

加圧防煙に関する改正告示（平成21年9月）の特別避難階段の付室への適用に関する検討

— 告示の読み解きと付室加圧煙制御設計の手順 —

STUDY ON HOW TO APPLY THE MINISTRY OF CONSTRUCTION NOTIFICATION No.1728 TO VESTIBULE PRESSURIZATION SMOKE CONTROL SYSTEM

— Analysis of the notification and a proposal of design procedure for the system —

森山 博 — * 1 角谷三夫 — * 2
久次米真美子 — * 3 田中孝義 — * 4

Hiroshi MORIYAMA — * 1 Mitsuo KADOYA — * 2
Mamiko KUJIME — * 3 Takeyoshi TANAKA — * 4

キーワード:

付室加圧煙制御システム, 給気量, 階段付室

Keywords:

Vestibule pressurization smoke control system, Air supply rate, Vestibule

The Ministry of Construction notification No.1728 was revised in 2009, which shows prescriptions on vestibule pressurization smoke control system. But the notification prescribes only the air flow velocity at the opening to attempt to prevent smoke invasion, and doesn't explain the calculation method of necessary air supply rate to a vestibule.

A working group in Kinki chapter of AIJ examines how to solve problems of the notification to operate the system accurately. As a part of the results of these examinations, this report mentions the interpretation of the notification and the design procedure for the system.

1. はじめに

平成21年の国土交通省告示第1007号により建設省告示第1728号が改正され加圧防煙に関する内容が規定されたが（以降、当該告示の加圧防煙に関する部分を告示という。）、当該告示では遮煙開口部（遮煙対象とする開口部で、当該告示では付室—隣接室間開口部を指す。）における風速が与えられているだけで、その風速を確保するために必要な給気風量の算定方法が定められていない。つまり必要風速を確保するための考え方が明らかでないために、設計条件によっては規定の風速が確保されない恐れがある。その反面、安全を確保しながらコスト面においても合理的な煙制御方法とできる可能性もある。

日本建築学会近畿支部防災計画部会及び加圧防煙研究会では、付室加圧煙制御の望ましい運用のために、告示に関連する課題をどのように考え扱ったら良いか検討を行い、報告書としてまとめた¹⁾。本報告は、その告示の考え方の読み解きと、告示による付室加圧煙制御設計の手順について、内容の整理と改良を加えて報告する。

2. 告示で想定しているシナリオ

告示では、付室に機械給気を行い付室—隣接室間の開口部において遮煙を達成することを目的とする。そのため、隣接室の火災時の想定温度を与えた上で、遮煙開口部における遮煙風速を考える必要がある。隣接室は、火災発生の恐れのない廊下である場合と、火災室となる室（告示では一般室と呼ばれている。）である場合がある。

告示の遮煙風量は「加圧防排煙設備の設置及び維持に関する技術

上の基準（平成21年消防庁告示第16号）と値を調整して出されたが、消防庁告示第16号に関連する検討では火災室で24MWの発熱を想定し、火災室温度はその規模により297~945℃になると試算している²⁾。告示において、火災室となる一般室では盛期火災を想定し、その温度を800℃と仮定していることは、この試算の値も考慮にあると考えられる³⁾。

告示で規定される必要排出風速 V を基に隣接室の温度を逆算すると、次のように整理することができる（図1）。

①隣接室が火災室である（一般室が付室に直接面している）場合は、盛期火災時の温度として800℃を想定する。

隣接室は非火災室であるが、一般室—隣接室間の扉が防火性能を

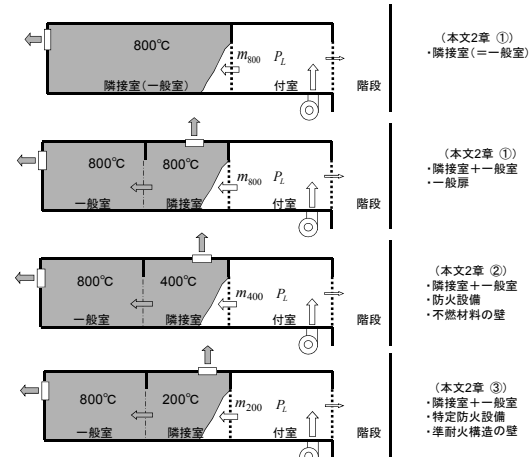


図1 付室加圧告示が想定している火災条件

¹⁾ 関西西建築防災研究所
(〒540-0033 大阪府大阪市中央区石町1-1-1 天満橋千代田ビル2号館10F)

²⁾ 関西西建築防災研究所 代表取締役

³⁾ 朝日建設防災計画室 主管・工博

⁴⁾ 京都大学防災研究所 教授・工博

¹⁾ Kansai Fire Safety Engineering Corp.

²⁾ President, Kansai Fire Safety Engineering Corp.

³⁾ Supervisor, Disaster Prevention Planning Div., Nikken Sekkei Ltd., Dr. Eng.

⁴⁾ Prof., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Dr. Eng.

持たない場合は、火災により扉が破壊され火災室からの高温ガスが隣接室に流入するとみなしてこの場合も 800℃を想定する。

②隣接室は非火災室であるとしても、一般室-隣接室間の扉が防火設備の場合は、火災による扉の熱変形や隙間からの漏れなどによる温度上昇を考慮して 400℃を想定する。

③隣接室は非火災室であり、一般室-隣接室間の扉が特定防火設備の場合、火災による扉の熱変形や隙間からの漏れなどが少ないとみなして 200℃を想定する。

設定温度の算定根拠は、3章 3.1 節で示す。

3. 告示の考え方の読み解き

本章は、告示に示されている規定の根拠を考察する。告示においては、遮煙開口部における排出風速は常温時の排出風速として示されており、これは建物完成時の性能確認が常温でしか行い難いことを考えると便利な方法である。しかし、高温時における実際の気流の動きがどのような条件下で起きているのか設計者に意識されにくいという欠点もある。このことからここでは高温時における遮煙に必要な排出風速からの考察とする。

3.1 遮煙開口部における風速、流量の考え方（遮煙条件の算定）

遮煙開口部において遮煙を達成するには、遮煙開口部で図 2 のような圧力分布が達成されればよい。すなわち、開口上端で加圧側の圧力が 0 以上となることである。

その時必要な風速と流量は以下のようにして求められる。なお、消防隊員が消防活動のために扉を開く

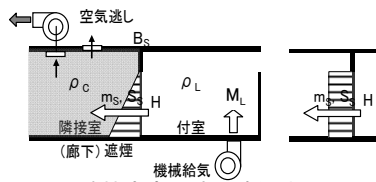


図 2 隣接室高温時の遮煙状況

ときの幅が 0.6m 程度とされていることから²⁾、火災時の遮煙開口部の扉幅は 0.6m と設定する。遮煙開口部における風速は、2 章の想定温度と遮煙開口部の扉幅を用いると説明できる。

(1) 隣接室高温時の遮煙開口部における必要風速

温度差のある 2 室間の開口部で遮煙するとき、図 2 左のような圧力分布となる流量 [kg/s] は以下となる。

$$m_s = \frac{2}{3} \alpha B_s \sqrt{2g\rho_L \Delta\rho} H^{3/2} \quad (1)$$

この場合の風速は高さ方向で変化するが、図 2 右のように両室を等温と考えて同流量を確保するための風速を平均風速 [m/s] とすると、

$$m_s = \alpha (B_s H) \rho_L V_s \quad (2)$$

と表せるので、これらの式から平均風速は以下となる。

$$V_s = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2g\Delta\rho H}{\rho_L}} \quad (3)$$

ここに $\Delta\rho$ は開口の両側の室間における気体の密度差である。隣接室の想定温度 $T_s = 800^\circ\text{C}$ 、 400°C 、 200°C 、及び付室温度 20°C に対応する密度 [kg/m³] を、

$$\rho_s = 353 / (273 + T_s) \quad (4)$$

から求め、その値を式 (3) に代入して必要平均風速 [m/s] を求めると、

$$\begin{aligned} 800^\circ\text{C} のとき、V_s &= 2.5\sqrt{H} \\ 400^\circ\text{C} のとき、V_s &= 2.2\sqrt{H} \\ 200^\circ\text{C} のとき、V_s &= 1.8\sqrt{H} \end{aligned} \quad (5)$$

となる。遮煙開口部の必要平均圧力差³⁾ [Pa] を求めると以下となる。

$$\begin{aligned} 800^\circ\text{C} のとき、\Delta P_s &= \rho_L V_s^2 / 2 = 3.75H \quad (\equiv \Delta P_{800}) \\ 400^\circ\text{C} のとき、\Delta P_s &= \rho_L V_s^2 / 2 = 2.90H \quad (\equiv \Delta P_{400}) \\ 200^\circ\text{C} のとき、\Delta P_s &= \rho_L V_s^2 / 2 = 1.94H \quad (\equiv \Delta P_{200}) \end{aligned} \quad (6)$$

(2) 隣接室常温時の遮煙開口部における必要風速

式 (2) より、遮煙に必要な開口流量 m_s は、

$$m_s = \alpha (B_s H) \rho_L V_s = \alpha (0.6) H \rho_L V_s \quad (7)$$

となる。しかし、告示では必要風速の確認を $B_n = 0.4$ [m] で行うことになっているので、常温時の遮煙開口部における風速を V_n [m/s] とすると、常温時の遮煙開口部における流量 m_n は、

$$m_n = \alpha (B_n H) \rho_L V_n = \alpha (0.4) H \rho_L V_n \quad (8)$$

となる。 $m_n = m_s$ とすることが必要であることから、式 (7) (8) より、

$$V_n = \frac{3}{2} V_s \quad (9)$$

これから遮煙開口部を通過する排出風速 V_n [m/s] は以下となる。

$$\begin{aligned} 800^\circ\text{C} のとき、V_n &= (3/2) \times 2.5\sqrt{H} = 3.8\sqrt{H} \\ 400^\circ\text{C} のとき、V_n &= (3/2) \times 2.2\sqrt{H} = 3.3\sqrt{H} \\ 200^\circ\text{C} のとき、V_n &= (3/2) \times 1.8\sqrt{H} = 2.7\sqrt{H} \end{aligned} \quad (10)$$

検査時にはこれらの風速がとれているかを確認すればよい。告示では、これらの値が遮煙開口部を通過する排出風速としており、2 章 ①～③で示した設定温度が想定されていることが分かる。

また、遮煙開口部における必要体積流量 [m³/s] は以下となる。遮煙開口部は平面的開口であるので、流量係数 $\alpha = 0.7$ とする。

$$S_n = \alpha (B_n H) V_n = 0.7 (0.4 H) V_n = 0.28 H V_n \quad (11)$$

3.2 空気逃し口の開口面積の考え方

高温時に付室から隣接室への空気量が、隣接室に設けた空気逃し口及び機械排煙設備から排出されるとすると、流量収支の関係は、

$$m_s = m_p + m_e \quad (12)$$

$$\rho_L S_s = \rho_s S_p + \rho_s S_e \quad (13)$$

S_s は遮煙開口部の通過流量 [m³/s]、 S_p は空気逃し口の通過流量、 S_e は機械排煙による排出量である。空気逃し口の通過流量 S_p は、

$$S_p = \frac{\rho_L}{\rho_s} S_s - S_e \quad (14)$$

空気逃し口の開口面積 A_p は、空気逃し口の通過流量 S_p の関係式、

$$\rho_s S_p = \alpha A_p \sqrt{2\rho_s \Delta P_{CO}} \quad (15)$$

$$\alpha A_p = S_p \sqrt{\frac{\rho_s}{2\Delta P_{CO}}} \quad (16)$$

式 (14) を式 (16) に代入すると、

$$\alpha A_p = \sqrt{\frac{\rho_s}{2\Delta P_{CO}}} \left(\frac{\rho_L}{\rho_s} S_s - S_e \right) \quad (17)$$

$S_s = S_n$ であるから、常温時の遮煙開口部の流速 V_n を用いて空気逃し口の開口面積を表すには、式 (11) を式 (17) の S_s に代入すればよい。隣接室 800℃のときの空気逃し口の開口面積は、

$$\alpha A_p = \sqrt{\frac{0.33}{2(19.6)}} \left(\frac{1.2}{0.33} \times 0.28 H V_n - S_e \right) = \frac{V_n H - S_e}{10.9} \quad (18)$$

ここで、空気逃し口における圧力差 ΔP_{CO} の上限は、遮煙性能を有する防火設備の構造方法 (S46 年 建 告 示 第 2564 号) に倣い、19.6Pa としている。空気逃し口の実質開口面積 A_p [m²] は次式で与えられ、

これが告示に規定されていると考えることができる。

$$A_p = \frac{V_n H - S_e}{0.7 \times 10.9} \approx \frac{V_n H - S_e}{7} \quad (19)$$

3.3 遮煙開口部扉の開放障害防止のための圧力調整開口の考え方

付室扉の開放障害の発生を防ぐために、遮煙開口部の戸の部分にガラリその他の圧力調整装置を設けるか、もしくは遮煙開口部に近接する部分に圧力調整ダンパーを設けることと規定されている。戸に設ける圧力調整装置とはレバーハンドルを押すことにより圧力差に関係なく開放されるパニックドアなどを指すと考えられるので、ここでは、圧力調整のためのダンパーを設ける場合の開口面積の算定方法について示すこととする。

遮煙開口部の扉が閉鎖しているときに扉に流れる流量を m_d とすると、圧力差 ΔP_d [Pa] は、遮煙開口部の圧力調整ダンパーの有効開口面積を αA_{amp} 、扉閉鎖時の扉の有効開口面積を $\alpha A_{d,close}$ として、

$$\Delta P_d = \frac{m_d^2}{2\rho_L(\alpha A_{amp} + \alpha A_{d,close})^2} \quad (20)$$

扉を開放するのに必要な力 F [N] はヒンジ周りの回転モーメント [N・m] の釣り合いから、

$$FB_d \geq M_{DC} + \Delta P_d A_d \cdot (B_d/2) \quad (21)$$

式(21)を圧力差 ΔP_d について整理すると、 B_d 及び A_d は常に正であることから、扉を開放できる圧力差 ΔP_d の条件は以下となる。

$$\Delta P_d \leq \frac{2(FB_d - M_{DC})}{A_d B_d} \quad (22)$$

扉の開放障害を防止するために設ける圧力調整ダンパーの有効開口面積 αA_{amp} は、式(20)から、

$$\alpha A_{amp} = \frac{m_d}{\sqrt{2\rho_L \Delta P_d}} - \alpha A_{d,close} \quad (23)$$

告示においては、遮煙開口部閉鎖時の扉の隙間 $\alpha A_{d,close}$ を無視し、さらに、扉に流れる流量は遮煙開口部の通過流量 S_S [m³/s] であると考えとする。ドアクローザーの抵抗モーメント M_{DC} を 40 [N・m]、開放に必要な力の許容値 F を 100 [N]、扉寸法を $B_d = 1.0$ [m]、 $H = 2.0$ [m] とすると、扉の開放障害を生じさせないための圧力差の条件は式(22)から、

$$\Delta P_d \leq 60 \quad (24)$$

また、圧力調整ダンパーの有効面積 αA_{amp} は式(23)から、

$$\alpha A_{amp} \approx \frac{\rho_L S_S}{\sqrt{2\rho_L \times \Delta P_d}} \geq \frac{1}{10} S_S \quad (25)$$

遮煙開口部の通過流量 S_S は式(11)なので、式(25)に代入すると次式となり、これが告示に規定されていると考えることができる。

$$A_{amp} \geq \frac{0.28V_n H}{10\alpha} = \frac{0.28V_n H}{10(0.7)} = 0.04V_n H \quad (26)$$

4. 告示による付室加圧煙制御設計の手順

設計手順をフローに表すと図4のようになる。

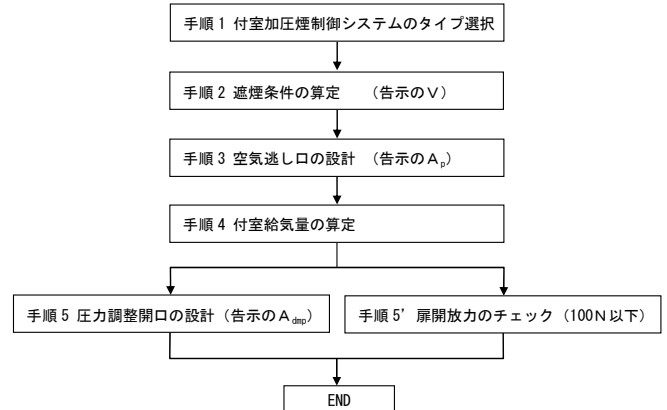


図4 付室加圧煙制御設計の手順フロー

告示では遮煙開口部における通過流速を定めているが、実際には付室から階段その他の空間への漏れが発生するため、これらの損失を見込んだ量を給気量として設計する必要がある。以下に、漏れ量を見込んだ付室への必要給気量の決定方法の手順を示す。

4.1 付室加圧煙制御システムのタイプ分け (手順1)

告示に基づく付室加圧煙制御システムでは、付室に機械給気する点は一般的な加圧煙制御方式に共通であるが、空気逃し口を隣接室または一般室に設ける点特徴的である。空気逃し口は隣接室または一般室のいずれかで良い訳であるが、両方に設ける方が有利な場合も皆無とは言えない。また、階避難のために機械排煙が設けられる場合は、これを全館避難が対象の付室加圧煙制御システムの空気逃しに兼用することも考えられる。この場合、堅ダクトと水平ダクト間は常時閉鎖の防火ダンパーで遮煙されており、火災時には出火階のみで排煙のため開き、その後は閉鎖しないシステムとなる。本

表1 可能な空気逃しの組み合わせ

一般室(=隣接室) 800°C		空気逃し口			
自然換気タイプ	機械排煙	ダンパー非閉鎖	ダンパー閉鎖	なし	
あり	あり	o			
あり	なし		n		
なし	あり			n	
なし	なし				N

隣接室 800°C		空気逃し口			
自然換気タイプ	機械排煙	ダンパー非閉鎖	ダンパー閉鎖	なし	
あり	あり	o-o	o-n	o-N	
あり	なし		n-n	n-N	
なし	あり	n-o	n-n	n-N	
なし	なし	N-o	N-n	N-N	

隣接室 400°C		空気逃し口			
自然換気タイプ	機械排煙	ダンパー非閉鎖	ダンパー閉鎖	なし	
あり	あり	o-o	o-S	o-N	
あり	なし		n-S	n-N	
なし	あり	n-o	n-S	n-N	
なし	なし	N-o	N-S	N-N	

隣接室 200°C		空気逃し口			
自然換気タイプ	機械排煙	ダンパー非閉鎖	ダンパー閉鎖	なし	
あり	あり	o-o	o-S	o-N	
あり	なし		n-S	n-N	
なし	あり	n-o	n-S	n-N	
なし	なし	N-o	N-S	N-N	

o: 自然換気タイプの空気逃し口有り
 N: 空気逃し口無し
 o: 停止後の機械排煙が空気逃し口として機能する場合
 n: 停止後の機械排煙が空気逃し口として機能しない場合
 S: 隣接室で、機械排煙が作動する場合
 x: 空気逃しが全く無いこととなるため認められないタイプ
 A-B: A一般室とB隣接室の空気逃し口の組み合わせ

報告では、空気逃し口として働くものとして、自然換気タイプと上記のようなダンパー非閉鎖の機械排煙設備も含めて対象とする。これらを考慮して、建物の状況に応じたシステムを網羅したものを表1に示す。表中では細かく分類しているが、空気逃し口有りをo、空気逃し口無しをN、機械排煙ありをSとし、排煙停止後に空気逃し口として機能する機械排煙も'空気逃し口有り'と、排煙が止まることにより空気逃しが

無しになる機械排煙も'空気逃し口無し'と各々みなしてまとめれば、可能なシステムのタイプの数は、0、0-0、0-N、N-0、0-S、N-Sの6種類14タイプ(表1網目)を考えればよい。

4.2 遮煙条件の算定 (手順2)

遮煙開口部を通過する質量流量 $m_S (= m_n)$ は、告示に定められた遮煙開口部の排出風速 V_n (式(10)) を用いて次のように整理できる。

$$\begin{aligned}
 800^\circ\text{Cのとき、} & m_S = 0.7(0.4H) \cdot 1.2(3.8\sqrt{H}) = 1.28H^{3/2} \\
 400^\circ\text{Cのとき、} & m_S = 0.7(0.4H) \cdot 1.2(3.3\sqrt{H}) = 1.11H^{3/2} \quad (27) \\
 200^\circ\text{Cのとき、} & m_S = 0.7(0.4H) \cdot 1.2(2.7\sqrt{H}) = 0.908H^{3/2}
 \end{aligned}$$

この値以上になるように遮煙開口部の通過流量を設定すればよい。また、遮煙開口部における必要平均圧力差は、式(6)から求める。

4.3 空気逃しの開口面積 A_p の算定 (手順 3)

空気逃し口の必要開口面積 A_p を、式(19)を用いて算定する。

空気逃し口は、一般室と隣接室のどちらかもしくは両方に設置する、と定められていることから、

$$A_{RO} + A_{CO} \geq A_p \quad (28)$$

となるように空気逃し口の開口面積を設計することになる。

4.4 付室への給気量の算定 (手順 4)

図 5 より付室周りの流量収支及び開口流量と平均圧力差の関係は、 P_L を同じ高さの外気を基準とした付室圧力 [Pa] とすると、

$$M_L = m_S + m_{LS} + m_{LF} + m_{LO} \quad (29)$$

$$m_{LS} = \alpha A_{LS} \sqrt{2\rho_L P_L} \quad (\text{付室-階段室間}) \quad (30)$$

$$m_{LF} = \alpha A_{LF} \sqrt{2\rho_L P_L} \quad (\text{付室-非常用EV間}) \quad (31)$$

$$m_{LO} = \alpha A_{LO} \sqrt{2\rho_L P_L} \quad (\text{付室-外部間}) \quad (32)$$

となる。ただし、階段室及び非常用EVの圧力は外気と同等とする。遮煙開口部の通過流量 m_S 以外の各漏れ量を求めるには、 P_L を知る必要がある。 P_L は外気を基準とした隣接室圧力 P_C と遮煙開口部の圧力差 ΔP_S を使って、

$$P_L = P_C + \Delta P_S \quad (33)$$

となるが、実際には一般室と隣接室のどちらかもしくは両方に空気逃し口が設置されるため、一般室と隣接室周りの流量収支、及び空気逃し口の開口流量と平均圧力差の関係は、

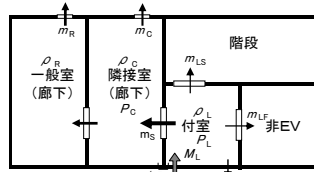


図 5 付室周りの流量関係

$$m_S = m_R + m_C \quad (34)$$

$$m_R = \alpha A_{RO} \sqrt{2\rho_R \Delta P_{RO}} \quad (\text{一般室の空気逃し口}) \quad (35)$$

$$m_C = \alpha A_{CO} \sqrt{2\rho_C \Delta P_{CO}} \quad (\text{隣接室の空気逃し口}) \quad (36)$$

となり、これら空気逃し口の影響を加味した圧力関係の計算が必要となる。そこで、下記のどちらかの方法で求められる。

①空気逃し口の開口面積 A_{RO} 、 A_{CO} を与えて、一般室や隣接室の圧力 ΔP_{RO} 、 ΔP_{CO} を求めたうえで、付室圧力 P_L を求める。

②付室圧力 P_L を与えて一般室や隣接室の圧力 ΔP_{RO} 、 ΔP_{CO} を求めたうえで、空気逃し口の必要開口面積 A_{RO} 、 A_{CO} 及び排出流量 m_R 、 m_C を求める。

なお、空気逃し口の設置タイプ別の計算方法を、次の章に示した。

式(30)~(32)を用いて各漏れ量を算定し、式(29)を用いて付室への給気量を算定する。

4.5 圧力調整開口の設計、扉開放力のチェック (手順 5・5')

圧力調整開口の必要開口面積 A_{imp} は式(26)を用いて算定する。もしくは、式(20)(21)より、扉開放力 F が 100 [N] 以下となるように A_{imp} を設定する。

5. 付室への必要給気量のタイプ別計算方法

付室への必要給気量のタイプ別計算方法を表 2 に示す。

告示では、遮煙開口部での必要風量が体積流量として与えられているが、付室への必要給気量を計算する場合は隣接室や一般室の温度が関係するため、温度が異なる系での流量を扱う場合に体積流量では不便が生じる。そこで、このような温度差のある空間での扱いに便利な質量流量を用いる。

5.1 タイプ別計算方法の補足

a. 各温度の(0-0)タイプの補足

隣接室の温度を T °C として、付室及び廊下の圧力 P_L 、 P_C の関係は、

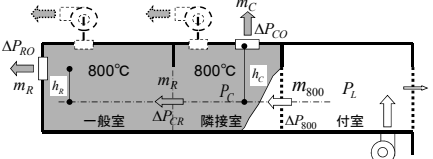
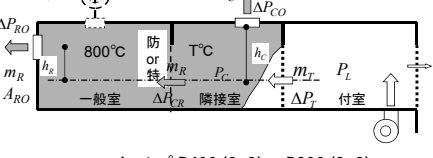
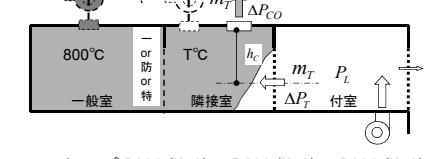
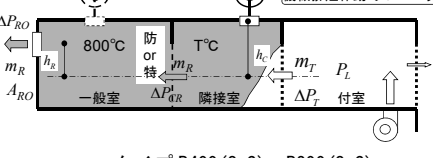
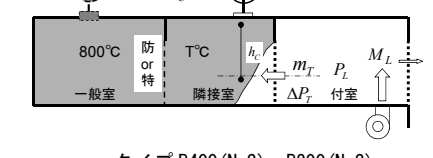
$$\begin{aligned}
 P_L &= P_C + \Delta P_T \\
 P_C &= P_R + \Delta P_{CR}
 \end{aligned} \quad (37)$$

隣接室の圧力 P_C に関して、

表 2 付室への必要給気量のタイプ別計算方法(1)

タイプ	①空気逃し口面積 A_{RO} 、 A_{CO} を与えて付室圧力 P_L を求める方法	②付室圧力 P_L を与えて空気逃し口面積 A_{RO} 、 A_{CO} を求める方法
<p>タイプ A800 (0)</p>	$P_L = \Delta P_{RO} - \Delta \rho_{800} g h_R + \Delta P_{800}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = \frac{m_{800}^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2}$</p>	$A_{RO} = \frac{m_{800}}{\alpha \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = P_L - \Delta P_{800} + \Delta \rho_{800} g h_R$</p>
<p>タイプ B800 (0-N)</p>	$P_L = \Delta P_{RO} - \Delta \rho_{800} g h_R + \Delta P_{CR} + \Delta P_{800}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = \frac{m_{800}^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2}$</p> $\Delta P_{CR} = \frac{m_{800}^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CR})^2}$	$A_{RO} = \frac{m_{800}}{\alpha \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = P_L - \Delta P_{800} - \Delta P_{CR} + \Delta \rho_{800} g h_R$</p> $\Delta P_{CR} = \frac{m_{800}^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CR})^2}$
<p>タイプ B400 (0-N)・B200 (0-N)</p>	$T = 400^\circ\text{Cまたは}200^\circ\text{Cのとき}$ $P_L = \Delta P_{RO} - \Delta \rho_{800} g h_R + \Delta P_{CR} + \Delta P_T$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = \frac{m_T^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2}$</p> $\Delta P_{CR} = 3.75 H_{CR}$	$T = 400^\circ\text{Cまたは}200^\circ\text{Cのとき}$ $A_{RO} = \frac{m_T}{\alpha \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = P_L - \Delta P_T - \Delta P_{CR} + \Delta \rho_{800} g h_R$</p> $\Delta P_{CR} = 3.75 H_{CR}$

表 2 付室への必要給気量のタイプ別計算方法(2)

タイプ	①空気逃し口面積 A_{RO} 、 A_{CO} を与えて付室圧力 P_L を求める方法	②付室圧力 P_L を与えて空気逃し口面積 A_{RO} 、 A_{CO} を求める方法
 <p>タイプ B800 (0-0)</p>	<p>式(41) (42)を式(39)に代入すると、</p> $\frac{m_C^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CO})^2} - \Delta\rho_{800}gh_C =$ $\frac{m_R^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2} - \Delta\rho_{800}gh_R + \frac{m_R^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CR})^2}$ <p>これに式(40)を代入すると、</p> $\frac{m_C^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CO})^2} - \Delta\rho_{800}gh_C =$ $\frac{(m_{800} - m_C)^2}{2\rho_{800}} \left\{ \frac{1}{(\alpha A_{RO})^2} + \frac{1}{(\alpha A_{CR})^2} \right\} - \Delta\rho_{800}gh_R$ <p>となるので、これを m_C について解き、その値を用いて、</p> $\Delta P_{CO} = \frac{m_C^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CO})^2}$ $P_L = P_C + \Delta P_{800} = \Delta P_{CO} - \Delta\rho_{800}gh_C + \Delta P_{800}$	<p>ただし、$P_C = P_L - \Delta P_{800}$</p> $\Delta P_{CO} = P_C + \Delta\rho_{800}gh_C$ $\Delta P_{RO} = P_C - \Delta P_{CR} + \Delta\rho_{800}gh_R$ <p>とし、5.2 節 c に示す範囲で設定する。</p> <p>もし空気逃し口の一方の面積、例えば A_{RO} が確定しているなら (A_{CO} についても同様)、</p> $m_R = \alpha A_{RO} \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}$ $A_{CO} = \frac{m_{800} - m_R}{\alpha \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{CO}}}$
 <p>タイプ B400 (0-0)・B200 (0-0)</p>	<p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> <p>式(41) (43)を式(39)に代入すると、</p> $\frac{m_C^2}{2\rho_T(\alpha A_{CO})^2} - \Delta\rho_T gh_C =$ $\frac{m_R^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2} - \Delta\rho_{800}gh_R + 3.75H_{CR}$ <p>これに式(40)を代入すると、</p> $\frac{m_C^2}{2\rho_T(\alpha A_{CO})^2} - \Delta\rho_T gh_C =$ $\frac{(m_T - m_C)^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2} - \Delta\rho_{800}gh_R + 3.75H_{CR}$ <p>となるので、これを m_C について解き、その値を用いて、</p> $\Delta P_{CO} = \frac{m_C^2}{2\rho_T(\alpha A_{CO})^2}$ $P_L = P_C + \Delta P_T = \Delta P_{CO} - \Delta\rho_T gh_C + \Delta P_T$	<p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> $A_{CO} = \frac{m_C}{\alpha \sqrt{2\rho_T \Delta P_{CO}}}$ $A_{RO} = \frac{m_R}{\alpha \sqrt{2\rho_{800} \Delta P_{RO}}}$ <p>ただし、$P_C = P_L - \Delta P_T$</p> $\Delta P_{CO} = P_C + \Delta\rho_T gh_C$ $\Delta P_{RO} = P_C - 3.75H_{CR} + \Delta\rho_{800}gh_R$ <p>とし、5.2 節 c に示す範囲で設定する。</p> <p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> <p>もし空気逃し口の一方の面積、例えば A_{RO} が確定しているなら (A_{CO} についても同様)、</p> $m_R = \alpha A_{RO} \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}$ $A_{CO} = \frac{m_T - m_R}{\alpha \sqrt{2\rho_T \Delta P_{CO}}}$
 <p>タイプ B800 (N-0)・B400 (N-0)・B200 (N-0)</p>	<p>$T = 800^\circ\text{C}$ または 400°C または 200°C のとき</p> $P_L = \Delta P_{CO} - \Delta\rho_T gh_C + \Delta P_T$ <p>ただし、$\Delta P_{CO} = \frac{m_T^2}{2\rho_T(\alpha A_{CO})^2}$</p>	<p>$T = 800^\circ\text{C}$ または 400°C または 200°C のとき</p> $A_{CO} = \frac{m_T}{\alpha \sqrt{2\rho_T \Delta P_{CO}}}$ <p>ただし、$\Delta P_{CO} = P_L - \Delta P_T + \Delta\rho_T gh_C$</p>
 <p>タイプ B400 (0-S)・B200 (0-S)</p>	<p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> $P_L = \Delta P_{RO} - \Delta\rho_{800}gh_R + \Delta P_{CR} + \Delta P_T$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = \frac{(m_T - M_C)^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2}$</p> $\Delta P_{CR} = 3.75H_{CR}$	<p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> $A_{RO} = \frac{m_T - M_C}{\alpha \sqrt{2\rho_{800}\Delta P_{RO}}}$ <p>ただし、$\Delta P_{RO} = P_L - \Delta P_T - \Delta P_{CR} + \Delta\rho_{800}gh_R$</p> $\Delta P_{CR} = 3.75H_{CR}$ <p>とし、5.2 節 c に示す範囲で設定する。</p>
 <p>タイプ B400 (N-S)・B200 (N-S)</p>	<p>$T = 400^\circ\text{C}$ または 200°C のとき</p> <p>これらのタイプでは、$M_C > m_T$ の場合だけ実施が可能となるが、付室を負圧にするのは給気の一部を隙間からの流入に依存することになり望ましくないため、給気量 M_L は、</p> $M_L > M_C$ <p>とする。(なお、一般室にガラス窓があれば 800°C では破損すると考えられるので、実際には一般室に空気逃し口がある場合の [B400 (0-S)]・[B400 (0-S)] になると考えられる)</p>	

$$\begin{aligned} P_C &= \Delta P_{CO} - \Delta \rho_T g h_C \\ P_R &= \Delta P_{RO} - \Delta \rho_{800} g h_R \end{aligned} \quad (38)$$

これから、

$$\Delta P_{CO} - \Delta \rho_T g h_C = \Delta P_{RO} - \Delta \rho_{800} g h_R + \Delta P_{CR} \quad (39)$$

流量に関して、

$$m_C + m_R = m_T \quad (40)$$

空気逃し口の圧力差と流量の関係は、

$$\begin{aligned} \Delta P_{CO} &= \frac{m_C^2}{2\rho_T(\alpha A_{CO})^2} \\ \Delta P_{RO} &= \frac{m_R^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{RO})^2} \end{aligned} \quad (41)$$

隣接室と一般室の間の圧力差の関係は扉の仕様異なる。扉が一般扉の場合（隣接室温度 800℃）には、その扉全体が燃え抜けることも想定して扉面積に応じた圧力差が生じると考え、以下となる。ただし、壁の燃え抜けは想定していない。

$$\Delta P_{CR} = \frac{m_R^2}{2\rho_{800}(\alpha A_{CR})^2} \quad (42)$$

また、扉が防火設備もしくは特定防火設備の場合（隣接室温度 400℃もしくは 200℃）には、隣接室と一般室の間の開口流量 m_R のときに当該扉でも遮煙できる最大の圧力差を確保すると考え、以下となる。

$$\Delta P_{CR} = \Delta P_{800} = 3.75 H_{CR} \quad (43)$$

なお、この場合に想定する隣接室—一般室間の開口部面積は、

$$A_{CR} = \frac{m_R}{\alpha \sqrt{2\rho_T(3.75 H_{CR})}} \quad (44)$$

となる。この開口部面積がこれより小さくなると、圧力差はさらに大きくなり、遮煙条件はより充分になる。一方、この開口部面積がこれより大きくなると、この開口部での遮煙は困難となるが、付室—隣接室間での遮煙条件はさらに強固なものとなる。

b. 各温度の(0-S)タイプの補足

(0-S)タイプの場合、(0-0)タイプの m_C が機械排煙による M_C に置き換わることになる。

隣接室の温度を T °C として、質量保存式から、

$$M_C + m_R = m_T \quad (45)$$

ただし、 M_C は機械排煙量 [kg/s] で、 $M_C = \rho_T V_C$ (V_C : 体積排煙量 m^3/s) である。

c. (0-0)タイプ及び(0-S)タイプの②の場合の補足

一般室の空気逃しが設けられるのは有効な排煙が不足する場合と思われるので、ここでは $m_C < m_{800}$ 、すなわち $m_R > 0$ を想定している。 $m_R < 0$ のような条件は火災室から隣接室への煙の侵入を増加させることになるため、以下の式を満たす範囲で m_C 及び m_R, P_L を設定する。

$$m_C + m_R = m_T \quad (46)$$

$$m_C < m_T \quad (47)$$

$$\Delta P_{RO} = P_C - \Delta P_T - \Delta P_{CR} + \Delta \rho_{800} g h_R > 0 \quad (48)$$

6. おわりに

告示の考え方の読み解きを示し、告示による付室加圧煙制御設計の手順を示した。今後の課題として、必要給気量への空気逃し口の高さ位置の影響、火災室温度が想定温度に至らない場合の必要給気量への影響と機械排煙時の一般室・隣接室の扉の開放障害、排煙ファンが停止した後の排煙ダクトの空気逃しとしての扱い、等がある。

これらの検討を続け、その成果を引き続き報告したいと考えている。

謝辞

当検討では、国土技術政策総合研究所山名俊氏から関連情報の提供と助言をいただきました。記して謝意を表します。

【本報告で用いる記号】 A_d : 遮煙開口部の扉面積 [m^2]、 αA_{CO} : 隣接室に設ける空気逃し口の有効開口面積 [m^2]、 αA_{RO} : 一般室に設ける空気逃し口の有効開口面積 [m^2]、 αA_p : 隣接室における空気逃し口の有効開口面積 [m^2]、 αA_{dmp} : 遮煙開口部に設ける圧力調整装置の有効開口面積 [m^2]、 αA_{dclose} : 遮煙開口部の扉を閉鎖したときの扉隙間の有効開口面積 [m^2]、 αA_{LS} : 階段室扉の有効面積 [m^2]、 αA_{LF} : 非常用エレベーター入口の有効面積 [m^2]、 αA_{LO} : 付室—外気間隙間の有効面積 [m^2]、 B_d : 遮煙開口部の扉の幅 [m]、 B_S : 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部の扉幅 [m]、 B_n : 常温時の遮煙開口部の扉幅 [m]、 F : 扉の開放に必要な力の許容値 [N]、 g : 重力加速度 [kg/s^2]、 h_R : 付室—隣接室間扉の中心高さを基準（基準高さ）とし、基準高さから一般室に設けた空気逃し口の中心までの高さ（中心位置高さ） [m]、 h_C : 基準高さから隣接室に設けた空気逃し口の中心位置高さ [m]、 H : 遮煙開口部の開口高さ [m]、 m_S : 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部を通過する質量流量 [kg/s]、 m_n : 常温時の遮煙開口部を通過する質量流量 [kg/s]、 m_p : 隣接室の空気逃し口を通過する質量流量 [kg/s]、 m_e : 隣接室の機械排煙設備から排出する質量流量 [kg/s]、 m_R : 一般室に設けた空気逃し口から外気への流量 [kg/s]、 m_C : 隣接室に設けた空気逃し口から外気への流量 [kg/s]、 m_{LS} : 付室から階段室への漏れ量 [kg/s]、 m_{LF} : 付室から非常用エレベーターへの漏れ量 [kg/s]、 m_{LO} : 付室の建物隙間から外部への漏れ量 [kg/s]、 m_d : 遮煙開口部の扉閉鎖時に扉にかかる流量 [kg/s]、 M_L : 付室への給気量 [kg/s]、 M_C : 隣接室に設ける機械排煙量 [kg/s]、 M_{DC} : ドアクローザーの抵抗モーメント [N・m]、 P_L : 付室の圧力 [Pa]、 P_C : 隣接室の圧力 [Pa]、 ΔP_S : 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部の圧力差 [Pa]、 $\Delta P_{S(0)}$: 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部の床面圧力差 [Pa]、 ΔP_n : 常温時の遮煙開口部の圧力差 [Pa]、 ΔP_{CR} : 一般室—隣接室間の開口における圧力差 [Pa]、 ΔP_d : 遮煙開口部の圧力差 [Pa]、 S_S : 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部を通過する体積流量 [m^3/s]、 S_n : 常温時の遮煙開口部を通過する体積流量 [m^3/s]、 S_p : 隣接室高温時に遮煙する際、空気逃し口を通過する体積流量 [m^3/s]、 S_e : 隣接室高温時に遮煙する際、機械排煙量 [m^3/s]、 V_S : 隣接室高温時に遮煙する際、遮煙開口部の通過風速 [m/s]、 V_n : 常温時の遮煙開口部の通過風速 [m/s]、 V : 告示に定める、遮煙開口部の通過風速 [m/s]、 V_e : 告示に定める、一般室もしくは隣接室に設ける機械排煙量 [m^3/s]、 ρ_L : 付室の密度 [kg/m^3]、 ρ_S : 隣接室の密度 [kg/m^3]

参考文献

- 1) 日本建築学会近畿支部防災計画部会・加圧防煙システム研究会：加圧防煙に関する改正告示（平成 21 年 9 月）の特別避難階段の付室への適用に関する検討報告書、日本建築学会近畿支部、2010. 3
- 2) 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 19 年度）～加圧防排煙設備に係る消防活動支援性能評価手法について～”、総務省消防庁、2008. 2, (online), available from <http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/200404/200404-1houdou_z1.pdf>
- 3) 久次米, 松下, 田中: 付室加圧煙制御システムにおける給気量の手計算方法、日本建築学会計画系論文集 第 531 号, pp1～8, 2000. 5

注

注 1) 国土技術政策総合研究所山名俊氏談

[2011 年 2 月 18 日原稿受理 2011 年 4 月 12 日採用決定]