

使用中の火気使用設備器具が周囲壁体に 及ぼす熱影響に関する検証

宮島敏光* 山内一弘*

概要

飲食店の厨房においてガスコンロ等の火気使用設備器具を使用することで周囲の壁体が熱せられ、火災に至る事例がある。出火の危険は壁体に及ぶ熱影響の大小により変化し、熱影響の大小は火気使用設備器具の使用条件により変化すると考えられるが、使用条件と熱影響との間の関係について定量的なデータを得るため、実験を行なった。

実験試料としての壁体の近傍でガスコンロを稼働させ、壁体の表面及び裏面の温度、壁体に入射する熱流束を測定した。この際、ガスコンロと壁体間の距離（以下「離隔距離」という）、壁体の構造、壁体表面の状態、使用するガスコンロの消費熱量をそれぞれ変化させて比較した。

その結果、離隔距離が短く、使用するガスコンロの消費熱量が大きい程周囲の壁体表面に及ぶ熱影響が大きくなり、壁体を構成する不燃材料が薄い程壁体裏面への熱影響が大きくなることがわかった。また、壁体の表面の状態（汚れの状態）も壁体表面に及ぶ熱影響の大小に大きく関わっていることがわかった。

1 はじめに

飲食店の厨房において火気使用設備器具等の周囲の壁体から出火した火災は、東京消防庁管内において、平成15年～平成17年の3年間で112件発生している（当庁予防部調査課提供の資料による）。これらの火災は使用中の火気使用設備器具等の熱により周囲の壁体が加熱されて出火に至ったものであるが、それぞれの火災事例を詳細に調べると、出火時の火気使用設備器具等の使用状況は様々である。火気使用設備器具等の使用状況により周囲の壁体を受ける熱影響は変化し、出火の危険性も異なってくると考えられるが、今回、両者の関係について定量的なデータを得ることを目的に検証実験を行なった。

2 実験の方法

(1) 概要

1口ガスコンロ（A社製）で寸胴鍋（ステンレス製・直径33cm）に入った水を沸かし、その間、近傍に設置した壁体の表面温度、裏面温度、及び壁体に入射する熱流束を測定する。また、実験後の試料（壁体）を観察し、熱影響による炭化、変色等の有無を確認する。使用するコンロの種類、壁体内部の構造、離隔距離、壁体表面の状況の4条件を変化させてそれぞれの場合について測定し、結果を比較する。

写真1に示すとおり、ガスコンロの周囲を互いに直角

をなす2面の壁で囲み、その内の1面の一部分を試料の壁体にする。

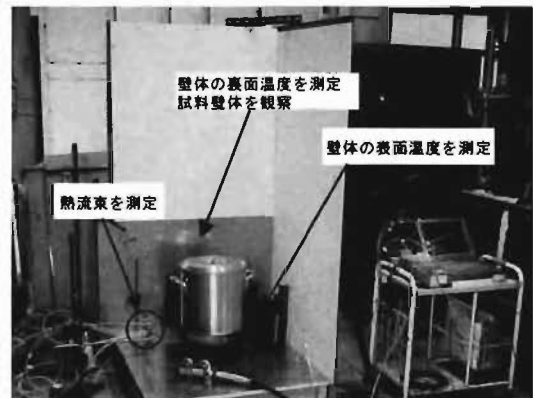


写真1 実験設備

(2) 試料とする壁体

試料とする壁体の構造はガスコンロ側から順にステンレス板（SUS403 2B仕上げ 厚さ0.5mm 以下全て同じ）、不燃材料、木材（杉角材、ベニヤ板）とする。不燃材料にはケイ酸カルシウム板を用いる（図1、写真2、3参照）。

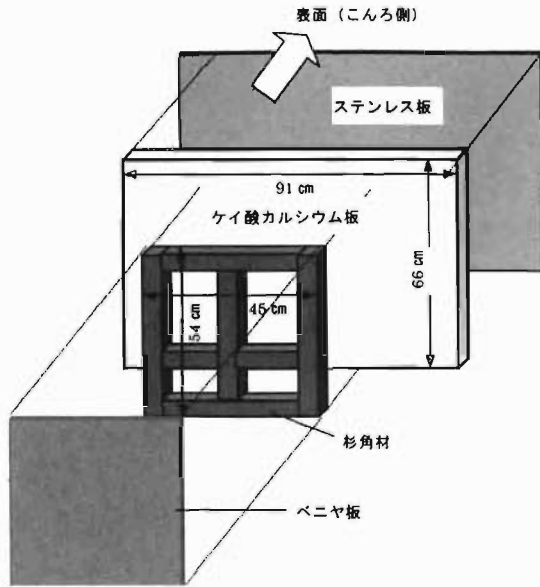


図1 試料壁体分解図

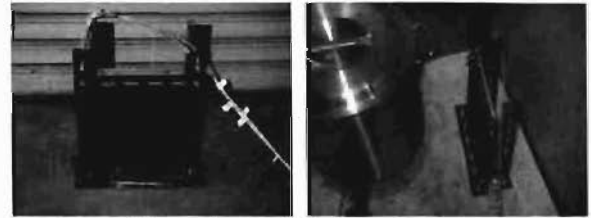
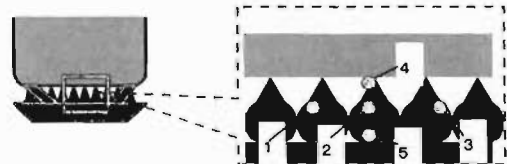


写真4 (左) 表面温度測定板 (黒塗り)
写真5 (右) 表面温度測定板設置状況



注: 測定点2, 4, 5は壁体表面とガスこんろが最も近づく鉛直線上にある。4の高さは鉄の底面、5の高さはガスこんろの五徳を除いた部分の上面に合わせる。2は4と5の間。
1と3の高さは2と同じ。1と2、2と3の間は3cm

図3 壁体表面温度測定箇所

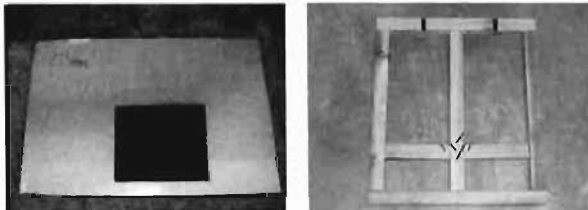


写真2 (左) 試料壁体表面 (表面黒塗り)
写真3 (右) 試料壁体の木材部分 (ケイ酸カルシウムと接する面)

イ 壁体裏面温度

試料壁体のケイ酸カルシウム板と杉角材の間に熱電対の熱接点を挟み、ここで測定される温度を「壁体裏面温度」とする。杉角材には熱電対の経路に溝を掘り、ケイ酸カルシウム板と杉角材の間に隙間が生じないようにする (写真6、7、図4参照)

測定箇所は、壁体表面温度測定箇所と準ずる (測定点6~10)。

(3) 各部測定方法

ア 壁体表面温度

20 cm×20 cmのステンレス板の裏面に熱電対(K型 φ 0.65 mm 以下全て同じ) を貼り付け、この面を同じ大きさのロックウールフェルト (厚さ25 mm) で覆い、更にケイ酸カルシウム板を貼り付ける (図2参照 以下これを「表面温度測定板」という)。これをガスこんろと試料壁体との距離 (以下「離隔距離」と同じ距離をとった位置) に置いて測定したものを「壁体表面温度」とする (図3、写真4、5参照)。

測定箇所は、図3に示す測定点1~5の5箇所とする。

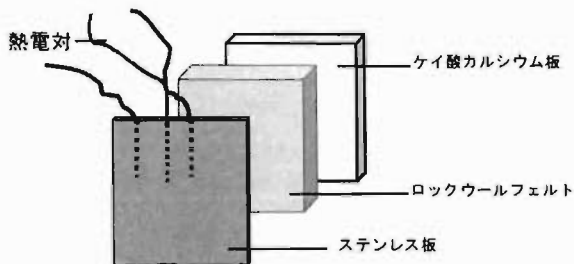


図2 表面温度測定板

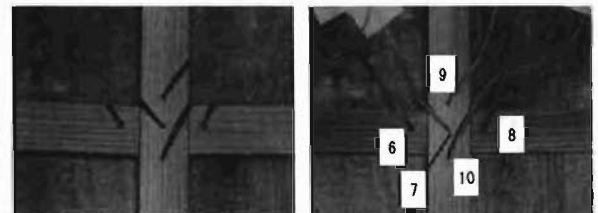


写真6 (左) 杉角材に掘った熱電対用の溝
写真7 (右) 熱電対取り付け状況

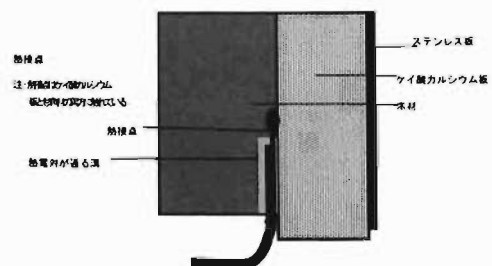


図4 壁体裏面温度測定点の様子 (断面図)

ウ 壁体に入射する熱流束

試料壁体と同じ離隔距離をとった位置に放射計、総熱

流束計を設置し、これにより得られた値を「壁体を受ける輻射熱流束及び総熱流束」とする。測定箇所は前述の壁体表面温度測定箇所で示した測定点「2」の位置に準ずる。各センサは、こんろの中心部に向ける。(写真8参照)



写真8 輻射計、総熱流束計設置状況

エ 試料壁体の観察

離隔距離以外の条件が同一の場合、実験は原則として離隔距離が遠い方から先に行ない、試料壁体に破損等がない場合には同一試料で離隔距離を替えて実験を行なう。全ての離隔距離について測定が終了した後に試料壁体内部の観察を行なう。

(4) 実験条件

ア こんろの種類

以下の2機種を使用する。いずれも都市ガス(13A)用(写真9、10参照)

(ア) A社製a製品(以降「こんろa」という。)

(直径290mm 消費熱量(公称)5.81kW)

(イ) A社製b製品(以降「こんろb」という。)

(直径357mm 消費熱量(公称)12.2kW)

尚、本製品の取扱説明書によるとA社が指定する可燃物までの離隔距離は50cmである。



写真9 こんろa



写真10 こんろb

イ ケイ酸カルシウム板の厚さ

4、6、8、10、12、15mmの6通りについて行なう。

ウ 離隔距離

3、5、10、15、20cmの5通りについて行なう。

エ 壁体表面の状況

こんろ及び鍋の近傍の壁体表面のステンレスを黒塗りした場合としていない場合の2通りについて行なう(黒塗りしていない場合で行なったのはこんろb製品、ケイ酸カルシウム板15mmのみ)。

オ その他共通の条件

実験室の温度、湿度の調節はしない。また、換気は実験設備が風等の影響を受けない位置にある扉の開放により行なう。実験室内で、実験設備から約5mの距離にあ

る温度計を「周囲温度」として扱う。

各実験において温度等の記録は10秒に1回行ない、180分間加熱、計測する(データロガーによる自動記録)。

3 実験結果

(1) 壁体表面温度

壁体表面温度は、ほぼ全ての条件、測定点において、ガスこんろに点火した直後から上昇し、上昇速度を緩めながら概ね1.5時間経過時には平衡に達した(例として図5参照)。この平衡状態において、測定点1~5の5点で測定された温度のうち最も高い値を「壁体表面最高温度(仮)」とした。

「対象火気設備等及び対象火気器具等の離隔距離に関する基準(平成14年消防庁告示一号)」の趣旨に則り、実験で測定された壁体表面最高温度(仮)に $35 - t$ [°C] (t :周囲温度 各実験終了時の測定値)を加えた値を「壁体表面最高温度」とした。各実験における壁体表面最高温度を表1、2に示す。尚、こんろaを使用し、離隔距離3cmで行なった実験については、後に行なった追加実験の結果を示す。

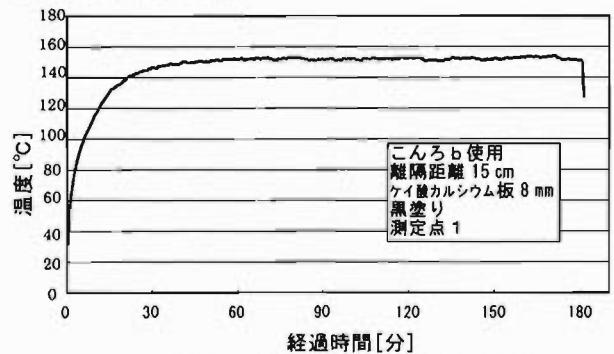


図5 壁体表面温度測定結果例

(2) 壁体裏面温度

壁体裏面温度は、ガスこんろ点火後から上昇を続け、壁体表面温度よりも遅れて平衡状態に達した(例として図5、6参照)。条件によっては緩やかに温度上昇を続けたまま実験終了まで平衡状態にならないものもあった。

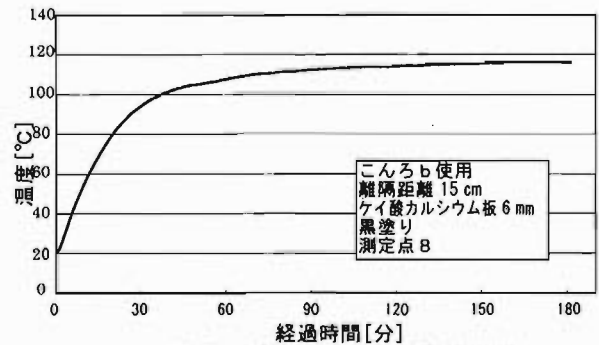


図6 壁体裏面温度測定結果例

測定開始から終了までの間に測定点6~10の5点で測定された温度のうち最も高い値を「壁体裏面最高温度(仮)」とし、壁体表面温度と同様に $35 - t$ [°C] (t :周

周囲温度)を加えた値を「壁体裏面最高温度」とした。
各条件における壁体裏面最高温度を表1、2に示す。

表1 各実験における壁体表面、裏面最高温度
(こんろa)

単位: °C		離隔距離[cm]					
		3	5	10	15	20	
ケイ酸カルシウム板厚さ[mm]	4	周囲温度	7.0	7.0	9.0	6.0	16.0
		表面最高	225.1	206.3	161.4	118.1	102.0
		裏面最高	251.8	171.4	122.0	106.1	89.9
	6	周囲温度	7.0	6.0	8.0	14.0	9.0
		表面最高	225.1	201.4	147.2	115.6	102.7
		裏面最高	213.3	140.2	115.7	88.9	80.7
	8	周囲温度	11.0	10.0	11.0	8.0	10.0
		表面最高	225.1	192.8	145.8	119.7	103.2
		裏面最高	179.2	153.4	121.2	98.9	87.6
	10	周囲温度	12.0	16.0	9.0	11.0	8.0
		表面最高	225.1	197.5	154.7	122.5	105.1
		裏面最高	187.1	174.7	103.6	87.0	77.8
	12	周囲温度	8.0	9.0	12.0	9.0	10.0
		表面最高	225.1	188.1	144.2	121.6	105.9
		裏面最高	353.7	151.0	116.0	97.1	85.0
15	周囲温度	9.0	10.0	8.0	15.0	10.0	
	表面最高	225.1	194.0	158.9	108.4	102.0	
	裏面最高	142.6	129.8	104.6	80.4	80.6	

表2 各実験における壁体表面、裏面最高温度
(こんろb)

単位: °C		離隔距離[cm]					
		3	5	10	15	20	
ケイ酸カルシウム板厚さ[mm]	4	周囲温度	11	14	10	14	11
		表面最高	317.2	263.2	207.6	163.8	135.2
		裏面最高	236.9	238.7	180.7	114.9	105.7
	6	周囲温度	12.0	9.0	14.0	12.0	12.0
		表面最高	323.4	276.0	209.2	175.1	144.2
		裏面最高	263.8	223.5	174.4	139.5	113.6
	8	周囲温度	9.0	14.0	8.0	12.0	10.0
		表面最高	321.6	275.0	215.2	177.1	144.1
		裏面最高	238.1	213.2	158.4	131.7	106.9
	10	周囲温度	12.0	12.0	10.0	13.0	14.0
		表面最高	318.8	277.6	220.7	181.3	150.5
		裏面最高	234.7	212.3	175.3	139.1	112.2
	12	周囲温度	12.0	15.0	15.0	9.0	12.0
		表面最高	315.7	270.9	201.8	158.5	143.3
		裏面最高	210.4	199.1	154.3	123.8	103.8
15	周囲温度	14.0	10.0	14.0	10.0	19.0	
	表面最高	174.5	150.0	106.5	85.7	68.9	
	裏面最高	107.5	94.9	75.9	68.2	57.8	
15 塗りなし	周囲温度	14.0	10.0	12.0	10.0	12.0	
表面最高	315.6	278.0	198.5	175.9	150.1		
裏面最高	154.7	148.1	129.0	111.5	99.7		

(3) 壁体が受ける熱流束

熱流束は、輻射、総熱流束ともにガスこんろ点火後から上昇を続け、全ての条件とも1時間後には平衡状態となった(例として図7参照)。ガスこんろ点火後1.5時間経過時~3時間経過時まで測定された値の平均値をそれぞれの実験回における「輻射熱流束測値」、「総熱流束測値」とした。

同一こんろ、同一離隔距離についてそれぞれ6回(こんろa、離隔距離3cmは3回)測定したが、それぞれの輻射熱流束値、総熱流束値の平均値を表3に示す。

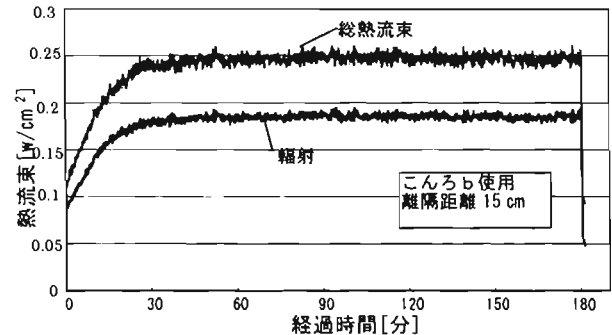


図7 熱流束測定結果例

表3 各条件における熱流束測定結果

単位: w/cm ²		こんろa		こんろb	
		輻射	総	輻射	総
離隔距離[cm]	3	輻射	0.310	0.690	
		総	0.519	0.968	
	5	輻射	0.275	0.513	
		総	0.419	0.727	
	10	輻射	0.146	0.285	
		総	0.221	0.389	
15	輻射	0.088	0.183		
	総	0.146	0.242		
20	輻射	0.066	0.132		
	総	0.108	0.180		

輻射: 輻射熱流束
総: 総熱流束

(4) 試料の観察

実験後の試料壁体を観察すると、条件により木材部分に変色しているものや炭化しているものがあった。それぞれについて例として写真11~14に示す。



写真11(左) 試料壁体の木材部分が炭化した様子
写真12(右) 写真11拡大
(こんろa使用、ケイ酸カルシウム板厚12mm)

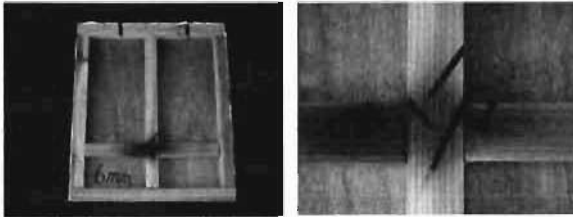


写真13 (左) 試料壁体の木材部分が変色した様子
 写真14 (右) 写真13の拡大
 (こんろb使用 ケイ酸カルシウム板厚6mm)

各実験条件毎の試料壁体の木材部分の観察結果を表4に示す。

表4 各実験条件における試料壁体(木材部分)の観察結果

		こんろ a	こんろ b
ケイカル板厚さ「mm」	4	変色	変色
	6	変色	変色
	8	変化なし	変色
	10	変化なし	変色
	12	炭化	変化なし
	15	変化なし	変化なし
	15(黒塗りなし)		変化なし

4 実験結果からの考察

本考察では、対象火気設備等及び対象火気器具等の離隔距離に関する基準(平成14年消防庁告示一号)の趣旨に則り、100℃を「火災危険温度」として扱う。

(1) 壁体表面の状況と壁体の最高温度との関係

壁体表面の状況と壁体の温度の関係について検証するため、こんろbを使用し、ケイ酸カルシウム板15mmの条件下で行なった実験について表面のステンレスが黒塗りの場合とそうでない場合(以降「塗りなし」)を比較する。それぞれの条件下での壁体表面最高温度及び壁体裏面最高温度をグラフにしたものを図8に示す。

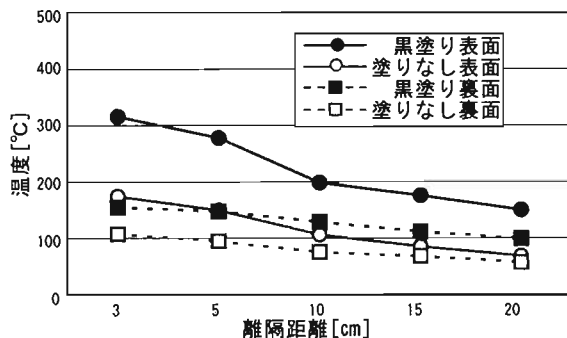


図8 壁体表面の状況と壁体温度の比較グラフ

壁体の表面が黒塗りの状況では、塗りなしと比べて壁体の表面、裏面共に温度が高くなることはいえる。壁体

表面最高温度は、塗りなしの条件では離隔距離が15cm以上あれば危険温度である100℃に達しないのに対し、黒塗りの条件では実験条件として最も遠い20cmで既に超えている。壁体裏面最高温度については、塗りなしの条件では離隔距離が5cm以上あれば100℃を超えないが、黒塗りの条件では離隔距離が15cm以下の時に危険温度を超え、20cmの時にもそれに近い99.7℃に達している。通常、厨房の壁体はタイル、ステンレス等で仕上げられ、黒色仕上げということは稀であるが、長時間の使用により壁体の変色する、あるいは煤等が付着することは十分に考えられる。つまり、火気使用設備の継続的な使用により壁面の状況が変わり、出火の危険が増してゆくことが予想されるといえる。

本比較検証結果を踏まえ、実験ではより出火危険が高いと考えられるステンレスを黒塗りにした状態に統一し、他の条件を変化させて行なった。

(2) 離隔距離と壁体の最高温度との関係

横軸に離隔距離、縦軸に表面最高温度をとったグラフを図9(こんろa)、図10(こんろb)に示す。同じ実験回における試料壁体のケイ酸カルシウム板の厚さごとに系列を分けて示す。

こんろa、こんろbとも、離隔距離が短くなるほど温度が高くなるのがわかる。また、どちらのこんろでも、実験条件で最も遠い20cmの離隔距離で危険温度である100℃を超え、こんろbについては離隔距離5cm以下になると木材の発火危険温度である260℃を超えている。こんろb稼動時に5cm以内の場所に木材等の可燃物があれば、直ちに発火することが予想される。

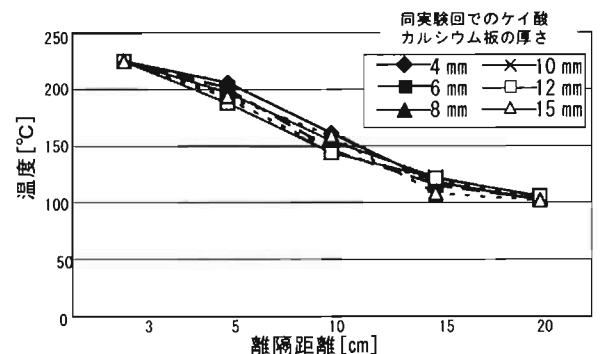


図9 離隔距離と壁体表面最高温度の比較(こんろa)

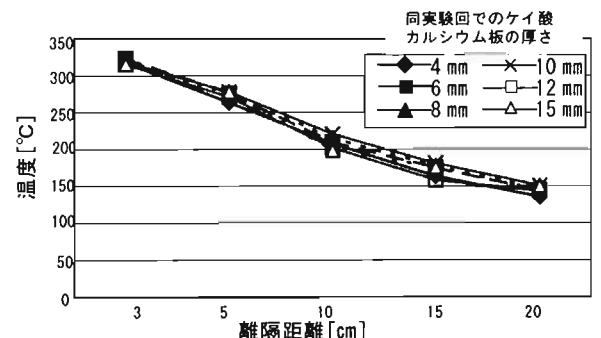


図10 離隔距離と壁体表面最高温度の比較(こんろb)

横軸に離隔距離、縦軸に裏面最高温度をとったグラフを図11(こんろa)、図12(こんろb)に示す。試料壁体のケイ酸カルシウム板の厚さごとに系列を分けて示す。図11における「注」の点は、木材が炭化した実験回における測定値であるため、木材の自己発熱による温度と考えられる。

こんろa、こんろbともに、離隔距離が短くなるに従い温度が高くなっているのが分かる。こんろaでは離隔距離10cm以下の条件及び離隔距離15cm、ケイ酸カルシウム板厚さ4mmの条件で火災危険温度である100℃を超えている。こんろbでは離隔距離20cm、ケイ酸カルシウム板厚さ15mmの条件時以外すべて100℃を超え、この条件時でも99.7℃と、ほぼ100℃に近い値に達している。また、木材の発火危険温度である260℃に達した条件もある(離隔距離3cmケイ酸カルシウム板厚さ6mm時)。

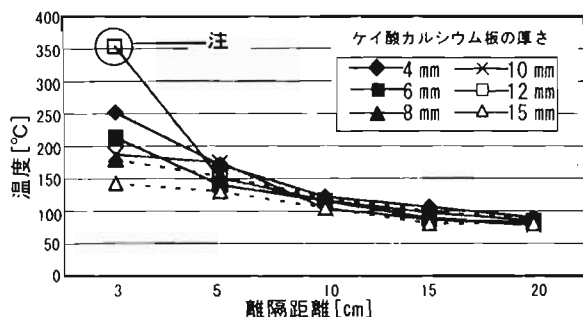


図11 離隔距離と壁体裏面最高温度の比較(こんろa)

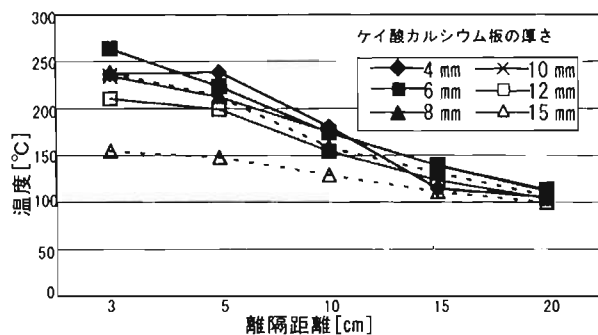


図12 離隔距離と壁体表面最高温度の比較(こんろb)

(3) ケイ酸カルシウム板の厚さと壁体裏面最高温度との関係

横軸にケイ酸カルシウム板の厚さ、縦軸に壁体裏面最高温度をとったグラフを図13、図14に示す。離隔距離ごとに系列を区分して示す。図13における「注」点は木材が炭化した実験回における測定値であるため、木材の自己発熱による温度と考えられる。

こんろaについて見ると、離隔距離10、15、20cmの系列についてはケイ酸カルシウムの厚さによらず温度はほぼ一定であるといえる。離隔距離5cmの系列については離隔距離により温度にばらつきがあるが、法則性はない。離隔距離3cmの系列については、「注」点を除外し

て考えるとケイ酸カルシウム板が厚くなるに従い温度が低くなる傾向が認められる。

こんろbについてみると、離隔距離15、20cmの系列ではケイ酸カルシウム板の厚さと温度との間に特に相関性は認められないが、離隔距離3、5、10cmの系列ではケイ酸カルシウム板が厚くなるに従い温度が低くなる傾向が、やや不完全ではあるが、認められる。

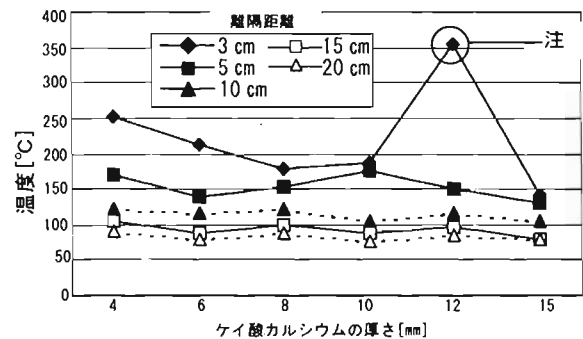


図13 離隔距離と壁体裏面最高温度の比較(こんろa)

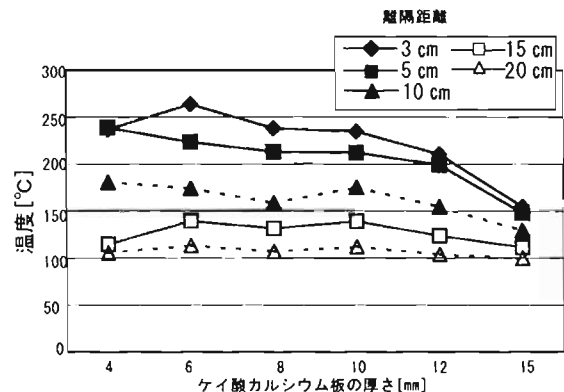


図14 離隔距離と壁体裏面最高温度の比較(こんろb)

(4) こんろの消費熱量と壁体表面最高温度との関係

横軸に離隔距離、縦軸に壁体表面最高温度をとり、こんろの種類で系列を区分したグラフを図15に示す。同じ離隔距離においては、こんろの消費熱量が大きい方が壁体表面最高温度が高くなる、つまり壁体を受ける熱影響が大きくなるのがわかる。

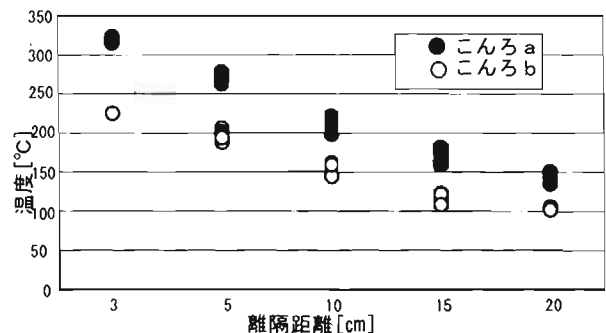


図15 こんろの消費熱量と壁体表面最高温度の比較

(5) こんろの消費熱量及び離隔距離と壁体が受ける熱流束の関係

横軸に離隔距離、縦軸に各実験条件における熱流束測定値をとったグラフを図 16 に示す。

こんろの消費熱量が大きく、離隔距離が短いほど総熱流束、輻射熱流束ともに、大きくなるのがわかる。

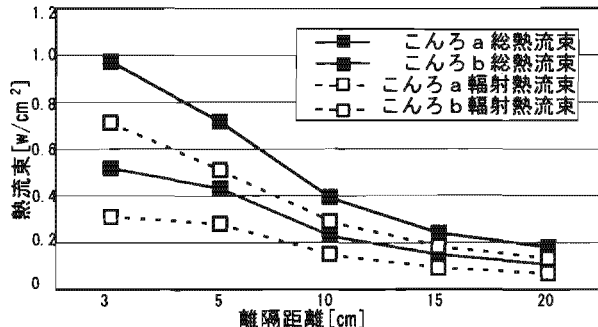


図 16 こんろの消費熱量、離隔距離と壁体が受ける熱流束との比較

(6) 試料壁体の観察結果から

表 4 に示すとおり、実験では全 13 種類の試料のうち 7 種類が変色、1 種類が炭化していた。

炭化していた試料はこんろ a を使用し、ケイ酸カルシウム板 12 mm 厚の条件のもので、他のものと比べて特に壁体裏面温度が上がりやすいと考えられるものではない。それにも係らずこの試料のみが炭化していたことは、壁体裏面への熱影響に係る要因は今回の実験で比較のために変化させた条件以外にもあることを示唆しているといえる。

今回の実験で変色が認められなかった試料についても、全て 100℃ 以上の環境下に一度は曝されていることから、同様の実験を繰り返していれば変色あるいは炭化に至ることは十分に考えられる。

5 まとめ

今回の実験から、以下のことがいえる。

- (1) こんろの周囲にある壁体は、表面が黒い（汚れている）と、そうでない場合と比べてこんろの使用により受ける熱影響が大きい。
- (2) こんろと周囲の壁体との離隔距離が短いほど壁体受ける熱影響は大きい。
- (3) こんろの消費熱量が大きいほど周囲の壁体受ける熱影響は大きい。
- (4) 壁体表面の温度が高い時には同じこんろ、離隔距離の条件下では壁体を構成する不燃材料（ケイ酸カルシウム板）の厚さが増すに従い壁体裏面温度が低く抑えられる傾向がある。壁体表面の温度が低い時には壁体裏面の温度は不燃材料の厚さによる影響をあまり受けない。
- (5) 壁体への熱影響に係る要因としては、今回の実験で変化させた使用こんろの消費熱量、離隔距離、不燃材

料の厚さ、壁体表面の状況の他にも使用条件による違いがある可能性がある。

- (6) 今回行った実験で付与した条件の範囲では、公称発熱量 5.81kw のこんろ a 使用時は離隔距離 15cm 以上且つケイ酸カルシウム板厚 6 mm 以上の条件下で壁体裏面が 100℃ に達せず、「安全な使用状態」と考えられるが、当該条件下でも 100℃ に近い値に達しているものがあることや、前記(5)に記した内容から、本実験結果のみでは火気器具の安全な使用条件を明確に示すことは困難である。

参考文献

- 1) 消防関係法令集 東京法令出版
- 2) 東京消防庁予防事務審査・検査基準 東京消防庁

Experiment on Thermal Effects of Fire-Using Facilities in Use on Surrounding Walls

Toshimitsu MIYAJIMA*, Kazuhiro YAMAUCHI*

Abstract

There are cases where surrounding walls in a restaurant kitchen are heated up by the use of fire-using facilities/equipment, such as gas stoves, resulting in a fire. It is likely that fire risks vary depending on the level of thermal effects on the walls while the thermal effects also vary depending on the use conditions of fire-use facilities/equipment. This experiment aims to obtain quantitative data on the relationship between the use conditions and thermal effects.

A gas stove was turned on in the vicinity of the sample walls. Then temperatures on the front and back surfaces of the walls and heat flux entering the walls were measured. The offset distance, wall structure, wall surface conditions, and heat consumption of the gas stove were separately changed for comparison.

The results indicate that the thermal effects on the front surface of surrounding walls become greater as the offset distance is smaller and the heat consumption of the stove is greater, and that the thermal effects on the back surface become greater as the nonflammable material, which is component of the walls, is thinner. It was also revealed that the level of thermal effects on the wall surface is significantly affected by the wall surface conditions (cleanliness).