

厨房ダクトの出火危険について

Fire Hazards in Kitchen Ducts

内 田 稔*
佐 藤 博 道*
神 庭 秀 明**

We carried out fundamental tests on the change in temperature of the outer surface of a kitchen duct during a duct fire and its extension to grease accumulations in the duct.

It was found that, while a proper distance from the duct can prevent nearby combustible materials from igniting, the temperature of flowing heated air in the duct is high enough to cause the grease to ignite. On the other hand, inside a grease duct, because of high concentration of carbon dioxide, grease did not burn with flames in spite of a high temperature.

1. はじめに

厨房ダクト火災は建物内への煙の充満、建物内在住者に与える大きな心理的不安、消火活動の困難性等多くの問題があり、油分除去装置（グリスフィルター）あるいは消火装置の改良、開発の努力も続けられているが、厨房ダクト火災そのものの性状、出火延焼拡大の過程については十分に明らかにされているとはいえない。

本研究は、厨房ダクト火災発生時のダクト表面およびダクト内を流動する熱流の温度状態を調べ、次に、ダクト内に付着している油塵への延焼について、実物大のダクトを用い基礎的な実験を行ったものである。

2. 実験装置及び方法

(1) ダクト及び天蓋

縦30cm、横40cm、長さ1mの測定孔付角ダクト（図1）、及び天蓋（図2）を図3のように組立てた。天蓋には市販のグリスフィルターを、ダクト最後部には排気ファンを取り付けた。ダクト内の流速は平均約5 m/secとした。なお、ダクト各部の場所は図3のA～Kの記号であらわした。

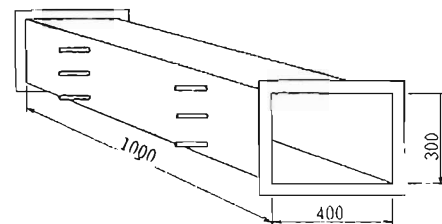


図1 ダクト

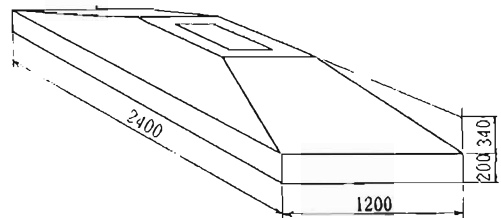


図2 天蓋

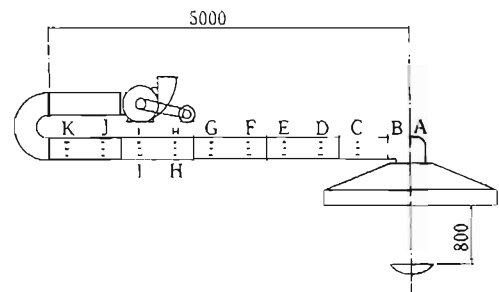


図3 装置略図

*第二研究室 **足立消防署

(2) 火源

発熱量9285cal/gの天ぷら油を直径55cm、深さ16cmの中華鍋に入れ、ガスコンロ(7020Kcal/h)で加熱し発火させ火源とした。

鍋と天蓋の間の距離は、ダクト用簡易自動消火装置についての技術基準を参考にし天蓋底部グリスだめと鍋の上部との間で80cmとした。

(3) 測定

ダクト表面、ダクト内熱気流及び天蓋各部の温度は、CA熱電対を用い5秒間隔で測定した。

ダクト内のO₂、CO₂濃度の変化は、図3のGの位置において連続的に測定した。

3. 実験結果及び考察

(1) ダクト表面の温度変化

2ℓの天ぷら油を発火させたときのダクト上部表面の温度変化を図4に示す。

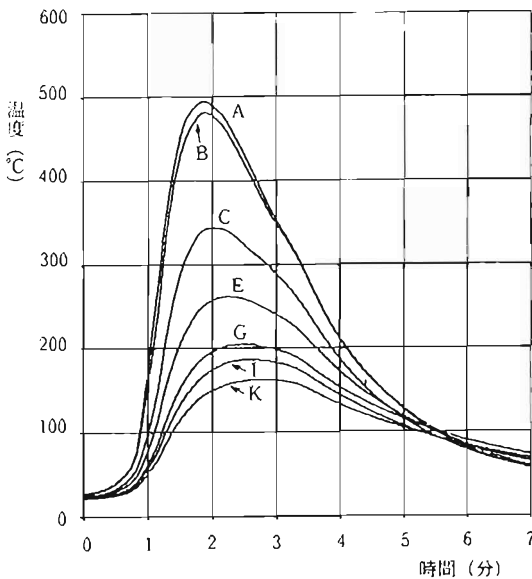


図4 2ℓ 燃焼時のダクト上面の温度変化

2ℓの天ぷら油の燃焼は、約3分30秒程度であるが、この燃焼による温度上昇は、明瞭なピークを持ち、最高温度が一定時間継続するのではない。このことは図5に示す4ℓの天ぷら油を発火させた場合も同様である。

次に、ダクト入口からの距離とダクト上部表面の各点において最高温度に達した関係を図6に示す。2ℓ、4ℓのいずれの場合についても、出火源直上付近の温度は400°Cを超えていが、こ

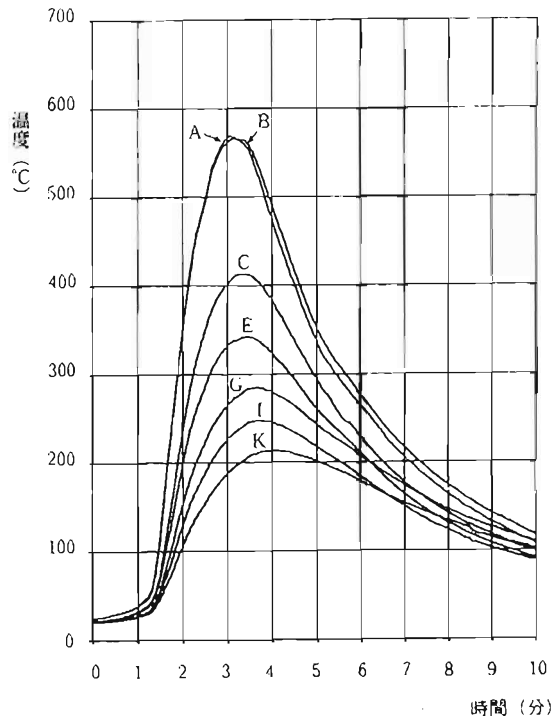


図5 4ℓ 燃焼時のダクト表面の温度変化

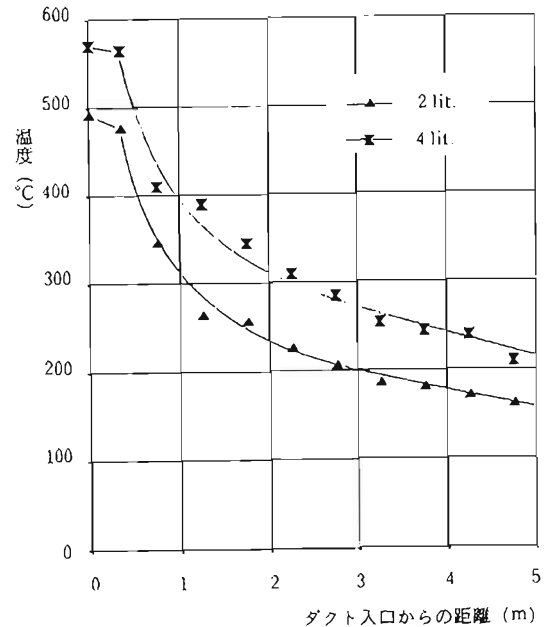


図6 ダクト上面の各位置における最高温度

の先において温度は大きく下がっている。一般に、内装材の着火温度は400°C程度であるといわれているが、ダクト内に付着している油壘に延焼しなければ、適当な保有空間を確保することにより周囲可燃物への延焼を避けることができ

ると思われる。

(2) ダクト内の気流の温度変化

2 l の油を発火させた場合のダクト内各部位における熱気流の温度変化を図7に示す。

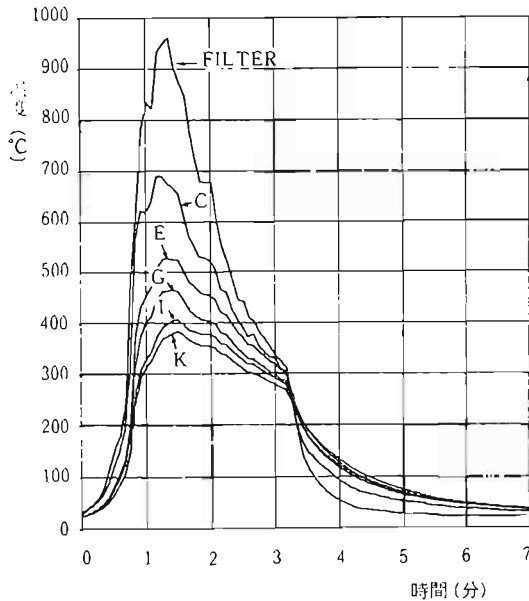


図7 ダクト内熱気流の温度変化 (2 l)

グリスフィルターの内側で約970°Cの温度を有する熱気流は、周囲へ放熱しながらK点では約380°Cにまで温度が下がっている。ダクト内に付着している油分の着火温度等の性質は、油の営業内容等によって様々であり、また同一のダクトでも位置によって異なっている。そこで500名程度の給食に使用されているダクトから試料を採取し、発火温度を調べたところ380°Cから480°C程度であった。K点における温度は、ダクト内に付着した油塵を発火させることが可能な温度であることがわかる。

次に2, 3, 4 l の油を発火させた場合のE点における熱気流の温度変化を図8に示す。上述のダクト上部表面温度の変化からもわかるように、鍋のなかの油量を増やすことは、ある最高温度の持続時間が長くなるわけではなく、最高温度そのものを高くすることとなる。2 l の油では温度が最高540°Cにまで達するにすぎないが、4 l の油では540°C以上の温度が約2分間続き、最高温度は770°Cにまで達することとなる。鍋の油の量を増やすことは、ダクト内に付着している油塵への着火の危険性を極度に増大さ

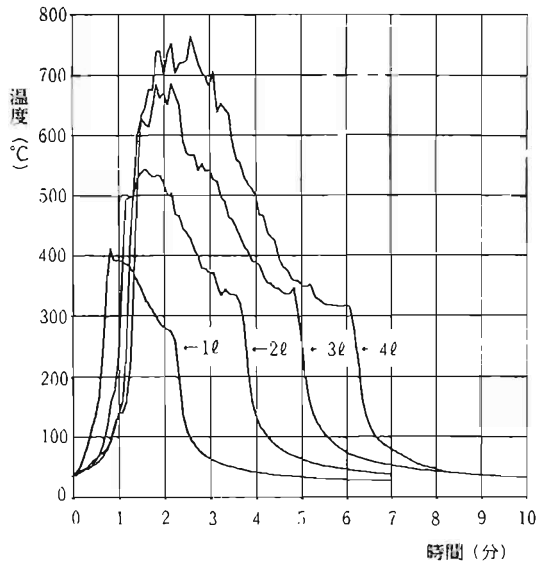


図8 ダクト内気流温度変化 (位置E)

せることになる。本実験では装置製作の都合上、ダクトの長さ5 mまでの温度測定であったが、ダクト入口から10 m離れたところでも油塵の着火の可能性があるとは推定しても大きな過誤はないと考えられる。鍋のなかの天ぷら油が発火燃焼して生じる熱気流はダクト入口から、かなり離れた所にある油塵を着火燃焼させるだけの温度を有している。

(3) ダクト内付着油塵への延焼

上述のようにダクト内に付着している油塵と似た性質の物を実験室的に作ることは困難であり、上述の「火源」のところで引用した技術基準においても1 m²あたり1.5 kgのグリスを塗布することとされている。本実験ではラードを塗布したものと及び実際のダクトから採取した油塵の堆積物を使用し、ダクト内のC, E, Gの位置に置き実験を行った。

実験の結果、実際のダクトから採取した油塵の堆積物について、表面が無炎燃焼したとみられる状態を観察しうるものもあったが、有炎燃焼に至ったものは全くなかった。

(4) ダクト内のO₂, CO₂濃度の変化

ダクト内部のO₂, CO₂濃度の変化を2 l, 4 lの場合につき、それぞれ図9, 図10に示す。

ダクト内には、可燃物が存在し、しかも鍋のなかの天ぷら油の燃焼により可燃物が燃焼する

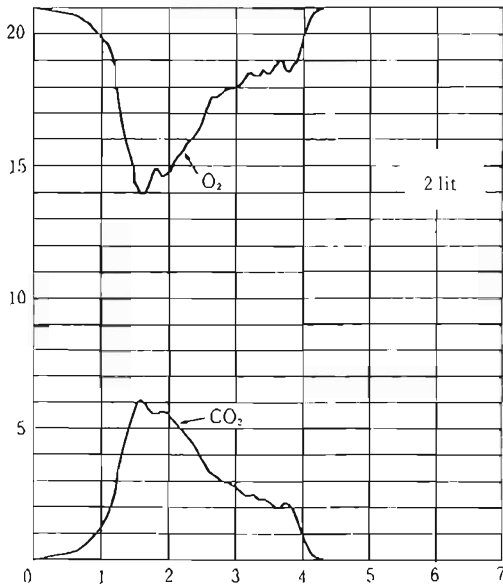


図9 ダクト内の O_2 、 CO_2 濃度の変化(2ℓ)



図10 ダクト内の O_2 、 CO_2 濃度の変化(4ℓ)

のに十分な温度となっているにもかかわらず有炎燃焼に至らなかったことは、図9、10によって説明することができる。

一般に、物質が有炎燃焼しうるのは、酸素濃度が17%以上であるといわれている。

ア. 2ℓの場合(図9)について検討すると、

O_2 濃度が1分15秒から2分30秒の間において17%以下に低下している。従って、この間では、有炎燃焼となる条件が欠けることとなる。次に CO_2 濃度について検討すると、 CO_2 濃度変化の曲線は、図の水平方向について、 O_2 濃度の変化と対象な形となっており、 O_2 濃度の減少は同時に CO_2 濃度の増加となり、一層、有炎燃焼となる状態から離れることとなる。更に、これらの O_2 濃度の低下、 CO_2 濃度増加の変化は、ダクト内の熱気流の温度の変化と一致しており、ダクト内の気流の温度が最高温度に達するときには、 O_2 濃度の低下、 CO_2 濃度の増加となり有炎燃焼とならない。 O_2 濃度が回復し、 CO_2 濃度が低下するときには気流の温度が下がり有炎燃焼の状態とはなりえない。

イ. 4ℓの場合(図10)について検討する。

先に、天ぷら油の量の増加がダクト内熱気流の温度を著しく高くし、危険性が極度に増大することを指摘した。しかし、それにもかかわらずダクト内の可燃物は有炎燃焼するには至らなかったが、このことも、 O_2 、 CO_2 濃度の変化によって説明することができる。この場合も、 O_2 、 CO_2 、温度の各要素の変化の様子は、2ℓの場合と異ならないが、 O_2 濃度の低下が著しく、3%以下まで低下している。この酸素濃度のもとでは、図8に示した温度条件下でも有炎燃焼とならないのは、むしろ当然のことといえる。

ダクト入口に近い油塵は粘性があり、着火しにくく、燃焼は液体燃焼を示し、酸素濃度の低下により自然に消える。しかし、排気口に近い油塵はかなり乾燥した状態にあり、着火しやすく、固体燃焼の状態で酸素濃度が低下しても無炎着火の状態では燃焼を継続し、酸素濃度の回復とともに燃焼を拡大する場合がある。

4. ま と め

今回の実験結果から次のことがいえる。

- (1) 鍋の天ぷら油からの出火によるダクト表面の温度上昇は $400^{\circ}C$ 以下であり、周囲との間に空間を確保すれば延焼の危険は少ない。
- (2) ダクト内気流の温度は、2ℓの油でもダクト

入口から 5 m 付近で、油塵が発火しうる温度であり、油量を 2 倍の 4 l にすると、ダクトを通じて外部との熱交換による熱の放出が比例的には増大しないで、熱気流の温度は著しく上昇し、危険性が激増する。

- (3) 鍋の油からの出火によりダクト内を流動する気流の酸素濃度は、有炎燃焼の限界濃度以下となる。しかも酸素濃度は気流の温度が上昇するほど低下し、4 l の油を燃焼させた場合には 3 % 以下となる。

5. おわりに

今回の実験では、予想に反してダクト内可燃物への延焼は起こらなかった。一方、実際にはダクト火災は発生しており、このギャップは、設定にあると考えられる。

グリスフィルターと火源の間隔を 80cm としたことが、ダクト内を酸欠状態にした原因である。グリスフィルターに油分は付着させなかったが、火源とグリスフィルターの間に十分な距離を取った場合、ダクト内に高温の熱気流のみならず、新鮮な空気を取り入れ、延焼の最適条件をつくりだすことにもなりうる。そして、清掃不十分で油分の付着したグリスフィルターであったなら、グリスフィルターは延焼媒体の役割をはたす可能性が大きい。

次に、本実験では、1つの天蓋に1つのダクトであったが、ダクトにもう1つの天蓋を接続したなら、ダクト内の熱気流は、他の天蓋から新鮮な空気を得て付近の油塵を燃焼させることにもなりうる。