第26回消防防災研究講演会資料

令和5年11月17日

主催　消防庁　消防研究センター

第 26 回 消防防災研究講演会

「小規模ビルにおけるガソリン火災」

開催日　　令和 5 年 11 月 17 日（金）13:00～16:30

ー プログラム ー

【　開　会　】

13:00～13:05　開会の辞・趣旨説明　消防研究センター　田村裕之　・・・・・・　3

【　Session 1　】

13:05～13:35　(1) 大阪市北区ビル火災の消防庁長官調査について
消防研究センター　西　晴樹　・・・・・・　5

13:35～14:05　(2) 大阪市北区ビル火災に係る火災シミュレーション
消防研究センター　阿部伸之　・・・・・・　14

14:05～14:35　(3) 身近な引火性液体の燃焼性状と消火
消防研究センター　尾川義雄　・・・・・・　31

14:35～14:45　【　休　憩　】

【　Session 2　】

14:45～15:15　(4) 建物内に散布したガソリンの蒸発拡散挙動予測
科学警察研究所　岡本勝弘　・・・・・・　39

15:15～15:55　(5) 大阪市北区ビル火災を踏まえ
～二方向避難の確保をどうするか～
東京理科大学　小林恭一　・・・・・・　57

15:55～16:25　(6) 「大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書」を踏まえた消防庁の対応について
消防庁予防課　上村久子　・・・・・・　73

【　閉　会　】

16:25～16:30　閉会の辞　消防研究センター　細川直史

第 26 回消防防災研究講演会趣旨説明

消防研究センター　田村裕之

講演会テーマ：小規模ビルにおけるガソリン火災

令和元年 7 月の京都市で発生したアニメ製作会社への放火火災や、令和 3 年 12 月の大阪市で発生したクリニックへの放火火災においては、それぞれ 36 人と 27 人が死亡する惨事となった。どちらも小規模で避難経路が限られたビルに対するガソリンによる放火であった。自動消火設備や避難経路が十分でない小規模なビルはまだまだ多く、このような火災が発生した際の被害の軽減や防止のための火災の分析や技術開発、避難の工夫を考える必要がある。ここでは、火災調査の実例、火災シミュレーション、ガソリン火災の危険性に関する研究、小規模ビルにおける火災安全に関する問題点、行政的な対応について話題を提供し、今後の備えの一助としたい。

第26回消防防災研究講演会資料

大阪市北区ビル火災の消防庁長官調査について

令和５年11月17日
消防研究センター　西晴樹

※大阪市北区ビル火災に係る消防庁長官の火災原因調査結果報告書から抜粋し要約したもの

大阪市北区ビル火災に係る火災原因調査結果概要①

１．火災概要　(1)　発生日時等　発　生　日　時：令和３年12月17日　10時16分頃
覚　知　日　時：令和３年12月17日　10時18分（119番通報）
現場到着日時：令和３年12月17日　10時21分
鎮　圧　日　時：令和３年12月17日　10時46分
鎮　火　日　時：令和３年12月17日　17時04分

(2)　発生場所　大阪府大阪市北区曽根崎新地１－３－17　堂島北ビル４階

(3)　気象状況（大阪管区気象台発表）
天気：曇り　気：12.9℃　風向：南南西　風速：1.0m/s　相対湿度：81%

(4)　焼損程度　４階　床面積37㎡焼損

(5)　死傷者の状況　死者：27名※容疑者を含む
負傷者：１名

２．建物概要　(1)　建物構造等

①　構造　耐火造（鉄骨鉄筋コンクリート造）地上８階

②　用途　消防法施行令別表第一16項イ「特定の複合用途」
４項「物品販売店舗」　１階、　６項イ（４）「診療所」　４階
15項「その他の事業場」　２，３，５，６階
（1階：物品販売店舗、2階：英会話教室・エステティックサロン、3階：オイルマッサージ
4階：診療所（内科・精神科・心療内科）、5階：脱毛・オイルマッサージ
6階：マッサージ・脱毛サロン、7階：倉庫、8階：機械室）

③　面積　建面積104㎡、延べ面積700㎡

④　建築確認　昭和44年６月７日

⑤　消防法第４条に基づく直近の立入検査日　平成31年３月19日
不備１件、消防用設備等の点検を実施しその結果を報告すること（消防法17条の３の３）の未報告

(2)　消防用設備等

	設置基準	当該診療所の設置義務	当該診療所の設置状況
消火器	50㎡	有	有
自動火災報知設備	延べ300㎡	有	有
連結送水管	7階建以上の3階以上	有	有
屋内消火栓設備	450㎡	無し	有（自主設置）
誘導灯	全部	有	有

※4階の階段室に避難はしご収納箱が設置、診療所内にはしご設置ステーがある。

1

大阪市北区ビル火災に係る火災原因調査結果概要②

３．火災の状況

(1)　発見・通報・初期消火

・　「火事です。」との119番通報あり。

・　初期消火は実施されていない。

(2)　出火場所

・　４階診療所の待合室の入り口付近から出火。

(3)　消防用設備等の状況

・　１階の物品販売店舗の店主がベルの鳴動音を聞いており、６階から救出された人もベルの鳴動音を聞いている。また、119番通報の録音記録に小さな音で鳴動音が聞き取れるほか、４階の診療所からの通報記録に同設備の鳴動音の記録がある。

・　一方、火災現場に到着した消防隊は同設備の鳴動音を聞いていないことから、出火初期に自動火災報知設備の鳴動はあったものの、火災により電気配線などが早期に損傷したため、消防隊到着時には同設備の鳴動音が途絶えていたものと考えられる。

(4)　出火時の在館状況

・　出火時の在館状況（容疑者を含む）は以下の表のとおり。

階数	在館人数	死傷者の発生状況	避難・救出の状況
6階	1名	1名負傷	はしご車で救出
4階	30名	27名死亡（一酸化炭素中毒）	3名は自力で避難
3階	1名	ー	自力で避難
1階	1名	ー	自力で避難

(5)　避難・救出の状況

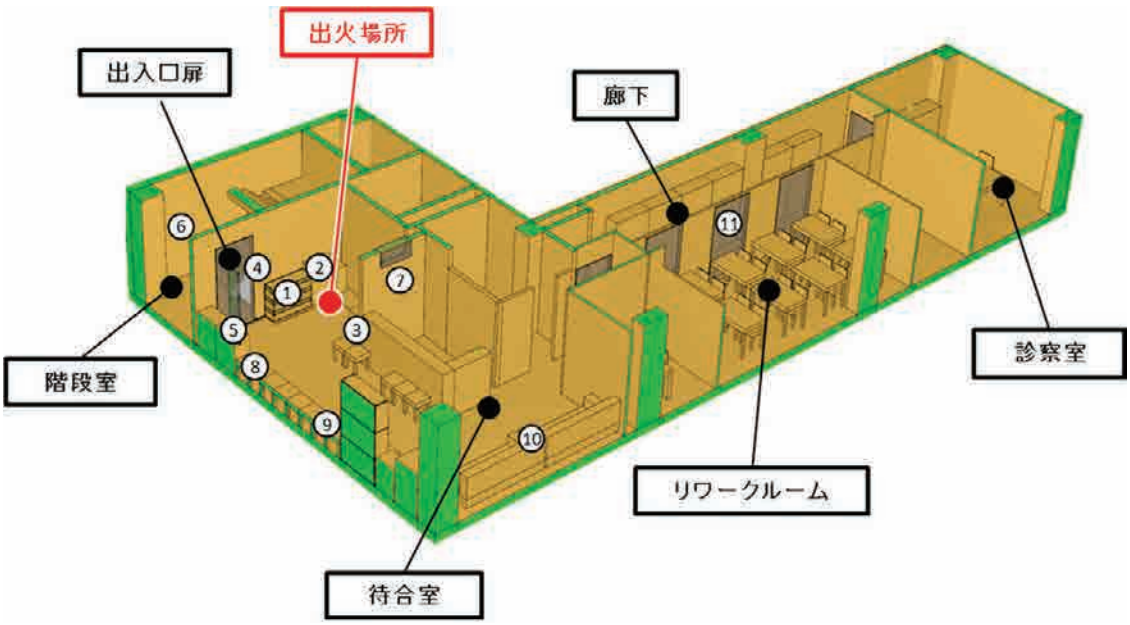
・　１階の物品販売店舗にいた１名、３階のオイルマッサージ店にいた１名はそれぞれ自力で避難している。

・　４階の診療所にいた３名は北側階段から自力で避難している。

・　６階にいた１名ははしご車で救出されている。

2

現場見分状況①



４階診療所　配置図

3

現場見分状況②

出入口付近

待合室の天井
（出火場所付近）

出入口付近

待合室への出入口扉
（階段室側から撮影）

リワークルーム

リワークルームのカーテン及び天井のエアコン吹き出し口

廊下

廊下の天井、棚及びカーテン

診察室

診察室の天井及び壁

4

現場見分状況③

隣接建物との距離（60cm）

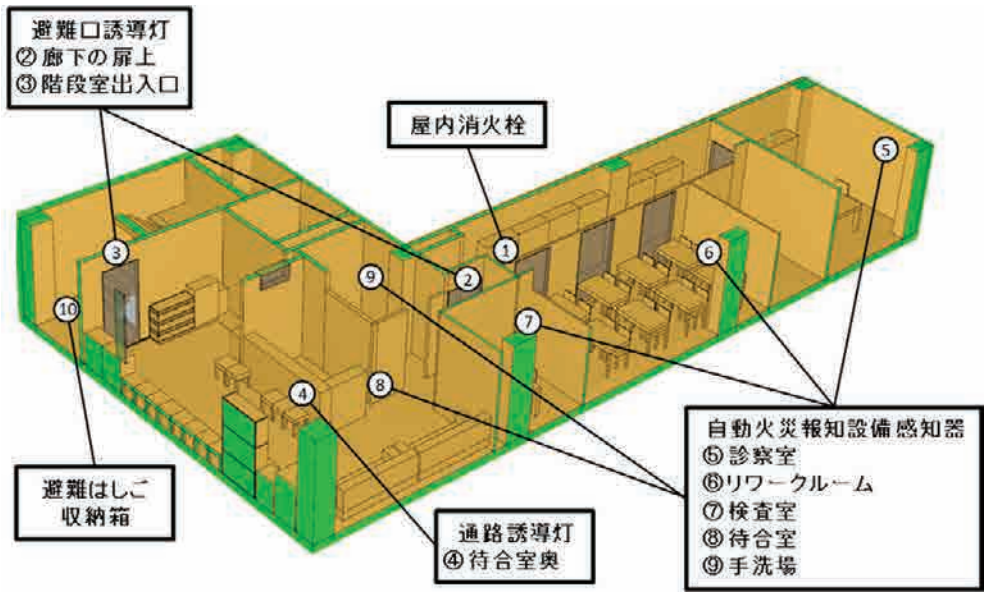
４階診察室の直上同位置にある部屋
（５階空きテナント）

診察室側外壁

５階空きテナント内部

5

現場見分状況③



6

現場見分状況④

屋内消火栓

①屋内消火栓設置状況

内部

誘導灯

②廊下の扉上

③階段室出入口

④待合室奥

7

現場見分状況⑤

自動火災報知設備　感知器

⑤診察室

⑥リワークルーム

⑦検査室

⑨手洗場

避難はしご

⑩避難はしご収納箱設置状況

自動火災報知設備　受信機

受信機設置状況

8

防犯カメラの映像記録の概要

診療所の待合室に設置されていた防犯カメラの映像記録

容疑者が倒した容器から漏れ出た液体に着火。高さ1.2m程度、焼損面積１㎡程度の炎が上がる。
着火から６秒後、天井に炎が達する。
着火から７秒後、階段室に炎が入る。
着火から10秒後、炎が大きくなり待合室にいる人が奥へ避難する。
着火から13秒後、燃焼面積が着火時の４倍程度まで拡大した後、黒煙で見えなくなる。

防犯カメラ映像記録から、火災は待合室入り口付近から出火し、待合室奥に向かって延焼拡大したものであり、その際に多量の黒煙が発生し、待合室内に急速に充満、開放されている扉から診療所奥に向かって進展したことが分かる。

防犯カメラ映像記録から、容疑者が散布したガソリンにライターを用いて着火させたものであることが分かる。

9

原因究明のための火災シミュレーション

目的

○火災シミュレーションを用いて、煙の拡散、一酸化炭素の濃度分布、室内の温度分布、酸素濃度分布、見透し距離を検証する。

■火災シミュレーションモデル

・計算対象となる建物モデルは、4階の診療所及び階段室とする。

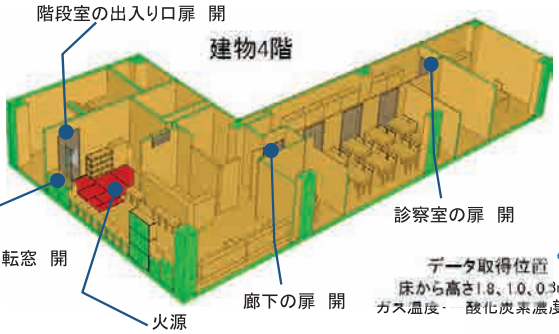
建物モデルと開口部開閉条件

建物モデル

開口部開閉条件

(階段室の窓5か所、階段室7階の戸を全開〔赤色○〕)

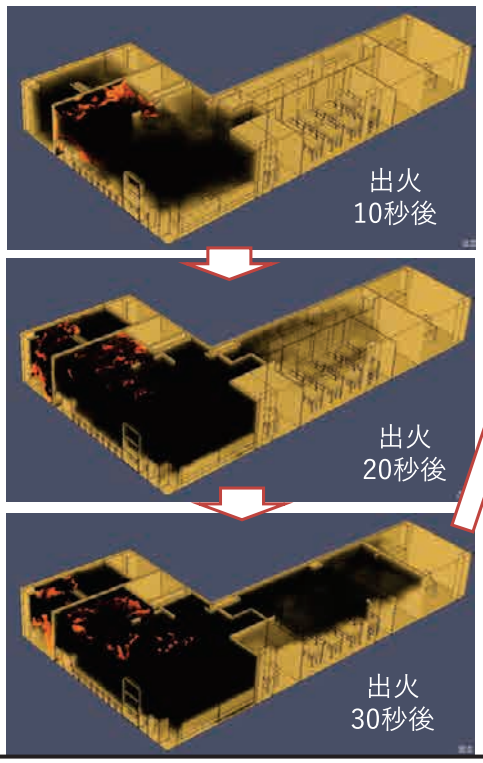
火源位置(大きさ)とデータ取得位置

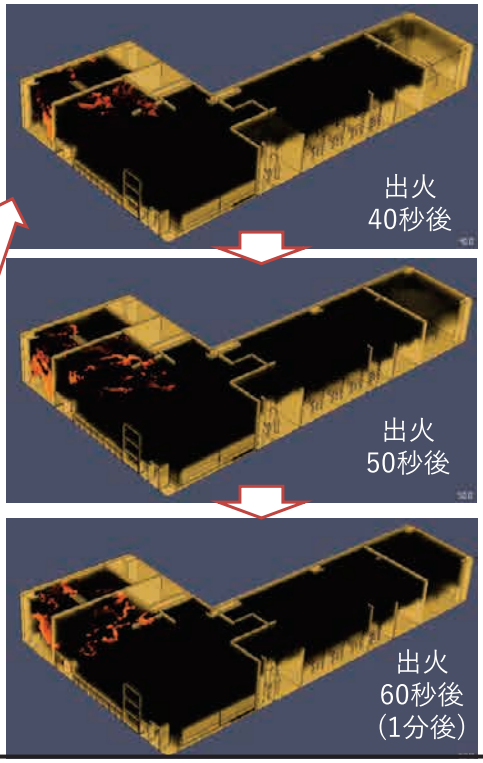


建物4階平面図

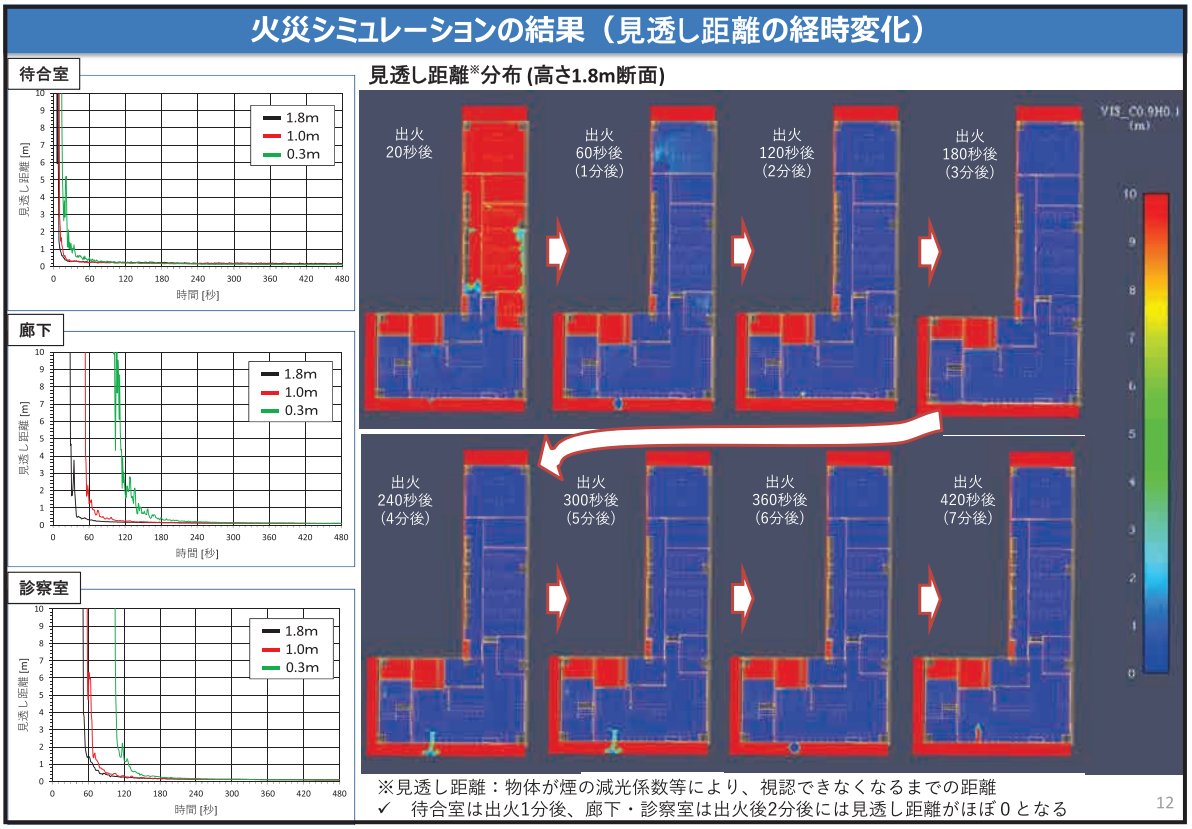
10

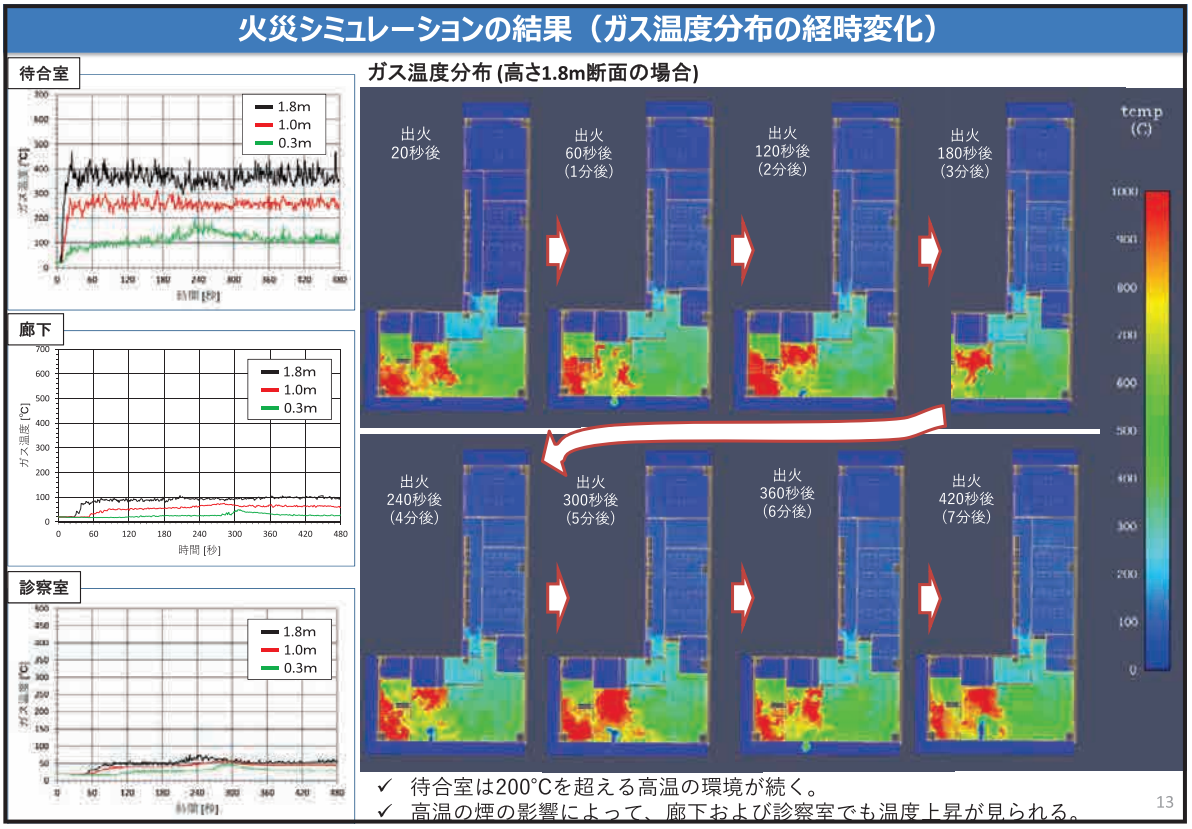
火災シミュレーションの結果（煙の経時変化）





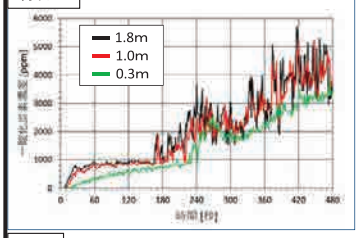
11


火災シミュレーションの結果（見透し距離の経時変化）
待合室
廊下
診察室
見透し距離 [m]
時間 [秒]
1.8m
1.0m
0.3m
見透し距離※分布 (高さ1.8m断面)
出火 20秒後
出火 60秒後 (1分後)
出火 120秒後 (2分後)
出火 180秒後 (3分後)
出火 240秒後 (4分後)
出火 300秒後 (5分後)
出火 360秒後 (6分後)
出火 420秒後 (7分後)
※見透し距離：物体が煙の減光係数等により、視認できなくなるまでの距離
✓ 待合室は出火1分後、廊下・診察室は出火後2分後には見透し距離がほぼ０となる
12

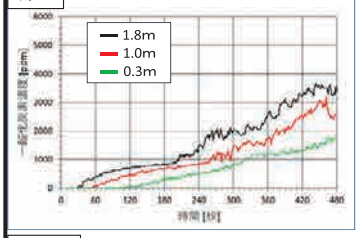

火災シミュレーションの結果（ガス温度分布の経時変化）
待合室
廊下
診察室
ガス温度 [℃]
時間 [秒]
1.8m
1.0m
0.3m
ガス温度分布 (高さ1.8m断面の場合)
出火 20秒後
出火 60秒後 (1分後)
出火 120秒後 (2分後)
出火 180秒後 (3分後)
出火 240秒後 (4分後)
出火 300秒後 (5分後)
出火 360秒後 (6分後)
出火 420秒後 (7分後)
temp (C)
✓ 待合室は200℃を超える高温の環境が続く。
✓ 高温の煙の影響によって、廊下および診察室でも温度上昇が見られる。
13

火災シミュレーションの結果（一酸化炭素濃度の経時変化）

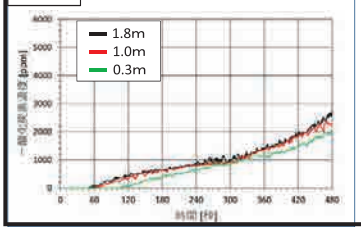
待合室



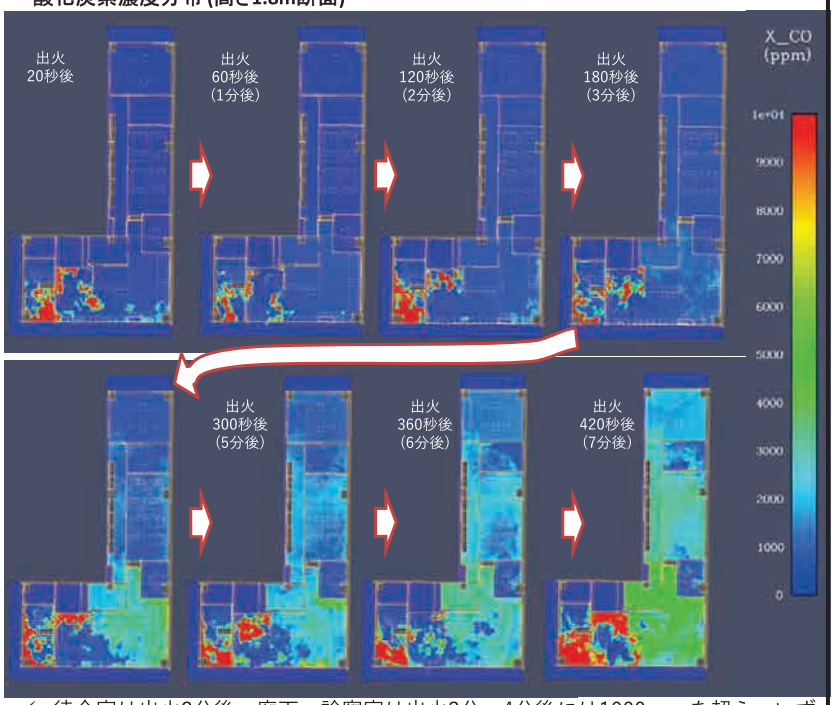
廊下



診察室



一酸化炭素濃度分布 (高さ1.8m断面)

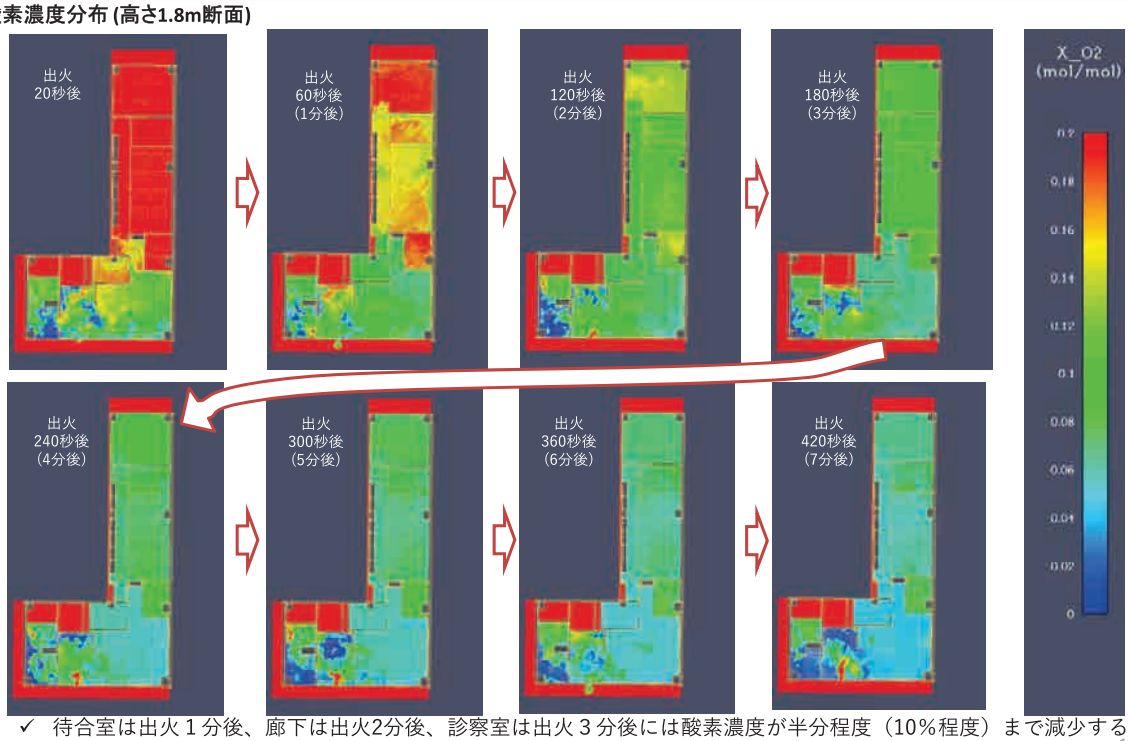


✓ 待合室は出火2分後、廊下・診察室は出火3分～4分後には1000ppmを超え、いずれも8分では3000ppm～4000ppmに達する。

14

火災シミュレーションの結果（酸素濃度の経時変化）

酸素濃度分布 (高さ1.8m断面)



✓ 待合室は出火１分後、廊下は出火2分後、診察室は出火３分後には酸素濃度が半分程度（10％程度）まで減少する。
✓ その後も減少を続け、８％程度まで減少する。

15

考察

診察室天井の換気口の変形からシミュレーションにおけるガス温度の分布は概ね正しいものと考えられる。

要救助者はすべて診療所奥の廊下、リワークルーム、診察室で発見されている。消防隊の現場到着は出火から約5分後であり、一酸化炭素濃度の経時変化の状況から発見時の一酸化炭素濃度は1,000ppm（0.1%）を超えていたと推測される。また、酸素濃度の経時変化の状況から、酸素濃度は8%程度まで低下していたと推測される。

一酸化炭素濃度の上昇や酸素濃度の減少が与えるヒトへの影響に関する既往研究※1から、診察室の一酸化炭素濃度1,000ppm（Xco〔%〕= 0.1%）は、「数分で意識不明、死する可能性あり」という濃度である。

さらに、酸素濃度が8%（Xo_2〔%〕）程度まで減少していることを加味すると、一酸化炭素の影響は更に大きくなり、一酸化炭素ヘモグロビン濃度（COHb）はより増加することとなる※2。これらの傾向は、死傷者の発生要因が一酸化炭素中毒であることと整合するものと考えられる。

変形した換気口

血中の酸素欠乏による影響

酸素濃度の減少に起因する障害

O_2Hb[%]	Xo_2[%]	障害
90-100	15-21	なし
80-90	12-15	倦怠感
60-80	8-12	めまい、吐き気、麻痺症状
50-60	6-8	全身衰弱、窒息、卒倒
30-50	3-6	数分で意識不明、死する可能性あり
0-30	0-3	数秒で意識不明、死する可能性大

一酸化炭素濃度の増加に起因する障害

COHb[%]	Xco[%]	障害
0-10	＜0.008	なし
10-20	0.008-0.015	倦怠感
20-40	0.015-0.04	めまい、吐き気、麻痺症状
40-50	0.04-0.06	全身衰弱、窒息、卒倒
50-70	0.06-0.3	数分で意識不明、死する可能性あり
70-100	＞0.3	数秒で意識不明、死する可能性大

※1　大宮喜文・若月薫、基礎　火災現象原論、pp.138-140、共立出版（株）(2009)
※2　内藤裕史、中毒百科－事例・病態・治療－（改訂第２版）、p.178、（株）南江堂(2001)

16

大阪市北区ビル火災に係る火災原因調査結果概要③

まとめ

(1)　出火場所
- ４階診療所の待合室の入り口付近から出火。

(2)　出火原因
- 防犯カメラ映像記録から、容疑者が散布したガソリンにライターを用いて着火させたものであることが分る。

(3)　延焼拡大状況
- 待合室入り口付近から出火し、待合室奥に向かって延焼拡大したもの。多量の黒煙が発生し、待合室内に急速に充満、開放されている扉から診療所奥に向かって進展していったもの。

(4)　死傷者の発生要因
- ①着火物がガソリンであり、燃焼が急激に進行したこと、②地上に避難するための唯一の階段及びエレベーターがある防火扉の前で火災が発生したために、診療所内にいた多くの者が、階段等から離れた診療所奥に避難せざるを得なかったことの２点が考えられる。
- また、火災シミュレーションから、火災発生後、数分で診療所奥の廊下や診察室は一酸化炭素濃度が非常に高く、酸素濃度が低い状態となることがわかった。このため多くの死傷者が一酸化炭素中毒又は酸素欠乏症になったものと考えられる。
  なお、今回の火災では出火階に被害者が集中したが、出火階よりも上階に多数の在館者がいた場合、上階側においても多数の被害者が生じたおそれがある。

17

大阪市北区ビル火災に係る火災シミュレーション

消防研究センター　阿部伸之

1.　はじめに

大阪市北区ビル火災において、エレベーター昇降口近傍の床面にガソリン散布された位置から進展する火災の予測及びそこから伝播していく煙の動きを把握することを目的に、長官調査で得られた情報をもとに計算機内に構成した火元建物を対象とする Computational Fluid Dynamics（以下、「CFD」という。）を用いた火災シミュレーションを実施した。また、火災対策を考えるために開口条件を種々変更した場合の火災シミュレーションを併せて実施した。それらの結果は、前者に関しては大阪市北区ビル火災に係る消防庁長官の火災原因調査結果報告書 [1)]、後者に関しては大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書 [2)]に活用されている。以下、これらの成果が到達されるに至った背景について、技術的な観点から解説する。

2.　火災シミュレーション手法

2.1　手法の概要

計算機による火災シミュレーションを実行するための計算プログラムとしてアメリカ商務省国立標準技術研究所が開発した Fire Dynamics Simulator（以下、「FDS」という。）を使用する [3, 4)]。FDS はフリーソフトウェアなので誰でも利用することができ、オープンソースでもあるのでプログラミング言語 Fortran で記述された本ソフトウェアのプログラム内容も把握することが可能である。

FDS の大まかな動作の仕組みについて、FDS は CFD を用いた火災シミュレータであり、例えば煙の流動を高温熱気流の運動と捉えると、その運動を掌る 4 つの支配方程式（質量保存式、運動量保存式、エネルギー保存式及び状態方程式）を計算機で数値的に解くことによって熱気流の運動を予測することができる。これらの支配方程式は FDS では微分方程式で表されており、計算機で取り扱うために離散化という方法を使うことで微分方程式を代数方程式に変換する。代数方程式は計算空間と呼ばれる 3 次元空間を格子状に分割した各々の微小領域に対して成り立つように計算機によって解かれる。この微小領域を計算格子という。FDS では直交直線（デカルト）座標系において空間微分に対して 2 次精度中心差分を用いた有限差分により離散化し、時間積分については陽的 2 次精度予測子修正子法を用いて離散化している。

また、火災で生じる煙の流動は圧縮性のある高温熱気流であるが、FDS では爆発のような密度波の伝播を再現することはできず、温度変化にもとづく熱気流の圧縮性だけに着目した低マッハ数流れとして低マッハ数近似を採用している。この近似により、圧力変化による熱気流の圧縮性にもとづくような短時間に生じる爆発現象の再現を省くことで、さらに先の時間の予測計算を進めることができ、結果として計算が高速になる。

火災時の熱気流のような時間的・空間的に乱れた流れである乱流を取り扱うために一般的な

Large Eddy Simulation（以下、「LES」という。）を FDS では既定手法としている。この LES には、計算格子では捕捉できない小さい渦を乱流モデルとしてモデル化するサブグリッドスケールモデルに Deardorff モデルが採用されており、本シミュレーションではモデル定数 0.1（FDS の既定値）を使用する。また、壁面近傍には WALE モデル（モデル定数 0.6（FDS の既定値））が採用されている。その他の機能として、FDS には伝熱モデル（熱伝導、対流熱伝達及び放射熱伝達）や燃焼モデルが実装されており、本シミュレーションでもそれらを活用する。

2.2　計算条件

2.2.1　計算ケース

計算ケースは 5 ケースあり、計算条件としてそれぞれ異なる部分を表 1 に示す。戸及び窓は建物 4 階フロアに設置されているものであり、詳細は後述する。

表 1　計算ケース

計算ケースNo.		1	2	3	4	5
FDSバージョン		6.7.6	6.7.6	6.7.6	6.7.7	6.7.7
計算格子数		5,582,304	5,582,304	5,582,304	2,736,864	2,736,864
計算領域数		12	12	12	6	6
計算時間［秒］		599 数値的不安定により停止	461 数値的不安定により停止	183 数値的不安定により停止	1200 設定時間で終了	479 数値的不安定により停止
戸と窓の開閉状況	戸 （階段室⇔待合室）	**開放**	**開放**	**開放**	閉鎖	閉鎖
	戸 （待合室⇔廊下）	**開放**	**開放**	閉鎖 戸下端に隙間1 cmあり	**開放**	閉鎖 戸下端に隙間1 cmあり
	診察室の窓	閉鎖	**開放**	閉鎖	**開放**	閉鎖→**開放** 着火1秒後

計算ケース No.1 は、現場見分より判明した開口閉鎖状況を反映させた火災シミュレーションの計算条件であり、現場見分では診察室の窓は内壁により覆われ閉鎖された状態であった。

計算ケース No.2 は、計算ケース No.1 の条件から診察室の窓（0.75 m×0.90 mH）を開放に変更した計算条件である。

計算ケース No.3 は、計算ケース No.1 の条件から待合室と廊下の間の戸（0.80 m×2.00 mH）を閉鎖に変更した計算条件である。

計算ケース No.4 は、計算ケース No.2 の条件から階段室と待合室の間の戸（0.83 m×1.99 mH）を閉鎖し階段室に火災が進展しないようにしたときの計算条件である。

計算ケース No.5 は、計算ケース No.4 の条件から待合室と廊下の間の戸を閉鎖に変更した計算条件である。診察室の窓を計算開始時に閉鎖しておき、着火 1 秒後に開放する設定にしたが、これは計算上のエラー回避のためのテクニックであり、実質的には診察室の窓を開放した条件として取り扱う。

計算ケース No.1 に対し、計算ケース No.2～5 が火災対策を考えるために実施した火災シミュレーションである。「大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書[2)]」に掲載されているパターン 1～3 は計算ケース No.1～3 に対応し、パターン 5 及び 6 は計算ケース No.4 及び 5 に対応している。以降、「計算ケース No.1」などを単に「No.1」と表記する。

2.2.2　計算空間及び計算時間

計算対象となる計算空間に構築した建物モデルを図 1 に示す。計算空間は建物内部の階段室（No.4、5 では建物 4 階部分のみ）、建物 4 階フロア部分及び建物外部の一部を計算空間とする。建物 4 階フロア部分では 5 つの領域、階段室では 7 つ（No.4、5 では 1 つ）の領域に計算空間を分割することにより、MPI により 12 並列（No.4、5 では 6 並列）、さらに各領域を OpenMP により 6 並列としたハイブリッド並列計算としている。

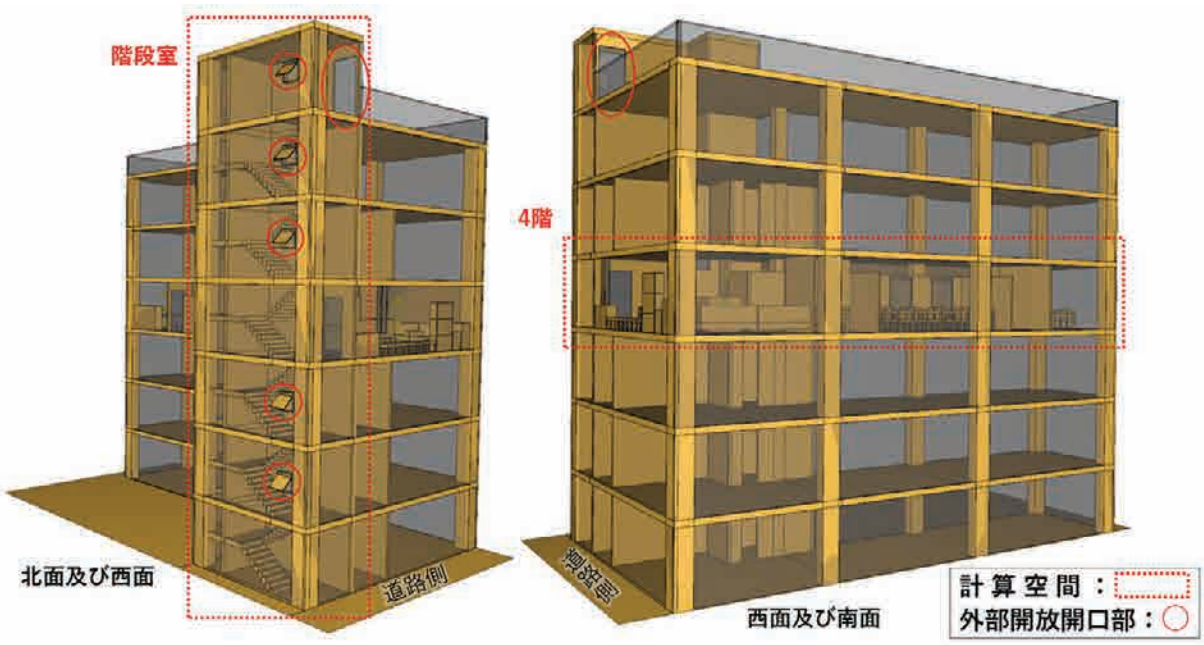


図 1　建物モデル（計算空間と外部開放開口部（建物 4 階は図 2 参照））

計算空間を分割する計算格子数は 5,582,304（No.4、5 では 2,736,864）、計算格子幅δxは 0.05 m である。式(1)から火災特性距離D^*は 2.305 m である。

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_\infty c_p T_\infty \sqrt{g}}\right)^{\frac{2}{5}} \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、$\dot{Q}$は発熱速度、ρ_∞は空気の密度、c_pは空気の定圧比熱、T_∞は空気の温度、gは重力加速度である。よって、計算空間の解像度を表す指標である無次元パラメータ$D^*/\delta x$は 46.1 である。

火災を再現する計算時間は出火から 1,200 秒（20 分）を設定したが、表 1 に示すようにたいていの計算ケースで計算の数値的不安定により途中で停止した。ただし、停止直前までのデータに特に異常を示す所見は無かった。使用した消防研究センター所有の計算機について、OS が CentOS 7、CPU がインテル Xeon Gold 6254（18 cores、3.1 GHz）×4 個、メモリが 768 GB（32GB DDR4-2933 ECC Registered×24）、SSD が 960GB SATA を搭載した計算ノードを 4 ノード用意し、1 ノードに 1 つの計算ケースを割り当てて計算した[1]。

[1] 理化学研究所のスーパーコンピュータ富岳も FDS が利用可能であり、計算ケース No.1 の条件で MPI 12 並列、OpenMP 6 並列のハイブリッド並列計算を実施した。消防研究センター所有の計算機の（シミュレーションにかかる実時間）／（シミュレーション再現時間）が 177 であるのに対して富岳が 2,260 であり、消防研究センター所有の計算機が 12.7 倍高速であった。ただし、富岳の FDS も高速化される余地が多分にあり今後も注目していきたい。

2.2.3　初期条件

初期条件として、計算空間内の風速 0.0 m/s、気温 12.7℃（建物 4 階フロア内のみ 20.0℃）、相対湿度 79.0%、圧力 9.963×10^5 Pa とする。風速以外は気象庁データ（大阪 2021 年 12 月 17 日 10 時 20 分）を参考にした。

2.2.4　境界条件

計算空間の界面は、地面を除き大気開放条件である。建物モデルを構成する壁面等は初期温度を維持し[2]、燃焼により消失することはない（延焼しない）条件である。考慮する開口部は、戸と窓のみとし、その開閉状況は前述した通りである（表 1）。建物外部への開放開口部については、階段室に 0.62 m×0.62 mH の窓 5 か所、屋上に通じる 0.95m×2.00 mH の戸 1 か所がある（図 1）。また、建物 4 階フロアの待合室に 0.20 m×1.60 mH の開放した窓 1 か所ある。

表 1 で示した待合室と廊下の間の戸が閉鎖している場合（No.3、5）、戸の下端に 0.01 m の隙間を設けてある。現場見分の状況から戸の下端以外の戸の外周は戸当たりがあることから隙間はないこととした。この隙間について、計算空間で cm オーダーの計算格子を用いる CFD の中で、隙間寸法の mm オーダーの計算格子を考慮すると、計算が不安定になりやすく、それを回避するために時間刻み幅を小さくする必要があるために全体の計算速度の低下を招いてしまう。そのため隙間については CFD で解かずに、オリフィスの流量計算で使用される以下の式(2)を用いる。隙間面積A_{L}を通過する漏気流量$\dot{V}_{\mathrm{L}}$は、

$$\dot{V}_{\mathrm{L}} = C_{\mathrm{d}} A_{\mathrm{L}} \,\mathrm{sign}(\Delta p) \sqrt{2\frac{|\Delta p|}{\rho_\infty}} \quad \cdots\cdots (2)$$

ここで、C_{d}は流量係数（FDS の既定値は 1）、Δpは隣接区画の間の圧力差、ρ_∞は雰囲気の密度である。

2.2.5　火源条件

建物モデルの建物 4 階のフロア部分および階段室部分を図 2 に示す。フロア部分はクリニックの店舗であり、待合室、廊下、リワークルーム、診察室で構成されている。

火源の位置は、図 2 にエレベーター昇降口付近の床面である。火源面積は、出火時 1.00 m^2、出火 6 秒後 3.46 m^2、出火 11 秒後 4.43 m^2 に変化する。火源の燃焼は、ガソリン（燃焼熱 43.7 MJ/kg[5]）に熱物性が近いヘプテン（C_7H_{14}）を選択し、計算中に燃え尽きない。発熱速度は、2,179 kW/m^2 とする。一酸化炭素及びすすの生成率は 0.021 g/g 及び 0.063 g/g である[6]。火源面積は異なるが、ガソリン放火により出火した川崎市簡易宿泊所火災（2015 年）や京都市伏見区建物火災（2019 年）を計算対象にして消防研究センターで実施した火災シミュレーションでも使用した実績のある火源条件である。今回、発熱速度のうち放射成分は 40%、対流成分は 60%とする。

燃焼モデルは、式(3)及び(4)に示す中間生成物を考慮する二段反応モデルを使用する。FDS の既定モデルである一段反応モデルを用いると屋上部分から噴出火炎が出現したため、現場見分状況と異なっていたことから、二段反応モデルを採用することにし状況を改善させた。

$$\mathrm{C_7H_{14}} + \nu_{\mathrm{O_2},1}\mathrm{O_2} \longrightarrow \underbrace{\nu_{\mathrm{H_2},1}\mathrm{H_2} + \nu_{\mathrm{H_2O},1}\mathrm{H_2O} + \nu_{\mathrm{CO},1}\mathrm{CO} + \nu_{\mathrm{S},1}\mathrm{Soot}}_{\text{中間生成物}} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$\text{中間生成物} + \nu_{\mathrm{O_2},2}\mathrm{O_2} \longrightarrow \nu_{\mathrm{CO_2}}\mathrm{CO_2} + \nu_{\mathrm{H_2O},2}\mathrm{H_2O} + \nu_{\mathrm{CO},2}\mathrm{CO} + \nu_{\mathrm{S},2}\mathrm{Soot} \quad \cdots\cdots (4)$$

[2] 断熱条件にすると、現場見分状況を再現できないほど、ガス温度が高温になる。

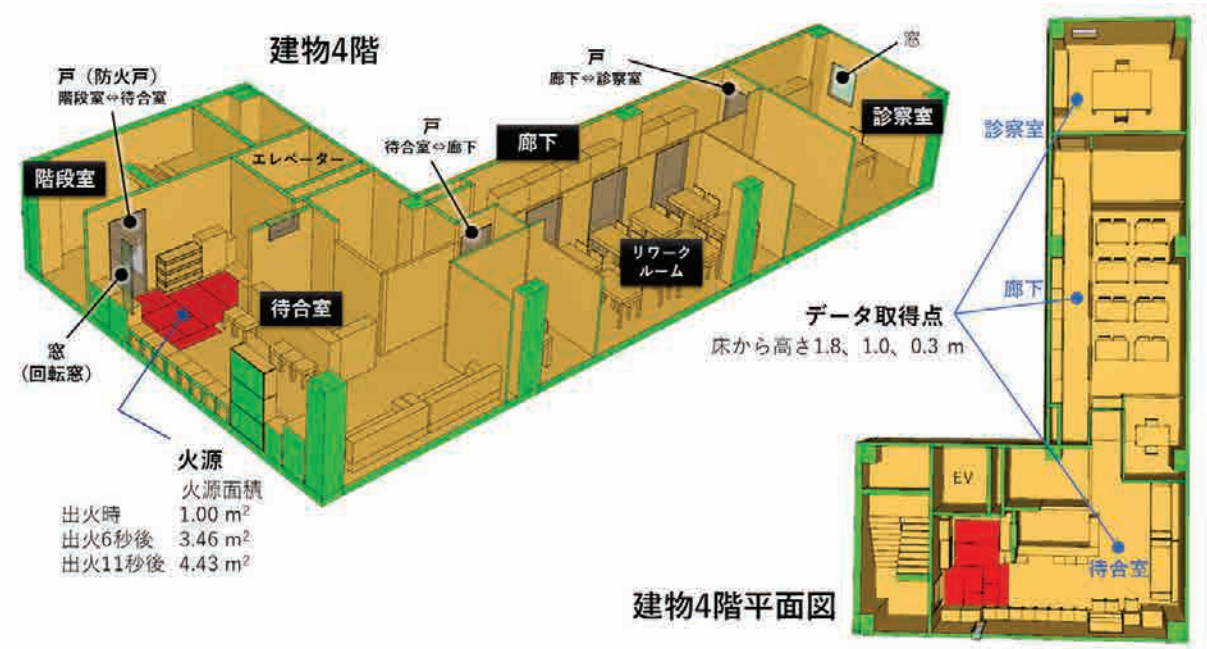


図２　建物４階における各種設置位置（火源・開口部・データ取得点）

2.2.6　データ出力

火源の発熱速度の時系列データを出力する。この出力した発熱速度データは、火源条件として入力した設定値をもとに計算過程で火源周辺の環境から再計算されるものである。時々刻々と変化する火炎及び煙の動きの 3 次元データを出力する。建物 4 階について、床から高さ 1.8、1.0、0.3 m の水平断面におけるガス温度、一酸化炭素濃度、酸素濃度、見透し距離の 2 次元等値面データを出力する。発熱速度ならびに図 2 に示す待合室、廊下、診察室の各位置における床からの高さ 1.8、1.0、0.3 m でのガス温度、一酸化炭素濃度、酸素濃度、見透し距離、Fractional effective dose[7]（以下、「FED」という。）の 1 次元時系列データを出力する。すべてのサンプリング時間は 0.5 秒である。ここでは、3 次元データ及び 1 次元時系列データを示す。

3.　火災シミュレーション結果

各計算ケースの結果を示すとともに、計算ケース間の比較を行う。開口部の開閉状況の違いが火災性状に与える影響、特に待合室と廊下の間の戸の閉鎖が与える影響が大きいことがわかった。

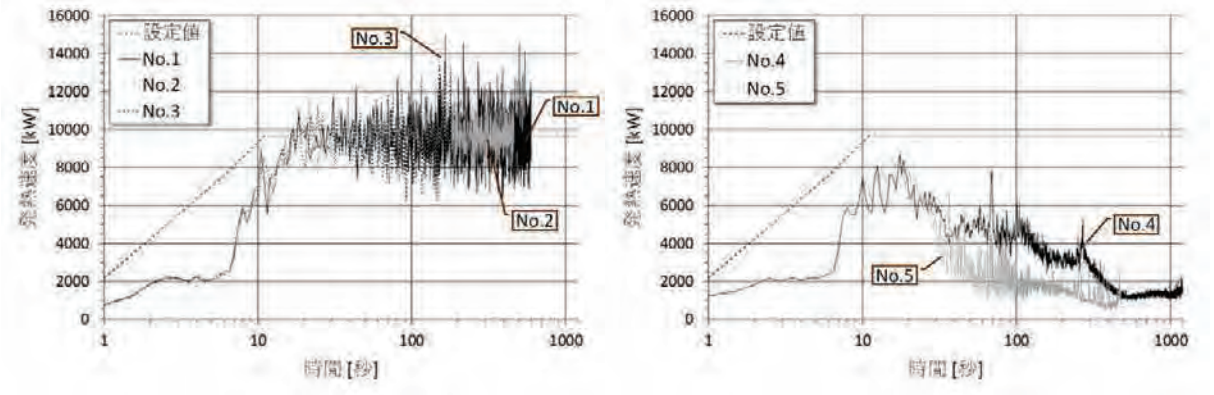
3.1　発熱速度の経時変化

火源の発熱速度の経時変化を図 3 に示す。ここで、着火 20 秒程度までの発熱速度の変化がわかりやすくするため、グラフの横軸に対数目盛りを使用している。

No.1～3 では、火源条件として与えた入力設定値よりも遅れて着火から 11 秒後まで発熱速度が上昇し、約 20 秒で発熱速度の出力値は平均的に 10,000 kW 弱程度で、設定値と同程度の発熱速度で一定になる。

No.4、5 では、着火からおよそ 10 秒までは No.1～3 と同じく発熱速度が入力設定値より遅れて上昇するが、およそ着火 11 秒後以降は発熱速度が低下し、入力設置値に届かない。これは階段室と待合室の間の戸を閉鎖したために階段室から火源への酸素供給が絶たれて入力設定値の発熱速

度に到達できなかったものと考えられる。およそ着火 12 秒以降、No.5 が No.4 より発熱速度が低いのは、No.5 では待合室と廊下の戸が閉鎖されているため、診察室の開放した窓から火源への酸素供給不足が生じていたものと考えられる。



(a)　No.1～3　　(b)　No.4、5

図 3　発熱速度の経時変化

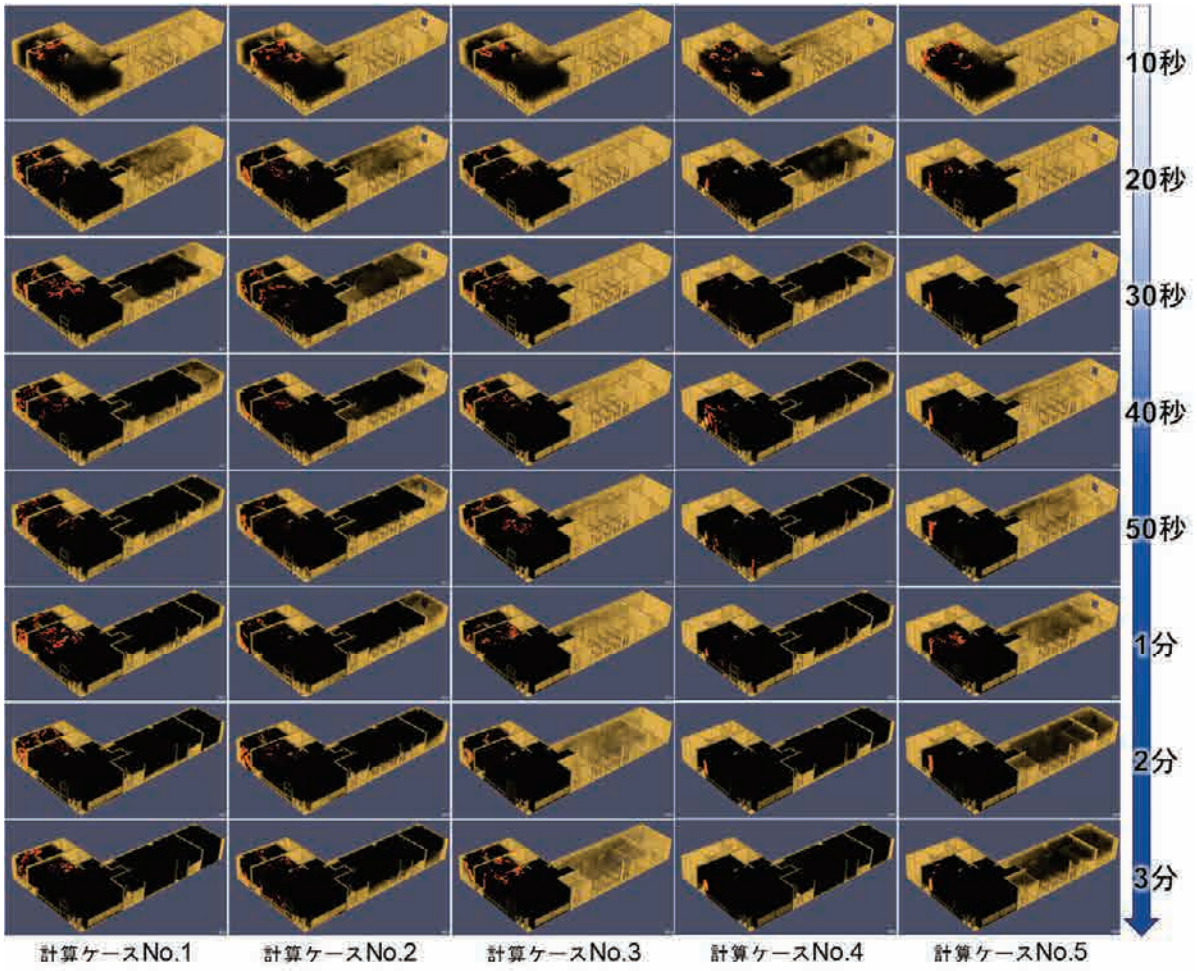


図 4　建物 4 階の火炎と煙流動

3.2　建物 4 階の火炎と煙流動

時々刻々と変化する火災の進展を視覚的に把握する。図 4 に着火から 3 分後までの建物 4 階の火炎と煙流動の様子を計算ケース別に示す。ここで、単位体積あたりの発熱速度が 600 kW/m^3 より大きい空間に火炎があるとして火炎を表示する。また、煙の色及び濃さの見た目は現実のそれとは限らないことに留意する必要がある。

火炎については、どの計算ケースも火源があるエレベーター昇降口近傍に火炎が留まっており、階段室と待合室の間の戸が開放している No.1～3 については着火 20 秒以降に階段室に火炎が噴出する。

煙流動ついては、どの計算ケースでも待合室は 10 秒程度で煙に満たされる。診察室が煙に満たされる時間が最も早いのは No.4 であり、最も遅いのが No.3 である。待合室と廊下の間の戸を閉鎖する場合（No.3 及び No.5）、診察室及び廊下への煙の拡散を遅らせることができる。No.1 に対して No.2 は診察室の窓が開放されており換気されるため、診察室の蓄煙は No.1 に比べて遅くなる。階段室と待合室の間の戸を閉鎖する場合（No.4 及び No.5）、階段室は区画化され煙の流入を防ぐことができ、4 階フロアの煙量はその戸を開放した場合に比べて増える（No.2 及び No.4）。

3.3　建物 4 階在館者の煙熱環境

建物 4 階の待合室、廊下、診察室（図 2）における在館者の煙熱環境について、床から高さ 1.8、1.0、0.3 m でのガス温度、一酸化炭素濃度、酸素濃度、見透し距離、FED の時系列データを以下に示す。

3.3.1　ガス温度

建物 4 階の待合室、廊下、診察室におけるガス温度の経時変化を計算ケース別に図 5 に示す。

どの計算ケースも火源がある待合室のガス温度は高さ 0.3 m の低い位置で 100℃以上である。

No.1 に対して診察室の窓を開放した場合（No.2）、窓からの換気の影響から廊下及び診察室のガス温度は低くなる。No.2 に対して階段室と待合室の間の戸を閉鎖した場合（No.4）、待合室ではおよそ着火 70～110 秒でどの高さ位置でも 500℃以上のガス温度になり、その後に急速にガス温度が低下する。これはガス温度が一定であった No.2 とは異なる傾向である。No.2 の廊下及び診察室では階段室に煙が流出するため 100℃未満のガス温度であり、それと比べ、階段室に煙が流出しない No.4 では廊下及び診察室のガス温度は高い。No.4 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.5）、待合室が区画化され酸素供給不足になり発熱速度が低下するに伴い、待合室の温度も低下している。

No.1 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.3）、待合室からの煙の流入が減るため廊下及び診察室のガス温度は低くなる。

3.3.2　一酸化炭素濃度

建物 4 階の待合室、廊下、診察室における一酸化炭素濃度の経時変化を計算ケース別に図 6 に示す。ここで、縦軸のスケールが No.1～3 では 0～900 ppm、No.4、5 では 0～45,000 ppm と異なることに注意を要する。

No.1 ではガス温度の経時変化がほぼ一定であったのに対し、一酸化炭素濃度は常に増加しており、どの場所、どの高さも 1,000 ppm 以上になる。No.1 に対して診察室の窓を開放した場合（No.2）、換気の影響から一酸化炭素濃度はバランスし、その経時変化もガス温度と同様にほぼ一定になる。廊下及び診察室の一酸化炭素濃度は 1,000 ppm 以下である。No.2 に対して階段室と待合室の間の

戸を閉鎖した場合（No.4）、階段室に流出しなくなった一酸化炭素が 4 階フロアに拡散するため待合室は着火 80 秒後から急激に一酸化炭素濃度が上昇する。その一酸化炭素が廊下を経由して診察室に伝播して行き、待合室では着火 420 秒以降、廊下では着火 360 秒後以降、診察室では着火 330 秒以降に一酸化炭素濃度は一定になる。No.4 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.5）、待合室では着火 30 秒で一酸化炭素濃度が急上昇し、さらに着火 120 秒以降に大きく上昇して 30,000 ppm 程度になる。一方、廊下及び診察室では一酸化炭素濃度の明瞭な上昇は見られない。

No.1 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.3）、廊下及び診察室では一酸化炭素濃度の明瞭な上昇は見られない。これは No.5 と同様に待合室と廊下の間の戸を閉鎖したためである。

3.3.3　酸素濃度

建物 4 階の待合室、廊下、診察室における酸素濃度の経時変化を計算ケース別に図 7 に示す。

No.1 では、火源がある待合室の酸素濃度は着火直後から低下を始め、高さ 1.8 m 及び 1.0 m では同じような濃度低下を示し、高さ 0.3 m ではそれに続いて濃度低下をする。各高さでの酸素濃度は 0.05～0.06 mol/mol（5～6%）に至る。廊下及び診察室については、高さ 1.8 m では廊下の方が酸素濃度の低下が早く、それに続いて高さ 1.0 m 及び 0.3 m では廊下、診察室ともに同じ時間に酸素濃度の低下が開始する。どの場所、どの高さも着火 480 秒で 0.08 mol/mol（8%）以下になる。No.1 に対して診察室の窓を開放した場合（No.2）、待合室の酸素濃度は高さによって異なりほぼ一定である。全体的に No.1 よりも酸素濃度の低下は緩慢である。廊下では高さ 1.8 m で No.1 と変わりないが、高さ 1.0 m 及び 0.3 m では酸素濃度の低下はわずかである。診察室は窓からの換気のために高さ 1.8 m で酸素濃度の低下が見られるが、高さ 1.0 m 及び 0.3 m では低下は見られない。No.2 に対して階段室と待合室の間の戸を閉鎖した場合（No.4）、No.2 と同様に診察室の窓が開放されているものの、酸素濃度の経時変化は No.1 のそれに類似するようになる。No.4 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.5）、待合室では高さによらず着火 30 秒で 0.05 mol/mol（5%）まで酸素濃度が低下する。廊下及び診察室は、待合室と廊下の間の戸を閉鎖したので、酸素濃度が低下しにくい。

No.1 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.3）、待合室は着火 120 秒以降に 0.05 mol/mol（5%）以下になり、廊下及び診察室では酸素濃度の低下は見られない。

3.3.4　見透し距離

建物 4 階の待合室、廊下、診察室における見透し距離の経時変化を計算ケース別に図 8 に示す。

どの計算ケースでも待合室では着火 30 秒以内に見透し距離が 1 m 以下になる。

No.1 では、廊下及び診察室の高さ 0.3 m で着火 120～150 秒に見透し距離が 1.0 m 程度になる。No.1 に対して診察室の窓を開放した場合（No.2）、廊下及び診察室の見透し距離の低下は緩慢になる。ここで、診察室の高さ 1.0 m 及び 0.3 m について、ほかの計算ケースと異なり高さ 1.0m の方が見透し距離が長くなるのは、外気の流入している診察室の窓の下端高さが床から 0.9 m であるためと考えられる。No.2 に対して階段室と待合室の間の戸を閉鎖した場合（No.4）、No.1 と類似の傾向となる。No.4 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.5）、廊下及び診察室ではガス温度、一酸化炭素濃度、酸素濃度の変化は在館者に影響を与える程度ではなかった一方、見透し距離は短くなり視界に影響をもたらしうる傾向がある。

No.1 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.3）、廊下の高さ 1.8 m 及び 1.0 m では着火 180 秒程度までの結果であるが、見透し距離は短くなる。また、診察室では見透し距離の変化は見られない。

3.3.5　Fractional effective dose（FED）

建物 4 階の待合室、廊下、診察室における FED の経時変化を計算ケース別に図 9 に示す。なお、FED は ISO 13571 で示される避難安全の指標である [7]。火災時の燃焼生成ガスに曝露された建物在館者は燃焼生成ガスに対する感受性がそれぞれ異なるため、FED の値が 1.0 となった場合に建物在館者の半数が避難不可能になるといった評価になる。この評価にもとづいて各場所、各高さにおいて避難不可能になる時間を表 2 にまとめた。ただし、表 1 に示す計算時間内での評価であり、計算ケースによってそれが異なることに注意を要する。

最も低い姿勢の高さとして高さ 0.3 m の FED に注目すると、No.1 では待合室で 279 秒、廊下で 390 秒、診察室で 373 秒に避難不可能になる。No.1 に対して診察室の窓を開放した場合（No.2）、同様に高さ 0.3 m ではここで表示した着火 480 秒までは避難不可能にはならないと評価でき、診察室の窓を開放することが避難上一定の効果があることがわかる。ただし、No.2 に対して階段室と待合室の間の戸を閉鎖した場合（No.4）、高さ 0.3 m では待合室で 86 秒、廊下で 231 秒、診察室で 279 秒に避難不可能になる。これは、煙が階段室へ出て行かなくなるため、4 階フロアの煙量が多くなることにより、診察室の窓を開放した効果が現れにくくなるためである。No.4 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.5）、待合室では 49 秒で避難不可能になるが、廊下及び診察室では避難不可能にならない。

No.1 に対して待合室と廊下の間の戸を閉鎖した場合（No.3）、No.5 と同様に待合室では 109 秒で避難不可能になるが、廊下及び診察室では避難不可能にならない。

3.4　火災シミュレーション結果の妥当性確認

ここでは実火災に対応した計算条件である No.1 について、火災シミュレーションの結果の妥当性を確認する。ただし、時々刻々と火災性状を予測する火災シミュレーションが、実際に起こった火災の進展過程を再現しているかを火災現場の状況から確認することは困難である。しかしそのような状況であっても、わずかなら結果の妥当性を確認しうる箇所が火災現場には存在する場合がある。この確認箇所は火災ごとに見つけなければならず、本火災では 2 か所を確認箇所として取り上げ見てみたいと思う。

3.4.1　火炎の放射から直接ソファが燃焼する可能性（図 10）

待合室には火源から約 5 m 離れた場所にソファがある。ソファは水平境界の上部に焼損領域、下部に未燃領域があり、火源からの火炎で直接着火せずに高温熱気流により焼損したものと考えられる。そこで、ソファの中では火源に近い座面の☆の位置で、火災シミュレーションによって得られた放射熱流束の経時変化を見ると、着火およそ 20 秒後に一時的に放射熱流束が 3.0 kW/m^2 程度に上昇するが全体的にソファに着火するほどの放射熱流束にはならないため、現場見分状況と一致する。

3.4.2　熱変形した樹脂製品近傍の熱環境 [1]（図 11）

診察室の天井（高さ 2.4 m）に設置された ABS 樹脂製の換気口が熱変形していた。この近傍には強く加熱されている様子は見られないが、換気口の ABS 樹脂の熱変形温度は 100℃前後 [8]である。これを参考にすると、実火災の計算条件である No.1 の診察室のガス温度は高さ 1.8 m で 80℃

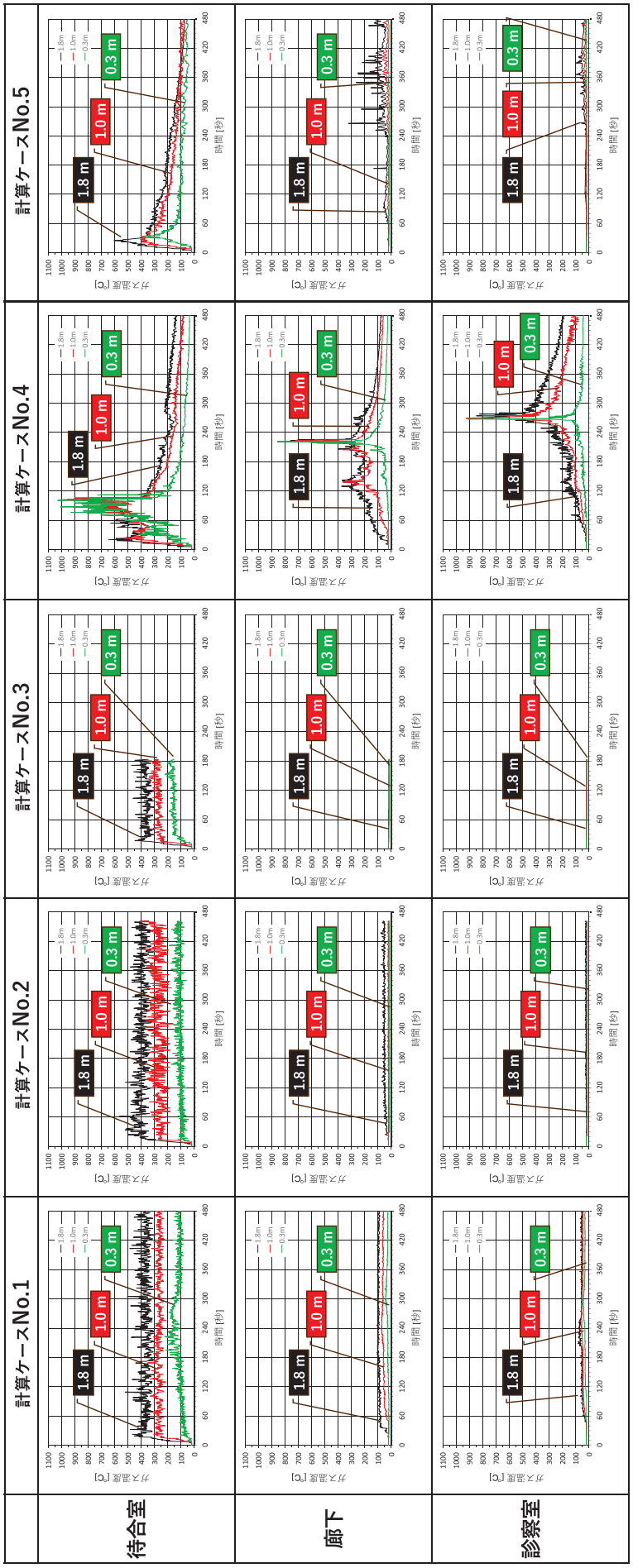


図５　ガス温度の経時変化

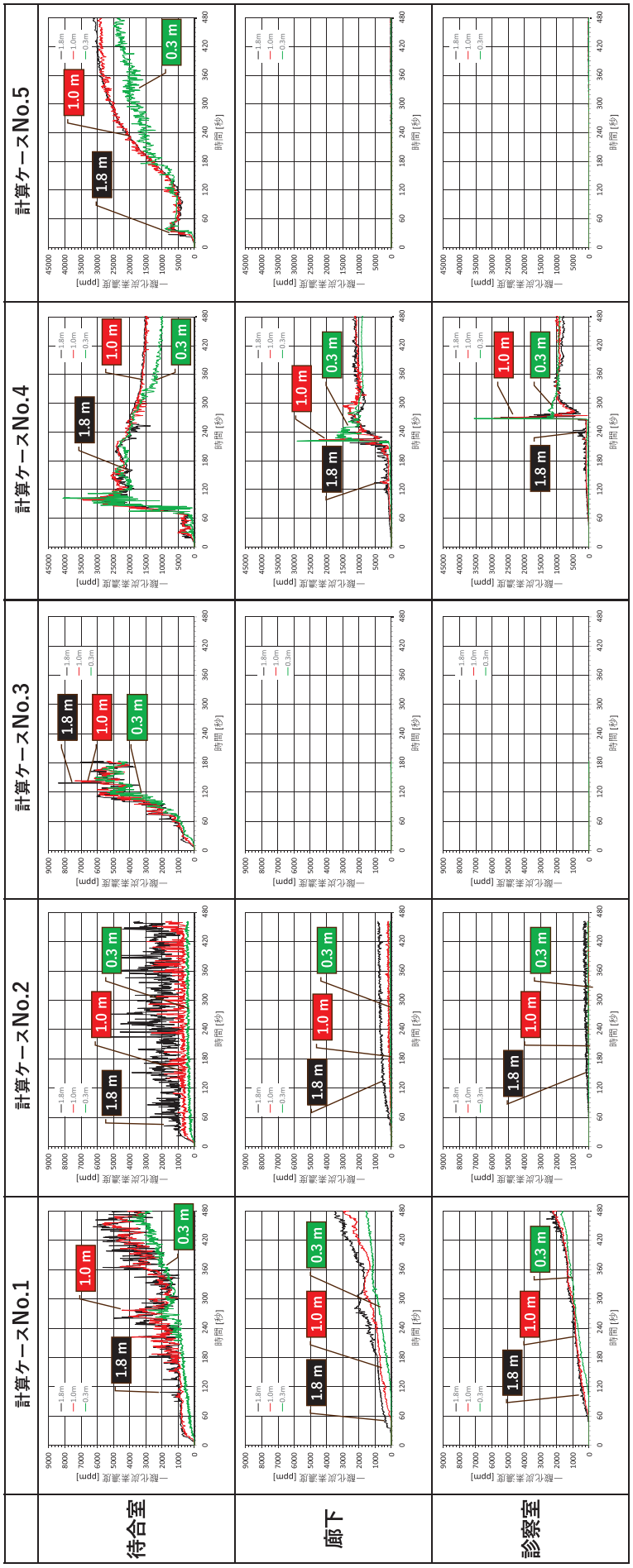


図 6　一酸化炭素濃度の経時変化

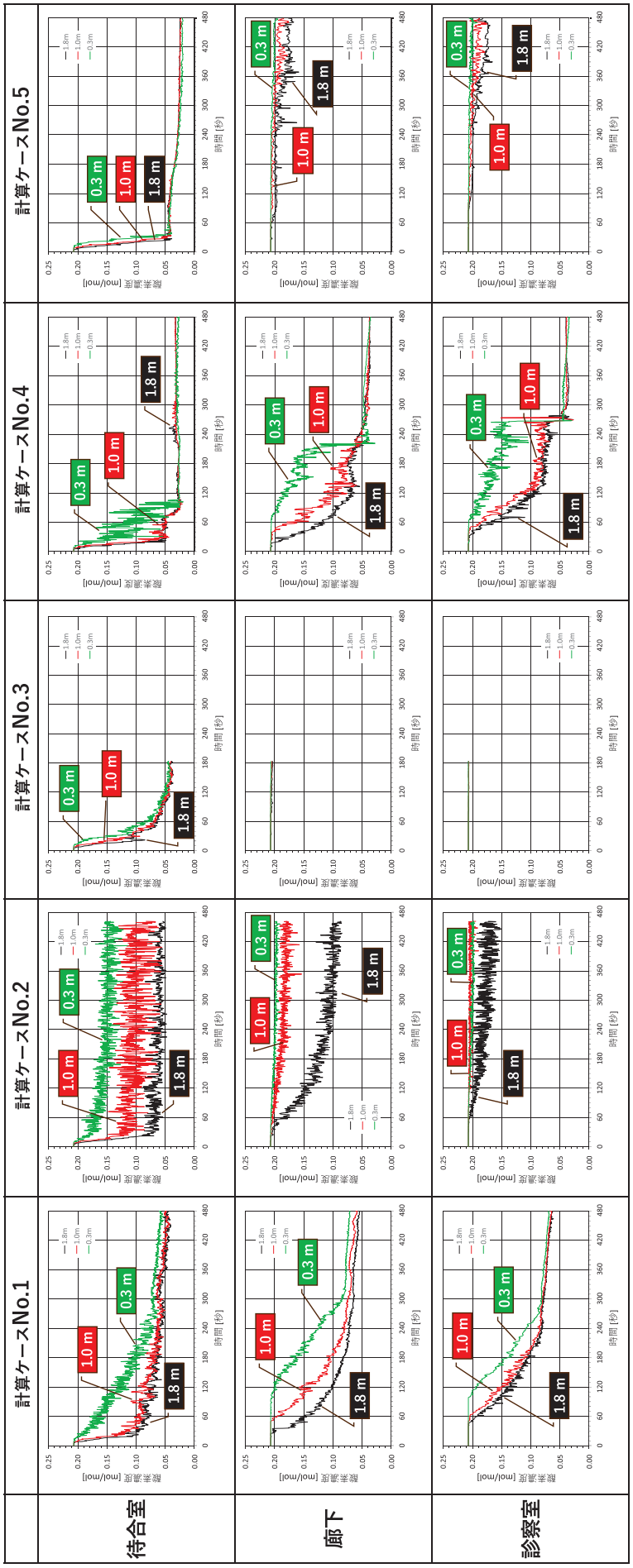


図 7　酸素濃度の経時変化

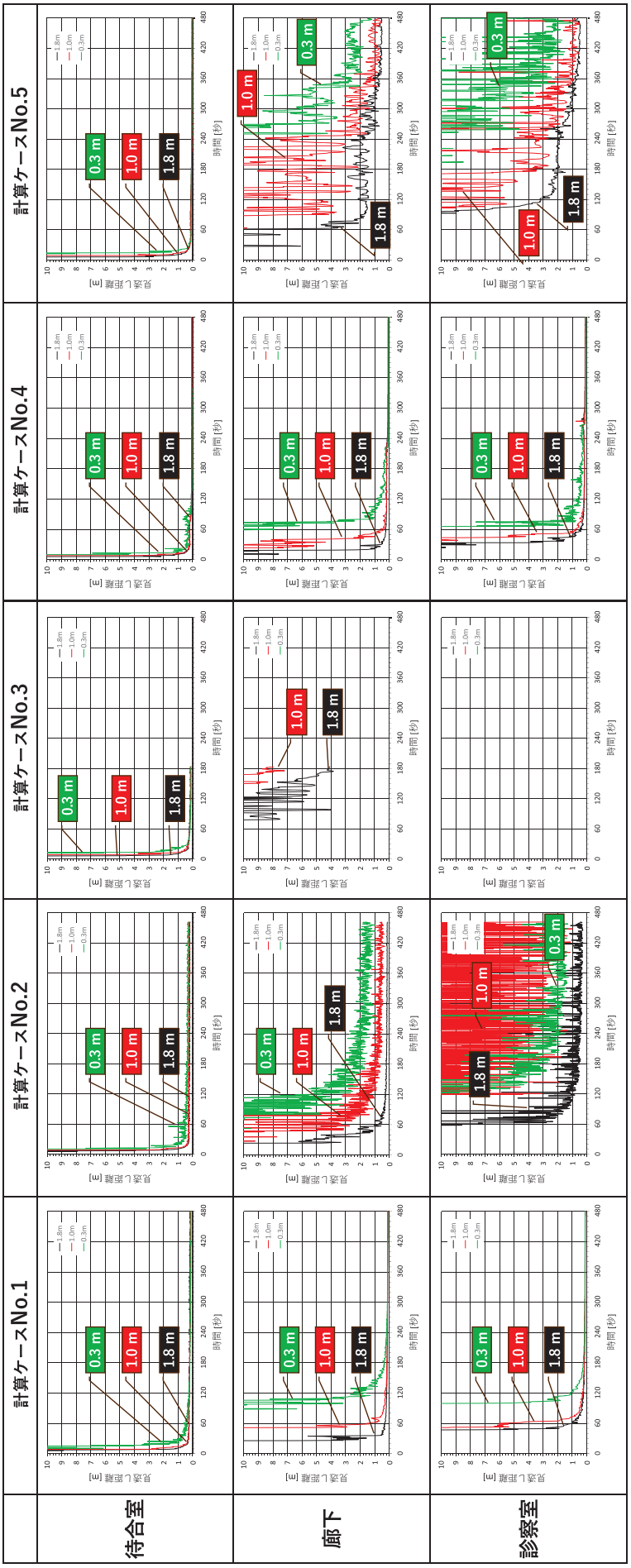


図 8　見透し距離の経時変化

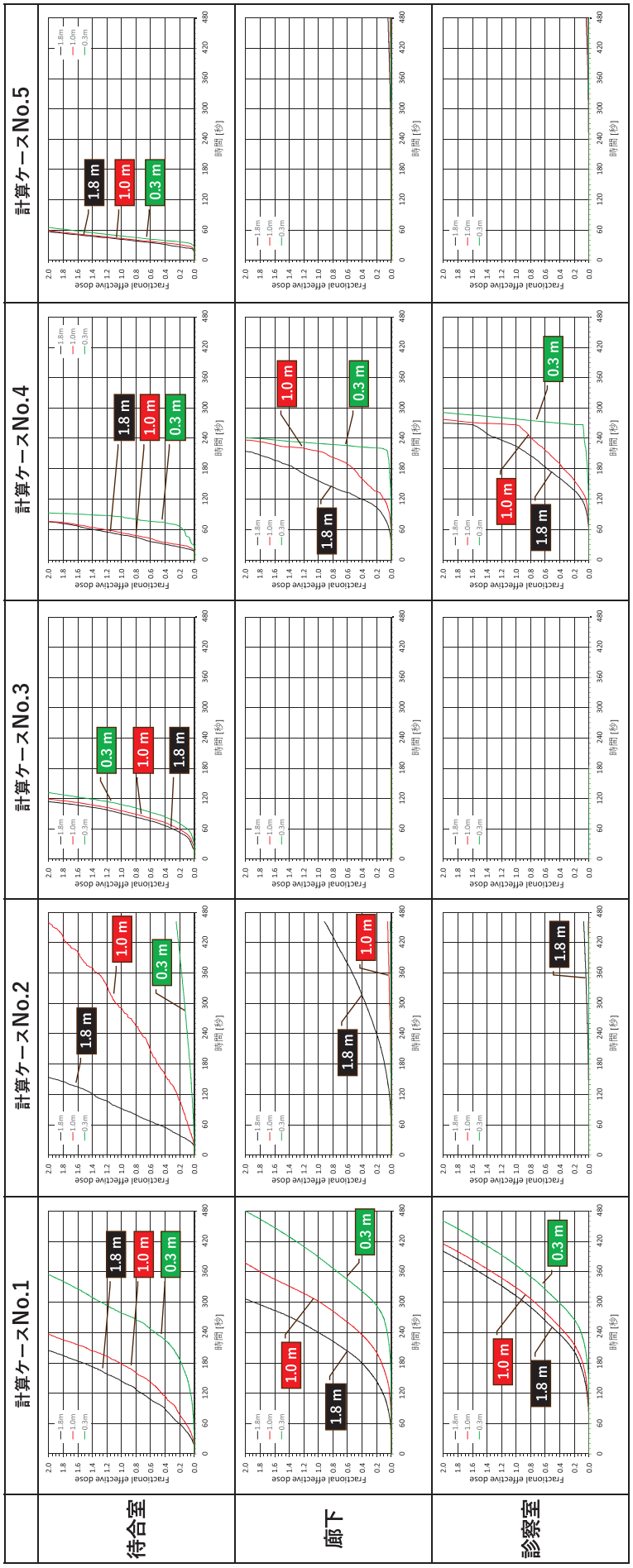


図 9　Fractional effective dose（FED）の経時変化

表 2　FED 指標を用いた避難不可能時間

場 所	高さ [m]	避難不可能になる時間 [秒]				
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
待合室	1.8	144	93	91	51	42
	1.0	178	292	97	55	44
	0.3	279	−	109	86	49
廊 下	1.8	241	−	−	86	−
	1.0	302	−	−	216	−
	0.3	390	−	−	231	−
診察室	1.8	313	−	−	226	−
	1.0	329	−	−	268	−
	0.3	373	−	−	279	−

※「−」は計算時間内に避難不可能にならないことを示す。

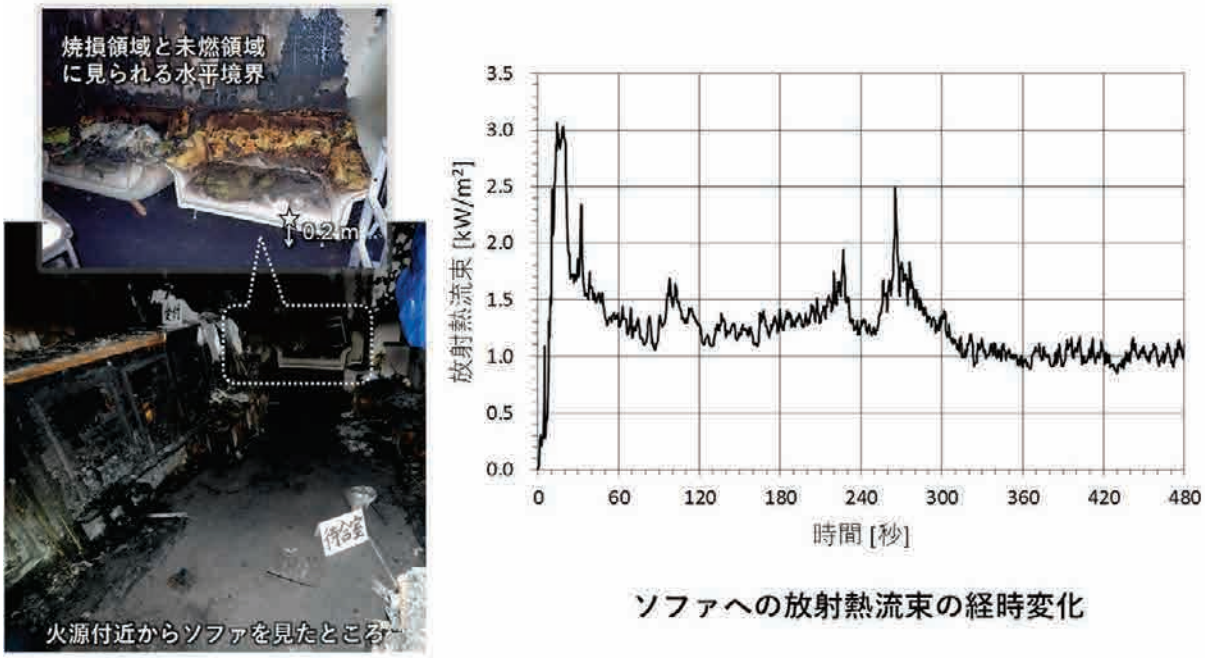


図 10　待合室に設置されたソファへの放射熱流束（★の位置）
（【写真撮影】消防研究センター 原因調査室）

程度であり（図 5）、換気口は更に 60 cm 上方にあるから 80℃より高温であることは想像できる。したがって、この程度の範囲内で火災シミュレーションの結果が妥当であることを確認することができる。仮に火災シミュレーションのガス温度が 100℃を上回っている場合には、換気口が燃焼していない事実から換気口近傍のガス温度が着火温度以下であることを更に確認する必要がある。

4.　おわりに

大阪市北区ビル火災に関連した火災シミュレーションについて、技術的側面から内容を解説した。おわりに、火災シミュレーションを実施する上で留意している点を 2 つ紹介したい。

使用している FDS には多くのパラメータがある上に、バージョンアップする度に新たな機能の

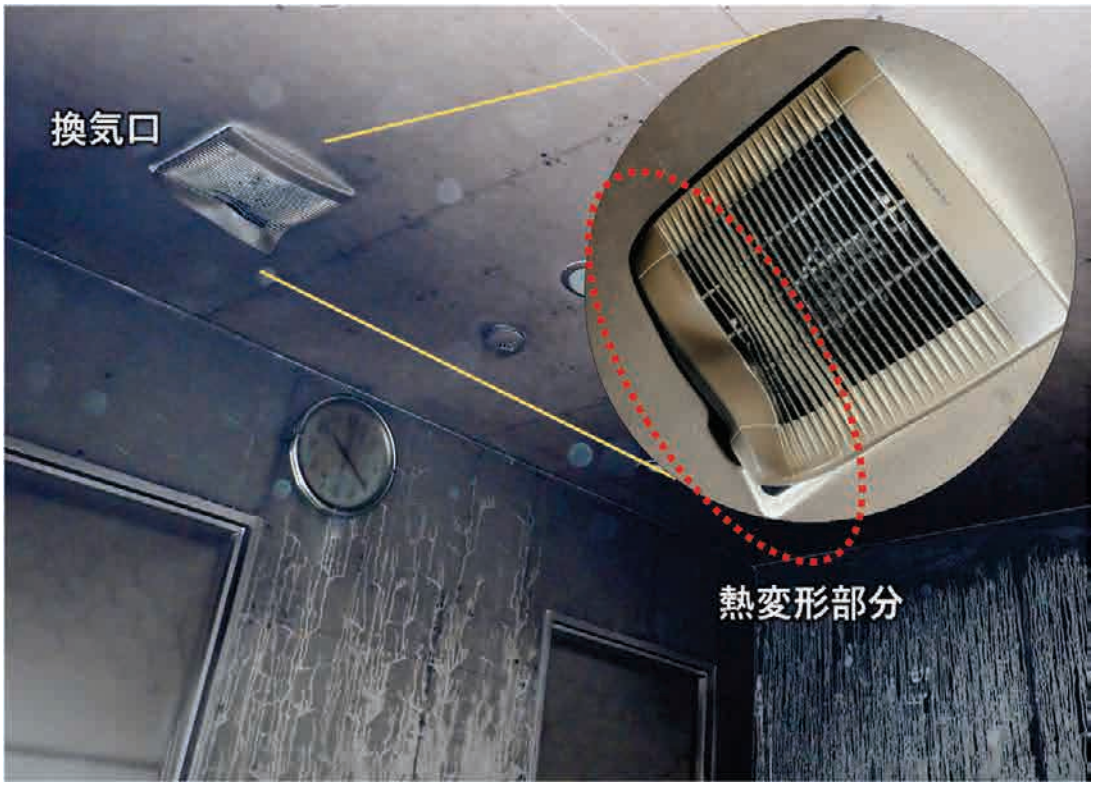


図 11　診察室の天井に設置されている熱変形した換気口
（【写真撮影】消防研究センター 原因調査室）

追加やモデルの精緻化が行われるため、全てを十分理解し機能を使い切っている自信は無い。そのような理由もあり、ここで示した 5 つの計算ケースの結果を得るために、試行錯誤の過程で 30 ケース以上の計算を実行している。とはいっても、闇雲に種々の計算条件を変更することは必ずしも賢明な方法ではない。そこで、FDS を使用する際には他の専門家が結果を検証する際の再現性を保つことに配慮し、既定のモデルとパラメータを可能な限り使用するよう留意している。しかしながら、結果が現場見分状況を説明できない場合に限り、モデルやパラメータを調整している。

実火災を対象にした火災シミュレーション（今回の No.1）においては、火源条件、開口部の開閉条件、可燃物の配置など、計算結果に影響を及ぼす諸条件はすべて現場見分状況をもとに設定している。CFD の計算は出力結果を得るまでに多大な時間を要するため、計算条件が未確定のまま見切り発車で計算を開始しがちであるが、火災調査の結果もしくは現場見分状況から導き出された計算条件を整理した上で火災シミュレーションを実施した方が賢明である。実際、一通り計算結果を得た後に、開放とした戸が閉鎖だったことが判明し、再計算の結果が変わってしまった事例がある。

このような実務的なノウハウに関する解説の機会はなかなかなかったので、今回良い機会を得たと感じている。ここで述べた情報が、火災シミュレーションに従事される皆様、特に消防機関や警察機関において火災調査に関わる方々の実務の一助になれば幸いである。

参考文献

1) 総務省消防庁: 大阪市北区ビル火災に係る消防庁長官の火災原因調査結果報告書 令和 4 年 6 月 21 日, (2022).

2) 大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会: 大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書 令和 4 年 6 月, (2022).

3) Kevin McGrattan, *et al*.: Fire Dynamics Simulator User's Guide, National Institute of Standards and Technology, NIST Special Publication 1019 Sixth Edition (2023). DOI: http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019.

4) Kevin McGrattan, *et al*.: Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide, Volume 1: Mathematical Model, National Institute of Standards and Technology, NIST Special Publication 1018-1 Sixth Edition (2023). DOI: http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1018.

5) Arthur E. Cote, *et al*.: FIRE PROTECTION HANDBOOK, National Fire Protection Association, Twentieth Edition, Volume I (2008), p.6-280.

6) Philip J. DiNenno, *et al*.: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, National Fire Protection Association, Society of Fire Protection Engineers, Fourth Edition, (2008), p.3-166.

7) ISO 13571:2012, Life-threatening components of fire — Guidelines for the estimation of time to compromised tenability in fires, (2012).

8) 例えば、デンカ（株）: デンカ ABS・グレード物性表, https://www.denka.co.jp/product/detail_00011/（最終アクセス日：2023 年 8 月 1 日）.

身近な引火性液体の燃焼性状と消火

消防研究センター　尾川義雄

1.　はじめに

危険物第 4 類に分類される引火性液体は、その混合気に引火すると燃焼に伴い熱と光，燃焼ガスを放出する。これらは、熱、光、動力といったエネルギー源、そして溶剤や合成材料などに用いられており生活に欠くことができないものである。

一方、引火性液体は漏えい、散布の後に引火した場合、急激な燃焼を引き起こすことになる。確実に燃焼を起こすことができて持ち運びが容易であるため、放火を意図した助燃剤として用いられることもある。良く知られている内容だと思うが、理解を深める一助として、改めて身近な引火性液体の性質、燃焼性状、および消火について紹介する。

2.　燃料の性質

2.1　身近な引火性液体

身近な引火性液体としては自動車の燃料として用いられるガソリンと軽油、暖房器具に用いる灯油、飲用および消毒用のエタノールなどがある。この他に燃焼実験の燃料として用いるヘプタン、メタノールは、火災に関係する技術者から見ると身近な引火性液体と言える。ここで挙げた引火性液体は消防法で規定される危険物第 4 類に該当するものである。

2.2　引火点

引火性液体は、引火する温度（引火点）によって危険性を区分している。各々の引火点については図 1 に記載のとおり。ガソリン、ヘプタンは氷点下でも引火する。一方、灯油は室温では引火せず液体の温度が約 40 ℃以上になると引火しやすくなる。引火点が室温より低い液体は、引火しやすいため火の取り扱いに十分注意が必要である。

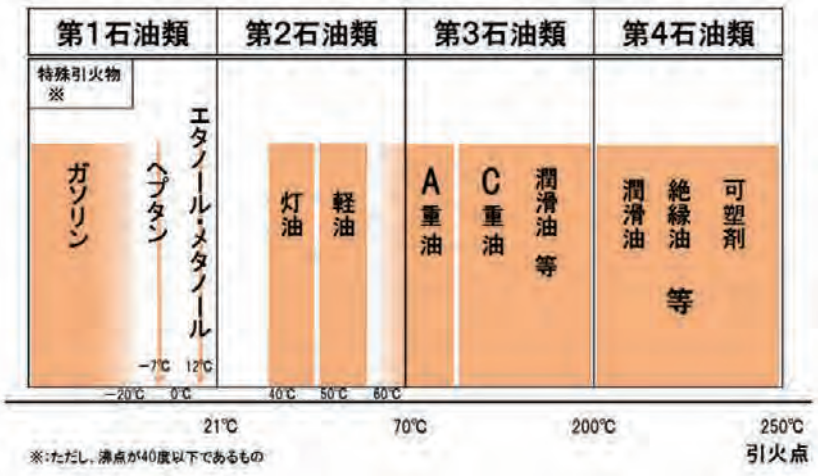
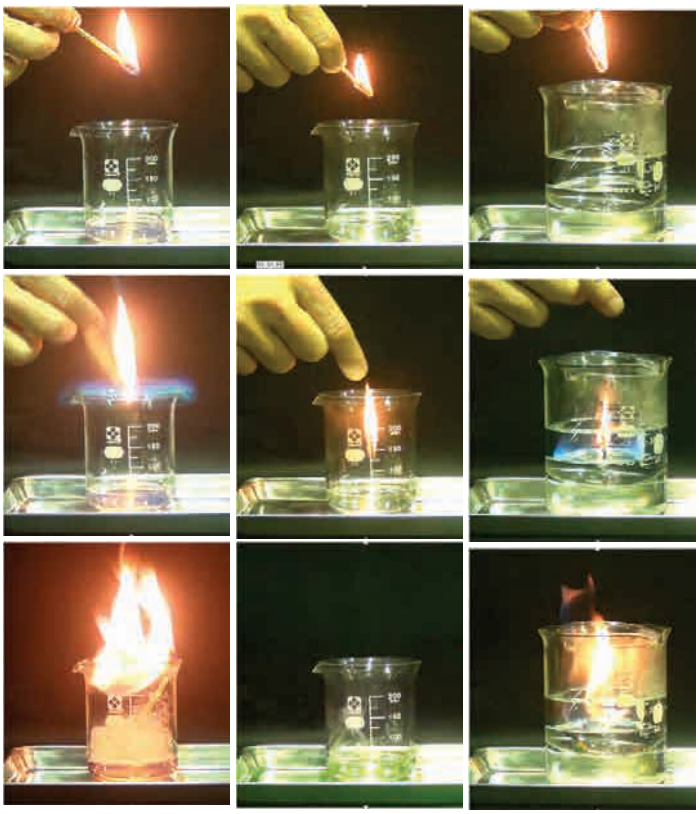


図 1　引火性液体の引火点



ガソリン　　灯油（室温）　　灯油（液温 40 ℃以上）

図２　引火性液体に火のついたマッチを投入した状態

2.3　水溶性

水を加えた引火性液体が、水と分離して混ざり合わなければ非水溶性、混ざれば水溶性と区分される。ガソリン、灯油、軽油、ヘプタンは非水溶性、エタノール、メタノールは水溶性である。消火に水を使った場合、非水溶性の引火性液体は水の上に浮く状態となり、水を注いでも燃えている非水溶性液体を閉じ込めることはできない。一方、エタノールに水を加えると任意の割合でよく混ざる。水溶性の引火性液体の場合、水が加わって薄まることで液体から生じる可燃性蒸気が減り、燃えにくくなる。このため、同様の引火点を持つ液体の場合、水溶性液体は非水溶性液体に比べて危険性が低く区分されている。

図３　引火性液体に着色した水を加えて混ぜた状態
（左：非水溶性液体、右：水溶性液体）

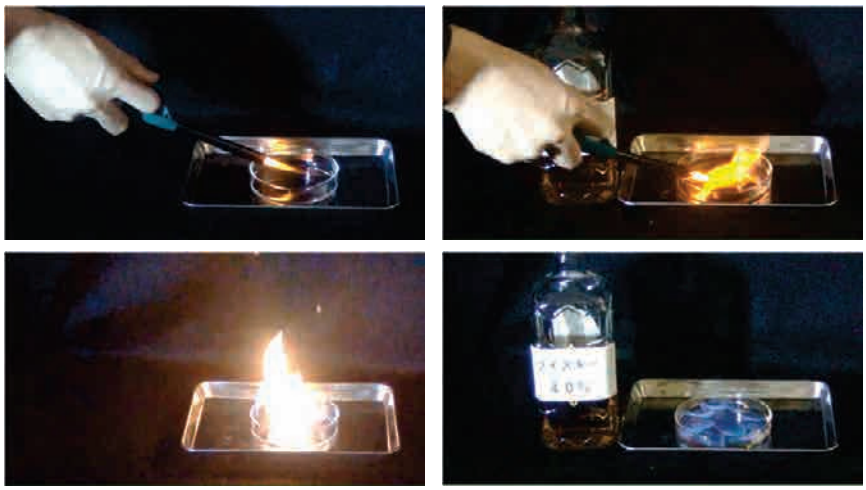


図４　エタノール濃度と引火後の火炎（左：エタノール濃度 99.5 %、右：40 %）

2.4　燃焼状況

燃焼中の火炎の色は、ガソリン、灯油、ヘプタンは黄色く明るい色をしている。ガソリンは煤が多く発生する。灯油は液温が引火点以上である場合に燃焼するが、引火直後の火炎は小さく、時間経過して火炎の熱で液温が上昇すると火勢が増し火炎高さが高くなる。エタノールは黄色い火炎で、ガソリン、灯油に比べて明るくはない。エタノールの火炎は青色であると認識されることがあるが、それは水で希釈された状態の燃焼であり、水が加えられていないエタノールは黄色の火炎に青色が多少混ざるくらいである。メタノールは非常に淡い青い炎であり、周囲が明るければ視認することが難しい場合もある。なお、この見えづらい火炎はメタノールが単独で燃焼している場合であり、他の可燃物が燃焼していると視認性が良くなる。

図５　各種引火性液体の火炎の状態

火炎の高さ（長さ）は、可燃性ガスの生成量、燃料に必要な空気量等に影響を受ける。引火性液体の種類による違いはもちろんだが、液体の温まり方、周囲の空気の状況にも影響を受ける。引火直後の火炎高さに比べて液体の温度が上昇すると、可燃性蒸気の生成が増えて火炎は長くなる。開放された空間であれば、燃焼に必要な空気（酸素）は十分に供給されるが、空気の供給が

不十分であったり酸素濃度が低下したりする場合は、可燃性蒸気の燃焼が緩慢になり火炎は長くなる傾向がある。

2.5　引火性液体火炎の消火

引火性液体のみが燃焼している場合、火炎の規模が小さくて接近可能ならば消火器による初期消火は効果的だが、規模が大きくなると消火器による消火は難しくなる。

消防隊による消火活動は主に水を使った消火方法が用いられる。棒状放水、噴霧放水、そして水に泡消火薬剤を混ぜて泡を放射する消火方法が選択できる。

非水溶性の引火性液体の燃焼に対する棒状放水は消火が難しい。放水された水は液面に衝突するが、非水溶性液体と水は混ざらないため、燃えている液体を冷却する効果は限定的となる。また、放水により火のついた液体が飛び散り、燃焼する面積が拡大する恐れもある。

噴霧放水により水が散布される範囲では火勢が抑えられる。完全な消火には、燃焼している面積全体を覆うことが必要である。拡がって燃えている引火性液体を一気に覆うことができれば消火できる可能性がある。消火が達成されても、液体が引火点より高ければ可燃性蒸気の発生が継続する。火炎が完全に消滅していない場合または消火しても周囲に発火源が存在していた場合、爆発的な燃焼が起こる恐れがある。

泡による消火は液体表面を覆って燃焼を抑制する。泡で覆われた範囲の火炎は消滅し、全体が被覆されれば消火が期待できる。消火後は泡の後片付けの対応が必要となる場合がある。

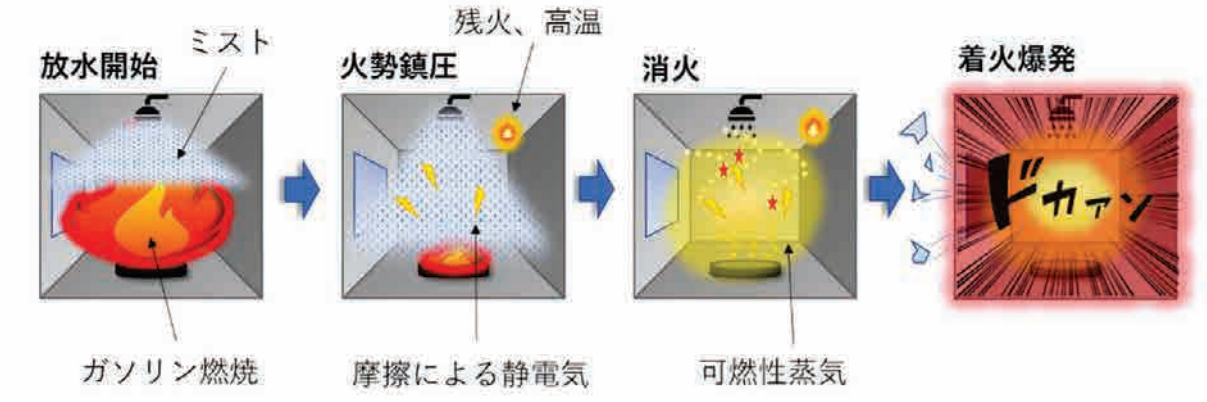


図６　水噴霧による火勢制圧後に生じる爆発的な燃焼のイメージ

水溶性の引火性液体の火災の消火に水を使用した場合、引火性液体が希釈されて燃焼しにくくなる効果が加わる。エタノールの引火点は室温より低い 12 ℃だが、水が加わって薄まると引火性液体から発生する可燃性蒸気が少なくなるため、燃えにくくなる。

一方、泡による消火はその種類によって難しくなる可能性がある。水溶性の引火性液体は水との親和性が良く、消火用の泡の水分を吸収するため泡が潰れやすくなる。泡消火薬剤の中にはアルコール火災用と呼ばれる泡が潰れにくく水分吸収に耐えるものがある。これは、アルコール等の水溶性液体の消火に有効である。

灯油　　エタノール

図７　引火性液体の入ったビーカーに手洗い用泡石鹸の泡を投入した状態

引火性液体の燃焼には酸素（空気）が必要であるので、酸素の供給を遮断できれば消火することができる。卓上実験ではガラスビーカーにガラス製の時計皿を載せることで達成できるが、実際の火災では周囲に酸素は豊富に存在するので酸素を遮断する方法で消火を実現することは難しい。

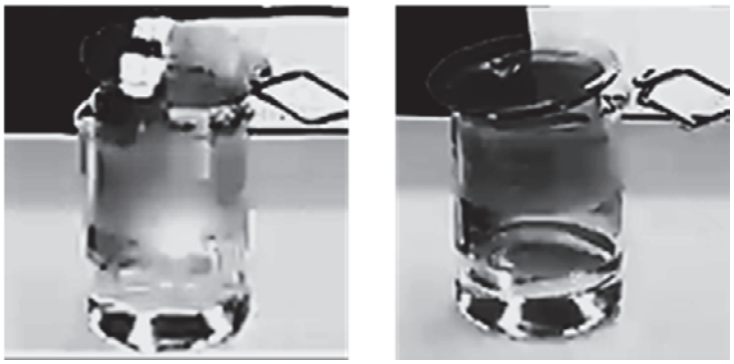


図８　時計皿を使った窒息消火の状況

3.　燃焼時の環境の違い

引火性液体の燃焼状況は周囲の環境により変化する。火災時は引火性液体の燃焼だけではなく、周囲の可燃物に延焼し火災が拡大する場合があり、火災現場における状況把握と火災の進展状況の想定は大切である。

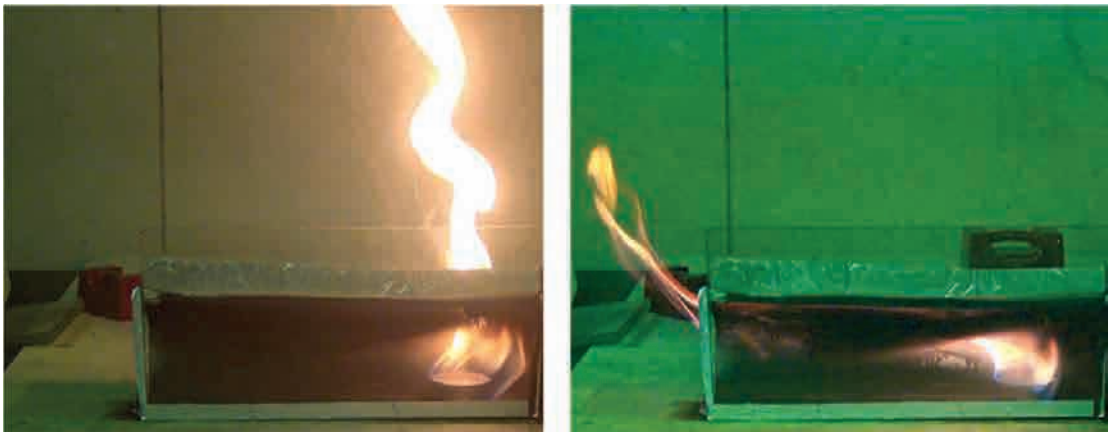
3.1　開放された空間での燃焼

上方および周囲が開放された空間における引火性液体の火皿燃焼で火炎高さがどれくらいになるか、燃料の種類と火皿サイズに応じた情報を文献から得ることができる[1)]。例えば、ガソリンが直径 1 m の円形火皿で燃焼すると火炎高さは直径の 2.5 倍の 2.5 m になることが見込まれる。

図 9　開放された空間でのヘプタン火皿の燃焼（面積 0.8 m^2 の方形）

3.2　区画内での燃焼

開放された空間で直径 1 m のガソリン火炎が高さ 2.5 m まで伸びるとすると、天井高さが 2.3 m の区画内では火炎は天井にぶつかった後、天井に沿って水平方向に進むことになる。また、区画の形状、開口部の有無と位置によって火炎の拡がりも異なる。例えば、コンテナのように横長の空間で開口部が一つの場合は、開口部の下部から新鮮空気が供給され、燃焼後の火炎と熱気流が開口部の上部から外部に排出される。天井にぶつかった後の水平方向の火炎長さと天井高さを足したものが開放空間での火炎高さと単純に一致するものではない。



上部に開口部がある場合　　上部に開口部がない場合

図 10　開封した 1 リットル牛乳パックと同じ大きさの空間内で
直径 37 mm の n-ヘプタン火皿を燃焼させた状態

図 11　長さ 12 m のコンテナ区画内で 1.6 m^2 のヘプタン火皿を燃焼
（開口部は手前側のみ）

3.3　引火性液体の散布状況と燃焼

ガソリン等の引火性液体が散布された場合、燃焼時の発熱速度は散布面積に応じて大きくなる。ガソリンの発熱速度は 2.2 MW/m^2 であり [2)]、その単位が面積当たりで表記されることからもわかる。散布面積が同じでより多くの液体を散布した場合、発熱速度は変わらず燃焼継続時間が長くなる。

散布される引火性液体の総量が一定だとすると、燃焼面積が大きくなると燃焼時間は短くなる。

具体的にガソリンが散布されて引火した場合を想定すると、散布面積によって燃焼継続時間は次のようになる。

・2 m^2 に 10 L が拡がって着火した場合　→約 60 秒間の燃焼
・5 m^2 に 10 L が拡がって着火した場合　→約 25 秒間の燃焼

散布されたガソリンの火災成長は一般の可燃物の燃焼による火災に比べて極めて速い。散布面積が大きい場合は、ガソリンそのものの燃焼は短時間で終了し、一旦発熱速度が下がるが、周囲に可燃物が存在すればガソリンの燃焼により高温にさらされるため、引き続き可燃物の激しい燃焼が起こる可能性がある。この場合、引火性液体ではなく周辺の可燃物の火災に適した消火方法が必要になる。

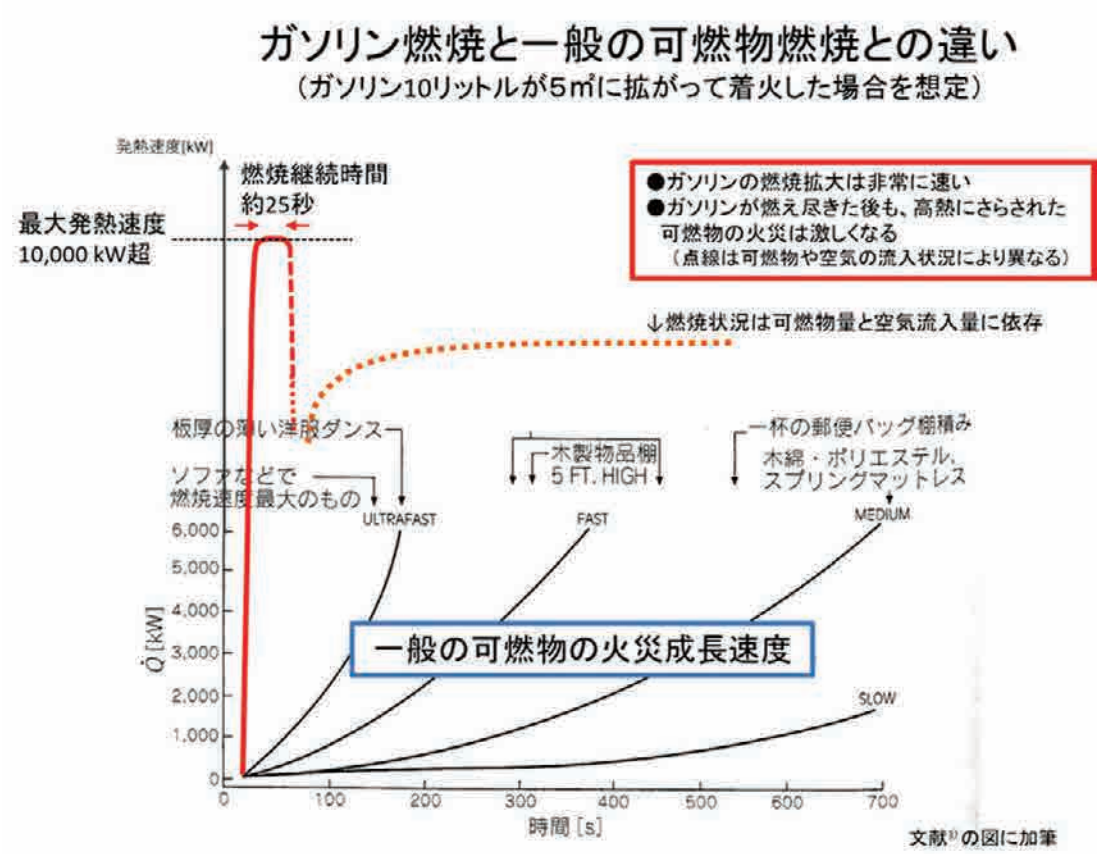


図 12　ガソリン燃焼と一般の可燃物燃焼との違い

4.　おわりに

ガソリン、エタノールといった身近な引火性液体について実験例を示しながらその性質、燃焼性状、消火について紹介した。燃焼時の環境によって火災の性状は変化し、さらに放火の場合は引火性液体の燃焼から周辺の可燃物の燃焼に移行する可能性があることから、適切な対応には状況把握とともに火災の進展について想定しておくことが役立つと考える。

参考文献

1) 安全工学協会　編，火災，p.70，海文堂，1983
2) James G. Quintiere 著，大宮喜文，若月薫　訳，基礎　火災現象原論，p.106，共立出版，2009
3) 同上, p.108

謝辞

図 5、7、8 の写真は消防大学校危険物科の講義資料から提供いただきました。記して謝意を表します。

建物内に散布したガソリンの蒸発拡散挙動予測

科学警察研究所　岡本勝弘

1.　はじめに

自動車の燃料であるガソリンは，燃えやすく，運搬しやすく，入手が容易で，安価であるという性質があるため，放火事件における燃焼促進剤にしばしば使用される。ガソリンの揮発性は高く，ガソリン液面からは大量のガソリン蒸気が発生するが，発生した蒸気は空気と混合して，周囲に可燃性混合気を形成し，時間の経過につれて，ガソリン蒸気の発生量が増加するとともに，液面から離れた箇所に蒸気は拡散するため，床面にガソリンを散布した場合には，高い位置にまで着火する危険性が生じることになる。このため，放火事件が発生した場合には，犯罪事実を立証するために，ガソリンの使用量，ガソリンへの点火具や点火位置といった犯行態様，着火後に発生する具体的な火災危険性を明らかにする必要がある。一方で，ガソリンは多成分系の液体燃料であることから，蒸発の進行により成分組成が変化し，可燃性ガスと空気の 2 成分系での拡散現象に比べて複雑な挙動を示すことから，正確な蒸発拡散挙動の予測は困難である。このような背景を受けて，科学警察研究所では，これまでに，ガソリンが室内に散布された種々の条件における高さ方向のガソリン一次元拡散現象のシミュレーションツールを開発している [1)]。

本講演会では，ガソリンの火災危険性を解説するとともに，建物内に散布したガソリンの蒸発拡散現象のモデル化手法及び開発したシミュレーションツールについて紹介する。

2.　ガソリンの火災危険性

2.1　ガソリンの火災危険性の特徴

ガソリンは，他の石油系液体燃料と比べて大きく異なる 3 つの特徴的な火崎危険性を示す。

第 1 に，ガソリンは引火性が極めて高いという点である。ガソリンは，火気の存在があれば容易に着火する性質があることから，放火を企図した犯人がガソリンを散布した場合には，たとえ着火する意思がなかったとしても，電気設備で発生する電気火花や静電気帯電に起因する火花放電といった微小な着火源でも着火する可能性が生じる。

2 点目として，非常に燃えやすい点が挙げられる。ガソリンは，他の石油系液体燃料に比べて沸点が低い成分で構成されているために燃焼速度が高くなり，500 mL 程度の少量のガソリン燃焼であっても，天井に到達するような大きな火炎が形成され，建物への延焼可能性が高くなる。

最後 3 点目として，ガソリンは揮発性が高く，発生したガソリン蒸気が拡散し，周囲に可燃性混合気を形成する特徴がある。このため，ガソリンが放火を目的に床面に散布された場合には，ガソリン燃焼による火災危険性だけでなく，蒸発したガソリン蒸気に起因する火災危険性についても考慮しなければならない。発生したガソリン蒸気は，流動拡散して空気と混合することによって，周囲に可燃性混合気を形成する。この可燃性混合気が室内など閉囲空間で燃焼した場合には，圧力上昇による破壊を伴う爆燃の危険性が生じることとなる。

2.2　ガソリン蒸気の拡散特性

床面に散布したガソリンからは，ガソリン蒸気が急速に発生する。ガソリン蒸気の密度は空気の 3～4 倍であり，空気よりもかなり重いために，発生したガソリン蒸気は床面全体に急速に広がり，低い位置に滞留する性質がある。一方で，床面に傾斜や溝がある場合には，ガソリン蒸気と空気との密度差によって密度流が発生し，速やかに低い方へ流れる性質がある。このため，ガソリンを散布箇所から離れた不測の箇所において着火可能性が生じることに留意しなければならない。散布直後には，床面など低い位置に滞留するガソリン蒸気であるが，その場に留まり続けるわけではなく，時間経過とともに，濃度が高い床面から濃度が低い上方へ向かって，濃度差により徐々に拡散する性質がある。この拡散挙動の働きにより，高さ方向に蒸気濃度分布が生じることになり，高い位置でも着火する可能性が生じることになる。

3.　ガソリンの蒸発拡散現象のモデル化

ガソリン蒸気と空気の密度差によるガソリン蒸気の床面への拡がりは，濃度差による上方へのガソリン蒸気拡散に比べて十分に速いことから，散布ガソリンから発生したガソリン蒸気は，室内の床面全体に直ちに拡がり，その後，高さ方向の濃度勾配に比例して徐々に上方に拡散すると仮定し，ガソリン蒸気拡散現象を高さ方向の一次元の拡散現象にモデル化した。また，ガソリン蒸気を一定の拡散係数を有する単一成分と仮定することによって，ガソリン蒸気の拡散現象をガソリン蒸気と空気の 2 成分系の拡散現象にモデル化した。

ガソリンを床面に散布した条件では，高さ方向に負のガソリン蒸気濃度勾配を有することから，ガソリン蒸気拡散流束が発生するが，この場合の拡散流束 J [m^3/ m^{2}s]は，拡散係数 D [m^2/s]を比例定数として，高さ方向の濃度勾配と比例する式（拡散方程式）で表される。ガソリン蒸気の拡散挙動を数値解析するために，拡散領域を高さ方向にΔt の大きさに分割（離散化）し，微小時間Δtにおける濃度変化ΔC [%]について考えると（図 1），分割した領域間の拡散流束は濃度勾配に比例することから，拡散係数と隣り合う領域の濃度差を用いて，(1) 式のように表される。

$$J_{z,t} = -D\frac{\Delta C/100}{\Delta z} = -D\frac{(C_{z+\Delta z,t} - C_{z,t})/100}{\Delta z}$$

式（1）

ここで，C はガソリン蒸気濃度[%]である。

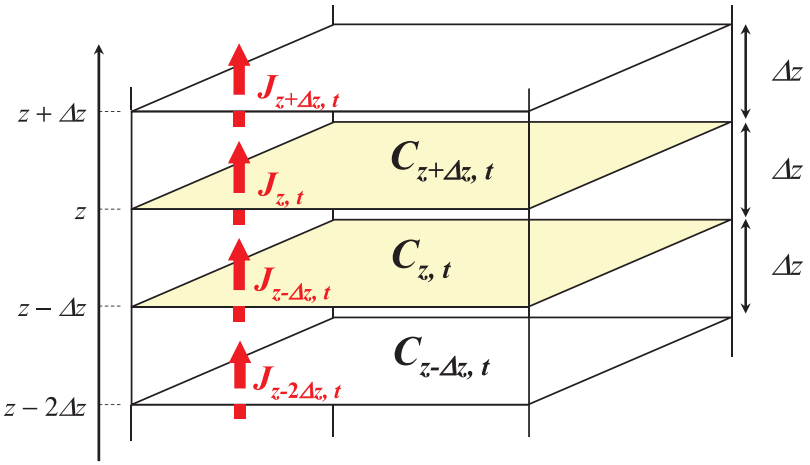


図 1　解析領域の分割（離散化）

高さ z の領域内の物質収支を取ることによって，微小時間 Δt における濃度変化 ΔC は，下面から入る拡散流束 $J_{z\text{-}\Delta z,t}$ と上面から出る拡散流束 $J_{z,t}$ の差を用いて，（2）式のように表される。

$$\Delta C_{z,t} = -\frac{\left(J_{z,t} - J_{z-\Delta z,t}\right)}{\Delta z}\Delta t \times 100$$

式（2）

（2）式に（1）式を代入することによって，微小時間 Δt における濃度変化 ΔC は，上下に隣接する 2 つの領域の濃度を用いて，（3）式に示すように表される。

$$\Delta C_{z,t} = \left(C_{z-\Delta z,t} - 2C_{z,t} + C_{z+\Delta z,t}\right)\Delta t/\Delta z^2$$

式（3）

床面（$z = \Delta z$）でのガソリン蒸発量 $\Delta V_{\text{evap.}}$ [m^3]については，飽和蒸気圧濃度 $C_{s,t}$ 及び物質移動係数 k [m/s]を用いて設定し，発生したガソリン蒸気は床面領域内に直ちに拡散して均一化すると仮定した。さらに，床面領域に広がったガソリン蒸気は，濃度勾配に基づき上方拡散すると考え，蒸発量と上方拡散量 $\Delta V_{\text{diff.}}$ [m^3]の差によって，床面領域のガソリン蒸発濃度変化 $\Delta C_{\Delta z,t}$ を式（4）で表した。

$$\Delta C_{\Delta z,t} = \frac{(\Delta V_{\text{evap.}} - \Delta V_{\text{diff.}})}{S_0 \Delta z} \times 100 = \left\{kS_1(C_{s,t} - C_{\Delta z,t}) - \frac{D(C_{\Delta z,t} - C_{2\Delta z,t})S_0}{\Delta z}\right\} \times \frac{\Delta t}{S_0 \Delta z}$$

式（4）

ここで，S_0 は床面積[m^2]，S_1 はガソリン散布面積[m^2]である。

時間 $t = 0$ において全領域で $C = 0$（初期条件），式（4）を境界条件として，（3）式を用いて Δt 秒後の濃度変化を繰り返し計算することにより，ガソリン蒸気の拡散挙動を計算できる。

提唱したモデル化手法については，円筒容器内にガソリンを散布した場合（液厚 : 1 mm, 3 mm, 10 mm）におけるガソリン蒸気濃度の測定結果（高さ 10 cm～50 cm）やガソリン漏洩時における着火可能性発現時間の測定結果等と比較することによって，その妥当性が検証されている。

4. ガソリン蒸発拡散シミュレーションツールの開発

近年，ガソリン散布を伴う放火が頻発していることから，ガソリン散布に起因する危険性評価が求められる機会は増えているが，前記の提唱モデルは，ガソリン散布を伴う放火事件における犯行立証やガソリン貯蔵施設等におけるガソリン漏洩事故にかかるリスクマネジメントに活用できることが期待される。一方で，当該モデルを用いたガソリン蒸発拡散挙動の計算においては，ガソリンの蒸発拡散特性に関する多くの物性値の設定が必要である。さらに，ガソリン蒸発拡散挙動の性質上，リスクマネジメント実務においては数十分から数時間にわたる長時間の解析が必要となることも多いため，計算精度を保ちつつ数値積分を行うには，相当数の繰り返し計算が求められる。

以上の背景を踏まえて，科学警察研究所では，ガソリン蒸発拡散挙動解析に有用な汎用アプリケーションとして，「散布ガソリン蒸発拡散シミュレーションツール」を開発した。本ツールは，表計算ソフト「Excel」のマクロ機能を活用して自動的に繰り返し計算を行うことによって，蒸気濃度分布を出力することを可能にしたものである。本ツールでは，散布から 2 時間までの 1cm 間隔でのガソリン蒸気濃度分布を計算する「短時間計算モード」及び散布から 24 時間までの 2cm 間隔での濃度分布を計算する「長時間計算モード」が選択可能である。

また，実際の放火事件における犯行態様は，必ずしも床面に単純にガソリンが散布されたものであるとは限らず，机や家具といった什器類の上に散布されたガソリンが蒸発拡散する条件（上方散布条件），ガソリンが入ったバケツ等の容器が放置され，その開口部から蒸発拡散する条件（容器条件），ガソリン携行缶を傾けるなどして，容器から漏洩させたガソリンが蒸発拡散する条件（漏洩条件），さらには，これらの条件が複合した条件など，実務においては様々なガソリン蒸発拡散のシチュエーションが想定される。このため，本ツールはこれらの散布条件下においても対応可能であり，ガソリン蒸発拡散に関する諸条件（気温・散布ガソリン量・散布面積・床面積・空間高さ・換気回数等）を入力し，蒸気濃度を表示する高さと時間を指定してから，計算ボタンを押すことによって，自動的に計算が開始される（図 2）。

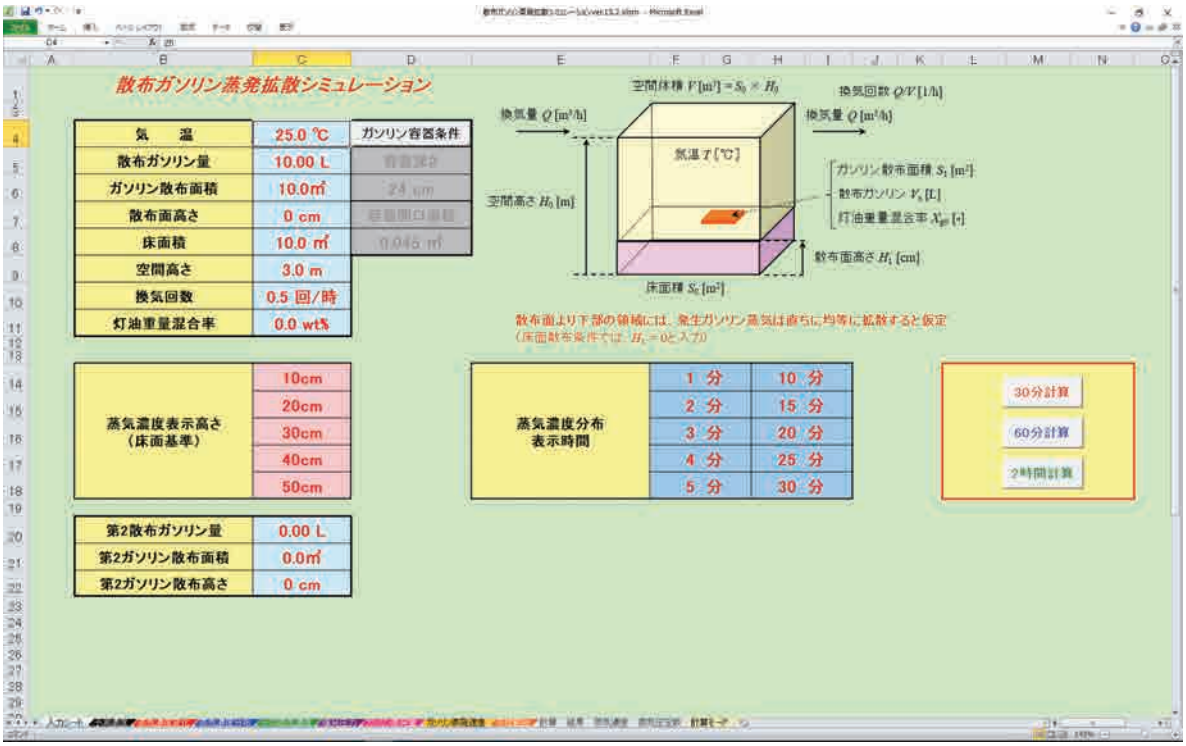


図 2　「散布ガソリン蒸発拡散シミュレーションツール ver.15.2」入力画面

5.　おわりに

紹介したガソリン蒸発拡散シミュレーションツールは，床面にガソリンが散布された放火事件における犯行態様の解明や犯行によって発生し得る具体的な火災危険性の評価への活用が可能であるが，本ツールでは，ガソリン散布面から発生したガソリン蒸気が床面に拡がる速度は，上方への拡散速度に比べて十分に大きいことから，高さ方向の一次元拡散のみを計算している。広い室内においてガソリンが散布されたケースにおいては，床面における広さ方向へのガソリン蒸気拡散を無視することができないことに留意する必要がある。本ツールに関する問い合わせは，科学警察研究所法科学第二部火災研究室まで願いたい。

参考文献

1）岡本勝弘，藤原英之，山﨑宏樹，市川俊和，岩下友安，本間正勝：ガソリン蒸発拡散シミュレーションツールの開発，日本火災学会論文集，Vol.73，No.1，pp.1-12（2023）.

2023年11月17日

「第26回消防防災研究講演会」

建物内に散布したガソリンの蒸発拡散挙動予測

岡本勝弘
（科学警察研究所）

1

はじめに

ガソリンの性質：
- 燃えやすい
- 発熱量が大きい
- 運搬が容易

➡ 放火事件の**燃焼促進剤**に使用されることがある

ガソリン散布を伴う主な放火事例

年	月	事 件
1980年	8月	東京都の発車待ちをしていたバスにバケツに入ったガソリンを投げ込み放火、5名死亡、14名重軽傷。
1999年	5月	神奈川県の麻雀店にガソリンをまいて放火、7名死亡。
2001年	5月	青森県の消費者金融にガソリンをまいて放火、5名死亡、4名負傷。
2003年	9月	愛知県の宅配会社における人質立てこもり事件。ガソリンをまいて放火、爆発・炎上し、3名死亡、41名重軽傷。
2015年	6月	神奈川県を走行中の東海道新幹線車内で発生したガソリンで焼損自殺を図った火災。自殺企図者と乗客1名が死亡。
2019年	7月	京都府のアニメーション制作会社スタジオにガソリンをまいて放火、36名死亡、35名重軽傷。
2021年	12月	大阪府のビル内心療内科クリニックにガソリンをまいて放火、27名死亡、1名負傷。

ガソリンが建物内で散布されて放火された場合には、ガソリンによる急激な燃焼拡大によって甚大な被害が想定される

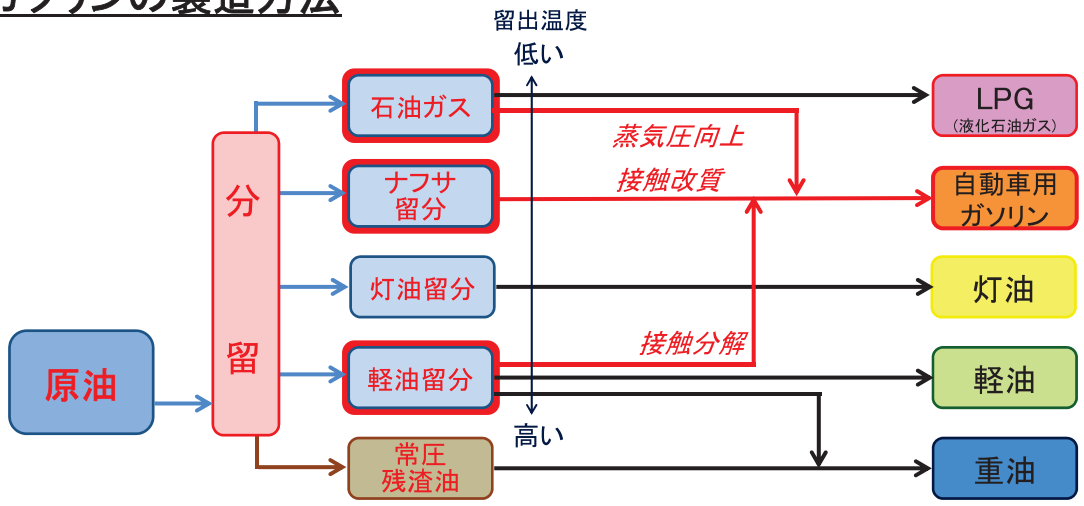
2

本日の内容

- ガソリンの火災危険性
  - ガソリンの火災危険性の特徴
  - ガソリンの蒸発速度
  - ガソリンの蒸発拡散実験
- ガソリン蒸発拡散挙動のモデル化
  - 拡散方程式
  - 境界条件
  - 提案モデルの妥当性検証
- ガソリン蒸発拡散シミュレーションツールの開発
  - 入力画面
  - 計算結果

3

ガソリンの製造方法



ガソリンの主要成分：炭素数7～9の芳香族炭化水素
炭素数4～6の飽和炭化水素

4

ガソリンの火災危険性

- **着火性が高い（引火危険性）**

  ガソリンは、エンジンの中で点火プラグのスパークで着火できるように石油ガスが添加されていることから、**裸火や静電気火花等の微小火源によって、室温で容易に着火**する。

  灯油、軽油 → 室温では、引火しない

- **燃焼速度が高い（燃焼危険性）**

  ガソリンは、他の燃料油に比べ、沸点が低い成分で構成されているので、燃焼時に火炎の熱を受けて蒸発しやすく、燃焼速度が大きい。

  → 火災時に大きな火炎を形成し、建物に延焼しやすい。

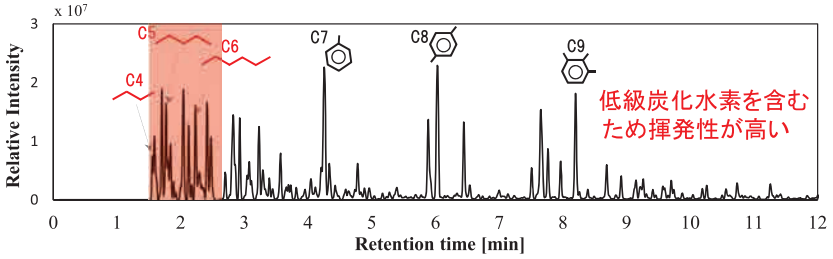
- **揮発性が高い（蒸発危険性）**

  ガソリンには石油ガスが添加されているため、ガソリンの液面からは、大量のガソリン蒸気が発生する。

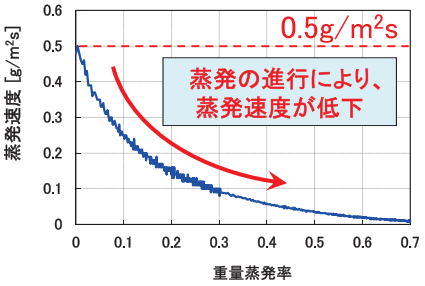
  → 液面から離れた箇所での着火や爆発的燃焼（爆燃）を引き起こす

5

ガソリンの蒸発特性



ガソリンのトータルイオンクロマトグラム（GC/MS分析）



2cm縁オイルパン散布時のガソリン蒸発速度

新品状態のガソリンからは、1平米当たり毎秒0.5gのガソリンが蒸発する

↓

150mLのガソリン蒸気が発生

6

ガソリン蒸気の拡散特性

(1) ガソリン蒸気は空気よりも重いために、低い位置に滞留する

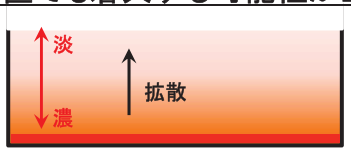
ガソリン蒸気の密度は空気の3～4倍であり、空気よりもかなり重いため、床面にガソリンを散布した場合には、発生したガソリン蒸気は床面全体に急速に拡がって、低い位置に滞留する。

(2) ガソリン蒸気は速やかに下方へ流動する

床面に傾斜や溝がある場合には、ガソリン蒸気と空気との密度差によって、ガソリン蒸気は速やかに低い箇所へ流動する。

(3) 床面のガソリン蒸気は濃度差により、上方に拡散する

低い位置に滞留するガソリン蒸気は、濃度の高い下方から濃度の低い上方に向かって、濃度差により徐々に拡散する。これにより、高さ方向に蒸気濃度分布が生じ、高い位置でも着火する可能性が生じる。



7

ガソリン蒸発拡散実験

金属製円筒容器
直径60cm，高さ100cm

赤外線式ガソリン蒸気濃度計
（理研計器製 RI-415型）
イソブタンガス校正

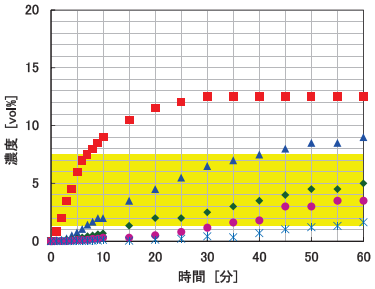
ガソリン蒸気濃度の測定
ガソリン散布からの経過時間：t
t = 1～10min（1min間隔）
10～60min（5min間隔）
T = 18～19℃

自動車用レギュラーガソリン
（液厚 d : 1, 3, 10 mm）

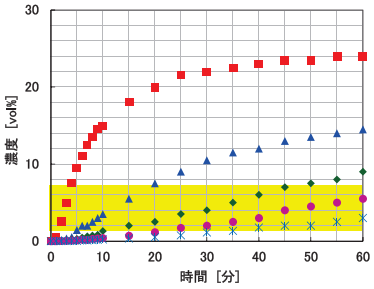
8

ガソリン蒸気濃度測定結果

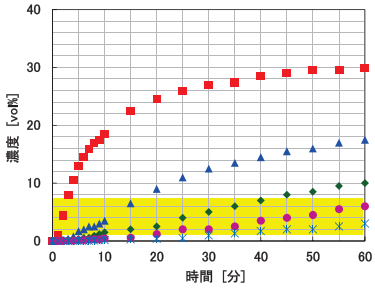
d = 1mm
（19℃）



d = 3mm
（18℃）



d = 10mm
（19℃）



- z = 10cm
- z = 20cm
- z = 30cm
- z = 40cm
- z = 50cm

ガソリン蒸気可燃範囲：
1.4vol%～7.6vol%

9

ガソリン蒸発拡散現象のモデル化

- ガソリン蒸気を一定の拡散係数 D を有する単一成分と仮定
- 空気中におけるガソリン蒸気の拡散現象をガソリン蒸気と空気の2成分系の拡散現象にモデル化

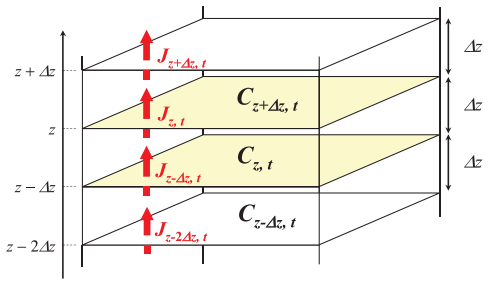
ガソリン蒸気濃度勾配に比例する上向きの拡散流束が発生する

$$J = -D\frac{\partial(C/100)}{\partial z}$$

J：ガソリン蒸気拡散流束 [m³/m²s]
D：ガソリン蒸気拡散係数 [m²/s]
C：ガソリン蒸気濃度 [vol%]
z：高さ [m]

10

解析領域の離散化



$$J_{z,t} = -D\frac{\Delta C/100}{\Delta z} = -D\frac{(C_{z+\Delta z,t} - C_{z,t})/100}{\Delta z} \quad \cdots(1)式$$

J：ガソリン蒸気拡散流束 [m³/m²s]
D：ガソリン蒸気拡散係数 [m²/s]
C：ガソリン蒸気濃度 [vol%]
z：高さ [m]

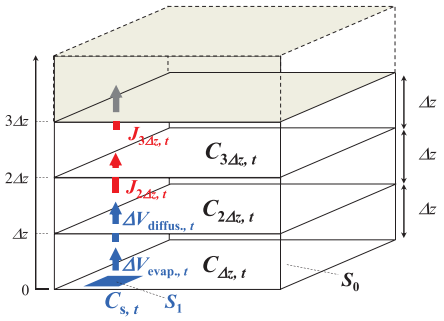
$$\Delta C_{z,t} = -\frac{(J_{z,t} - J_{z-\Delta z,t})}{\Delta z}\Delta t \times 100 \quad \cdots(2)式$$

$$\Delta C_{z,t} = (C_{z-\Delta z,t} - 2C_{z,t} + C_{z+\Delta z,t})\Delta t/\Delta z^2$$

現在の蒸気濃度分布からΔt 秒後の濃度変化を予測し、繰り返し計算（数値積分）することにより、ガソリン蒸気の拡散挙動を予測できる

11

境界条件



S_0：床面積 [m²]
S_1：散布面積 [m²]

境界条件

- ガソリン蒸発量を飽和蒸気圧濃度を用いて設定
- 空気とガソリン蒸気の密度差による密度流により、水平方向及び下方向には直ちに拡散・均一化する
- 床面領域に拡散したガソリン蒸気は、濃度勾配に基づいて、上方に拡散する

$$\Delta V_{\text{evap.}} = \frac{kS_1(C_{s,t} - C_{\Delta z,t})\Delta t}{100}$$

k：物質移動係数 [m/s]

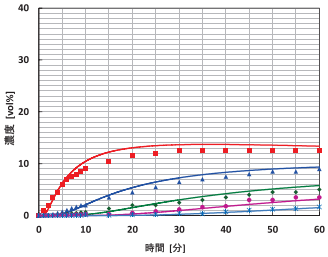
$$\Delta V_{\text{diff.}} = \frac{D\,(C_{\Delta z,t} - C_{2\Delta z,t})/100}{\Delta z}S_0\Delta t$$

$$\Delta C_{\Delta z,t} = \frac{(\Delta V_{\text{evap.}} - \Delta V_{\text{diff.}})}{S_0\Delta z} \times 100 = \left\{kS_1(C_{s,t} - C_{\Delta z,t}) - \frac{D(C_{\Delta z,t} - C_{2\Delta z,t})S_0}{\Delta z}\right\} \times \frac{\Delta t}{S_0\Delta z}$$

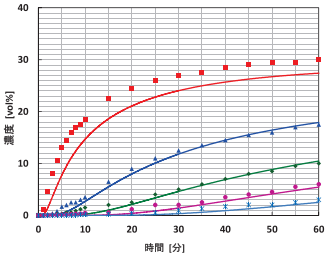
12

ガソリン蒸気濃度予測結果の妥当性検証

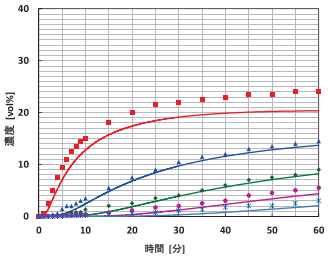
d = 1mm
（19℃）



d = 3mm
（18℃）



d = 10mm
（19℃）

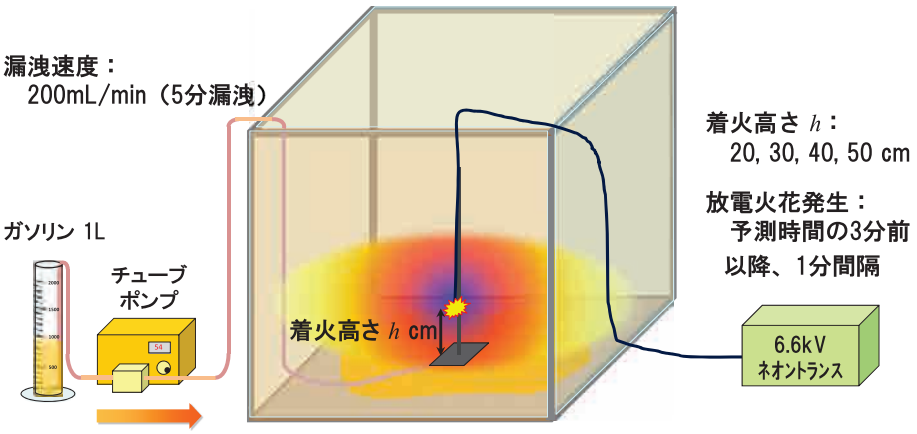


10cm（予測）　10cm（実測）
20cm（予測）　20cm（実測）
30cm（予測）　30cm（実測）
40cm（予測）　40cm（実測）
50cm（予測）　50cm（実測）

蒸発拡散モデルを用いたガソリン蒸気濃度予測の妥当性を確認

13

漏洩ガソリンから発生したガソリン蒸気に対する着火実験

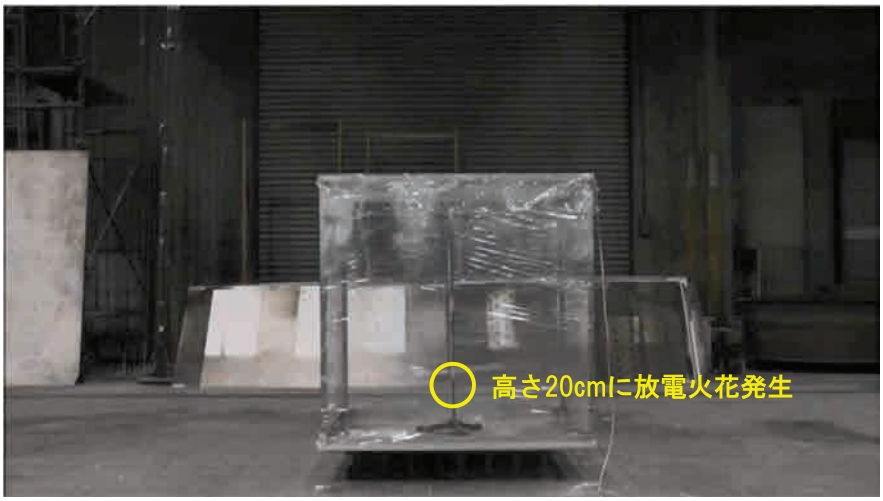


ガソリン蒸気への着火時間を計測

14

ガソリン蒸気着火実験映像

ガソリン1L漏洩（200mL/分），高さ20cm，9分後着火（25.3℃）

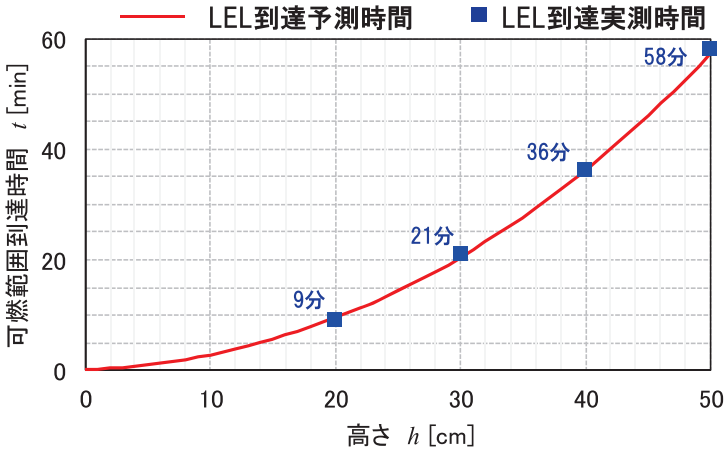


高さ20cmでは、9分後の点火動作で着火

15

可燃範囲到達時間予測結果の妥当性検証

ガソリン漏洩量1L，漏洩速度：200mL/min（25.0℃），燃焼下限界：1.4%



ガソリン蒸発拡散モデルによる着火危険性予測の妥当性が検証された

16

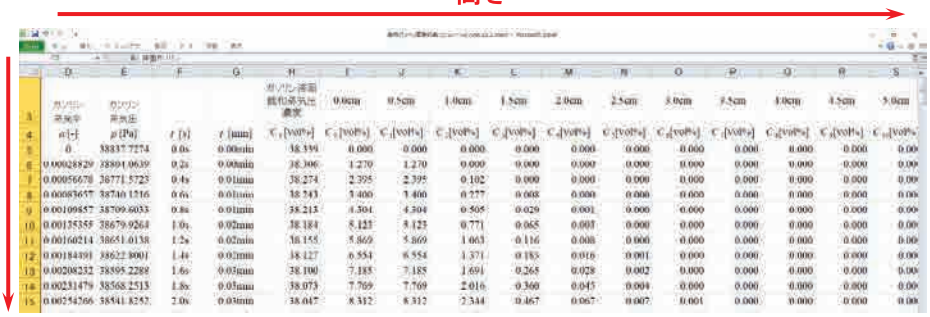
ガソリン蒸発拡散シミュレーションツールの開発

- ガソリン蒸発特性にかかる種々の変数の設定が必要
- ガソリン蒸発拡散挙動予測には長時間解析（数時間）が求められる
- 計算精度を保ちながら数値積分を行うには相当数の繰り返し計算が必要

➡ ガソリン蒸発拡散挙動解析に有用な汎用アプリケーションの開発

高さ

時間



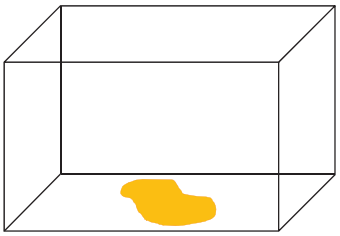
表計算ソフト「Excel」のマクロ機能を活用

17

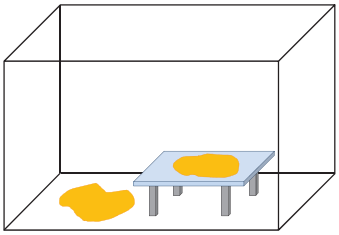
散布ガソリン蒸発拡散シミュレーション ver.15.2

18

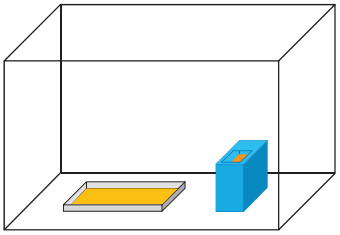
シミュレーション対象となる4つの散布条件



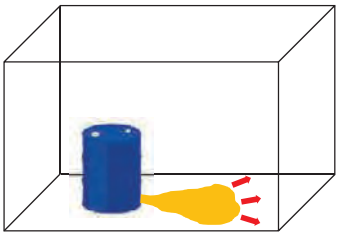
床面散布条件



上方散布条件



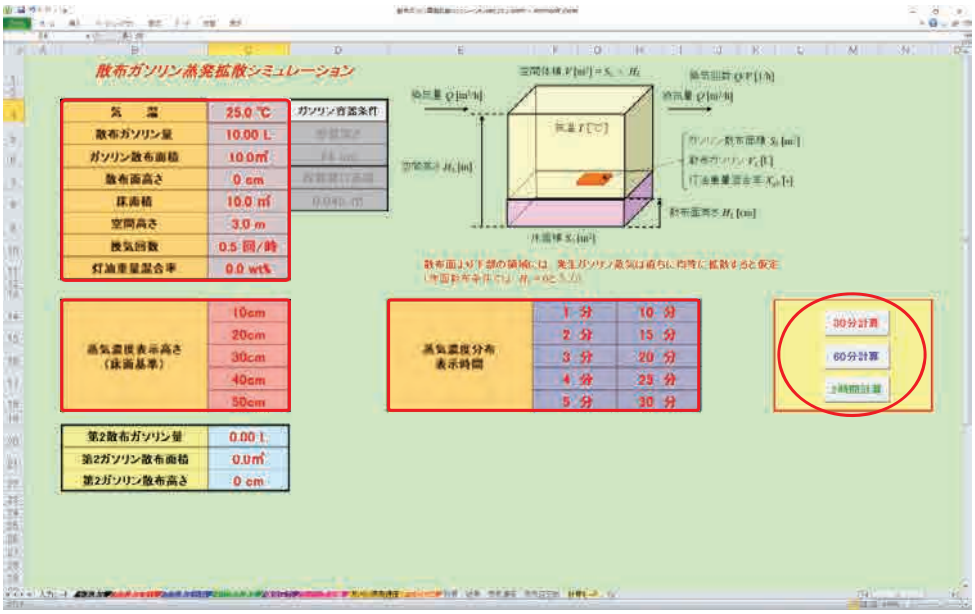
容器条件



漏洩条件

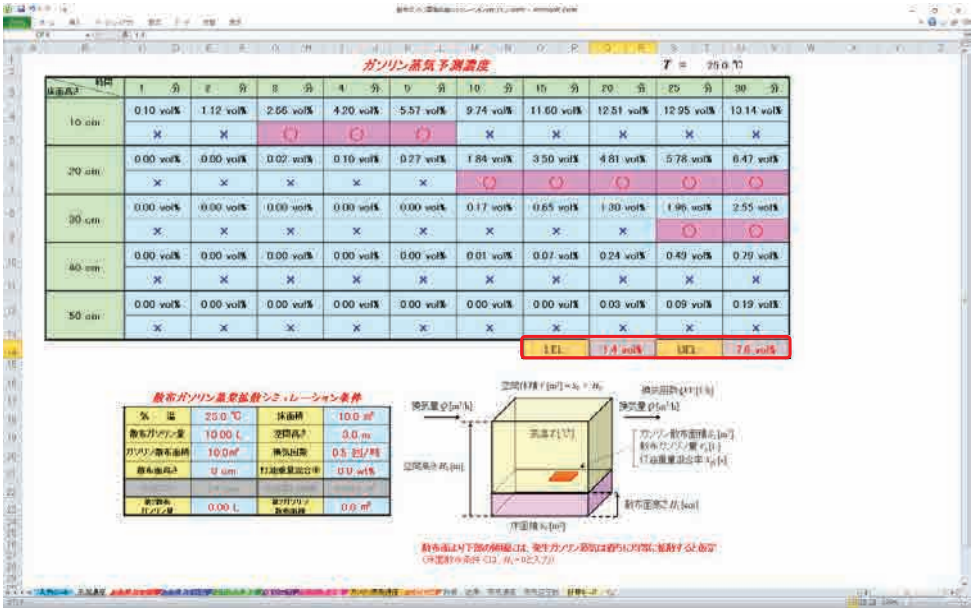
19

入力画面



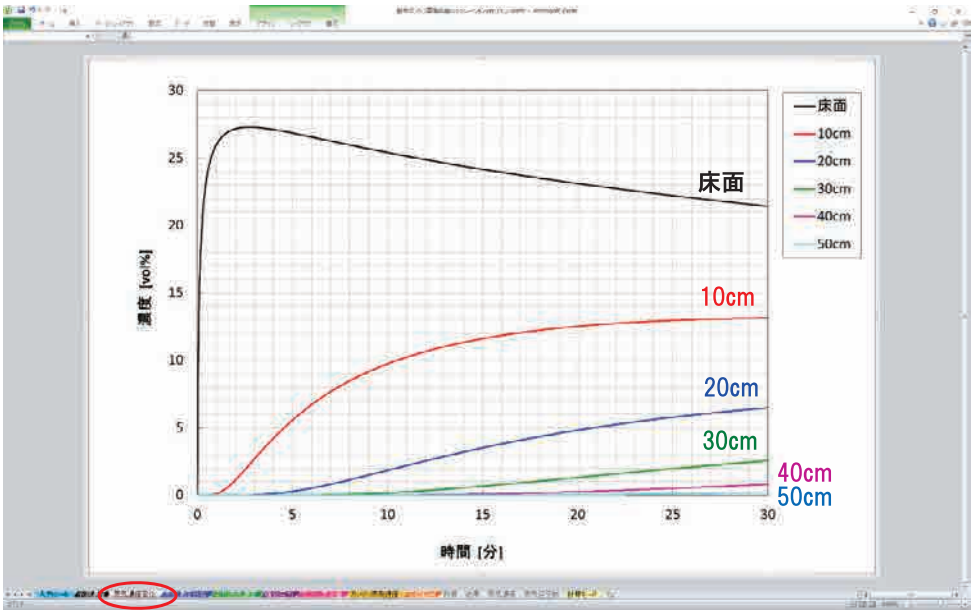
20

計算結果（時系列と濃度分布）



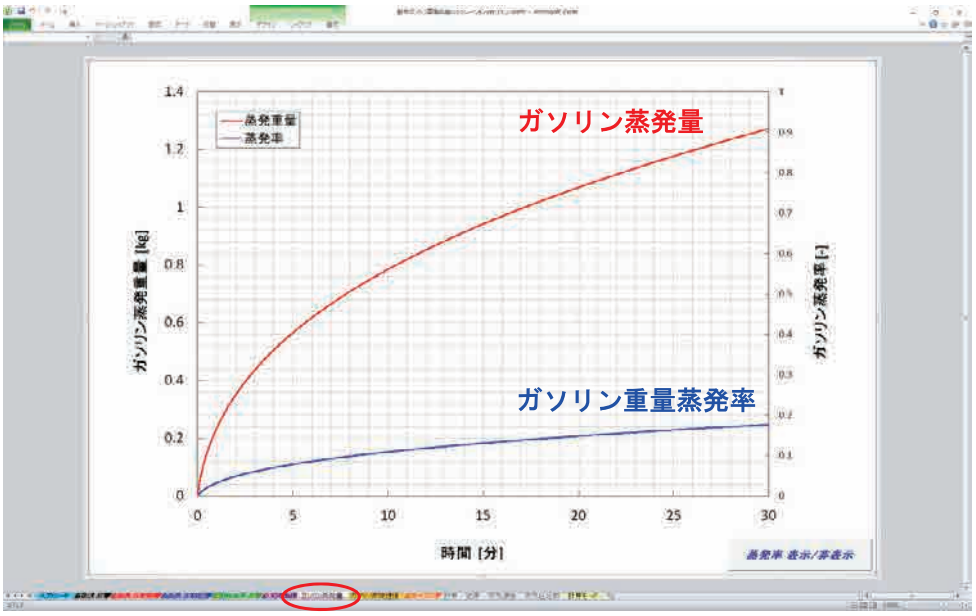
21

計算結果（ガソリン蒸気濃度の時間変化）



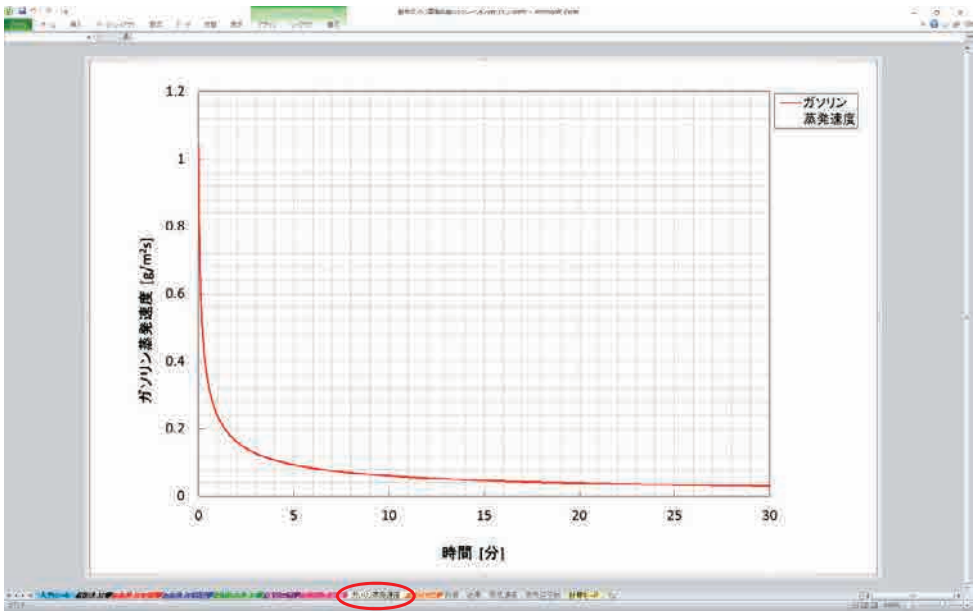
22

計算結果（蒸発量の経時変化）



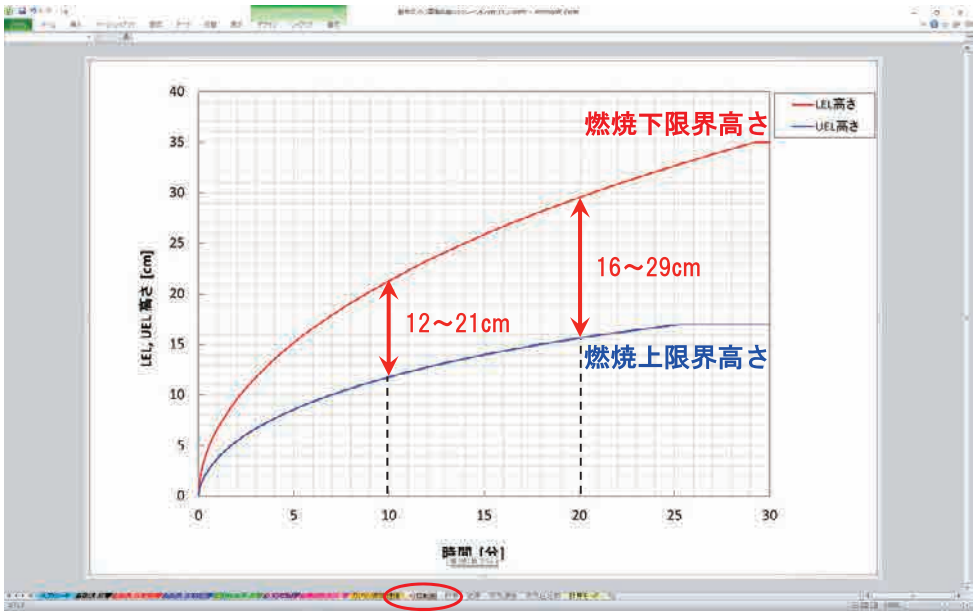
23

計算結果（蒸発速度の経時変化）



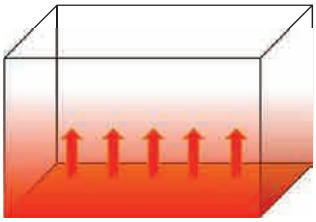
24

計算結果（可燃範囲の経時変化）

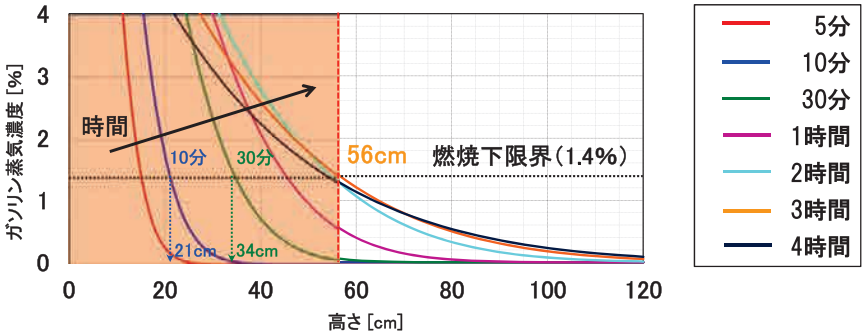


25

シミュレーションツールの活用例



条件　ｶﾞｿﾘﾝ散布量：7L
散布面積：10㎡
床面積：10㎡
換気回数：0.5回/時
気温：25℃



26

まとめ

ガソリン散布にかかる火災・爆発危険性を明らかにするためには、どれくらいの量のガソリンが蒸発したか、また、どれくらいの範囲まで可燃性混合気が形成されているかを正確に把握する必要がある。

ガソリンは工業製品であることから、製品間で飽和蒸気圧をはじめとする各種燃料特性に違いが存在するため、精度の高いガソリン蒸発拡散挙動予測を行うには、蒸気圧定数をシミュレーション対象毎に測定することが望ましい。

ガソリンの飽和蒸気圧は、製品規格により一定の範囲内に定められていることから、代表的な蒸発特性データを適用した「ガソリン蒸発拡散シミュレーションツール」を活用することによって、種々の条件におけるガソリン蒸発拡散挙動を概ね予測可能である。

本日の研究講演会で紹介したガソリンの蒸発拡散挙動予測手法が、今後の業務の参考となれば幸いである。

27

大阪市北区ビル火災を踏まえ

～二方向避難の確保をどうするか～

2023年11月17日

第 26 回消防防災研究講演会

東京理科大学火災科学研究所　教授
博士（工学）　**小　林　恭　一**

1

講演要旨

- 大阪市堂島北ビル火災と二方向避難
- 建築基準法令か消防法令で二方向避難を義務づけるべきではないか
- 建基令121条と既存遡及
- 建基令121条を強化できないか
- 避難器具で二方向避難を実現できないか
- スプリンクラー設備の設置はどうか
- 新宿雑居ビル火災と特定一階段等防火対象物
- 京アニスタジオ火災と避難階段
- 大阪個室ビデオ店火災と避難階の二方向避難
- まとめ（悪質放火火災を契機とした規制強化の考え方）

2

大阪市堂島北ビル火災

- 発生日時: 令和3年(2021) 12月 17 日
- 覚知時刻: 17 日 10 時 18 分
- 鎮圧時刻: 17 日 10 時 46 分
- 発生場所:大阪市北区曽根崎新地 堂島北ビル
- 用 途:(16)項イ(複合用途)
- 構 造:耐火造
- 階 数:地上8階建て
- 延べ面積:700 ㎡
- 被害状況

(1) 人的被害 死傷者 28 名
（うち死者 24名→25名）

(2) 建物被害 25 ㎡焼損

3

1階段で適法なのか？

- 建築基準法施行令第121条(2以上の直通階段を設ける場合)

1 建築物の避難階以外の階が次の各号のいずれかに該当する場合においては、その階から避難階又は地上に通ずる二以上の直通階段を設けなければならない。

- 四 病院若しくは診療所の用途に供する階でその階における病室の床面積の合計・・・が、・・50㎡を超えるもの
- 六 前各号に掲げる階以外の階で次のイ又はロに該当するもの

イ 6階以上の階でその階に居室を有するもの 昭和49年1月施行

(第一号から第四号までに掲げる用途に供する階以外の階で、その階の居室の床面積の合計が100㎡を超えず、かつ、その階に避難上有効なバルコニー、屋外通路その他これらに類するもの及びその階から避難階又は地上に通ずる直通階段で第123条第2項又は第3項の規定に適合するものが設けられているものを除く。)

屋外避難階段・特別避難階段

ロ 5階以下の階でその階における居室の床面積の合計が避難階の直上階にあつては200㎡を、その他の階にあつては100㎡を超えるもの

2 主要構造部が準耐火構造であるか、又は不燃材料で造られている建築物について前項の規定を適用する場合には、同項中「50㎡」とあるのは「100㎡」・・とする。

◎当該ビルは昭和45年に建設されたものであり、121条1項6号の規定の適用を受けない→違反ではない→既存不適格建築物

二方向避難の確保を義務付けるべきではないか？

- 既存不適格は甘いので、建築基準法も遡及適用したらどうか
- 居室のある6階以上の階に義務付けられている二方向避難の基準を、3階以上などと拡大したらどうか
- 避難器具の設置基準を二方向避難が確保できるように強化したらどうか
- スプリンクラー設備の設置を義務付けたらどうか

・悪質放火によるガソリンの急激な燃焼火災は「通常の火災」なのか
・防火法令は、「通常の火災」を想定して組み立てられて来た
・この火災によってあぶり出された問題点のうち、「通常の火災」にも当てはまる部分があれば防火法令の問題として対応すべき
・「通常の火災」を超えた火災に対する対策を防火法令で行うべきではない

5

建築基準法の遡及適用は？

- 既存建築物の構造の改善は困難。建て替えるしかなくなる。
- 千日デパートビル火災と大洋デパート火災が相次いだ後、この「既存遡及」が大きな議論
- 消防用設備等は、特定防火対象物に限って既存遡及する制度　昭和49年（1974）6月
- 同じ国会に提出された同趣旨の建築基準法改正案は否決
- その後何回か国会で異例の継続審議が行われたが、結局遡及適用条項は削除されて可決　（昭和51年（1976）11月）
- 消防用設備等は「設備」なので後付けが可能
- 建築構造に手をつけなければならない建築物本体には既存遡及はそぐわないのではないか？
- 耐震改修の場合は、阪神・淡路大震災直後に「建築物の耐震改修の促進に関する法律（平成7年（1995））」を作って対応

6

建基令第121条　二以上の直通階段を設ける場合

六　前各号に掲げる階以外の階で次のイ又はロに該当するもの ―― 昭和49年1月施行 ―― 千日デパートビル火災を契機とした改正

イ　6階以上の階でその階に居室を有するもの（※）

ロ　5階以下の階でその階における居室の床面積の合計が避難階の直上階にあつては200㎡を、その他の階にあつては100㎡を超えるもの ―― 甘過ぎはしないか？

※　劇場等、物販店舗等、風俗店等、病院等　（第5号（ホテル等）は対象外）

第一号から第四号までに掲げる用途に供する階以外の階で、
その階の居室の床面積の合計が100㎡を超えず、かつ、
その階に避難上有効なバルコニー、屋外通路その他これらに類するもの及び
その階から避難階又は地上に通ずる直通階段で第123条第2項（屋外避難階段）又は第3項（特別避難階段）の規定に適合するもの
が設けられているものを除く。

7

避難器具の設置は？

- 消防法の避難器具（消令第25条）は、避難できる人数は無視
  ← 避難橋から緩降機まで同列
  ← 消防法上、避難器具は補助的な避難手段との位置づけ
- 避難は建築基準法令に規定される廊下や階段によって完結されるべき
- それでも逃げ遅れた場合に、そこに運良く避難器具があれば助かるだろうという程度の位置づけ
- 避難器具をセットしてそれを使って避難するにはそれなりの時間が必要
  → その間、壁などで火や煙から安全に防護する必要
  → 利用者が多ければ、その分、長い防護時間が必要
  → 避難器具の設置場所を防火区画する規定が必要

↓

- 避難器具を二方向避難の手段としてまともに位置づけるのは無理
- あくまでも補助的な位置づけに留めるべきではないか

8

スプリンクラーの設置は？

- スプリンクラーの感知速度は、クリブの燃焼を用いたヘッドの試験方法に規定されており、火災発生から一定時間後に作動することを前提に非火災報対策などが講じられている
- ガソリン混合気の爆燃に対応するためには、根本から見直す必要があるが、非火災報対策などを考えると現実的でない
- 爆燃は阻止できなくても、その後消火できれば、診察室に逃げ込んだ人は助かる可能性はあるが、消火出来なければ、消火水が燃焼しているガソリンを周囲に運んで延焼拡大に寄与する可能性もある　→　検証が必要
- 今回のケースは、クリニック火災用のスプリンクラー設備だけ特別なものにすればよい、というわけにはいかない
- 遡及適用の困難性も考慮する必要がある

↓

- 今回のケースでスプリンクラー設備の設置強化策は筋が悪い

9

以前はどうして来たか

1　新宿歌舞伎町雑居ビルの火災

2　京都アニメーションの火災

3　大阪個室ビデオ店の火災

10

新宿歌舞伎町雑居ビル火災

- 発生日時　平成13年(2001)9月1日未明
- 発生場所　新宿区歌舞伎町の雑居ビル「明星56ビル」
- 建築構造等　RC造　地上5階地下2階
- 延べ面積　516㎡
- 焼損面積　3階・4階各80㎡　計160㎡
- 死者　44名(3階17名　4階27名)
- 負傷者　3名

11

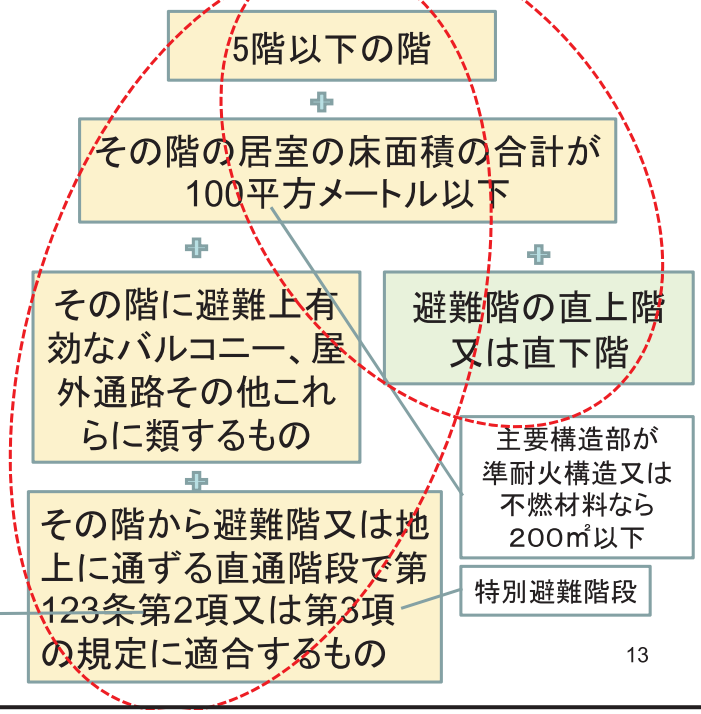
多数の死者が発生した理由

- 火災の発見が遅れたこと
- 初期消火できなかったこと
- 階段が1つしかなかったこと
- その階段に可燃物が置かれ、それが燃えたため、避難に使えなかったこと
- 防火戸が閉鎖しなかったこと
- 4階の窓が使用不能だったこと
- 避難器具が使用できなかったこと

12

必ずしも二以上の直通階段が必要でない風俗営業系建築物（建基令121条2号⇒現3号）

5階以下の階で、
その階の居室の床面積の合計が100平方メートルをこえず、かつ、
その階に避難上有効なバルコニー、屋外通路その他これらに類するもの
及び
その階から避難階又は地上に通ずる直通階段で第123条第2項又は第3項の規定に適合するもの
が設けられているもの
並びに
避難階の直上階又は直下階である5階以下の階で
その階の居室の床面積の合計が100平方メートルをこえないもの



13

第五号ロ　5階以下の階でその階における居室の床面積の合計が避難階の直上階にあっては200㎡を、
その他の階にあっては100㎡（注；第2項により主要構造部が準耐火構造等なら200㎡）をこえるもの
→　被災ゲーム麻雀店は80㎡　→　非該当

→　建基令第121条はこの火災を契機に改正
（平成14年（2002））

14

建基令第121条　（改正後）

第1項　建築物の避難階以外の階が次の各号のいずれかに該当する場合においては、その階から避難階又は地上に通ずる2以上の直通階段を設けなければならない。

第三号　次に掲げる用途に供する階でその階に客席、客室その他これらに類するものを有するもの（前頁と同じものを除く）

イ　キャバレー、カフェー、ナイトクラブ又はバー
ロ　個室付浴場業その他客の性的好奇心に応じてその客に接触する役務を提供する営業を営む施設
ハ　ヌードスタジオその他これに類する興行場（劇場、映画館又は演芸場に該当するものを除く。）
ニ　専ら異性を同伴する客の休憩の用に供する施設
ホ　店舗型電話異性紹介営業その他これに類する営業を営む店舗

15

この種の雑居ビルに対する消防法上の用途

- 消令別表第一(2)項イ（キャバクラ）と(2)項ロ（ゲーム麻雀店）を含む(16)項イ（特定複合用途防火対象物）　←　当時

- 当時の消令別表第一(2)項
  イ　キャバレー、カフェー、ナイトクラブその他これらに類するもの
  ロ　遊技場又はダンスホール

16

この火災を契機に、別表第一(2)項に新たに「ハ」が設けられた（平成14年（2002）8月）

ハ　風俗営業等の規制及び業務の適正化等に関する法律第2条第5項に規定する性風俗関連特殊営業を営む店舗・・・その他これに類するものとして総務省令※で定めるもの

※　省則第5条

一　もつぱら、面識のない異性との一時の性的好奇心を満たすための交際を希望する者に対し、異性を紹介する営業を営む店舗で、その一方の者からの情報通信に関連する機器による交際の申込みを電気通信設備を用いて当該店舗内に立ち入らせた他の一方の者に取り次ぐことによって営むもの（その一方が当該営業に従事する者である場合におけるものを含み、・・・）

二　個室を設け、当該個室において客の性的好奇心に応じてその客に接触する役務を提供する営業を営む店舗

17

階段が一つしかないビルに対し、消防法の規制は全般的に緩すぎるのではないか？

◎　被災雑居ビルの死者発生の状況を分析すると特に以下のものについて検討する必要がある

- 自動火災報知設備の設置
- 避難器具の設置
- 設置や維持管理関係の規定

18

「特定一階段等防火対象物」という概念を新設（平成14年（2002）8月）

- 消令第4条の2の2第2号

屋外避難階段又は特別避難階段

- 消令別表第1(1)項から(4)項まで、(5)項イ、(6)項又は(9)項イに掲げる防火対象物の用途に供される部分が避難階・・・以外の階・・・に存する防火対象物で、当該避難階以外の階から避難階又は地上に直通する階段が2

（当該階段が屋外に設けられ、又は総務省令で定める避難上有効な構造を有する場合にあっては、1）以上設けられていないもの

19

特定1階段等防火対象物

階段が1つで1階、2階以外の階に特定用途部分がある場合

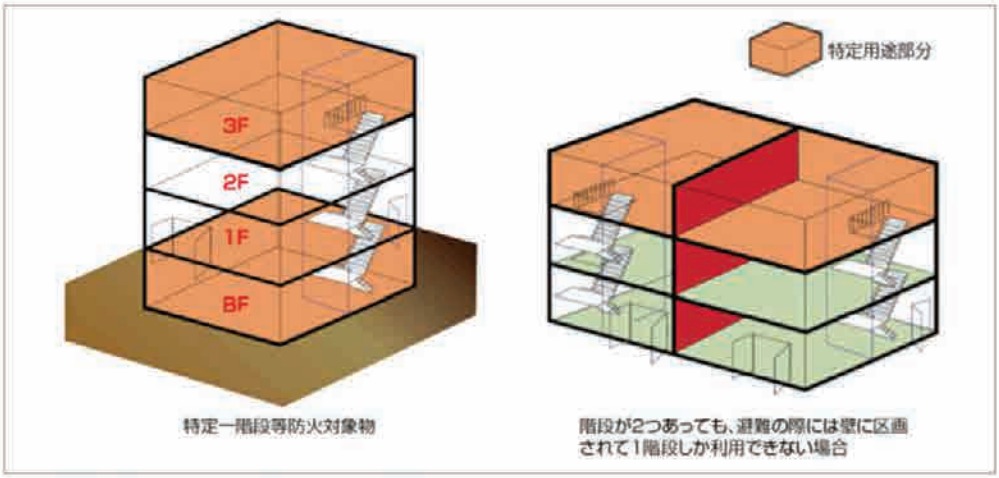


図1　特定一階段等防火対象物（図は（一財）日本消防設備安全センターHPより）

特定用途とは、劇場・映画館・飲食店・百貨店・マーケット・旅館・ホテル・病院・老人福祉施設・地下街等。

20

表　特定一階段等防火対象物について特に強化されている規制
（平成15年10月1日施行時点）

	規　制　内　容	条　　項
ハード面	自動火災報知設備の設置義務の面積要件撤廃	消令第21条第1項第6号の二
	煙感知器を階段等に設置する場合の垂直方向の距離を7.5m（通常は15m）につき１個以上に強化	消則第23条第4項第7号へ
	再鳴動機能付き受信機の設置義務づけ	消則第24条第2号ハ
	騒音に抗して警報音を聞き取れる措置の義務付け	消則第24条第5号イ（ロ） 消則第25条の2第2項第1号イ（ロ）
	簡単な操作で避難可能な避難器具の設置規制の強化	消則第27条第1項第1号
	避難器具の設置場所を容易に識別できる表示等の規定の追加	消則第27条第1項第3号
ソフト面	防火対象物点検報告義務対象物として指定（収容人員が300人以上の特定防火対象物と同等と評価）	消令第4条の2の2第2号
	設置時に消防長又は消防署長に届け出て検査を受けなければならない防火対象物として追加（延べ面積が300㎡以上の特定防火対象物と同等と評価）	消令第35条第1項第3号
	消防用設備等定期点検報告の際に消防設備士又は消防設備点検資格者が点検を行わなければならない防火対象物として追加（延べ面積が1000㎡以上の特定防火対象物と同等と評価）	消令第36条第2項第3号

21

大阪　個室ビデオ店火災

- 平成20年（2008年）10月1日午前3時頃発生
- 大阪市難波区個室ビデオ店キャッツ
- RC造7階建て雑居ビル（延面積1318㎡）の1階
- 放火による火災
- 死者15人
- 極小個室が狭い廊下で迷路状に配置
- 奥は行き止まりで個室部分の出入口は一箇所

22

建基令第125条　屋外への出口

1　避難階においては、

階段から屋外への出口の一に至る歩行距離は第120条に規定する数値以下と、

居室（避難上有効な開口部を有するものを除く。）の各部分から屋外への出口の一に至る歩行距離は

同条（第120条）に規定する数値の2倍以下としなければならない。

個室ビデオの場合　50×2＝100m以下

23

建基令第120条　直通階段の設置　第1項

建築物の避難階以外の階（・・）においては、
避難階又は地上に通ずる直通階段（・・）を
居室の各部分からその一に至る歩行距離が
次の表の数値以下となるように設けなければならない。

	居室の種類	構造	主要構造部が準耐火構造であるか又は不燃材料で造られている場合	上欄に掲げる場合以外の場合
(1)	第116条の2第1項第一号に該当する窓その他の開口部を有しない居室又は法別表第1(い)欄(4)項に掲げる用途に供する特殊建築物の主たる用途に供する居室		30m	30m
(2)	法別表第1(い)欄(2)項に掲げる用途に供する特殊建築物の主たる用途に供する居室		50m	30m
(3)	(1)又は(2)に掲げる居室以外の居室		50m	40m

百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、カフェー、ナイトクラブ、バー、ダンスホール、遊技場等

病院、診療所（患者の収容施設があるものに限る。）、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舎等

24

個室ビデオ火災に伴う消防法施行規則改正
（平成21年（2009年）9月30日）

- 個室ビデオ店、カラオケボックス等について
  - ① 個室等ごとに煙感知器を設置
  - ② 自火報の受信機は再鳴動機能付き
  - ③ ヘッドホンを使う場合は、火災警報音を聞き取れるような措置
  - ④ 通路誘導灯を床面近くに設置　又は蓄光式誘導標識を設置
- みなし従属の取扱い
  - → 平成20年（2008）8月28日付消防予第131号で措置済み

25

京都アニメーション第 1スタジオ火災

- 2019 年 7 月 18 日発生
- 京都市伏見区
- RC造・3階建て
- ガソリンによる放火火災が竪穴を介して急激に2・3階に拡大して多数の死傷者が発生
- 死者35名
- 負傷者34名

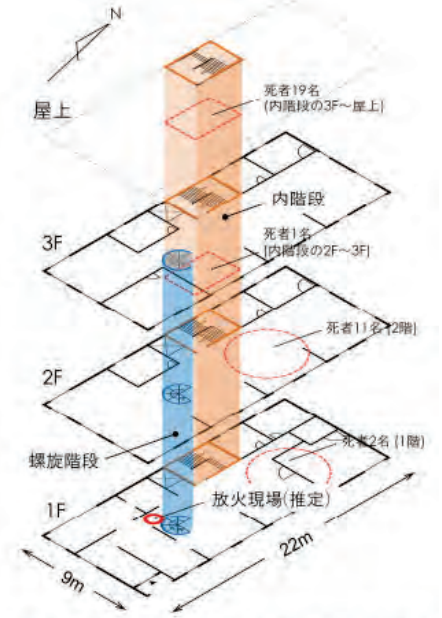
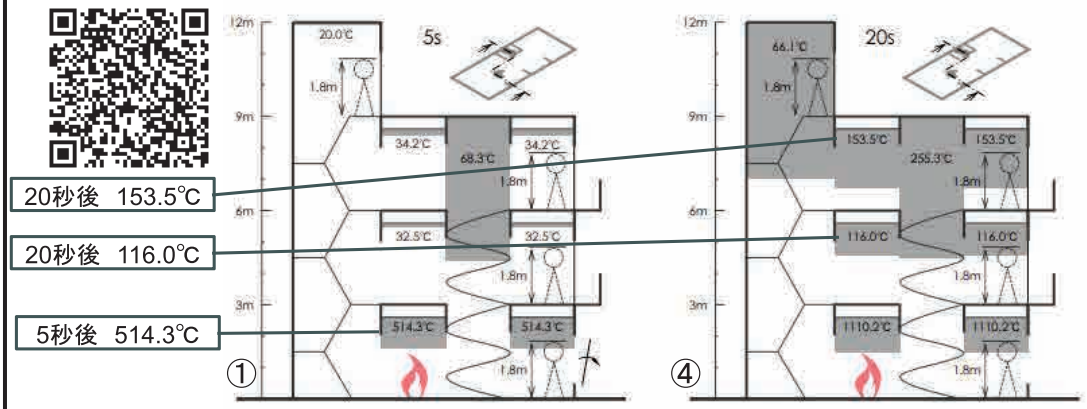


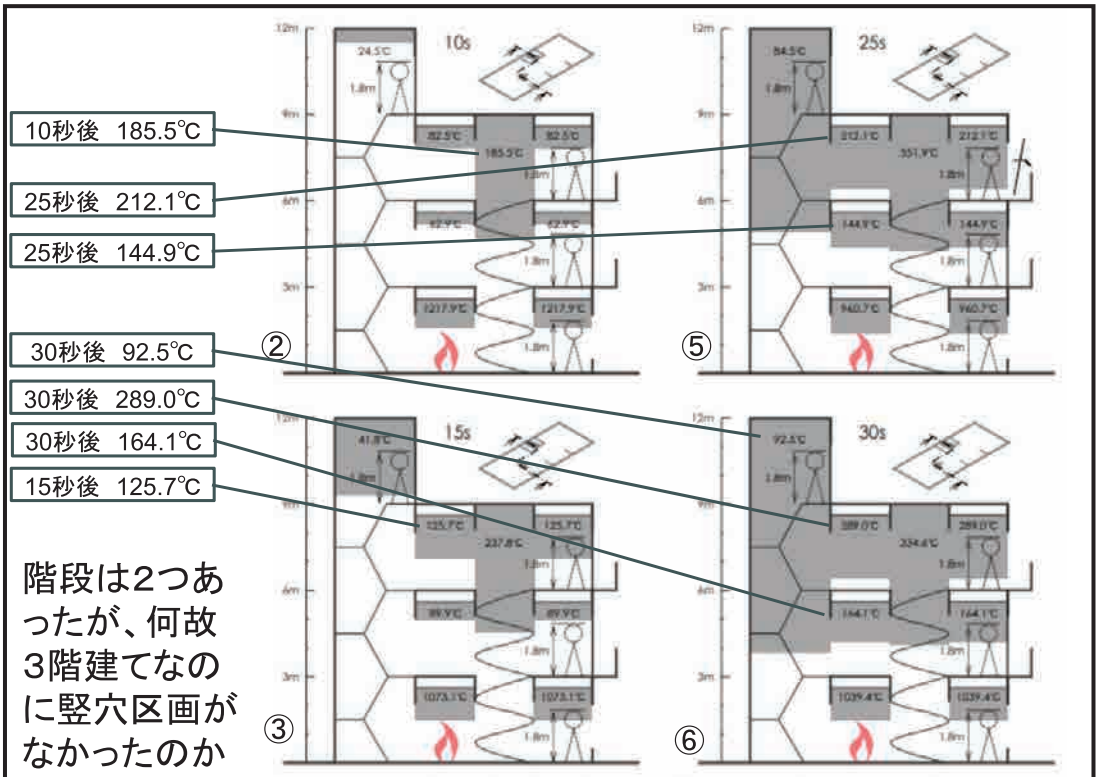
図2　火災建物の空間構成[2]と死者の発見場所[6]

京都大学防災研究所　西野智研准教授

2019 年 7 月 18 日に京都アニメーション第 1 スタジオで発生した放火火災の分析

- 京都大学防災研究所　西野智研准教授
- https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/disaster_report/
- 二層ゾーンモデルによる推定煙流動性状





階段は2つあったが、何故3階建てなのに竪穴区画がなかったのか？

図 5　二層ゾーン煙流動予測モデル[9]により推定された煙層高さと煙層温度の時間変化

建築基準法施行令第112条第9項
（平成12年6月1日 － 平成27年5月31日）

主要構造部を準耐火構造とし、かつ、
地階又は3階以上の階に居室を有する建築物の
「竪穴部分」については、
当該部分（・・）とその他の部分（・・）とを
準耐火構造の床若しくは壁又は法第2条第九号の二ロに規定する防火設備で区画しなければならない。
ただし、・・

竪穴部分；
地階又は3階以上の階に居室を有する建築物の住戸の部分（住戸の階数が2以上であるものに限る。）、吹抜きとなつている部分、階段の部分、昇降機の昇降路の部分、ダクトスペースの部分その他これらに類する部分（当該部分からのみ人が出入りすることのできる公衆便所、公衆電話所その他これらに類するものを含む。）

29

京都アニメスタジオ火災と竪穴区画

○ 京都アニメスタジオは
- 用途が「事務所」→「特殊建築物」ではない→ 建基法第27条の規制非該当
- 所在地が防火地域でも準防火地域でもない→ 建基法第61条や第62条の規制にも非該当

→ 3階建てであっても合法的に「その他の構造」（RC造でも「耐火構造」ではない）
- 竪穴区画の規制は主要構造部を準耐火構造（耐火構造も含まれる）とした建築物が対象

→ 京都アニメスタジオの建物には竪穴区画規制不適用

○ 何故、竪穴区画の規制は「その他の構造」には適用されないのか？
- 竪穴区画の規制が竪穴部分を介した上階への火煙の拡大を防ぐために設けられているものであるため、床や壁の（準）耐火性能が保証されていない建物に竪穴部分にだけ（準）耐火性能を要求しても法令上意味がない

→ 火煙が急速に拡大する「通常の」火災が発生すると、状況次第では2階や3階の人は避難が難しい → 京アニ火災対応を竪穴区画規制の強化では無理
→ 建築基準法令で対応するとしたら
→ 「避難階段」は原則として5階以上の階に設置（建基令第122条）
→ 竪穴区画の適用のない建築物のうち多数の人が利用するものについてはこれを「3階以上の階に設置」としたらどうか

30

まとめ（悪質放火火災を契機に避難関係規制を強化をする場合の考え方）

- 「通常の火災」を超える火災への対策を「規制」として防火法令に取り込むと、社会の負担が大きくなりすぎる
- 規制強化を考えるなら、これらの火災が提起した問題点が「通常の火災」を前提とした現行基準の不備をあぶり出した場合に限られるのではないか
- 「通常の火災」として考えるべき問題点

① 二方向避難 ← 堂島北ビル火災・大阪個室ビデオ店火災

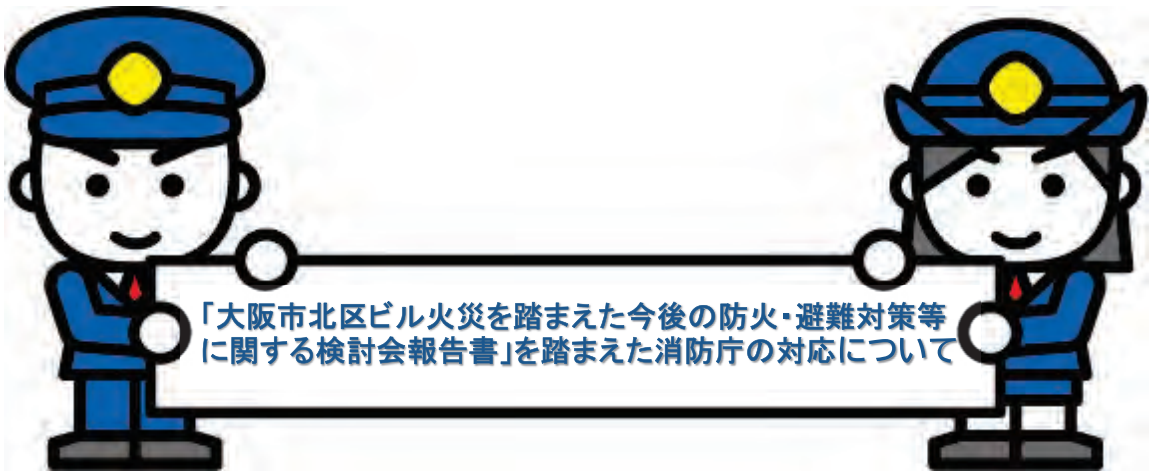
② 竪穴区画 ← 京都アニメーション火災

◎ 消防法令は「特定一階段等防火対象物」で措置済

31

ご静聴ありがとうございました

32



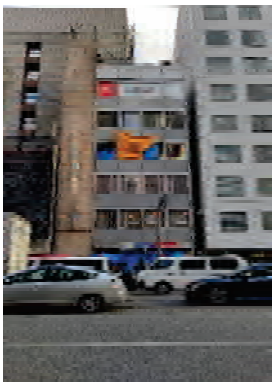
総務省消防庁予防課

0

大阪府大阪市北区で発生したビル火災の概要

1　発生日時等
覚　知　時　刻：令和３年12月17日　10時18分
鎮　圧　時　刻：令和３年12月17日　10時46分
鎮　火　時　刻：令和３年12月17日　17時04分
※消防車両80台出動

2　火元建物概要
延べ面積：700㎡



3　被害状況（大阪市消防局HPより）
⑴人的被害（１月４日時点）
死者　26名
⑵建物被害
25㎡焼損

4　消防庁の対応
12月17日（金）　11時50分　消防庁災害対策本部を設置（第２次応急体制）
13時00分　消防法第35条の３の２に基づく消防庁長官による火災原因調査を実施するため、消防庁職員４名、消防研究センター職員５名を現地に派遣。
12月19日（日）全国の消防本部に対し、階段が一つしか設置されていない雑居ビルを対象に、火災時の避難経路等について、緊急立入検査の実施を要請する旨の通知を発出。

1

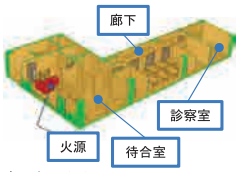
大阪市北区ビル火災の消防庁長官の火災原因調査のポイント及び火災シミュレーションによる避難可能性の検証結果

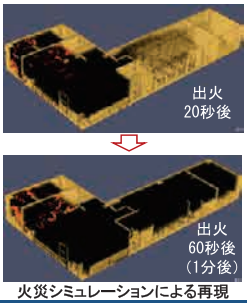
消防庁長官の火災原因調査のポイント

(1) 出火場所
４階診療所の待合室の入り口付近

(2) 出火原因
容疑者が、散布したガソリンにライターを用いて着火させたもの

(3) 死傷者の発生要因
① 着火物がガソリンであり燃焼が急激に進行したこと
② 地上に避難するための唯一の階段及びエレベーターがある防火扉の前で火災が発生したため、診療所内にいた多くの者は、階段等から離れた診療所奥に避難せざるを得なかったこと
③ 多くの在館者が一酸化炭素中毒又は酸素欠乏症になったものと考えられる。
※火災シミュレーションから、火災発生後、数分で診療所奥の廊下や診察室の一酸化炭素濃度が非常に高く、酸素濃度が低い状態となることがわかった。



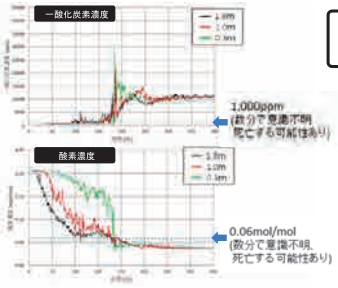


火災シミュレーションによる再現

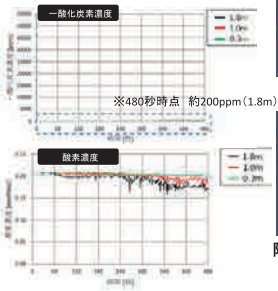
火災シミュレーションによる避難可能性の検証結果

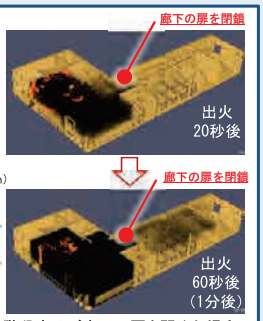
廊下の扉が閉鎖された場合は、診療所奥の廊下、診察室の一酸化炭素濃度の上昇及び酸素濃度低下を大幅に抑制できることがわかった。

廊下の扉が開放された場合



廊下の扉が閉鎖された場合





階段室及び廊下の扉を閉めた場合の火災シミュレーションの結果

2

大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書の概要

今後の防火･避難対策等の基本的な考え方

○ 大阪市北区ビル火災のような火災は、現行法令が想定する「一般的な火災」ではなく、「特殊な火災」にあたると考えられる。

○ このような特殊な火災に係る対策は、社会への負担の大きさを鑑み、規制的な手法によらず、誘導的な対策を基本とすべき。

○ 今般の火災建物のような直通階段が一つの建築物は、構造上、リスクを常に抱えており、リスクを平時から下げることが必要。

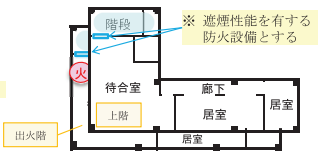
直通階段が一つの建築物に係る防火･避難対策のパッケージ①

(ア) 建築物の安全性向上に向けた誘導策

①-1
既存の直通階段から離れた位置への
直通階段の増設
又は
避難上有効なバルコニーの設置

①-2 直通階段から離れた位置にある**室等の退避区画化**

② **直通階段の防火・防煙区画化**



①－１、①－２及び②の措置について、所有者の改修負担を軽減できるよう支援 ⇒ 国土交通省

「直通階段が一つの建築物向けの避難訓練ガイドライン」を策定し、避難訓練を指導 ⇒ 総務省消防庁

3

大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会報告書の概要

直通階段が一つの建築物に係る防火・避難対策のパッケージ②

(イ) 既存不適格建築物の増改築等時の規制の合理化措置	直通階段から離れた位置にある室等の退避区画化等の一定の措置を講じる場合には、通常の小規模な増改築等に際し遡及適用される建築基準法の現行基準を遡及適用しないこととする ⇒ 国土交通省
(ウ) 法令に違反する建築物への是正指導の徹底対策	a 消防法令違反の是正強化 ⇒ 総務省消防庁 ※ 重点的に立入検査を実施 ※ 命令や告発等の法的手段による厳格な措置を徹底 b 建築基準法違反の是正強化 ⇒ 国土交通省 ※ 資格者による建築基準法への適合状況等の定期調査及び報告の義務付け対象に追加

研究開発 ⇒ 総務省消防庁

ガソリン等による火災の被害軽減に資する製品の技術開発の促進

危険物の取扱い ⇒ 総務省消防庁

ガソリンスタンドにおけるガソリンの適正販売の徹底
※消防隊による見回り等により、現在義務付けられている顧客の本人確認等の適正な運用を徹底
※ガソリンスタンドにおける不審者発見時の警察への通報について周知徹底

4

消防庁の対応（研究・開発関係）

消防庁では消防機関が直面する課題の解決に向けて、提案公募の形式により産学官の研究機関等に研究を委託している。令和4年度はガソリン火災対策に資する資機材等の開発について緊急公募し、研究を行った。

ガソリン火災対策に資する資機材等の開発

フェーズ2
基礎・応用研究

研究開発の体制

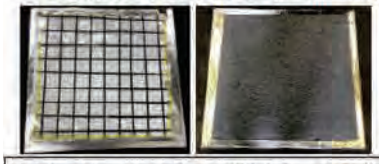
○研究期間：１年
○代表研究機関：ヤマトプロテック株式会社（研究代表者：久保田　哲史）
○研究協力機関：東京消防庁

目標

ガソリン放火火災対策として、エアロゾル消火薬剤及びそれを応用した消火シートの試作品開発と、それらが現実のガソリン放火火災に適用できることの実証を目標として研究を行った。

成果

○ 床面での使用に適した消火シートの試作開発を行った。特定の組成と反応促進剤を組み合わせた試料を床面への設置で小さい区画内での消火には成功した。区画規模を大きくした場合には現状の消火シートの床面への設置による消火は困難であることがわかった。
○ 実大規模の区画用いて、ラミネート加工した既存のエアロゾル消火シートを壁面に設置して消火実験を行い、消火性能を検証した。実大規模の区画への壁面への設置でも消火シートが十分に反応し消火が可能なことを確認した。



床面（カーペット）への消火シートの設置

実大規模の区画を用いた消火実験

5

消防庁の対応（危険物の取扱い関係）

「ガソリンの容器詰め替え時等における本人確認等の再徹底について」（令和4年7月11日付け消防危第158号）を消防本部に対して通知

消防隊による見回り等を通じたガソリン販売店における顧客の本人確認等の適正な運用の徹底とガソリンを購入しようとする者の言動に不審な点を感じた場合における警察への通報について新たに作成した通報要領を示し、再度通知した。

【ガソリンを購入しようとする者の言動に不審な点を感じた場合における110番要領】

1　発生事案
　・ガソリン販売において不審な行動をとる客（不審者）がいたことを伝える
2　発生時刻
3　発生場所
4　目撃内容（不審に感じた点）
　・　通報に至った不審者の言動について、極力詳細に説明する。
　例　①　氏名、住所等の確認拒否　②　使用目的の回答拒否、又は不明確　③　勝手に自分で携行缶に給油使用とした。など
5　不審者の情報
　①　人物像（性別、年齢、服装、背格好、人数）　②不審者の販売記録（過去のものを含む）の情報（氏名、住所等）
　③　車両等（車種、色、ナンバー、立ち去った方向）
6　通報者の情報
　通報者の氏名、住所、連絡先等

＜背景＞「大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会」の報告書における提言

現在義務づけられている顧客の本人確認等の適正な運用やガソリンを購入しようとする者に不審な点を感じた場合の警察への通報要領について、周知を図ることとされた。

6

消防庁の対応（避難関係）

直通階段一つの建築物向けの避難行動に関するガイドラインの作成

直通階段が一つの建築物を対象に、在館者が直通階段を使用して避難することが困難になった場合における退避区画等を使用した避難行動及びその留意事項等について示し、建物関係者（従業員等）が火災時にガイドラインに沿った適切な避難行動及び避難誘導が行えるようになることを目的に作成した。

リーフレット

＜背景＞「大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会」の報告書における提言

1　検討会では、直通階段が一つの建築物は、構造上、リスクを常に抱えており、そのリスクを平時から下げる対策を講じるべきと提言され、「建築物の安全性向上に向けた誘導策」等が示された。
2　建築物の安全性向上に向けた誘導策の具体策として
　①国土交通省は「直通階段が一つの建築物向けの火災安全改修ガイドライン」を示し建築物の改修を誘導する。
　　また、改修負担を軽減するために支援する。
　②消防庁はこれらの対策を含めた直通階段が一つの建築物を対象とした命を守るための避難行動について「直通階段が一つの建築物向けの避難訓練ガイドライン」としてとりまとめて提示し、避難訓練を指導する。

7

国交省の対応（直通階段一つの建築物等向けの火災安全改修ガイドライン）

直通階段一つの建築物等向けの火災安全改修ガイドラインの作成

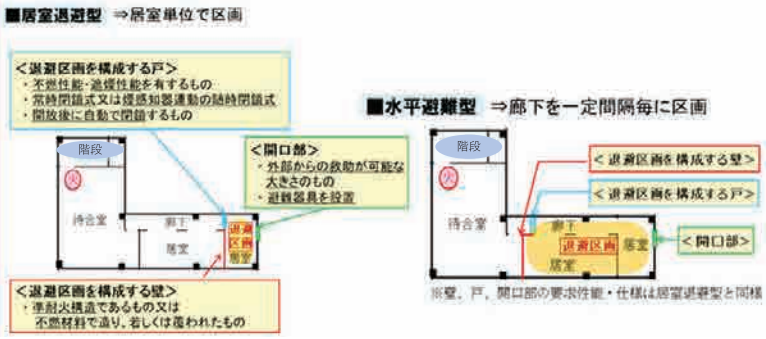
直通階段が一つの建築物等の安全性向上に向け、建築基準法令に基づき直通階段の増設等を即時求められない既存建築物に係る対策を推進する観点から、特に重要となる改修と各改修において満たすことが望ましい仕様等を「直通階段が一つの建築物等向けの火災安全改修ガイドライン」にまとめた。

「直通階段が一つの建築物等向けの火災安全改修ガイドライン」（国土交通省作成）の内容（抜粋）

1　二方向避難の確保等

(1) 直通階段の増設　(2) 避難上有効なバルコニーの設置　(3) 退避区画※の設置

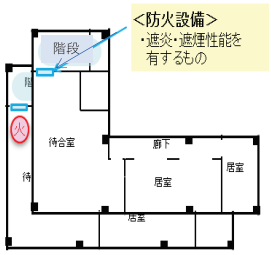
※退避区画は、「消防隊が到着するまでの間、一時的に人命安全が保たれるよう、直通階段から離れた位置にある居室や廊下等の室、又はこれらの部分について、防火的に区画された退避スペース」のことをいう。退避区画は、居室単位で区画する形式の居室退避型や、廊下を一定距離毎に区画する形式の水平避難型が想定される。



2　避難経路の防護及び上階への煙の拡散防止

直通階段について、遮煙性能を有する防火設備により防火・防煙区画化を完結させ、避難経路の確実な防護及び直通階段を介した上階への煙の拡散を防止する。

直通階段の防火・防煙区画化



8

直通階段が一つの建築物向けの避難行動に関するガイドラインの概要

ガイドラインのポイント１　火災発生時の基本行動（初期消火・避難・通報 ）

● 火災発生時における初期消火、避難、通報について、基本的な実施事項について記載した。

・屋内消火栓設備が設置されている建築物にあっては、当該設備を積極的に使用すること。

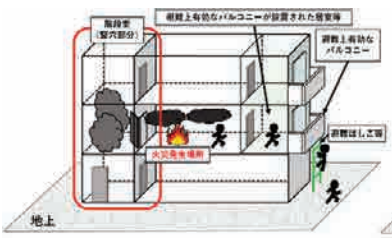
・放送設備が設置されている建築物にあっては当該設備を使用し在館者に火災発生を知らせること。

・大阪市北区ビル火災のように、直通階段を使用できない場合など、状況に応じた避難方法について記載した。
避難経路の選択については、「直通階段を使用しての避難」、「避難上有効なバルコニーを使用しての避難」、「直通階段から離れた居室等への退避等」の順に考えること。 等

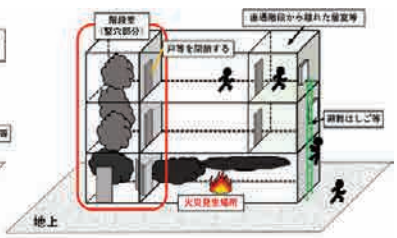
直通階段が使用できる場合

直通階段を使用しての避難
（第一選択肢）

直通階段が使用できない場合



避難上有効なバルコニーを使用しての避難
（第二選択肢）



直通階段から離れた居室等への退避等
（第三選択肢）

9

直通階段が一つの建築物向けの避難行動に関するガイドラインの概要

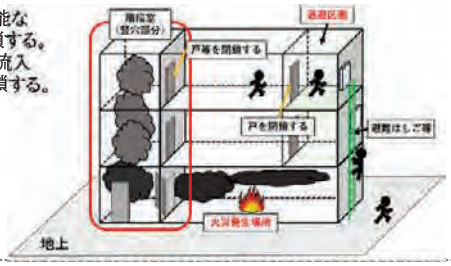
ガイドラインのポイント２　退避区画を使用した退避・避難行動

●退避区画を使用した退避・避難行動
大阪市北区ビル火災のように直通階段等による避難が不可能な場合の退避区画を使用した退避・避難行動について記載した。

■退避区画を使用した退避・避難のイメージ

<①出火階において退避・避難を行う場合>
⇒退避区画に退避し、煙の流入を防ぐため、戸を確実に閉鎖する。

<②出火階より上階において退避・避難を行う場合>
⇒煙の流入を防ぐため、可能な場合は階段室の戸等を閉鎖する。
退避区画に退避し、煙の流入を防ぐため、戸を確実に閉鎖する。



● 退避区画に退避する場合の誘導方法
・ 煙の流入を防ぐため、可能な場合は階段室の戸を閉鎖し、退避区画へ誘導する。
・ 退避区画の位置を確実に把握している者が他の者を連れて声を出しながら、退避区画へ誘導する。
・ 逃げ遅れがいないかを声を出して確認する。
・ 火煙が流入する前に退避区画に誘導する。

● 退避区画で実施すべき事項
・ 退避区画内に退避後、退避区画の戸を確実に閉鎖
・ 避難者が到達し開放する必要があるとき以外は、不必要に戸を開放しない。
・ 退避区画内に退避してくる人がいないと判断できる場合には、退避区画内に煙が流入するのを防ぐため、ガムテープやアルミテープ等により戸の隙間を塞ぐ。
・ 退避区画へ退避した人数を把握する。
・ 消防機関へ再通報する。
・ 退避区画内に設置されている避難はしご等を使用して避難する。

ガイドラインのポイント３　火災発生のリスク及び被害軽減のための対策

● 建物関係者（従業員等）が、火災の発生及び拡大リスクを減らすために、日常的に実施すべき次の事項について記載した。
① 竪穴部分の維持管理　② 退避区画の維持管理　③ 階段、廊下、避難口その他避難上必要な施設の維持管理
④ 防火対象物点検報告の実施　⑤ 消防用設備等の点検報告の実施　⑥ 放火防止対策の徹底

10

消防庁の対応（立入検査・違反処理関係）

立入検査標準マニュアル・違反処理標準マニュアルの改正

検討会においては、火災直後に行った緊急立入検査の結果が示され、消防法令違反の是正強化について提言された。
直通階段が一つの対象物について、重点的な立入検査の実施や、命令や告発等の法的手段を厳格な措置を行い、早期是正を徹底させる等の具体的内容を「立入検査標準マニュアル・違反処理標準マニュアル」に盛り込んだ。

＜背景＞「大阪市北区ビル火災を踏まえた今後の防火・避難対策等に関する検討会」の報告書における提言

本火災を受けて全国の消防本部で実施した緊急立入検査において、避難施設、防火戸、消防用設備等の維持管理状況等に相当数の不備が確認されたことから、以下のことについて提言された。

① 直通階段が一つの防火対象物については、火災の発生及び拡大するリスクを徹底的に減らす観点からも、消防法令違反が確実に是正されるよう重点的な立入検査を実施するべきであること

② 直通階段が一つの防火対象物への立入検査で確認した消防法令違反については、これまで以上に命令や告発等の法的手段による厳格な措置を行い、早期の是正を徹底すべきであること

③ 階段などの避難施設への物件存置により避難に支障があるなどの場合においては、消防法第5条の3第1項に基づく物件除去等の命令を躊躇せずに発令できるよう、違反処理標準マニュアルを見直し、違反処理基準をより明確で具体的なものとすべきであること

11

大阪市北区ビル火災を受けた緊急立入検査の結果

○調査概要

調査対象	消防法施行令第４条の２の２第２号に該当する防火対象物
調査期間	令和３年12月17日から令和４年１月31日
調査項目	避難施設（廊下、階段、避難口）及び防火戸の維持管理状況

○結果概要

緊急立入検査対象防火対象物数	31,967
緊急立入検査実施数	29,229
緊急立入検査未実施数※	2,738
実施率	91.4%

※　未実施の2,738件については、各消防本部における年次計画や歳末期の立入検査により調査期間の前に実施されたもの、新型コロナウイルス感染症拡大の影響を受け実施を延期したもの等である。

令和４年１月31日現在

調査項目	実施数（A）	不備なし		不備あり					
						改善済み		是正指導中	
		(B)	(B)/(A)	(C)	(C)/(A)	(D)	(D)/(A)	(E)	(E)/(A)
避難施設	29,229	25,335	86.7%	3,894	13.3%	2,196	7.5%	1,698	5.8%
防火戸	29,229	27,774	95.0%	1,455	5.0%	614	2.1%	841	2.9%

（参考）
緊急立入検査時に併せて消防用設備等について確認したもの（13,979件）については、4,108件の不備があった。

調査項目	実施数	不備なし		不備あり	
消防用設備等	13,979	9,871	70.6%	4,108	29.4%

12

「立入検査標準マニュアル」及び「違反処理標準マニュアル」の改正について（令和４年11月21日付け消防予第598号）

【立入検査標準マニュアルの主な改正概要】

- 「直通階段が一つの防火対象物」を火災予防上の対応の必要性が高い防火対象物に位置づけ、重点的な立入検査を計画することとしたこと。（P3,4）

  火災予防上の対応の必要性が高い防火対象物は、火災が発生した場合における人命の危険が高く、社会的な影響も大きいことから、一定の期間内に優先的に、かつ、重点的な立入検査を計画することが重要
  特に直通階段が一つの防火対象物が比較的集中する地区の防火対象物に対しては、定期的に階段等の避難経路や防火戸等の防火設備の維持管理に着目した立入検査を計画することが重要

- 火災予防上の対応の必要性が高い防火対象物は、消防本部及び消防署が連携して確実な違反処理体制を構築し、消防法令違反の是正状況について進捗管理を徹底することとしたこと。（P41,42）
- 「用途等別の立入検査の留意事項」の各項目を整理し、「直通階段が一つの雑居ビル」の項目を追加したこと。（P56,57）

13

「立入検査標準マニュアル」及び「違反処理標準マニュアル」の改正について
（令和４年11月21日付け消防予第598号）

【違反処理標準マニュアルの主な改正概要】

- 消防法（昭和23年法律第186号）第５条の３第１項の規定に基づく措置命令の対象となる「火災の予防に危険である物件」又は「消防の活動に支障となる物件」の具体的な判断基準及びその適用例を示した争訟事例を追加したこと。（P89・91）

【事例概要】
本事例は、消防署長が防火対象物（建築面積66㎡、延べ床面積約406㎡、鉄骨造陸屋根７階建て。以下「本件建物」という。）の５階通路部分に設置された木製本棚２台及び同本棚に収納された書籍等並びに７階塔屋部分に設置されたスチール製ロッカー２台及び同ロッカー２台に収納された冊子等を除去することを命じた処分に対して、占有者が当該処分の取消しを求めたもの。

【裁判要旨】
・　消防法第５条の３第１項の要件の判断基準
次のア～ウの事情等を勘案した上で、物件が存在することにより、火災の発生ないし延焼・拡大に至る危険や避難、消火などの消防活動上の支障が具体的に認められるときに、当該物件が消防法第５条の３第１項の措置命令の対象となり得る。
ア　当該物件の性状及びその設置状況（形状・性質、可燃物の量、設置場所の状況等）
イ　当該防火対象物の状況（構造、規模、用途、避難経路の状況、消防用設備の設置状況等）
ウ　当該防火対象物の防火上の管理の状況

（提供：東京消防庁）

（提供：東京消防庁）

14

第 26 回消防防災研究講演会資料

令和 5 年 11 月 17 日　発行
禁無断転載
発行　消防庁 消防研究センター
〒182-8508
東京都調布市深大寺東町 4-35-3
TEL 0422-44-8331
https://nrifd.fdma.go.jp/