

令和 4 年 5 月 13 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04728

研究課題名(和文)乱流解析による共用廊下の排煙性状の検証とその簡易最適設計手法の開発

研究課題名(英文)Verification of smoke exhaust properties in common corridors using turbulence analysis and development of its simple optimum design method

研究代表者

永井 久也(NAGAI, HISAYA)

三重大学・工学研究科・教授

研究者番号：40283402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、集合住宅、オフィスビル等の中廊下のような安全区画において設置される自然排煙方式および機械排煙方式の簡易設計法の確立を目的にその排煙性状を定量的に検討した。火災時の重要な避難経路である直線中廊下に自然排煙設備を設置する際には、廊下両端にそれぞれ法定面積以上の自然排煙口を設けるかあるいは、排煙給気のための下部給気口を設ける必要がある。ただし、開口面に平行に自然風程度風速の外気風が生じている場合には、排煙効率が低下するため、開口両側に適切なサイズの袖壁を設置する必要がある。一方、機械排煙を設ける際には、適切な給気のための給気口を設ける必要がありその適切な開口面積を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

排煙設備は機械排煙方式と自然排煙方式に大別され、それぞれその設置に当たってはその設置や構造に定量的な法的基準が設けられている。しかしながら、例えば「自然排煙方式の場合には、排煙口の面積は防煙区画された部分の床面積の1/50以上とする」といった理論的な根拠が不明である基準が多数あり、これら基準を一つ一つ明確にし、その基準を改定していく必要は非常に重要である。本研究では、火災時の避難安全上極めて重要な避難経路である中廊下に設ける排煙設備の設置条件をCFD解析により定量的に検討し、その新たな基準となるべき条件を明確化を目的としておりその社会的、学術的意義は高いと考える。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to quantitatively examine the smoke exhaust properties for the purpose of establishing a simple design method for natural smoke exhaust and mechanical smoke exhaust methods installed in safe areas such as central corridors of apartment buildings, office buildings and so on.

When installing natural smoke exhaust equipment in a straight middle corridor, which is an important evacuation route in the fire, either provide natural smoke exhaust outlets with more than legal area at both ends of it, or provide a lower fresh air inlets for smoke exhaust. However, if outside air with a natural wind speed is generated parallel to the opening surface, the smoke exhaust efficiency will decrease, so it is necessary to install sleeve walls of appropriate size on both sides of it. On the other hand, when providing mechanical smoke exhaust, it is necessary to provide some fresh air inlets for smoke exhaust, and the appropriate opening area has been clarified.

研究分野：建築環境工学

キーワード：中廊下 自然排煙 機械排煙 給気口 CFD

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ある一定規模以上の建築物は、火災発生時の安全対策の一つとして排煙設備の設置が義務付けられている。この排煙設備は機械排煙方式と自然排煙方式に大別され、それぞれその設置に当たってはその設置や構造に定量的な法的基準が設けられている。例えば、「当該防煙区画部分の各部分から排煙口の一に至る水平距離が 30m 以下」という基準や「自然排煙方式の場合には、排煙口の面積は防煙区画された部分の床面積の $1/50$ 以上とする」という基準などがあげられる。こういった基準(数値)は理論的な根拠が不明であることが多いことに加え、無条件に一律にこの数値を規定することにも大きな問題があることが多い。上記の排煙設備の例で言えば、ホテル、集合住宅あるいはオフィスビルなどの安全区画である中廊下に自然排煙を適用した場合が挙げられる。廊下は一般的には幅が狭いため、その長さが比較的長い場合でも、その床面積は非常に小さくなるため、基準に基づく排煙口面積は比較的小さくなる。さらに、水平距離の基準をそのまま適用すれば、長さ 30m までの廊下であれば、廊下のどちらかの端部一ヶ所の排煙口を設ければ法的な基準を満足することが可能となる。廊下の空間の気積や昨今の建築物の気密性を考慮すれば、こういった片側のみに排煙口を設けた場合の排煙は問題が多いと考えざるを得ないと言えよう。現実問題として、研究代表者が委員として務めている建築防災計画評定委員会においても、このような中廊下の片側のみに排煙口を採る自然排煙方式の高層建築事例が近年増えているのが現状である。こういった法的な基準の根拠や単純一律なその適用に対する問題、疑問は、上記の排煙方式の例に限らず多数存在するが、我々研究者はこういった問題、疑問を地道に一つ一つ解決し、定量的かつ合理的な新しい基準を提示して行く必要があると言えよう。

2. 研究の目的

上記のような背景を踏まえ、本研究では、集合住宅、オフィスビル等の中廊下のような安全区画において設置される自然排煙方式および機械排煙方式による排煙性状を定量的に検討し、その効果を明らかにすることを第一番目の目的としている。具体的には以下の 4 項目について CFD による数値解析により定量的に検討し、中廊下において排煙設備(自然排煙、機械排煙)を設置する場合の基準を定量的に明確化することを第一番目の目的とする。

(1)非火災空間である中廊下に火災発生空間からの漏煙があった場合の、片側排煙の自然排煙性状の定量的検討。

(2)非火災空間である中廊下に火災発生空間からの漏煙があった場合の、自然排煙性状に与える外気風の影響の定量的検討。

(3)非火災空間である中廊下に火災発生空間からの漏煙があった場合の、自然排煙時の漏煙量と排煙口面積の関係の定量的検討。

(4)非火災空間である中廊下に火災発生空間からの漏煙があった場合の、機械排煙時の漏煙量と排煙口間距離の関係の定量的検討。

この第一番目の検討結果により中廊下等の安全区画の火災時の排煙性状が明らかになれば、これらの結果を廊下の長さ(形状)、漏煙量、外気風向風速毎に必要な自然排煙口面積および排煙のために必要な給気口面積等についてのパターンを類型化し、それらの条件に応じた火災時の排煙設備(自然排煙、機械排煙)の簡易設計法の確立を第二番目の目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、火災時の避難経路である中廊下の自然排煙性状の検討を目的としていることから、廊下に接する居室で火災が発生し、何らかの理由で廊下側に漏煙が生じた場合を想定しているため、既往の火災想定実験の結果^{1) 2)}から非火災空間への漏温度は比較的低温であるとし、通常非圧縮性流体を対象とした k- ϵ モデルを用いた³⁾。図 1 に対象と中廊下を表 1 に用いた CFD モデルの概要および境界条件等を示す。

4. 研究成果

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- ・火災時の重要な避難経路となる長さ 30m の直線中廊下に自然排煙設備を設置する場合には、片側端部の法定面積の自然排煙口では不十分である。
- ・火災時の重要な避難経路となる長さ 30m の直線中廊下に自然排煙設備を設置する場合には、廊下の両端部にそれぞれ法定排煙面積以上(合計で法定面積の 2 倍)の排煙口を設けるか、あるいは両端部に合計で法定面積の自然排煙口を設け、かつ排煙効率向上のために自然排煙口面積と同等以上の下部外気給気口を設ける必要がある。
- ・上記の条件を満たす自然排煙設備であっても、定常的な自然外気風が自然排煙口面と平行に吹いている場合には、排煙効率は低下する。したがって、自然排煙口両端部に外気風遮蔽のための袖壁を設置する必要がある。ただし、この袖壁の間隔や寸法については、適切なサイズがあるた

め、設計の際にはその建物毎にその最適サイズを別途検討する必要がある。

- ・安全区間に機械排煙設備を設置する際には、消防活動の拠点となる非常用エレベーターロビー等の一部の区画を除き給気口の設置は義務付けられていないが、排煙のための外気給気口の有無によりその排煙性能は大きく影響を受ける。
- ・機械排煙設備の排煙効率には上記の通り排煙のための給気が必要であり、その効率は給気面積にある程度比例するが、ある一定程度を超えると性能には影響を与えないことが明らかとなった。
- ・以上の検討結果から、中廊下等の安全区画における自然排煙、機械排煙設備の新たな設置基準を明確にすることができた。

表1 CFDモデルの概要

ソフトウェア	STREAM Ver2020	
計算アルゴリズム	SIMPLE C	
移流項	QUICK	
乱流モデル	標準のk-モデル	
メッシュ間隔	中廊下	X方向：0.1m Y方向：0.05m Z方向：0.05m の等間隔メッシュ
	外部空間	最低限がXYZ方向：0.1m の等比間隔(1.2)のメッシュ
時間間隔	0.02秒間隔	
中廊下内初期温度	20 一様	
壁境界	速度	1/7乗則
	温度	断熱
流入境界	流量規定	
流出境界	全圧	

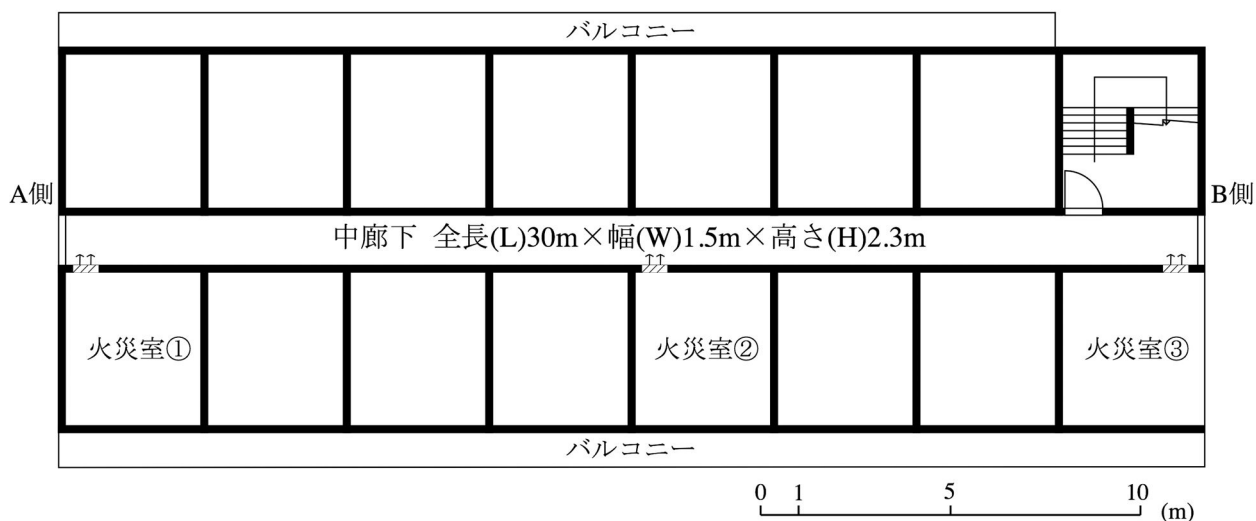


図1 解析対象空間(中廊下)

参考文献

- 1) Ji Jie, Li Kaiyuan, Zhong Wei, Huo Ran: Experimental investigation on influence of smoke venting velocity and vent height on mechanical smoke exhaust efficiency, Journal of Hazardous Materials, pp209-215, 2010
- 2) Nele Tilley, Bart Merci.: Numerical study of smoke extraction for adhered spill plumes in atria: Impact of extraction rate and geometrical parameters, Fire Safety Journal Vol.55, pp.106-115, 2013
- 3) 村上周三, 加藤信介, 義江龍一郎: 他鉛直加熱壁近傍の自然対流に関する乱流解析, 密度変化を伴う高浮力流れの数値シミュレーションに関する研究第3報, 日本建築学会計画系論文報告集, 第472号, pp.45-54, 1995.6

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 林幹也、永井久也、岩田剛、北野博亮
2. 発表標題 直線中廊下の自然排煙性状に与える外気風の影響についての検討
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林幹也、永井久也、岩田剛、北野博亮
2. 発表標題 直線中廊下の自然排煙性状に与える袖壁の効果についての検討
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永井久也、岩田剛
2. 発表標題 開放廊下と屋外階段間に設ける垂れ壁の防煙効果に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩田剛、永井久也
2. 発表標題 回廊型共用廊下の排煙性状に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会東海支部研究報告会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	岩田 剛 (IWATA TAKESHI) (20636542)	三重大学・工学研究科・技術専門員 (14101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------