

大型ブローカー車の換気・防煙能力の検証

湯浅 弘章*、山村 重行*、飯田 明彦**、渡邊 茂男*

概 要

大型ブローカー車を大規模建築物の排煙活動に使用した場合の排煙能力を見積もるため、地上14階、地下2階、建築面積1,321m²、延べ床面積15,840m²の建物において大型ブローカー車による送風実験を行い、階段室及び通路等における風速を測定した。また、大型ブローカー車を階段室の加圧による防煙に使用した場合の能力を確認するためのデータも合わせて測定した。これらの測定データを基に、BRI2002及びFDS(Fire Dynamics Simulator Version 5)を用いて換気・防煙能力の評価を行った。

1 はじめに

大型ブローカー車は写真1の通り、写真2及び表1に示す大型送風装置を後部に装備した車両である。JR福知山線脱線事故等の教訓から総務省消防庁により東京及び一部政令指定都市の特別高度救助隊に配備された。有毒ガス等の除去やトンネル・地下街等での火災における排煙にその活用が期待されている。



写真1 大型ブローカー車

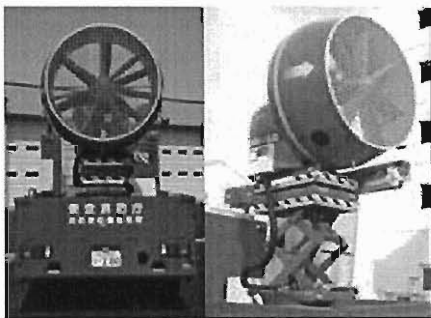


写真2 送風装置

表1 送風装置概要

動力	ガソリンエンジン 1,595 cc
風量及び風速	最大送風量 210,000 m ³ /時、 最大出口風速 45 m/秒
リフター動作範囲	上昇約 1,300 mm、旋回 360 度以上、 ふ仰角約 ±30 度
連続稼働時間 (目安)	燃料 45 L 満タン時、最大送風量で 2 時間程度

2 実験概要

(1) 実験想定

換気・防煙活動を想定し、地上14階、地下2階、建築面積1,321m²、延べ床面積15,840m²の建物(写真3)において表2に示す5種類の給気対象(写真4~7参照)について実験を行った。実験1、2、3については主に予想される給排気口を設定し実験を行った。実験4、5については階段室を消防活動拠点と仮定し、図1のような階段室への給気による火災階からの防煙を想定した。消防隊進入時のドア開放幅を60cmとし、そのときの風速を測定した。またこのドアを対象とした給気中における開放に必要な力を測定した。



写真3 実験建物

表2 給気対象とした場所

	目的	給気対象	間口×奥行×天井高(m)
実験1	排煙	アトリウム (1F-13F)	約12*12*59 *:各階の平均
実験2	排煙	B2F 大空間	約36*33*5
実験3	排煙	階段室(1-14F)	約3*6*63
実験4	防煙	階段室 (火災階3F)	約3*6*63
実験5	防煙	階段室 (火災階13F)	約3*6*63



写真4 アトリウム



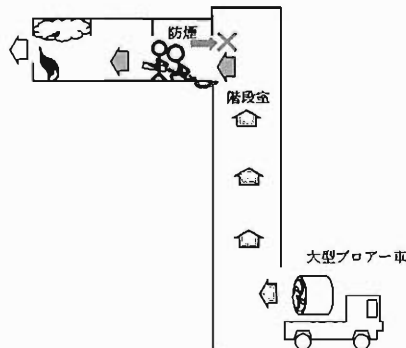
写真5 B2F 大空間



写真6 階段室



写真7 想定火災階廊下



階段室の防煙（具体例）

- ・通常火災階一階段室間のドア閉鎖の場合でも隙間から煙が侵入するが、それを防ぐことができる。
- ・階段室から火災階に進入する時にドアの開閉を行っても階段室への煙の侵入が無い
- ・ホースラインによりドアが完全に閉まらない場合でも階段室への煙の侵入が無い。

図1 階段室の防煙イメージ

(2) 実験条件

大型ブローカーは表3の通り給気口より概ね7mの位置より最大出力で送風した。実験中における送風装置直近の風速を図2に示す。各実験において、給排気口と給気対象を結ぶ動線上のドアは開放し、動線から外れる経路のドアは全て閉鎖した。風速は給気口、排気口、及び給気口と排気口の間点で測定した。中間点は、実験1、2については

それぞれ1F、B2Fの給気口と排気口を結ぶ最短経路上から約6m外れた地点(図3,4参照)、実験3については8F階段室踊り場、実験4、5については階段室とそれぞれ3F及び13Fの廊下を結ぶドア開放部とした。測定位置は開口面の概ね中心で、その他は概ね床上150cmとした。実験のモデル図を表4に、給排気口、中間点開口寸法を表5に示す。

表3 フローカーから開口部までの距離

	距離(m)
実験1	外側開口部まで 5.63 m 内側開口部まで 8.05 m
実験2	6.85 m
実験3	6.75 m
実験4	6.90 m
実験5	6.90 m

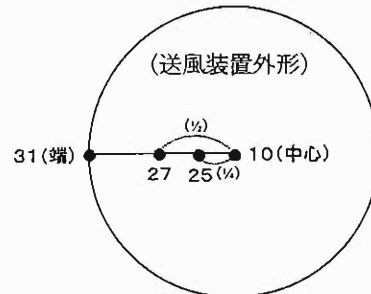


図2 送風装置直近の風速 (m/s)

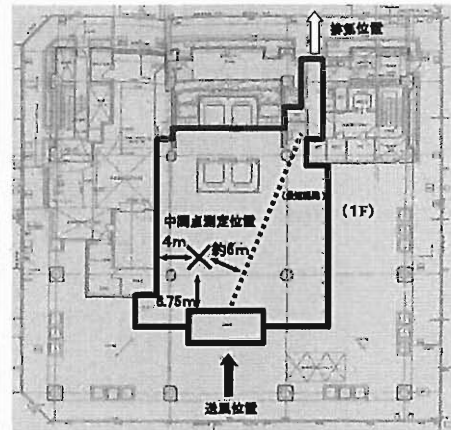


図3 実験1 中間点測定位置

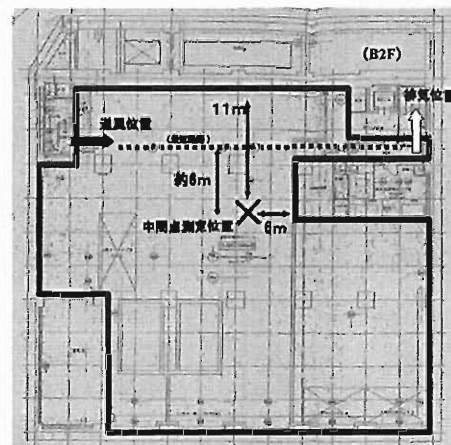


図4 実験2 中間点測定位置

表4 実験モデル図

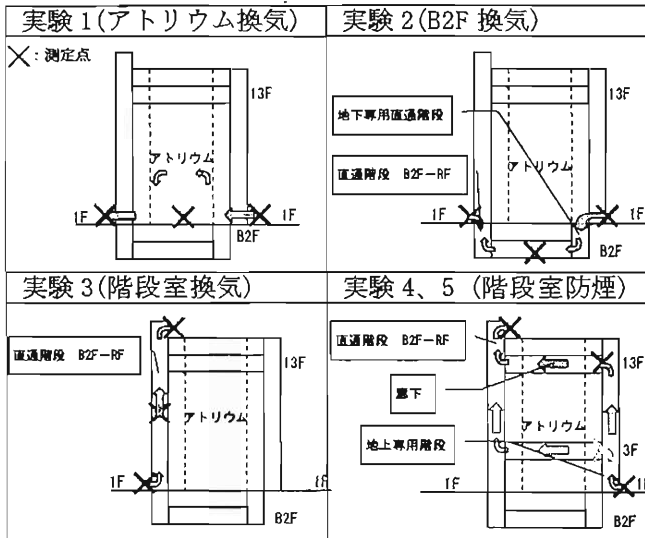


表5 給気口、排気口及び中間点の開口寸法

	給気口(m) 高さ×幅	中間点(m) 高さ×幅	排気口(m) 高さ×幅
実験1	2.8×1.5	—	2.0×0.9
実験2	2.0×0.9	—	2.0×0.9
実験3	2.0×0.9	—	2.0×0.9
実験4	2.0×0.9	2.0×0.6	2.0×0.9
実験5	2.0×0.9	2.0×0.6	2.0×0.9

(3) 測定方法

各測定点の風速の測定は、5分間の予備送風の後、写真8のように15秒おきに合計20回測定し、その平均を測定地点における代表風速とした。各測定点には吹き流し、発煙筒(写真9,10)を設置し、測定中の気流の流れ方向を可視化して映像で記録した。また、ドア開放に必要な力の測定は、ドアノブにバネ秤を設定し、写真11に示すように末端を引きながらドアが開き始めるときの値を記録した。



写真8 測定状況



写真9 吹き流し



写真10 発煙筒



写真11 ドア開放力の測定

3 実験結果

測定結果を表6に示す。また、実験1,2,3について、給気対象の大きさを表す指標として排気側風速から換算した概ねの換気回数も合わせて表示した。

表6 測定結果

	換気回数 (1/h)	給気口風速 (m/s)	中間点風速 (m/s)	排気口風速 (m/s)
実験1	3	17.6	0.8	4.4
実験2	2	8.7	0.2	1.8
実験3	40	11.9	2.7	6.9
実験4	/	8.3	10.5 〔ドア開放力 294 N〕	3.3
実験5		9.7	8.3 〔ドア開放力 294 N〕	4.2

実験1,2では、風の通り道が形成され、その付近においては換気が促されていたが、写真12,13の通り風の通り道以外には人の背丈程度においても若干空気が滞っていた。B2Fの中間点では発煙筒の煙もほとんど変化が見られなかった。吹き抜け上層の空気も停滞しており、大きく攪拌されるようなことは無かった。



写真12 実験1 中間点



写真13 実験2 中間点

実験3,4,5では階段室内は写真14~17の通り効果的に換気が行われていることが観察された。実験4,5におけるドア開放に必要な力はいずれも294 Nとなり、通常消防隊員が開放できる基準とされる200 Nを大きく上回った。



写真14 実験3 外観



写真15 実験3 給気口



写真16 実験3 中間点



写真17 実験3 排気口

4 BRI2002 及び FDS を用いた考察

実験結果を基に、BRI2002 及び FDS を使用して熱的な条件を考慮した場合の換気・防煙状況について考察した。実験1,2,3については排気口からの排気量が換気効果に支配的に作用するであろうとの仮定から、シミュレーション

上で燃焼させない状態における排気風速が測定値となるように給気条件を設定した。実験 4、5 については中間地点の風速を用いて同様に給気条件を設定し、防煙効果について考察した。実験 1、2、3 については小火源 2 MW を給気対象とした場所に設定し、BRI2002 において上部層下端高さが概ね定常となった時点で燃焼を停止し、1 分後に給気を行った。実験 4、5 については大火源 24 MW を火災階居室に設定し、燃焼を継続させた状態で階段室の給気による防煙を行った。

(1) 実験 1、2 について

BRI2002 における上部層下端高さ理論値をグラフ 1~3 に示す。給気により給排気口高さ付近までは上部層下端高さの上昇を促進するが、その後は自然換気との差が見られない。実験では送風による上層の乱れがほとんど確認されず、予想モデルは定性的な理解に有効であると思われるが、補足として気流の影響を FDS により確認した。その結果図 5~8 に示すとおり風の通り道以外は空気が滞っており、あまり換気が促されていないことが確認された。なお、これを解消するためには内部の攪拌が有効であると予想し、FDS 上にて可搬式プロアを上に向け送風することでサーキュレーターとして作用させ、その効果を確認した。その結果、空間全体を効果的に換気できることが確認された。写真 18 に可搬式プロアの概要を、図 9、10 に FDS による 30 分後の吹き抜け内攪拌の有無による空間全体の排煙効果の違いを示す。

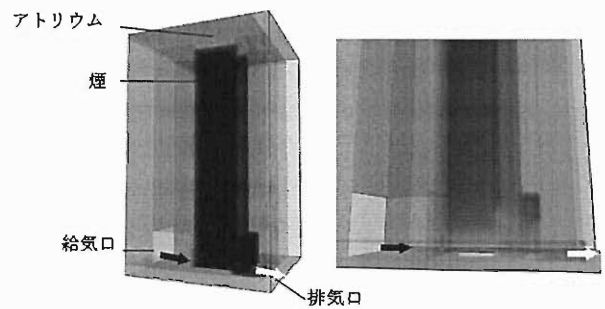


図 5 アトリウム給気前 (FDS) 図 6 アトリウム給気後 (FDS)

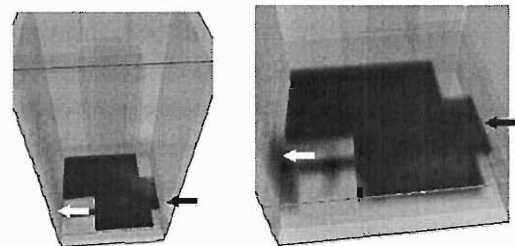
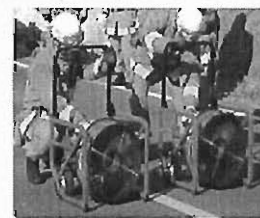
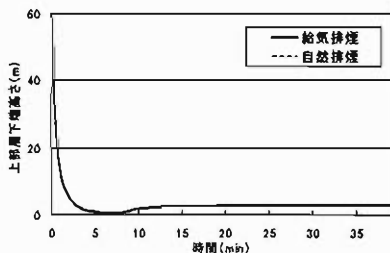


図 7 B2F 給気前 (FDS) 図 8 B2F 給気後 (FDS)

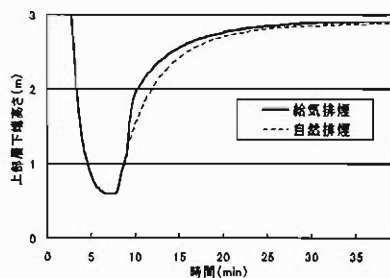


プロア直径	約 61 cm
風量	約 8.6 m ³ /s

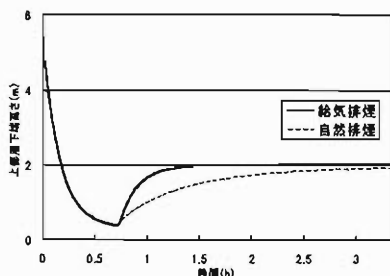
写真 18 可搬式プロア



グラフ 1 アトリウム上部層下端高さ (BRI2002)



グラフ 2 グラフ 1 縦軸拡大



グラフ 3 B2F 大空間上部層下端高さ (BRI2002)

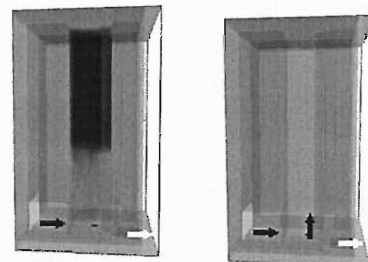
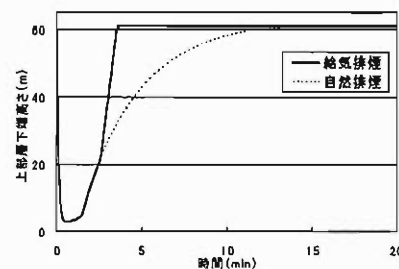


図 9 給気のみ (FDS) 図 10 給気+上層への送風 (FDS)

(2) 実験 3 について

BRI2002 における上部層下端高さ理論値をグラフ 4 に示す。給気が上部層下端高さの上昇を促進している。図 11、12 に示すとおり FDS でもほぼ同様の傾向が確認された。



グラフ 4 階段室上部層下端高さ (BRI2002)

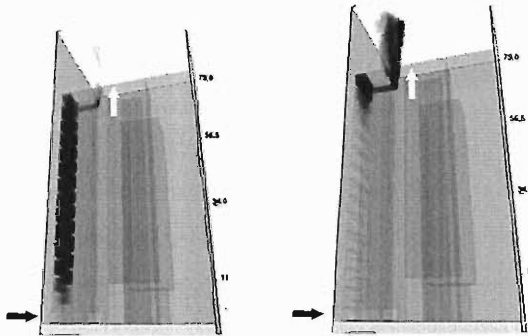


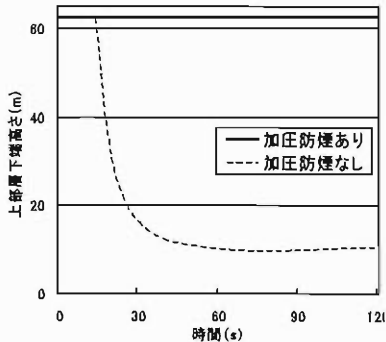
図 11 階段室給気前 (FDS) 図 12 階段室給気後 (FDS)

(3) 実験 4、5 について

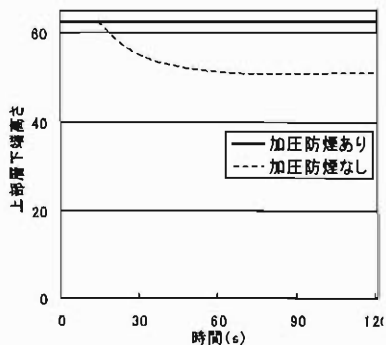
火災室の入力条件を表 7 に、3F 及び 13F ドア開放時における BRI2002 による階段室上部層下端高さをグラフ 5、6 に、階段室一廊下差圧をグラフ 7、8 に示す。5 秒から給気し、7 秒でドアを開放した。廊下から階段室への煙の流入を BRI2002 における階段室上部層の増加と仮定した場合、グラフ 5、6 は 3F 及び 13F でのドア開放時における防煙が共に可能であることを示している。さらに、図 13、14 に示すとおり FDS でもほぼ同様の傾向が確認された。

表 7 火災室の条件

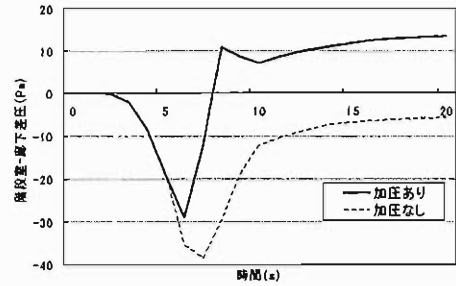
居室面積	間口 12.3 m×奥行き 25.7 m×高さ 2.5 m
開口部	外気-火災室 高さ 1.8 m×幅 3.6 m 廊下-火災室 高さ 2.0 m×幅 1.8 m
発熱速度	最大 24 MW
燃焼面積	150 m ²



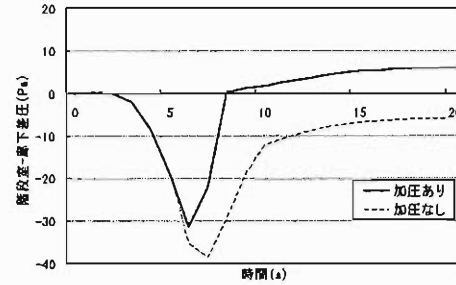
グラフ 5 3F 防煙 (BRI2002)



グラフ 6 13F 防煙 (BRI2002)



グラフ 7 3F 差圧 (BRI2002)



グラフ 8 13F 差圧 (BRI2002)

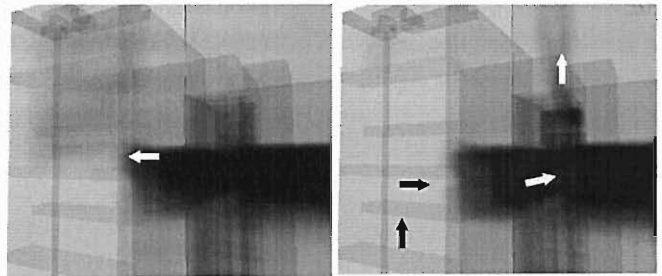


図 13 13F 防煙前 (FDS)

図 14 13F 防煙後 (FDS)

5 おわりに

今回の実験想定において、区画上部に排気口の無い地上大空間 (換気回数 3 回程度) 及び地下大空間 (換気回数 2 回程度) へ大型プロアー車により給気することで、ある程度換気が促されるものの空間全体に対する劇的な排煙効果は望めなかった。しかし、可搬式プロアー等を組み合わせることで空間全体の排煙効果が向上する可能性がある。また、階段室の防排煙については効果があると考えられるが、ドアの開閉障害が発生する可能性に留意する必要がある。なお、換気・防煙活動が火災室に与える影響を常に留意しておく必要があると考えられる。

謝辞

本検証は、清水建設株式会社の施設を借用して実施したものであり、多大なご協力をいただきましたことをここに感謝いたします。また、検証に協力していただいた各消防署、各課にも併せて謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 消防活動支援性能のあり方検討会 消防活動支援性能のあり方検討会報告書 (平成 18 年) 平成 19 年 2 月
- 2) 阿部他 加压排煙時の消防活動拠点における扉の流量係数及び開放力に関する実験研究 平成 16 年度日本火災学会研究発表会概要集 (2004. 5)
- 3) 社団法人建築研究振興協会 二層ゾーン建物内煙流動モデルと予測計算プログラム (2003. 2)

Verification of the Ventilation and Smoke Control Capacities of a Air Supply Truck

Hiroaki YUASA*, Shigeyuki YAMAMURA*, Akihiko IIDA**,
Shigeo WATANABE*

Abstract

To estimate the smoke ventilation capacity of an air supply truck coping with a large building fire, we measured the wind speed by conducting an experiment in the fire-resistant building with 14 stories above ground and 2 stories underground, and with a building area of 1,321 m² and a total floor area of 15,840 m². In addition, we also collected data through the measurement for identifying the truck's capacity when used for smoke control with a stairwell pressurized. Based on these measurement data, we evaluated the ventilation and smoke control capacities using BRI2002 and FDS.