

ルートCを用いた実例紹介

- 「NFシステム」「NN100 - 2M」 -

1. NFシステム

水のみで火災抑制をはかることが可能な
駐車場の水噴霧設備

2. NN100 - 2M

放出時間を2分に延長した
不活性ガス(窒素)消火設備

1

NFシステム(Not Use Fire Foam System) - 閉鎖型水噴霧設備 -

● NFシステム導入の背景

建築物の屋内駐車場

泡や泡消火剤水溶液を使用した消火設備が設置されている。

- ・ 泡消火薬剤使用後 法規条例に従い処理 / 産業廃棄物として廃棄
- ・ 泡消火薬剤の成分 フッ素系の薬剤を採用
- * 特にPFOSを含むものは「残留性有機汚染物質」として、既に製造・使用が制限されている。

泡に依存しない駐車場の消火設備の開発が必要不可欠

1. 車両火災モデルの構築
2. 水噴霧ヘッド(NFヘッド)の開発
3. 火災抑制性能評価基準の策定

水のみを消火剤とする環境に優しく低コストで維持管理が容易な
駐車場用火災抑制システム(NFシステム)を開発

2

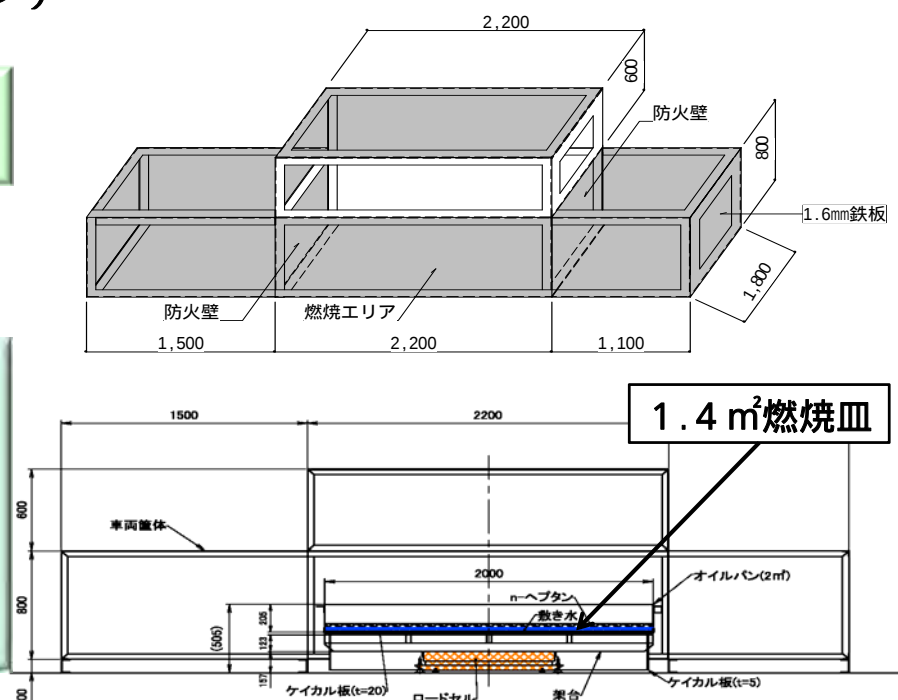
1 . 車両火災モデルの構築

自動車の形状を模した鉄板の覆いを取り付けた約4MWの燃料火皿火災
(燃料はn - ヘプタン)

駐車場火災の中で
最悪の条件は**車両火災**



- 屋根等の散水障害を再現可能
- 火災抑制性能 (燃烧車両から周囲への延焼を防止する性能) の確認が可能



3

2 . NFヘッドの開発

- 火災抑制効果を向上させるために**放水圧力を上げ**、放水量と放水圧力との関係による効果的な散水パターンを得られるように**デフレクター形状を工夫**した。



高天井用 低天井用
閉鎖型：NFP-H72 閉鎖型：NFP-L72

NFヘッド

有効散水半径 2.3m
防 護 面 積 10.6㎡
放水圧力範囲 0.35 ~ 1.0MPa
最小放水量 110L/min (0.35MPa時)
表 示 温 度 72
取 付 高 さ (*1)

4m以下 低天井型NFヘッド
3.5m ~ 10m以下 高天井型NFヘッド

NFヘッドの仕様

- (*1) 天井高さにより防護対象となる車両とNFヘッドの位置関係が異なり必要とされる散水形状が異なるため2種類のヘッドを使い分ける。

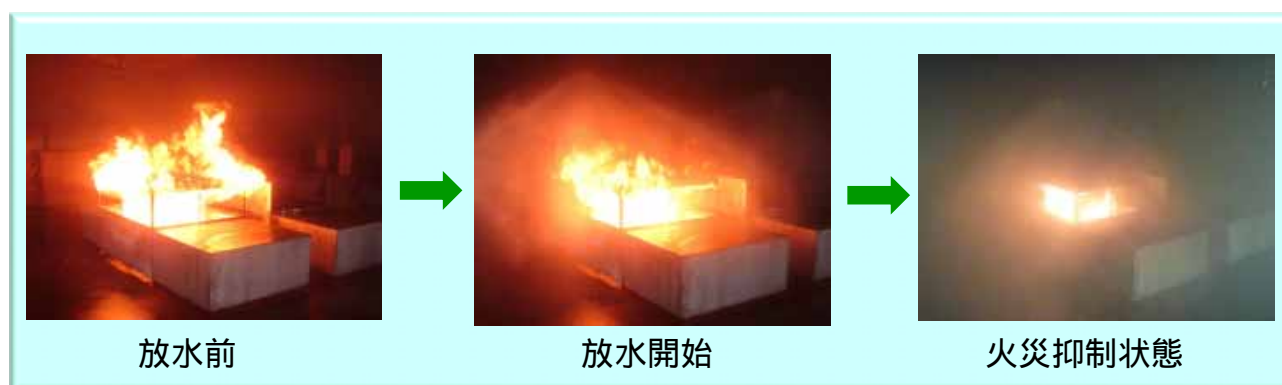
感熱部にエコはんだ (Pb:鉛、Cd:カドミウム フリー) を採用し、環境負荷低減に配慮

4

3 . 火災抑制性能評価基準の策定

車両火災モデルを使用し、火災抑制性能を追求

「車両火災を模した火災モデルが、隣接車両に延焼拡大しないように火災を鎮圧し、その状態を20分以上維持できる能力」について、泡消火設備や水噴霧消火設備と同等の火災感知・火災抑制性能を有しているかを各種実験で確認し、その性能を検証した。



NFシステムによる車両火災モデルの火災抑制状況

5

3 . 火災抑制性能評価基準の策定

隣接車両への延焼防止を評価基準とし各種実験を実施

一例：隣接車両外装部品ドアミラー、アクリル板への影響を確認



隣接車両への延焼防止確認状況

ドアミラーの材質は殆どがABS樹脂製

発火温度：約480

引火温度：約400

* 隣接する車両の表面温度が300 を超えず、外装部品（ドアミラー）への著しい影響がないこと

6

NFシステム (Not Use Fire Foam System) - 閉鎖型水噴霧設備 -

NFシステムの設計仕様

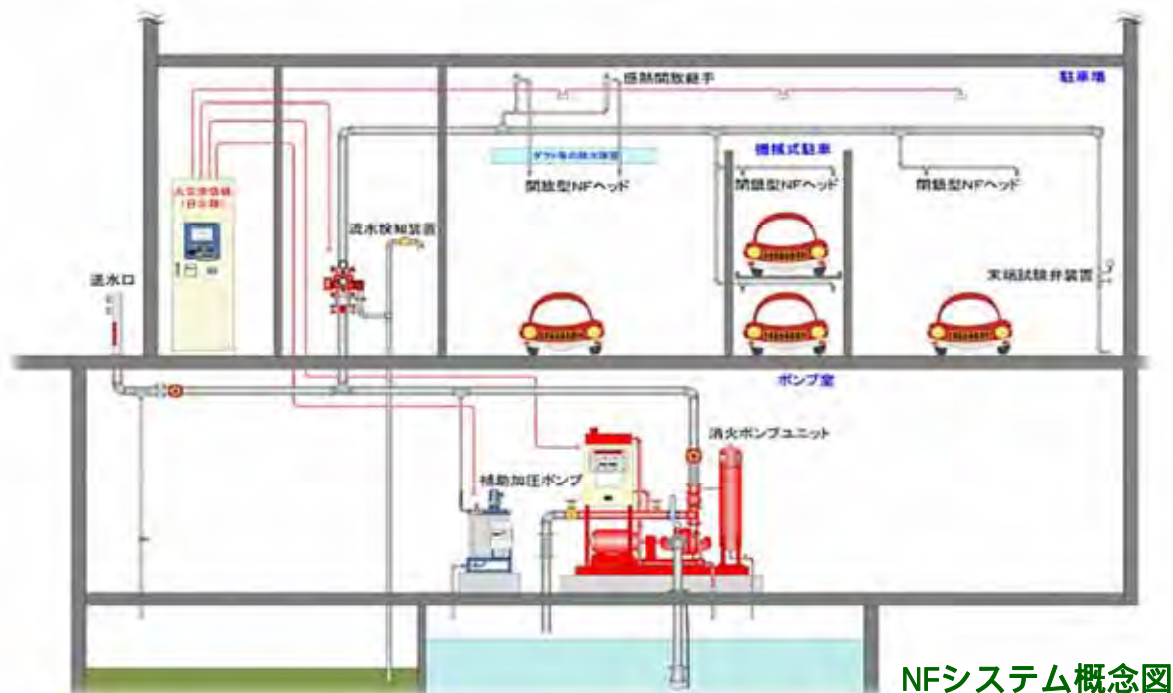
項 目			NFシステム	
			機械式駐車部が無い場合	機械式駐車部がある場合
設備仕様	設計散水密度（標準放射量）		10L/min/m ² 以上	
	設計最大防護面積		106m ²	
	設計同時開放個数		10個	14個
	加圧送水装置吐出量		1210L/min	1,700L/min
	放射時間		20分	20分
	放射の形態		作動したヘッドから放射	
機器仕様	NFヘッド	種別	標準型（閉鎖型NFヘッド）、開放型（開放型NFヘッド）	
		有効散水半径	2.3m	
		防護面積	10.6m ²	
		放水圧	0.35～1.0MPa	
		放水量	110L/min（0.35MPa放水時）	
		感度種別	1種に相当（閉鎖型NFヘッド）	
		標示温度	72（閉鎖型NFヘッド）	
	取付高さ	低天井用	4m以下	
		高天井用	3.5m～10m以下	
排水設備	床面の勾配		a 道路には排水溝に向かって有効に排水できる勾配があること	
			b 床面には排水溝に向かって100分の1以上の勾配があること	
	駐車場排水槽	構 造	油水分離装置を有していること	
		設置位置	火災による影響の少ない場所に設けてあること	

7

NFシステム (Not Use Fire Foam System) - 閉鎖型水噴霧設備 -

NFシステムの設計仕様

- 消防車両の到着時間を考慮し**20分間の放水**が可能な水源容量を確保
- 消防車両からの送水が可能なように**送水口を設置**



NFシステム概念図

8

NFシステム (Not Use Fire Foam System) - 閉鎖型水噴霧設備 -

NFシステムの特徴 - 社会性 -

環境に優しい設備

- 水を火災抑制剤とする
環境に優しく安全性に優れた駐車場用火災抑制システム



泡消火設備



NFシステム (水)

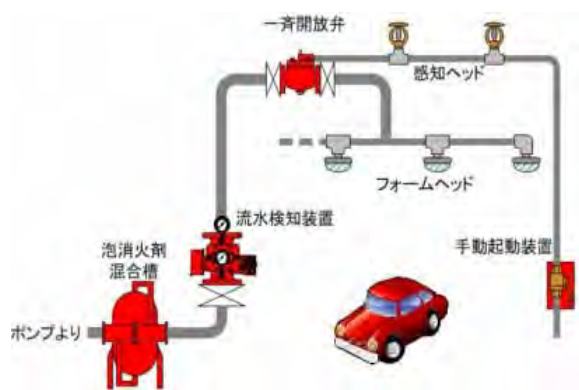
9

NFシステム (Not Use Fire Foam System) - 閉鎖型水噴霧設備 -

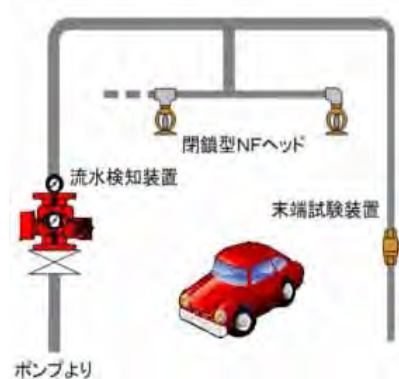
NFシステムの特徴 - 機能性・経済性 -

維持管理が容易・低コストを実現

- 泡消火設備と比較して、泡消火剤混合槽・一斉開放弁・感知ヘッド・手動起動装置が不要、流水検知装置・水配管・閉鎖型ヘッドのみを利用したシンプルなシステム
- 消火物として泡原液を用いずに消火抑制効果を向上させているため、維持管理面が容易でコスト面でも低コストでの実現が可能



泡消火設備



NFシステム

作動概念図

10

● 性能確認の概要

NFシステムの火災抑制性能の検証は、以下の2通りの方法で行った。

- ・ 車両火災モデルに対するNFシステム、水噴霧消火設備、泡消火設備の火災抑制性能比較

火災抑制性能比較実験

- ・ 車両火災モデルに対するNFシステムの隣接車両への延焼防止性能確認

隣接車両への延焼防止性能確認実験

* 具体的な延焼防止性能は、1台の車両(車両火災モデル)が燃え始めて、隣接車両に燃え移らないこととし、判定基準は、隣接する車両の表面温度が300を超えず、外装部品(ドアミラー)への著しい影響がないこととした。

実際の駐車場には機械駐車(二段式駐車)部分やスロープ等の高天井部分が存在するため、これらの部位における隣接車両への延焼防止性能も確認した。

機械駐車における延焼防止性能確認

高天井部分における延焼防止性能確認

火災抑制性能比較実験

火災抑制性能比較実験の実験条件

想定システム		泡消火設備	水噴霧消火設備	NFシステム	自由燃焼
天井高さ		6.0 m			
火災 模型	種類	車両火災模型 (N-ヘプタン28L 敷き水42L)			
	配置	模型中央がヘッド4個中央			
放水開始		点火から90秒後			
消火液		水成膜泡消火剤 ^{※1}	水		-
ヘ ッ ド	型式	SMF-01 (開放・下向) 	EPQR 改 (開放・下向) 	試作品 (開放・下向) 	-
	取付高さ	天井から1.0m 立下げ			
	Kファクター	(22.1)	211	(58.8)	-
	放水圧力	0.25 MPa	0.10 MPa	0.35 MPa	-
	流量	35 L/min	211 L/min	110 L/min	-
	散水半径r	2.1 m	2.3 m	2.3m	-
	設定散水密度	3.9 L/mi/m ²	20.0 L/min/m ²	10.4 L/min/m ²	-
実施日		2011年6月28日	2012年10月18日・24日～25日・29日		

1 2011年6月の実験では、水性膜泡消火剤3%水溶液1500Lを使用

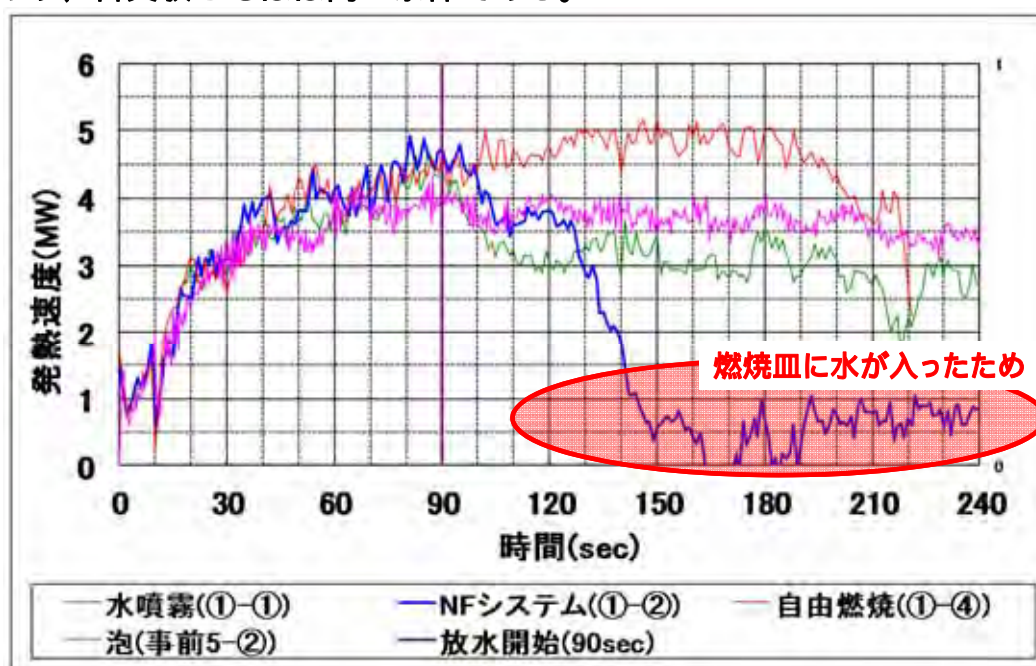
火災抑制性能比較実験 燃焼状況の比較

		放水開始直前 (90秒後)	放水1分後 (150秒後)	放水2分後 (210秒後)	消炎時間
90秒後放水	泡消火設備 0.25MPa 3.9L/min/m ²	 90	 150	 210	266秒
	水噴霧想定 0.10MPa 20L/min/m ²	 90	 150	 210	264秒
	NFシステム 0.35MPa 10L/min/m ²	 90	 150	 210	302秒
自由燃焼	自由燃焼	 90	 150	 210	221秒

13

火災抑制性能比較実験

発熱速度は、泡放射（放水）開始時間となる着火90秒後までにほぼ4MW に到達しており、各実験ともほぼ同一条件である。

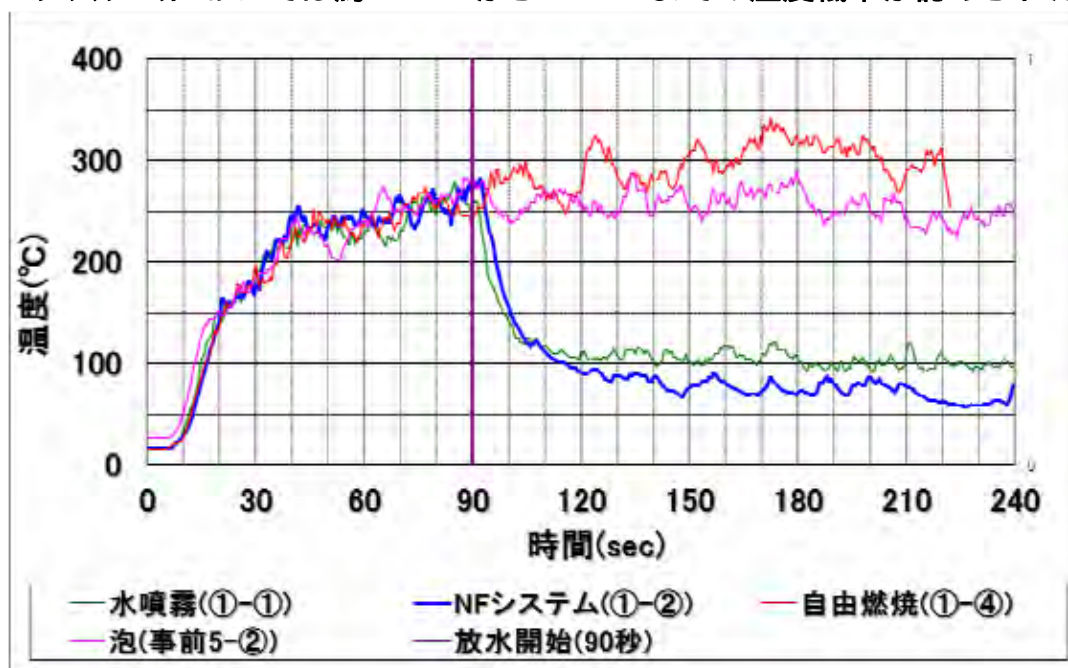


発熱速度

14

火災抑制性能比較実験

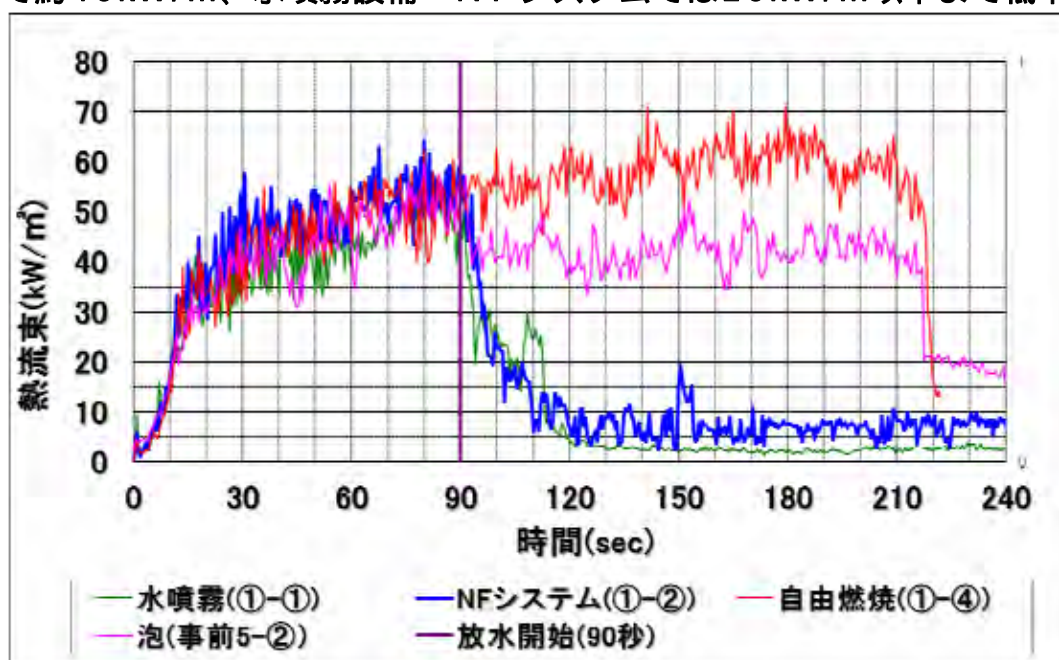
天井面気流温度は、泡消火設備では自由燃焼時とあまり変わらないが、水噴霧設備・NFシステムにおいては約250 から100 までの温度低下が認められた。



天井面気流温度(最高温度)

火災抑制性能比較実験

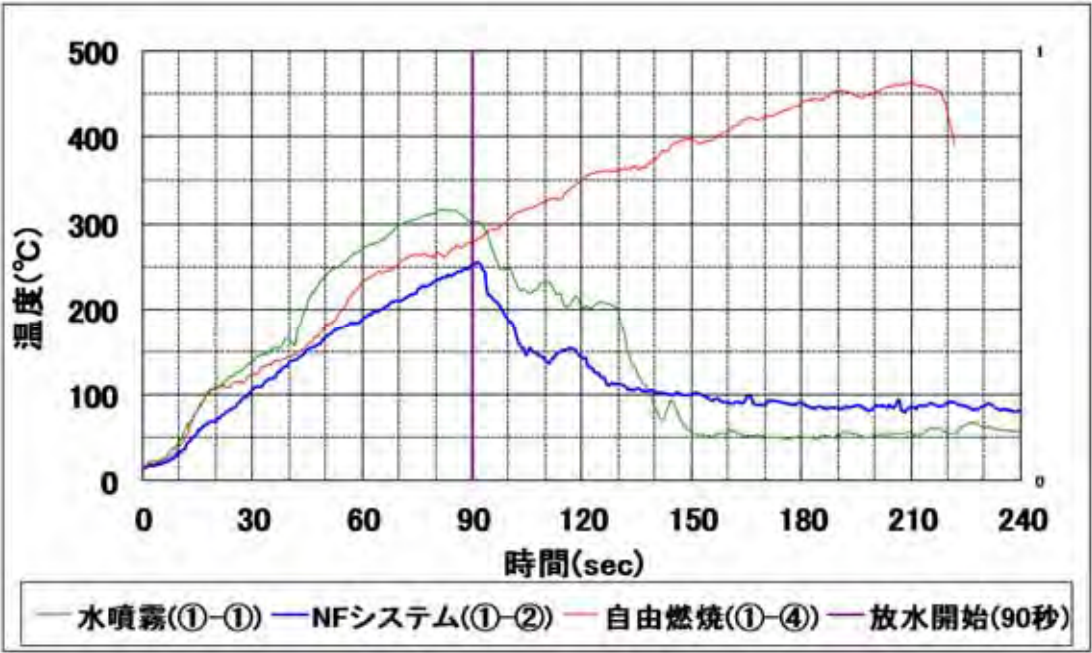
隣接車両の受ける熱影響(熱流束)は、約50kW/m²から泡放射(放水)により泡消火設備で約40kW/m²、水噴霧設備・NFシステムでは10kW/m²以下まで低下した。



隣接車両熱流束

火災抑制性能比較実験

隣接車両の表面温度は、水噴霧設備・NFシステムでは放水開始前に250～300であったが、放水開始後には100以下への低下が認められた。



隣接車両の表面温度

火災抑制性能比較実験

全ての指標において、NFシステムは、泡消火設備および水噴霧消火設備と同等以上の性能を確保していることが確認できた。

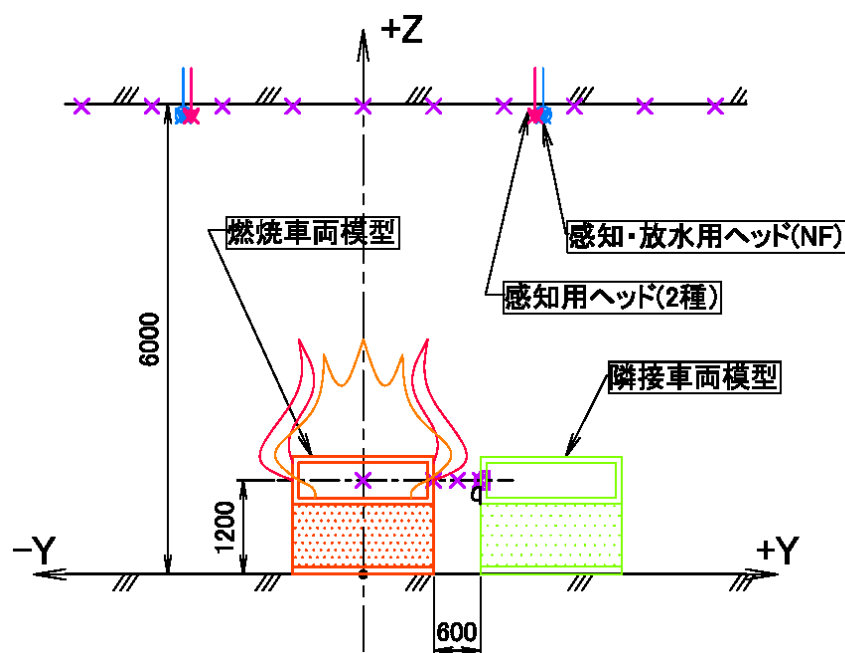
各抑制指標による比較

抑制指標		自由燃焼 90 秒時	システム		
			泡消火設備	水噴霧消火設備	NF システム
消炎時間		221 秒	266 秒 延長比率: 33.7%	264 秒 延長比率: 32.5%	302 秒 延長比率: 61.5%
6m 位置に おける輻射	A	2740 W/m ²	1737 W/m ² 減衰率: 20.7%	484 W/m ² 減衰率: 79.0%	605 W/m ² 減衰率: 76.2%
			1275 W/m ² 減衰率: 30.3%	468 W/m ² 減衰率: 75.3%	440 W/m ² 減衰率: 78.6%
	B	2045 W/m ²	260 減衰率: 0.1%	104 減衰率: 58.1%	77 減衰率: 69.5%
			計測条件の違いにより比較出来ず。	52 減衰率: 82.6%	89 減衰率: 59.8%
隣接車両	表面温度	258	43 kW/m ² 減衰率: 12.8%	2 kW/m ² 減衰率: 95.2%	7 kW/m ² 減衰率: 86.7%
	ドアミラー 表面温度	335	データなし	82 減衰率: 76.5%	72 ¹ 減衰率: 67.5% ¹

1 シートカップルの剥れにより参考とする

隣接車両への延焼防止性能確認実験

車両火災モデルから600mmの距離にドアミラーを取り付けた隣接車両模型をおき、自由燃焼時とNFシステム作動（ありのまま）時の延焼防止性能を比較した。
（天井高さ 6m、ヘッド取付高さ 5.85m）



隣接車両への
延焼確認実験モデル

19

隣接車両への延焼防止性能確認実験



実験装置

20

隣接車両への延焼防止性能確認実験

点火からの経過時間	自由燃焼	NFシステム 0.35MPa・10L/min/m ² (ありのまま)	備考
30 秒後			NFシステム ヘッド作動 30～34 秒
60 秒後			自由燃焼 プラスチック変形
90 秒後			自由燃焼 ドアミラー先端
180 秒後			
終了後			

自由燃焼時には、引火には至らなかったが、60秒付近からドアミラーからの発煙があり、時間とともに発煙量が増した。また、ドアミラー脇に設置したアクリル板 (t=2mm) は殆ど溶け落ちた。

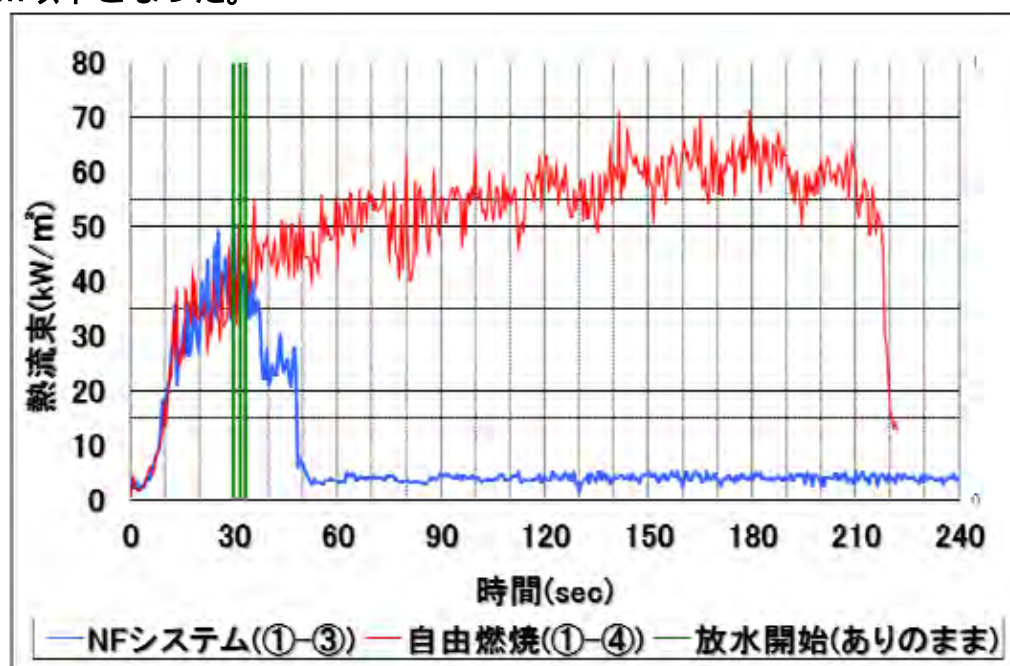
一方、NFシステムでは点火から約30秒後の作動放水により、隣接車両への延焼防止性能が確認できた。

隣接車両への
延焼確認実験状況

21

隣接車両への延焼防止性能確認実験

隣接車両表面熱流束は、自由燃焼時の50～60 kW / m²に対し、放水開始後は10 kW / m²以下となった。

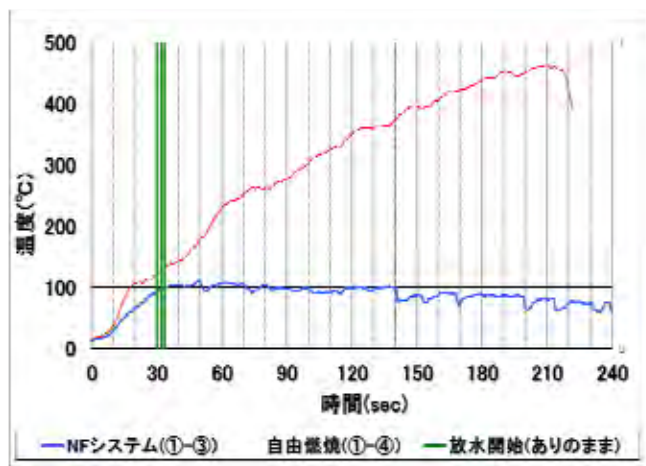


隣接車両表面熱流束

22

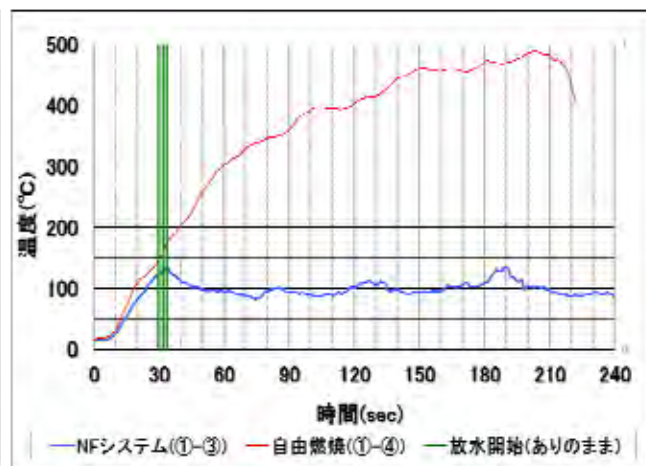
隣接車両への延焼防止性能確認実験

隣接車両表面温度は、放水開始後には概ね100℃を下回った。



隣接車両表面温度

隣接車両外装部品（ドアミラー）表面温度は、放水開始後には概ね100℃程度まで低下した。



隣接車両ドアミラー表面温度

隣接車両への延焼防止性能確認実験

隣接車両外装部品（ドアミラー、アクリル板）は若干の変形が見られたものの大きな変化は見られなかった。



N F システム

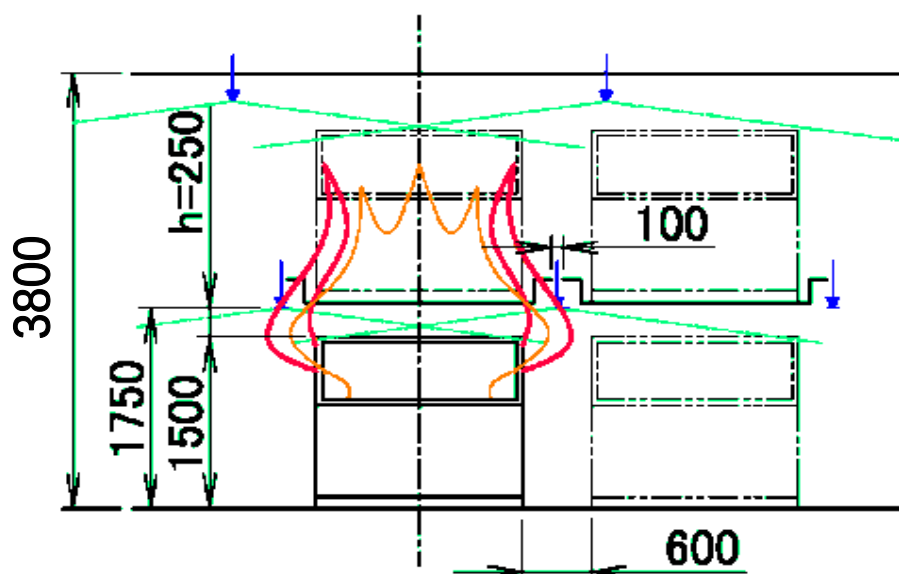


自由燃焼

実験終了後の隣接車両ドアミラー

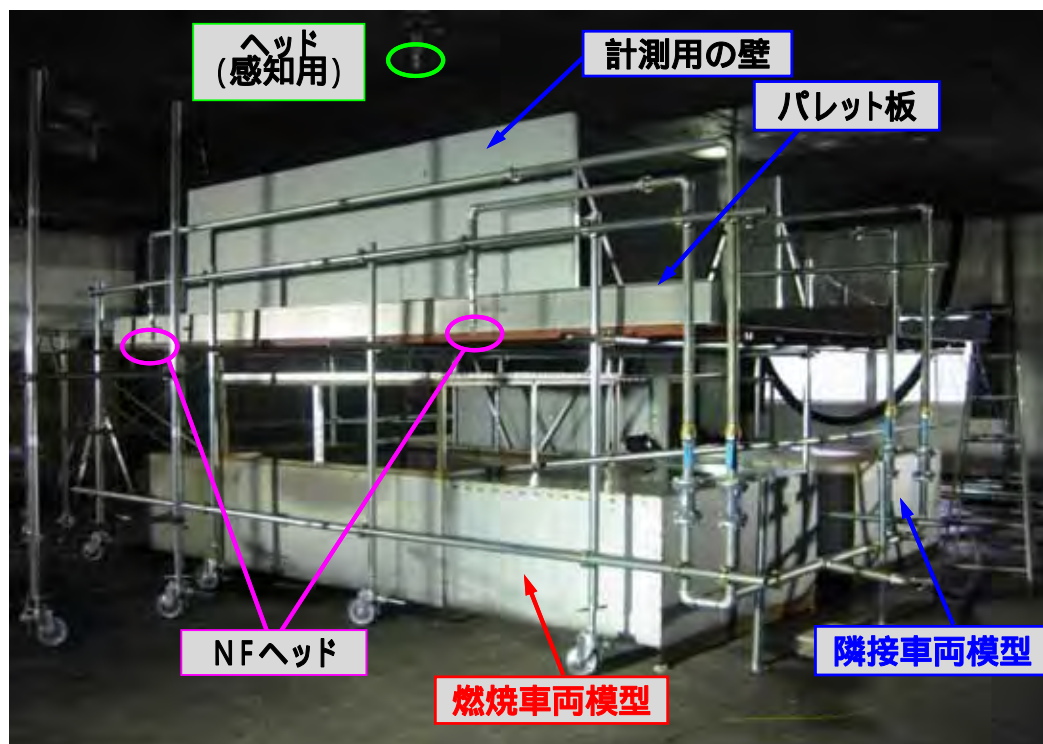
機械駐車における延焼防止性能確認実験

機械式駐車における隣接車両とパレット上段車両への延焼防止性能を確認した。
(二段駐車のパレット高さ 1.75m、ヘッド取付高さ 1.75m)



機械駐車における延焼確認実験モデル

機械駐車における延焼防止性能確認実験



機械駐車における延焼確認実験モデル

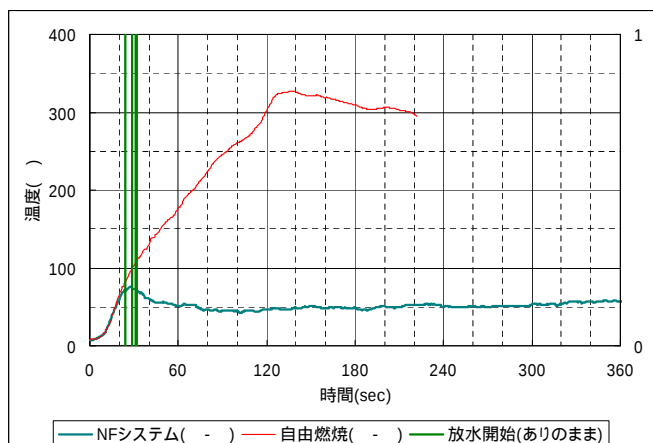
機械駐車における延焼防止性能確認実験



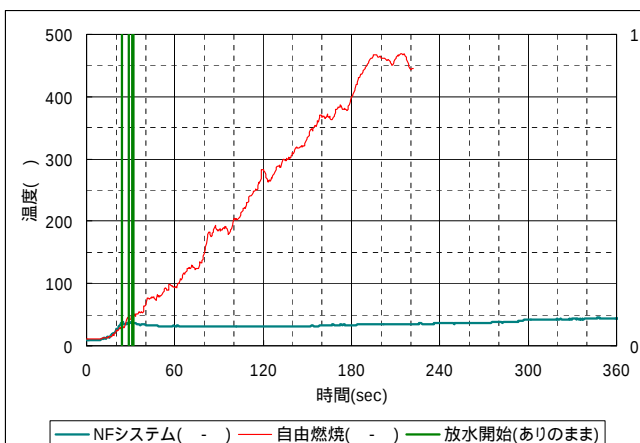
27

機械駐車における延焼防止性能確認実験

- 隣接車両への延焼防止性能（表面温度、外装部品表面温度・外観状況、熱流束）は平面駐車と同様であった。
- パレット上段の車両表面温度は、放水開始後100 以下となった。
- ヘッド開栓数は、燃焼車両を設置したパレットの4個と天井面の2個の計6個であった。



隣接車両ドアミラー表面温度



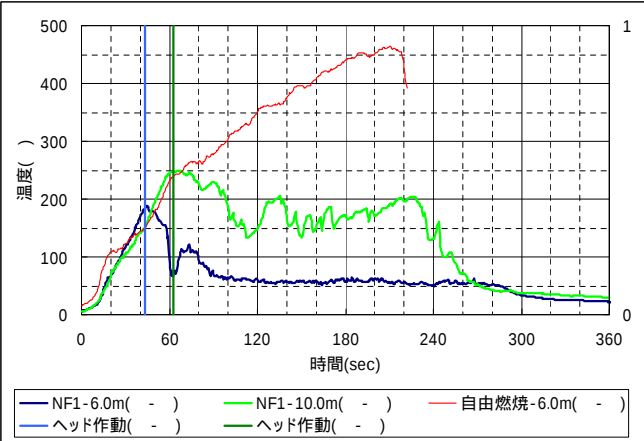
パレット上段車両表面温度 (最高温度)

28

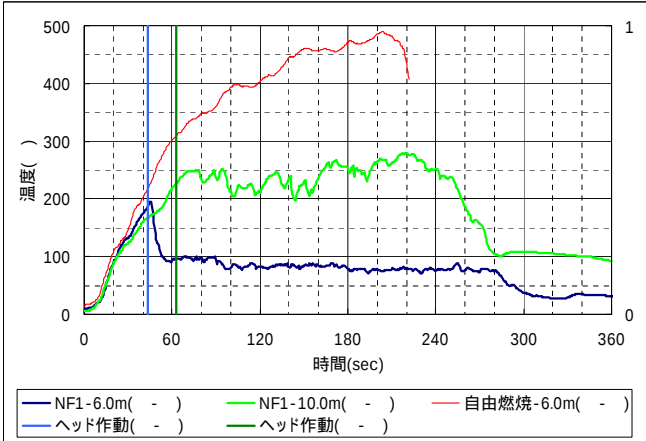
高天井部分における延焼防止性能確認実験

高天井部分における隣接車両への延焼防止性能を確認した。
(天井高さ 10m、ヘッド取付高さ 9.75m、感知放水による実験)

- 放水開始後には、隣接車両表面温度は概ね200、隣接車両外装部品（ドアミラー）表面温度は概ね250 を推移した。
- 隣接車両外装部品（ドアミラー、アクリル板）は若干の変形が見られたものの大きな変化は見られなかった。



隣接車両表面温度



ドアミラー表面温度

● N Fシステム火災抑制性能確認実験

項 目		① NFシステム	② 泡消火設備	備 考
天井高さ		床 面 — 天井面 4.5 m		
ヘッド配置		燃焼車両模型を中心に4個正方配置		
燃 料		n-ヘプタン: 28L (数き水: 42L)		
感知ヘッド	ヘッド	—	DP 72	DP 型
	取付位置	—	中心から3.2m ^{※1}	
	作動温度	—	72℃	
	感度	—	2種	
	感度	—	2種	
(感知)放水・放射ヘッド	ヘッド	NFヘッド(閉鎖型・高天井用) NFP-H 72	フォームヘッド(開放型) SMF-01	NFP-H 型 SMF-01 型
	作動温度	72℃	—	
	感度	1種相当	—	
	取付ピッチ	3.25m×3.25m (r2.3m)	3.0m×3.0m (r2.1m)	
	放水圧力	0.35 MPa	0.25MPa	
	流 量	110 L/min/個	35 L/min/個	
	設定散水密度	10.4 L/min/m ²	3.9 L/min/m ²	
	消火液	水	水成膜泡消火剤 ^{※2}	
放水(放射)開始		ありのまま	感知ヘッド作動後 4個一斉放射	
計測項目		① 燃焼質量(発熱速度) ② 天井面温度 ③ 隣接車両表面温度 ④ 隣接車両熱流束 ⑤ ドアミラー表面温度 ⑥ 輻射(水平距離 5m) ⑦ ヘッド作動時間 ⑧ 消炎時間		

※1. 泡消火設備における感知ヘッドを警戒面積20㎡で正方配置した場合の最遠距離
2. 水性膜泡消火剤3%水溶液1200L

- N F システム火災抑制性能確認実験



N F システム

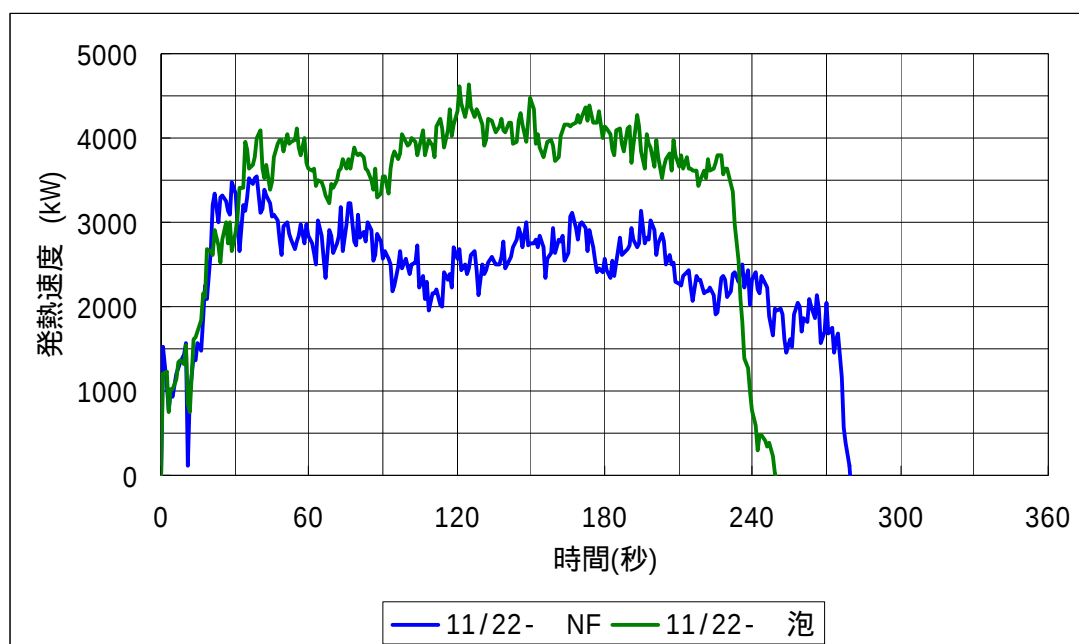


泡消火設備

実験後のドアミラー 写真

- N F システム火災抑制性能確認実験

発熱速度は、N F システムにおいては、放水開始後に 2.5 ~ 3 MWまで抑制された。

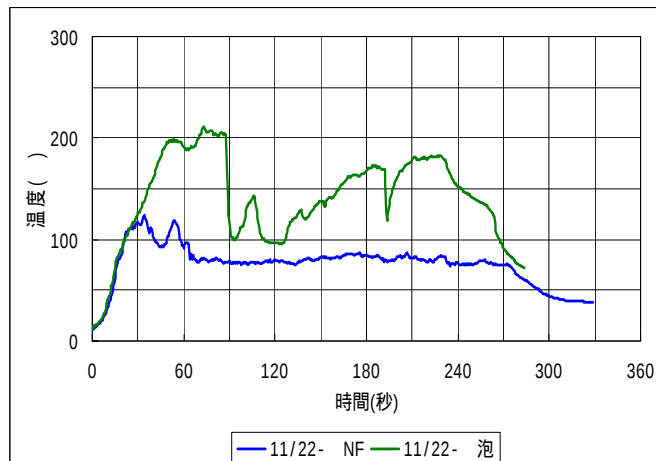


発熱速度

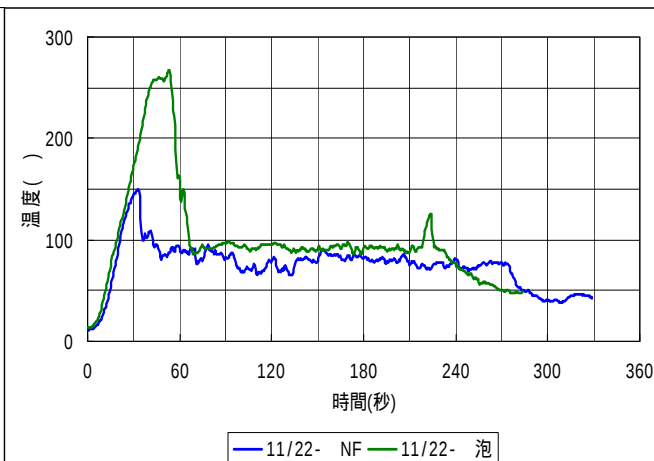
NFシステム火災抑制性能確認実験

隣接車両表面温度は、NFシステムにおいては、放水（泡放射）開始後には概ね100 を下回った。

隣接車両ドアミラー表面温度は、NF・泡とも放水（泡放射）開始後には概ね100 を下回った。



隣接車両表面温度(最高)



ドアミラー表面温度

NFシステム火災抑制性能確認実験

NFシステム抑制性能実験結果一覧

実験 №			11/22- NF	対比	11/22- 泡
ヘッド 作動時間 (秒)	NF	SP 1	30.5		—
		SP 2	33.0		—
		SP 3	31.5		—
		SP 4	33.0		—
	感知	SP 5	—		50.5
		SP 6	—		49.5
放水開始時間 (秒)			30.5		52.5
消炎時間 (秒)			294	>	253
発熱速度(kW) ¹			3482.1 → 2478.7		4090.1 → 4144.9
6 m- 輻射A (W/㎡) ¹			1610.7 → 584.5		2196.4 → 1832.6
天井面(最高)温度() ¹			240.3 → 176.6		326.8 → 361.6
隣接車両表面(最高)温度() ¹			116.7 → 78.2	>	197.9 → 126.9
ドアミラー表面温度() ¹			146.0 → 75.2	>	266.4 → 92.6
熱流束(kW/㎡) ¹			45.3 → 5.2		51.4 → 5.4

1. 放水（放射）開始までの最大値 → 放水（放射）開始から1分経過後の1分間平均値

- 漏洩燃料火災について

駐車場においては、漏洩した燃料への引火による火災が懸念されるが、近年の自動車の燃料タンク等は、低速走行中の衝突事故や一定規模の火災による受熱では大きく破損せず、大量の燃料漏洩が生じないように安全性が確保されている。

「道路運送車両の保安基準」および道路運送車両の保安基準の細目を定める告示の中の「衝突時等における燃料漏れ防止の技術基準」に性能要件が示されている。

「 $50 \pm 2\text{km/h}$ の速度で前面および後面に衝突した場合、燃料タンク及び配管から漏洩する燃料量は1分間で30g以下、5分間で150g以下であること」



駐車場で発生する可能性のある衝突事故で漏洩する燃料量は多く見ても数百gであると推測できる。

仮に総量2L（約1,500g）が漏洩した場合でも、燃料の厚みを0.5～1mmとすると、漏洩燃料の総面積は2～4㎡となる。

漏洩は車両下部から発生し車両の陰で燃焼するものと考え、今回の車両火災モデルで十分に包含することが可能である。

35

- 漏洩燃料火災について



実在の駐車場における、燃料(水)2Lの漏洩確認

36

- 漏洩燃料火災について

勾配：1 / 100とした溝形鋼に燃料（n - ヘプタン）を2 L / minの量で滴下し、1分経過後（2 L流出後）に滴下位置に点火



幅：150mm 火炎高さ：40～80mm 消火時間：75秒



幅：300mm 火炎高さ：60～105mm 消火時間：74秒

37

NN100 - 2M

- NN100 - 2M導入の目的と背景

現在、不活性ガス（窒素）消火設備の放射時間は、必要消火剤量の10分の9以上の量を1分以内として設置されている。

- 避圧ダクトサイズ・配管サイズが大きくなるため、建物が新築・既存にかかわらず、計画時の懸案事項（避圧ダクト及び配管のスペース確保が困難、設置にかかるコスト増など）となる。



機械式駐車場・特高電気室・副電気室・通信機器室等に設置する不活性ガス（窒素）消火設備について、放射時間を延長し、避圧口サイズ・配管サイズの低減を図ることを目的として、NN100-2Mの開発を行った。

* NN100-2Mは、必要消火剤量の10分の9以上の量を2分以内の放射時間で放出するシステムとして設置計画するものである。放射時間については、NFPA（全米防火協会）の規定 [NFPA2001 2012Edition] に基づいて2分に設定した。

38

1. NN100 - 2Mの概要

本システムは、放射時間を延長した不活性ガス（窒素）消火設備であり、使用する機器は、従来の不活性ガス（窒素）消火設備と同様の機器（仕様規定通り）であるが、**放射時間の延長にともない、避圧口サイズ・配管サイズを縮小**させることを可能としている。

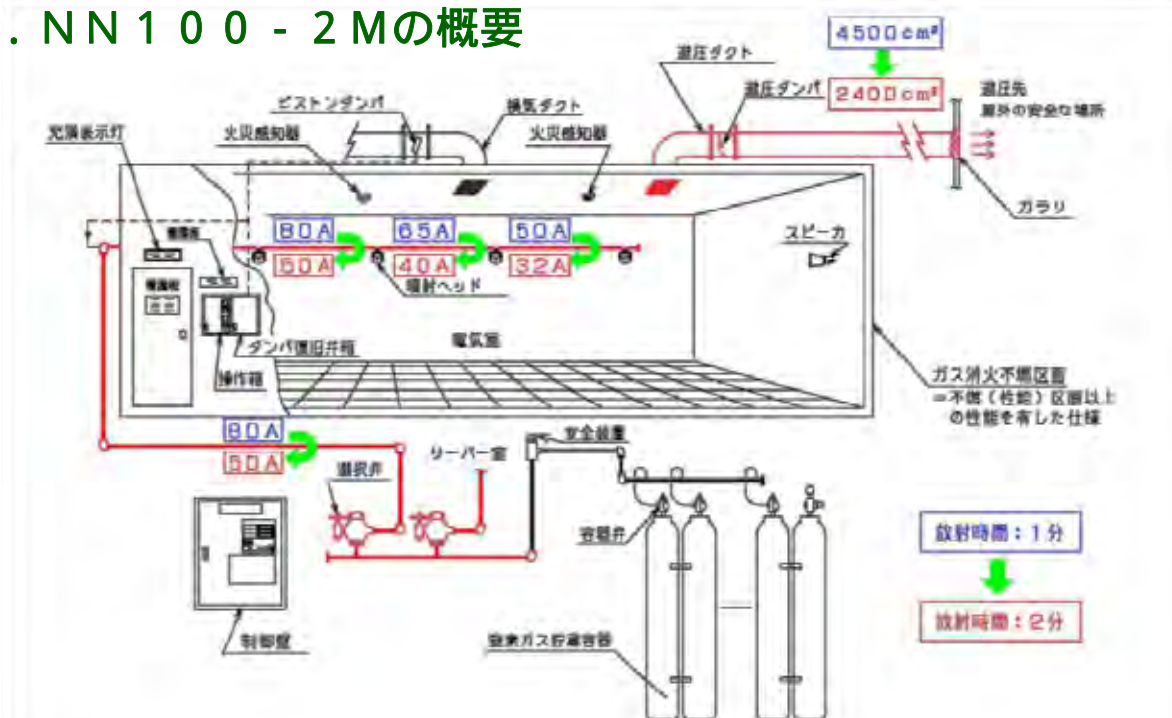
消火剤放出区画容積を 1000m^3 、主配管長を 50m 、消火剤放出区画の許容圧力を 1000Pa 、避圧ダクト長さ 30m と仮定



避圧ダクト : $50 \sim 60\%$ の断面積 ($4500\text{cm}^2 \rightarrow 2400\text{cm}^2$)
配管径 : 2サイズのダウン ($80\text{A} \rightarrow 50\text{A}$)

39

1. NN100 - 2Mの概要



注記) 上記システム比較の各配管径、避圧口サイズは、区画容積： 1000m^3 、主配管長： 50m 、区画許容圧力： 1000Pa 、避圧ダクト長： 30m 、エルボ個数：3個とし算定した場合の参考値

システム比較図

40

2．消火性能の検証

本システムの消火性能基準は、窒素ガス放射時間を2分以内に延長しても通常の窒素ガス消火設備と同等の消火性能を有するものとする。

- 性能検証項目

消火時間

区画内温度

燃焼生成物

- 防護区画内の想定火災

普通火災（A火災）、油火災（B火災）、電気火災（C火災）を考慮した火災モデル

A火災：クリブ

B火災：n-ヘプタン

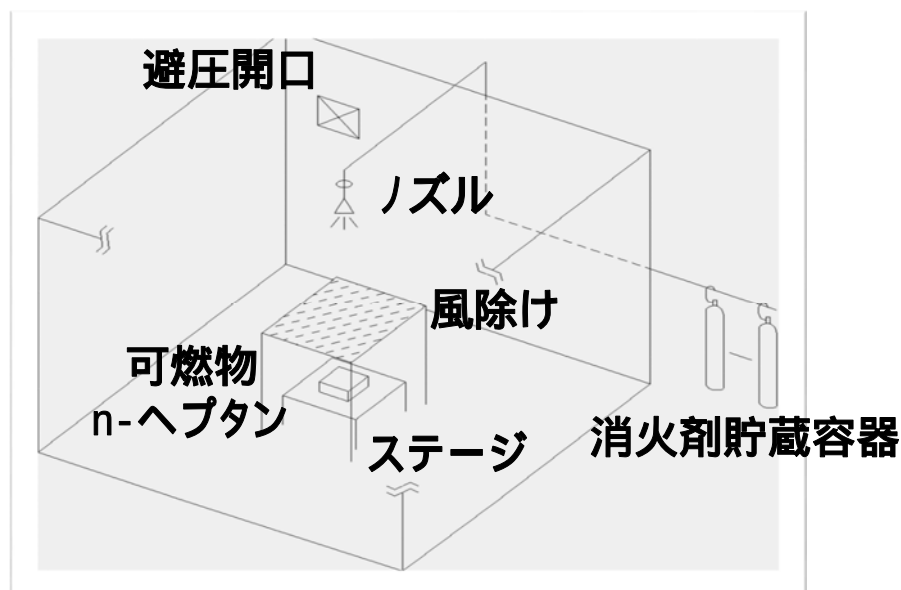
C火災：ケーブル

- 火災モデルは、有識者・消防関係者・工業会による「新技術を用いた消防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）」及び「特殊消防用設備等性能評価（大臣認定）」において用いられた実験モデル（御立会者：消防関係者・大学等の有識者ほか）と同様のモデルとした。

41

2．消火性能の検証

n-ヘプタン火災（B火災）性能確認実験



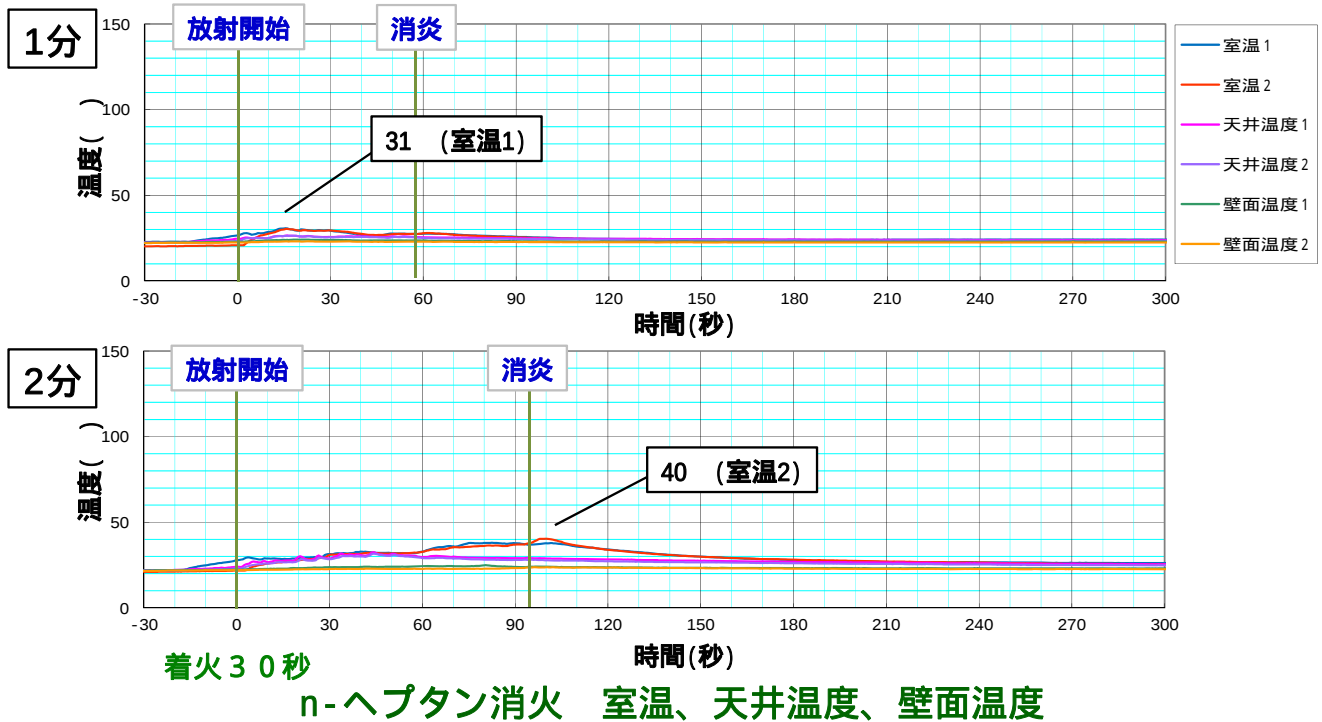
実験室体積 $V = W5.0 \times D5.0 \times H4.0 = 100\text{m}^3$

実験装置概要図

42

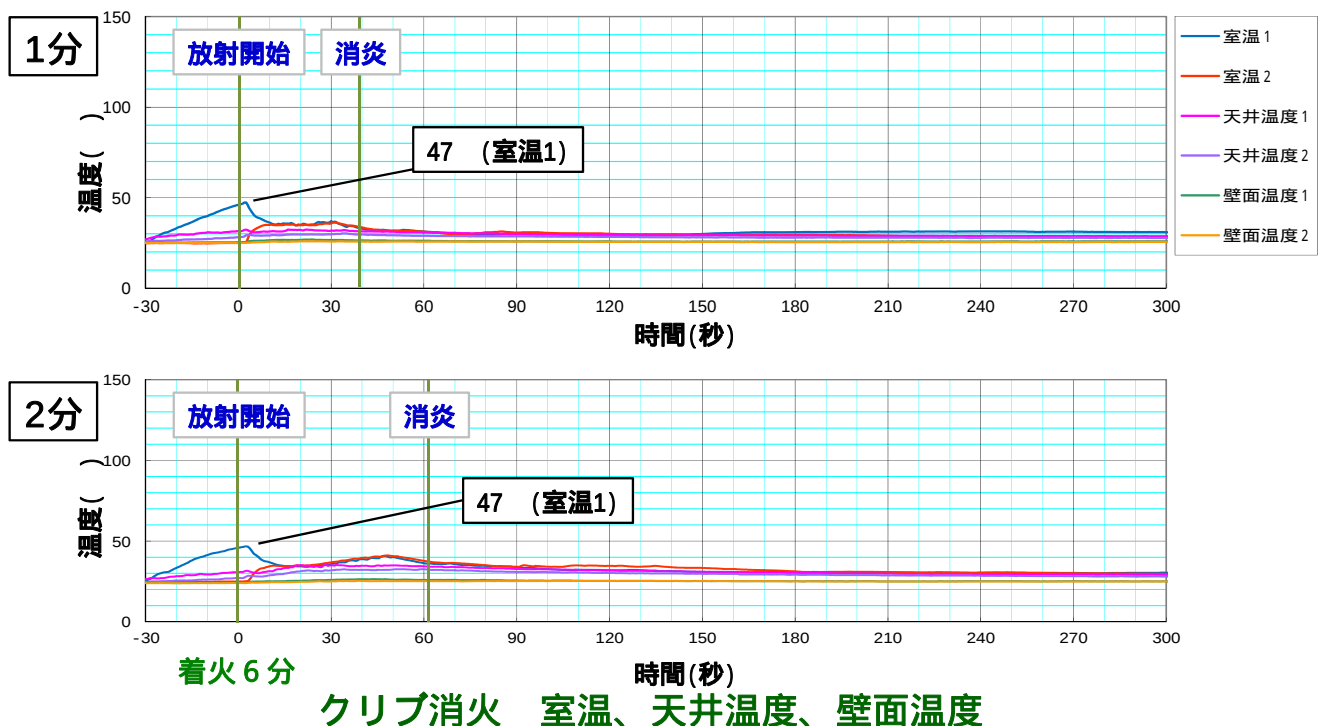
2. 消火性能の検証

n-ヘプタン火災 (B火災) 性能確認実験



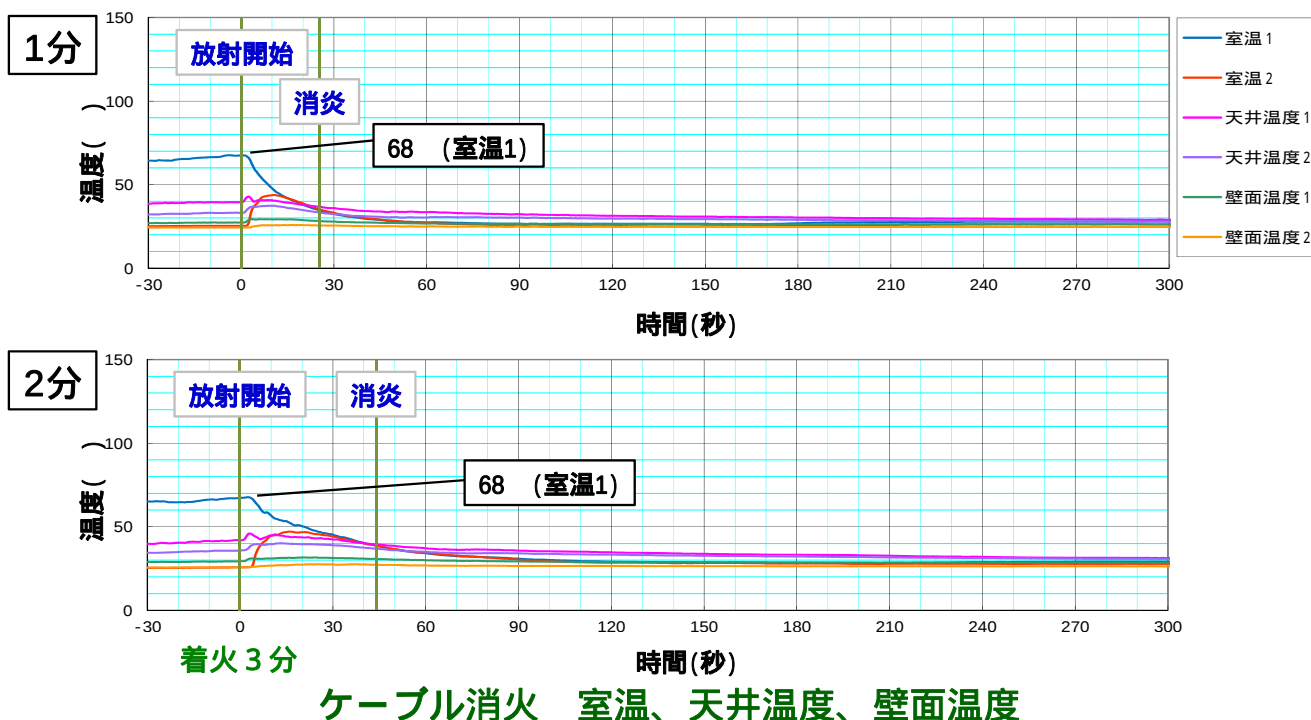
2. 消火性能の検証

クリブ火災 (A火災) 性能確認実験



2．消火性能の検証

ケーブル火災（C火災）性能確認実験



45

2．消火性能の検証

消火時間

放射時間が延長されたことに伴い、消火までの時間が長くなるが、実験結果から20～30秒程度長くなるのみであった。本システムは、放射時間を2分に延長するが消火剤濃度は変更しないため、消火性能は同等である。また、放射時間の違いによる消火状況の差は見られなかった。

消火時間

可燃物	1分	2分
ケーブル	25秒	43秒
n-ヘプタン	56秒	94秒
クリブ	39秒	62秒

区画内温度

区画内温度として、室温・壁面温度・天井温度を測定した結果、いずれのケースも放射時間によって大きく変わることはなく、放射時間を延長することによる影響は小さいと考えられる。

区画内温度

可燃物	1分	2分
ケーブル	68	68
n-ヘプタン	31	40
クリブ	47	47

46

2. 消火性能の検証

燃焼生成物

燃焼生成物は発生量が少なく、若干の増加はあるが、ほとんど違いが見られない。

燃焼生成物(一酸化炭素)

可燃物	1分	2分	IDLH	LCL0
ケーブル	20ppm	25ppm	1200ppm	4000ppm
n-ヘプタン	21ppm	17ppm		
クリブ	290ppm	302ppm		

燃焼生成物(エチレン)

可燃物	1分	2分	ACGIHの TLV - TWA
ケーブル	1ppm	5ppm	200ppm

一酸化炭素は、IDLH、LCL0のいずれの値よりも大きく下回る結果となった。
エチレンの濃度も、ACGIHのTLV-TWAの値を大きく下回る結果となった。

- 1 IDLH：呼吸器防護装備が不調に陥った状態で避難できた場合に不可逆的健康被害を回避できる最大濃度
- 2 LCL0：一定期間の継続した吸入によりヒトまたは動物を致死させたばく露濃度の最小値
- 3 ACGIHのTLV-TWA：米国政府産業衛生専門家会議の勧告する許容濃度値

47

● 区画性能の考え方

本件においては、放射時間の延長に対する対策として、防護区画を通常の**不燃区画**から**防火区画**に変更することにより、耐火性能の向上をはかり安全性を高めている。

従 来 : 不燃区画



防護区画性能を強化

本計画 : 防火区画 加熱耐久時間 30分以上

48