

紙製空調ダクトの燃焼による爆発現象について

Study on Explosive Combustion due to Burning of Paperboard Air-Conditioning Ducts.

櫻井和敏*
高見治樹*
森幹雄**

概要

地下2階から出火したダクト火災で、地上9階の事務室で爆燃現象が発生した。

紙製空調ダクトがダクトスペース内で出火し延焼したため、当概ダクトから横引きダクトに至る部分に、防火ダンパーが設置されていなかった9階事務室内のダクト吹き出し口から一酸化炭素を含んだ燃焼生成ガスが吹き出し、一酸化炭素の爆発範囲に達した段階でダクトを延焼してきた火炎により爆燃現象をおこした。

基準日以前の建物のビル火災では、この危険性が存在するので、警防面での注意を喚起したい。

We experimented on the fire risks of paperbord air-conditioning ducts. If there is no fire damper in the connections of vertical and horizontal ducts, smoke containing CO comes out of air outlets into rooms. If there is any ignition source, explosive combustion occurs. We studied this phenomenon.

1. はじめに

本火災は、地下3階、地上10階の事務所ビルの、ダクトスペース内に設置された紙製空調ダクトの地下2階部分から出火して、ダクトスペース内を上階に延焼していき、当該ダクトの分岐点に防火ダンパーが設置されていなかった9階事務室内で爆燃現象が生じた火災である。

この建物は、昭和36年8月に建築されたものであり、建築基準法施行令第129条の2第1類第6号(ダクトの不燃化)の改正以前の建物で、ダクトの材質が紙製のものである。この紙製空調ダクトが未だに使用されている建物でダクト火災となった場合は、本件のように、火元とかけ離れた場所で爆燃現象が起こる危険性があるので、ここでその概要を報告するとともに、警防面で注意を喚起したい。

2. 紙製ダクトの系統図

本建物は、多くの事務所が混在している貸ビルで、消防法施行令別表第1の(15)項のものである。

問題となったダクトは、屋上から給気された空気を地下3階の給気装置により加圧され、当該ダクトを通じて各階へ送風するもので、図1に示し

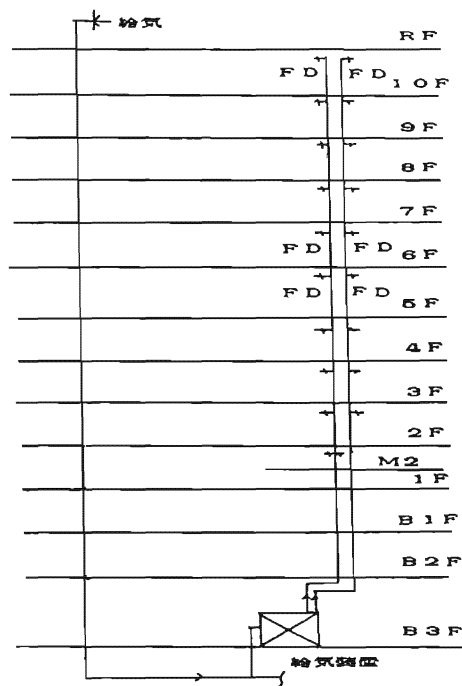


図1 ダクト系統図

*第二研究室 **本田消防署

たような系統となっている（1階以下の階は別系統〔図は略〕のダクトが配管されている）。

出火当日は、日曜日でダクトスペース内の電気工事をしており、給気装置は運転されていなかった。

このうち、5、6及び最上階の10階には、テナントが入れ替わった時点で縦ダクトと横引きダクトの分岐点に防火ダンパーが設置され、本火災時に有効に作動し、当該階への延焼を完全に防いでいた。

ダクト本体の材質を分析したところ、紙（ダンボール紙）にゴム系粘着剤の付着したアルミニウムテープを巻いたものである。

この紙製ダクトを、ガラス繊維の断熱材で保温

本は爆燃現象を起こした居室（図2の㊦）専用で、もう1本の横ダクトは3つの居室にさらに分岐されている。

もう1系統の縦ダクトは、大部屋（図2のA）へ3つに分岐され、9階へは合計7つの吹き出し口がある（各階とも、ほぼ同じ位置）。

4. 爆燃現象の原因

(1) 本火災の延焼した範囲は、地下3階から地上10階までの約38mの紙製空調ダクトがほとんど燃焼している。

各階の燃焼状況は、防火ダンパーが設置されていない3、4、7、8及び9階の天井（上階ほど燃焼が激しい）並びに7、8及び9階

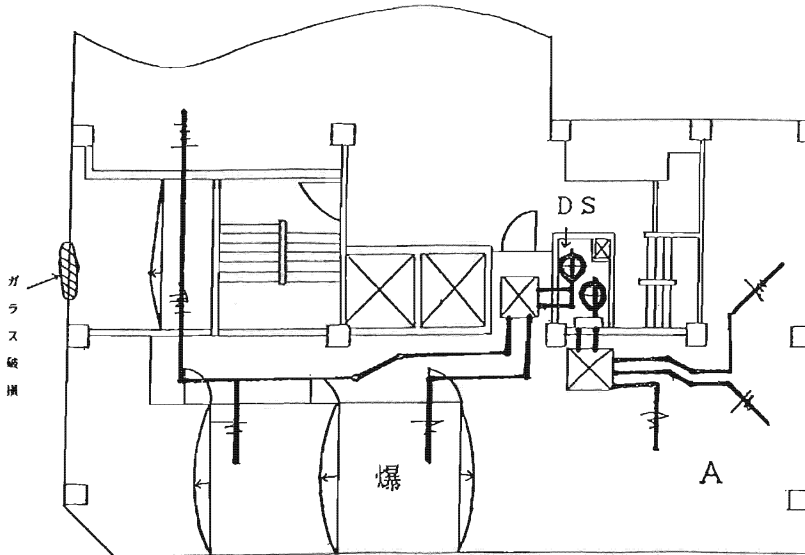


図2 9階のダクト系統図及び簡易間仕切り壁の湾曲状況

したものをダクトスペースの縦穴区画内で立ち上がらせ各階への横引きダクトへ続いている。そして、その横引きダクトは、防火ダンパーを設置すべき部分に、熱硬化性樹脂を含有されて固めたガラス繊維で断熱している構造のものを貫通させている。

3. 9階のダクト系統図

爆燃現象を起こした9階のダクト系統図及び爆燃による簡易間仕切り壁の湾曲状況を図2に示す。

2系統でダクトスペースを立ち上がってきたダクトは、各階で横引きされ、9階へは図2に示すように、1系統の縦ダクトは2本に分岐され、1

にあつては天井の他に事務室内が燃えており、これらが延焼して床面積として計上されており、部分焼の火災である。

9階の一部の事務室が爆燃現象を起こしているが、その事務室（図2の㊦）は、天井が若干くん焼している程度で、同階の他の事務室（図2のA）ほどには燃焼していない。

これは、爆発下限界近くで爆燃していることを裏付けている。

図2の㊦の事務室が爆燃現象を起こすためには、可燃性ガスが蓄積され、爆発範囲に達し、何等かの火源が必要である。

(2) 本火災で燃焼した物質のうち、可燃性ガス

を発生するものは種々あるが、出火場所から爆燃を起こした事務室までの系統を考えると、多量の紙製空調ダクトが燃焼して可燃性ガスが発生したと考えることが一番妥当なことである。

そこで、紙製空調ダクトを燃焼させ、生成したガスを採取し、その成分をガスクロマトグラフにより測定したところ、一酸化炭素及び二酸化炭素が検出された。

このうち、可燃性ガスは、一酸化炭素である。

一酸化炭素の爆発範囲は、12.5～74%¹⁾であることから、㊦の居室(約28m³)に最底3,500ℓ(常圧で換算)の一酸化炭素が蓄積され、そこに何等かの火源が存在したとき、爆燃現象を起こす。なお、爆発限界の下限近くでは、ガス量が少ないので瞬間的に爆燃し、炎はその後、継続することは少ないが、上限に近いと継続時間が長く、一般的に言う「フラッシュオーバー」現象となる。(参考までに主な可燃性ガスの爆発限界及び比重を表²⁾に示す。)

表 主なガスの爆発限界及び比重

ガス名	爆発限界 (空气中Vo1%)	比重 (空気=1)
一酸化炭素	12.5～74.0	0.967
水素	4.0～75.0	0.070
メタン	5.0～05.0	0.555
エタン	3.0～12.4	1.049
プロパン	2.0～9.5	1.550
アセチレン	2.5～100	0.906
13 A	7.7～14.3	0.66
LPGい号	2.2～9.5	1.52
6 A	1.9～8.5	1.24

- (3) 以降の爆燃現象に関しては、紙製空調ダクトのみが燃焼した場合の一酸化炭素の発生量について考えることとする。

「1gの紙を800℃、空気気流中で自由燃焼させた場合、0.135gの一酸化炭素が発生する³⁾」ので、3,500ℓの一酸化炭素を発生するの

に必要な紙の量は、気温27℃、1気圧と仮定して計算すると、ボイル・シャルルの法則から、

$$22.4 \div 273 = X \div 300$$

$$X = 24.62(\ell)$$

すなわち、気温27℃、1気圧の時の一酸化炭素1モルは、24.62ℓであるので、一酸化炭素3,500ℓは、142モル(3,980g)である。

従って、29,500gとなるので、約29.5kgの紙が燃焼すればよいことになる。

- (4) 地下3階から地上10階までの紙製ダクトは、直径が大小様々であるが単純に総重量を1m当りに平均すると約14kgであった。

- (5) 9階のダクト吹き出し口は7口あり、そのすべてに同一の圧力がかかり同一の量の可燃性ガスが吹き出していたと仮定した場合、㊦の居室に3,500ℓの一酸化炭素が蓄積するには、9階に少なくとも、24,500ℓの一酸化炭素が流入しなければならない。

従って、これだけの量の一酸化炭素を発生させるのに必要な紙の量を計算すると、206.5kg、即ち14.75mの紙製空調ダクトが燃焼する必要がある、実際には、約38mの紙製空調ダクトが燃焼した。

そこに、その後ダクトを延焼してきた火災が当該居住内のダクト吹き出し口から吹き出し、点火源となり、爆燃現象を起こしたことになる。

この場合、9階で1つの居室が爆燃現象を起こし、同一階の他の居室が爆燃現象を起こしていないのは、当該居室の体積が一番小さく、かつ吹き出し口が専用となっているため、燃焼生成ガスが蓄積し易い条件であり、ダクトを延焼してきた火災が一番最初に吹き出してくる位置に当該居室があったためである。

また、暖かい燃焼生成ガスは、順次上階から蓄積されるが、この建物の最上階である10階では、防火ダンパーが有効に作動したため燃焼生成ガスの流入を防いでいたが、その直下階である9階には、防火ダンパーがなかったので、流入し一酸化炭素が蓄積していった。なお、9階と同一の間取り及びダクト配置となっている8階では、㊦の真下に当たる居室が、若干爆燃現象を呈した状況を示していた。

- (6) 出火当時、空調機器は運転されていなかった

たので、不完全燃焼による一酸化炭素の発生量は、紙1g当り、0.135gよりも多く発生していたと思量され、その反面、同一の発生量を得るのに必要なダクトの長さは、14.75mよりも少なくて済むことになる。

5. ま と め

紙製空調ダクトが何等かの原因によりダクトスペース内で燃焼し、それが延焼していった場合で当該ダクトから、横引きダクトに至る部分に防火ダンパーがない（あっても、有効に作動しない場合も同じ）ならば、居室内のダクト吹き出し口から可燃性ガスである一酸化炭素を含んだ燃焼生成ガスが吹き出し、一酸化炭素の爆発範囲に達する量が蓄積された段階で、何等かの火源が存在すれば、爆燃現象を起こす可能性がある。

この危険性がある建築物は、建築基準法施行令の基準時（※）以前の建築物である。

※ 基準時

- ア 昭和39年1月15日：11階以上又は3,000m²以上
- イ 昭和44年5月1日：3階以上、地階に居室を有するもの又は3,000m²以上

6. お わ り に

(1) 本火災では、紙以外にも燃焼した可燃物が

あり、火災時に発生したガスは、一酸化炭素、二酸化炭素の他にも多種類の成分が発生していたことが予想される。

- (2) 爆燃現象を起こした居室の窓は、アルミサッシであったが、空気の自然換気はあるものと思量されるが、全くないものとして計算した。
- (3) これらの種々の条件を排除して、得られた当該居室の体積と紙製ダクトの量との関係における理論上の値である。
- (4) 基準時以前の建物で、未だに紙製空調ダクトを使用している建物がダクト火災になった場合には、上階で爆燃現象が起こる可能性が充分あるので、警防面では、充分注意して行動して貰いたい。
- (5) 最後に、本爆燃現象について御協力をいただいた、京橋消防署の署員（予防課）の方に感謝の意を表します。

7. 参 考 文 献

- 1) 日本火災学会編：“火災便覧 新版” 共立出版，(1984)
- 2) 第二研究室：“都市ガス、液化ガスの試料について” (1980)
- 3) 東京消防庁消防科学研究所監修：“火と煙と有毒ガス” 東京法令出版，(1986)