

排気ダクトを被覆する不燃材料の性能確認方法の構築とその応用

山内一弘* 高橋伸幸**

概要

厨房用排気ダクトを被覆する不燃材料については、当庁の予防事務審査・検査基準（以下「審査・検査基準」という）に「ロックウール保温材（JIS A9504 によるもの）又はけい酸カルシウム保温材（JIS A9510 によるもの）若しくはこれらと同等以上の遮熱性及び耐久性を有する特定不燃材料で、厚さ 50mm 以上被覆する」とその仕様が具体的に示されているが、ここで要求される遮熱性能を確認する方法の構築を行った。これにより、今後審査・検査基準に示される仕様以外の不燃材料が新たに出現し、排気ダクトを被覆するものとして扱えるかを検討する際、その遮熱性能を確認できるようになった。

また、構築した方法を応用し、排気ダクトから可燃物までの距離が適切にとられていない等、「不適切な施工」により生じる火災危険についても検証した。

1 はじめに

厨房用排気ダクトは、東京都では火災予防条例第3条の第2第1項第2号ハ（以下「条例」という）により、「可燃性の部分から 10cm 以上の距離を保つこと。ただし、金属以外の特定不燃材料で有効に被覆する部分については、この限りでない。」と定められている。「金属以外の特定不燃材料で有効に被覆する部分」については、審査・検査基準で「ロックウール保温材（JIS A9504 によるもの）又はけい酸カルシウム保温材（JIS A9510 によるもの）若しくはこれらと同等以上の遮熱性及び耐久性を有する特定不燃材料で、厚さ 50mm 以上被覆する部分をいう。」と定められている。

現在（平成 18 年 3 月 31 日）に至るまで、複数のメーカーが、50mm 未満の厚さで厚さ 50 mm のロックウールまたはけい酸カルシウム保温材と同等若しくはそれ以上の遮熱、耐久性能を有するとする製品（以下「新製品」という）を開発しており、当庁では全 8 種類の新製品について、当該製品で排気ダクトを被覆した部分を、条例中の「金属以外の特定不燃材料で有効に被覆する部分」に当たるものと認めている。

当庁が新製品を「50 mm 未満の厚さで厚さ 50 mm のロックウール保温材またはけい酸カルシウム保温材と同等若しくはそれ以上の遮熱、耐久性能を有する」と認めるにあたっては、開発メーカーより提出される資料により製品の概要、施工要領、不燃認定の状況を確認する他、ダクト火災が発生した場合の新製品の遮熱性能を確認するための試験（以下「遮熱性能試験」という）を行った結果を確認、検討して判断している。この遮熱性能試験は

これまで当庁以外の機関がそれぞれ手法、条件等を考案して行ってきたが、当庁でも、客観的に見て妥当と思われる手法、条件による試験方法を構築し、遮熱性能試験を行えるようになることを目的として検討した。

2 試験方法を構築する上での考察

過去、開発された新製品の遮熱性能を確認する目的で、幾つかの機関により試験が行われているが、その方法は全て基本的に次のようなものである。

「加熱炉に適当な大きさの金属板と試験体を取り付けて金属板側から加熱し、非加熱面の温度を測定する。」（図 1 参照）

これは、不燃材料で被覆された排気ダクト内が火災となった状況を想定し、被覆する不燃材料の外側の温度を測るという方法である。試験体に取り付ける金属板はダクト本体の部材を想定したものである。

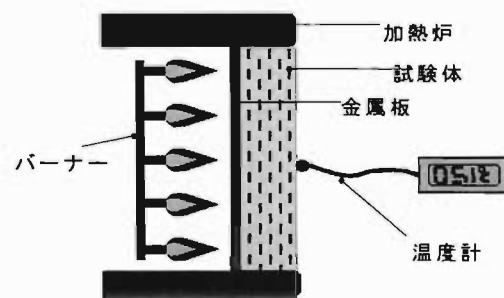


図1 遮熱性能試験イメージ図

厨房用排気ダクトと周囲の可燃物の間に一定の距離

* 装備安全課

** 危険物質検証課

を保つこと及びその距離を縮める場合に規定の不燃材料で被覆することの目的は、ダクトの熱により周囲の可燃物が燃焼するのを防ぐことである。

ダクトが熱を持つ状況として、主に

- (1) 厨房で火気を使用している場合
- (2) ダクト内に炎が伝播した場合、即ちダクト火災が起こった場合

の2通りが考えられる。

(1)の場合、当庁消防科学研究所で過去に行った実験によると、ダクト入口で20てんぷら油を熱した状況で、てんぷら油が発火しなければダクト各部のうち最も高温となる箇所（グリプフィルター下面）で44℃という結果が出ており（消防科学研究所報第19号参照）、仮にこの箇所に可燃物が接触した状態が長時間続いたとしても可燃物が発火する直接の原因となるとは考えにくい。よって試験は、他の機関が行っているとおり、上記(2)の、「ダクト火災が起こった場合」を想定し、遮熱性能を確認する方法が適当であると考えられる。よって、構築する遮熱性能試験方法についても、先に示したような「試験炉に適当な大きさの金属板と試験体を取り付けて金属板側から加熱し、非加熱面の温度を測定する」ものとした。

3 構築した遮熱性能試験の方法

(1) 遮熱性能試験の概要

試験体及びロックウール（厚さ50mm、JIS A9504に適合するもの。）を厚さ0.6mmの亜鉛鉄板越しに加熱し、試験体及びロックウールの非加熱面の温度を測る。同時に試験体及びロックウールの非加熱面に木材を接触させ、加熱による木材への影響を観察する。加熱後、試験体を観察し、焼損、破損等の有無を確認する。

(2) 試験の設備

ア 耐火試験炉

加熱を行うための装置（以下「試験炉」という。）。（写真1参照）

イ 試験枠

試験炉に亜鉛鉄板、試験体及び木材を取り付けるために作成したもの。（写真2、3、4参照）



写真1 試験炉

(3) 試験体

試験の対象とする不燃材料は試験枠の試験体用スペースに合わせた大きさ（34 cm×34 cm）に切断し、これを試験体とする。試験体は1回の試験につき1体使用する。

さらに、試験毎に34 cm×34 cmの大きさに切断したロックウール（厚さ50mm、JIS A9504に適合するもの。）（以下「標準試験体」という）も並べて取り付けて試験体と同様に扱い、比較の対象とする。（写真5、6参照）



写真2 試験枠（非加熱側）

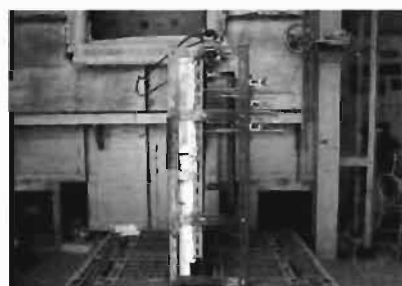


写真3 試験枠（側面）



写真4 試験枠（加熱側）



写真5 試験体（一例。左側）と標準試験体

(4) 試験手順

ア 試験体の試験枠への取り付け

試験体を、既に厚さ0.6mmの亜鉛鉄板を取り付けてある試験枠の試験体用スペース2箇所のうち1箇所に取り付ける。この際、枠と試験体の間に間隙がないようにする。もう一方の試験体スペースには同様に標準試験体を取り付ける。(写真6参照)

(以降、試験体と標準試験体を総称し「試験体等」という。)



写真6 試験枠に試験体等を取り付けた状況

イ 熱電対の試験体等への取り付け

木材(杉材)に取り付けたφ0.65mm K型熱電対(写真7、8、図2、3参照)を、試験枠の装置を利用して試験体に取り付ける。この際、亜鉛鉄板から熱電対の熱接点までの距離は正確にとり、試験体等を圧縮せず、なおかつ木材と試験体等との間に、間隙が生じないようにする。(写真9、10参照)

試験体、標準試験体それぞれに対して5点取り付ける。(取り付け位置は図3参照)

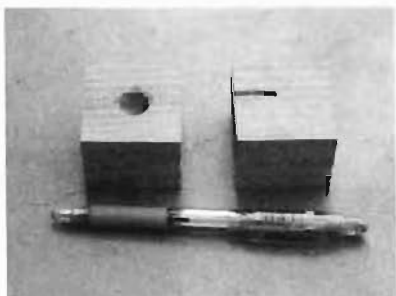


写真7 熱電対を取り付ける木材
(写真右側の面に取り付ける。
同左側はその裏面)



写真8 木材に熱電対を取り付けた状況

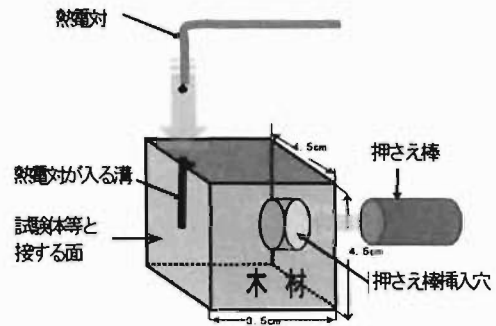


図2 熱電対と木材の詳細図



写真9 試験体等に木材、熱電対を取り付けた状況



写真10 木材と試験体等が接する様子

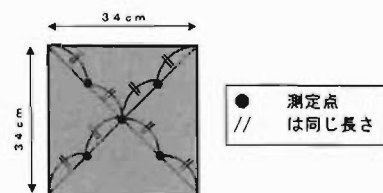


図3 試験体等への熱電対の取り付け位置

ウ 試験枠の試験炉への取り付け

前記ア、イにより試験枠に試験体等及び熱電対が取り付けられたものを試験炉に取り付ける。(写真11参照)



写真11 試験枠を試験炉に取り付けた状況

エ 加熱

試験炉の加熱は、加熱開始後5分まではISO 834-1に規定する標準加熱曲線

$$T=345\log_{10}(8t+1)+20$$

に沿うように加熱し、5分以降30分までは550℃～600℃を保つように制御する。

(T: 炉内温度[℃] t: 経過時間[分])

試験体等加熱面及び非加熱面の温度は上記(1)、(2)により取り付けられた熱電対により、加熱開始から加熱終了まで、10秒毎にデータロガーを使用して記録する。

試験体等の非加熱面温度は、各5点計測した結果のうち、それぞれ最も高い温度を記録した点を測定結果とする。

オ 観察

加熱中、及びその前後での試験体等や取り付けられた木材の発火、発煙、破損、変形等の状況を観察する。

(5) 試験結果に基づく遮熱性能の判定基準

次のア～エを満たした場合、試験体は「有効な遮熱性能を有する」と判定する。

ア 試験体非加熱面温度の最高値が260℃(木材の発火危険温度)より低いこと

イ 加熱中、試験体及び試験体に取り付けた木材から発煙、発火がないこと

ウ 加熱後、試験体に焼損、破損がないこと

エ 加熱後、試験体に取り付けた木材(5個全て)に炭化等、明らかな熱影響による痕跡がないこと(ただし若干の変色は除ものとする)

ただし、これらの項目に基づき、試験体、標準試験体共に「有効な遮熱性能を有する」と判定されなかった場合は、試験条件に何らかの問題があったものと判断し、試験は無効とする。

4 構築した遮熱試験方法による試験の例

前記3の試験方法に則り、既に当庁の審査・検査基準を満たすものとして認められている排気ダクトを被覆する不燃材料の一製品について、以下のように遮熱性能を確認することができた。

(1) 試験体

X社製x製品(厚さ20mm 写真12参照)。以下試験体Aという。本試験で用いる標準試験体を以下標準試験体Aという。

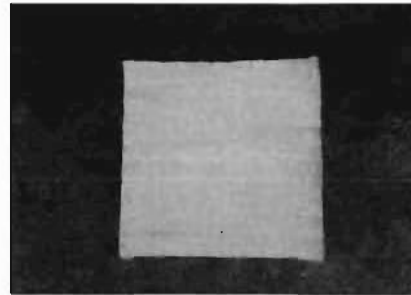


写真12 試験体A(試験前)

(2) 試験結果

ア 温度測定結果

試験体等に取り付けた熱電対(木材含む)の識別番号と取り付け位置を図4に示す。

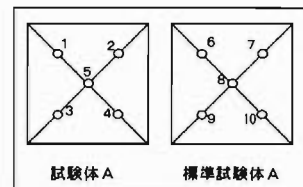


図4 熱電対取り付け位置と識別番号

試験体等に取り付けた熱電対により測定したうち、最も高い温度を記録した箇所として、試験体Aについては図4中4番、標準試験体Aについては同9番の測定値を図5に示す。

測定された最高温度は、試験体Aが202℃(30分経過時)、標準試験体Aが184℃(30分経過時)であった。

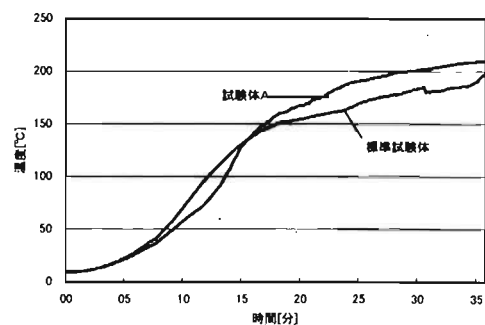


図5 温度測定結果

イ 加熱中の観察事項

本試験中、試験体等及び取り付けられた木材からの発煙、発火等は確認されなかった。

ウ 加熱前後における木材の観察

加熱前、及び加熱後における木材の様子を写真13～16に示す。試験体A、標準試験体Aともに表面の若干の変

色が認められたが、炭化等の変化はなかった。

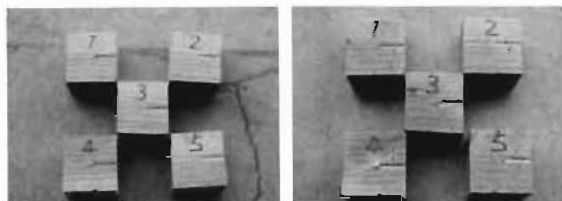


写真 13(左) 試験体Aに取り付けた木材 (加熱前)

写真 14(右) 試験体Aに取り付けた木材 (加熱後)

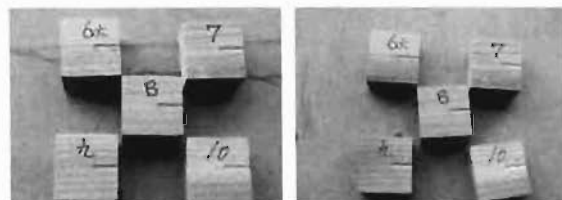


写真 15(左) 標準試験体Aに取り付けた木材 (加熱前)

写真 16(右) 標準試験体Aに取り付けた木材 (加熱後)

エ 加熱後の試験体の観察

加熱後の試験体等の様子を写真 17、18 に示す。炭化、破損等の変化は認められなかった。

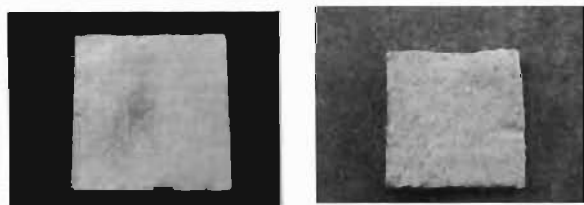


写真 17(左) 試験体 A (加熱後)

写真 18(右) 標準試験体 A (加熱後)

(3) 性能の判定

前記(2)「試験結果」より、試験体Aは前記3(5)ア～エの、遮熱性能の判定基準を全て満たした。よって、試験体は「有効な遮熱、耐久性能を有する」と判定される。

尚、標準試験体Aについても同様に判定基準を全て満たしていることから本試験は有効である。

5 構築した試験方法を応用した実験 (その 1)

(1) 目的

厨房用排気ダクトから可燃物までの距離が十分にとられていない、いわゆる「不適切な施工」により生じる危険性について検証する。適正な基準とされている 50 mm の厚さを有するロックウールを 10 mm に圧縮した状態を想定する。

(2) 試験体

ロックウール (標準試験体と同製品)。以下試験体 B という。本実験で用いる標準試験体を以下標準試験体 B という。

(3) 方法

前記 3 の遮熱性能試験方法に則って行う。ただし、試験体 B については熱電対を取り付けた木材で厚さ約 10 mm に圧縮する。(写真 19、20、図 6 参照)



写真 19 (左) 試験体B取り付け状況

写真 20 (右) 試験体Bを圧縮した状況

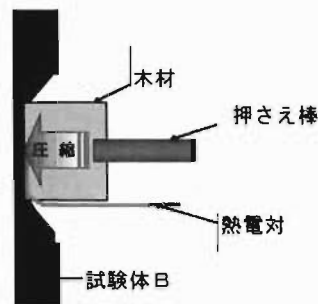


図 6 試験体B圧縮図

(4) 実験結果

ア 温度測定結果

試験体等に取り付けた熱電対 (木材含む) の識別番号と取り付け位置を図 7 に示す。

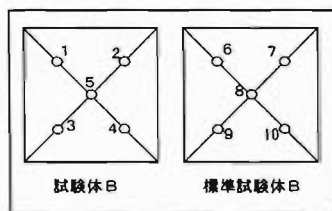


図 7 熱電対取り付け位置と識別番号

試験体等に取り付けた熱電対による温度測定結果を図 8 に示す。標準試験体 B については最も高温を記録したものととして図 7 中 9 番、試験体 B については同 2 番の結果を示す。

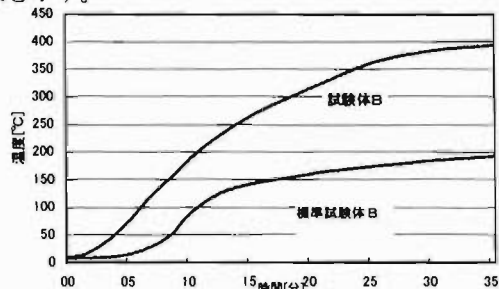


図 8 温度測定結果

最高温度は、標準試験体Bが184℃（30分経過時）、試験体Bは、383℃（同）であった。なお、図8には示していないが、試験体Bの2番以外の熱電対についても、全て300℃以上に達した。

イ 加熱中の観察事項

加熱中は、試験体等および取り付けた木材からの発煙、発火等は確認されなかった。

ウ 加熱前後における木材の観察

加熱前、加熱後における木材の様子を写真21～24に示す。

標準試験体Bに取り付けた木材は加熱前後で顕著な差異は認められなかったが、試験体Bに取り付けた木材は、全て加熱面が炭化していた。（写真22参照）

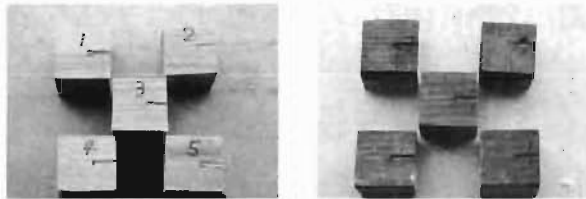


写真 21(左) 試験体Bに取り付けた木材（加熱前）
写真 22(右) 試験体Bに取り付けた木材（加熱後）

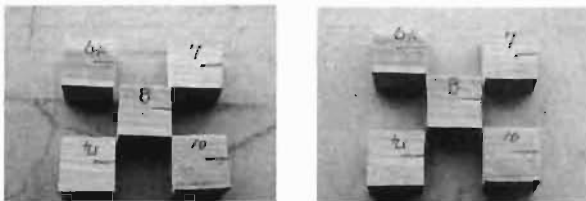


写真 23(左) 標準試験体Bに取り付けた木材（加熱前）
写真 24(右) 標準試験体Bに取り付けた木材（加熱後）

(4) 考察

本実験では、試験体Bの温度は測定した5点全てで最終的に300℃を超え、最も高いところで383℃に達した。最も早いもので、加熱開始から15分後に木材の出火危険温度といわれる260℃に達した。また、加熱中には木材からの発煙、発火等は認められなかったものの、加熱後の観察では試験体Bに取り付けた全ての木材の加熱面が炭化していた。

このことから、試験体Bは前述3(5)記載の遮熱性能の判定基準を満足しないことから「有効な遮熱性能を有していない」と判定される。仮に実際の厨房設備でこのような「圧縮した状態で被覆する」施工がなされた場合、被覆する不燃材料の遮熱性能は著しく低下し、ダクト内火災時、ダクト周囲の可燃物への延焼の可能性が高くなると考えられる。

6 構築した試験方法を応用した実験（その2）

(1) 目的

複数の不燃材料を継ぎ合わせて排気ダクトを被覆した場合、個体同士の間に「継ぎ目」が生じるが、この継ぎ目に間隙がある場合に生じる危険性について検証する。

(2) 試験体

ロックウール（標準試験体と同製品）。以下試験体Cという。本実験で用いる標準試験体を以下標準試験体Cという。

(3) 方法

前述3の遮熱性能試験方法に基づく。ただし、図9のとおり試験体Cに切り込み、間隙を作る。

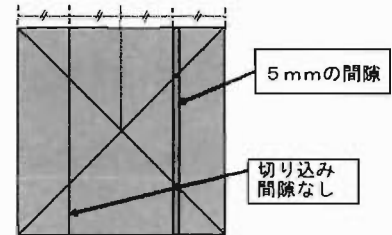


図9 試験体C加工図

また、取り付ける木材については、写真25に示すとおり、切り込み、間隙を覆う形状のものにした。



写真 25 試験体Cに木材を取り付けた様子

(4) 実験結果

ア 温度測定結果

試験体等に取り付けた熱電対（木材含む）の識別番号と取り付け位置を図10に示す。

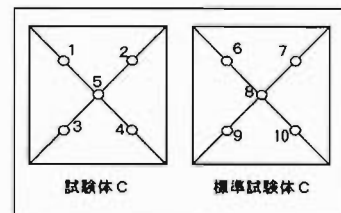


図10 熱電対取り付け位置と識別番号

試験体等の測定温度を図11に示す。標準試験体Cについては最も高温を記録したもの（図10中9番）を示す。試験体Cについては5点全てを示す。

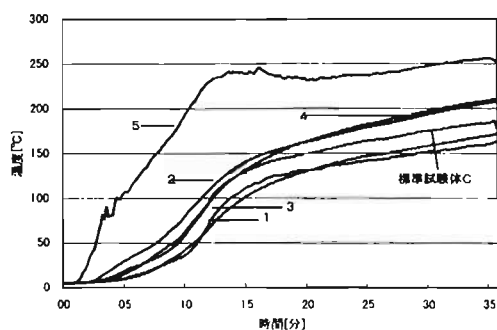


図 11 温度測定結果

標準試験体Cの温度は加熱開始後から上昇し始め、最高温度は175°C(30分経過時)に達した。

試験体Cの温度は、1、2、3、4番は加熱開始後から標準試験体Cと同様に上昇し始め、最高温度はそれぞれ158°C、193°C、152°C、197°C(いずれも30分経過時)となった。5番は加熱開始直後から他の測定点に比べ急激に温度上昇し、16分20秒経過時には240°Cに達した。その後、ほぼ一定の温度を保ち、最高温度は247°C(30分経過時)であった。

イ 加熱中の観察事項

加熱中、25分経過時に図10中(以下同)2番の熱電対付近から発煙が認められた。

その他には目立った変化は認められなかった。

ウ 加熱前後における木材の観察事項

加熱後における木材の様子を写真26~30に示す。



写真 26 標準試験体Cに取り付けた木材(加熱後)

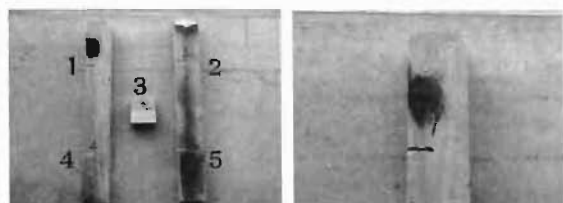


写真 27 (左) 試験体Cに取り付けた木材(加熱後)

写真 28 (右) 1番熱電対付近の木材の状況

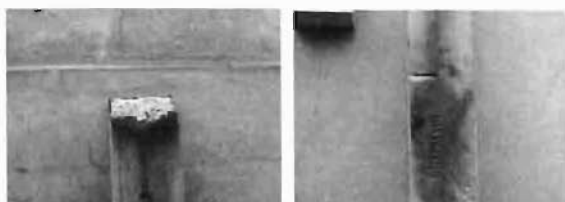


写真 29 (左) 2番熱電対付近の木材の白灰化状況

写真 30 (右) 5番熱電対付近の木材の炭化状況

標準試験体Cに取り付けたものは加熱前後で変化した形跡は認められなかった。試験体Cに取り付けたものは、切り込み等がない部分に取り付けた3番の木材には変化が認められなかった。1番と4番を取り付けた木材は、1番熱電対の取り付け位置の上方のふしの部分から樹液が染み出ているのが確認された(写真28参照)他は変化は認められなかった。2番と5番を取り付けた木材は、加熱後、試験体Cの5mmの間隙に沿って線状に黒く変色しており、5番熱電対の取り付け位置付近では一部炭化している箇所も認められた。また、上端は白灰化が認められた。(写真29、30参照)

(5) 考察

試験体の温度測定点を本実験の趣旨に基づいてその特徴により分類すると、①「継ぎ目ではない箇所(3番)」、②「継ぎ目で間隙がない箇所(1番、4番)」、及び③「継ぎ目で5mmの間隙がある箇所(2番、5番)」の3種類に分類できるが、5番の熱電対の測定値が木材の発火危険温度に近い247°Cまで上昇したこと、取り付けられた木材が炭化したことから、①、②に比べ③は遮熱性能が低下しているといえる。2番の熱電対の測定値は最高で193°Cであったが、熱接点付近の木材が白灰化していたことから、付近では測定値以上の高温に達していたと考えられる。

このことから、排気ダクトを不燃材料で被覆しながらも継ぎ目等で間隙が生じていると、ダクト内火災が発生した際、その箇所からダクト周囲の可燃物へ延焼する危険性が高まるといえる。

7 まとめ

今回構築した遮熱性能試験の方法は妥当なものであり、今後出現する新製品についてそれが排気ダクトを被覆する不燃材料として扱えるかを検討する際には、本試験により得られるデータは活用するに十分足るものであると考える。

また、構築した遮熱性能試験を応用した実験により、不燃材料を圧縮する、あるいは継ぎ目に間隙があるといった「不適切な施工」により生じる危険性を検証できた。本稿に示した以外にも不適切と思われる施工状況が今後検査、査察現場等で発見された場合、同様にその危険性を検証できると考える。

引用・参考文献

- 1) 消防関係法令集 平成17年度版 東京消防庁監修
- 2) 予防事務審査・検査基準Ⅰ 東京消防庁
- 3) 消防科学研究所報 第19号 東京消防庁消防科学研究所

Establishment and Application of the Performance Confirmation Methods of Incombustible Materials Covering Ventilation Ducts

Kazuhiro Yamauchi*, Nobuyuki Takahashi**

Abstract

Regarding incombustible materials covering kitchen ventilation ducts, the preventive work examination and inspection standards of the Tokyo Fire Department (referred to “Examination/Inspection Standards” hereinafter) specifies, “rock wool humectant (by JIS A9504) or calcium silicate humectant (by JIS9510) or the specified incombustible materials with similar or more heat-resistance and durability should cover at least a 50mm thickness.” We established methods to confirm the heat-resistant performance required under these standards. We examined whether we can use new incombustible materials other than those specified in the current examination and inspection standards that emerge in the future to cover ventilation ducts, and this will enable us to confirm the heat-resistant performance of such materials.

Applying these established methods, we also verified fire hazards caused by such inappropriate installations as failing to set an appropriate distance between ventilation ducts and combustible objects.

*Equipment Safety Section **Hazardous Materials Safety Section