

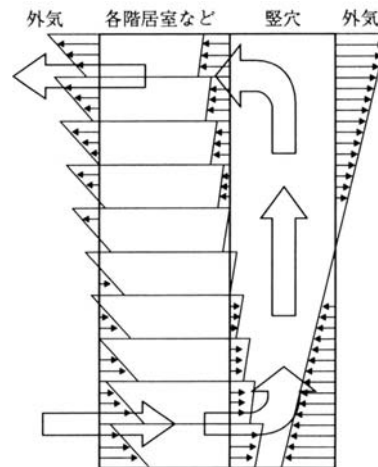
建築防火工学

野口貴文

防排煙設計

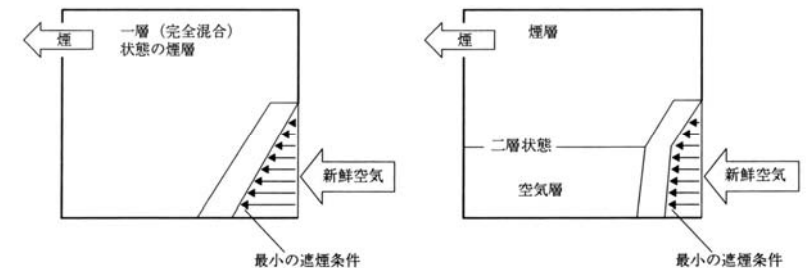
防排煙設計の目的・概念

- 火災時に発生する煙からの安全確保
- 火災性状の時間変化を把握した上で煙と新鮮空気の動きを制御
 - 気流の物理的な制御
 - 建物内部の圧力状態の制御
 - 煙突効果(竪穴を通して建物全体生じる大きな気流)の発生を考慮
 - 一つの開口部でも上下で煙の排出と空気の流入が生じることを考慮



煙制御(遮煙条件)

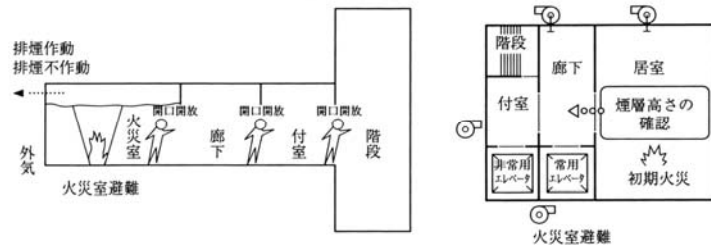
- 遮煙条件の達成
 - 煙の進入・流出を防止するために必要な開口部での圧力分布を制御



火災条件設定と安全性判定(1)

■ 火災室避難段階

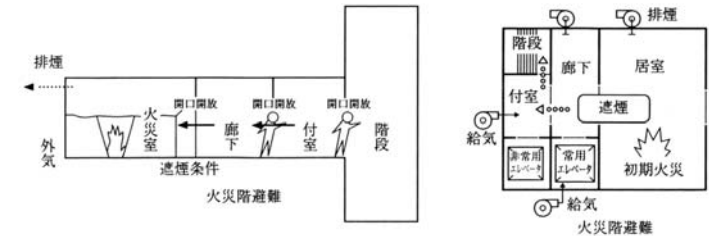
- 火災室における適切な火源(面積・規模)の設定
 - 標準火源、初期火災時の開口条件の設定
- 火災室内での煙性状を予測
 - 火災プルームモデル、2層ゾーンモデルによる天井面下の煙層厚さの予測
- 火災室避難完了時点まで煙層高さが許容高さまで降下しないこと



火災条件設定と安全性判定(2)

■ 火災階避難段階

- 火災室の火災状況を想定
 - 標準火源、初期火災時の開口条件の設定
- 火災室・火災階廊下での煙性状の予測
 - 火災プルームモデル、2層ゾーンモデルによる天井面下の煙層厚さの予測
- 火災室と廊下との間の扉が開放された状態でも、火災階避難完了時点まで廊下に煙が流出しないこと

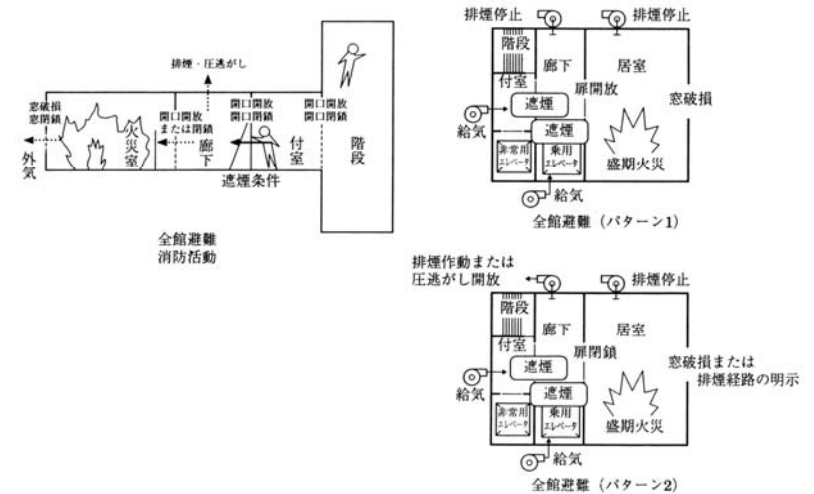


火災条件設定と安全性判定(3)

■ 盛期火災段階

- 火災室は盛期火災状態
 - 換気支配型火災の想定
 - 窓の破損を想定
 - 密閉度の高い場合は燃焼状態を考慮して温度予測
 - 初期温度条件に季節・地域特性を考慮
 - 冬期を想定して煙突効果を考慮
 - 扉
 - 避難・消防活動による開放と圧力障害検討のための閉鎖の両方を想定
 - 外気風
 - 地域特性・建物形状を考慮
 - 火災室外壁を風上側、加圧場所からの漏気による不利になる側を風下側に想定
- 付室扉付近の温度、扉の開閉に対応した圧力の予測
- 付室・縦穴区画直前の扉位置で遮煙されていること

火災条件設定と安全性判定(4)



排煙設備の設置条件

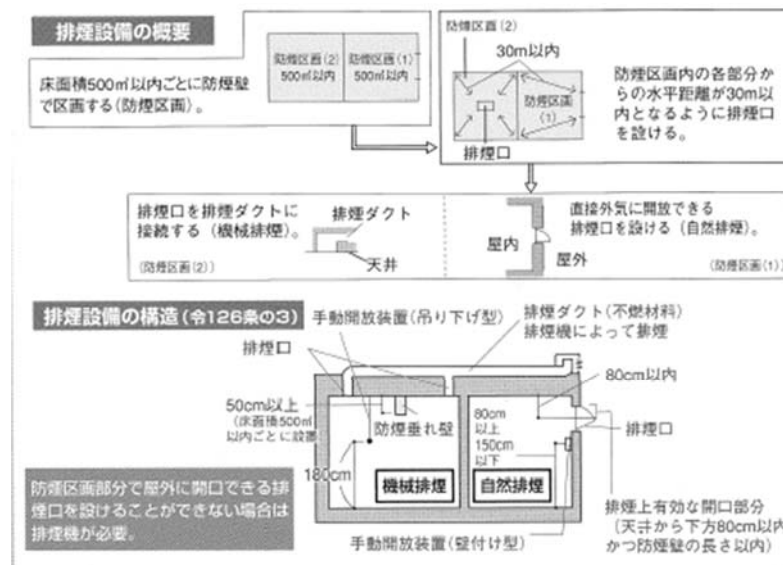
■ 排煙設備の設置義務

- 基準法35条、施行令126条の2
- 下に掲げる建築物には、500m²以内ごとに防煙区画を設け、それぞれの区画に排煙設備の設置が義務づけられている。
- 床面積500m²以内ごとに、防煙区画を設け、自然排煙または機械排煙を行う。

■ 排煙設備が必要な建築物

- 不特定多数の人が利用する特殊建築物で、延べ面積500m²超の建築物
- 階数が3以上で延べ面積が500m²超の建築物
- 天井または天井から下方80cm以内に居室の床面積の1/50以上の開口部のない排煙上の無窓の居室
- 延べ面積が1,000m²超の建築物の居室で、その床面積が200m²を超えるもの(ただし書きあり)

排煙設備の概要



煙の制御方法

■ 密閉法

- 火災室を密室化して酸素不足とし、燃焼そのものを抑制
- 密室化された区画が突破されないこと
- 様子確認・消火のための扉開放によるフラッシュオーバー・バックドラフトに要注意

■ 排煙法

- 火災室から煙を排出または吸引し、煙の漏出を防止

■ 加圧法

- 安全上必要な部分に新鮮空気を送り込み煙の進入を防止

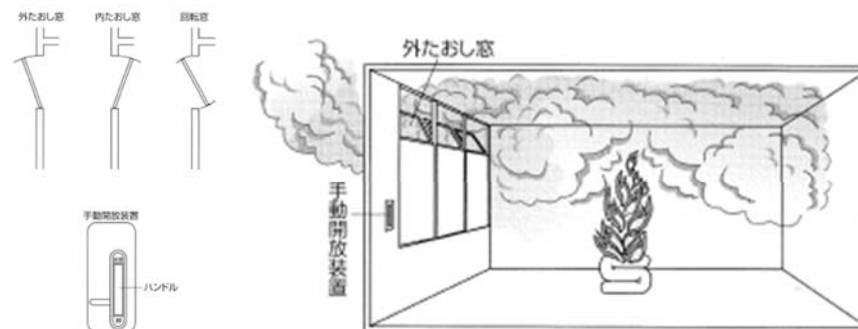
■ 蓄煙法

- 火災初期において大容積の空間を利用して煙を天井部に蓄え煙層が危険域に降下するまでに避難を完了させる方法
- 最終的な煙層を消防活動上支障のない高さに維持するための排煙口・給気口の設置

自然排煙(1)

■ 自然排煙設備

- 煙は天井面に溜まる性質上、天井近くに煙出し用の「ガラリ」を設けたり、「回転窓」、「内たおし窓」や「外たおし窓」等を手動開放装置により開け、外気に開放できるようにしてある。

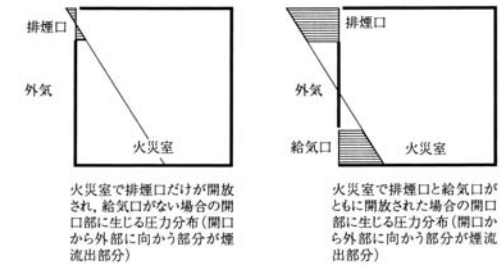


自然排煙(2)

- 煙の浮力を利用して汚染空間から煙を排出
 - スモークタワー方式(専用の煙突状の竪穴に煙を吸引させ、煙突効果を利用して頂部から排出)も自然排煙の一種
- 質量保存
 - 流出する煙と流入する新鮮空気の質量の釣合
- 熱エネルギー保存
 - 火災による発熱と逃げていく熱との釣合

自然排煙(3)

- 天井近くに排煙口、床面近くに給気口を設置すると効果的
- 排煙口は風上側のように偏らないように配置
- 法的条件
 - 排煙口面積 床面積の1/50
 - 排煙口位置 天井(屋根)、壁面(天井面から80cm以内かつ防煙垂れ壁の範囲内)
 - 開放装置操作位置 床面から80~150cmの高さ

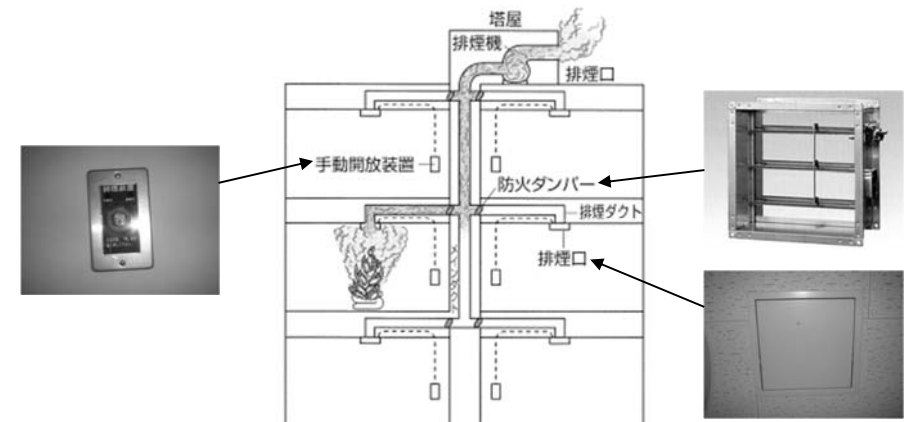


自然排煙(4)

- 長所
 - 動力源が不要
 - 天井の高い空間では排煙能力が高い
 - 煙の温度が高いほど排煙能力が高い
 - 窓などの利用が可能
 - 装置が建物内部を貫通しない
- 短所
 - 流入する空気により燃焼量が増大する
 - 風向きなどの自然条件に左右されるため安定性能が期待できない
 - 排煙口が風上側の場合、建物内部に煙を押し込む
 - 煙の拡がり方を意図的に制御できない
 - 外壁排煙部での高温排煙による上階延焼の恐れがある
 - 火災室上部の空気温度が高い場合、火災初期の煙が上昇しきれずに途中で拡散する

機械排煙(1)

- 機械排煙設備
 - 強制排煙の機械排煙設備は、排気ファンを使用して強制的に排煙する設備
 - 地下街の地下道等に設置



機械排煙(2)

■ 作動状況

- 手動開放装置(壁に設置)を作動させると、天井面の排煙口(常時は閉鎖)が開く
- 手動開放装置は屋上の排煙機と連動し、排煙ファンも回転を開始
- 排煙ダクト内を煙が流れ、塔屋の排煙機の排煙口から外気に煙が排出
- 吸い出される火災室の気圧は、廊下側より低いいため、煙が廊下側に流れ出る量は減少

■ 延焼防止

- 火勢の拡大に伴い、排煙ダクトが火災の媒体になる可能性
- ダクトの途中に、防火ダンパーを設置して、280℃で全部閉鎖
- 火災室からメインダクトに通じる防火ダンパーも閉鎖されるため、火災室の高温熱気は排煙機側へ流れない

機械排煙(3)

■ 複雑なシステム

- 排煙口、排煙ダクト、ダンパー、排煙口開口装置、排煙ファン、非常電源

■ ゾーニングが重要

- 個々の排煙区画面積の大きさに極端な差異が生じないこと
- 火災の拡大に伴い排煙が必要とされる区域と時間が変化

■ 法的条件

- 排煙風量 床面積1m²につき毎分1m³以上
- 排煙機能力 毎分120m³以上かつ最大区画の床面積について1m²当たり毎分2m³以上
- 排煙口 自然排煙と同じ
- 開放装置の位置 自然排煙と同じ
- 予備電源 必要

機械排煙(4)

■ 長所

- 火災室の圧力・排煙量を必要な値に設定しやすい
- 自然条件に左右されず安定した吸引量
- 外気に面していない空間にも適用可能
- 温度上昇が小さい煙でも吸引可能

■ 短所

- 複雑なシステム(排煙口、ダンパー、排煙口開放装置、非常電源、排煙機etc.)
- 維持管理が必要
- 低耐熱性(280℃防火ダンパーでは排煙口閉鎖)
- 停電時に停止
- 排煙量に見合う流入空気経路が確保できないと、異常な圧力低下による扉の閉鎖障害
- 排煙口の開放場所を誤ると、煙を呼び込む可能性あり
- 一度に多数の排煙口が開放されると、排煙風量が不足する可能性あり

機械排煙(5)

■ 排煙口

- 排煙口が閉鎖状態では、気密性が高いこと(漏洩量が明確なこと)
- 排煙口と排煙ダクトとの接続部の気密性が高いこと
- 作動中の振動対策をとること
- 耐熱性を有すること

■ 排煙ダクト

- 排煙温度が高くなった場合には、密閉防煙に移行できること
- 異常に長くないこと
- 防火区画貫通部には、防火ダンパーや耐火ダクトを使用すること

■ 排煙ファン(排煙機)

- 吸込温度280℃で30分以上異常なく運転可能であり、580℃で30分以上著しい損傷なく運転可能
- 最上部であること
- 空気の取入口がない場所であること
- 高温の煙が排出されても安全な場所であること

機械排煙(6)

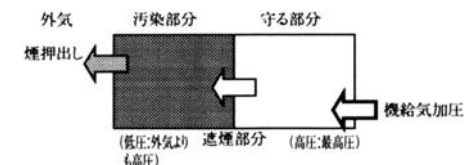
■ 天井チャンバー方式

- 機械排煙法の一つ
- 天井面全体を均一に排煙する
- チャンバー容積分の蓄煙量が期待できる
- チャンバー内の気密性確保が重要 → 排煙能力に影響
- チャンバー内の均一な圧力、吸込口での等風量の確保が重要
- 天井内の配線の耐熱性の確保
- 天井内部に煙感知器の設置が必要

機械排煙(7)

■ 問題点

- 特別避難階段付室・非常用エレベータ乗降口ビーへの設置義務
 - 最後まで防護すべき空間に積極的に煙を呼び込む可能性あり
- 設計上の制約
 - 火災発生のおそれのある全区画での排煙を考慮
 - 排煙量は日常空調風量の数倍であるため別系統のダクトが必要



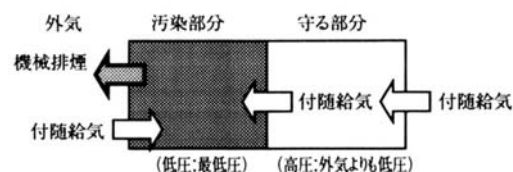
加圧防排煙(1)

■ 設計思想

- 必要な時点まで防護すべき空間(最終案全区画、消防活動拠点)の圧力を最も高める
- 低次の安全区画へ行くに従い、圧力を低下させる
- 排煙を行う場所の圧力を最低にする

■ 問題点

- 給気された新鮮空気が火勢を助長
- 万一加圧部分の縦穴区画に煙が進入した場合、火災階以外の空間に煙を押し込み、煙汚染を急速に拡大



加圧防排煙(2)

■ 注意点

- 給気取入口の設置位置
 - 排煙口の近傍に設置すると、ショートサーキット生成
 - 地上から高い位置では、下階での火災による煙を吸引
- 漏気
 - 想定部位以外に大きな漏気経路がある場合、加圧の結果として、非火災部分に煙を押し出す可能性
- 新鮮空気の継続給気
 - 火災時の必要期間中、電源の確保が必要
 - 火災の影響を受けない専用給気ダクトが必要
 - 煙を押し返すことができる、給気吹出口(均等圧力、吹出し形状、気流方向)

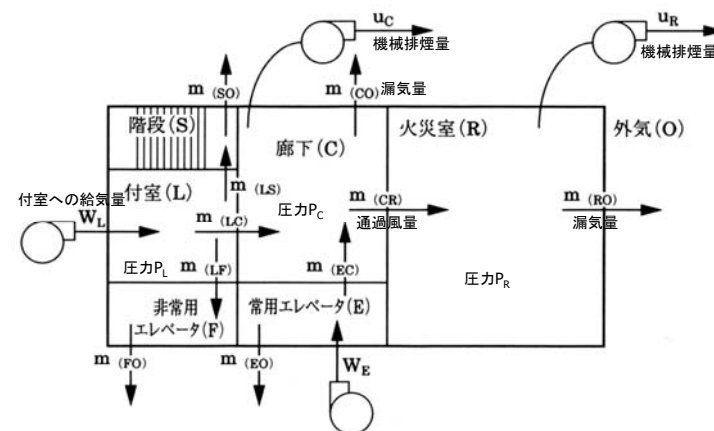
加圧防排煙(3)

■ 扉間の圧力制御法(適正な圧力差)

- 開放時の遮煙条件達成、閉鎖時の開閉障害防止
- 圧力観測センサーの設置
- 付室給気ファンの回転数の制御
- 付室給気ダクトに圧力調整用バイパスダンパーを設置
- 付室と廊下との間にレリーフダンパー・バイパスダクトを設置
- 廊下の外気に面する部分にレリーフダンパーを設置
- 壁に防火ダンパー付ガラリを使用
- 付室防火扉に隙間(下部)・防火ダンパー付きガラリを設置
- 防火扉を上下2段にし、上部扉を煙感知器連動で閉鎖
- 付室給気ファンの稼働台数を扉開閉に合わせて制御



加圧防排煙(4)



加圧防排煙(5)

■ 加圧給気量の決定方法

- 方法1

- 火災初期避難を想定し、火災室扉での遮煙条件を考え、機械排煙と組み合わせて給気量を決定
 1. 火災室温度を設定(2層ゾーンモデルの場合は煙層高さも設定)
 2. 開放された火災室扉での遮煙条件より廊下から火災室への給気量 m_{CR} を決定し、圧力差と流量の関係から、火災室と廊下との圧力差 Δp_{CR} を算出
 3. 火災室の機械排煙量 u_R を設定
 4. 火災室の収支 ($m_{RO} = m_{CR} - u_R$) より、火災室から外気への漏気量 m_{RO} 、火災室と外気との圧力差 Δp_{RO} を決定し、火災室の圧力 p_R を算出
 5. 火災室と廊下との圧力差 $\Delta p_{CR} = p_C - p_R$ より、 p_C を算出
 6. 廊下と外気との圧力差 $\Delta p_{CO} = p_C - p_O$ より、 Δp_{CO} を決定し、圧力差と流量の関係から、廊下から外気への漏気量 m_{CO} を算出

加圧防排煙(6)

■ 加圧給気量の決定方法

- 方法1(続き)

7. 常用エレベータシャフトから廊下への給気量 m_{EC} を設定
8. 廊下の機械排煙量 $u_C = 0$ とする
9. 廊下での収支 ($m_{LC} = m_{CR} + m_{CO} - m_{EC}$) より、付室から廊下への給気量 m_{LC} を決定し、圧力差と流量の関係から Δp_{LC} を算出
10. 付室と廊下との圧力差 $\Delta p_{LC} = p_L - p_C$ より、 p_L を算出
11. 付室から階段室・非常用エレベータシャフトを経由して外気までの合成有効開口面積*を決定し、付室から階段への漏気量 m_{LS} および付室から非常用エレベータシャフトへの漏気量 m_{LF} を算出

*
12. 付室の収支 ($W_L = m_{LS} + m_{LC} + m_{LF}$) より、付室への給気量 W_L を算出

加圧防排煙(7)

■ 加圧給気量の決定方法

－ 方法2

- 火災(避難)の各段階における給気量を決定
 - ① 火災室避難時の排煙量を、2層ゾーンモデルでブルーム流量を考慮し、流量収支および煙層温度の計算から決定
 - 火災室避難完了時の煙層高さが、避難安全高さ1.8mまたは開口高さよりも高いことを確認
 - ② 火災階避難時の給気量を、火災室扉が開いた状態での遮煙条件から求め、建物内の圧力を決定
 - 漏気量を含めた付室・エレベータシャフトへの送風量を決定
 - ③ 盛期火災を想定した全館避難時の付室と廊下との間の遮煙条件から、付室開放状態でも付室への煙の浸入がない給気量を算出して、建物内の圧力を決定
 - 漏気量を含めた付室・エレベータシャフトへの送風量を決定
- － ①～③で最大のものを給気量として決定

加圧防排煙(8)

■ 性能の確認

- － 計画通りにシステムが作動することを竣工時に必ず確認
- － 確認方法1
 - 設計時の開口条件に準じて、常温の条件下で気流性状および圧力場を算定しておく
 - 加圧防煙システムを想定した開口条件下で作動させ、常温下で予想通りの気流性状および圧力場が形成されることを確認する
- － 確認方法2
 - 火災階避難条件下での気流性状および圧力場の予測結果を使用する（方法1のような別計算が不要）
 - 火災階避難の予測条件下での火災室温度に対応した風量を常温下での補正を行って排煙量として与え、予測通りの気流性状および圧力場が形成されることを確認する

消防隊による排煙活動

- 火災により生じた煙は、消防隊の消火活動の妨げとなる。地下街や地下室は煙が溜まりやすい。
- 送排煙機にフレキシブルダクトを取り付けて、強制的に煙を排除
- エンジン、電気、水流駆動
- 漏洩ガスの排除には、水流駆動が最適

