10 分の暴露は、下部吸入気管の刺激（上皮の組織の急性の壊死及び炎症）及び 20 匹中の 1 匹の死亡のはっきりした証拠に帰する。

しかしながら、鼻呼吸ラットでは、7014ppm の高いレベルの 10 分間暴露で死亡はなかった。更に 10 分間 950ppm のレベルのカニューレを通したラットの暴露で、下部呼吸気管のほんの最小量の刺激が見出された。それゆえ、この暴露レベルは、激しい刺激に対するしきい値として採用され、10 分暴露に関して 50ppm の ERPG-2 のために支持された。

ERPG-1 (10 分) : 2 ppm (1.6 mg / m³)

それ以下の濃度で、ほとんど全ての人々が軽い匂いの覚知又は軽い刺激より一層激しい健康への影響の経験又は展開なしに 10 分間までの間、暴露されることができると信じられる最大大気濃度は 2 ppm である。なぜならば、ふっ化水素は刺激物であり、刺激の影響は、反応に対するしきい値を持つ。これは 60 分に関する推奨されるレベルと同じレベルであり、そのことは 4.6ppm までのレベルに対する複合 6 時間暴露を受けた被実験者の報告及び回復可能な刺激のみの報告を基礎とした。

この結論は、20 人の被実験者のグループが 6.8ppm までの暴露を受け、軽い回復可能な刺激の影響のみを示した報告により一層支持された。

ここで重要なのは殆どの方が後遺症の残らないであろうと信じられると規定している ERPG2 である。他の有毒ガスと異なり 10 分値を取り入れているが、動物実験のデータが記載されているものの人体に対しての検証は動物実験データからの予測に終始している。

事故が起こってしまった場合の不測の事態の緊急対応計画ガイドラインであるので、予測の数値で可とするのかもしれない。

1998 年において AIHA の ERPGs の見直し作業に担当する委員長の見解文書に

よると、10分暴露の ERPG は、外挿法によっていると記述している。

(資料 5 - 3)

d) 毒性に関する安全基準の比較

軍事及び宇宙の短期吸入規格、労働安全上の毒性ガスの安全推奨基準及び化学工場等の事故における緊急対応計画ガイドライン及び NFPA2001 改正案におけるふっ化水素の暴露限界に関する規格等の比較

規格等の種類	暴 露 時 間		
	60 分	30 分	10 分
軍事及び宇宙における短期吸入規格 (推奨基準) (NRC) EEL (米国)	8 ppm	10ppm	20ppm
安全衛生規則関係の防毒マスクの選択基準(OSHA) 3 ~ 30ppm の作業環境の場合、簡易マスクで可能故障してもマスク無しで死亡、後遺症又は避難行動を妨げることなく脱出できる濃度 IDLH (米国)		30ppm	
産業衛生学会 (AIHA) 緊急対応ガイドラインマスクなしで死亡又は後遺症が無いと信じられる濃度 ERPG-2 (米国)	20ppm		50ppm
NFPA2001 改正案 毒性情報として含まれる。(米国) ERPG-2	20ppm		50ppm
健康な人の情報として含まれる。	2 分暴露 50 ~ 200ppm	5 分暴露 50 ~ 200ppm	10 分暴露 50 ~ 200ppm

e) ふっ化水素の人体暴露のデータ

呼吸器官、吸入速度等の関係で動物実験のデータが人体に対して同じ数値で適用できないことはよく知られている。マウスと比較した場合、人体は吸入速度が50倍速いことも指摘されている（資料6-1）。現代においては高濃度の人体暴露試験は不可能であるが、過去において人体暴露のデータとして次のものが存在する。

ふっ化水素の人体暴露データ

NIOSH の職業上の推奨安全基準ふっ化水素文書 抜粋 (資料 29)

暴露濃度	暴露時間と症状
122ppm	2人が1分間耐えた最大濃度。結膜と呼吸の刺激が記録されたが耐えられた。
61ppm	2人、1分間暴露 結膜の刺激、記録される鼻の刺激、広い空気の通過における不快、味のはっきりした感覚
32ppm	2人、数分間暴露 不快、鼻と目の痛みはマイルドである。酸っぱい味（3分としている文献もある。）
4.7ppm 平均	1日6時間、週5日、25日間暴露 ごくわずかな目と鼻の刺激 わずかな皮膚の紅斑
4.2ppm 平均	1日6時間、週5日、50日間暴露 ごくわずかな目と鼻の刺激 わずかな皮膚の紅斑
3.4ppm 平均	1日6時間、週5日、10日間暴露 ごくわずかな目と鼻の刺激 わずかな皮膚の紅斑
2.7ppm 平均	1日6時間、週5日、30日間暴露 ごくわずかな目と鼻の刺激 わずかな皮膚の紅斑
2.6ppm	1日6時間、週5日、15日間暴露 ごくわずかな目と鼻の刺激 わずかな皮膚の紅斑

f) ふっ化水素暴露動物実験データ

NIOSH の職業上の推奨安全基準ふっ化水素文書 抜粋 (資料 29)

実験動物	暴露濃度 ppm	暴露時間 hour	検体	影 響
モルモット	4320	0.25	10	死亡 5/10 LC ₅₀
モルモット	3000	0.08 ~ 0.25	3	器官及び組織の浮腫又は雲状腫瘍
モルモット	659	0.5 ~ 1.0	5	死亡
モルモット	250	0.5 ~ 1.0	5	死亡
モルモット	61	0.08 ~ 0.25	3	マイルドな目と呼吸の刺激
モルモット	49	2.0	5	死亡 5/5
モルモット	31	24.0		死亡
モルモット	29	0.08 ~ 0.25	3	マイルドな目と呼吸の刺激
モルモット	19	309 (6-8h/day)	1	肺の出血、肺胞の滲出物 肝臓の変質
モルモット	19	160 (6-8h/day)	1	死亡
モルモット	19	134 (6-8h/day)	1	死亡
モルモット	10	120.0		不自然な呼吸、目の刺激
モルモット	10	186.0 (6h/day)	21	死亡 2/21 体重減と貧血 14/21
モルモット	3	186.0 (6h/day)	20	病理学上の変化なし
ラビット	3000	0.08 ~ 0.25	3	器官及び組織の浮腫又は雲状腫瘍
ラビット	659	1.5 ~ 3.0	5	死亡
ラビット	250	1.5 ~ 3.0	5	死亡
ラビット	61	0.08 ~ 0.25	3	マイルドな目と呼吸の刺激
ラビット	49	3.0	5	身体疲労
ラビット	31	180.0 (6h/day)	18	わずかな肺の出血 4/18
ラビット	29	41.0	1	肝臓と腎臓損傷
ラビット	29	0.08 ~ 0.25	3	マイルドな目と呼吸の刺激
ラビット	19	309 (6-8h/day)	8	肺の白血球の浸潤物 8/8 肝臓の脂肪変質 2/8 腎臓の管状変質と壊死
ラビット	10	186.0 (6h/day)	15	死亡 2/15 体重減と貧血 13/15
ラビット	3	186.0 (6h/day)	16	病理学上の変化なし
鳩	10	186.0 (6h/day)	4	死亡 1/4 体重減と貧血 3/4
鳩	3	186.0 (6h/day)	3	病理学上の変化なし

ラット	18180	0.08	10	死亡 5/10 LC ₅₀
ラット	4950	0.08	10	呼吸の苦痛、結膜と鼻の刺激 10/10 死亡 5/10 LC ₅₀
ラット	2680	0.25	10	呼吸の苦痛、結膜と鼻の刺激 10/10 死亡 5/10 LC ₅₀
ラット	2040	0.50	10	呼吸の苦痛、結膜と鼻の刺激 10/10 死亡 5/10 LC ₅₀
ラット	1310	1.00	10	呼吸の苦痛、結膜と鼻の刺激 10/10 死亡 5/10 LC ₅₀
ラット	31	180.0 (6h/day)	29	死亡
ラット	9	180.0 (6h/day)	15	足の皮下出血
マウス	6250	0.08	15	死亡 5/15
マウス	31	180.0 (6h/day)	18	死亡
猿	19	309 (6-8h/day)	1	腎臓組織の変質と炎症
犬	31	180.0 (6h/day)	4	変質的睾丸変化 4/4 肺の中程度の出血と浮腫 3/4
犬	31	180.0 (6h/day)		陰囊の潰瘍
犬	9	180.0 (6h/day)	5	肺の出血部分 1/5

AIHA ふっ化水素 ERPGs 60分値文書 抜粋 (資料5-1)

種	ふっ化水素 ppm	暴露時間	結 果
モルモット	220	0.5 時間	死亡せず
ラビット	1220	0.5 時間	死亡せず
モルモット	120 以下	5 時間	死亡せず
ラビット	120 以下	5 時間	死亡せず
モルモット	30	41 時間	死亡せず
ラビット	30	41 時間	死亡せず、肺の早期繊維症
ラット	1087	1 時間	死亡せず
マウス	263	1 時間	死亡せず

AIHA ふっ化水素 ERPGs 60分値文書 抜粋 (資料5-1)

種	暴露期間	結 果
ラット	5 分	LC ₅₀ = 18200ppm
	5 分	LC ₁₀ = 12400ppm
	5 分	LC ₀ = 11500ppm
マウス	5 分	LC ₅₀ = 6247ppm
	5 分	LC ₀ = 2400ppm

ラット	5分	LC ₅₀ = 5100ppm
	15分	LC ₅₀ = 2600ppm
	30分	LC ₅₀ = 2000ppm
	60分	LC ₅₀ = 1300ppm
ラット	5分	LC ₅₀ = 18400ppm
	15分	LC ₅₀ = 8340ppm
	30分	LC ₅₀ = 3640ppm
	60分	LC ₅₀ = 2030ppm
マウス	指定なし	RD ₅₀ = 151ppm

RD₅₀ = 50%まで吸入率を減少させるに必要な濃度

AIHA ふっ化水素 ERPGs 10分値 抜粋 (資料5-2)

ラット(鼻バypass呼吸)	1764ppm	10分	20	死亡 1/20
ラット(鼻バypass呼吸)	950ppm	10分		下部呼吸器官の刺激
ラット	7014ppm	10分		死亡せず

ふっ化水素の動物の吸入毒性(急性毒性)データ (LC₅₀ = 50%致死濃度)
動物の吸入毒性(急性毒性) LC₅₀ 値

①ラット (60分)	1276ppm	化学物質安全性データ (上原陽一監修) 産業中毒便覧 (後藤、池田、原編集) AIHA ふっ化水素 10分 ERPGs 1999年
	1395ppm	AIHA ふっ化水素 60分 ERPGs 1997年
	1000 ~ 2300ppm	デュポン・ハスケル研究所 David P.kelly
	1310ppm	NIOSH 参照文献 (5)
	342ppm	AIHA ふっ化水素 60分 ERPGs

②マウス (60分)		1997年 化学物質安全性データ (上原陽一監修)
	500ppm	産業中毒便覧 (後藤、池田、原 編集)
	342 ~ 501ppm	デュポン・ハスケル研究所 David P.kelly HSE誌 1993年 Meldrum
	501ppm	AIHA ふっ化水素 10分 ERPGs 1999年
③猿 (60分)	1780ppm	産業中毒便覧 (後藤、池田、原 編集)
	1778ppm	デュポン・ハスケル研究所 David P.kelly
	1774ppm	AIHA ふっ化水素 10分 ERPGs 1999年

④ラット (30分)	2040ppm	NIOSH 参照文献 (5)
------------	---------	----------------

⑤ラット (15分)	2680ppm	NIOSH 参照文献 (5)
⑥マウス (15分)	8247ppm	HSE誌 1993年 Meldrum
⑦モルモット (15分)	4327ppm	産業中毒便覧 (後藤、池田、原 編集) NIOSH 参照文献 (5)

⑧ラット (5分)	18200ppm	NIOSH 参照文献 (5)
⑨ラット (5分)	4950ppm	NIOSH 参照文献 (5)

LC₁₀₀ (100%致死濃度)

(資料5-3)

①モルモット (60分)	250ppm	デュポン・ハスケル研究所 David P.kelly
②ラビット (90分)	666ppm	デュポン・ハスケル研究所 David P.kelly

4. 2. 2 イナート系消火剤（IG541、IG55、IG100）の燃焼生成ガスの毒性評価

イナート系消火剤の燃焼生成ガスの評価を行った文献は調査の範囲では見いだせなかった。今回行ったクリブ模型の燃焼生成ガス発生実験の扉を閉鎖した状態での自由燃焼試験において、4000ppm を越える一酸化炭素が発生している。

イナート系消火剤は、窒素、アルゴン、二酸化炭素を1つ又はそれ以上を使用したものであり、窒素、アルゴンは分解生成物を発生しない。火災時の二酸化炭素、一酸化炭素及び窒素酸化物の発生は、消火剤を放出しなくても火災燃焼物と大気が反応して生ずるものであり、本質的に消火剤の燃焼生成物の毒性に属さないが、燃焼物の自由燃焼時の発生濃度と比べ消火剤を放出した場合に高濃度となると仮定した場合は、消火剤の影響による燃焼生成ガスの発生と考えられる。今回行った燃焼生成ガス発生実験において、燃焼物の自由燃焼時の発生濃度と比べ消火剤を放出消火した場合の二酸化炭素、一酸化炭素及び窒素酸化物の発生濃度は低いことが明らかになり、消火剤の放出による燃焼生成ガスの発生増加はほとんどないものと判断できる。

IG-541 は毒性のある二酸化炭素を8%含んでおり、消火時に放出された場合約3%に希釈され、同じ条件で消火試験を行ったIG-100及びIG-55の二酸化炭素の発生濃度に単純に約3%を加算した二酸化炭素の濃度になると予想される。今回行った燃焼生成ガス発生実験において、消火後の二酸化炭素の濃度は予想どおりIG-100及びIG-55に比べ単純に約3%加算されることが確認された。

燃焼物から発生する燃焼生成ガスは、火災の本質的なものであり、消火後は、換気により室内の燃焼生成ガス濃度が安全濃度に低下してから入室する必要がある。

一酸化炭素	IDLH	1200ppm
二酸化炭素	IDLH	4000ppm（4%）

第8章 ハロン代替消火剤の安全基準のあり方

前章までで、ハロン代替消火剤の物性等に関する文献調査、ハロン代替消火設備の設置状況、ハロン代替消火剤の毒性及び消火性能に係るこれまでの取り扱いについて述べるとともに、消火時に発生する有害物質等に関する研究結果を示した。これらの検討結果を踏まえ、本章では、ハロン代替消火剤の安全基準のあり方について取りまとめた。

8.1 基本的な考え方

ハロン代替消火剤については、その消火性能と原体ガスの毒性の評価に係る基本的な考え方が消防研究所により取りまとめられており、ハロン代替消火剤を使用した消火設備については、消火剤の評価に加え、設備場所の用途、使用形態、空間容積、設置方法、放出方法等総合的な評価をした上で判断することとされた。これにより、平成7年から(財)日本消防設備安全センターにおいて消火システムの評価が行われている。

今回、新たに燃焼生成ガス等に関する調査研究の一環として60m³の火災室内における燃焼生成ガス発生実験を行った結果、ハロカーボン系消火剤については、文献等により指摘されてきた通り、火災の規模によっては許容濃度をはるかに超える有毒なガスが発生することが確認されるとともに、火源面積0.2m²のヘプタン火災をHFC-23で消火した際には、区画内圧力が約300mmH₂Oの正圧から約60mmH₂Oの負圧まで変動することが明らかになった。また、イナート系消火剤についても、火源面積0.3m²のヘプタン火災消火時に酸素濃度が許容レベルを下回り、区画内の圧力が約100～200mmH₂O上昇した。

ハロン代替消火剤の安全基準を整備するにあたっては、これらの科学的知見を考慮したものとすることが重要である。具体的には、ハロン代替消火設備が想定する火災シナリオの範囲を明確にするとともに、(財)日本消防設備安全センターにおいて実施されてきた評価内容の内、燃焼生成ガス、低酸素濃度、区画内圧力変動に係る安全対策を見直すことが必要である。

ハロカーボン系消火剤とイナート系消火剤では、危険性の種類が同一ではないことから、安全基準は、各々の消火剤の特性を考慮した上で決定されるべきであり、一律に同一の基準を設定するのは合理的ではない。一方、今回の実験で観測された区画内圧力の著しい変動は、二酸化炭素、ハロン消火剤についても起こり得ると推測されることから、これらの知見を考慮した安全基準をガス系消火設備全体について整備する必要がある、引き続き調査・研究を行う必要がある。

今後、さらに新しい科学的知見が見い出されることにより、新たな安全上の課題が出現する可能性もあることを考慮し、柔軟に見直し等の対処ができるような安全基準とすべきである。

ハロン代替消火剤を使用した消火設備の安全基準を含む技術基準については、現在までの評価によって得られた知見や今回の調査研究により得られた知見等に基づき、策定されるべきものである。従って個別事案についても、本来、事前の評価がなくても、安全かつ的確な設置が可能となるべきである。このためには、限定的に適用されかつ運用

される技術基準となっていることが不可欠である。なお、この技術基準が適用できないものにあつては、従来通り個別事案毎の事前評価が妥当である。

8.2 適用範囲

(1) 放出方式

ア 全域放出方式

ハロン代替消火剤は、全域放出方式の消火設備としてのニーズが最も大きく、現在までの使用実績もすべて全域放出方式である。基準化に先立ち多様な側面からの検討がなされる必要性を考慮すると、当面の基準化については、全域放出方式に限定するのが妥当である。

イ 局所放出方式（固定式）の適応性

局所放出方式の消火設備としてのハロン代替消火剤の使用は、防護対象物の種類によっては可能であると考えられる。しかしながら現在までのところ、安全基準を含む技術基準を整備するのに十分な調査研究等はなされていない。社会の要請に応じて今後検討されるべき課題である。

ウ 移動式消火設備としての適応性

今回の実験は全域放出方式で実施されたが、得られた結果の中には、移動式の消火設備としてのハロン代替消火剤の適応性を検討する上での重要な知見も含まれる。すなわち、ハロカーボン系消火剤の分解により発生するふっ化水素等の有毒な燃焼生成物の濃度は、初期の火災であっても、火源付近では第2章で紹介した許容濃度を大きく上回ることが今回の実験より容易に推定される。従って、移動式の消火設備としてのハロカーボン系消火剤の一般的な使用は避けるべきであり、使用する場合にあってはその特性を十分に承知した上で、消火作業者に危険がおよばないような対策をとるなど、慎重な配慮が必要となる。

(2) 防火対象物の用途

ハロン代替消火設備を設置する場合にあつては、防火対象物の使用者が、当該ガス系消火設備に関する知識、発生する有毒物質の危険性等の情報を熟知している必要がある。これを徹底するには、防火対象物の使用者が限定されることが必要であり、基準の対象となる防火対象物は、管理の徹底が十分に確保される用途に限定されるべきである。共同住宅等、管理の徹底が容易でない防火対象物ならびに、不特定多数の者が出入りする防火対象物は、一般基準化したものの適用範囲とすることには適さない。

(3) 設置場所の用途

ハロン代替消火設備の設置場所の用途は、もともとハロゲン化物（ハロン）消火設備の設置対象であった電気室、通信機械室、発電機室、危険物施設等の内、原則として危険物を貯蔵、あるいは取り扱う場所を除くもの、ならびにその他の用途の中で、スプリンクラー消火設備、泡消火設備、粉末消火設備等で防護することが不適当なものに限定されるべきである。さらに、技術基準が対象とする設置場所は、通常無人で

あるか、あるいは特定の人だけしか入らないよう管理が徹底できるものに限定されるべきである。また、ハロカーボン系のハロン代替消火設備の設置は、誤放出による有毒物質の発生を避けるため、火気・高温熱源等が存在する可能性のない場所に限定されるべきである。

(4) 可燃物の種類

ハロン代替消火剤による消火に適応する可燃物の種類については、特定すべきであると考えられるが、今回の調査研究により得られた知見のみでは、特定することは難しい。また、実験の結果、可燃物の種類、火災規模によっては、著しい区画内圧力の変動という現象も観測されたことから、さらに、これらの現象の解明、安全性の確認を行う必要がある。

(5) その他の適用範囲

基準化にあたっては、ハロン代替消火設備を設置する防火対象物について区画の最大数、空間容積の限度等の適正な範囲を特定すべきであると考えられるが、今回の調査研究により得られた知見のみでは、特定することは難しい。ハロカーボン系消火剤を用いた消火設備にあつては、今回の調査・研究の結果から、初期消火に失敗した場合や延焼時に、放出され火炎中で分解する薬剤の総量が多くなる程、燃焼生成ガスによる危険性が広範囲に及ぶことが推定されるため、特に慎重な検討が必要である。イナート系にあつては、空間容積が区画内圧力等の挙動に与える影響について確認を行う必要がある。

8.3 設計に関する要件

(1) 設計濃度

設計濃度を定めるにあたっての重要な項目の1つである原体ガスの毒性については、基本的な考え方が平成7年に消防研究所により取りまとめられ、これに基づきハロン代替消火設備の評価が行われてきた。技術基準の整備にあたっては、原体ガスの毒性に関する従来の考え方を踏襲する必要がある。なお、最近、米国環境保護局より新しい知見が公表されており、この考え方の導入についても検討の必要がある。

(2) 消火濃度

設計濃度の基準値となる消火濃度は、カップバーナー法による消炎濃度を採用するのが適当と考えられる（平成7年の消防研究所の消火性能評価の基本的考え方による）。今後、消炎濃度の測定値の信頼性をより向上させるため、予燃時間、消火剤濃度増加速度等、試験方法の詳細が基準化されるべきである。また、固体可燃物に対する消火濃度を決定するための、試験方法の確立が望ましい。

(3) 安全係数および放出時間

設計濃度を算出するための安全係数ならびに消火剤の放出時間は、各々の消火剤の特性に応じ、燃焼生成ガス及び低酸素濃度の危険性、その他多様なリスクを考慮し、

かつ設置場所の用途、使用形態等の条件を勘案して、合理的に決定されるべきであり、基準化にあたっては、今回得られた科学的知見を踏まえた上で、総合的に決定する必要がある。

(4) 起動方式

ガス系消火設備の起動装置は、「手動式とし、ただし、常時人のいない防火対象物その他手動によることが不適当な場所に設けるものにあつては、自動式とすることができる。」とされている。

しかしながら今回の調査研究により、ハロン代替消火設備の場合、火災の発見が遅れ火災が拡大した状況で使用すると、燃焼生成ガスの発生、酸素濃度の低下等による危険性が著しく増大することがわかった。このため、区画内が通常無人であるか或いは特定の人だけしか入らないことを前提に、自動起動を原則とし、入室の際に手動起動に切り替えられるものとするべきである。また、無人／有人の別に関わらず、放出時に区画内に人がいないよう徹底できることに加え、できる限り早期に消火剤を放出できるシステムとすることが必要である。

8.4 有毒物質および低酸素濃度に係る安全対策

(1) 早期感知および遅延時間のあり方

消火剤の放出により発生する有毒な燃焼生成ガスの量を低減するには、早期に火災を感知し、かつ、素早く消火剤を放出することが最も重要である。イナート系消火剤による酸素濃度の低下も、やはり早期に火災を感知し、かつ、消火することにより危険度を軽減することができる。消火剤の放出が遅れた場合の影響および誤放出の影響を比較検討し、消火剤の性質および防護区画の使用形態に応じた合理的な感知器の選択がなされることが望ましい。一方、消火剤の放出により発生する燃焼生成ガスの曝露を防止するためには、退避のための遅延時間を確保しなくてはならない。一般基準化される設備にあつては、無人もしくは特定の人だけしか防護区画に入らないよう徹底することを前提に、遅延時間を最小限度に設定するべきである。設備全体の設計についても、余計な遅延時間を必要とするシステムは避けるよう考慮する必要がある。

(2) 燃焼生成ガスの排出時における有毒物質の許容濃度等

消火後、火災室内に充満した燃焼生成ガスを排出するにあつては、周囲に危険を及ぼさないよう十分な配慮がなされる必要がある。このため、排気ガス中に含まれる有毒物質の許容濃度に関する基準を設けるべきである。さらに、火災の想定、感知方式、起動方式等から判断し、許容濃度を越える燃焼生成ガスの発生が予想される場合にあつては、次の対策について考慮すべきである。

火災室内に充満した有毒な燃焼生成ガスを安全に排出するための装置をあらかじめ備えていることが必要である。また、有毒ガス濃度を測定できる計器を備えておく必要があるとともに、排気ガス中に含まれる有毒物質の濃度を基準値以下に低減させるための措置が講じられる必要がある。

8.5 区画内圧力の上昇および低下に係る事項

(1) 区画の構造に関する要件

ハロン代替消火設備を設置する防護区画は、放出後に区画内の消火剤濃度を一定に保つため、ならびに消火剤或いは燃焼生成ガスの漏えいを低減するため、十分な気密性を有することが要求される。一方、消火剤放出時に生じる区画内圧力の変動によって防護区画が破壊に至ることのないように、防護区画の強度を十分に確保する必要がある。今回の60m³の火災室内における燃焼生成ガス発生実験の結果、防護区画の容積に対する相対的の火災規模が大きい場合には、従来の耐圧強度では不十分な場合があることが見いだされた。区画内圧力は、消火剤の種類、放出方法、可燃物の種類、火災規模等により多様な挙動を示すと予測される。特に扉、窓がラス、シャッター等の耐圧強度については、正圧・負圧の両方に対し、十分な安全対策が講じられる必要がある。

(2) 避圧口

消火剤放出時に防護区画の最小耐圧以上に室内圧が上昇しないよう、区画にはあらかじめ避圧口を設置しておく必要があり、既に評価項目の一つとなっている。しかしながら、今回の60m³の火災室内における燃焼生成ガス発生実験の結果、防護区画の容積に対する相対的の火災規模が大きい場合には、従来の避圧口の設計式では不十分であることが見いだされた。今後、基準化に先立ち、従来のハロン代替消火設備が想定する火災シナリオ、消火シナリオの範囲を明確にするとともに、この範囲を超える火災シナリオを考慮する必要がある場合は、合理的な避圧口の設計方法の検討が必要となる。

8.6 その他

本委員会が実施した燃焼生成物発生実験により、火災が著しく拡大した状況における、イナート系消火剤放出による酸素濃度の許容濃度を下回る低下、ならびにハロカーボン系およびイナート系消火剤放出時の区画内圧力の著しい上昇あるいは低下という挙動が、新たな安全上の課題として浮上した。今後、さらに新しい科学的知見が見いだされることにより、新たな安全上の課題が出現する可能性もあることを考慮すれば、パッケージ型消火設備を含む全設備について、設置場所、消火剤の種類、薬剤量等の設置実績の把握を可能とする体制を構築し、これを将来に渡り継続的に維持することが重要である。さらに、ハロン代替消火設備の技術水準の向上を図るため、誤放出を含む放出に関する情報の十分な開示のために、ハロン代替消火設備の使用事例に関するデータベースを構築する必要がある。

ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3 オン (FK-5-1-12) を
消火剤とする消火設備に係わるあり方検討会報告書 (抄)

平成 2 1 年 3 月

社団法人 日本消火装置工業会

3. 1 本委員会での検討事項

本委員会では、この技術基準をもとに次の項目について検討する。

- (a) 本消火剤固有の設計値
- (b) 設置用途と防護区画の面積及び体積
- (c) 使用する機器の認証の種類
- (d) 現在のガス系評価委員会で指摘されている内容の反映

- (e) 設置維持義務
- (f) 消防長等への届出及び検査
- (g) 点検及び報告義務
- (h) 消防長等の設置維持命令
- (i) 消防設備士の独占業務
- (j) 独占対象消防用設備等に係る工事着手の届出
- (k) 設備等技術基準適合検査義務

このうち(e)から(k)については、機器及びシステム設計がHFC-227e aのものがそのまま流用出来るためHFC-227e aと同様の取り扱いをしても良いかの確認を行うものとする。

2. 検討結果

3. 4項に示した各項目について検討した結果を、FK-5-1-12を消火剤とする消火設備の技術基準に示す。また、比較のためにハロゲン化物消火設備の施行規則を併記し、違いがわかるようにした。なお、現在のガス系評価委員会で指摘されている内容も反映した内容となっている。

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>トデカフルオロニメチルペンタン・三オクタン (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>施行規則第二十条</p> <p>全域放出方式のハロゲン化物消火設備の噴射ヘッドは、前条第2項第一号の規定の例によるほか、次の各号に定めるところによらなければならない。</p> <p>(放射された消火剤が防護区画の全域に均一に、かつ、速やかに拡散することができるように設けること。) (第十九条第2項第一号)</p> <p>一 (省略)</p> <p>二 噴射ヘッドの放射圧力は、次のイ又はロに定めるところによること。</p> <p>イ (省略)</p> <p>ロ トリフルオロメタン(以下この条において「HFC-23」という。)を放射するハロゲン化物消火設備にあつては0.9メガパスカル以上、ヘプタフルオロプロペン(以下この条において「HFC-227ea」という。)を放射するハロゲン化物消火設備にあつては0.3メガパスカル以上であること。</p> <p>三 消火剤の放射時間は、次のイ又はロに定めるところによること</p> <p>イ (省略)</p> <p>ロ HFC-23又はHFC-227eaを放射するものにあつては、第3項第一号ロに定める消火剤の量を10秒以内に放射できるものであること。</p> <p>四 消防庁長官が定める基準に適合するものであること。</p> <p>2 (省略)</p> <p>3 ハロゲン化物消火剤の貯蔵容器又は貯蔵タンク(以下この条において「貯蔵容器等」という。)に貯蔵する消火剤の量は、次の各号に定めるところによらなければならない。</p> <p>一 全域放出方式のハロゲン化物消火設備にあつては、次のイ又はロに定めるところによること。</p>	<p>全域放出方式のFK-5-1-12を消火剤とする消火設備の噴射ヘッドは次に定めるところにより設けなければならない。</p> <p>放射された消火剤が防護区画の全域に均一に、かつ、速やかに拡散できるように設けること。</p> <p>(消火剤放射前の区画内温度は、温度警度以上であること。)</p> <p>噴射ヘッドの放射圧力は、0.3メガパスカル以上であること。</p> <p>FK-5-1-12を消火剤とする消火設備にあつては、消火剤の放射時間は、次に定める消火剤の量を10秒以内に放射できるものであること。</p> <p>消防庁長官が定める基準に適合するものであること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン・三オキシ (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>						
<p>イ (省略)</p> <p>ロ HFC-23 又は HFC-227ea を放射するもの にあつては次の表の上欄に掲げる消火剤の種別 の区分に応じ、同表下欄に掲げる量の割合で計算 した量とすること。</p> <table border="1" data-bbox="229 629 790 1014"> <tr> <td>消火剤の種別</td> <td>防護区画の体積1立方メー トル当たりの消火剤の量</td> </tr> <tr> <td>HFC-23</td> <td>0.52 以上0.80 キログラム以 下</td> </tr> <tr> <td>HFC-227ea</td> <td>0.55 以上0.72 以下</td> </tr> </table> <p>二 (省略)</p> <p>三 全域放出方式又は局所放出方式のハロ ゲン化物消火設備において、同一の防火対象物 又はその部分に防護区画又は防護対象物が二 以上存する場合には、それぞれの防護区画又は 防護対象物について前二号の規定の例により 計算した量のうち最大の量以上の量とすること。</p> <p>四 (省略)</p> <p>4 全域放出方式又は局所放出方式のハロゲ ン化物消火設備の設置及び維持に関する技術上 の基準の細目は、前条第五項第三号及び第十八号 の規定の例によるほか、次のとおりとする。</p> <p>(防護区画の換気装置は、消火剤放射前に停止 できる構造とすること。)</p> <p>一 (省略)</p>	消火剤の種別	防護区画の体積1立方メー トル当たりの消火剤の量	HFC-23	0.52 以上0.80 キログラム以 下	HFC-227ea	0.55 以上0.72 以下	<p>貯蔵容器に貯蔵する消火剤の量は、FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備にあつては、次に掲 げる量の割合で計算した量とすること。</p> <p>防護区画の体積1立方メートル当たり0.84 kg 以上1.46 kg 以下の割合で計算した量とする こと。</p> <p>全域放出方式の FK-5-1-12 を消火剤とする消 火設備において、同一の防火対象物に防護 区画が二以上存する場合には、それぞれの 防護区画について前号の規定の例により計 算した量のうち最大の量以上の量とすること。</p> <p>FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備の設置及 び維持に関する技術上の基準の細目は、次の とおりとする。</p> <p>防護区画の換気装置は、消火剤放射前に停止 できる構造とすること。</p>
消火剤の種別	防護区画の体積1立方メー トル当たりの消火剤の量						
HFC-23	0.52 以上0.80 キログラム以 下						
HFC-227ea	0.55 以上0.72 以下						

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン三オン (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>																					
<p>二の二 全域放出方式のハロゲン化物消火設備に使用する消火剤は、次の表の上欄に掲げる当該消火設備を設置する防火対象物又はその部分の区分に応じ、同表下欄に掲げる消火剤とすること。</p>	<p>全域放出方式の FK-5-1-12 消火剤は、次の表の上欄に掲げる当該消火設備を設置する防火対象物に応じ、同表下欄に掲げる消火剤とすること。</p>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="229 658 469 752">防火対象物又はその部分</th> <th colspan="2" data-bbox="469 658 825 752">消火剤の種類別</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="229 752 469 1104">鍛造場、ボイラー室、乾燥室その他多量の火気を使用する部分又はガスタービンを原動力とする発電機が設置されている部分</td> <td colspan="2" data-bbox="469 752 825 1104">ハロン一三〇一</td> </tr> <tr> <td data-bbox="229 1104 469 1491">自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室</td> <td data-bbox="469 1104 671 1491">常時人のいない部分以外の部分又は防護区画の面積が千平方メートル以上若しくは体積が三千立方メートル以上のもの</td> <td data-bbox="671 1104 825 1491">ハロン一三〇一</td> </tr> <tr> <td data-bbox="229 1491 469 1783">指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分</td> <td data-bbox="469 1491 671 1783">その他のもの</td> <td data-bbox="671 1491 825 1783">ハロン一三〇一、HFC123又はHFC125^a</td> </tr> <tr> <td data-bbox="229 1783 469 1973"></td> <td data-bbox="469 1783 671 1973">ハロン二四〇二、ハロン二二二又はハロン一三〇一</td> <td data-bbox="671 1783 825 1973"></td> </tr> </tbody> </table>	防火対象物又はその部分	消火剤の種類別		鍛造場、ボイラー室、乾燥室その他多量の火気を使用する部分又はガスタービンを原動力とする発電機が設置されている部分	ハロン一三〇一		自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室	常時人のいない部分以外の部分又は防護区画の面積が千平方メートル以上若しくは体積が三千立方メートル以上のもの	ハロン一三〇一	指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分	その他のもの	ハロン一三〇一、HFC123又はHFC125 ^a		ハロン二四〇二、ハロン二二二又はハロン一三〇一		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="863 658 1230 752">防火対象物又はその部分</th> <th data-bbox="1230 658 1425 752">消火剤の種類別</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="863 752 1066 1473">自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室</td> <td data-bbox="1066 752 1230 1473">常時人のいない部分で防護区画の面積が千平方メートル未満又は体積が三千立方メートル未満のもの</td> <td data-bbox="1230 752 1425 1473">FK-5-1-12</td> </tr> </tbody> </table>	防火対象物又はその部分		消火剤の種類別	自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室	常時人のいない部分で防護区画の面積が千平方メートル未満又は体積が三千立方メートル未満のもの	FK-5-1-12
防火対象物又はその部分	消火剤の種類別																					
鍛造場、ボイラー室、乾燥室その他多量の火気を使用する部分又はガスタービンを原動力とする発電機が設置されている部分	ハロン一三〇一																					
自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室	常時人のいない部分以外の部分又は防護区画の面積が千平方メートル以上若しくは体積が三千立方メートル以上のもの	ハロン一三〇一																				
指定可燃物を貯蔵し、又は取り扱う防火対象物又はその部分	その他のもの	ハロン一三〇一、HFC123又はHFC125 ^a																				
	ハロン二四〇二、ハロン二二二又はハロン一三〇一																					
防火対象物又はその部分		消火剤の種類別																				
自動車の修理の用に供される部分、駐車のために供される部分、発電機（ガスタービンを原動力とするものを除く）、変圧器その他これらに類する電気設備が設置されている部分又は通信機器室	常時人のいない部分で防護区画の面積が千平方メートル未満又は体積が三千立方メートル未満のもの	FK-5-1-12																				

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>トデカフルオロニメチルペンタン・三オク (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>二の三 (省略)</p> <p>二の四 全域放出方式のハロゲン化物消火設備を設置した防火対象物又はその部分の開口部は、次のイ又はロに定めるところによること。</p> <p>イ (省略)</p> <p>ロ HFC23 又は HFC-227ea を放射するものにあつては、前条第5項第四号ロの規定の例によること。 (塗素 IG-55、IG541 を放射するものにあつては、消火剤放射前に閉鎖できる自動閉鎖装置を設けること。) (第十九条第5項第四号ロ)</p> <p>三 貯蔵容器等の充てん比は、…………… ハロゲン 1301 及び HFC227ea にあつては 0.9 以上 1.6 以下、HFC23 にあつては 1.2 以上 1.5 以下であること。</p> <p>四 貯蔵容器等は、前条第5項第六号の例によるほか、次のイからハまでに定めるところによる。</p> <p>(貯蔵容器は、次のイからハまでに定めるところにより設けること。)</p> <p>(イ 防護区画以外の場所に設けること。)</p> <p>(ロ 温度四十度以下で温度変化が少ない場所に設けること。)</p> <p>(ハ 直射日光及び雨水のかかるおそれの少ない場所に設けること。)</p> <p>(第十九条第5項第六号)</p> <p>イ 貯蔵容器等には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置を設けること。</p>	<p>FK-5-1-12 を消火剤とする消火設備を設置した部分の開口部は、消火剤放出前に閉鎖できる自動閉鎖装置を設けること。</p> <p>貯蔵容器の充てん比は、0.7 以上 1.6 以下であること。</p> <p>貯蔵容器等は、次に定めるところによる。</p> <p>防護区画以外の場所に設けること。 温度四十度以下で温度変化が少ない場所に設けること。 直射日光及び雨水のかかるおそれの少ない場所に設けること。</p> <p>貯蔵容器等には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置を設けること。</p>

<p>(ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条))</p>	<p>トデカフルオロニメチルペンタン三オキシ (FK-5-1-12)を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>ロ (省略)</p> <p>ハ その見やすい箇所に、充てん消火剤量、消火剤の種類、最高使用圧力(加圧式のものに限る。)製造年及び製造者名を表示すること。</p> <p>五 加圧式の貯蔵容器等は、温度20度において、……ハロン1301又はHFC-227eaを貯蔵するものにあつては2.5メガパスカル又は4.2メガパスカルとなるように窒素ガスで加圧したものであること。</p> <p>六 (省略)</p> <p>六の二 (省略)</p> <p>七 配管は、次のイからホまでに定めるところによること。</p> <p>イ 専用とすること。</p> <p>ロ 鋼管を用いる配管は、……ハロン1301又はHFC-227eaに係るものにあつては日本工業規格G3454のSTPG370のうち呼び厚さでスケジュール40以上のものに、HFC-23に係るものにあつては日本工業規格G3454のSTPG370のうちスケジュール80以上のものに適合するもの又はこれと同等以上の強度を有するもので、亜鉛メッキ等による防食処理を施したものをを用いること。</p> <p>ハ 鋼管を用いる配管は、日本工業規格H3300のタフピッチ銅に適合するもの又はこれと同等以上の強度及び耐食性を有するものをを用いること。</p>	<p>その見やすい箇所に、充てん消火剤量、消火剤の種類、製造年及び製造者名を表示すること。</p> <p>貯蔵容器は、温度20度において、4.2メガパスカルになるように窒素で加圧したものであること。</p> <p>配管は、次に定めるところによること。</p> <p>専用とすること。</p> <p>鋼管を用いる配管は、日本工業規格G3454のSTPG370のうち呼び厚さでスケジュール40以上のものに適合するもの又はこれと同等以上の強度を有するもので、亜鉛メッキ等による防食処理を施したものをを用いること。</p> <p>鋼管を用いる配管は、日本工業規格H3300のタフピッチ銅に適合するもの又はこれと同等以上の強度及び耐食性を有するものをを用いること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン・三オキシドデカフルオロニメチルペンタン・三オキシド (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備に適用される技術基準</p>
<p>ニ 管継手及びバルブ類は、鋼管若しくは銅管又はこれらと同等以上の強度及び耐食性を有するものであること。</p> <p>ホ 落差は、50メートル以下であること。</p> <p>ハ 貯蔵容器（畜圧式のものでその内圧力が1メガパスカル以上となるものに限る。）には、消防庁長官が定める基準に適合する容器弁を設けること。</p> <p>九 （省略）</p> <p>十 選択弁は、前条第五項第十一号イからハまでの規定の例によるほか、消防庁長官が定める基準に適合するものであること。</p> <p>（イ 一の防火対象物又はその部分に防護区画又は防護対象物が二以上存する場合において貯蔵容器を共用するときは、防護区画又は防護対象物ごとに選択弁を設けること。）</p> <p>（ロ 選択弁は、防護区画以外の場所に設けること。）</p> <p>（ハ 選択弁には選択弁である旨及びいずれの防護区画又は防護対象物の選択弁であるかを表示すること。）</p> <p>（第十九条第五項第十一号）</p> <p>十一 貯蔵容器等から噴射ヘッドまでの間に選択弁等を設けるものには、当該貯蔵容器等と選択弁等の間に、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置又は破壊板を設けること。</p>	<p>管継手及びバルブ類は、鋼管若しくは銅管又はこれらと同等以上の強度及び耐食性を有するものであること。</p> <p>落差は、50メートル以下であること。</p> <p>貯蔵容器には、消防庁長官が定める基準に適合する容器弁を設けること。</p> <p>選択弁は、次の規定の例によるほか、消防庁長官が定める基準に適合するものであること。</p> <p>一の防火対象物に防護区画が二以上存する場合において貯蔵容器を共用するときは、防護区画ごとに選択弁を設けること。</p> <p>選択弁は、防護区画以外の場所に設けること。</p> <p>選択弁には選択弁である旨及びいずれの防護区画又は防護対象物の選択弁であるかを表示すること。</p> <p>貯蔵容器等から噴射ヘッドまでの間に選択弁等を設けるものには、当該貯蔵容器等と選択弁等の間に、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置又は破壊板を設けること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン三オン (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>十二 起動ガス容器は、前条第五項第十三号の規定の例により設けること</p> <p>(イ 起動用ガス容器は、二十四・五メガパスカル以上の圧力に耐えるものであること。 (起動用ガス容器の内容積は、一リットル以上とし、当該容器に貯蔵する二酸化炭素の量は、〇・六キログラム以上で、かつ、充てん比は、一・五以上であること。 (起動用ガス容器には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置及び容器弁を設けること。) (第十九条第五項第十三号)</p> <p>十二の二 起動装置は、次のイ又はロに定めるところによること。</p> <p>イ (省略)</p> <p>ロ HFC-23 又は HFC-227ea を放射するものにあつては、前条第五項第十四号ロ及び第十六号の規定の例により設けること。</p> <p>(不活性ガス消火設備にあつては、自動式とすること。) (第十九条第五項第十四号ロ)</p> <p>(自動式の起動装置は、イからニまでに定めるところによること。) (第十九条第五項第十六号)</p>	<p>起動ガス容器は、次の規定の例により設けること</p> <p>起動用ガス容器は、二十四・五メガパスカル以上の圧力に耐えるものであること。 起動用ガス容器の内容積は、一リットル以上とし、起動用ガスは窒素ガス又は二酸化炭素とすること。 起動用ガスに窒素ガスを用いるものにあつては充填圧力が温度三五度において三・五メガパスカル以上、一四・七メガパスカル以下、二酸化炭素を用いるものにあつては当該容器に貯蔵する量は、〇・六キログラム以上で、かつ、充てん比は、一・五以上であること。</p> <p>起動用ガス容器には、消防庁長官が定める基準に適合する安全装置及び容器弁を設けること。</p> <p>起動装置は次に定めるところによること。</p> <p>自動式とすること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン・三オクタン (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備に適用される技術基準</p>
<p>(イ 起動装置は、自動火災報知設備感知器の作動と連動して起動するものであること。) (第十九条第五項第十六号イ)</p> <p>(ロ 起動装置には、次の(イ)から(ハ)までに定めるところにより自動手動切換え装置を設けること。) (イ)容易に操作できる箇所に設けること。 (ロ)自動及び手動を表示する表示灯を設けること。 (ハ)自動手動の切替えは、かぎ等によらなければ行えない構造とすること。) (第十九条第五項第十六号ロ)</p> <p>十三 音響警報装置は、前条第五項第十七号の規定の例により設けること。ただし、ハロン 1301 を放射する全域放出方式のものにあつては、音響による警報装置としないことができる。</p> <p>(音響警報装置は、次のイからニまでに定めるところによること。) (第十九条第五項第十七号)</p> <p>(イ 手動又は自動による起動装置の操作又は作動と連動して自動的に警報を発するものであり、かつ、消火剤放射前に遮断されないものであること。) (第十九条第五項第十七号イ)</p>	<p>起動装置は、一の火災信号は自動火災報知設備の感知器から制御盤に、他の火災信号は消火設備専用設ける感知器から制御盤に入る方式とするか、又は、消火設備専用として設けた複数の火災信号が制御盤に入る方式とし、AND 回路制御方式に限定するものとする。</p> <p>容易に操作できる箇所に設けること。 自動及び手動を表示する表示灯を設けること。 自動手動の切替えは、かぎ等によらなければ行えない構造とすること。</p> <p>音響警報装置は、次に定めるところによること。</p> <p>手動又は自動による起動装置の操作又は作動と連動して自動的に警報を発するものであり、かつ、消火剤放射前に遮断されないものであること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>ドデカフルオロニメチルペンタン-三オキシ (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>(ロ 音響警報装置は、防護区画又は防護対象物 にいるすべての者に消火剤が放射される旨を有効 に報知できるように設けること。) (第十九条第五項第十七号ロ)</p> <p>(ハ 全域放出方式のものに設ける音響警報装 置は、音声による警報装置とすること。ただし、常 時人のいない防火対象物にあつては、この限りでな い。) (第十九条第五項第十七号ハ)</p> <p>(ニ 音響警報装置は、消防庁長官が定める基準 に適合するものであること。) (第十九条第五項第十七号ニ)</p> <p>十四 全域放出方式のものには、次のイ又はロに 定めるところにより保安のための措置を講じること。 イ ハロン 2402、ハロン 1211 又はハロン 1301 を放射するものにあつては、次の(イ)から(ハ)までに 定めるところによること。</p> <p>(イ) 起動装置の放出用スイッチ、引き栓等の作 動から貯蔵容器等の容器弁又は放出弁の開放まで の時間が 20 秒以上となる遅延装置を設けること。 ただし、ハロン 1301 を放射するものにあつては、 遅延時間を設けないことができる。 (不活性ガス消火設備にあつては起動装置の 放出用スイッチ、引き栓等の作動により直ちに貯 蔵容器等の容器弁又は放出弁を開放するものであ ること。)(第十九条第五項第十六号イ)</p> <p>(ロ) (省略)</p> <p>(ハ) 防護区画の出入口等の見やすい箇所に消 火剤が放出された旨を表示する表示灯を設けるこ と。</p> <p>ロ HFC-23 又は HFC-227ea を放射するもの にあつては、イ(ハ) の規定の例によること。</p>	<p>音響警報装置は、防護区画にいるすべての者に 消火剤が放射される旨を有効に報知できるよう に設けること。</p> <p>音響警報装置は、音声による警報装置とすること。 ただし、常時人のいない防火対象物にあつ ては、この限りでない。</p> <p>音響警報装置は、消防庁長官が定める基準に適 合するものであること。</p> <p>全域放出方式の FK-5-1-12 を消火剤とする消 火設備にあつては、次に定めるところにより保 安のための措置を講じること。</p> <p>起動装置の放出用スイッチ、引き栓等の作動に より直ちに貯蔵容器等の容器弁又は放出弁を 開放するものであること。 (自動閉鎖装置等による防護区画形成に要す る最低限の時間を除く)</p> <p>防護区画の出入口の見やすい箇所に消火剤が 放出された旨を表示する表示灯を設けること。</p>

<p>ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>トデカフルオロニメチルペンタン・三オク (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>十四の二 全域放出方式のものには、消防庁長官が定める基準に適合する当該設備等の起動、停止等の制御を行う制御盤を設けること。</p> <p>十五 非常電源及び操作回路等の配線は、前条第5項第二十号及び第二十一号の規定の例により設けること。</p> <p>(非常電源は、自家発電設備、蓄電池設備又は燃料電池設備によるものとし、その容量を当該設備を有効に1時間作動できる容量以上とするほか、第十二条第1項第四号ロ、ハ、ニ及びホの規定の例により設けること。) (第十九条第5項第二十号)</p> <p>(操作回路、音響警報装置回路及び表示灯回路(次条及び第21条において「操作回路等」という。)の配線は、第十二条第1項第五号の規定の例により設けること。) (第十九条第5項第二十一号)</p> <p>十六 消火剤放射時の圧力損失計算は、消防庁長官が定める基準によること。</p> <p>十六の二 全域放出方式のハロゲン化物消火設備(HFC-23又はHFC-227eaを放射するものに限る。)を設置した防護区画には、当該防護区画内の圧力上昇を防止するための措置を講じること。</p>	<p>全域放出方式のFK-5-1-12を消火剤とする消火設備にあつては、消防庁長官が定める基準に適合する当該設備等の起動、停止等の制御を行う制御盤を設けること。</p> <p>非常電源は、自家発電設備、蓄電池設備又は燃料電池設備によるものとし、その容量は当該設備を有効に1時間作動できる容量以上とするほか、施行規則第十二条第1項第四号ハ及びニの規定の例により設けること。</p> <p>操作回路、音響警報装置回路及び表示灯回路の配線は、施行規則第十二条第1項第五号の例により設けること。</p> <p>消火剤放射時の圧力損失計算は、消防庁長官が定める基準によること。</p> <p>当該防護区画内の圧力上昇を防止するための措置を講じること。</p>

<p>(ハロゲン化物消火設備に関する基準 (施行規則第二十条)</p>	<p>トデカフルオロニメチルペンタン・ニオン (FK-5-1-12) を消火剤とする消火設備 に適用される技術基準</p>
<p>十七 (省略)</p> <p>十八 貯蔵容器等、加圧ガス容器、配管及び非常電源には、第十二条第一項第九号に規定する措置を講じること。</p> <p>(貯水槽、加圧送水装置、非常電源、配管等(以下「貯水槽等」という。)には地震による震動等に耐えるための有効な措置を講じること。 (第十二条第一項第九号)</p> <p>(不活性ガス消火設備を設置した場所には、その放出された消火剤及び燃焼ガスを安全な場所に排出するための措置を講じること。) (第十九条第五項第十八号)</p> <p>5 (省略)</p>	<p>貯蔵容器等を収納する組枠、配管及び非常電源には、地震による震動等に耐えるための有効な措置を講じること。</p> <p>防護区画には、放射された消火剤及び燃焼ガスを安全な場所に排出するための措置を講じること。</p>

巻末参考資料

FK-5-1-1-2の評価を行った実験例等を下記に示す。

1. 人に対する消火剤の影響

FK-5-1-1-2は、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（昭和48年法律第117号、化審法）第4条第1項の規定に基づき、同項第3号に該当する（第一種特定化学物質でも指定化学物質でもない「白物質」）と判断されており、化学物質としての規制はない。

2. 消火性能及び拡散性能等

2.1 実験1

実規模区画(5m×5m×4m)における消火実験を行い、消火性能を確認した。各可燃物は問題なく消火した。HF濃度及びCO濃度を測定し、単位体積当たりの火災規模と各濃度について整理し、HFC-227eaの場合と比較した。HF濃度は、火災規模に比例し、その値はHFC-227eaと同等又はそれ以下と判断できた。CO濃度は火災規模によらずほぼ一定で、その値は両消火剤とも同等であった。

また、各コーナー及びバップル上下に小火皿を置いた状態で消火確認を行い、拡散性を検証した。

- ・ 可燃物：PEケーブル（φ12mm×600^lmm、22本）、クリブ、n-ヘプタン
- ・ 立会者：総務省消防庁、消防研究所、東京消防庁、名古屋市消防局、大学関係者、日本消防設備安全センター（敬称略）

2.2 実験2

実規模区画(5m×5m×4m)における消火実験を行い、消火性能を確認した。ケーブルについては天井付近に設置した状態で消火実験を行った。放射後の濃度を室内の上段、中段、下段で測定したが、どのポイントもほぼ同じで濃度のバラツキがないことが確認された。

- ・ 可燃物：PEケーブル（φ12mm×600^lmm、22本）、クリブ、n-ヘプタン
- ・ 立会者：総務省消防庁（敬称略）

2.3 実験3

実規模区画(4.8m×4.8m×4.0m)における消火実験を事務所想定で行い、消火性能を確認した。煙感知器（1種、2種、3種）が作動すると想定される放射計の数値以上になった時点で手動により放出を行い、消火することを確認した。放射後の濃度を室内の上段、中段、下段で測定したが、大きな濃度ムラは見られなかった。

- ・ 可燃物：机（鉄板組立、側面化粧板は合成樹脂）、パソコン、CRT、キーボード、書類、段ボール、椅子（合板、ウレタン）、ごみ箱（合成樹脂）

2. 4 実験4

駐車場における車両火災に関するFK-5-1-12の消火性能を実規模区画(5m×5m×4m)で確認した。火災箇所はエンジンルーム内と車内の2箇所を想定した。車両には被覆配線用ビニール、ゴム類、合成樹脂類などの可燃物が存在するが、複数の可燃物が燃焼している状態で消火実験を行うことにより、車両火災に関する総合的な消火性能が確認できたと考えられる。

2. 5 実験5

大規模区画(8m×12.5m×5.0m、500m³)における消火実験を複数のノズルを用いて各コーナー上下に小火皿を置いた状態で消火確認を行い、拡散性を検証した。放射後の濃度を室内の上段、中段、下段で測定したが、どのポイントもほぼ同じで濃度のバラツキがないことが確認された。

機械式地下駐車場等における室内温度について

1. 概要

FK-5-1-12 消火剤について、寒冷地にある機械式地下駐車場及び非常用発電機室(以下、「機械式地下駐車場等」という。)などに設置した場合に適切に気化できるか検証するため、実際の室内温度を冬季に調査した。その結果、機械式地下駐車場においては外気温が -12°C であっても室内温度は $9\sim 10^{\circ}\text{C}$ で、非常用発電機室においては外気温が -12°C であっても室内温度は約 6°C であった。このことから、いずれの区画も室内温度は著しい低温にならないことを確認した。

2. 対象物

- (1) 機械式地下駐車場……2箇所
- (2) 非常用発電機室……2箇所

3. 地域

北海道札幌市

4. 測定時期

2010年1月25日から2月5日(札幌市において一年の中で一番気温が低い時期)

5. 測定器他

- ・ 計測器……ポータブル式デジタル温度記録計
- ・ 計測インターバル……1h(24点/日×12日=288点)
- ・ 測定点……2点

6. 測定結果

測定結果を6-1から6-4に示す。また、測定温度の最低値を表1に示す。

表1 測定結果(気温最低値)

実験結果	外気温最低値 ($^{\circ}\text{C}$) ^{※1)}	室内平均最低値 ($^{\circ}\text{C}$)
地下駐車場①	-11.9	9.7
地下駐車場②	-11.9	8.8
発電機室①	-11.9	16.3 ^{※2)}
発電機室②	-11.9	6.3

※1) 外気温は札幌市における気象庁の測定結果を引用した。

※2) 発電機室①は、24h 空調換気していた。

6-1. 地下駐車場①

- ・ 区画の大きさ:幅 16.2m×長さ 13.7m×高さ 7.3m^H
- ・ 区画の体積:1837m³
- ・ 換気量:5710m³/h、換気回数3.1回
- ・ 種類:水平循環式
- ・ 収容台数:30台

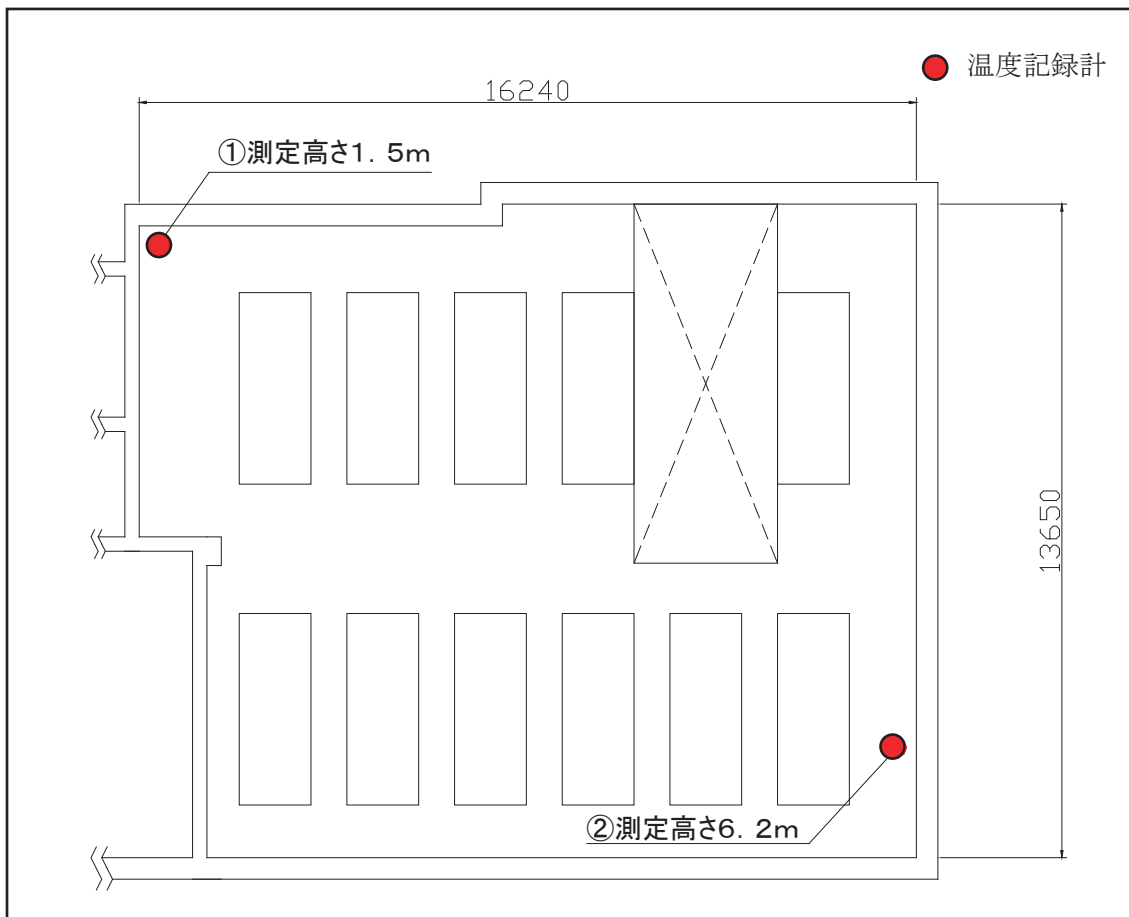
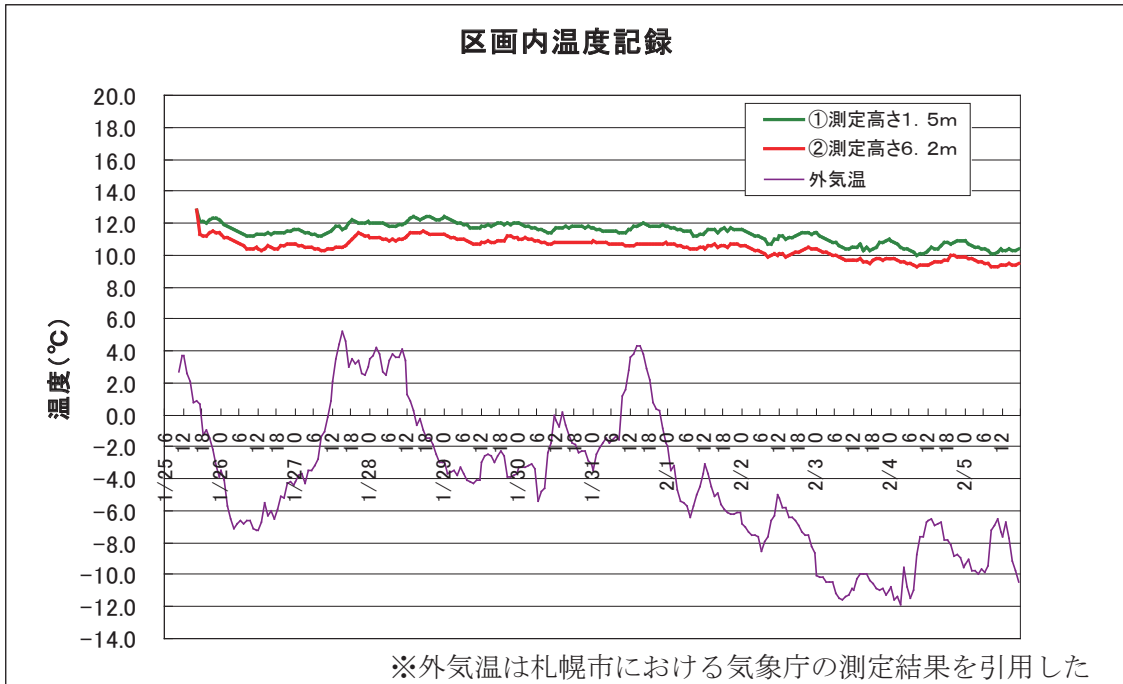
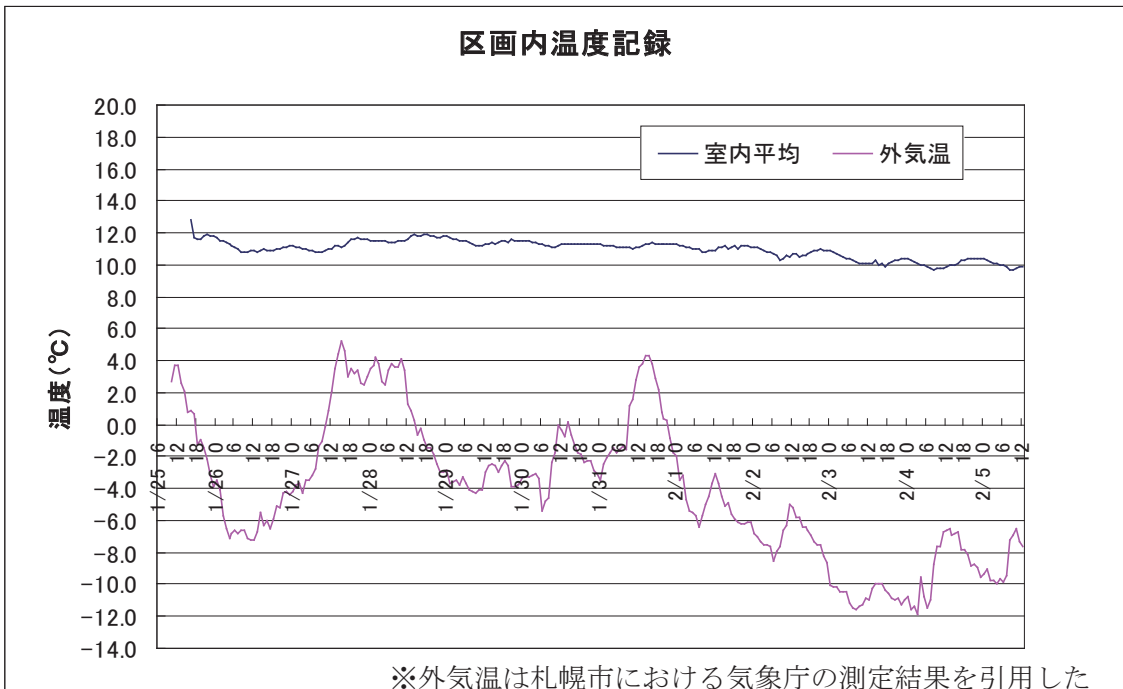


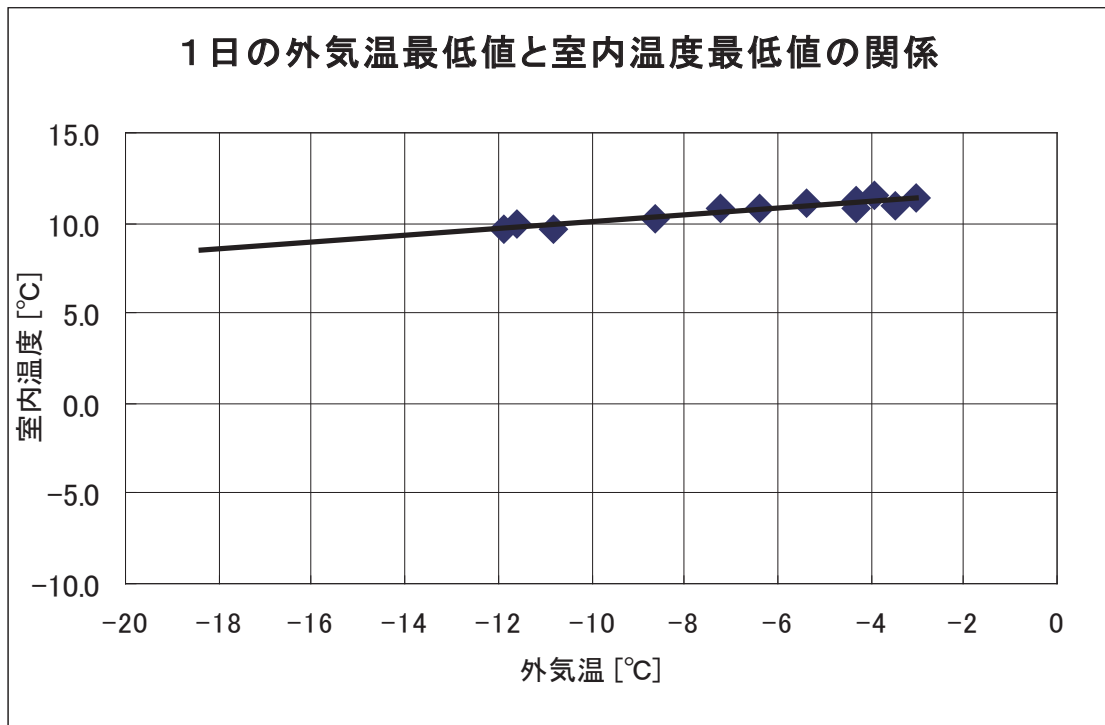
図6-1 温度測定位置



グラフ6-1-1 測定結果



グラフ6-1-2 測定結果(室内平均と外気温)



グラフ6-1-3 1日の外気温の最低値と室内温度の最低値の関係

6-2. 地下駐車場②

- ・ 区画の大きさ: 幅 13.5m × 長さ 44.9m × 高さ 6.4m^H
- ・ 区画の体積: 2938m³
- ・ 換気量: 7200m³/h、換気回数2.5回
- ・ 種類: 平面往復式
- ・ 収容台数: 38 台

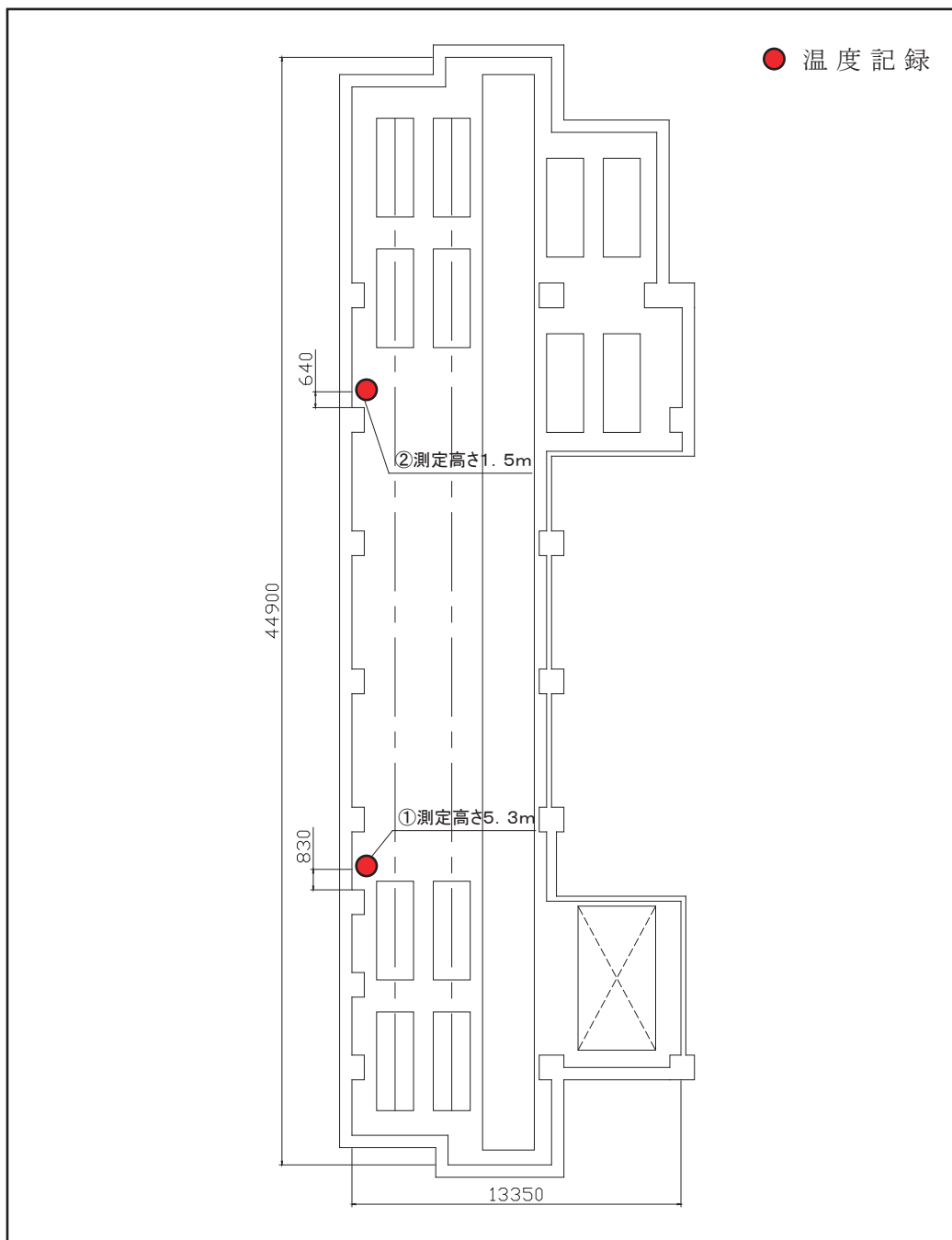
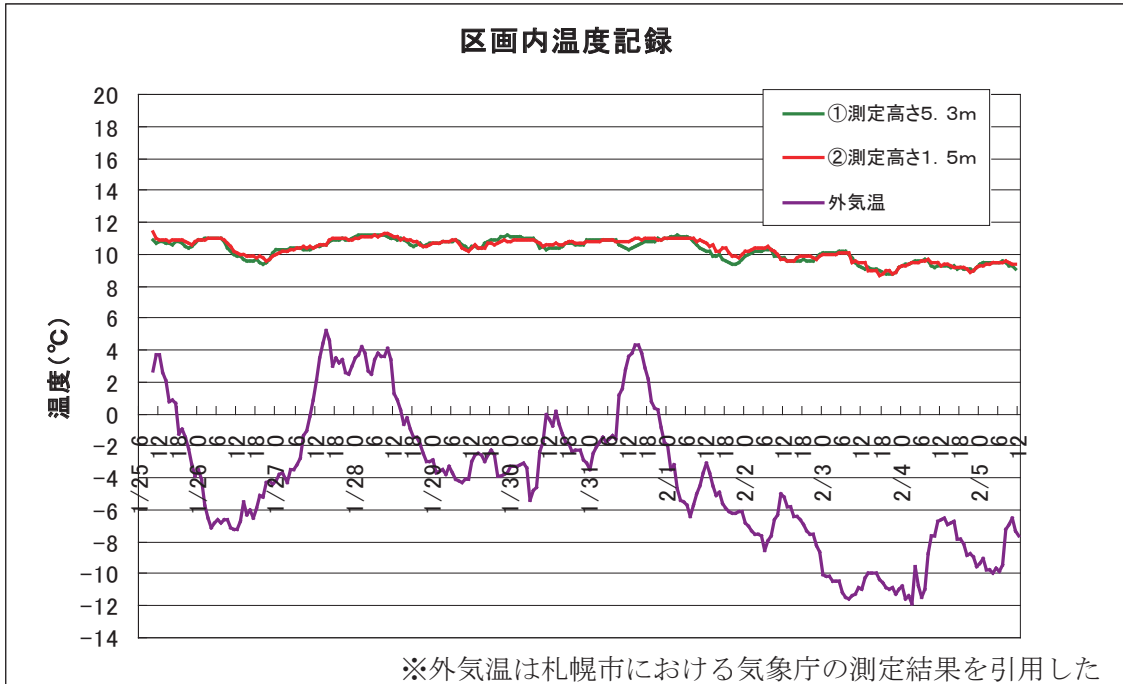
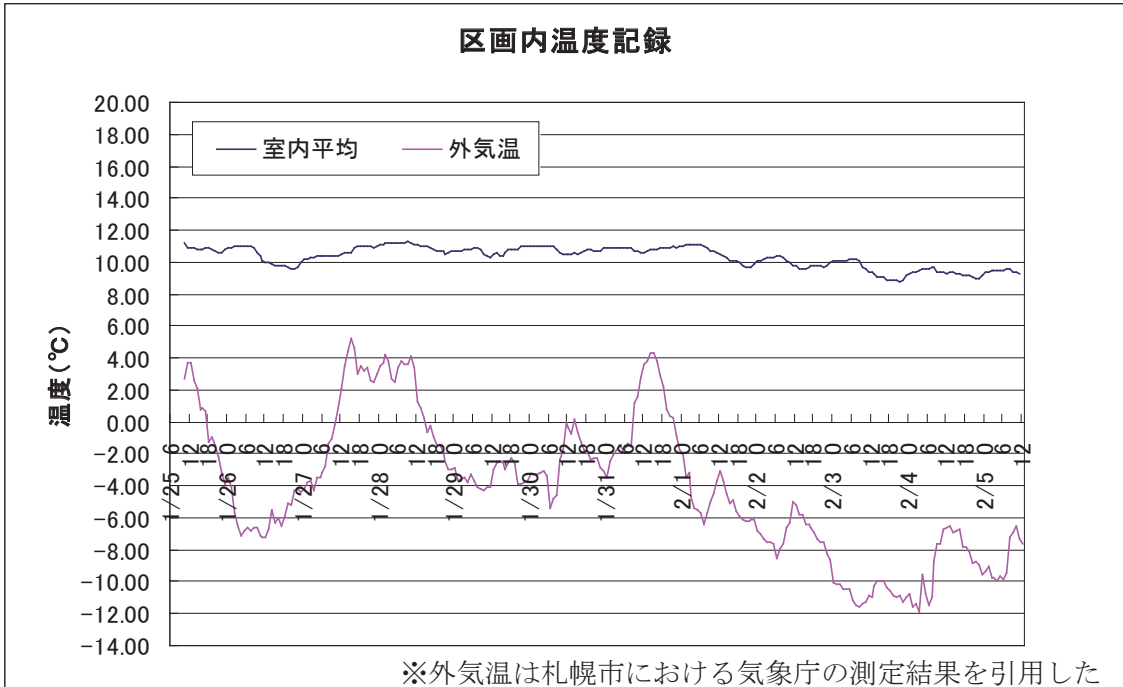


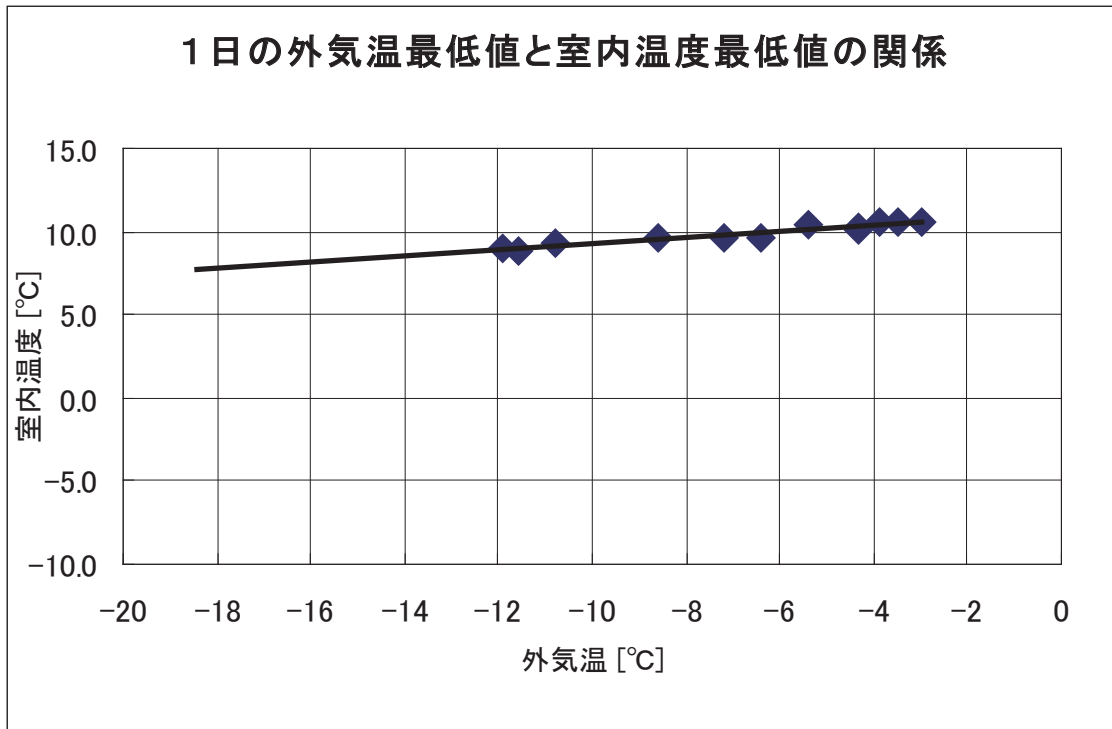
図6-2 温度測定位置



グラフ6-2-1 測定結果



グラフ6-2-2 測定結果(室内平均と外気温)



グラフ6-2-3 1日の外気温の最低値と室内温度の最低値の関係

6-3. 非常用発電機室①

- ・ 区画の大きさ: 幅 7.9m × 長さ 6.1m × 高さ 7.3m^H
- ・ 区画の体積: 353m³
- ・ 換気量: 2771m³/h、換気回数7.8回(空調換気)

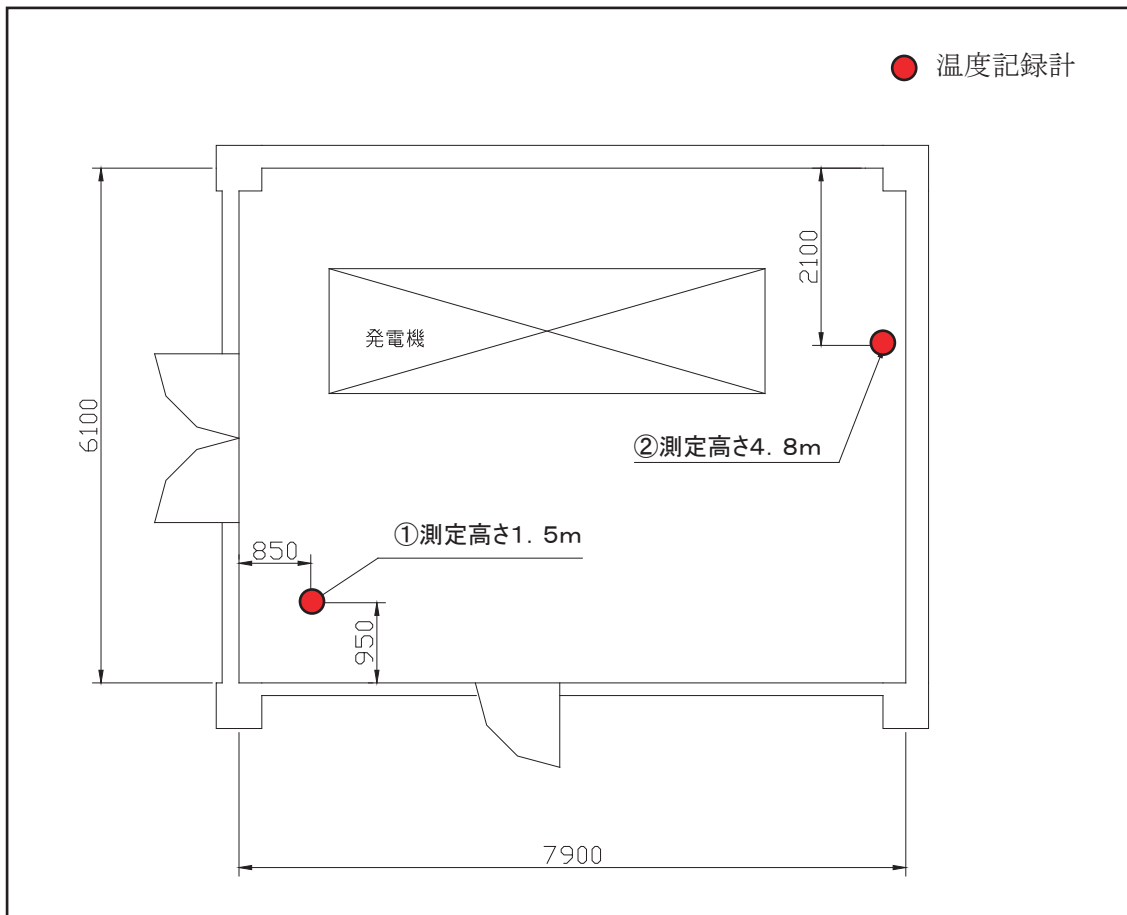
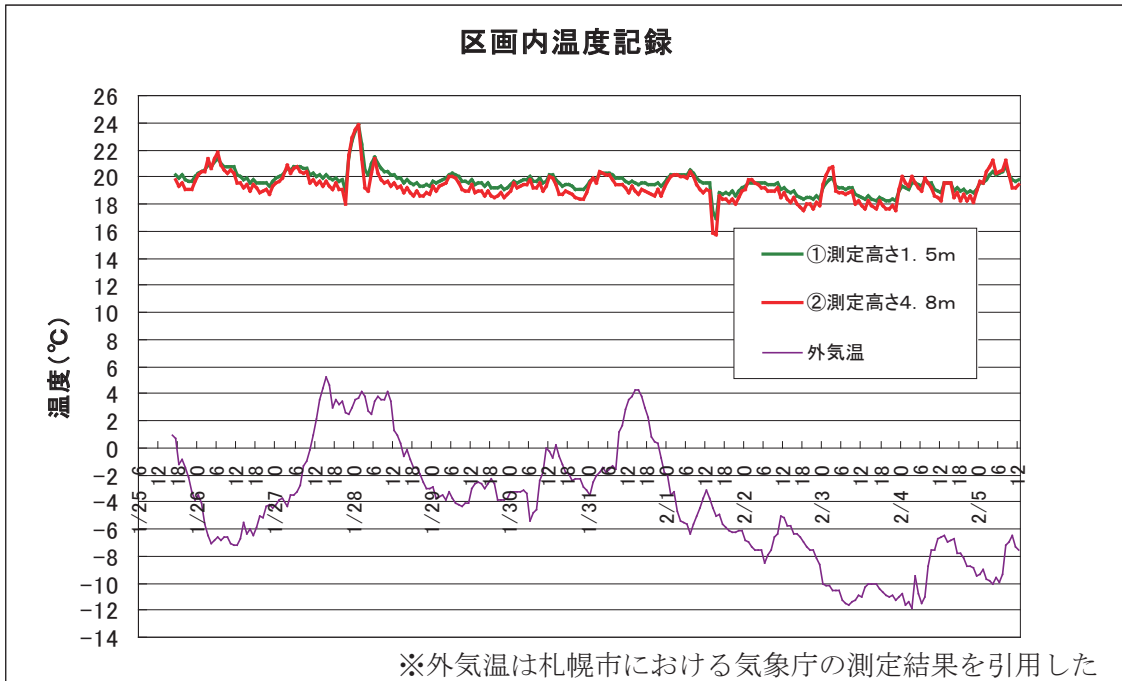
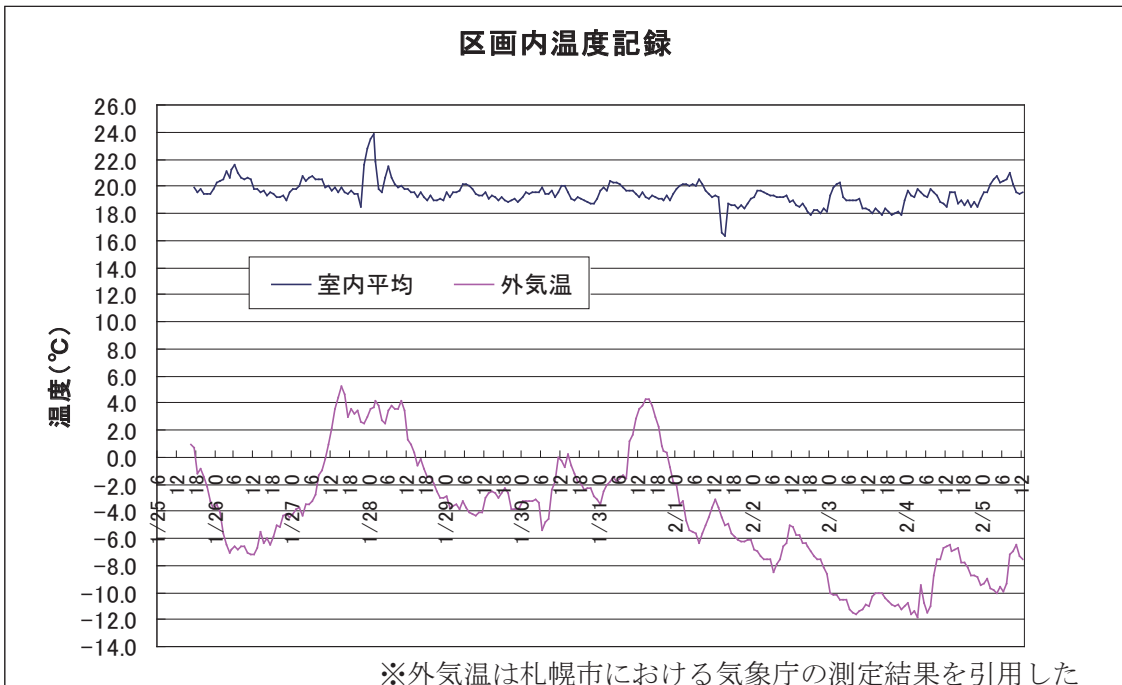


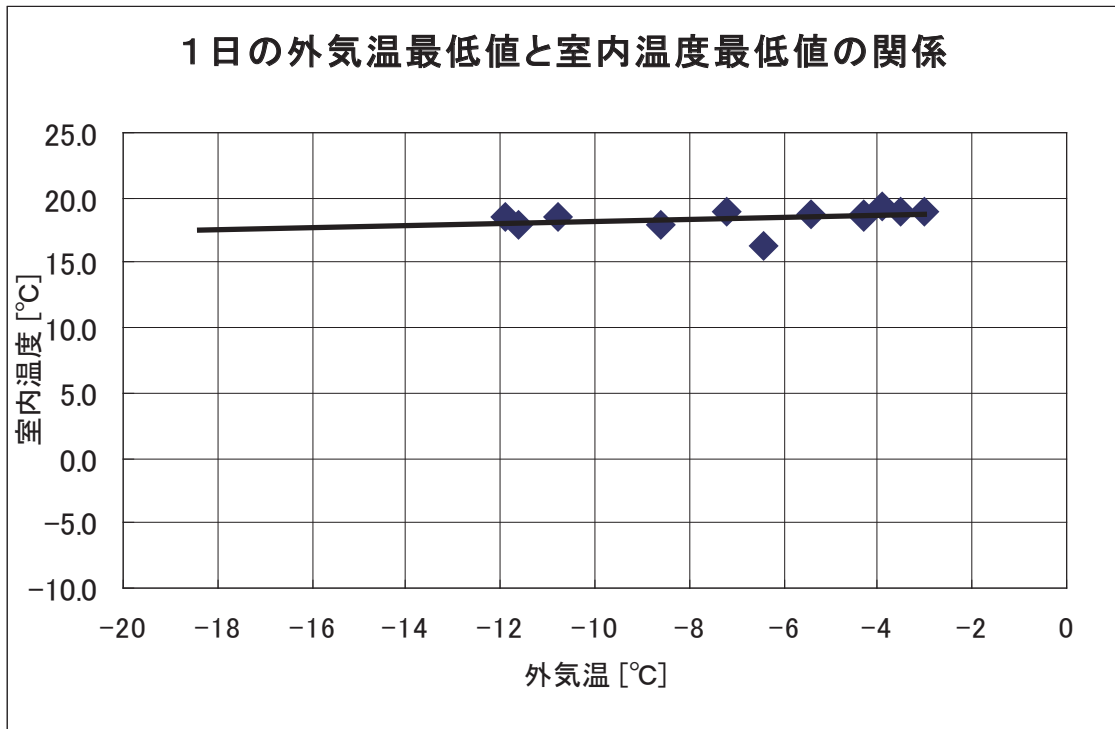
図6-3 温度測定位置



グラフ6-3-1 測定結果



グラフ6-3-2 測定結果(室内平均と外気温)



グラフ6-3-3 1日の外気温の最低値と室内温度の最低値の関係

6-4. 非常用発電機室②

- 区画の大きさ: 幅 7.5m × 長さ 6.0m × 高さ 8.0m^H
- 区画の体積: 360m³
- 換気量: 1100m³/h、換気回数3.1回

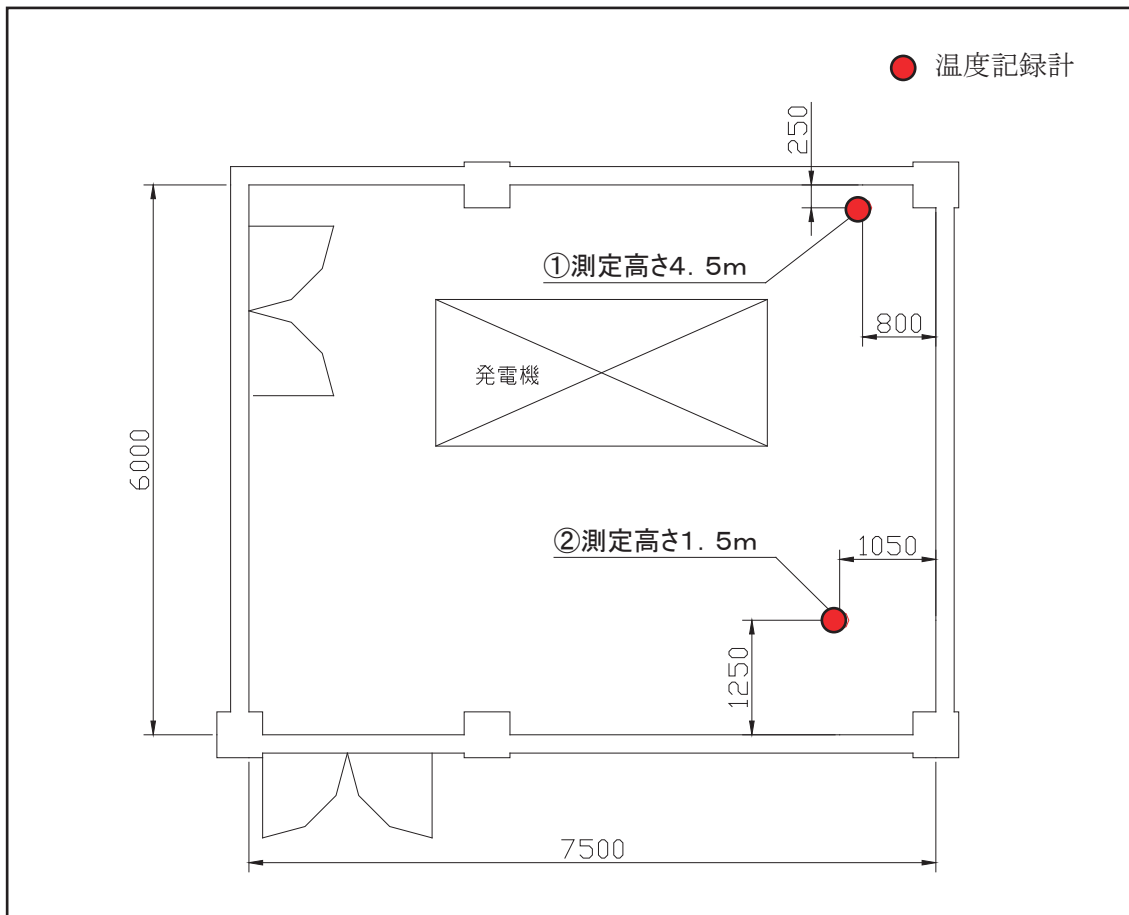
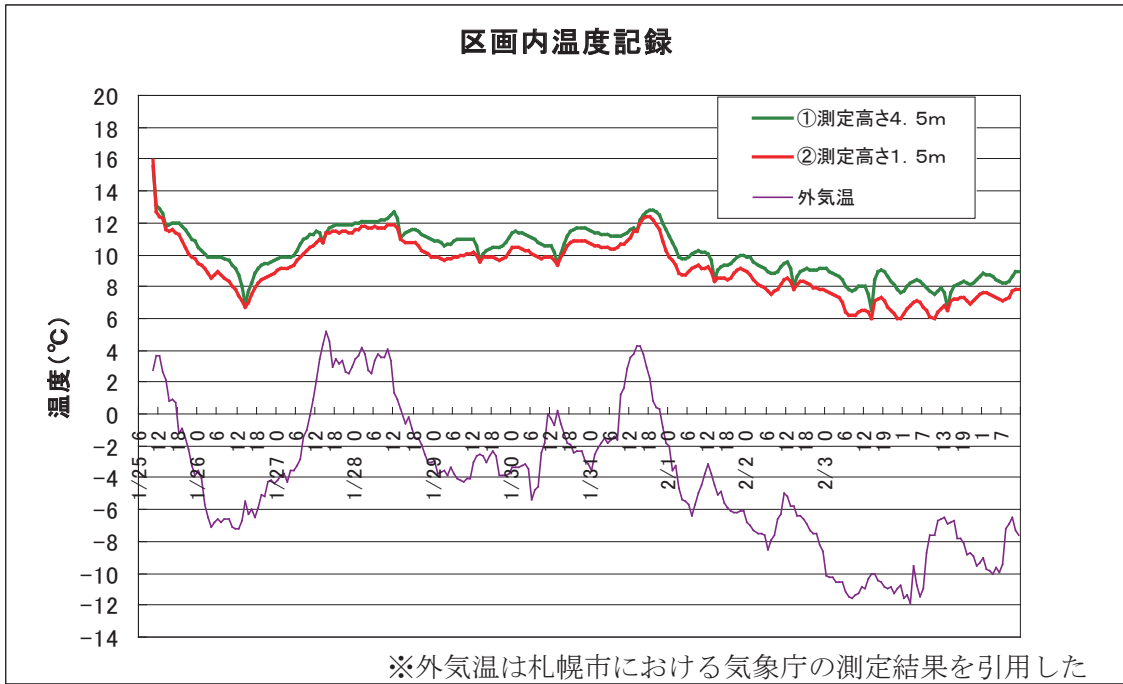
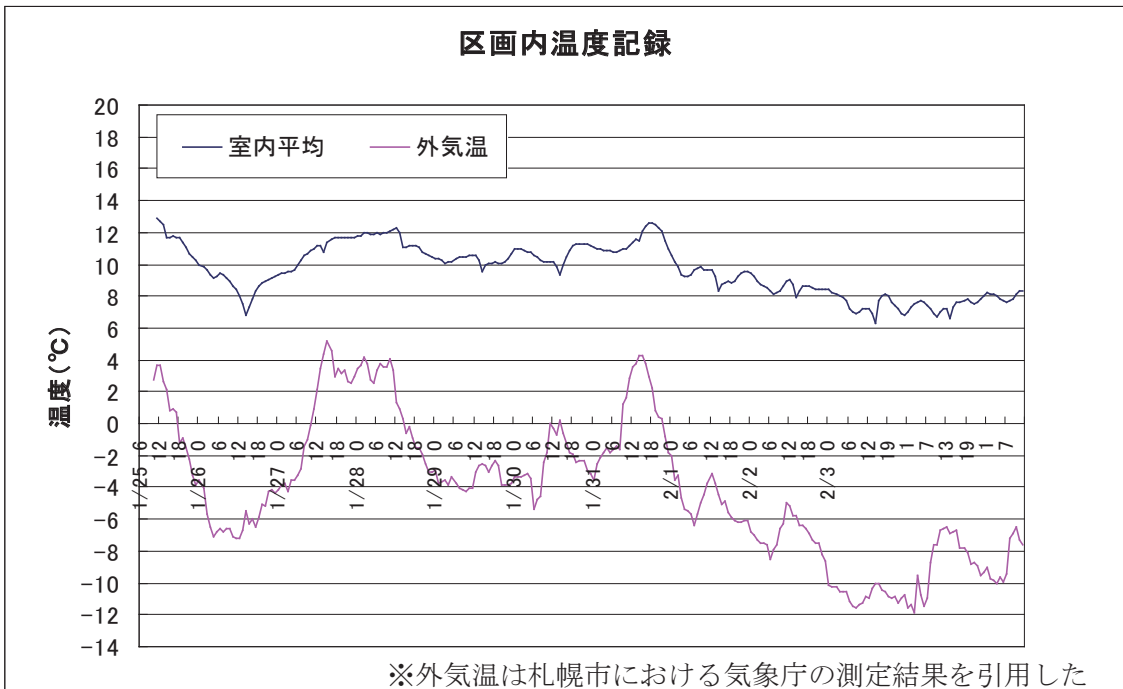


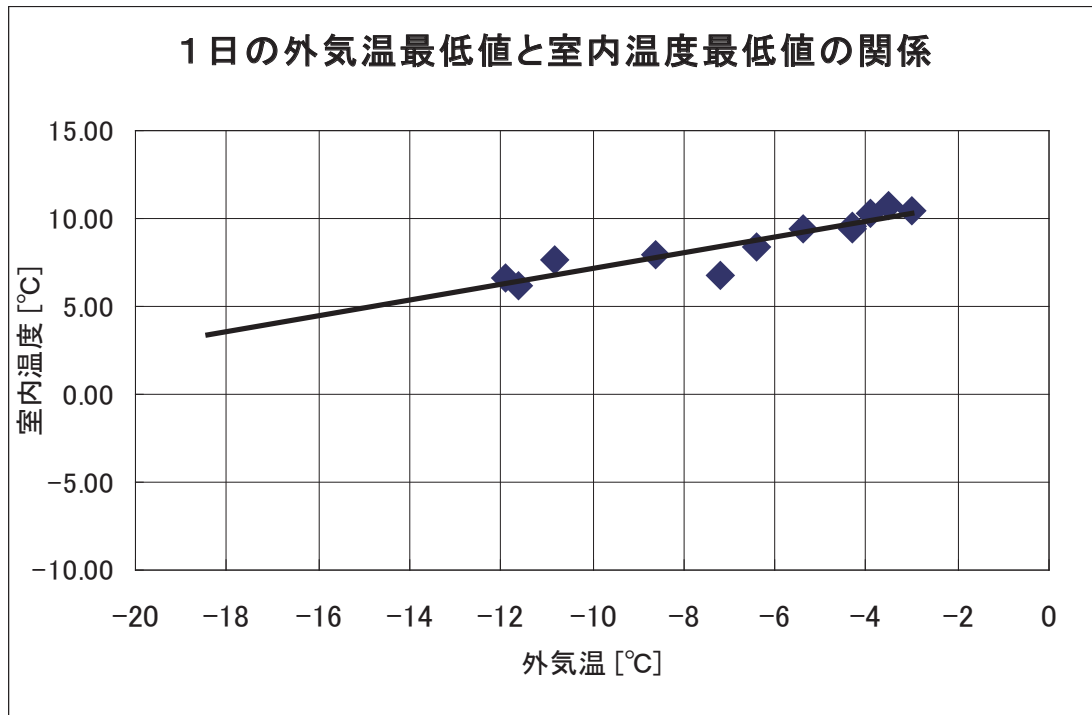
図6-4 温度測定位置



グラフ6-4-1 測定結果



グラフ6-4-2 測定結果(室内平均と外気温)



グラフ6-4-3 1日の外気温の最低値と室内温度の最低値の関係

非常用発電機室における火災時の室内温度シミュレーション

1. 概要

非常用発電機室で火災が発生し感知器作動後に消火剤を放出する場合の感知器作動時間と、消火剤放出後の室内平均温度のシミュレーションを行った。室内の初期温度は低温の場合とし、 -5°C と -10°C の2ケースについて行った。

その結果、感知器は火源直上の最も作動が早くなる位置に配置した場合でも、初期温度が -5°C および -10°C の場合には、火災発生後 9～15 秒程度で感知器が作動し、この時の室内平均温度は $10\sim 21^{\circ}\text{C}$ になることが分かった。また、遅延時間 5 秒を加えた消火剤を放出する直前の平均室温は、 $19\sim 23^{\circ}\text{C}$ になることが分かった。

このことから、発電機室で火災が発生した場合には、火災発生前が -10°C の低温条件であっても消火剤放射前の室内平均温度は FK-5-1-12 が十分気化可能な温度になっていると判断する。

2. 発電機室における計算条件

計算条件は次の通り

- ・ 対象区画: 非常用発電機室
- ・ 床面積: $14.1\text{m} \times 14.1\text{m} = 200\text{m}^2$
- ・ 高さ: 4m
- ・ 体積: 800m^3
- ・ 初期室温: -5°C 、 -10°C の2種類
- ・ 火源: 燃料の軽油漏洩火災
- ・ 火災モデル: 成長火源を想定しない 0.8m^2 ($0.9\text{m} \times 0.9\text{m}$) の軽油定常燃焼モデル
- ・ 換気量: $2400\text{m}^3/\text{h}$ (3回換気)、図1による。
- ・ 吸入口 (排気): 高さ1m、排気口4個 (流量は1個当たり $600\text{m}^3/\text{h}$)
- ・ 吹出口 (給気): 高さ3m、吸気口4個 (流量は1個当たり $600\text{m}^3/\text{h}$)
- ・ 感知器: 定温式スポット型感知器、(75°C)
- ・ 感知器取付位置: 天井上部、図2による。
- ・ 感知器の受熱部の高さ: 45mm
- ・ 感知特性
 - 定温式スポット型感知器1種 75°C
 - RTI = 84.5sec
 - C = 0.5
 - Tth = 75°C (作動閾値)

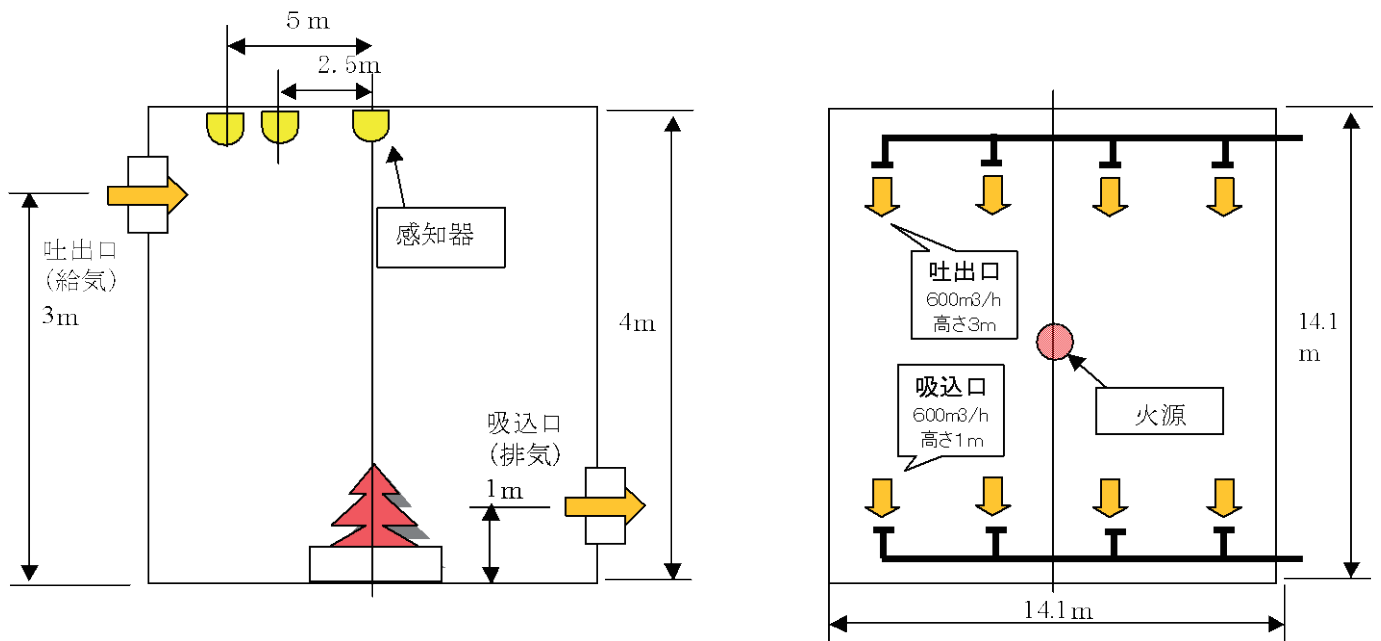


図1 シミュレーションモデル

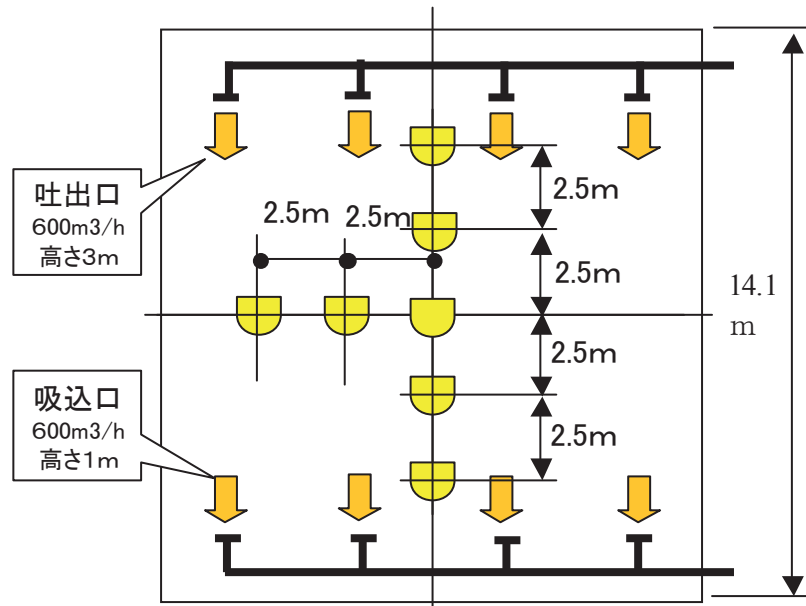


図2 感知器の位置

3. 定温式感知器作動時間

3.1 FDSによる定温式感知器作動予測結果

火災発生から感知器作動までのFDSによるシミュレーションを行った。シミュレーションにおける点火時間は計算開始 60 秒後とした。火源直上の感知器の作動時間は、初期温度が -5°C の時は点火 14 秒後、 -10°C の時は 16 秒後である。なお、感知器作動時間は感知器近傍温度が作動閾値を上回ったときの時間とした。シミュレーション結果を図3～図7に示す。

火源直上感知器の作動時間

初期温度	火源直上感知器の作動時間
-5°C	14s
-10°C	16s

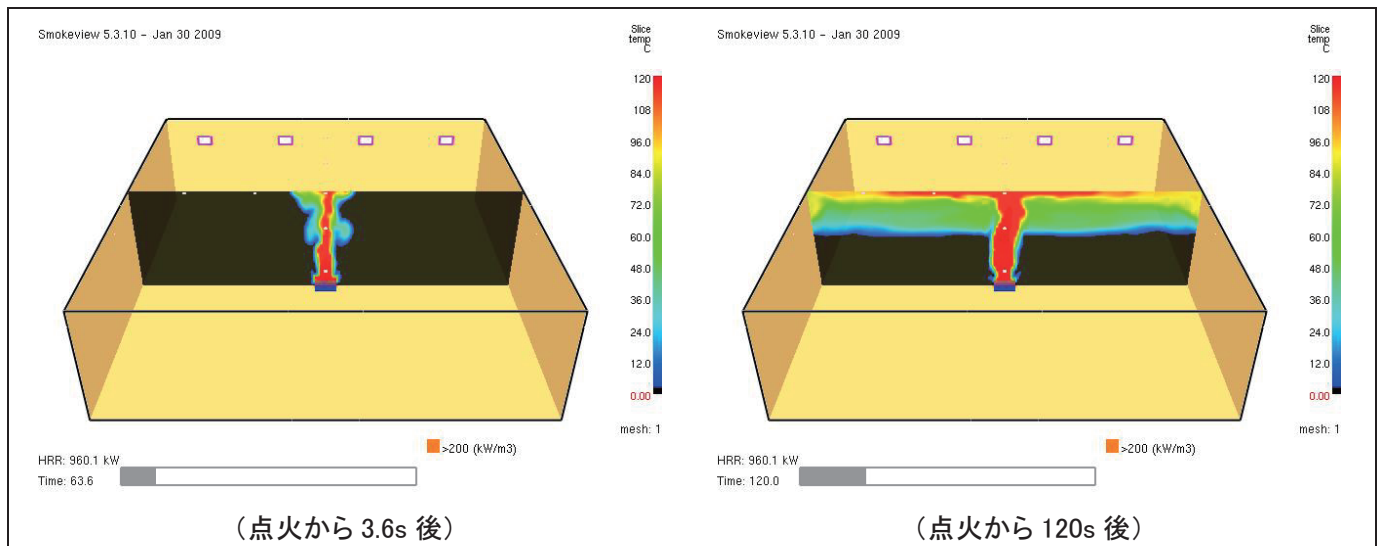


図3 初期温度 -5°C のシミュレーション結果

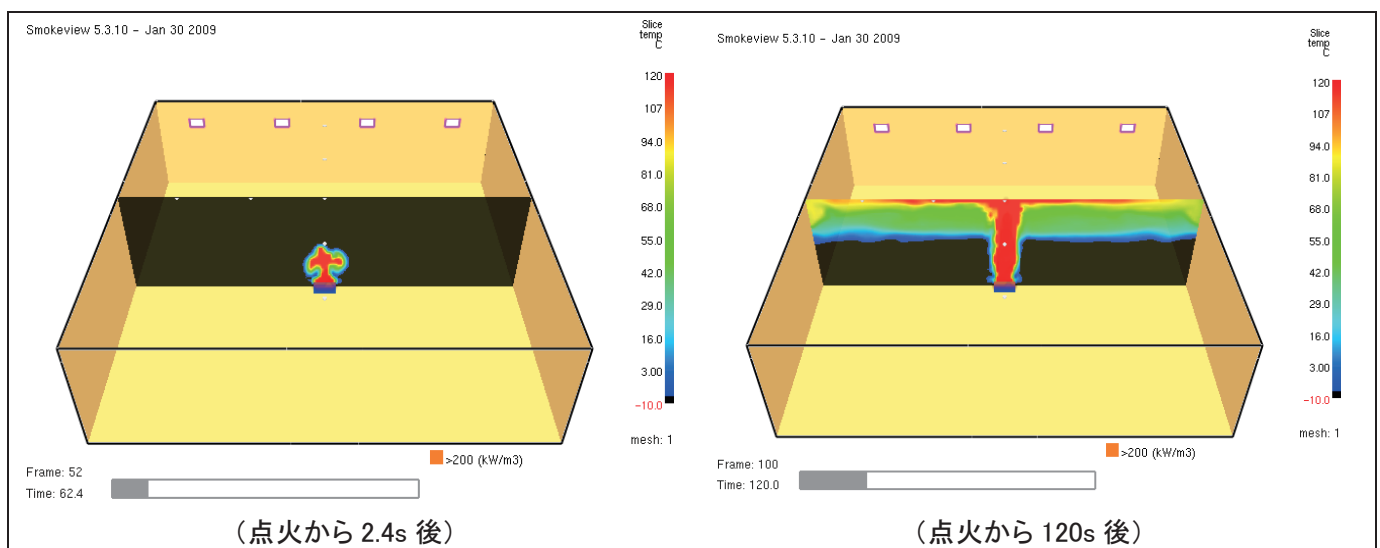


図4 初期温度 -10°C のシミュレーション結果

3.2 アルパート式及びRTI-Cモデルによる定温式感知器作動時間予測結果

アルパート式による火源直上温度計算と、RTI-C モデルによる定温式感知器の作動時間計算を行った。

定温式スポット型感知器の作動について、規格省令上「一局所の周囲温度が一定以上の温度になったとき」に作動するよう規定しているが、天井流の温度変化と感知器の温度変化には時間的遅れが生じることから「感知器センサー部の温度が一定以上の温度になったとき」定温式感知器は作動する。この関係を(3-1)式に示す。

$$T_0 + \Delta T_{感} \geq T_{閾} \quad (3-1)$$

T_0 : 室内の初期温度(°C)

$T_{感}$: 感知器センサー部の温度(°C)

$T_{閾}$: 感知器の作動に係る閾値(°C)

この場合において、 $T_{感}$ については、(3-2)式の RTI-C モデルにより算定することができる。

$$\Delta T_{感} = \frac{u^{(1/2)}}{RTI} \times \left\{ T_{流} - \left(1 + \frac{C}{u^{(1/2)}} \times T_{感} \right) \right\} \quad (3-2)$$

RTI : 応答指数

u : 熱気流速度(m/s)

τ : 感知器の時定数(s)

$T_{流}$: 感知器付近の熱気流温度(°C)

C : 伝熱係数

3.2.1 計算条件

以下の条件で計算を行う。

室内の初期温度	T_0	-5°C及び-10°C
熱源(0.8m ² オイルパン) の発熱速度	Q	2,000kW
天井高さ	H	4.0m
応答指数	RTI	84.5s
作動閾値	$T_{閾}$	75°C
伝熱係数	C	0.5

※定温式スポット型感知器 1 種 75°Cを使用、火源直上に設置

感知器付近の熱気流温度 $T_{流}$ 及び熱気流速度 u は Alpert の式によって求めた値を使用することが適当であり、Alpert の式を(3-3)、(3-4)式に示す。

$$T_{\text{流}} - T_0 = \frac{16.9Q}{H^{5/3}} \quad (3-3)$$

$$u = 0.96 \left(\frac{Q}{H} \right)^{1/3} \quad (3-4)$$

Alpert の式により求めた値

熱気流温度	$T_{\text{流}}$	261.2°C
熱気流速度	u	7.6m/s

3.2.2 計算結果

計算結果を図 2 に示す。

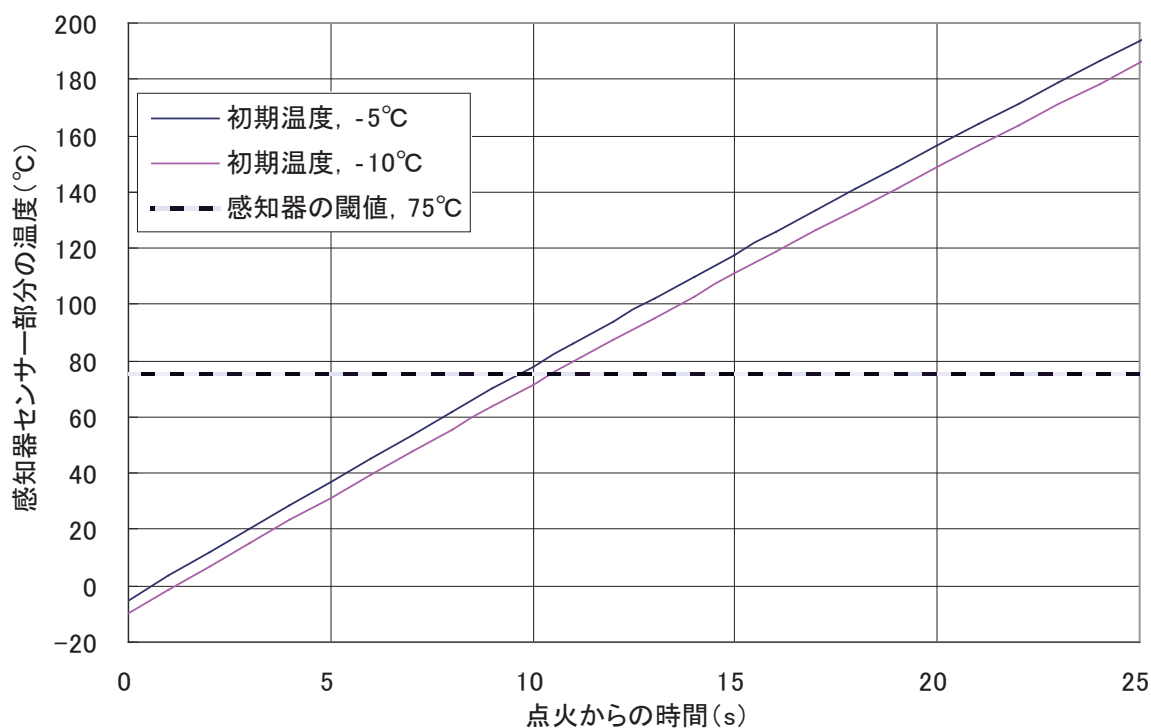


図5 点火からの時間と感知器センサー部の温度の関係

FDS と RTI-C モデルの比較

室内の初期温度	-5°C	-10°C
FDS による感知器作動時間	約 14s	約 16s
RTI-C モデルによる感知器作動時間	約 10s	約 11s

※1 FDS において消火ガス放出開始時の時間を感知器作動時間とした。

※2 図 2 より求めた時間

以上のことから、FDS による感知器作動時間より、RTI-C モデルによる感知器作動時間のほうが約 5 秒早いことが分かる。

4. 点火後の室内温度について

4. 1 FDSによる消火放出後の室内温度シミュレーション結果

3.1項は消火剤を放出しない状態でのシミュレーション結果であったが、FDSには二酸化炭素を放出消火するシミュレーションモデルが有ることから、消火剤放出後の室内温度分布を可視化することを試みた。ただし、放出する消火剤が二酸化炭素ではなくFK5-1-12で有ることから、下記の相違が推察されるが、放出後の温度低下を除けば、拡散性に関しては大きな相違はないと考えられる。

消火放出後の室内温度は、初期温度が -10°C の場合でも $+10^{\circ}\text{C}$ 以上であった。

項目	二酸化炭素(FDS)	FK5-1-12
放出後の冷却効果	液化高圧ガスであるため、比熱と気化潜熱に加え、断熱膨張による冷却効果が非常に大きい。	常温で液体の消火剤であるため、比熱および気化潜熱が中心で、断熱膨張による冷却効果は少ない。
拡散性	計算モデルは真下にジェット状に放出する。	実際のノズルは、天井面から360度全周方向に吹き出す。

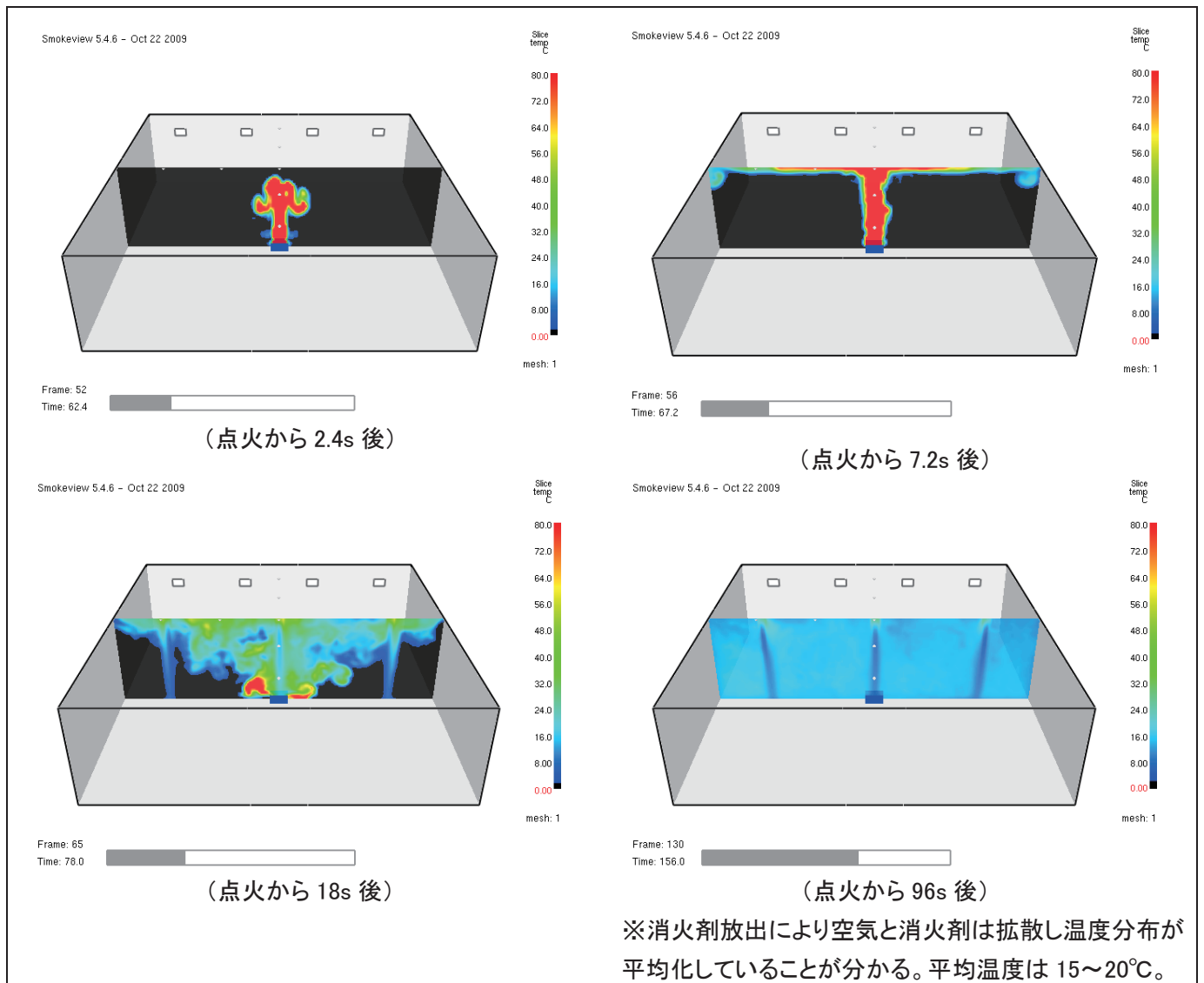


図6 初期温度 -5°C のケース

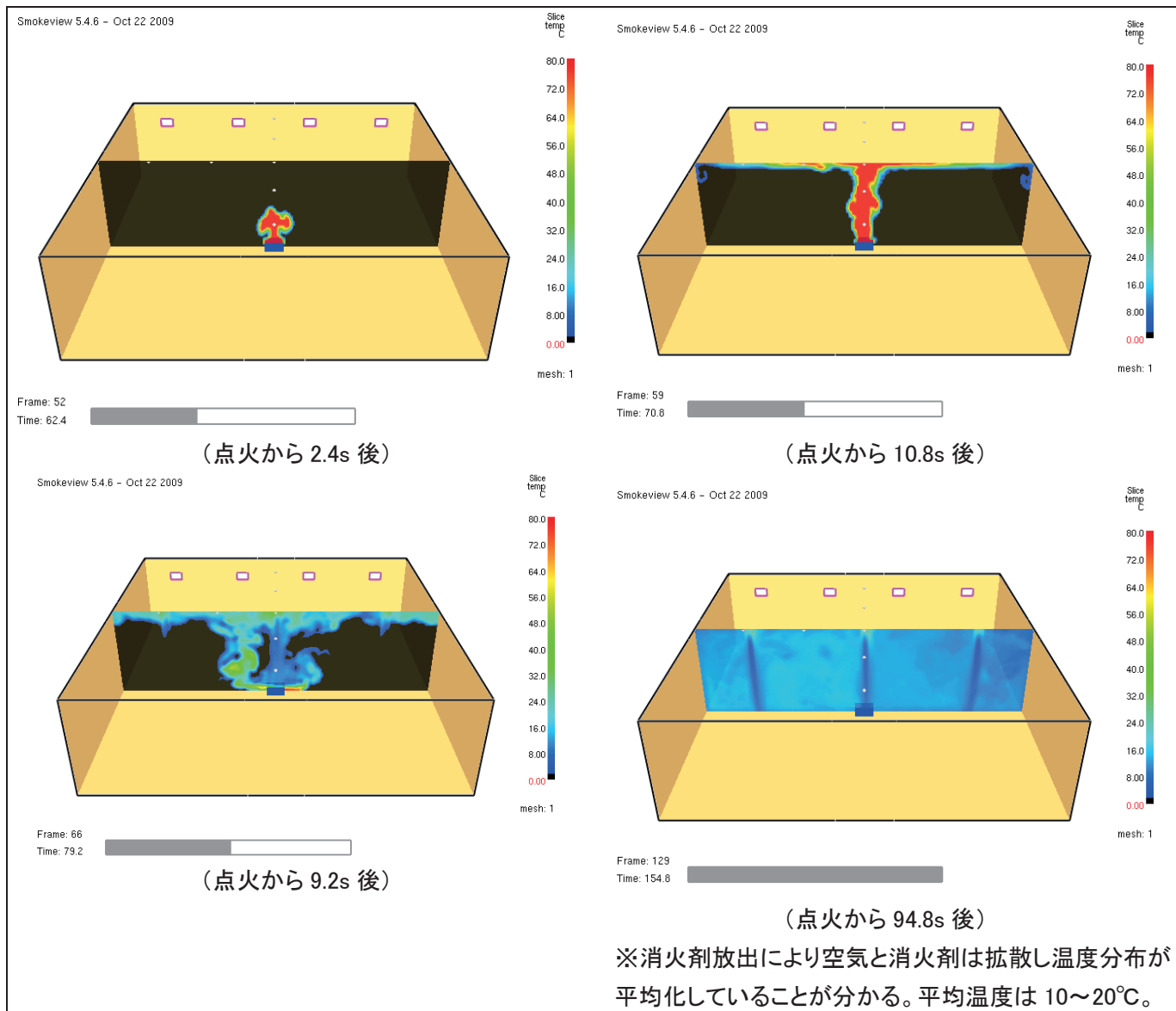


図7 初期温度 -10°C のケース

4.2 火源と空気の熱収支計算による室内温度シミュレーション結果

常時換気している環境下で、火源から発生する全熱量を室内空気の加温に使われ場合の室内空気の平均温度を求め、感知器作動時間から消火剤放出までの遅延時間5秒間を加えたときの室内平均温度を求めめる。

4.2.1 計算条件

室内体積	V	800m ³	W14.1m × D14.1m × H4m
初期室内温度	T ₀	-5°C及び-10°C	
熱源(0.8m ² オイルパン)の発熱速度	Q	2,000kW (2,000,000J/s)	火源から発生した熱量は100%が室内空気の加熱に使用される。熱交換時間は瞬時とする。
換気量		2,400 m ³ /hr (0.67J/s)	初期室内温度と同一温度が燃焼中も流入する。
室内気圧		1atm	一定であると仮定する。
空気の定圧比熱	C _p	1.006 J/g°C	一定であると仮定する。
空気密度	ρ	1,317g/ m ³ (-5°C)	一定であると仮定する。
		1,342 g/ m ³ (10°C)	

4.2.2 計算方法

下記の手順で計算を行う。

- ①熱源による加熱で室内の空気が一様に温められた場合の平均室内温度を計算する。
- ②換気により、①で求めた平均室内温度の空気が流出し、初期室内温度と同一温度の外気が流入した場合の平均室内温度を計算する。
- ①と②を繰り返し、点火から 60s までの平均室内温度を計算する。

4.2.3 熱源による温度変化

熱源による加熱で空気が一様に温められる場合、(4-1)の式が成り立つ。

$$T_1 = T_0 + \frac{Q \times \Delta t}{C_p \times m} \quad (4-1)$$

T₀ : 室内の初期温度(°C)

T₁ : 加熱後の平均室内温度(°C)

Q : 熱源の発熱量(J/s)

Δt : 加熱時間(s)

C_p : 空気の定圧比熱(J/g°C)

m : 室内の初期空気質量(g)

空気質量 m は(4-2)式で表される。

$$m = \rho \times V \quad (4-2)$$

ρ : 空気密度 (g/m^3)

V : 室内空气体積 (m^3)

4. 2. 4 換気による温度変化

熱源により加熱した空気が流出するし、初期室内温度と同一の空気が流入すると仮定する。

換気により、室内の空気が流出し、室外の空気が流入して混合した場合、 C_p が一定ならば(4-3)の式が成り立つ。

$$T = \frac{(m_1 \times T_1) + (m_2 \times T_0)}{m_1 + m_2} \quad (4-3)$$

T : 混合後の平均室内温度 ($^{\circ}\text{C}$)

m_1 : 換気により流出した後の室内空気質量 (g)

m_2 : 換気により流入する空気質量 (g)

4. 2. 5 計算結果

計算結果を図 3 に表す。

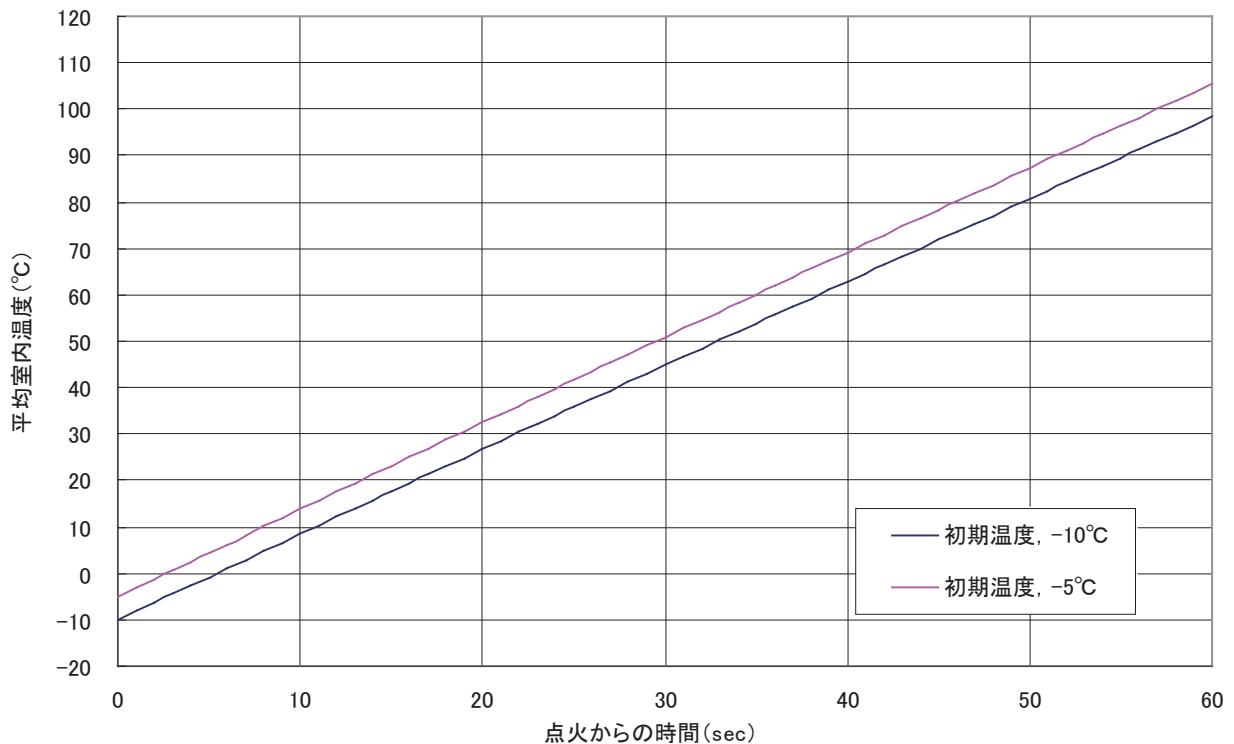


図8 点火からの時間と平均室内温度の関係

		初期温度－5℃		初期温度－10℃	
		時間	室内平均温度	時間	室内平均温度
FDS	感知器作動時= 消火剤放出時	14s	21℃	16s	19℃
RTI-C モデル	感知器作動時	10s	14℃	11s	10℃
	消火剤放出時	15s	23℃	16s	19℃

※室内平均温度は、火源と空気の熱収支計算による室内温度シミュレーションから求めた値。

付 属 資 料 2

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備 検討報告書

平成22年3月

閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討準備会

閉鎖型泡消火設備（仮称）評価基準策定検討会

閉鎖型消火設備評価基準策定検討会作業部会

日 本 消 防 検 定 協 会

目 次

1 検討の概要	155
1.1 目的	155
1.2 検討体制	156
1.3 検討経緯	159
1.4 用語名及び用語の定義	160
2 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備との概要比較	162
2.1 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の消火原理	162
2.2 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の概要の比較	163
2.3 泡消火設備、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の感知・放射に関する違いについて	164
2.4 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備との比較	165
3 検討の内容	171
3.1 法的位置付けについて	171
3.2 設置対象について	173
3.2.1 泡消火設備について	173
3.2.2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備について	174
3.2.3 特定駐車場の構造	175
3.3 駐車場で要求される泡消火設備の火災感知・消火抑制性能の推定	177
3.3.1 現行法令基準における泡消火設備の要求仕様・想定火災規模	177
3.3.2 平面駐車場における車両火災シナリオ・火災感知・消火抑制性能	178
3.3.3 機械式駐車場(多段式)における車両火災シナリオ・火災感知・消火抑制性能	182
3.4 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に求められる防火安全性能	184
3.5 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に対する感知および消火性能の骨子	185
3.5.1 性能目標を設定するための検討の流れ	185
3.5.2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に対する感知および消火性能	186
4 設置および維持	192
4.1 設置及び維持基準	192
4.2 試験基準	195
4.3 点検基準および点検要領	197
5 機器の性能要件	198
6 別添	199

1 検討の概要

1.1 目的

防火対象物の大規模・複雑化等の高度利用が進み、これらの建築物等に対応した消防用設備等として、通常用いられる消防用設備に替わり、新技術を用いた消防用設備等の導入も図られているのが現状である。

防火対象物の屋内駐車場には、一般的に固定式泡消火設備が設置されている。この泡消火設備は、駐車場内を50～100m²で区画し、区画内に設置されている全てのフォームヘッドから泡を一斉放射し、火災を消火するもので、駐車場で火災となった自動車を含む広い範囲に泡を放射する消火設備等である。

近頃はエコロジーに関心が向けられ、環境に優しく経済的な機器やシステムが求められている。このような背景の中、火災となった自動車等の限られた範囲に泡水溶液をスポット的に放射して火災を消火する設備が登場した。

これらの消防用設備等は、性能鑑定評価を受け消防法施行令（以下、「令」という。）第32条の適用等により、既に400件以上設置され、また、総務大臣認定取得により6件（平成21年12月現在）の設置が行われている。さらに、環境意識の高まりとともに、経済的な面からも今後ますます設置件数は増えていくと予測される。

このように、これらの消防用設備等は、多くの設置実績により知見が深まったことから、今後設置するものに対して消防承認を円滑に進める必要があると考えられる。また、総務大臣の認定によらず、市町村の消防機関において審査できるよう、これらの消防用設備等を新たに基準化することが必要である。

この基準化に当たっては、現在設置されているものの機器仕様（ヘッドの放射圧力や流量、有効放射半径等）が開発者により様々であることから、令第29条の4に規定される「必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等」として、新たに性能規定化することが適当であると考えられる。

本報告書では、この技術基準案等の検討を行うことを目的とする。

1.2 検討体制

検討体制として、総務省消防庁予防課、消防研究センター、(社)日本消火装置工業会関係者及び日本消防検定協会から構成される準備会、検討会及び作業部会を平成20年度より行った。

準備会、検討会及び作業部会の委員は次のとおりである。

○ 閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討準備会

平成20年 8月～12月

氏名	所属
渡辺 剛英	総務省消防庁予防課
鳥枝 浩彰	総務省消防庁予防課
塩谷 壮史	総務省消防庁予防課
藤井 清隆	能美防災株式会社
内山 裕三	能美防災株式会社
村井 知則	ヤマトプロテック株式会社
吉川 昭光	ヤマトプロテック株式会社
宮下 元明	ニッタン株式会社
福田 孝行	ニッタン株式会社

事務局 日本消防検定協会:カ久、米田、畠山、阿世賀

○ 閉鎖型泡消火設備(仮称)評価基準策定検討会

平成20年12月～平成21月3月

委 員	所 属
渡辺 剛英	総務省消防庁予防課
内藤 浩由	消防研究センター
藤井 清隆	(社)日本消火装置工業会 能美防災株式会社
村井 知則	(社)日本消火装置工業会 ヤマトプロテック株式会社
福田 孝行	(社)日本消火装置工業会 ニッタン株式会社
長谷川 利雄	(社)日本消火装置工業会 深田工業株式会社
宮崎 謙介	(社)日本消火装置工業会 ホーチキ株式会社
吉川 昭光	(社)日本消火装置工業会 ヤマトプロテック株式会社
内山 裕三	(社)日本消火装置工業会 能美防災株式会社
大庭 康雄	日本消防検定協会 試験部試験技術課
外野 祐一	日本消防検定協会 試験部消火・避難試験課
オブザーバー	
鳥枝 浩彰	総務省消防庁予防課
塩谷 壮史	総務省消防庁予防課

事務局 日本消防検定協会: 力久、米田、中西、阿世賀

○ 閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討会作業部会

平成20年12月～平成21年3月

氏 名	所 属
渡辺 剛英	総務省消防庁予防課
鳥枝 浩彰	総務省消防庁予防課
塩谷 壮史	総務省消防庁予防課
内山 裕三	能美防災株式会社
吉川 昭光	ヤマトプロテック株式会社
福田 孝行	ニッタン株式会社

事務局 日本消防検定協会:カ久、米田、中西、阿世賀

○ 閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討会作業部会

平成21年4月～平成21年11月

氏 名	所 属
渡辺 剛英	総務省消防庁予防課
塩谷 壮史	総務省消防庁予防課
種村 和孝	総務省消防庁予防課
内山 裕三	能美防災株式会社
吉川 昭光	ヤマトプロテック株式会社
福田 孝行	ニッタン株式会社
カ久 修一	日本消防検定協会
大庭 康雄	日本消防検定協会

事務局 日本消防検定協会:高橋、遠藤、中西、阿世賀

1.3 検討経緯

準備会、検討会及び作業部会の開催状況は、次のとおりである。

○ 閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討準備会

検討会を進めるに当たり問題点の抽出、検討方針の検討

第1回	平成20年	8月	6日
第2回	平成20年	9月	3日
第3回	平成20年	10月	3日
第4回	平成20年	11月	17日
第5回	平成20年	12月	16日

○ 閉鎖型泡消火設備(仮称)評価基準策定検討会

基準策定の対象、評価基準の策定方針、設置基準、技術基準及び維持基準の検討

第1回	平成20年	12月	16日
第2回	平成21年	3月	19日

○ 閉鎖型泡消火設備評価基準策定検討会作業部会

火災モデル、設備の有効性、設置方法、技術基準及び試験・点検基準の検討

第1回	平成20年	12月	16日
第2回	平成21年	1月	21日
第3回	平成21年	2月	2日
第4回	平成21年	2月	23日
第5回	平成21年	5月	12日
第6回	平成21年	6月	3日
第7回	平成21年	6月	25日
第8回	平成21年	7月	28日
第9回	平成21年	9月	3日
第10回	平成21年	10月	9日
第11回	平成21年	11月	2日
第12回	平成21年	11月	16日

1.4 用語名及び用語の定義

- 一 設備名
特定駐車場用閉鎖型泡消火設備
- 二 ヘッド
閉鎖型泡水溶液ヘッド
開放型泡水溶液ヘッド
- 三 消火薬剤
特定駐車場用泡消火薬剤
- 四 特定駐車場
令第13条第1項に規定する駐車場の用に供される部分のうち、火災を有効に感知できる構造として消防庁長官が別途定める駐車場をいう。
- 五 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備
特定駐車場において用いる消火設備であって、閉鎖型泡水溶液ヘッド、流水検知装置、混合装置、制御盤(制御盤を用いるものに限る。)、加圧送水装置、水源等で構成するものをいい、散水障害が生ずる部分に感知部、泡水溶液用制御弁及び開放型泡水溶液ヘッドで構成する機器を用いるものをいう。
- 六 閉鎖型泡水溶液ヘッド
特定駐車場に用いる閉鎖型スプリンクラーヘッドであって、火災の熱により動作し、加圧された泡水溶液をヘッドの軸心を中心として均一又は指定範囲に分散するヘッドをいう。
- 七 開放型泡水溶液ヘッド
閉鎖型泡水溶液ヘッドと同等の散水分布を有し、感熱体を有さない開放型のヘッドをいう。
- 八 感知部
火災を有効に感知する機能を有するものであって、火災感知用ヘッド、感熱開放継手(火災感知と同時に内蔵する弁体を開放し、開放型泡水溶液ヘッドに泡水溶液を供給する機構を有するものをいう。)等をいう。
- 九 泡水溶液用制御弁
開放型泡水溶液ヘッドと組み合わせて用いる制御弁であって感知部の動作により弁体を開放するものをいい、一斉開放弁、感熱開放継手を含むものをいう。
- 十 流水検知装置
令第37条第10号に規定する流水検知装置をいう。
- 十一 混合装置
特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に用いるものであって、特定駐車場用泡消火薬剤と加圧水を一定の濃度に混合する混合器、消火薬剤貯蔵槽で構成するものをいう。
- 十二 一斉開放弁
令第37条第11号に規定する一斉開放弁をいう。

十三 特定駐車場用泡消火薬剤

特定駐車場において閉鎖型泡水溶液ヘッド若しくは開放型泡水溶液ヘッドに供される泡消火薬剤であって、泡消火薬剤にあつては必要な性能要件を満たす泡消火薬剤をいう。

十四 泡水溶液

泡消火薬剤の技術上の規格を定める省令(昭和50年自治省令第26号)第2条第6号に規定するものをいい、設計された容量パーセントの濃度にした水溶液をいう。

十五 制御盤

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に用いるものであって、流水検知装置、その他の制御弁を制御するものをいい、遠隔装置を含むものをいう。

2 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備との概要比較

2.1 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の消火原理

泡消火設備(水成膜泡消火薬剤を用いるもの)と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、共にフッ素系合成界面活性剤を主成分とした泡消火薬剤を水に希釈混合して、ヘッドから泡水溶液を放射する設備である。泡消火設備(特定駐車場用閉鎖型泡消火設備のうち泡を放射するものを含む)は、ヘッドから放射される泡水溶液はヘッドの起泡装置により発泡倍率5倍以上の泡となって放射される。一方、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備のうちヘッドに起泡装置を持たないものは、発泡倍率5倍未満(実際は2~3倍程度)の泡と噴霧状の泡水溶液がヘッドから放射され、大気との摩擦や可燃物・油面等に衝突することでさらに起泡し(これを二次発泡という)、燃焼している可燃物や油面等を覆う。

このため、泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の消火原理には変わりがなく、次による。

一 窒息作用

B 火災の消火原理の一つで、燃焼している油面を泡が覆うことで、燃焼に必要な酸素の供給を制限し、火災を消火・抑制する作用である。

二 燃料遮断作用

B 火災の消火原理の一つで、燃焼している油面を泡が覆うこと、泡と油面の間をフッ素系合成界面活性剤の薄い膜(これを水成膜(Aqueous Film)という。)が覆うことで、燃焼に必要な可燃性の燃料蒸気の供給を制限し、火災を消火・抑制する作用である。

三 冷却作用

B 火災の消火原理の一つと、A 火災の消火原理の全てであり、泡水溶液のもつ比熱や、蒸発時の潜熱により、燃焼物の周囲を冷却し、火災を消火・抑制する作用である。

2.2 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の概要の比較

項 目	泡 消 火 設 備	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備
放射する消火剤の性状	発泡倍率5倍以上の泡	発泡倍率5倍以上の泡を放射するものと、発泡倍率5倍未満(実際は2~3倍程度)の泡と噴霧状の泡水溶液を放射するものがある。
放 射 範 囲	50~100㎡の面積に一斉放射	火源を中心に放射。 このため、必要以上の泡水溶液を放射しない環境に優しいシステム。
感知と放射	感知は火災感知用ヘッドによりおこない、泡放射はフォームヘッドから行う。感知部と放射部が分かれている。	閉鎖型泡水溶液ヘッドは感知と放射を一体化したもので、閉鎖型スプリングヘッドの1種感度相当の感度を有していることと、泡消火設備に比べ高い感知密度で設置するため、早期に火災を感知し、泡水溶液を放射し、消火・抑制できる。
感知と放射に必要な構成機器	火災感知用ヘッド(火災感知)、一斉開放弁(泡水溶液の送液)、フォームヘッド(泡の放射)の3種類の機器が必要。	閉鎖型泡水溶液ヘッドのみ。 これにより天井に設置する機器の大幅な簡素化と重量軽減が実現。
試 験	区画全体での泡放射試験を行うので、泡の放射量が多い	閉鎖ヘッドであるため、放水圧力が最も低くなると予測される配管の部分で試験装置による試験を行う。そのため、泡の放出を少なくでき、環境負荷を低減できる。
点 検	一斉開放弁の作動点検や区画全体での泡放射点検を行うので、泡の放射量が多い	閉鎖ヘッドであるため、試験装置による点検を行う。そのため、泡の放出を少なくでき、環境負荷を低減できる。

2.3 泡消火設備、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の感知・放射に関する違いについて

泡消火設備は、火災感知用ヘッドで火災を感知し、フォームヘッドから泡を放射する。放射は図の点線で囲まれた放射区域内の全フォームヘッドから放射する。

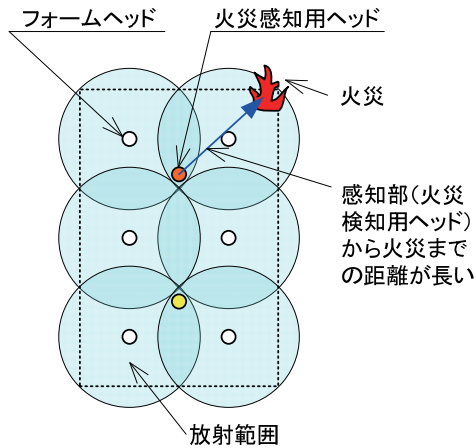


図 1 泡消火設備

閉鎖型スプリンクラーヘッドは、感知と放水を1つのヘッドに合体しているため、火災に近いヘッドが作動すると、直ちに放水を行う。

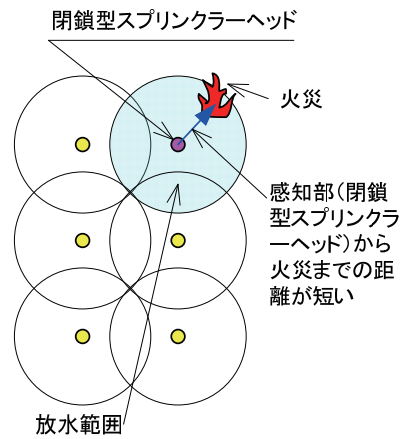


図 2 閉鎖型スプリンクラー設備

閉鎖型スプリンクラー設備と同様に、閉鎖型泡水溶液ヘッドは感知と放射を1つのヘッドに合体しているため、火災に近いヘッドが作動すると、直ちに泡水溶液放射を行う。

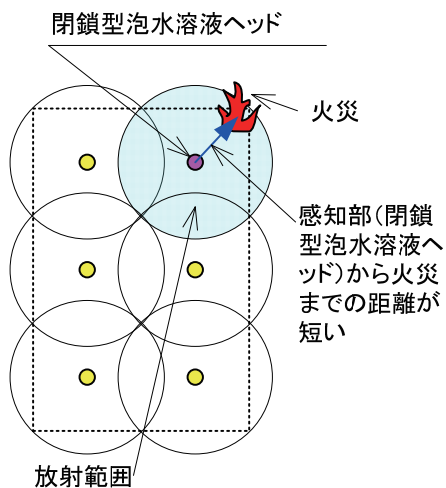


図 3 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備

感知は、火災からの距離が遠いほど、感度が低いほど感知が遅れ、泡放射等(泡、水、泡水溶液)開始時の火災が大きくなる。これを放射(放水)開始時の発熱速度と点火からの時間で表したのが、図 4 である。

閉鎖型スプリンクラー設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、泡消火設備に比べ、比較的早期に火災を感知し放射を開始する。

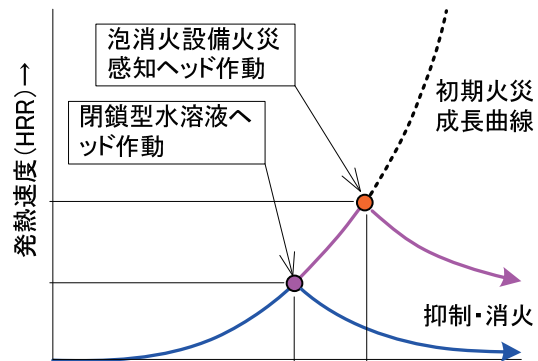


図 4 泡放射時等の発熱速度について

2.4 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備との比較

■ 泡水溶液の放射量軽減

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は火災自動車を中心とした限られた範囲に泡水溶液を放射するため、必要以上の広い範囲に泡水溶液を放射しない環境に優しいシステムである。

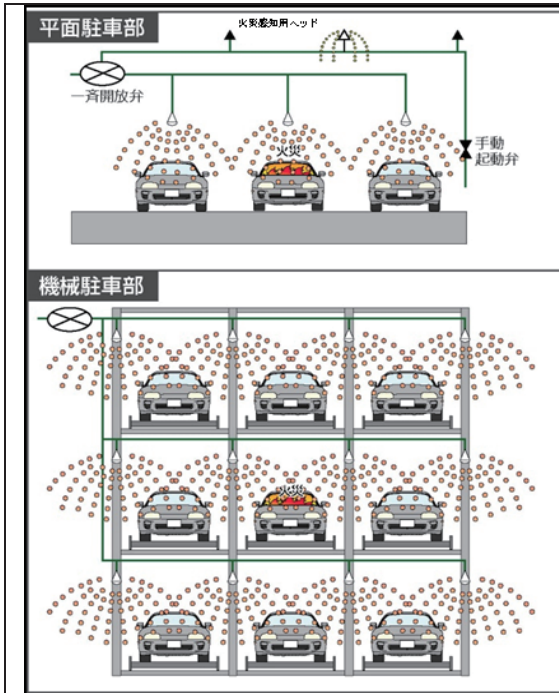


図 5 泡消火設備

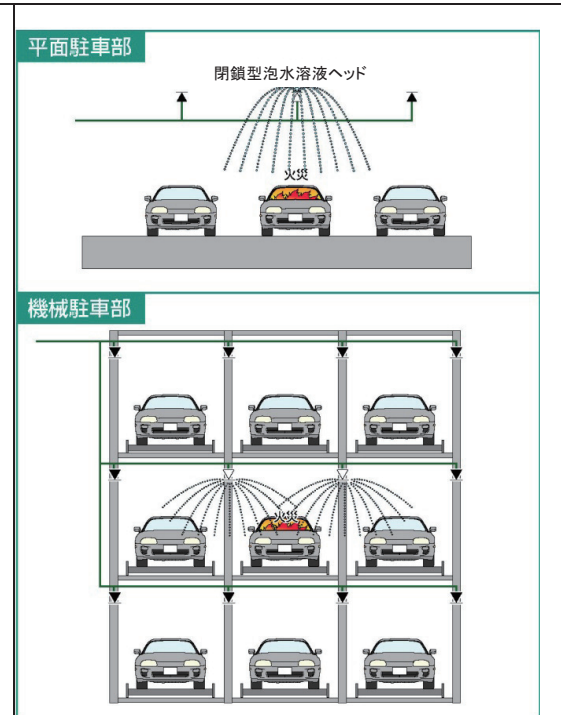


図 6 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備

■ 構成機器の簡素化

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、従来の火災感知用ヘッド・一斉開放弁・フォームヘッドの機能を1個の閉鎖型泡水溶液ヘッドで実現しているため、機器の大幅な簡素化、軽量化が実現する。

泡消火設備

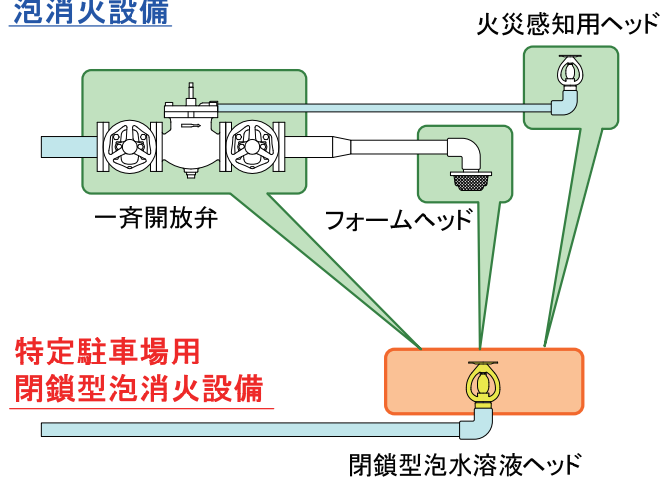


図 7 泡消火設備と特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の関係

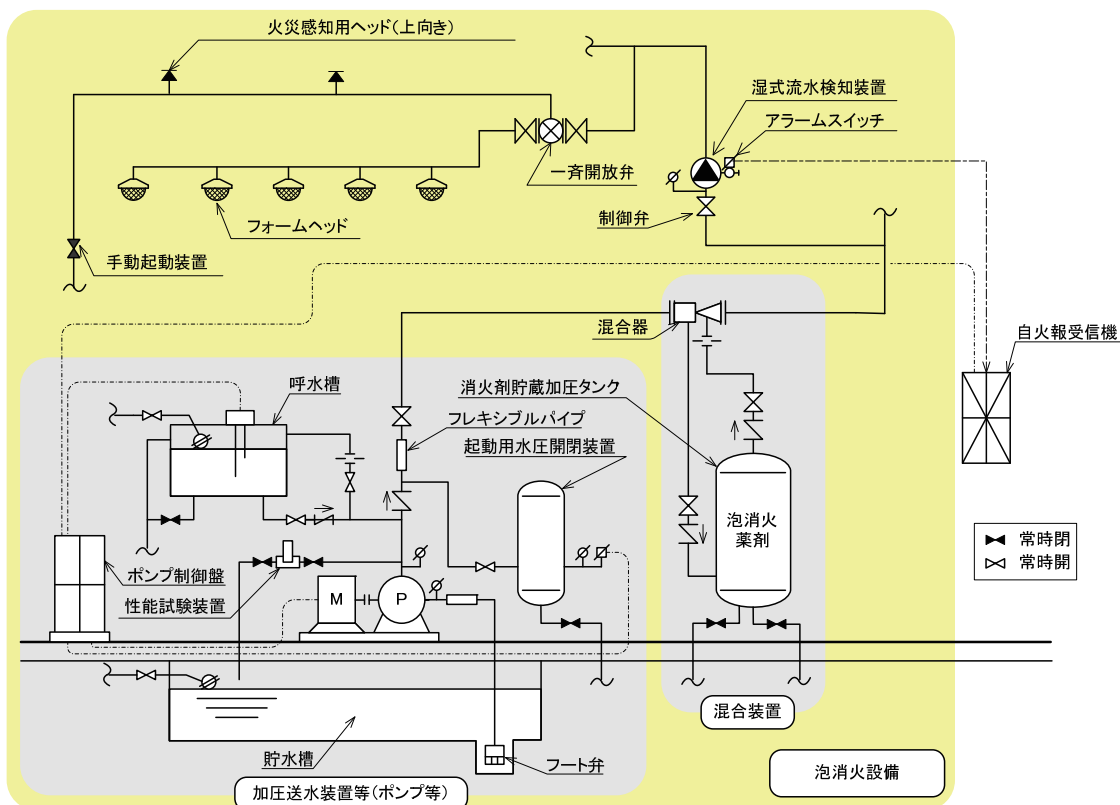


図 8 泡消火設備概要 (例)

泡消火設備は、フォームヘッド、一斉開放弁、火災感知用ヘッド、手動起動装置、流水検知装置、混合装置、加圧送水装置(ポンプ)から構成される。

泡消火設備の主要な機器の概要は図 9 のとおり。

		
<p>フォームヘッド ポンプと混合装置により加圧送水された泡消火溶液をネットを通過することで空気と混合し泡として放射する。</p>	<p>一斉開放弁 火災感知用ヘッドが作動すると開き、一斉開放弁一次側の泡消火溶液をフォームヘッドへ流すバルブ。</p>	<p>混合器 混合器を流れる水の圧力(動圧)を利用して、消火薬剤貯蔵加圧タンク内の泡消火薬剤を水に3%濃度で比例混合する機器。</p>

図 9 泡消火設備の主要な機器の概要

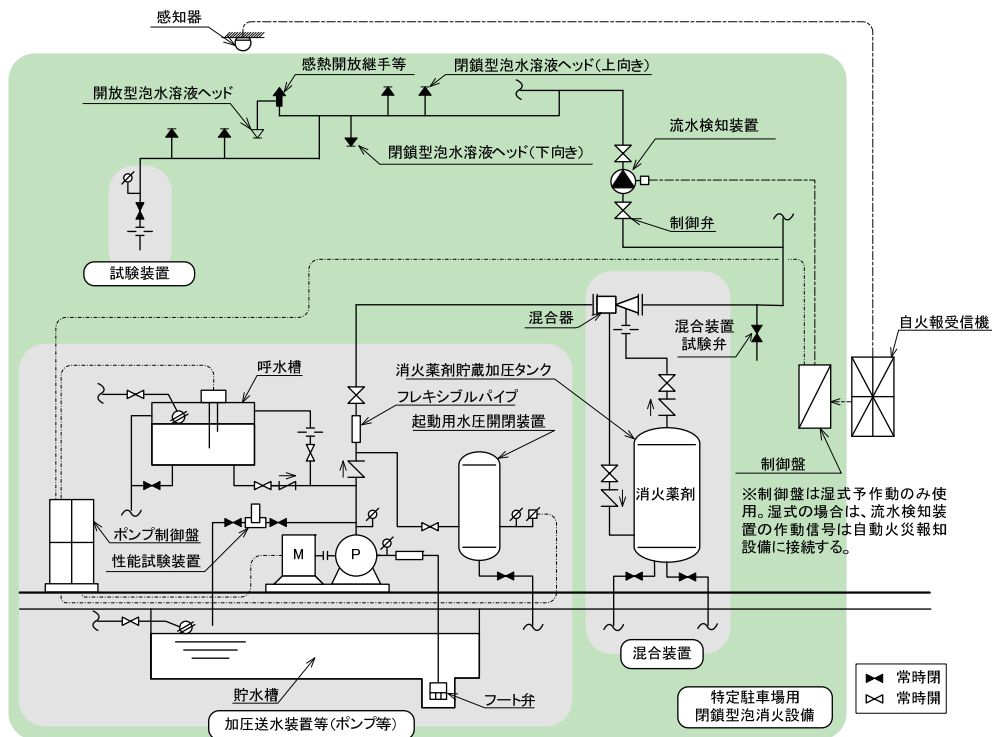


図 10 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備概要(例)

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、閉鎖型泡水溶液ヘッド、流水検知装置、試験装置、混合装置、加圧送水装置(ポンプ)から構成される。また、必要に応じ感熱開放継手と開放型ヘッドを用いる。

<p>例 A ガラスバルブ型 感熱部にガラスバルブを用い、ノズルから放射された水流をデフレクタで分散させ、発泡倍率5倍未満(実際は2~3倍程度)の泡と噴霧状の泡水溶液として放射する構造。</p>	<p>例 B ガラスバルブ型 感熱部にガラスバルブを用い、ノズルから放射された水流を起泡手段により発泡させ、デフレクタで分散させることで、泡を放射する構造。</p>	<p>例 C ヒューズブルリンク型 感熱部にヒューズブルリンクを用い、ノズルから放射された水流をデフレクタで分散させ、発泡倍率5倍未満(実際は2~3倍程度)の泡と噴霧状の泡水溶液として放射する構造。</p>

図 11 閉鎖型泡水溶液ヘッドの例示

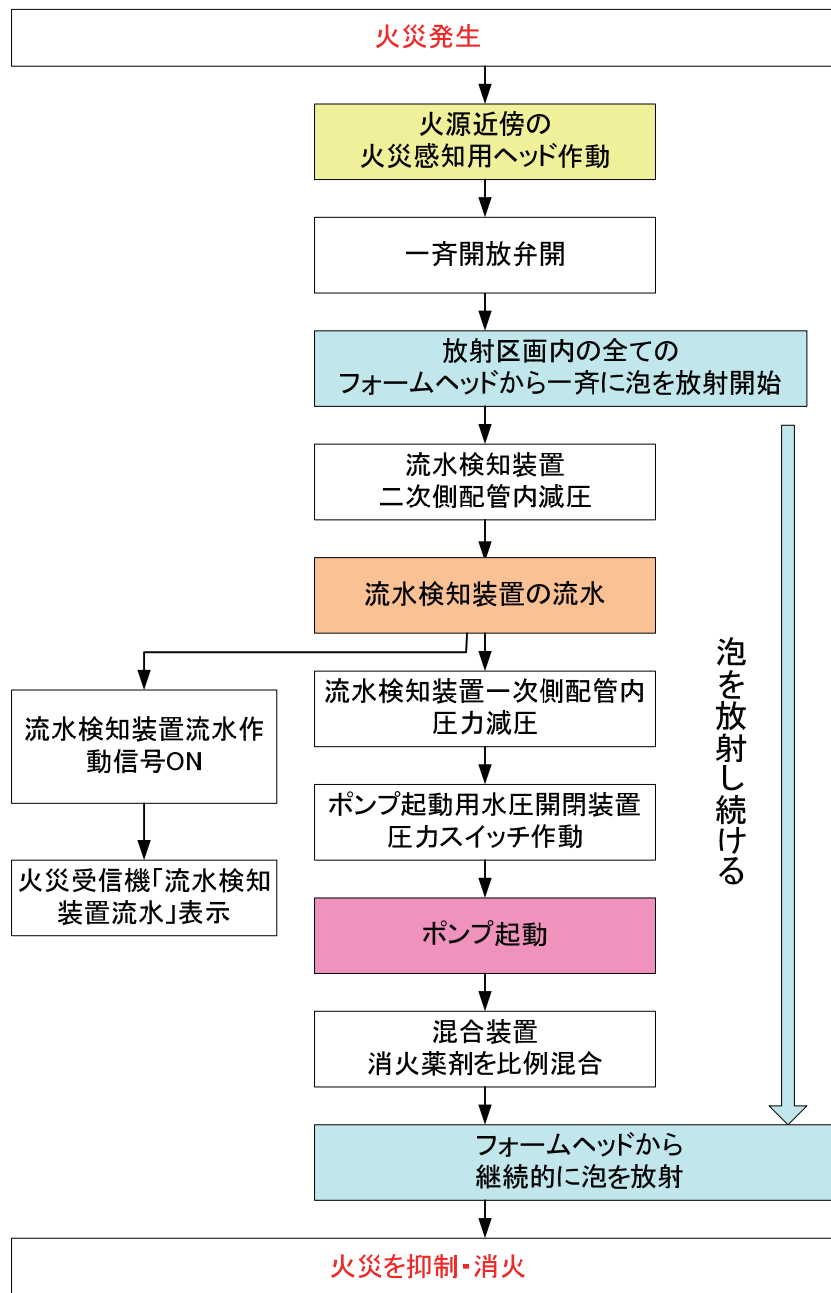


図 12 泡消火設備の動作フロー（例）

- ・ 火災が発生すると、火源近傍の火災感知用ヘッドが作動する。
- ・ 一斉開放弁が開放し、区画内に設置されたフォームヘッドから泡放射を開始する。
- ・ 流水検知装置が作動し、火災受信機に「流水検知装置流水」信号を移信。
- ・ 流水検知装置一次側配管圧力が減圧し、ポンプ近くに設置されているポンプ起動用水圧開閉装置が作動し、ポンプが起動し、加圧水を送水する。
- ・ 流水により混合装置が泡消火薬剤の比例混合を開始する。
- ・ フォームヘッドから泡を放射し続け、火災を抑制・消火する。

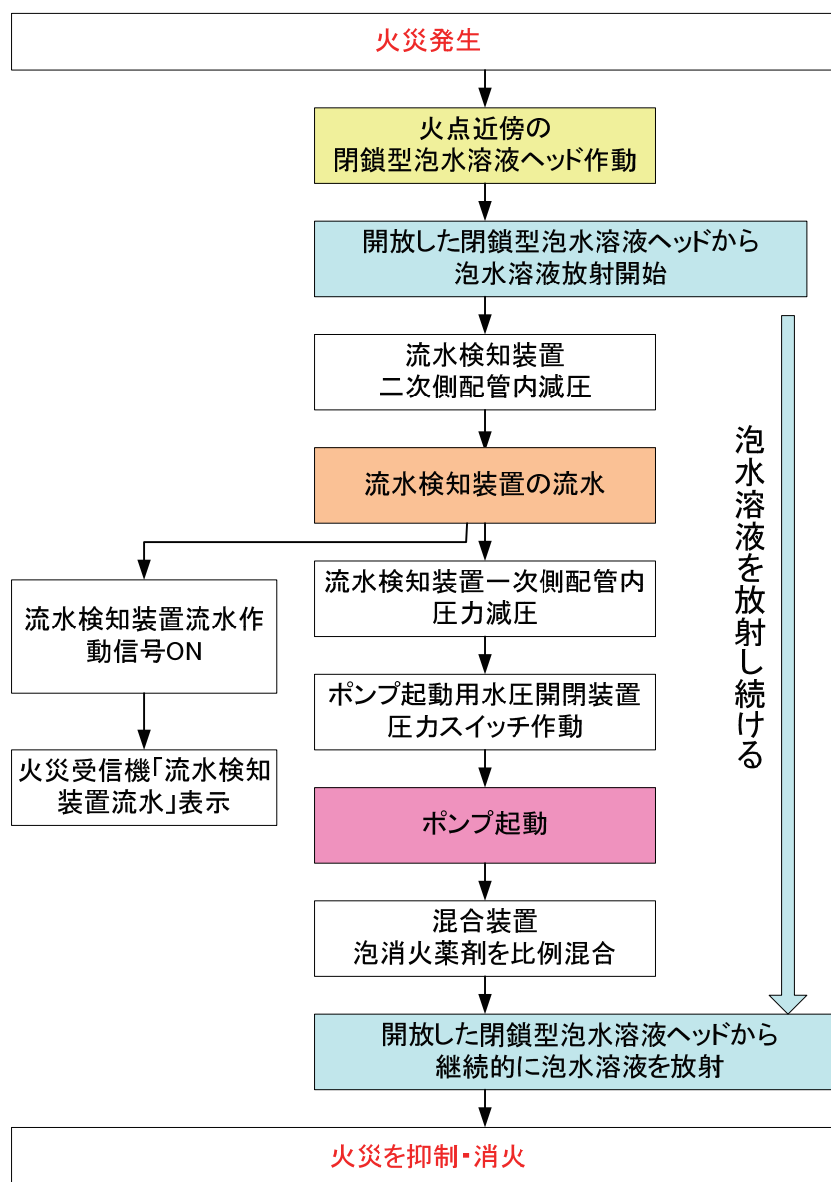


図 13 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備のうち湿式の動作フロー（例）

- ・ 火災が発生すると、火源近傍の閉鎖型泡水溶液ヘッドが作動し、泡水溶液の放射を開始する。
- ・ 流水検知装置が作動し、火災受信機に「流水検知装置流水」信号を移信。
- ・ 流水検知装置一次側配管圧力が減圧し、ポンプ近くに設置されているポンプ起動用水圧開閉装置が作動し、ポンプが起動し、加圧水を送水する。
- ・ 流水により混合装置が泡消火薬剤の比例混合を開始する。
- ・ 作動した閉鎖型泡水溶液ヘッドから泡水溶液を放射し、火災を抑制・消火する。

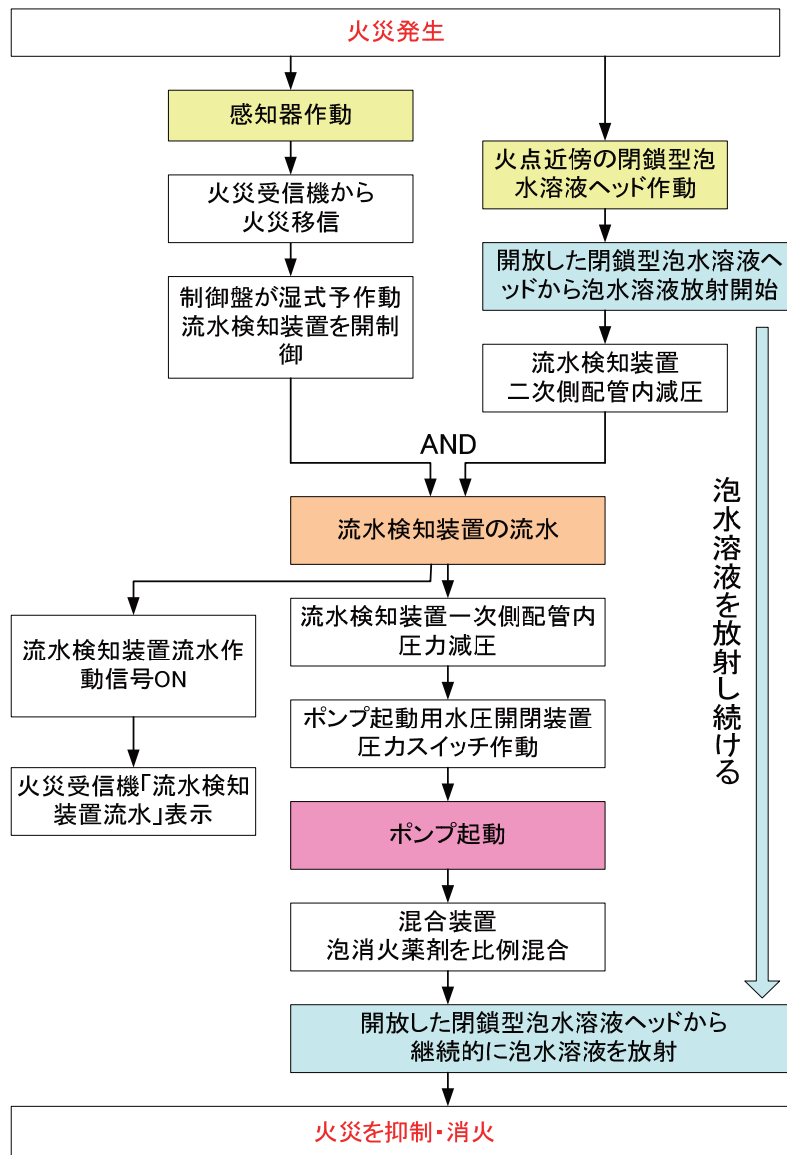


図 14 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備のうち湿式予作動の動作フロー（例）

- ・ 火災が発生すると火源近傍の感知器が作動し、湿式予作動式流水検知装置を開制御する。
- ・ 火災の熱により火源近傍の閉鎖型泡水溶液ヘッドが作動し、泡水溶液の放射を開始する。
- ・ 湿式予作動式流水検知装置が流水し、火災受信機に「流水検知装置流水」信号を移信。
- ・ 流水検知装置一次側配管圧力が減圧し、ポンプ近くに設置されているポンプ起動用水圧開閉装置が作動し、ポンプが起動し、加圧水を送水する。
- ・ 流水により混合装置が泡消火薬剤の比例混合を開始する。
作動した閉鎖型泡水溶液ヘッドから泡水溶液を放射し、火災を抑制・消火する。

3 検討の内容

3.1 法的位置付けについて

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、以下の法的位置付けが妥当と考える。

- ・ 必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等(令第29条の4)として、消防長等が判断する基準(客観的検証法)を総務省令で示す。
- ・ 総務省令は、仕様規定による部分と性能規定による部分に分けられる。
- ・ 感知、消火性能に関する部分は性能規定的に基準を設け、それ以外の部分(設備の適用範囲、設置基準、試験・点検基準、構成機器の構造等)は仕様規定的に基準を設ける。
- ・ 当該設備の基準適合については、消防長等自らの判断として、登録認定機関による評価制度の活用なども考えられる。

今回、性能規定化が検討されている、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、これまで、複数の申請者がそれぞれの設備方式で日本消防検定協会の特定消防機器等性能鑑定を取得し、総務大臣認定や令第32条により設置実績を重ねている。

いずれの設備も、泡消火設備の代替設備として駐車場の用に供する部分に設置するものであるが、設備の実現方法は必ずしも一義的に決められるものでなく、実際に設置される設備も申請者毎に多様なものとなっている。例えば、放射ヘッドからの消火剤の放射性状については、発泡倍率5倍未満の泡と噴霧状の泡水溶液とするものや、所定の発泡倍率を確保した泡を放射するものがあることや、発泡倍率5倍未満の泡と噴霧状の泡水溶液を放射する放射ヘッドでも、放射圧力、放射範囲、設計同時開栓数などが異なるなど、申請者が設備内容に応じた適切な設計を実施していることが伺える。

今後も技術開発が進み、新たな設備が開発されることが予想されるため、それらに柔軟に対応するためにも、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備については、必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等(令第29条の4)として、消防長等が判断する基準(客観的検証法)を総務省令で示すことが妥当だと考えられる。

当該設備はすべての防火対象物に設置できるものではなく、現在、実績を重ねている設備も一定範囲を設置対象としている。また、その設置基準、試験・点検基準、構成機器の構造等については、スプリンクラー設備や泡消火設備の基準を準用している部分も多く見られることのほか、実際の運用も考慮し、当該設備の適用範囲、設置基準、試験・点検基準、構成機器の構造等については、あらかじめ総務省令により仕様規定的に基準を設けることが妥当だと考えられる。ただし、当該設備の感知及び消火性能に関する部分については、先に述べたとおり、その実現方法を一義的に決められるものでないため、総務省令において性能規定的に示すことが妥当だと考える。

なお、当該設備が総務省令で示された基準による、必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等であることを、消防長等が判断する必要があるが、実際の運用に際しては、消防長等が当該設備の申請者に必要なデータ等を提出させ自らの判断として、登録認定機関による評価制度の活用なども考えられる。

3.2 設置対象について

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置対象は、令第13条第1項に規定する、駐車のに供される部分とする。

＜令第13条第1項＞

次の表の上欄に掲げる防火対象物又はその部分には、水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備のうち、それぞれ当該下欄に掲げるもののいずれかを設置するものとする。(表省略)

3.2.1 泡消火設備について

泡消火設備を設置すべき防火対象物又はその部分は、令第13条により、次のように示されている。

なお、車路、傾斜路、ランプ、駐車場内の洗車場など、駐車部分以外の部分が駐車のに供される部分に含まれるか否かは明確にされていない。

表 1 防火対象物における泡消火設備が設置対象となる部分

令別表第一の防火対象物の部分	屋上部分で回転翼航空機、垂直離着陸航空機の発着場	
	道路の用に供される部分	屋上部分 600m ² 以上
		その他の部分 400m ² 以上
	自動車の修理、又は整備に供される部分	地階又は二階以上 200m ² 以上
		一階 500m ² 以上
	駐車のに供される部分 (駐車するすべての車両が同時に屋外に出ることができる構造の階を除く)	地階又は二階以上 200m ² 以上
		一階 500m ² 以上
		屋上部分 300m ² 以上
		機械装置による 駐車場収容台数 10台以上
	指定数量の1,000倍以上の 指定可燃物を貯蔵し取扱う部分	綿花類、木毛及びかんなくず、ぼろ及び紙くず、糸類、わら類、再生資源燃料、合成樹脂類
		ぼろ及び紙くず、石炭・木炭類
		可燃性固体類、可燃性液体類、合成樹脂類
		木材加工品及び木くず

3.2.2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備について

特定駐車場とは、令第13条第1項に規定する駐車のために供される部分のうち、火災を有効に感知できる構造の駐車場で消防庁長官が定める駐車場をいい、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備とは、特定駐車場において、令第13条第1項に規定する泡消火設備に代えて用いることができる設備であって、閉鎖型泡水溶液ヘッド、流水検知装置、混合装置、加圧送水装置、水源等で構成するものをいう。

今回、性能規定化が検討されている、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、これまで、日本消防検定協会の特定消防機器等性能鑑定を取得し、総務大臣認定や令第32条により設置実績を重ねたものであり、その設置対象は、現行法令における泡消火設備の設置対象のうち、駐車のために供される部分に限られたものであった。

このことから、今回の性能規定化においても、その設置対象は、令第13条第1項に規定する部分のうち、駐車のために供する部分とすることが妥当だと考える。

なお、車路、傾斜路、ランプ、駐車場内の洗車場など、駐車のために供される部分に含まれるか否か、現行法令では明確にされていない部分もあるが、これらの部分については、現行法令との整合性を保つために、現行法令と同様の取り扱いとすることが望ましいと考えられる。

ただし、機械式駐車場の種類及び構造等については、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の性能に影響を与えるものであるため、当該消火設備の申請者が、設備の性能及び適合要件を明らかにする必要があると考える。

また、当該設備は通常用いられる消防用設備等の防火安全性能と同等以上であり、必要とする防火安全性能を有する消防のために供する設備等として設置されるものであることから、当該設備が設置される部分の隣接部分（隣接する同一階又は上下階で、階段、廊下、通路、エレベーターホール、附室、トラックヤード、荷捌き室、駐輪場、管理室、守衛室、運転手控え室、作業室、給湯室、風除室、ごみ置き場、待合室、倉庫、保管庫、トランクルーム、等の部分）については、令第12条第3項の規定を準用し、スプリンクラー設備等を設置しないことができるものとする。

3.2.3 特定駐車場の構造

3.2.3.1 平面式駐車場

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置対象となる特定駐車場のうち平面式駐車場の構造は、現行法令における固定式泡消火設備が設置可能となる対象と同等として差し支えないと考える。

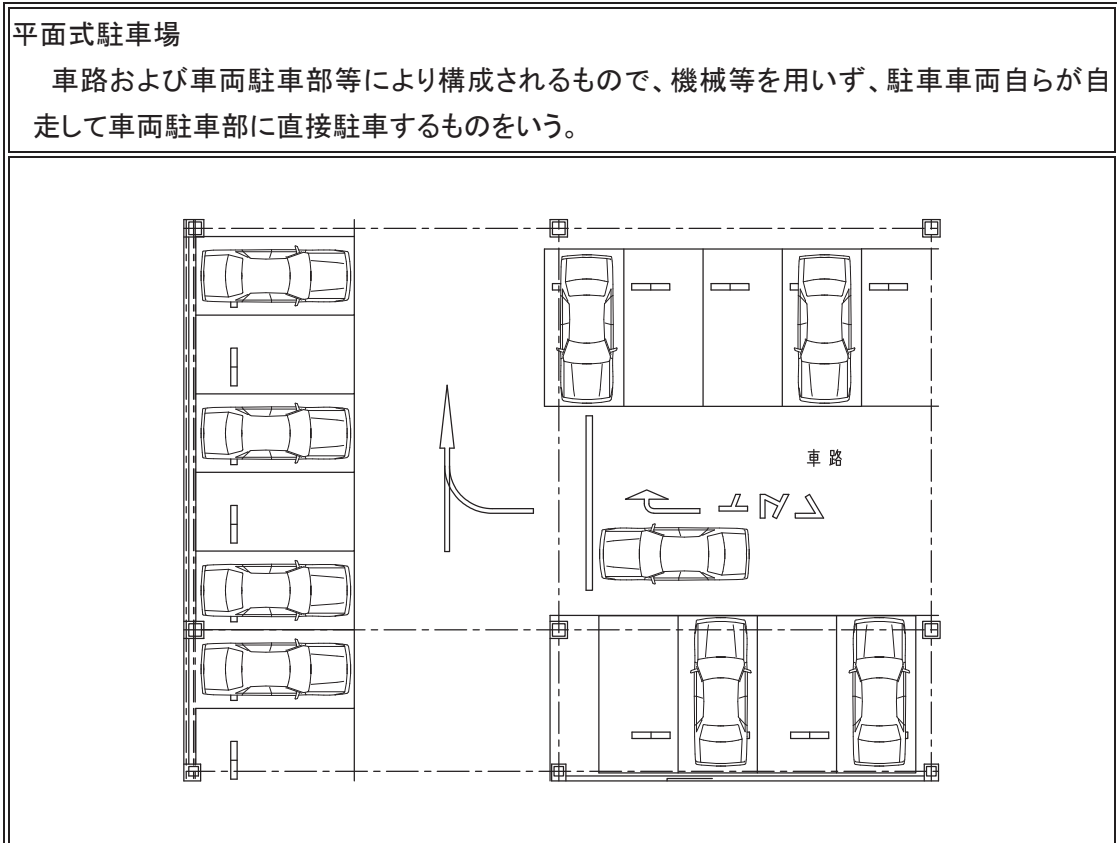


図 15 平面式駐車場

3.2.3.2 機械式駐車場

機械式駐車場には、垂直循環式、多層循環式、水平循環式、エレベーター式、平面往復式、多段式等の種類(6 別添 1 機械式駐車場の種類とその概要参照)がある。

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置対象となる特定駐車場のうち機械式駐車場の構造は、現行法令における固定式泡消火設備が設置可能となる対象のうち、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備を設置した場合に火災を有効に感知、抑制できることが確認されたものに限定する。

これまでの機械式駐車場への設置実績では、ほとんどの場合が多段式のものに設置されている。図 16に多段式の例を示す。

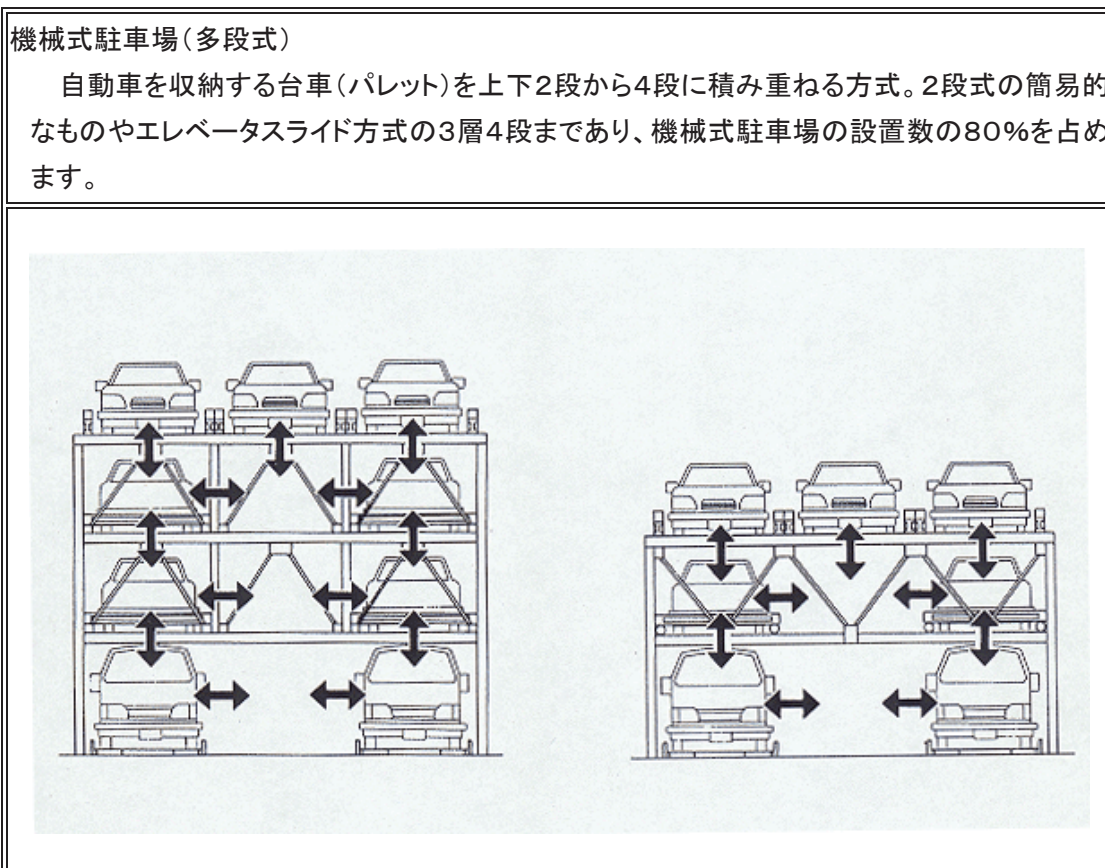


図 16 機械式駐車場(多段式)

3.3 駐車場で要求される泡消火設備の火災感知・消火抑制性能の推定

3.3.1 現行法令基準における泡消火設備の要求仕様・想定火災規模

(1) 現行法令基準から泡消火設備の要求仕様

駐車場に設置する泡消火設備に対し、現行法令の要求仕様は、火災感知のため天井面に火災感知用ヘッドを20㎡毎に配置(地区消防の指導等による。)、消火のため認定基準で規定された5倍以上で発泡する泡ヘッドを床面9㎡毎に配置、水成膜泡消火薬剤を用いる場合は、泡消火薬剤を3%に希釈し床面積1㎡当り3.7L/min・㎡の放水レートで床面積50～100㎡の放水区画に同時放水するよう規定している。また、実設備においては、区画の隣接部分での火災を想定し2区画同時放水する(地区消防の指導等による。)設備能力を要求している。この要求仕様から一般の平面駐車場で発生した車両火災の感知・消火抑制する火災規模を検討した。

(2) 泡消火設備の想定火災規模

平面駐車場に設置された泡消火設備は、火災時に区画50～100㎡で一斉放水する。この条件から現実の駐車場で消火対象とする区画面積と車両数の関係を検討した。ここでは、一般車両(2000cc クラス普通乗用車のサイズ:約1.7m×4.7m)を横列2列に配置したと仮定し、東京都及び大阪市の条例で決められた1台当りの駐車スペース幅2.5m×長さ6m=面積15㎡(普通自動車)を適用すると、最小に放水する区画50㎡に収まる車両数は3台分で面積45㎡となる。ここでガソリン漏洩による車前面の車路部の流出火災を想定しても放水区画100㎡に十分収まる。

このことから、駐車場に設置された現行の泡消火設備は横列駐車で車3台分までの火災を最大として消火抑制することを想定している。図 17 に実際の建物に泡消火設備を設置した状況を示す。区画の放水面積で車路部も前提に考慮した場合、車路幅が5.4mとすれば片側部分を考慮し車3台分の車路面積は、駐車スペース幅2.5m×3台×(車路幅5.4m÷2)=20.3㎡、車3台分の駐車面積と合算すれば、45㎡+20.3㎡=65.3㎡で区画最大100㎡に十分に収まる範囲に入る(図 17b参照)。この消火条件から火災感知に関する要求性能は、出火車両から隣接車両へ延焼したとしても左右の車両が盛期火災になる前に火災感知する条件が必要である。

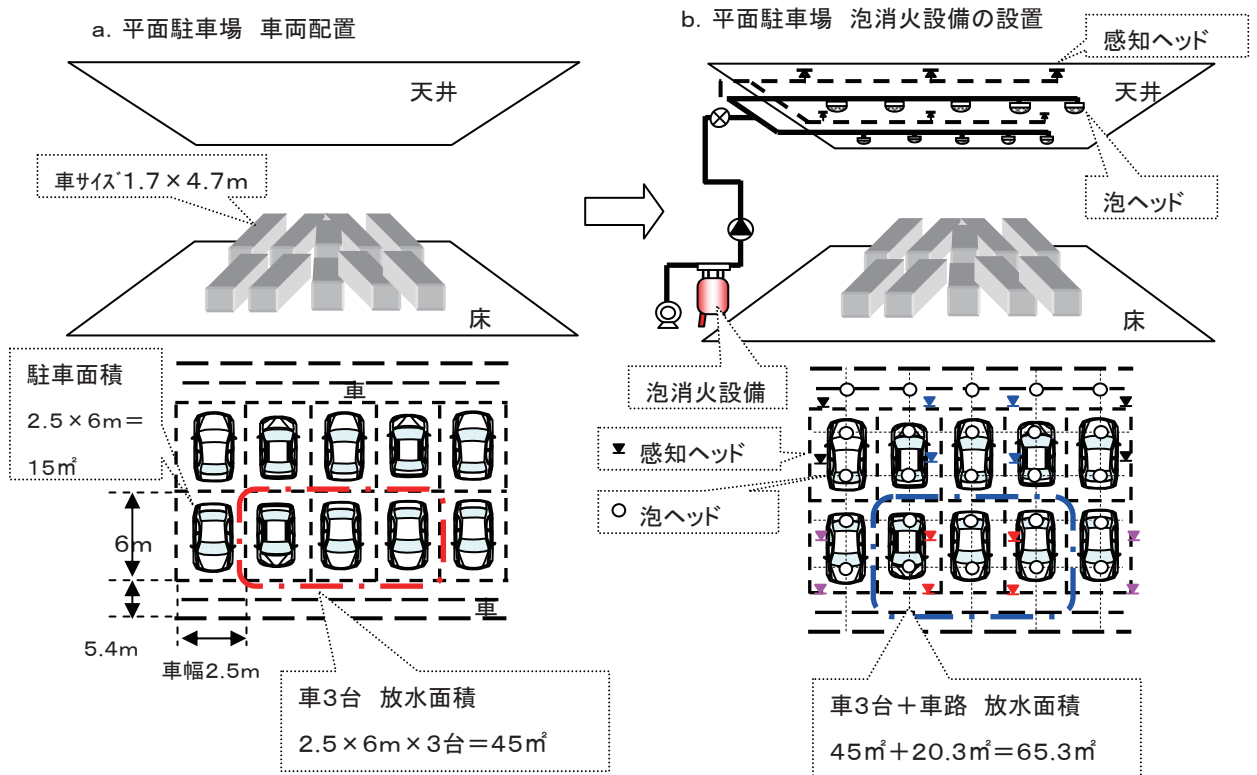


図 17 平面駐車場における泡消火設備の区画放水範囲

3.3.2 平面駐車場における車両火災シナリオ・火災感知・消火抑制性能

(1) 平面駐車場での車両火災シナリオ

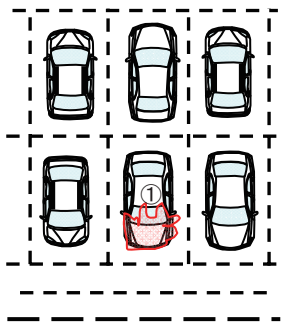
車両火災に関し、一般的に火源モデルとして確定された定説は無いが、文献*等から一般的に車1台当りの燃烧性状は、盛期火災の発熱速度が概ね2~3MW、自由燃烧試験から着火~燃え尽きまでの燃烧時間は概ね50~60分となることが知られている。また、複数車両を同時に燃烧させた試験報告の文献*から、火元の車両から隣接車両への延焼は概ね10~15分、前後の車両への延焼が約25分との結果が報告されている。

平面駐車場で車両火災を想定した場合、火災の拡大は、出火した火元車両から左右車両に着火、前後の車両に延焼し、車自体燃え尽きを考慮すると図 18 に示すような延焼拡大プロセスを取る。着火延焼し同時に燃烧している車両は、図上では記載していないが最大で8台となる。車両燃烧時間の推移から駐車場内での盛期火災車両台数は5台と推定できる。(図 18 で盛期火災が重なるのは車両②②③④④の5台)

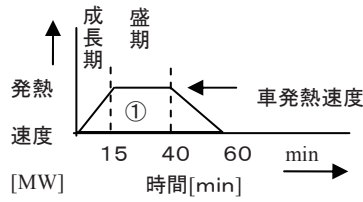
前記の条件から、この火災状況で消火設備による消火・抑制対応を行わない場合、駐車場区画内に開放される発熱量は、最大で2~3MW/台 × 5台 = 10~15MW 程度と予想される。

*【文献】「自動車燃烧実験(その2)」2003年9月建築学会 新谷 他、「自動車火災を受ける構造部材の耐火設計手法」2004年建築研究所 増田 他。

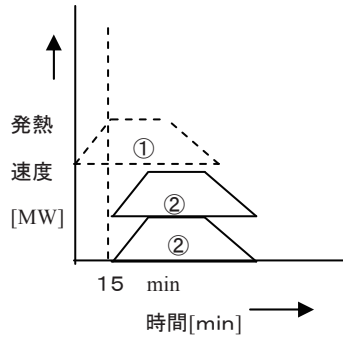
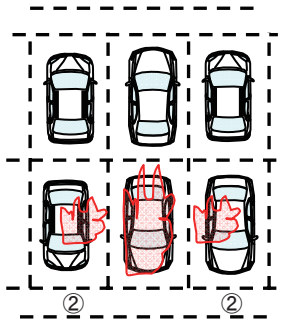
a. 車一台目①で出火



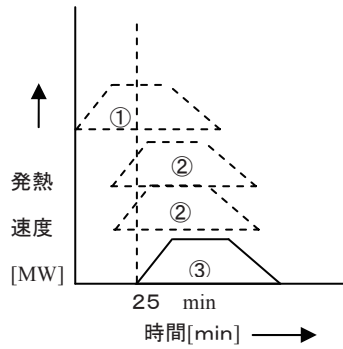
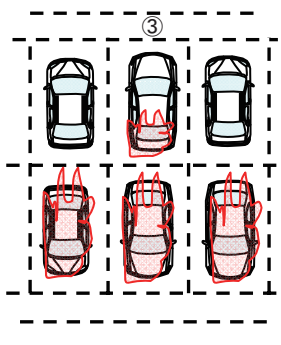
車一台の燃焼イメージ



b. 車一台目①が盛期火災、隣接車両②に延焼拡大



c. 車3台①②が盛期火災、前後車両③に延焼拡大



d. 車①は衰退、車②③が盛期火災、前後隣接車両④に延焼拡大

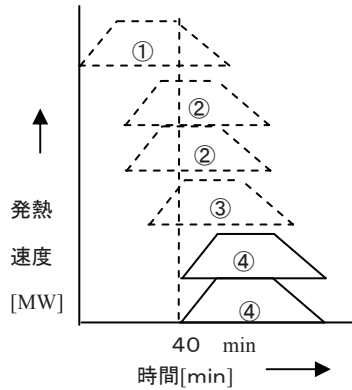
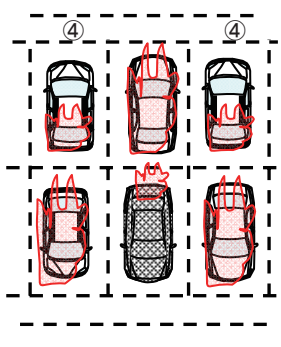


図 18 平面駐車場での車両火災シナリオ

(2) 平面駐車場における泡消火設備の火災感知・消火抑制性能

平面駐車場での火災は、火災シナリオから最大で車両5台の燃焼状況と推定できるが、現行法令に従い泡消火設備を設置した場合、消火抑制する最大火災規模は、出火車両から左右の隣接車両に着火延焼し盛期火災となる車両3台の火災規模を最大としている。現実には火災感知用ヘッドの配置条件から感知から消火開始する火災規模は、左右の隣接車両に火災が延焼拡大したとしても盛期火災になる前段階(図 18 b)で、概ね車両2台以下の火災規模の条件で消火抑制している。図 18 の火災シナリオa~dの進行状況を重ね合わせると、火災成長曲線は、図 19 のように集約でき、現行法令から泡消火設備の性能をまとめると下記の内容になる。

(ア) 消火する火災規模の条件

泡消火設備は放水範囲が車両3台を防護する条件で設置されている。3台以上の車両に延焼拡大しない条件は、図 19 b に示すように、出火車両から左右の車両に延焼したとしても車両の反対に火災拡大しない成長過程で消火する必要がある。出火車両の左右に隣接した車両の火災が盛期火災になる前の成長火災の段階で消火するのが最大条件となる。

(イ) 火災感知の条件

火災感知は、出火車両から左右の隣接車両に延焼拡大したとしても盛期火災になる前に火災感知できる条件で、要求される火災感知性能を持った火災感知用ヘッドを火災を有効に感知できるように設置する。

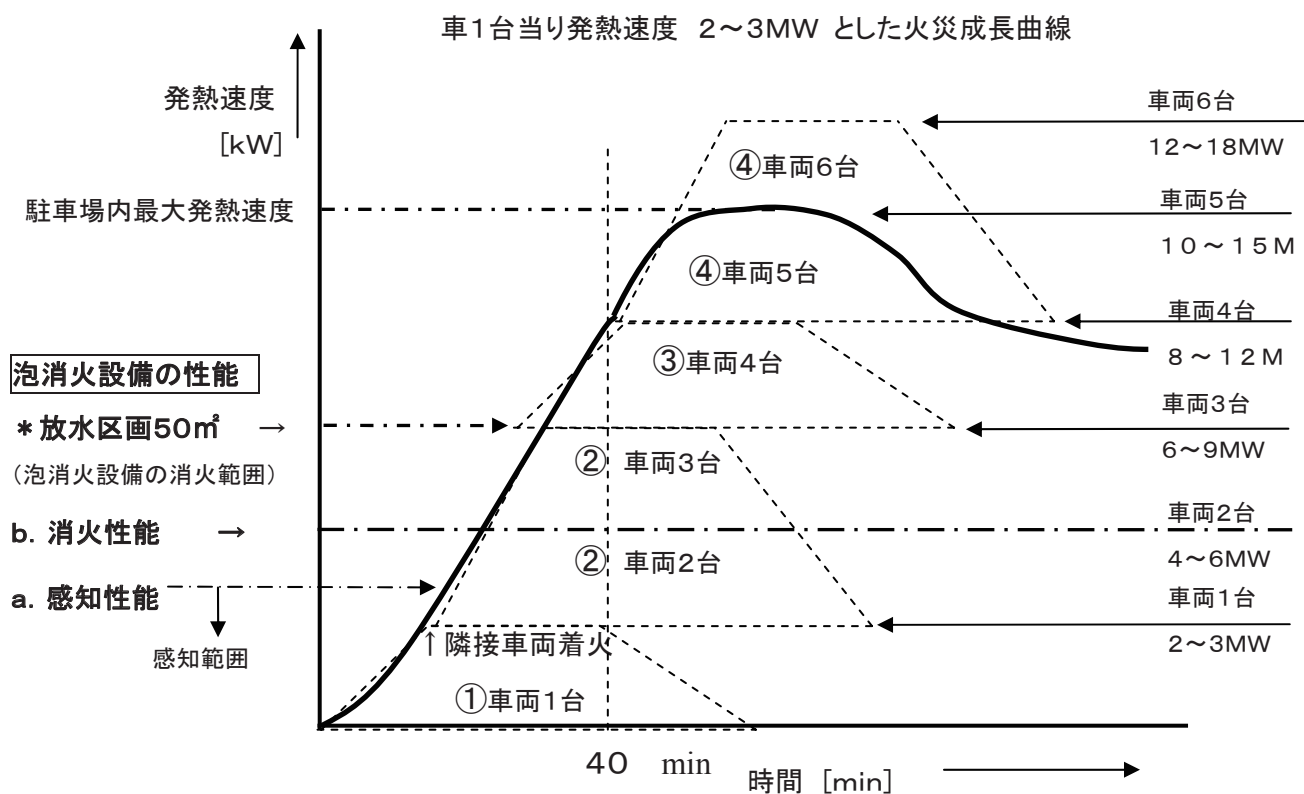


図 19 平面駐車場における火災成長曲線

(3) 平面駐車場での泡消火設備の消火状況

平面駐車場に設置した泡消火設備は、天井部に火災感知用ヘッドとフォームヘッドを配置、車両火災が発生すると火災感知用ヘッドが作動し一斉開放弁が開き区画に泡の一斉放射を行い消火する。(図 20、図 21)

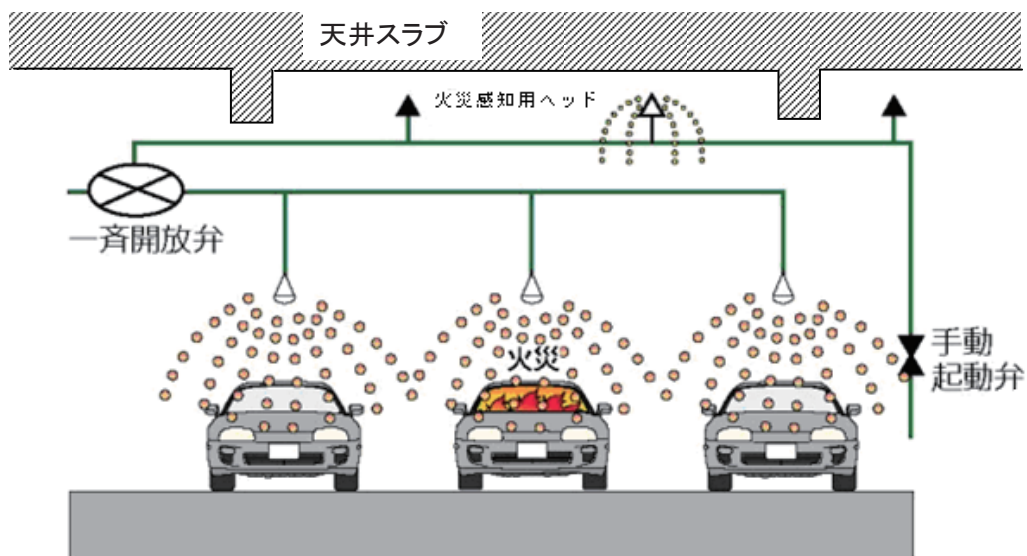


図 20 平面駐車場での泡消火設備の消火状況 (泡放射の側面図)

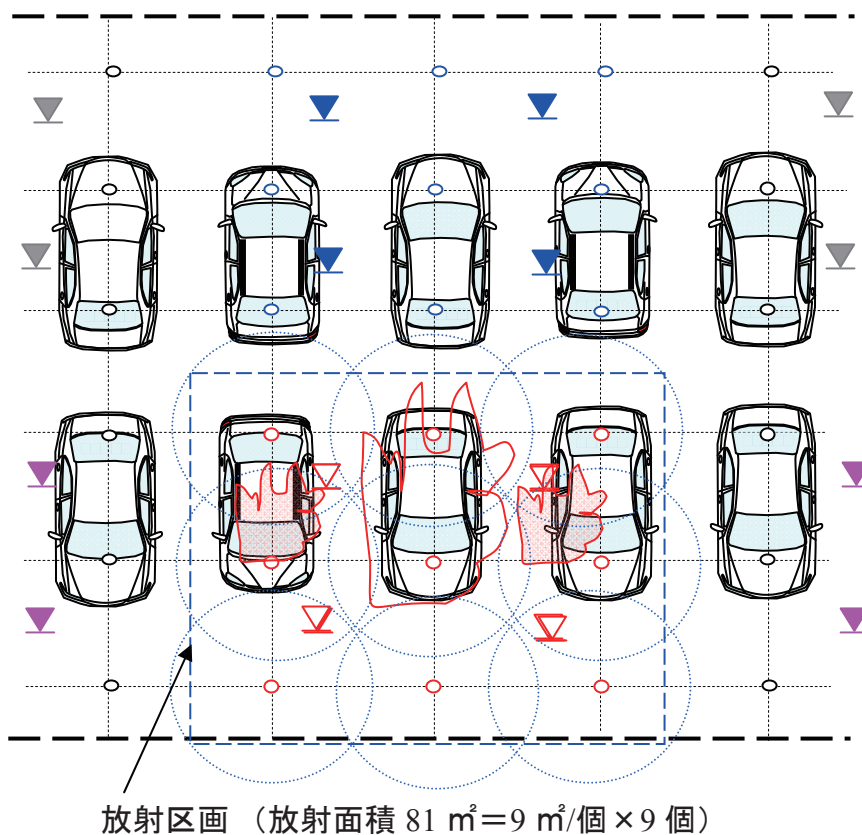


図 21 平面駐車場での泡消火設備の消火状況(泡放射の平面図)

3.3.3 機械式駐車場(多段式)における車両火災シナリオ・火災感知・消火抑制性能

(1) 機械式駐車場(多段式)における火災シナリオ

機械式駐車場の火災シナリオについては、市場の 8 割を占める多段式について上中下の3段式を例に用い検討した。

多段式の機械式駐車場は、図 22 で示すように、上下、左右に移動する車両パレットに車を格納し車両を駐車する。この状況で中段中央の車両で火災が発生した場合、初期の段階で火災拡大が抑制されなければ左右・上下に延焼拡大する立体火災となる。

出火車両からの火災拡大延焼は、上下は鋼板で囲まれているため、初期の火災の段階は車両パレット間の隙間に熱気流が抜ける影響は考慮する必要があるが鋼板の遮熱効果が期待でき、火災は平面駐車場と同様に左右の車両に延焼拡大(図 22 ①)する。上段方向へは、中段の火災が盛期となり上段の車両パレットの鋼板の遮熱効果が破れるのと車両パレット間の隙間から流出する熱気流及び噴出し火炎の影響で上段車両に火災が拡大(図 22 ②)、下段方向へは、ガソリン漏洩が発生したとしても車両パレットに隙間が無ければ直接的に延焼はせず、上部方向と同様に鋼板の遮熱効果が破れることで下段車両の上部塗料に着火し火災が拡大(図 22 ③)する。

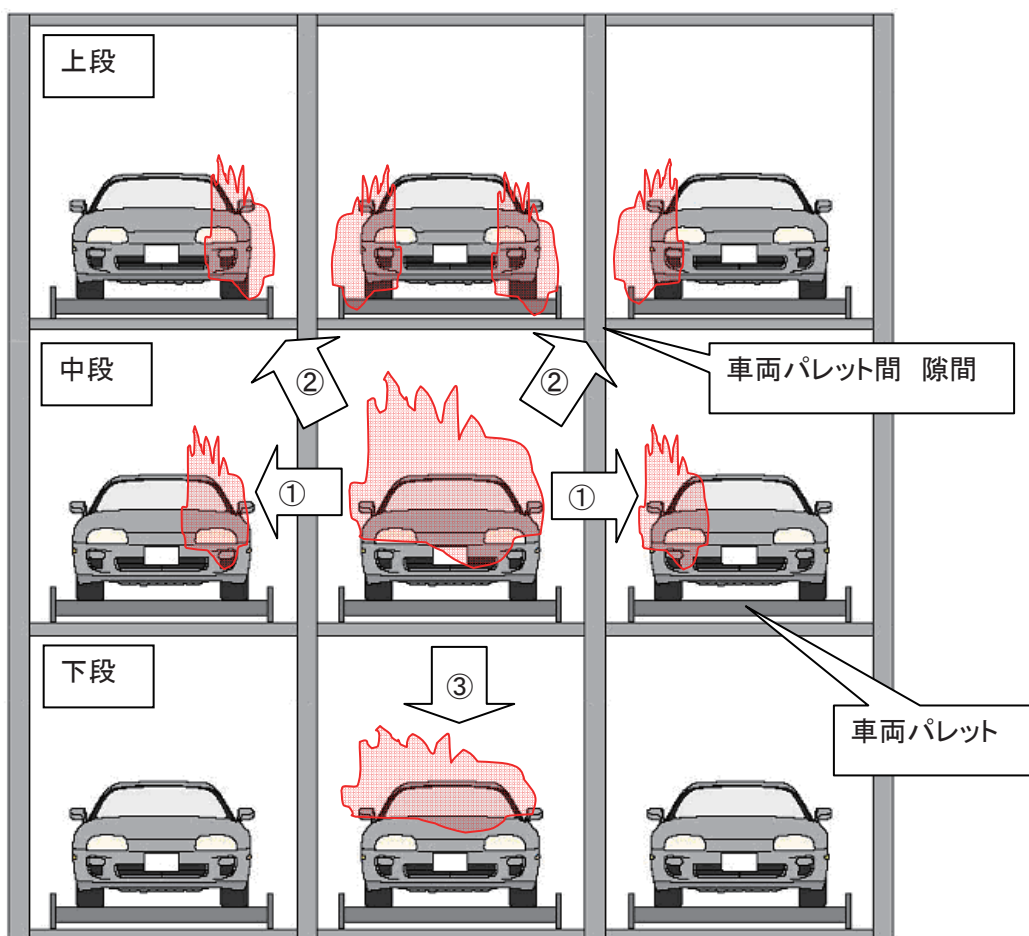


図 22 機械式駐車場(多段式)の火災想定

(2) 機械式駐車場（多段式）における泡消火設備の消火状況

機械式駐車場（多段式）に泡消火設備を設置する場合、図 23 に示すように機械式駐車場が置かれる屋内の天井部に火災感知用ヘッドを配置、フォームヘッドは装置全体を泡で包含するよう配置、火災時は機械式駐車場全体に一斉に放射し消火する。

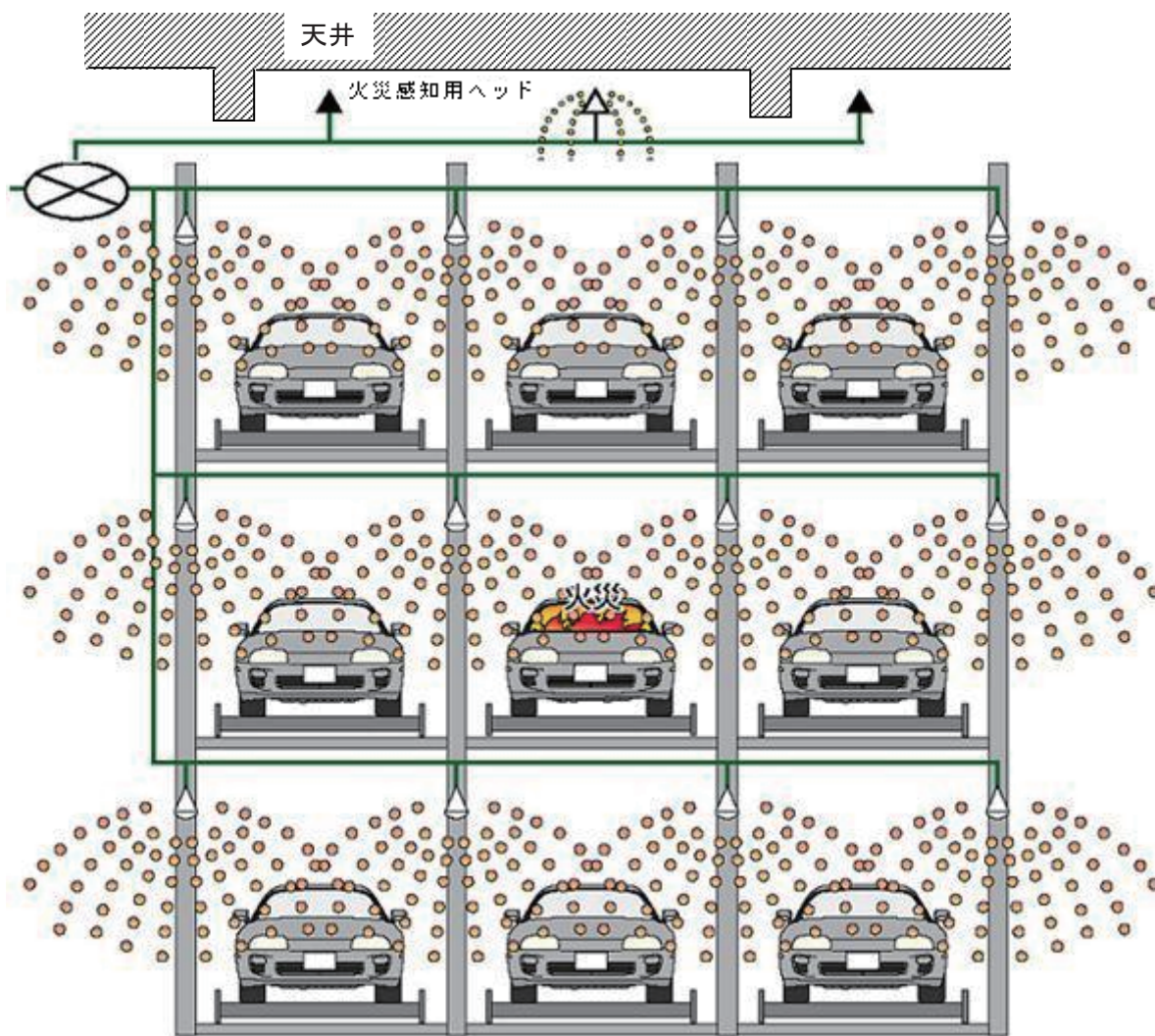


図 23 機械式駐車場（多段式）における泡消火設備の消火状況

平面式駐車場の火災感知・消火抑制と同程度の性能で初期火災の拡大抑制を行うには、隣接も含め車両2台以下の火災規模で消火できるよう火災感知の条件を設定する必要がある。

3.4 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に求められる防火安全性能

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、現行法令の消火設備と同等以上の性能を有し、令第29条の4に規定された防火安全性能の「火災の拡大を初期に抑制する性能」が要求される。

必要とする基本的な防火安全性能は、出火車両の火災を初期の段階で有効に感知、消火剤の泡水溶液を出火車両の上方から火災箇所を十分包含する条件で放水、泡消火設備と同等以上の性能で車両火災の拡大を防止し、有効に火災を消火・抑制する。

防火対象物に対する防火安全性能は、下記の火災に対し有効で効果的な性能を持つ必要がある。

(1) 燃料漏洩火災

駐車場で火災成長が最も急激で危険な火災は、車両燃料となるガソリン等の液体可燃物が床面に漏洩し発生する燃料漏洩火災です。この火災は、主に窒息作用で消火できるが、防火安全上は、燃料の蒸発で発生した可燃性蒸気の拡散を防止する燃料遮断効果が必要です。また、燃料漏洩火災は、火災拡大が急激なため初期の段階で火災を抑制する必要があり、比較的短時間に火災を完全に消火する性能が要求される。

(2) 車両火災

駐車場における主な可燃物は、自動車車両自体の火災で、消火するには冷却作用の消火性能が要求される。車両本体は立体構造でその表面火災に対しては、表面を低い表面張力の泡水溶液で効果的に濡らし可燃物の燃焼温度を低下させ消火する。一方、車体下部や車室内、エンジンルーム内等で直に泡水溶液がかからない散水障害部分は、車両表面の冷却や内部に流入した泡水溶液による冷却効果で火災を閉じ込め縮小させる。泡消火設備の消火と同様に小さな残火は残るが、消防隊が容易に残火処理できる火災規模に抑制できる性能が要求される。

(3) 延焼拡大防止

放水時には、駐車場の周辺、及び、出火車両の隣接車両にも泡や泡水溶液が放射され、隣接車両表面や床面を泡水溶液で冷却することで、出火車両からの輻射熱による延焼の拡大を防止する効果が要求される。

泡消火設備は、消防法施行規則(以下、「規則」という。)第18条第2項により「最大放射区画を10分間放射できる量」の水源水量を持つが、特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、同等の消火性能を満足する放射区画の放水量、放水時間を有する必要がある。

3.5 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に対する感知および消火性能の骨子

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に対し「感知および消火性能」の性能規定的な考え方は、下記の流れで検討した。現行法令の設置基準から法令が要求する泡消火設備の感知・消火性能を見積り、現行法令と同等以上となる性能目標を設定、その性能を評価するため必要な客観的な検証項目及び判断の考え方を検討し整理した。ここでは防火対象物として平面駐車場で検討したが、同様な考え方で機械式駐車場へも拡張した。

3.5.1 性能目標を設定するための検討の流れ

(1) 平面駐車場の火災シナリオから泡消火設備が対象とする火災規模を推定。

＜現行法令での着目点＞

- ・ 駐車面積 条例（東京都、大阪市）では普通車両 2. 5 m×6 m=15 m²以上
- ・ 放水区画面積 50～100 m²。
- ・ 泡ヘッドは9 m²毎に1個設置。
- ・ 駐車場に設置する泡ヘッドの消火性能は出火車両も含め左右の隣接車両に延焼拡大した火災規模（車両2台相当）を消火できる。

(2) 現行法令が想定した火災規模から感知・消火抑制すべき性能目標の設定。

＜感知・消火抑制性能の着目点＞

- ・ 最大車両火災規模は、燃焼車両3台までの延焼規模。
- ・ 感知・消火の火災規模は、出火車両から延焼した隣接車両が盛期火災になるまで。

(3) 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備を性能規定化するため、客観的検証方法の検証項目と判断基準の考え方を示した。

＜性能検証項目の着目点＞

- ・ 隣接車両への延焼拡大防止
- ・ 感知から消火開始までの検証項目と基準
- ・ 消火判断の考え方

3.5.2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に対する感知および消火性能

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、「特定駐車場で必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等(令第29条の4)」として、火災の拡大を初期に抑制する感知及び消火の防火安全性能を、客観的検証法で検証された性能を有する。駐車のに供される部分で想定される火災の拡大を初期に抑制する感知及び消火に関し性能の検証項目を以下に示す。

- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備を設置する「駐車のに供される部分」において火災の種類と想定火災、設置条件を設定。
- ・ 初期の火災とは、火災箇所を消火可能な範囲で特定できる火災規模を言う。その火災規模は、車両1台の火災で、かつ、隣接して駐車された車両が延焼拡大しない段階を言う。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、車両本体と車両の液体燃料の両方の火災を消火できる性能を持つこと。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備は、消火限界として最低限車両2台相当の火災を十分消火できる能力を担保する。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備が作動する火災感知条件は、火災感知時とその後の放水中也含め設備が持つ消火限界を超えない条件で感知し、かつ、隣接車両が延焼拡大しない条件とする。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の放水条件は、火災を有効に消火及び抑制するのに十分な時間、放水できる設備性能を有する。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の放水が終了した時点では、隣接車両に延焼の恐れが無い条件で火災箇所が十分に消火及び抑制された状況であること。
- ・ 感知の火災検出手段が妨げられる障害条件や熱気流が到達しないことによる感知障害、及び、放水時に散水障害が起こる場合は、障害を避けるための有効な手段を講じること。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に用いる閉鎖型泡溶液ヘッドは、火災感知機能を有し必要な性能要件を満たすこと。
- ・ 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備に用いる泡消火薬剤は、必要な性能要件を満たすこと。

* 図式化した概要は 別紙<概要> 「特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の防火安全性能の基本的な考え方」を参照。

3.5.2.1 要求性能

消火設備は、火災の発生及び拡大を、現実の火災から想定火災を設定し、感知機能を持つ閉鎖型泡水溶液ヘッドを用い、火災を初期の段階で消火・抑制する性能を有する。消火対象とする可燃物は、設置を想定する駐車用の供する場所に配置される、車両の液体燃料火災と車両本体、及び、隣接部分に適用する場合は一般火災(A火災)とする。

3.5.2.2 想定火災

車両火災の出火想定は、車両の各部分、荷台積載物からの出火、燃料の流出による床面火災、隣接部分での出火等の過去の事故事例から設定する。

初期の最大火災規模は、火災箇所を消火可能な範囲で特定できる火災規模で、車両1台の火災を想定、かつ、隣接して駐車された車両に延焼拡大しない(3.5.2.10 性能要件参照)規模であること。車両でない火災も前述条件以下とする。

3.5.2.3 感知性能

消火設備が作動すべき感知条件は、消火中も含め設備が持つ消火能力を超えない条件で感知する能力を有し、かつ、火災感知後消火中も含め隣接車両が延焼拡大しない条件の火災規模以下で規定する。感知すべき火災規模は、隣接車両が延焼拡大しない条件を含むが、基本的な考え方は設備の消火の限界性能と設備規模を考慮し設備設計者が最適に設定する。火災感知の応答性能は、火災の拡大範囲を十分包含する放水範囲が得られる条件で、かつ、ヘッドの設置条件(取付高さ、ヘッド間隔)を考慮し設定する。

3.5.2.4 放水性能

火災発生により感知・放水する閉鎖型泡水溶液ヘッドの同時開栓個数は、火災箇所を有効に感知し放水する放水範囲を包含できる条件であること。

閉鎖型泡水溶液ヘッドで感知障害及び散水障害が起こる場合は、障害を避けるための有効な手段を講じること。障害とは、火災の熱気流を有効に感知できない場合か、放水時の散水障害により有効に消火できない場合をいう。この場合、障害を避けるため、閉鎖型泡水溶液ヘッドの感知部と放水部を分離し有効に設置する。

3.5.2.5 消火性能

消火設備の消火性能は、車両本体と車両の液体燃料の火災、及び、隣接部分に適用する場合は一般火災(A火災)の両方の火災を消火でき、消火限界は、最低限車両2台相当の発熱速度の火災規模を消火できる性能を有する。

3.5.2.6 放水時間

閉鎖型泡水溶液ヘッドの火災感知後が放水条件となるが、実際に放水するまでの遅れ時間は、火災の発熱速度が消火限界を超えないタイミングとする。

前述で記載しているが、放水時間中は消火限界を超えない発熱速度で火災を制御すること。

放水は、放水時間中途切れることなく、また放水時間は、火災を消火及び抑制するのに十分な時間（＊現行法令：泡消火設備は10分間放水）を確保する。

3.5.2.7 消火及び抑制

消火設備の動作が終了した時に、火災箇所において、隣接車両に延焼の恐れが無い条件で十分に消火及び抑制された状況（3.5.2.10 性能要件 参照）であること。

3.5.2.8 消火設備の規模

放水に要する水源水量は、放水時間と閉鎖型泡水溶液ヘッドの同時開放個数の積を考慮した水量を保有する。放水範囲は、火災出火箇所を十分包含できる性能を持つこと。

3.5.2.9 消火設備の付帯性能

特定駐車場用閉鎖型泡水溶液ヘッドは、火災感知機能を有し駐車のに供する必要な性能要件を満たすヘッドを用いること。

特定駐車場用泡消火薬剤は、駐車のに供する必要な性能要件を満たす泡消火薬剤を用いること。

使用する機器は、該当する基準に適合した性能を有すること。

3.5.2.10 性能要件

隣接に延焼拡大しない条件とは、隣接の車両に延焼したとしても盛期火災に拡大しない成長期の火災規模を言う。（出火車両に隣接した側に延焼した段階）

消火及び抑制された判定は、隣接車両を含め出火車両の表面火災は消火し、車両構造によるが泡水溶液が入らない車両内部火災に一部残火が残る段階を言う。残火の判断は、消防機関による残火処理が容易に行へ、放水を停止しても著しく火災拡大しない規模とする。

3.5.2.11 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の消火状況

(1) 平面式駐車場の消火

平面式駐車場における火災消火の状況を図 24、図 25 に示す。出火車両の熱気流により直上の閉鎖型泡水溶液ヘッドが火災感知し開栓し放水、火災規模がヘッド包括範囲内であれば閉鎖型泡水溶液ヘッド一個の開栓で消火する。

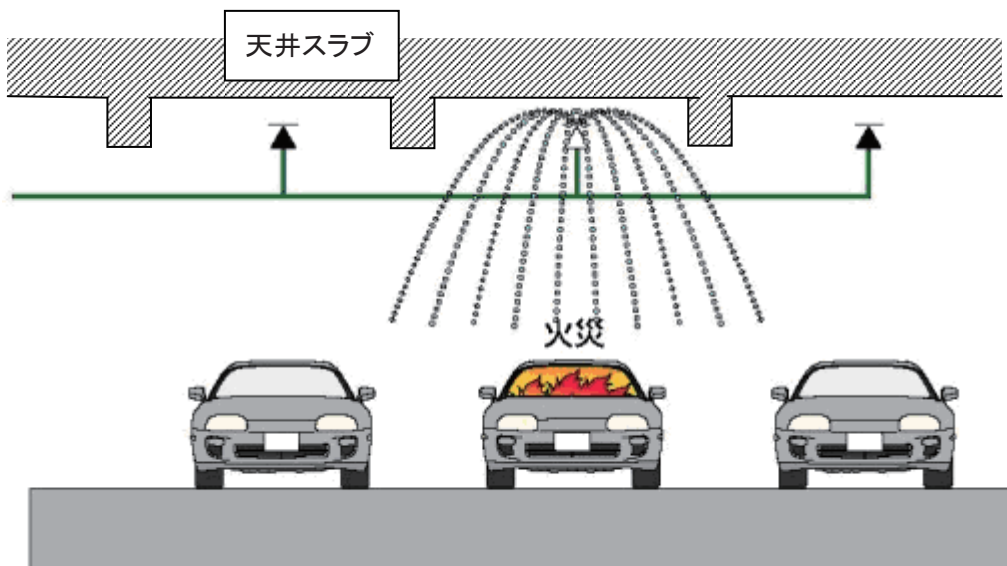


図 24 平面式駐車場の消火状況（閉鎖型泡水溶液ヘッドの放水状況（側面図））

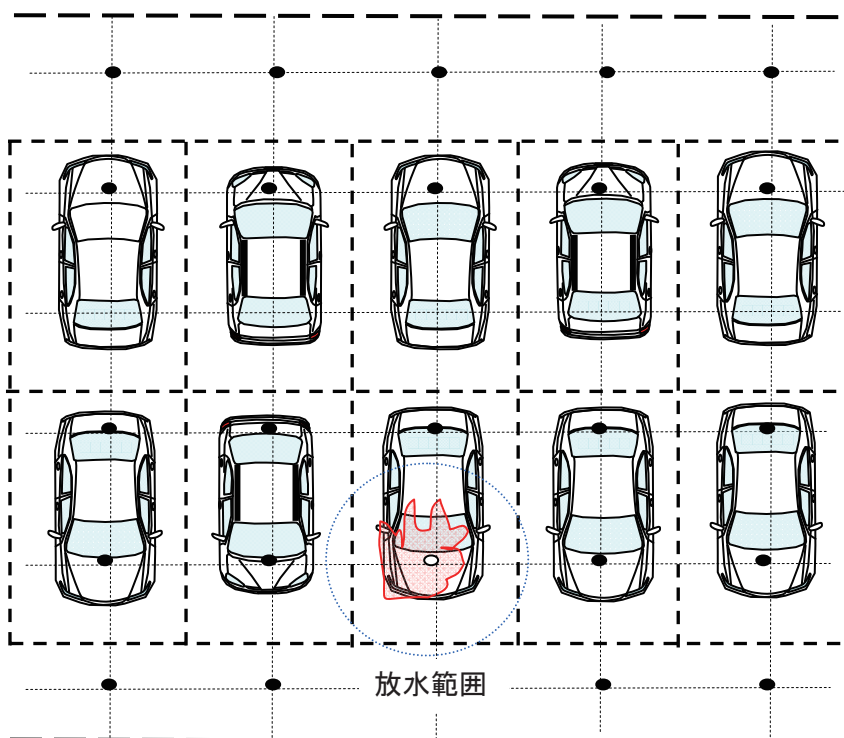


図 25 平面式駐車場の消火状況（閉鎖型泡水溶液ヘッドの放水状況（上面図））

(2) 機械式駐車場（多段式）の消火状況

機械式駐車場（多段式）に特定駐車場用閉鎖型泡消火設備を設置した場合での消火状況を図 26 に示す。出火車両上部の車両パレット間に設置した閉鎖型泡水溶液ヘッドが開栓し放水。車両一台の火災規模で消火。

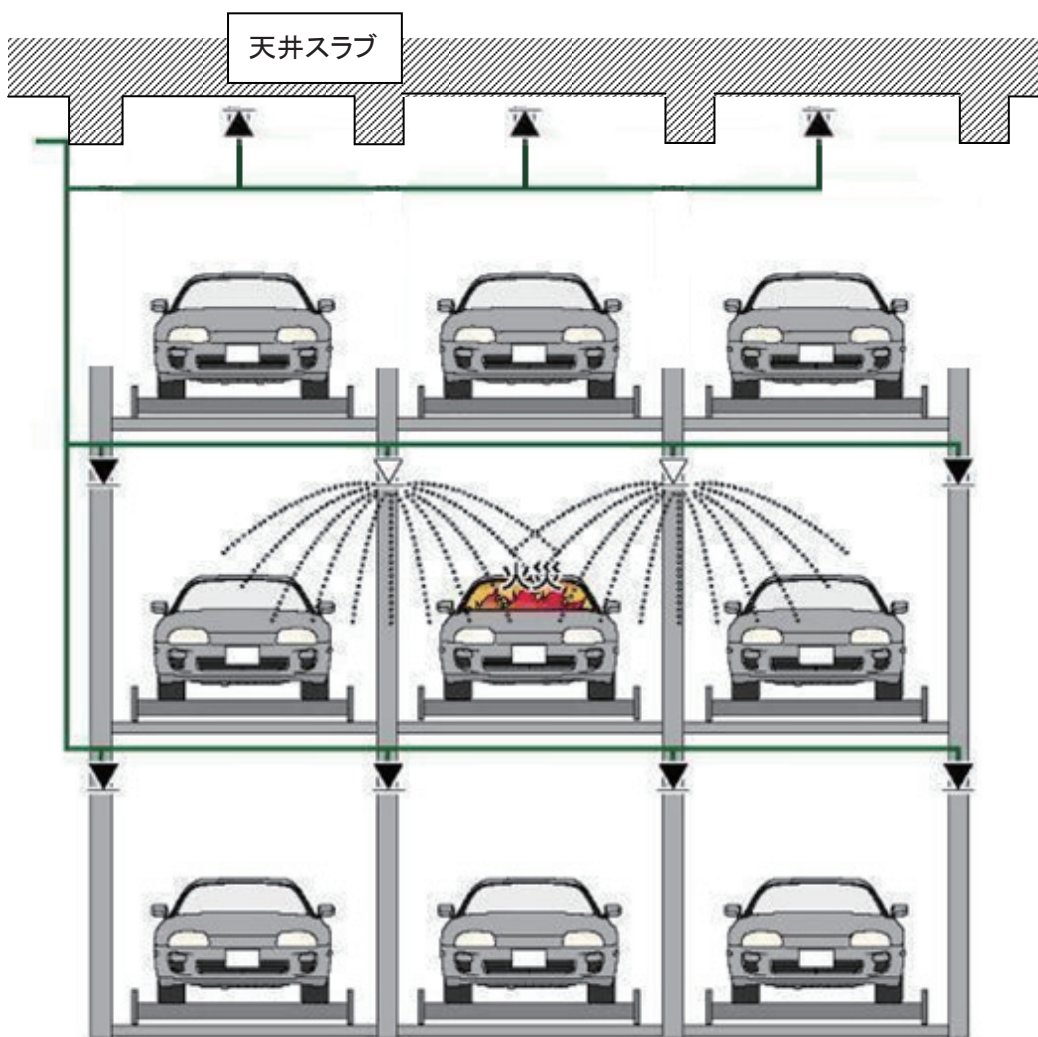


図 26 機械式駐車場（多段式）における特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の消火状況

【別紙 <概要>参照】

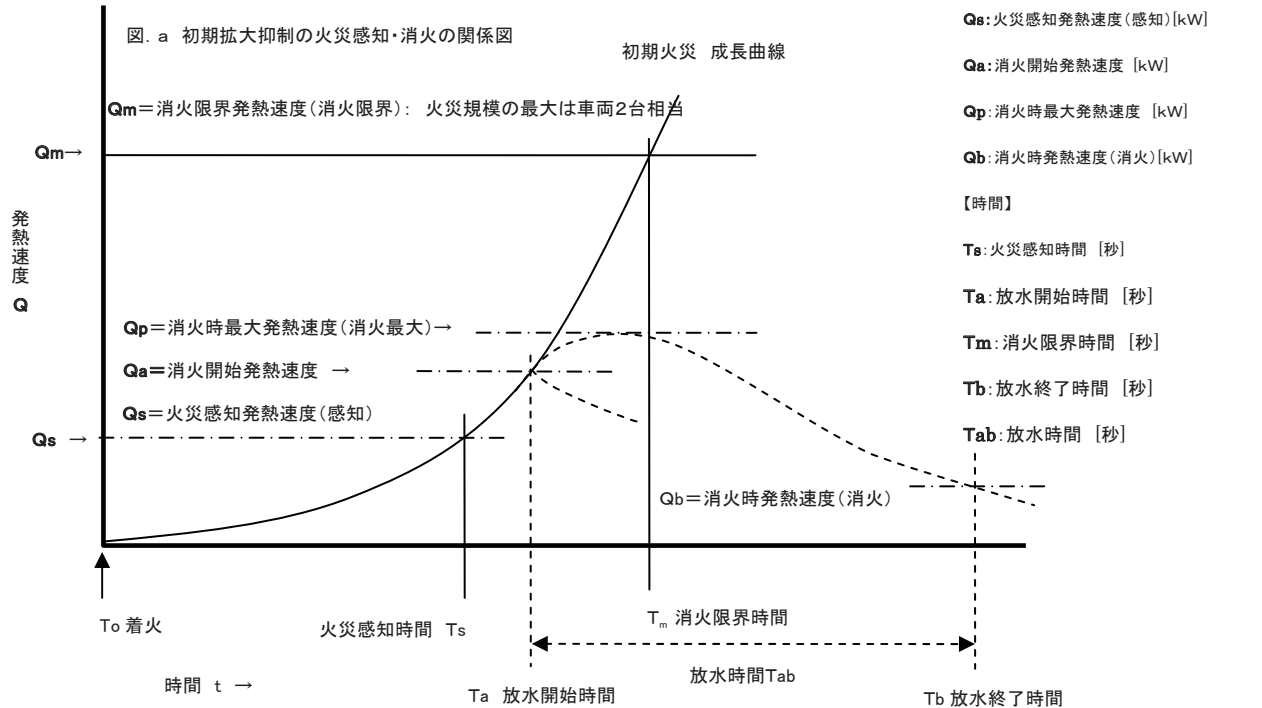
別紙<概要> 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の防火安全性能の基本的な考え方

1. 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の防火安全性能

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備における防火安全性能は、「特定駐車場が必要とされる防火安全性能を有する消防の用に供する設備等(令第29条の4)」として、火災の拡大を初期に抑制する初期火災拡大抑制性能を有する。基本性能となる感知及び消火性能の考え方を以下示す。

2. 初期火災拡大抑制性能の骨子

(1) 感知・消火条件の考え方 : 図. aに感知・消火の関係図を示す。



□感知・消火の基本的な関係

1. 発熱速度 : 消火限界以下で感知を行う。

感知	消火開始	消火最大	消火限界
Q_s	$<$	Q_a	$<$
		Q_p	$<$
			Q_m

2. 時間 : 消火限界時間以内で放水開始を行う。

感知	放水開始	消火限界
T_s	$<$	T_a
		$<$
		T_m

□感知・消火の要求性能

1. 火災感知発熱速度 Q_s は消火限界発熱速度 Q_m を超えない事。
2. 消火時最大発熱速度 Q_p は消火限界発熱速度 Q_m を超えない事。
3. 放水時間 T_{ab} 内で隣接した車両及び可燃物に延焼しない事。
4. 放水終了時間 T_b 以後は火災が消火及び抑制されている事。

(2) 要求する検証項目

□感知・消火の検証項目

1. 消火限界 Q_m は、車両2台相当の消火を検証。
2. 火災感知 Q_s の最大は、隣接車両に延焼拡大しない放射熱流束を検証。
3. 閉鎖型泡水溶液ヘッド設置条件(ピッチ、高さ)における同時開放個数は、火災感知 Q_s 条件で検証。
4. 放水時間 T_{ab} で延焼拡大しない条件は放射熱流束で検証。
5. 放水終了時間 T_b の消火及び抑制の条件を放射熱流束で検証。
6. 駐車場に隣接する附室に適用する場合は、一般可燃物に対する消火性能を検証。

□その他検証項目

1. 「駐車場の用に供される部分」とそれに「隣接した部分」で想定する火災に対し感知・消火の条件を満足することを検証。
(駐車場の壁面開口条件・車路・スロープ等・・・)
2. 放水時間 T_{ab} は法令泡消火設備(規則18条2項二)以上の条件。
3. 散水障害は、想定した障害箇所条件で感知・消火することを検証。
4. 同時開放個数は法令泡消火設備の1区画相当の面積を有する条件。
5. 閉鎖型泡水溶液ヘッドの感知性能は、該当する必要な性能要件を満たすこと。
6. 使用する特定駐車場用泡消火薬剤は、該当する必要な性能要件を満たすこと。
7. 使用する機器は、該当する規格を満足すること。

4 設置および維持

4.1 設置及び維持基準

特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置及び維持に関する技術基準の例を表 2 示す。

	仕様規定的に定める部分。
	仕様規定的でかつ準拠法令の一部を変更する部分。
	性能規定的に定める部分。

表 2 特定駐車場用閉鎖型泡消火設備の設置・技術基準について 例

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1. 法令 1.1 設置基準	<p>① 令第13条で定められた防火対象物のうち、下記の部分。 令第13条第1項に規定する駐車のために供される部分のうち、火災を有効に感知できる構造の駐車場で消防庁長官が定める特定駐車場の部分。</p> <p>② 本設備の設置部分に設置義務となる屋内消火栓設備の扱いは令第11条第4項に、連結散水設備の扱いは令第28条の2第3項にそれぞれ準ずる。</p> <p>③ 駐車のために供される部分に隣接する部分に設置されるスプリンクラー設備等の扱いは、令第12条第3項に準ずる。</p>	
1.2 技術基準 1.2.1 ヘッドの配置	規則第13条および第14条に準じて設けること。詳細は下記。	
イ. 天井スラブ下面へのヘッドの取付	<p>① 設置対象となる部分の天井または小屋根の部分から一の閉鎖型泡水溶液ヘッドでの水平距離は閉鎖型泡水溶液ヘッドの有効散水半径（散水範囲が矩形型の閉鎖型泡水溶液ヘッドにあつては有効放水範囲）以下なるように設けること。</p> <p>② 閉鎖型泡水溶液ヘッドの設置場所の最高周囲温度とヘッド標示温度の関係は規則第14条第1項7号に準ずること。</p> <p>③ 梁等に区画された部分の閉鎖型泡水溶液ヘッドの配置、閉鎖型泡水溶液ヘッドのデフレクタと取付け面の距離、閉鎖型泡水溶液ヘッドの軸心と取付け面の角度、閉鎖型泡水溶液ヘッドの散水障害部等の設置については規則第13条の2第4項1号イ、ロ、ハ、ニ、トに準じて設けること。</p>	規則第13条の2第4項1号ホ、ヘは該当しない。

	④ 開放型泡水溶液ヘッドは、泡水溶液用制御弁と組み合わせて用いるのものとし、火災を有効に感知し消火・抑制できるように設けること。	
ロ. 多段式機械式 駐車装置パレット 部へのヘッドの取 付	多段式機械式駐車装置で発生する火災を有効に感知し消火・抑制できるように閉鎖型泡水溶液ヘッドを取り付けること。	
1.2.2性能	閉鎖型泡水溶液ヘッドおよび開放型泡水溶液ヘッドの性能（放水圧力、放水量およびは有効放水半径（散水範囲が矩形型の閉鎖型泡水溶液ヘッドにあつては有効放水範囲）、設計同時開放個数、設置上限高さ等）は、特定駐車場で発生する火災を有効に感知し消火・抑制できるものであること。	性能は固定できない。
1.2.3水源の水量	特定駐車場で発生する火災を有効に感知し消火・抑制できる量とすること。	泡消火設備は10分放射できる水量
1.2.5 特定駐車場 用泡消火薬剤の 貯蔵場所及び貯 蔵量	貯蔵場所は、令第15条第1項第5号に準じて設けること。 貯蔵量は、規則第18条第3項に準じて設けること。	
1.2.6配管	規則第12条第1項第6号に準じて設けること。	
1.2.7 操作回路及 び表示回路の配 線	規則第12条第1項第5号の規定の例により設けること。	
1.2.8呼水装置	規則第12条第1項第3号の2の規定の例により設けること。	

1.2.9 加圧送水装置	<p>規則第14条第1項第11号に準じて設けることその他、下記によること。</p> <p>イ 高架水槽を用いる場合は次の式によること。 $H=h_1+h_2$ (h2はヘッドの放水圧力水頭)</p> <p>ロ ポンプを用いる場合は次の式によること。 $H=h_1+h_2+h_3$ (h3はヘッドの放水圧力水頭)</p> <p>ニ 加圧送水装置にはヘッドにおける放水圧力がヘッドの最高使用圧力を超えないための措置を講じること。</p>	<p>ニは、実際には加圧送水装置ではなく、調圧装置(1次圧減圧弁、2次圧減圧弁、流水検知装置の調圧装置)等による。</p>
1.2.10 試験装置	<p>規則第14条第1項5の2号の例により設けること。</p> <p>※ 試験時には、放水圧力が最も低くなる予測される配管の部分に試験装置を取り付け実施する。</p> <p>※ 点検時には、流水検知装置二次側配管に設けた試験装置により実施する</p>	
1.2.11 自動警報装置	<p>規則第14条第1項4号の規定の例により設けること。</p>	
1.2.12 非常電源	<p>規則第12条第1項4号の規定の例により設けること。</p>	
1.2.18 総合操作盤	<p>規則第12条第1項8号の規定は、準用する。</p>	
1.2.19 耐震措置	<p>規則第12条第1項9号に準ずる。</p>	

4.2 試験基準

試験基準は、「消防設備等の試験基準の全部改正について」(平成 14 年 9 月 30 日消防予第 282 号)に準じ、その概要は次のとおりとする。

表 3 外観試験

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1.水源	屋内消火栓設備の試験基準に準ずる。	
2.加圧送水装置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
3.配管・バルブ類	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
4.電源	屋内消火栓設備の試験基準に準ずる。	
5.泡水溶液ヘッド	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	閉鎖型、開放型
6.泡水溶液用制御弁	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備として専用に整備する。	
7.制御弁	屋内消火栓設備の試験基準に準ずる。	
8.流水検知装置・圧力検知装置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
9.一斉開放弁	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
10.試験装置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	試験時には、放水圧力が最も低くなると予測される配管の部分に試験装置を取り付け実施する。
11.自動警報装置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
12.混合装置	泡消火設備の試験基準に準ずる。	
13.制御盤	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備として専用に整備する。	
14.減圧措置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	

表 4 機能試験

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1.加圧送水装置	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
2.配管耐圧試験	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
3.流水検知装置・表示灯	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	

表 5 機能試験

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1.放水試験	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	
2.希釈容量濃度測定	混合装置試験弁から水溶液を採取し、希釈容量濃度を測定する。	
3.非常電源切替試験	スプリンクラー設備の試験基準に準ずる。	

4.3 点検基準および点検要領

試験基準は、「消防用設備等の点検の基準及び消防用設備等点検結果報告書に添付する点検票の様式を定める件」(昭和50年10月16日消防庁告示14号)、「消防法施行規則の規定に基づき、消防用設備等又は特殊消防用設備等の種類及び点検内容に応じて行う点検の期間、点検の方法並びに点検の結果についての報告書の様式を定める件(平成16年消防庁告示第9号)。」に、準ずる。また、点検要領は、「消防用設備等の点検要領の全部改正について」(平成14年6月11日消防予第172号)に準じ、その概要は次による。

表 6 外観点検

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1.水源	屋内消火栓設備の点検要領に準ずる。	
2.加圧送水装置	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
3.減圧のための措置	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
4.配管等	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
5.泡水溶液ヘッド	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	閉鎖型、開放型
6.流水検知装置・圧力検知装置	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
7.一斉開放弁	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
8.混合装置	泡消火設備の点検要領に準ずる。	
9.制御盤	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備として専用に整備する。	

表 7 総合点検

項目	特定駐車場用閉鎖型泡消火設備	備考
1.ポンプ方式	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	点検時には、流水検知装置二次側配管に設けた試験装置により実施する
2.高架水槽方式及び圧力水槽方式	スプリンクラー設備の点検要領に準ずる。	
3.釈容量濃度測定	混合装置試験弁から水溶液を採取し、希釈容量濃度を測定する。	

5 機器の性能要件

機器の性能要件を次に示す。

表 8 機器の性能要件

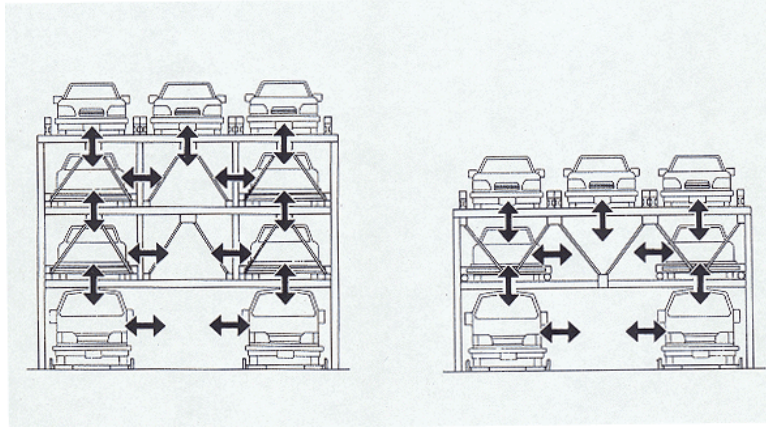
機器名		性能要件	備考
閉鎖型泡水溶液ヘッド		① 強度性能(耐圧、感熱部(ヒューズブルリンク、ガラスバルブ、分解部分、振動、水撃) ② 腐食性能 ③ 作動性能 ④ 感度性能 ⑤ 放水量性能 ⑥ 散水分布性能 ⑦ 【5倍以上の泡を放射するものにあつては】 発泡倍率及び 25%還元時間	泡を放射するものと、泡水溶液を放水する2種類がある。泡水溶液を放水するタイプは⑦は不要となる。
開放型泡水溶液ヘッド		① 腐食性能 ② 放水量性能 ③ 散水分布性能 ④ 【5倍以上の泡を放射するものにあつては】 発泡倍率及び 25%還元時間	閉鎖型泡水溶液ヘッドから感熱部を取り除いた以外同一のヘッドは試験は不要と考える。
泡水溶液制御弁	感熱部を有するもの(感熱開放継手等)	① 強度性能(耐圧、感熱部(ヒューズブルリンク、ガラスバルブ、分解部分、振動、水撃) ② 腐食性能 ③ 作動性能 ④ 感度性能	
	感熱部を有さないもの	① 強度性能(耐圧) ② 作動性能	
特定駐車場用泡消火薬剤		① 物理的性能(比重、粘度、流動点、水素イオン濃度、引火点、拡散性能) ② 品質(沈殿量、鋼等の腐食による質量損失) ③ 消火性能	
混合装置		① 耐圧力 ② 貯蔵量 ③ 混合率	
制御盤		① 絶縁強度、絶縁耐力 ② 機能(感知器による自動起動、手動起動、その他)	

6 別添

1 機械式駐車場の種類とその概要

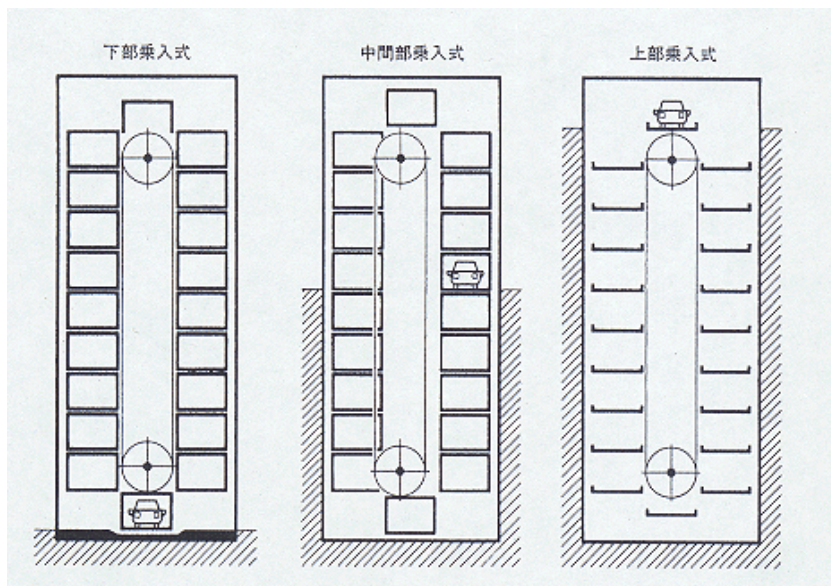
多段式

自動車を収納する台車(パレット)を上下2段から4段に積み重ねる方式。2段式の簡易的なものやエレベータスライド方式の3層4段まであり、機械式駐車場の設置数の80%を占めます。



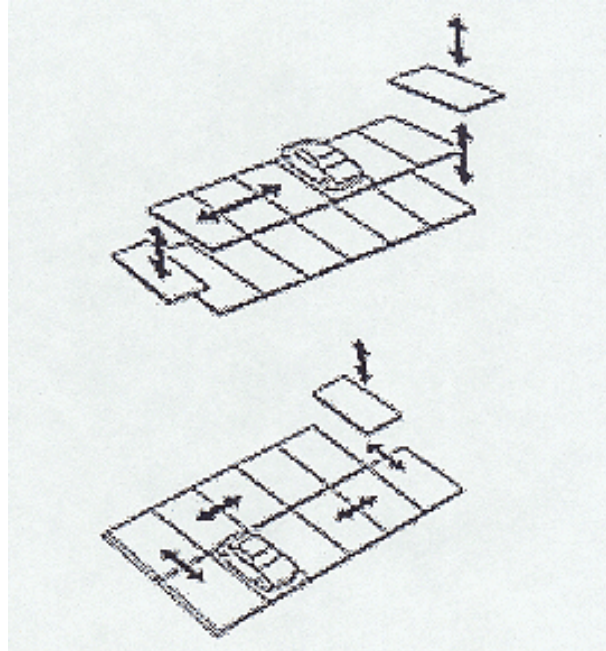
垂直循環式

メリーゴーランド方式とも呼ばれ、自動車を台車(パレット)に乗せて垂直循環移動する形式。自動車の乗入口(進入経路)により最下部乗入式・中間部乗入式・最上部乗入式といいます。一般には独立した建物内に組込む場合と、ビルなどの建築物の一部に組込むものがあり、後記のエレベータ式に比べ車1台当たりのコストが安く、必要面積も少なくて済みます。機械式駐車場全収容台数の半分あまりを占めています。



多層循環式

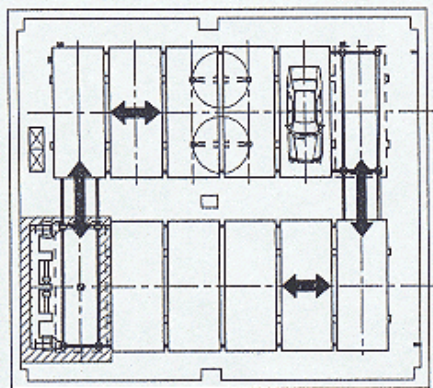
自動車を台車(パレット)に乗せて横行移動させる装置を多層に配置し、その両端に台車(パレット)を昇降移動する装置を設けたもの。普及数は多くない。



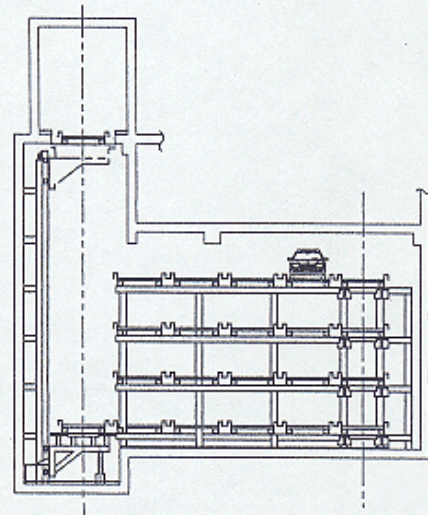
水平循環式

自動車を台車(パレット)に乗せて水平移動させる装置を配置し、縦送り横送りを交互に繰り返して平面移動させて自動車を入出庫する方式。多層の場合は昇降装置を設けて垂直に自動車を搬送する装置を設ける場合もある。普及数は多くない。

平面図

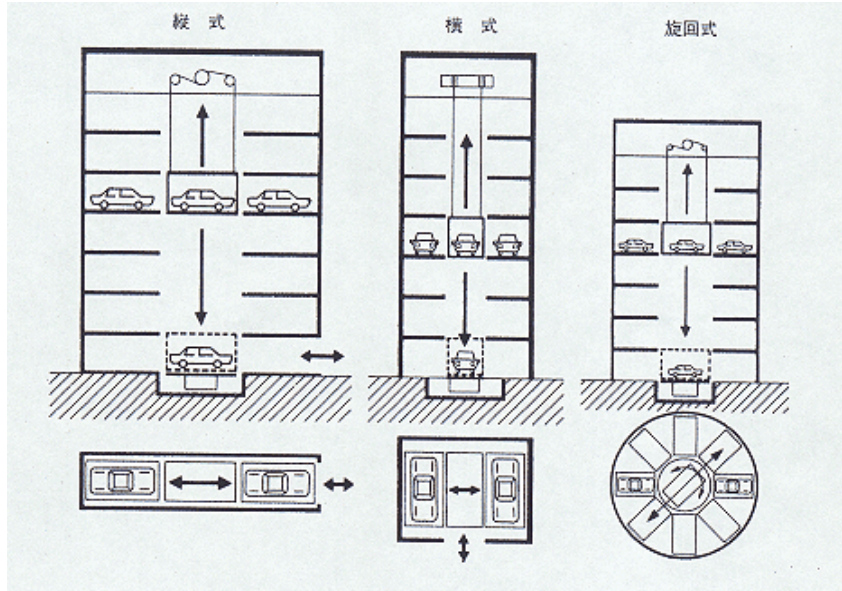


正面断面図



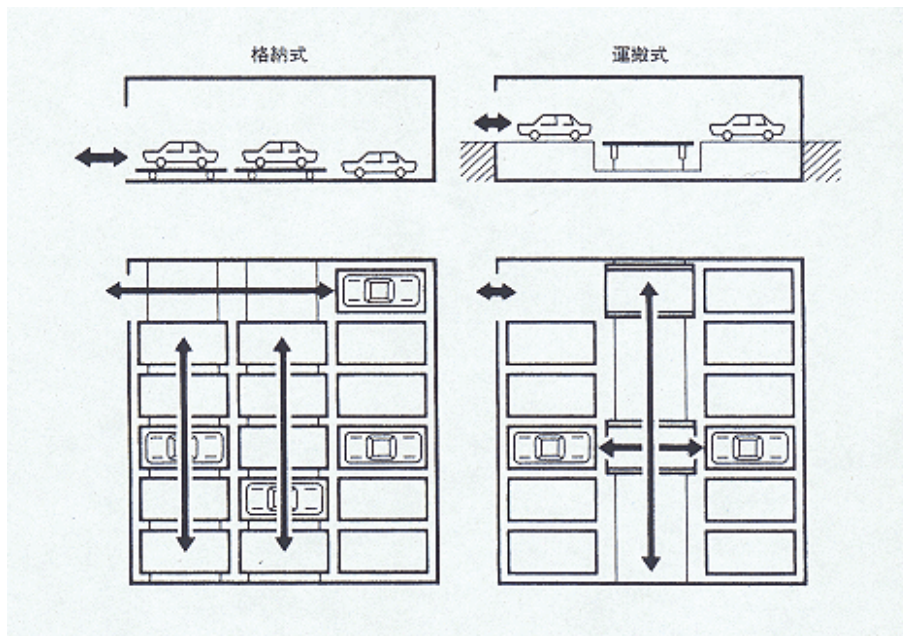
エレベータ式

自動車をエレベータ装置を使って駐車格納する階まで運び、駐車室に収納する形式。
収容速度が速く、電気料金などのランニングコストが少なくて済みます。



平面往復式

平面的に自動車を移動して格納する方式。一般には運搬式と格納式があり、ビルに組込まれる場合が多く比較的規模の大きい駐車場に導入されます。



機械式駐車場の種類(出典:NPO 法人 駐輪・駐車場情報センターホームページ
<http://www.capi-net.com>)