

業務用厨房ダクトに設置する防火ダンパーに関する研究 (第1報)

(温度ヒューズの作動特性の実験結果について)

岩澤昭一*, 加藤 和夫*, 片岡 正弘*

概 要

飲食店等の業務用厨房の排気ダクトに火炎伝送防止装置として設置されている防火ダンパーは、火災発生時に温度ヒューズが溶断し、バネの力で閉鎖する機構になっている。しかし、実際の火災で不作動や作動の遅れと見られる原因でダクト内に延焼する火災が後を絶たない。この原因の一要素としてダンパーを作動させる温度ヒューズの設定温度や感熱部の板厚が適当でないことが考えられることから、一般的に使われている表示温度の温度ヒューズについて板厚を変えて電気恒温器等による試験及び天ぷら油火災時の実験を行った。

その結果、次のことがわかった。

- 1 温度ヒューズの感熱部の板厚が薄くなれば作動する時間は短くなるが、バネの荷重との関係により設置方法を考慮して適切なものを選定する必要がある。
- 2 排気ダクト内の温度が300℃以上になると、ダクト内に付着した油脂類に延焼する危険性があると考えられるが、公称作動温度200℃の温度ヒューズ及び公称作動温度160、180℃で板厚が1.5mmの温度ヒューズは、防火ダンパー作動時のダクト内部の温度が300℃を超えていた。
- 3 ダンパーの各部では熱風の通りやすい中央部分が一番温度が高くなっており、周囲より100℃以上高くなっている。温度ヒューズの取り付け位置は周囲の場合が多いことから、設置位置の違いによる作動特性の研究を今後行う必要がある。

1 はじめに

本研究は、東京消防庁予防部予防課に設置された「厨房の火災予防対策検討会」(以下「検討会」という。)の要請により検証したもので、検証項目は、次のとおりである。

- (1) 温度ヒューズの性能確認試験
- (2) 厨房火災時による温度ヒューズ作動状況の確認実験

2 温度ヒューズ性能確認試験

(1) 試験内容

温度ヒューズの性能を確認するため、建設省告示第2563号(以下「告示試験」という。)による試験と電気恒温器による告示試験に準じた試験を行い、その試験結果から温度ヒューズの性能を比較した。また、公称作動温度を確認するための、温度ヒューズ漸増試験を行った。

(2) 試験体

試験体は、防火ダンパーに温度ヒューズを取り付けたもの(以下「試験体」という。)で、防火ダンパー及び温度ヒューズの形状等は、次のとおりである。

ア 温度ヒューズ

温度ヒューズは、市販されているものと同等の形状等で、感熱部の材質を熱伝導率の良い銅とし、長方形の銅板2枚を低融点合金で半田付けしたものである。(図1参照)銅板の板厚及び半田に用いた低融点合金は、表1のとおりとした。

イ 防火ダンパー

防火ダンパーはステンレス製で、バネの力で閉鎖する機構になっている。(図2参照)

なお、設置状態で温度ヒューズにかかる力が約40N、開口寸法275×303mmで、羽根数3枚のものを使用した。

*第二研究室

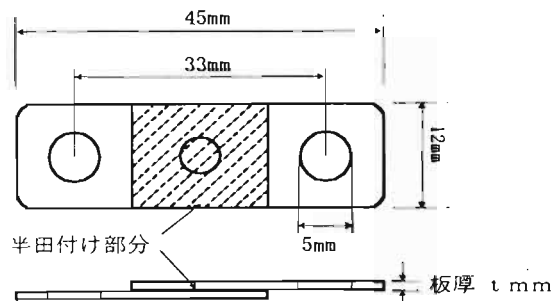


図1 温度ヒューズの形状・寸法

表1 温度ヒューズ

公称作動温度	低融点合金	板厚
120℃	Sn-In/共晶温度117℃	0.3mm
160℃	Sn-Pb-Cd/融点154~168℃	0.8mm
180℃	Sn-Pb/共晶温度183℃	1.2mm
200℃	Sn-Zn/共晶温度199℃	1.5mm

※共晶—ある混合液体はその組成と同じ組成の混合固体をつくり、その際一定の凝固点を示す。

共晶温度—共晶を起こす温度。

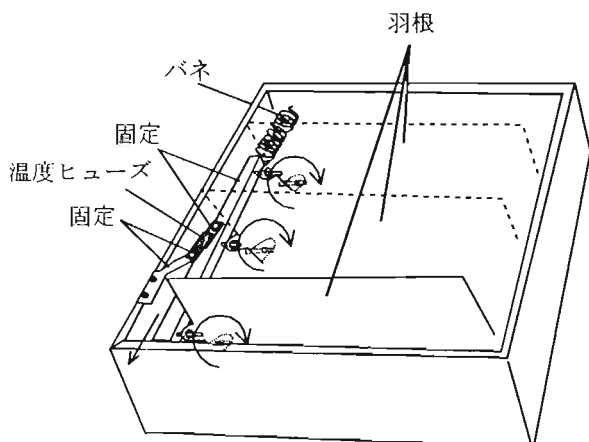


図2 防火ダンパーの構造

(3) 試験方法

ア 告示試験

告示試験に基づく試験装置により、次のとおり温度ヒューズの性能を確認した。(試験装置は、図3を参照)

なお、試験装置の昇温限界から公称作動温度120℃の温度ヒューズのみ実施した。

(7) 作動試験

ダクト内の空気を加熱し、その空気が公称作動温度の125%の温度(以下「試験温度」という。)に達したときに、当該空気を風速1m/秒で試験体にあて、試験体が作動するまでの時間を測定する。

(i) 不作動試験

ダクト内の空気を加熱し、その空気が試験温度より10℃低い温度に達したときに、当該空気を風速1m/秒で5分間試験体にあて、その作動の有無を確認する。

※参考：告示試験結果から温度ヒューズの判定方法は、作動試験で1分以内に作動し、かつ、不作動試験において作動しなかったものを合格としている。

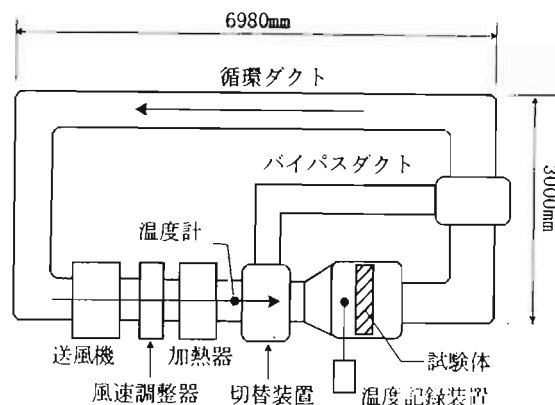


図3 建設省告示による試験装置

イ 電気恒温器による試験

告示試験の試験方法に準じて、電気恒温器を使用し簡便な温度ヒューズの試験が可能であるかについて、試験を行った。

(写真1参照)

(7) 作動試験

告示試験による試験方法に準じた温度ヒューズの作動試験を行った。また、試験体を投入時に電気恒温器内の温度が低下することから、次の時間を測定した。

- ① 試験体を投入してから、試験体が作動するまでの時間(以下「総合時間」という。)
- ② 試験体を投入してから、試験温度に達するまでの時間(以下「昇温時間」という。)
- ③ 試験温度に達してから試験体が作動するまでの時間(以下「作動時間」という。)

(i) 不作動試験

告示試験による試験方法に準じた温度ヒューズの不作動試験を行った。

なお、試験体投入時に温度が低下するので、電気恒温器で加熱した空気を公称作動温度より10℃低い温度に達してから、当該空気を5分間試験体にあてを行った。

(v) 温度ヒューズ漸増試験

電気恒温器内に試験体を設置し、電気恒温器内の温度を公称作動温度より10℃低い温度から1分間に1℃ずつ上昇させて、試験体が作動したときの電気恒温器内の温度を測定する試験を行った。

(イ) 電気恒温器の主な仕様は、次のとおり。

- ① 方式 : 強制熱風循環、換気方式
- ② 温度範囲 : (周囲温度+20℃) ~500℃
- ③ 温度上昇時間 : 周囲温度から500℃まで60分以内
- ④ 外法 (W×H×D) : 134×126×94.5cm
- ⑤ 内法 (W×H×D) : 60×60×60cm
- ⑥ ファンの風速 : 1m/秒



写真1 電気恒温器

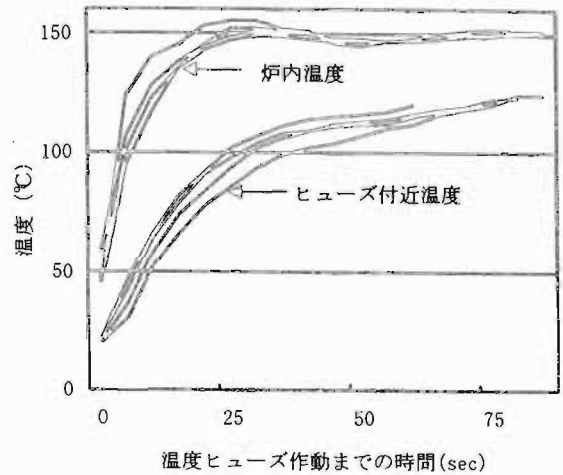


図4 炉内温度及び温度ヒューズ付近の温度変化の状況

表3 電気恒温器による温度ヒューズの作動試験結果

公称作動温度及び試験温度	板厚	総合時間	昇温時間	作動時間
120℃	0.3mm	2分26秒	1分45秒	41秒
	0.8mm	2分53秒	1分28秒	1分25秒
150℃	1.2mm	3分12秒	1分17秒	1分55秒
	1.5mm	3分27秒	1分25秒	2分02秒
160℃	0.3mm	2分48秒	2分08秒	40秒
	0.8mm	3分23秒	2分05秒	1分18秒
200℃	1.2mm	2分43秒	1分50秒	53秒
	1.5mm	2分36秒	1分50秒	46秒
180℃	0.3mm	2分30秒	1分49秒	41秒
	0.8mm	2分45秒	1分52秒	53秒
225℃	1.2mm	2分45秒	1分17秒	1分28秒
	1.5mm	3分00秒	1分24秒	1分36秒
200℃	0.3mm	2分25秒	2分04秒	21秒
	0.8mm	2分42秒	2分18秒	24秒
250℃	1.2mm	3分13秒	2分12秒	1分01秒
	1.5mm	3分02秒	2分07秒	55秒

(4) 試験結果及び考察

ア 告示試験

(7) 作動試験の結果を表2に示す。(各板厚ごとに3回実施した平均作動時間を示す。)

(4) 各板厚における炉内温度及び温度ヒューズ付近温度変化状況を図4に示す。この図から、いずれの板厚でも炉内温度及び温度ヒューズ付近の温度は、概ね一定していたことがわかる。

(7) 作動試験の結果、作動時間は、板厚が厚くなるほど長くなり、板厚1.5mmは1分を超えていた。

(イ) 不作動試験の結果、全ての板厚の温度ヒューズが5分間作動しなかった。(各板厚ごとに3回実施した。)

表2 告示試験結果

公称作動温度: 120℃・試験温度150℃	
板厚	作動時間
0.3mm	38秒
0.8mm	46秒
1.2mm	58秒
1.5mm	1分05秒

イ 電気恒温器による試験

(7) 作動試験結果を表3に示す。(各温度ヒューズごとに5回実施した平均時間を示す。)

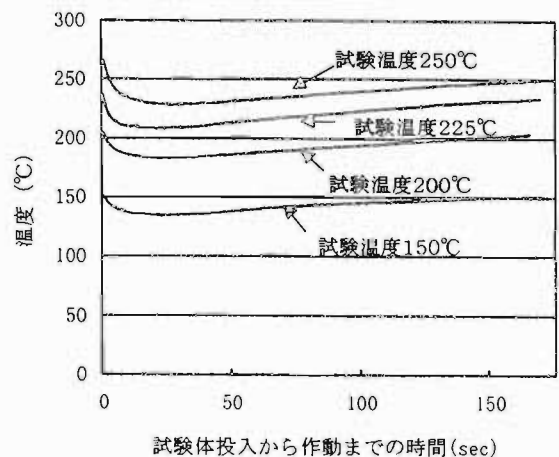


図5 電気恒温器内の温度変化の状況

- (イ) 電気恒温器内の温度変化状況を図5に示す。
- (ウ) 図4と図5のグラフを比較すると、告示試験による試験装置は昇温時間が速いことがわかる。これは、加熱装置の能力違いである。
- (エ) 図5のグラフで温度が低下している部分は、試験体を投入したときの温度の低下で、試験温度が一番高い250°Cの場合が温度の低下が大きく、次に、試験温度200°Cが大きかった。
- (オ) 今回の作動試験では、昇温時間が一定していないなどの理由から十分な結果が得られなかったため、温度ヒューズの作動時間の性能を確認することが困難であった。
- (カ) 不作為試験結果（各温度ヒューズごとに5回実施した。）、全ての温度ヒューズが5分間作動しなかった。このことから、この今回の試験方法で不作為の状況は、確認することができるものと考えられる。
- (キ) 温度ヒューズ漸増試験結果を表4に示す。（各温度ヒューズについて3回実施した。）
- (ク) 温度ヒューズ漸増試験の結果、概ね合金の共晶温度及び融解温度付近で作動していることから、公称作動温度の性能を確認することができた。しかし、公称作動温度200°Cの場合は、板厚が0.8mm以上になると合金の共晶温度より、作動時の電気恒温器内の温度が高かった。このことから、再試験を行い確認する必要がある。

表4 温度ヒューズ漸増試験結果

公称作動温度 及び 共晶点・融点	板厚	温度ヒューズの作動した温度		
		1回目	2回目	3回目
120°C	0.3mm	119.5°C	118.1°C	118.8°C
	0.8mm	119.4°C	118.9°C	119.1°C
117°C	1.2mm	118.8°C	119.3°C	118.9°C
	1.5mm	119.8°C	119.4°C	119.0°C
160°C	0.3mm	163.9°C	154.9°C	154.6°C
	0.8mm	162.6°C	154.7°C	154.2°C
154~ 168°C	1.2mm	165.4°C	154.6°C	154.4°C
	1.5mm	161.5°C	156.3°C	155.2°C
180°C	0.3mm	184.0°C	182.8°C	182.6°C
	0.8mm	184.6°C	182.4°C	182.4°C
183°C	1.2mm	184.7°C	182.7°C	182.8°C
	1.5mm	184.9°C	182.8°C	182.6°C
200°C	0.3mm	203°C	199.7°C	199.6°C
	0.8mm	227°C	201°C	224°C
199°C	1.2mm	224°C	227°C	226°C
	1.5mm	228°C	226°C	226°C

3 厨房火災による温度ヒューズ作動状況の確認実験

(1) 実験内容

天ぷら油火災を起こして、温度ヒューズ作動状況の確認及び試験体作動時における排気ダクト入口等の温度を測定した。

(2) 試験体

試験体に取り付ける温度ヒューズは、前2(2)アの温度ヒュー

ズを使用した。また、防火ダンパーは、前2(2)イと同様な材質及び機構（図2参照）で、設置状態で温度ヒューズにかかる力が約90Nで、開口寸法362×365mm、羽根数4枚のものを使用した。

(3) 実験方法

実験方法は、次の条件により行った。

ア 図6、7に示す厨房火災実験装置を使用し、それに試験体を取り付けて、試験体の作動状況を確認した。

イ 図6、7に示す各部の温度を測定した。（温度の測定箇所は、図6、7に表示した番号を参照）

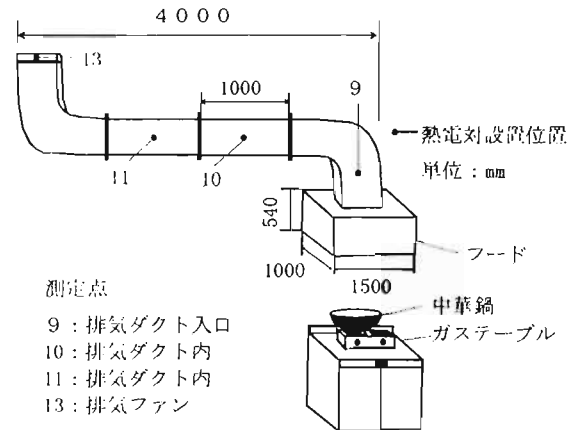
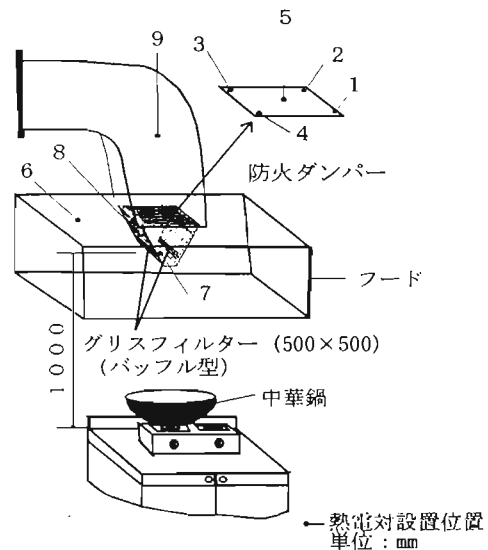


図6 厨房火災実験装置



測定点

- 1 温度ヒューズ付近 2 防火ダンパー周囲
- 3 防火ダンパー周囲 4 防火ダンパー周囲
- 5 防火ダンパー中央 6 フード内
- 7 グリッスフィルター下部 8 グリッスフィルター

図7 厨房火災実験装置の防火ダンパー付近の略図

ウ 火源は、天ぷら油1ℓを中華鍋（直径55cm、深さ16cm）に

- 入れ、ガスこんろ（7kW/h）で加熱し発火させた。
- エ 中華鍋とグリスフィルター間の距離を1mとした。
- オ 排気ファンを調整し、排気ダクト入口の風速を1m/秒とした。
- カ フードは、図7に記載したとおりの寸法で、厚さ1m/m、材質がステンレス鋼板のものを使用した。
- キ 排気ダクトは、長方形及びL字型で、厚さ1m/m、開口部寸法400×400mm、材質が亜鉛鉄板のものを使用した。
- (4) 実験結果及び考察



写真2 厨房火災実験の状況

ア 主な各部温度の測定結果を表6に示す。

表6 主な各部温度の測定結果

公称作 動温度	板厚	ダンパー作動時の各部の温度(°C)			
		温度ヒ ューズ 付近	排気ダ クト入 口	グリスフ ィルター 下部	グリス フィル ター
120°C	0.3mm	225.5°C	172.3°C	433.2°C	249.7°C
	0.8mm	268.2°C	217.7°C	664.3°C	619.4°C
	1.2mm	288.4°C	252.2°C	769.8°C	652.9°C
	1.5mm	271.9°C	216.2°C	659.3°C	654.9°C
160°C	0.3mm	210.5°C	186.5°C	566.3°C	202.8°C
	0.8mm	405.0°C	264.1°C	714.2°C	726.7°C
	1.2mm	327.4°C	294.6°C	781.7°C	668.1°C
	1.5mm	458.1°C	408.3°C	731.2°C	556.9°C
180°C	0.3mm	251.3°C	238.3°C	626.5°C	432.0°C
	0.8mm	527.3°C	237.6°C	707.6°C	832.5°C
	1.2mm	509.5°C	293.0°C	767.5°C	787.2°C
	1.5mm	473.9°C	433.0°C	737.7°C	565.4°C
200°C	0.3mm	284.3°C	316.9°C	681.0°C	543.1°C
	0.8mm				
	1.2mm				
	1.5mm	505.1°C	455.1°C	809.7°C	644.6°C

※一部分は、ダクト入口の温度が300°C以上になることが予想されたので、実験を中止した。

イ 検討会において排気ダクト内の延焼危険温度を300°Cと設定したことから、試験体作動時の排気ダクト入口温度と温度ヒ

ューズの関係を以下のとおり確認した。

- (ア) 試験体作動時、公称作動温度120°Cの温度ヒューズは、いずれの厚さでも排気ダクト入口の温度が300°C未満であった。
- (イ) 試験体作動時、公称作動温度160°C及び180°Cの温度ヒューズは、板厚1.5mmの場合に排気ダクト入口の温度が300°Cを超えていた。
- (ウ) 試験体作動時、公称作動温度200°Cの温度ヒューズは、いずれの板厚でも排気ダクト入口の温度が300°Cを超えていた。
- (エ) 公称作動温度160°C、板厚1.5mmの温度ヒューズにおける、天ぷら油が発火してから試験体が作動するまで、防火ダンパー各部の温度変化の状況を図8に示す。

(なお、他の温度ヒューズにおける実験でも防火ダンパー各部の温度変化の状況は、図8と同様な温度上昇を示した。)

(オ) 図8のグラフから防火ダンパーの各部温度は、熱風の通りやすい中央部分が一番温度が高くなっており、周囲の温度より100°C以上高くなっている。(測定点は、図7参照)

(カ) 防火ダンパー周囲の温度は、測定点1の温度ヒューズ付近が一番高く、続いて測定点3、測定点4、測定点2の順に温度が高くなっている。この温度の違いは、火源の位置、グリスフィルターの形状、グリス回収容器による影響等によるものと考えられる。

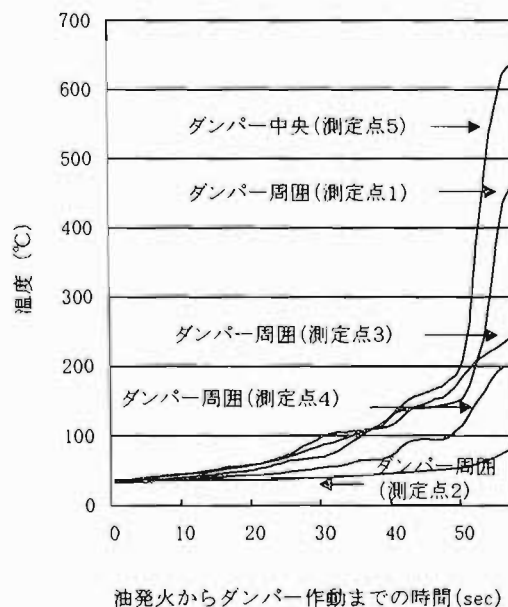


図8 厨房火災実験における防火ダンパー各部の温度変化の状況（公称作動温度160°C・板厚1.5mm）

(キ) 各公称作動温度の温度ヒューズ別に、油が発火してから試験体が作動するまでの時間における、排気ダクト入口の温度変化の状況を図9から図12までに示す。

(ク) 図9～図12のグラフから温度ヒューズの作動状況を見ると、いずれの温度ヒューズとも、概ね1分以内に作動している。しかし、温度ヒューズの作動時間が速くても、板厚が厚いほど排気ダクト入口の温度が高くなっていったことがわかる。

(ケ) いずれの実験においても、天ぷら油火災の炎がグリッスフィルターを覆ってからも、すぐに防火ダンパーは作動しなかったことから、今回使用した温度ヒューズが一時的な料理等の炎で誤作動するおそれは少ないと考えられる。

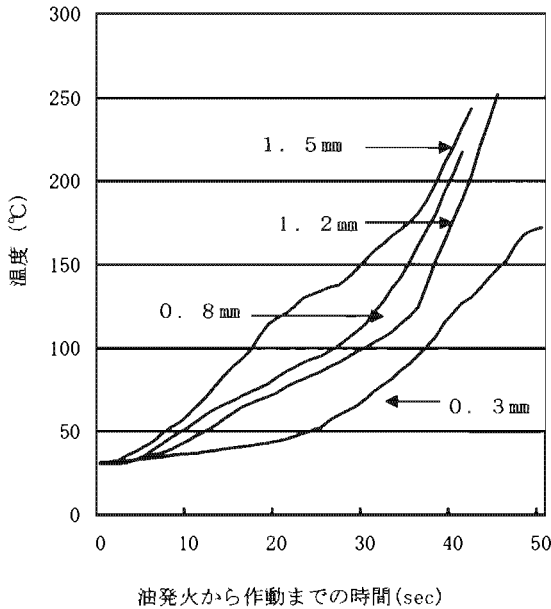


図9 板厚の違いによる排気ダクト入口の温度変化
(公称作動温度 120°C)

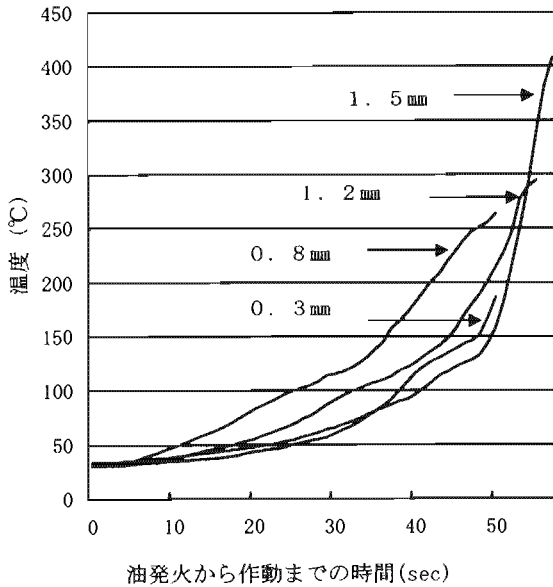


図10 板厚の違いによる排気ダクト入口の温度変化
(公称作動温度 160°C)

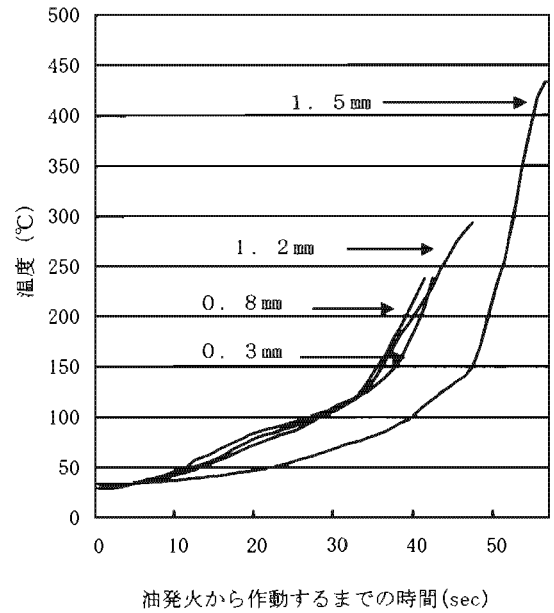


図11 板厚の違いによる排気ダクト入口の温度変化
(公称作動温度 180°C)

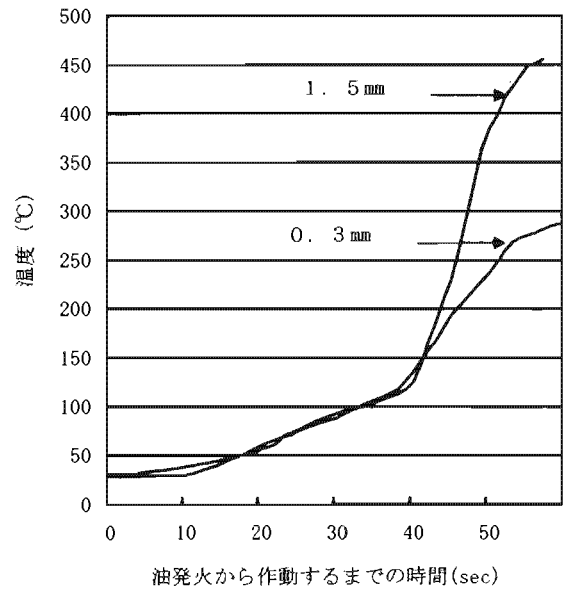


図12 板厚の違いによる排気ダクト入口の温度変化
(公称作動温度 200°C)

4 結 論

(1) 温度ヒューズ性能確認試験

ア 告示試験による試験

(7) 板厚が1.5mmの温度ヒューズは、作動時間が1分を超えた。

(イ) 板厚が薄くなるほど作動時間が短くなるが、適正な厨房用温度ヒューズとして考えると、あまり板厚を薄くしてしまうと防火ダンパーによるバネの荷重が加わることから、設置方法を

考慮して適正なものを選定する必要がある。

イ 電気恒温器による試験

(7) 電気恒温器を使用して、告示試験に準じた試験方法を行った結果、作動試験については十分な結果を得ることができなかった。

(4) 不作動試験については、電気恒温器を使用して、作動の有無を確認することができるものと考えられる。

(9) 温度ヒューズ漸増試験の結果、電気恒温器を使用して、公称作動温度（200℃の温度ヒューズを除く。）を確認することが可能であると考えられる。

(2) 厨房火災による温度ヒューズ作動状況の確認実験

ア 今回の厨房火災実験では、防火ダンパー各部の温度状況に大きな差があり、温度ヒューズの設置位置の違いによる作動特性を検討する必要がある。

また、厨房設備全体の形状等を変えて、今回の実験結果と比較するために実験を実施する必要がある。

イ 以下に示す温度ヒューズは、試験体作動時、検討会で設定した排気ダクト入口の温度 300℃を超えていた。

(7) 公称作動温度 160、180℃で板厚が 1.5 mm の温度ヒューズ

(4) 公称作動温度が 200℃の温度ヒューズ

なお、(7)、(4)の温度ヒューズについては、防火ダンパーに取り付ける位置を変えるなどして再実験を実施し、作動状況の確認及び排気ダクト入口の温度を測定する実験を実施する必要がある。

5 今後の課題

この試験及び実験結果を踏まえて、厨房用温度ヒューズについて以下のことを今後検討する必要がある。

- (1) 防火ダンパー、グリスフィルター及びダクト等への油じんの付着による温度ヒューズへの影響を確認すること。
- (2) 温度ヒューズの性能を簡便に評価できる試験方法を確立すること。
- (3) 温度ヒューズの取付位置の違いによる作動特性を確認すること。
- (4) 今回実験に使用した温度ヒューズを使用し、厨房設備の形状の違う実験装置による実験を実施すること。
- (5) ダクト内の風速の違いによる、温度ヒューズの作動特性を確認すること。
- (6) 板厚の薄い温度ヒューズが、防火ダンパーのパネ荷重に対する耐久性等の関係を確認すること。

6 おわりに

業務用厨房排気ダクト火災予防対策は、清掃等による維持管理が必要不可欠であるが、今回の試験及び実験結果や今後の課題を含めて、厨房用温度ヒューズや防火ダンパーが、通常業務

における誤作動がなく、かつ、火災発生時には有効に作動するようにその信頼性の向上をめざし、厨房設備全体の構造の安全性についても、今後研究を進めていきたい。

[参考文献]

- 1) 無機化学ハンドブック 技報堂
- 2) 予防事務審査・検査基準 東京法令出版

STUDY ON THE FIRE DAMPER IN A RESTAURANT'S KITCHEN DUCT

(SERIES 1)

(EXPERIMENT IN TEMPERATURE FUSES)

Shouichi IWASAWA*, Kazuo KATO*, Masahiro KATAOKA*

Abstract

Fire dampers are installed to the exhaust ducts in restaurants' kitchens. In case of fire, the damper is shut off by a spring-operated system after its temperature fuse is melted by the fire. However, no/delayed activation of dampers actually lets fires spread into ducts. This malfunction can be attributable to both the improper setting of the fuse's temperature, at which a damper can be activated, and the improper thickness of the plate of the fuse's heat-sensing part. We conducted a temperature rise experiment with an electric homiothermic vessel and another tool, varying the thickness of the plates of ordinary temperature indication fuses. Also, we had a damper activation test in a cooking oil fire.

The following are the results:

- 1 Thinner heat-sensing plates let a damper activate sooner. However, a damper shutoff spring load must be taken into account in selecting the plates.
- 2 Fire may occur when oils and fats inside the damper are heated up to 300°C or over. A simulated cooking oil fire showed a duct's temperature was higher than 300°C when a damper activated with a 200°C indication temperature fuse (regardless of the plate thickness) and 160, 180°C indication types those with 1.5mm in thickness.
- 3 The center space of a damper is hotter by 100°C or over than any other space inside there. This is due to the fact that the central part is easier for heated winds to pass through. Temperature fuses are usually placed on the periphery. We need to conduct additional tests for damper activation, giving variety to the location of fuse installation.

* Second Laboratory