

## 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2報)

加藤 和夫\*, 阿部 敏彦\*\*, 荻野 恭久\*\*\*,

黒田 裕司\*\*\*, 江口 真\*\*\*, 鹿野 和美\*\*\*\*

### 概要

飲食店等の厨房ダクトに延焼した火災は年間約20件発生しており、煙が充満し多数の避難を要する火災に発展する場合も多く、また、隠蔽場所に設置されたダクト内の火点の確認と消火活動に長時間を有する等、消防活動上困難性の高い事案となっている。

平成10年度に実大厨房火災実験等を行い、厨房に使用される温度ヒューズについての基礎データを得ているが、今回温度ヒューズの作動特性をさらに分析するために、作動試験及び厨房火災実験を行った。

その結果、以下のことが分かった。

- 1 温度ヒューズの板厚が薄い程最大引張荷重は小さくなるが、板厚0.3mmの温度ヒューズにおいても防火ダンパーのパネの引張力の約5倍であり、パネの引張力に対して十分な強度がある。
- 2 防火ダンパー内部への熱流入は取付け枠付近で大きくなっており、温度ヒューズの設置位置は取付け枠付近で熱流入のより大きい場所が適している。
- 3 120℃の温度ヒューズは誤作動の可能性も少なく、防火ダンパーに使用する温度ヒューズとして適当である。
- 4 清掃が良好な防火ダンパーは、一定の遮炎性能が認められる。
- 5 排気ファン停止によりダクト内への熱流入は抑制され、延焼の危険性は低くなる。

### 1 はじめに

東京消防庁予防部予防課では「厨房の火災予防安全対策検討会」(以下「検討会」という)を設置し、厨房用防火ダンパー、温度ヒューズ及び厨房機器周辺の構造基準の整備を行ってきたところであり、平成10年度に温度ヒューズについて基礎データを得るため、要請により当研究室で、電気恒温器、実大厨房火災実験を行い検討会の資料とし、消防科学研究所報第36号に第1報として掲載した。その結果から今後の検討課題として挙げられたものについての研究を行った。

### 2 温度ヒューズ性能確認実験

#### (1) 試験体

試験体は、防火ダンパーに設置される温度ヒューズ(以下「試験体」という)で、試験体の形状等は次のとおりである。

試験体は、市販されているものと同様の形状で、感熱部の材質を熱伝導率の良い銅とし、長方形の銅板2枚を可溶体合金で半田付けしたものである。(図1参照)

試験体の仕様については、表1のとおりである。

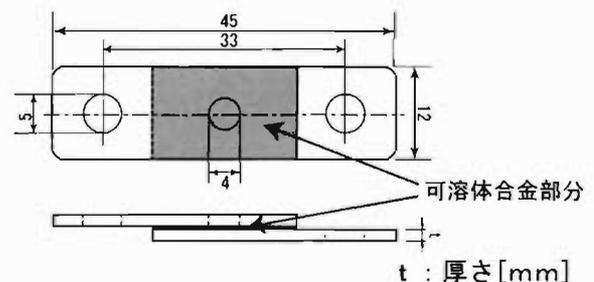


図1 温度ヒューズの概要図

表1 試験体仕様

試験体 No.	公称作動温度	可溶体合金組成 (数字は重量%)	可溶体融点	材質	厚さ (mm)
1	120℃	錫(48) インジウム(52)	117℃	銅板 JIS H3100	0.3
2					0.8
3					1.2
4					1.5
5	160℃	錫(59)、鉛(37) カドミウム(4)	154~		0.3
6					0.8
7					1.2
8					1.5
9	180℃	錫(62)、鉛(38)	183℃		0.3
10					0.8
11					1.2
12					1.5
13	200℃	錫(92)、亜鉛(8)	199℃		0.3
14					0.8
15					1.2
16					1.5

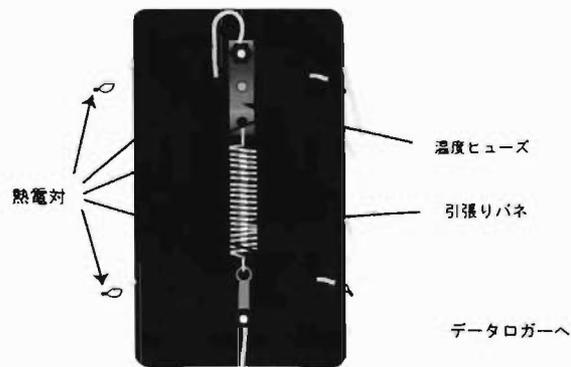


図3 恒温器実験装置イメージ図

(2) 実験方法

ア 熱分析装置 (以下「DTA」という) による公称作動温度別可溶体合金の融点確認

各試験体の可溶体合金部分を熱により銅板から剥がし、試料カップに入る大きさに切断した。

実験条件は、昇温速度毎分 20℃で、450℃まで上昇させ、参照試料をアルミナ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) として示差熱分析を行った。

イ 蛍光 X 線分析装置 (以下「蛍光 X 線」という) による公称作動温度別可溶体合金の組成確認

各試験体の可溶体合金部分を熱により銅板から剥がし、高真空試験槽内に入れ、管電圧 30kV、測定時間 300 秒を条件として蛍光 X 線による成分分析を行った。

ウ 熱風循環式定温恒温器 (以下「恒温器」という) による公称作動温度雰囲気中の温度ヒューズの作動実験

恒温器の設定温度を 260℃に設定し、常温から昇温 (図 2 参照) させ、各試験体が何度で作動するか実験を行った。(図 3 参照)

温度測定点は 5 点とした。温度ヒューズの直近に電気的に導通する回路をつくり、温度ヒューズの可溶体合金の融解により回路が断線するので、その時の温度を作動温度とした。

その他の測定点 4 箇所により雰囲気温度を測定した。また、引張バネの引張荷重は 10N とした。

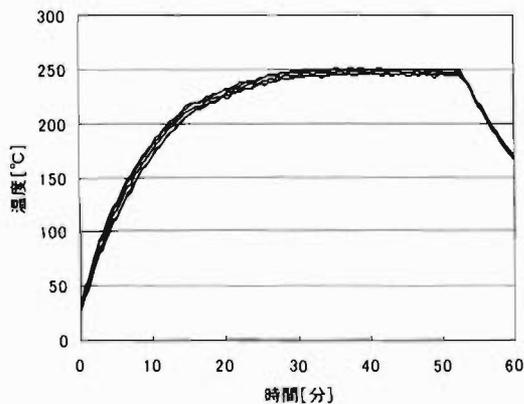


図2 恒温器内雰囲気温度曲線

エ 微小火源による接炎実験 (以下「接炎実験」という)

加熱試験装置は、消防法に規定する 45 度防炎性能試験装置を用い、火源はコイル法で使用する接炎バーナーにより炎の高さ 45mm とした。炎を試験体に垂直に接炎させ、温度ヒューズが作動するまでの時間 (以下「作動時間」という) を測定した。(図 4 参照)

実験回数は、各試験体について 5 回ずつ行った。

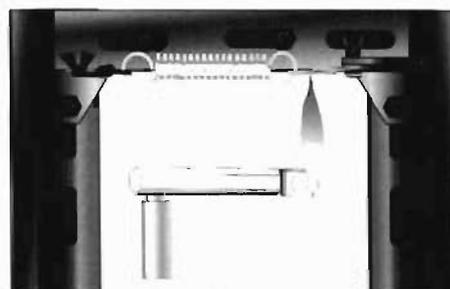


図4 接炎実験イメージ図

オ 引張圧縮試験機による引張力の測定実験 (以下「引張実験」という)

各試験体を、引張圧縮試験機にセットし、標点距離 30mm、引張速度毎分 5mm で上方に引張した。(写真 1 参照) 各試験体の最大引張荷重 (引張実験の経過中、試験片の耐えた最大荷重) 及びそのときの引張強さ (最大荷重を平行部の原断面積で除した値) を測定した。



写真1 引張実験の状況

(3) 実験結果

ア DTAによる融点確認実験

DTAによる融点確認結果を表2に示す。

試験体1、試験体9、試験体13の可溶体合金部分の融点は、公称作動温度とほぼ一致しているが、試験体5の可溶体合金部分の融点は、公称作動温度より14.2℃高かった。

表2 DTAによる融点確認結果

試験体 No.	公称作動温度	厚さ [mm]	溶融開始温度	融点
1	120℃	0.3	116.1℃	118.1℃
5	160℃	0.3	160.6℃	174.2℃
9	180℃	0.3	179.4℃	182.9℃
13	200℃	0.3	195.8℃	200.0℃

イ 蛍光X線による成分分析実験

蛍光X線による成分分析結果を表3に示す。

試験体1、試験体9、試験体13は、仕様のとおり成分が検出されたが、試験体5からは仕様でない成分Zn（亜鉛）が検出された。

表3 各試験体の成分分析結果

試験体 No.	公称作動温度	成分組成	Wt [%]
1	120℃	S n	44.9939
		I n	55.0061
5	160℃	S n	52.6963
		P b	34.8142
		C b	6.9046
		Z n	5.585
9	180℃	S n	65.9271
		P b	34.0729
13	200℃	S n	89.0574
		Z n	10.9426

ウ 恒温器内温度ヒューズの作動実験

恒温器内温度ヒューズの作動結果を表4に示す。

各試験体についての作動温度は公称作動温度と比較して、試験体1から試験体4は10.2℃から16.7℃、試験体5から試験体8は10.5℃から13.4℃、試験体9から試験体12は8.2℃から10.6℃、試験体13から試験体16は9.1℃から27.9℃、高い結果が得られた。

また、厚さの相違による違いは見られなかった。

表4 恒温器内温度ヒューズ作動結果

試験体 No.	公称作動温度	厚さ [mm]	作動温度 [℃]
1	120℃	0.3	131.7
2		0.8	130.2
3		1.2	135.3
4		1.5	136.7
5	160℃	0.3	173.4
6		0.8	172.8
7		1.2	170.5
8		1.5	171.6
9	180℃	0.3	188.2
10		0.8	190.6
11		1.2	188.4
12		1.5	190.1
13	200℃	0.3	209.1
14		0.8	226.5
15		1.2	227.5
16		1.5	227.9

エ 接炎実験

接炎実験の結果を表5に示す。

公称作動温度ごとに試験体の作動時間を比較すると、厚さが薄いほど作動時間が短くなっている。（ただし、200℃、1.5mmの温度ヒューズを除く）

また、厚さを一定にして比較すると、公称作動温度が低いほど作動時間が短くなっている。

表5 作動時間

試験体 No.	公称作動温度	厚さ [mm]	作動時間 [秒]
1	120℃	0.3	5.52
2		0.8	12.02
3		1.2	17.72
4		1.5	19.29
5	160℃	0.3	11.62
6		0.8	20.44
7		1.2	26.88
8		1.5	28.28
9	180℃	0.3	13.69
10		0.8	30.54
11		1.2	40.37
12		1.5	44.85
13	200℃	0.3	27.48
14		0.8	48.77
15		1.2	53.28
16		1.5	52.93

オ 引張実験

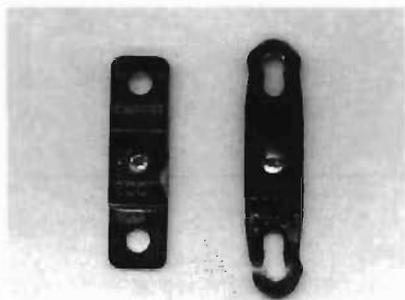
引張実験の結果を表6に示す。

銅板の厚さにほぼ比例して最大引張荷重が大きくなった。

また、試験体の引張試験前後の外観を写真2に示す。温度ヒューズの破断は、写真2のように銅板部分で起こり、可溶体合金については変化がなかった。

表6 温度ヒューズの最大引張荷重と引張強さ

厚さ [mm]	最大引張 荷重[N]	引張強さ [N/mm <sup>2</sup> ]
0.3	450	106
0.8	1345	123
1.2	1931	128
1.5	2372	117



左：実験前 右：実験後  
写真2 試験体の外観

### 3 火災実験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、温度ヒューズの作動状況の確認及び防火ダンパー作動時における排気ダクト内の温度を測定した。

#### (2) 試験体

##### ア 温度ヒューズ

温度ヒューズは、前2(1)と同様の温度ヒューズを使用した。

##### 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。設置状態で温度ヒューズにかかる力が約90Nで、開口寸法362mm×365mm、羽根数2枚のものを使用した。

#### (3) 実験方法

##### ア 燃焼実験

実験方法は、次の条件により行った。

(ア) 図5に示す厨房火災実験装置を使用した。防火ダンパーは開放状態で固定し、図6に示す各部の温度を熱電対により測定した。

(イ) 火源は、大豆油を中華鍋（直径23cm、深さ7cm）に

入れ、ガスこんろ（9kW/h）で加熱し発火させた。

(ロ) 中華鍋とグリスフィルターの距離を31cmとした。

(ハ) 排気ファンを調整し、排出速度を約1m/sにした。

(ニ) 排気ダクトは図5に示すような寸法で、材質は亜鉛鉄板のものを使用した。

(ホ) 測定は、大豆油の量が100mlで排気ファンを作動させたとき（実験1）、大豆油の量が200mlで排気ファンを作動させたとき（実験2）、大豆油の量が100mlで排気ファンを停止したとき（実験3）の3種類行った。

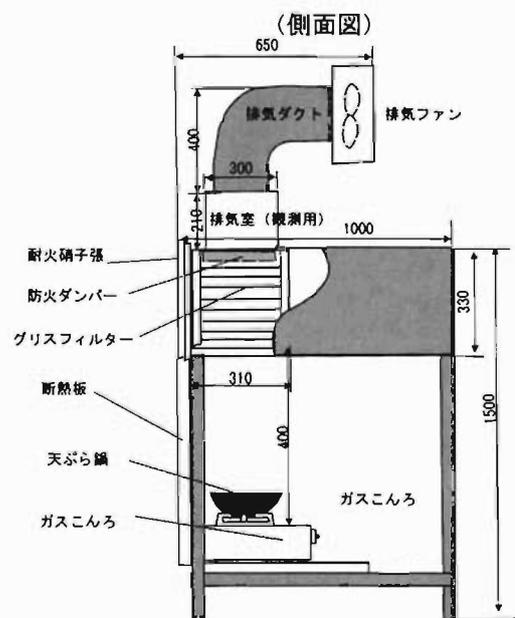
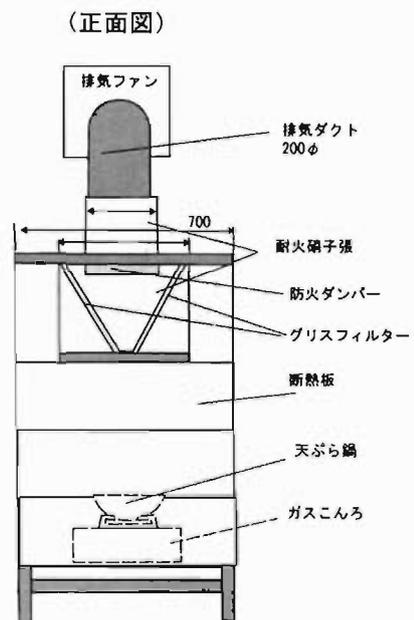


図5 実験装置の概略図

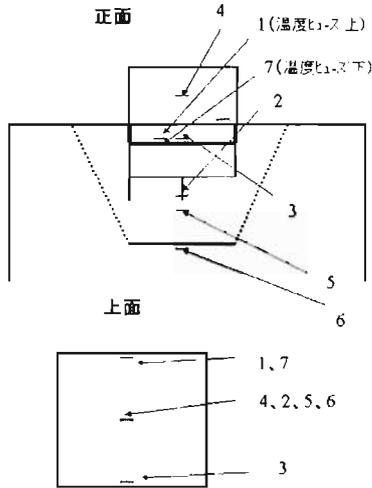


図6 熱電対の位置

イ 作動実験

実験方法は、前記(3)アと同様の実験装置を使用し、次に示す条件により行った。

(7) 防火ダンパーに温度ヒューズを取り付け、防火ダンパーが作動する時間と温度を測定した。熱電対の位置は図7に示す。熱電対1は温度ヒューズの正規の位置に取り付け、熱電対2の位置にも温度ヒューズを取り付けた。

(4) 測定は、120℃の温度ヒューズするとき(実験4)、180℃の温度ヒューズするとき(実験5)、120℃の温度ヒューズでグリスフィルターに大豆油を付着させたとき(実験6)の3種類行った。

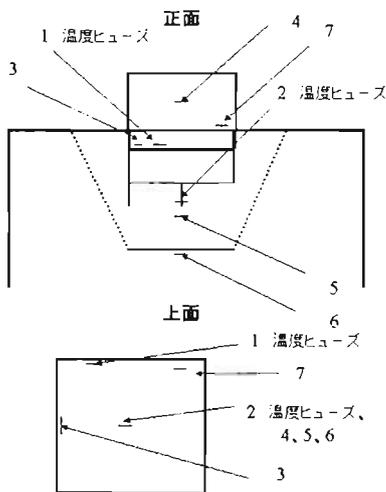


図7 熱電対の位置

ウ 遮炎性能実験

実験方法は、前記(3)アと同様で、次に示す条件により行った。

(7) 図5に示すグリスフィルターを取り外し、防火ダンパーを閉鎖状態にした。

(4) 各部の温度測定を行い、熱電対の位置は図8に示す。  
(7) 測定は、排気ファンを作動させた状態(実験7)、排気ファンを停止した状態(実験8)、排気ファンを作動して防火ダンパー裏にラード(約100g)を塗った状態(実験9)の3種類行った。

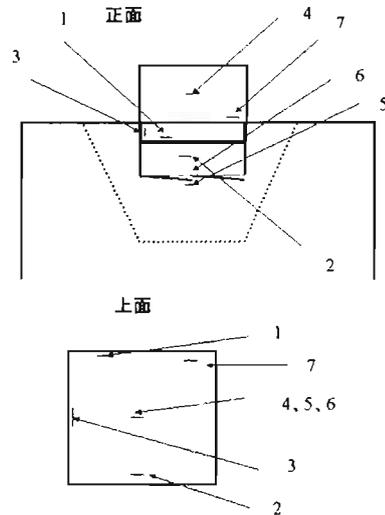


図8 熱電対の位置

(4) 実験結果

ア 燃焼実験

燃焼実験の結果を、図9から図11に示す。

(7) 実験1 (大豆油の量: 100ml、排気ファン: 作動)

フード下部が炎に覆われ、時折炎がグリスフィルターを通過し、フード内部に入ってきた。炎に覆われた熱電対6については600℃を超え、熱電対4、熱電対5及び熱電対7については200℃を超えた。温度上昇は熱電対6、5、4、7、2、1、3の順に早くなった。

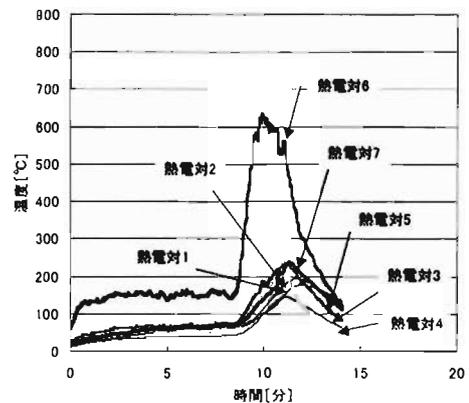


図9 実験1の温度変化

(イ) 実験 2 (大豆油の量 : 200ml、排気ファン : 作動)

実験 1 よりも炎が大きくなり、フード内部にも炎が多く入った。熱電対 3 を除いた熱電対が 400°C を超えた。温度上昇は熱電対 6、5、4、7、3、1、2 の順に早くなった。

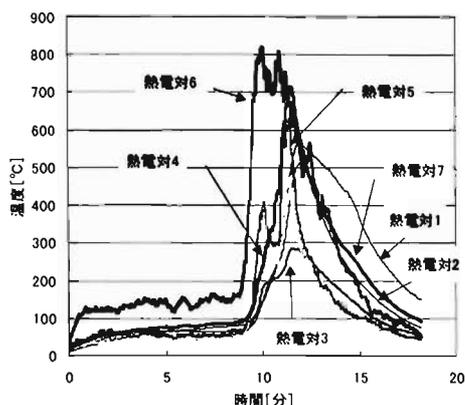


図 10 実験 2 の温度変化

(ロ) 実験 3 (大豆油の量 : 100ml、排気ファン : 停止)

実験 1 と比較して、熱電対 6 については 600°C を超えており、ほぼ同一の温度変化になっているが、その他の熱電対については、全て 200°C 未満となっており、全体的に温度が低くなった。温度上昇は熱電対 6、5、4、3、7、2、1 の順に早くなった。

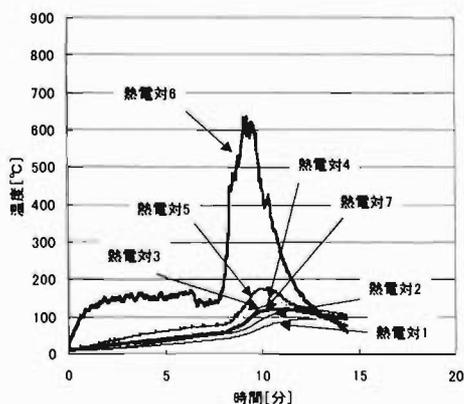


図 11 実験 3 の温度変化

### イ 作動実験

作動実験の結果を、表 7 に示す。

表 7 作動実験結果

実験 No.	熱電対 1		熱電対 2	
	作動時間	作動温度	作動時間	作動温度
4	10分52秒	111°C	10分40秒	111°C
5	13分29秒	188°C	13分29秒	188°C
6	10分59秒	109°C	10分46秒	112°C

(7) 実験 4 (温度ヒューズ : 120°C)

作動温度は 111°C で同じであったが、作動時間は熱電対 2 の方が早かった。

燃焼状況は、グリスフィルター外側が炎に覆われ、グリスフィルター内部にも炎が入っていた。

防火ダンパーは、炎が通過する前に閉鎖し、閉鎖後に防火ダンパー裏の温度は低下した。

(イ) 実験 5 (温度ヒューズ : 180°C)

作動温度と作動時間は同じであった。また、実験 4 と比較して、作動時間が熱電対 1 では 2 分 37 秒、熱電対 2 では 2 分 49 秒遅かった。

燃焼状況は、実験 4 と同様であった。

防火ダンパーは、炎が通過後に閉鎖し、閉鎖後の防火ダンパー裏の温度は低下したが、実験 4 と比較して、防火ダンパー裏の温度が高かった。

(ロ) 実験 6 (温度ヒューズ : 120°C、大豆油を付着)

作動温度は熱電対 1 が 109°C、熱電対 2 が 112°C であった。また、作動時間は熱電対 2 の方が早かった。

防火ダンパーは炎が通過する前に閉鎖し、閉鎖後に防火ダンパー裏の温度は低下し、防火ダンパー裏の温度は実験 4 とほぼ同様の变化を示した。

### ウ 遮炎性能実験

(7) 実験 7 (排気ファン : 作動)

熱電対 4 から熱電対 6 の温度変化を図 12 に示す。実験 8 と比較すると、熱電対 5 は同様の値を示すが、熱電対 4 及び熱電対 6 は高い値を示した。

また、防火ダンパーを超えて炎は入らなかった。

(イ) 実験 8 (排気ファン : 停止)

熱電対 4 から熱電対 6 の温度変化を図 12 に示す。実験 7 との比較は、前述のとおりである。

実験 7 と同様に、防火ダンパーを超えて炎は入らなかった。

(ロ) 実験 9 (排気ファン : 作動、ラード塗布)

熱によって溶けたラードが防火ダンパーの羽根の間から垂れ炎に包まれたが、防火ダンパー内に炎は入らなかった。

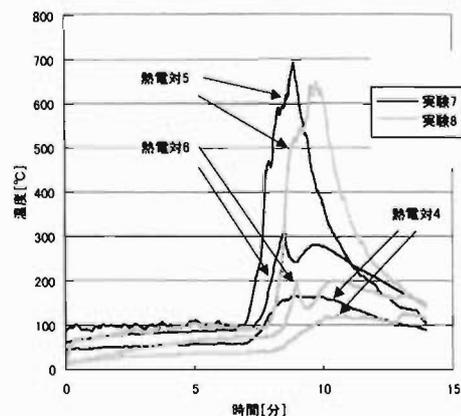


図 12 各熱電対の温度変化

#### 4 考察

##### (1) 温度ヒューズ性能確認実験

ア DTA装置による可溶体合金の融点確認

(7) 160℃の温度ヒューズ可溶体合金の融点は、公称作動温度より14.2℃高かった。

(イ) その他については、公称作動温度とほぼ一致した。

イ 蛍光X線分析装置による可溶体合金の組成分析確認

(7) 160℃の温度ヒューズ可溶体合金には、仕様でない成分Zn(亜鉛)が5.5%検出された。Znの融点は文献値によると419.5℃であり、前アで融点が14.2℃高くなった原因と考えられる。

(イ) その他については、仕様とほぼ一致した。

##### ウ 恒温器による作動実験

全ての試験体で公称作動温度よりも約10℃から27℃高い温度で作動した。

平成10年度に恒温器を使用して試験した際には、公称作動温度(200℃の温度ヒューズを除く)を確認していることから、今回は昇温速度が大きすぎたことが原因であると考えられる。

##### エ 接炎作動実験

(7) 温度ヒューズの板厚が薄い程、作動時間が早かった。

(イ) 温度ヒューズの作動試験として、建設省告示試験による性能評価と併せて、火炎を接炎させる接炎実験による試験方法も、火炎伝送防止用温度ヒューズの評価として有効であると考えられる。

##### オ 引張実験

(7) 最大引張荷重は、厚さに比例して大きくなった。

(イ) 今回使用した試験体の中で厚さが最も薄い0.3mmについても防火ダンパーのバネ引張力(約90N)の約5倍あり、十分な強度があると考えられる。

(ウ) 全ての試験体がネジ止め部分で破断しており、溶接部分には何の異常もなかったことから、温度ヒューズの防火ダンパーのバネ引張力への耐力には、部材の強度が影響すると考えられる。

(2) 火災実験による温度ヒューズの作動状況の確認実験

##### ア 燃焼実験

(7) 防火ダンパー内部への熱流入は、取付け枠付近で大きいことが分かった。

(イ) 今回の実験で使用した防火ダンパーの温度ヒューズは、背面の取付け枠により温度ヒューズへの熱流入が妨げられる位置に設定されているため、取付け枠付近で熱流入のより大きい場所が、温度ヒューズ設定場所に適していると考えられる。

##### イ 作動実験

(7) 180℃の温度ヒューズは、炎が防火ダンパー通過後に作動した。これは、ダクト内部に付着する油かす等の可燃物が燃焼する可能性があり、ダクト火災発生の危険性があると考えられる。

(イ) 120℃の温度ヒューズはグリスフィルター内部に炎が入った後、炎が防火ダンパーを通過する前に作動したの

で、180℃の温度ヒューズと比較して有効であると考えられる。

(ウ) 温度設定を低くすることによる防火ダンパー誤作動の可能性を考慮する必要があるが、120℃の温度ヒューズではグリスフィルター内部への炎侵入後に作動しており、誤作動の可能性は少ないと考えられる。

(エ) これらのことから、120℃の温度ヒューズが適当であると考えられる。

##### ウ 遮炎性能実験

(7) 今回の実験条件では、防火ダンパーの遮炎性能は一定の効果を示したと考えられる。しかし、実際にダクト火災は発生しており、実験条件を考慮すると、今回の結果は新品もしくは清掃の行き届いた防火ダンパーが対象となるので、経年劣化や油塵等の付着について考慮した実験も行う必要があったと考えられる。

(イ) 排気ファン停止によりダクト内への熱流入が抑制されるという結果から、厨房における火災発生時に排気ファンを停止することの効果立証された。

#### 5 結論

(1) 温度ヒューズの板厚が薄い程最大引張荷重は小さくなるが、板厚0.3mmの温度ヒューズにおいても防火ダンパーのバネの引張力の約5倍であり、バネの引張力に対して十分な強度がある。

(2) 防火ダンパー内部への熱流入は取付け枠付近で大きくなっており、温度ヒューズの設置位置は取付け枠付近で熱流入のより大きい場所が適している。

(3) 120℃の温度ヒューズは誤作動の可能性も少なく、防火ダンパーに使用する温度ヒューズとして適当である。

(4) 清掃が良好な防火ダンパーは、一定の遮炎性能が認められる。

(5) 排気ファン停止によりダクト内への熱流入は抑制され、延焼の危険性は低くなる。

#### 6 おわりに

今回の実大実験においては、ダクト火災を発生させるには到らなかった。その原因としては、ダクトの経年使用による油塵等の付着した状況を再現できなかったためであると考えられる。

今後、機会があれば、厨房にて使用中のダクトあるいはそれと同等に油塵等を付着させたダクトを使用することにより、ダクト火災を再現し、ダクト火災発生について検証していく必要がある。

##### 【参考文献】

1) 東京消防庁消防科学研究所報第36号、P.115-122(1999)

# STUDY OF FIRE DAMPERS IN RESTAURANT KITCHEN DUCTS (SECOND REPORT)

Kazuo KATO\*, Toshihiko ABE\*\*, Yasuhisa OGINO\*\*\*,  
Yuji KURODA\*\*\*, Makoto EGUCHI\*\*\*, Kazumi SHIKANO\*\*\*\*

## Abstract

There are about 20 fires per year that spread to restaurant ducts. These fires frequently result in large amounts of smoke requiring evacuation and present great difficulties for firefighting due to the long time required to locate the fire origin concealed inside the duct.

In 1998 we conducted kitchen fire experiments, gaining fundamental information about the temperature fuses used in kitchens. This study, in attempts to further analyze the operational characteristics of the temperature fuses, involved experiments testing the operation of the fuses and kitchen fire experiments.

The results are as follows:

1. While maximum tensile load decreases with thinner temperature fuses, a fuse with a thickness of 0.3 mm has about five times the tensile strength of the fire damper spring, and is sufficiently strong.
2. Since heat inflow is largest near the attachment frame of the fire damper, the temperature fuse is most appropriately installed there.
3. Temperature fuses of 120° C rarely malfunction and are therefore suitable for use in fire dampers.
4. Easy to clean fire dampers were found to have certain flame insulation properties.
5. Shutting off the fan restricts heat flow into the duct, thereby reducing the danger of a fire spreading.

---

\* Kanda Fire Station   \*\* Yaguchi Fire Station   \*\*\* Second Laboratory   \*\*\*\* Marunouchi Fire Station