

各種詰物素材別によるふとん火災の燃焼性状に関する検証

東 優太*, 飯田 明彦*, 町井 雄一郎*, 鈴木 健司*

概 要

当庁消防技術安全所では、過去にふとんが燃焼する際に発生するガスに関する検証等を行ってきた。しかし、近年詰物素材別にみたふとんの販売数量の構成比が大きく変化している状況で、詰物素材に着目した検証は行われていない。そこで本検証では、ポンプカロリメータ及びコーンカロリメータを活用して、詰物素材別に発熱速度等の基礎燃焼データを得た。また、ふとんを部分的に切り出した試験体による無炎燃焼実験により、発生ガスの測定等を行った。その結果、主に以下の知見を得ることができた。

- 1 詰物が綿 100%及びダウン 93%・フェザー 7%のふとんは、無炎燃焼が継続する傾向がある。
- 2 詰物が綿 70%・ポリエステル 30%のふとんは、当該詰物の圧縮により無炎燃焼が継続する可能性がある。
- 3 無炎燃焼時に発生するガス (CO、NH₃、Cl₂、HCN) の成分及び当該ガスの濃度変化は、詰物により差異がある。また、詰物が綿 100%及びダウン 93%・フェザー 7%のふとんは、当該詰物を圧縮した場合、非圧縮時と比べて発生ガスの濃度がより早く上昇する傾向がある。

1 はじめに

平成 19 年から平成 23 年までの間、当庁管内において死者が発生した住宅火災（住宅〔複合用途の住宅部分を含む〕、共同住宅〔寄宿舎・下宿を含む〕から出火した火災をいう。）の出火原因の第 1 位は「たばこ」であり¹⁾、その中で着火物は「ふとん等」が最も多い²⁾。このことから、たばこ火災におけるふとん等の着火性等の知見を得ることは、都民指導や火災原因調査を実施するうえで重要であると考えられる。

当庁消防技術安全所では、過去にふとんの燃焼に関する検証を行っており、平成 14 年度（当時は消防科学研究所）には、主にふとんを有炎燃焼させた際に発生する酸素、一酸化炭素及び二酸化炭素の濃度変化の傾向を明らかにしている³⁾。また、平成 24 年度には、寝たばこによるふとん火災を想定し、ふとんの無炎燃焼時に発生する一酸化炭素の流動、拡散状況及び人体への危険性について検証を行っている⁴⁾。しかし、表 1 に示すように、近年、詰物素材（以下「詰物」という。）別のふとん販売数量の構成比が大きく変化している状況で、ふとんの詰物に着目した検証は行われていない。

そこで本検証では、各詰物の燃焼性状に関する基礎データを得ることを目的として、各種測定及び実験を行った。

表 1 ふとんの販売数量の変化（単位：千枚）^{5), 6), 7)}

品 目	1980 年	1995 年	2010 年
羽毛ふとん	911	9,145	4,915
羽根ふとん			
綿ふとん	36,755	17,201	10,380
合成繊維ふとん			
羊毛ふとん	1,226	7,660	1,676
合計	38,892	34,006	16,971

※ 詰物に使用されるダウン及びフェザーの混紡比率により、ダウンの含有率が 50%以上のふとんを「羽毛ふとん」、フェザーの含有率が 50%以上のふとんを「羽根ふとん」という。

2 本検証で使用した寝具類

本検証では、表 2 に示すとおり、新品の掛ふとん 6 種類及び敷ふとん 5 種類、計 11 種類を使用することとした。これらのふとんの詰物は、比較のための綿 100%のものを除き、これまで燃焼性状が明らかにされていないものであつて、表 1 を基に、市場における流通状況を考慮したものである。詰物が綿 100%、綿 70%・ポリエステル 30%、ポリエステル 100%及び羊毛 100%のふとんは、比較のため、掛ふとんと敷ふとんの両方を使用することとした。なお、表 1 のとおり、詰物がダウン 93%・フェザー 7%のふとんは羽毛ふとん、フェザー 100%のふとんは羽根ふとんである。

また、本検証で使用した各ふとん詰物の繊維素材は、表 3 のように分類されている。

* 装備安全課

表2 本検証で使用したふとん

種別	詰物	側地
掛ふとん	綿 100%	綿 100%
	綿 70%・ポリエステル 30%	
	ポリエステル 100%	
	羊毛 100%	
	ダウン 93%・フェザー7%	
	フェザー100%	
敷ふとん	綿 100%	綿 100%
	綿 70%・ポリエステル 30%	
	ポリエステル 100%	
	羊毛 100%	
	低反発ポリウレタン	綿 75%・ポリエステル 25%

表3 本検証で使用した詰物の分類

繊維素材	分類
綿	天然繊維 (セルロース繊維)
羊毛	
ダウン	
フェザー	
ポリエステル	合成繊維
ポリウレタン	

3 検証方法

(1) ボンプカロリメータを使用した総発熱量の測定

ふとんの詰物の総発熱量を、ボンプカロリメータ(図1、IKA社製C2000)により測定した。この装置は、ボンプという定積の圧力容器内で燃焼熱を計測するものである。

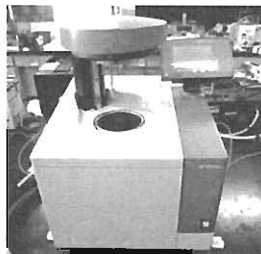


図1 試験装置外観

ア 試料の調製

試料は、ふとんの詰物をデシケータ内で24時間以上乾燥させたものとした。

イ 測定手順

- ① 試料を裁断し、るつぼ内に詰めて重量を計測する。
 - ② るつぼをホルダーにセットした後、点火ワイヤーに取り付けた木綿を試料の中に埋め込み、当該木綿を介して試料に着火するようにしてから、ボンプの内筒の中に設定する。
 - ③ 試料を純酸素30気圧の雰囲気内で燃焼させて、その間の内筒の温度上昇値から総発熱量を得る。
- (2) コーンカロリメータを使用した基礎燃焼性状データの測定

各詰物を放射加熱下で有炎燃焼させた際の各種燃焼性状を、ISO5660-1に準拠するコーンカロリメータ(図2、東洋精機製コーンカロリメータⅢ)により測定した。この装置は、円錐型(コーン)の電熱ヒーターによ

り試料を加熱した後、電気スパークで着火させ、発熱速度や重量減少率等のデータを得るものである。試料の着火状況を図3に示す。



図2 試験装置外観



図3 試料が着火した状況

ア 測定条件及び測定項目

測定条件を表4に示す。また、測定項目は発熱速度、最大発熱速度及び重量減少率とした。

表4 測定条件

項目	内容
設定放射量	20kW/m ² 。ただし、有炎燃焼に至らなかった場合は、10kW/m ² 間隔で放射量を上げ、有炎燃焼に至るまで行う。
試料方向	水平
排気流量	0.024m ³ /sec
コーンヒーターから試料までの距離	25mm
測定時間	600秒

イ 試料の選定

通常、ふとんを使用する際は側地及びカバーを組み合わせる。そこで、実際にふとんを使用している状態での着火を考慮し、詰物のみを燃焼させる条件に加え、側地及びカバーを組み合わせた条件での測定を実施した。なお、綿100%の詰物の場合は、側地及びカバーが当該詰物と同じ素材であることから、当該組み合わせた条件での測定を省略した。

ウ 試料の調製(図4)

- ① 詰物だけの試料は、各詰物を10cm×10cm×3.5cmの大きさに裁断し、同じサイズで箱状に成型したアルミホイル内に詰めたものとした。
- ② 詰物に側地及びカバーを組み合わせた試料は、各ふとんの側地と綿100%のカバーを10cm×10cmの大きさに裁断し、前①と同様の詰物だけの試料の上に、側地、カバーの順に重ねたものとした。
- ③ 各試料は、80℃に設定した恒温槽に24時間入れて乾燥させた後、デシケータ内で室温まで冷却した。
- ④ 詰物がダウン93%・フェザー7%及びフェザー100%の試料は、測定時の放射熱による詰物の飛散防止のため、10cm×10cmのステンレス製の金網(網目は2.5cm

×2.5cm) を試料の上に乗せた。

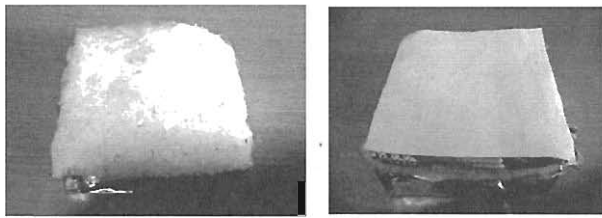


図4 試料例(掛ふとん、綿70%・ポリエステル30%)

(3) ふとんを切り出した試験体による無炎燃焼実験

実際の使用状態にあわせてふとんを切り出した試験体を作成し、たばこを発火源として試験体間に挟み込んで、無炎燃焼継続の確認、重量減少率の測定及び発生ガス濃度の測定を行った。また、実際の寝たばこ火災では、就寝者等によりふとんが圧縮されている状況や、長期間ふとんを使用することにより詰物が圧縮される状況が考えられる。そこで、詰物の密度を2倍に圧縮した場合(以下「圧縮時」という。)と、圧縮しない場合(以下「非圧縮時」という。)の比較も行った。

なお、詰物が低反発ポリウレタンの場合は、圧縮した状態を維持することが困難であったことから、圧縮時の実験は省略した。

ア 試験体の作成及び調製

(1) 各詰物を80℃に設定した恒温槽に24時間入れて乾燥した後、デシケータ内で室温まで冷却した。

(2) 各ふとんの側地と綿100%のカバーを30cm×30cmの大きさに切断し、(1)と同様に乾燥及び冷却した。

(3) (1)の詰物を30cm×30cmの大きさに切断し、その両面に(2)の側地を被せ、たばこが接触する側にカバーを重ねたものを試験体とした。

イ 実験手順(図5、図6、図7)

(1) 電子秤の上に断熱材を敷き、実験時の失熱の影響を少なくするため、その周囲を同様の断熱材で囲み、箱状にした。

(2) (1)の箱状にした断熱材の中に、同一試験体2組をカバーの面を合わせて設定した。なお、上側の試験体を「上試験体」、下側の試験体を「下試験体」とした。

(3) 発火源のたばこを水平に保持しながら、ライターにより先端から5mmまで燃焼させた後、垂直に固定して15mmの位置まで安定に燃焼することを確認した時点で下試験体上面中央の位置に設置し、上試験体で挟み込んで燃焼させた。

(4) 圧縮時の実験は、試験装置上面に35cm×35cmのステンレス製の金網(網目は2.5cm×2.5cm)を乗せ、圧縮した状態で固定した。

ウ 測定装置

(1) 試験体の重量減少率を電子秤により測定した。

(2) 無炎燃焼時に発生する気体のうち、CO(一酸化炭素)、

NH₃(アンモニア)、Cl₂(塩素)及びHCN(シアン化水素)の濃度を測定した。COの測定は、一酸化炭素濃度計(図8、ホダカ株式会社製HT-1300N)を、NH₃、Cl₂及びHCNの測定は、ガス検知器(図9、Drager社製イグザム5000)をそれぞれ使用した。測定間隔は、一酸化炭素濃度計を1分、ガス検知器を5分とした。なお、測定箇所には吸引口を設定し、銅管及びポリエチレンチューブを經由して測定を行い、吸引に要する時間を考慮して測定値の補正を行った。

エ 実験開始及び終了の基準

実験は、上試験体でたばこを挟み込んだ時点から開始し、以下の(1)から(4)のいずれかの状況となった時点で終了した。

(1) 図5に示すK型熱電対の温度が100℃を下回った後、再度上昇することなく10分経過した時点

(2) 上試験体上面の端部にまで炭化が進行した時点

(3) 有炎燃焼発生時

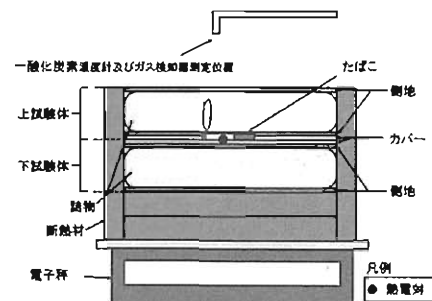


図5 実験装置断面図



図6 試験体設定時の状況(敷ふとん、綿100%、圧縮時)



図7 無炎燃焼継続時の状況(掛ふとん、綿100%、圧縮時)



図8 一酸化炭素濃度計



図9 ガス検知器

4 検証結果

(1) ポンプカロリメータを使用した総発熱量の測定

図10に各詰物の総発熱量の測定結果を示す。低反発ポリウレタンが最も総発熱量が大きく、以下ポリエステル

100%、フェザー100%と続き、綿100%が最も小さかった。この結果を表3に示した詰物の繊維の分類でみると、合成繊維、蛋白繊維、セルロース繊維の順に大きくなった。

綿70%・ポリエステル30%の総発熱量はポリエステル100%と綿100%の間であった。このことから、綿とポリエステルの混紡詰物は、ポリエステルの割合が高くなるほど総発熱量は大きくなるといえる。

蛋白繊維の詰物である羊毛100%、ダウン93%・フェザー7%及びフェザー100%を比較すると、フェザー100%が最も大きかったが、有意差はみられなかった。また、掛ふとんと敷ふとんにも有意差はみられなかった。

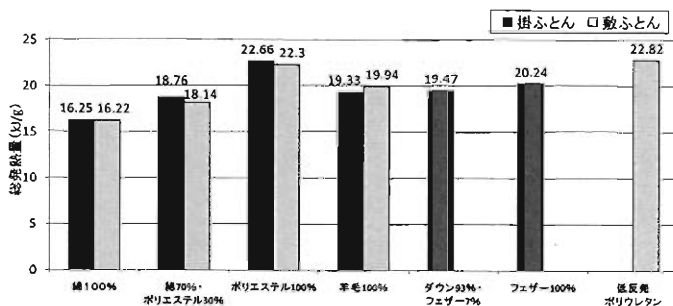


図10 ポンブカロリメータによる総発熱量測定結果

(2) コーンカロリメータを使用した基礎燃焼性状データの測定

詰物別に、側地及びカバーの有無の各条件における測定結果を以下に示す。

ア 設定放射量

ポリエステル100%、ダウン93%・フェザー7%及びフェザー100%の側地及びカバー無の条件は、設定放射量20kW/m²で有炎燃焼に至らなかった。そのため、これらの条件は有炎燃焼に至るまで設定放射量を上げて測定を行った。その結果、フェザー100%では30kW/m²、ポリエステル100%及びダウン93%・フェザー7%では40kW/m²で有炎燃焼に至った。その他の条件は、全て設定放射量の20kW/m²で有炎燃焼に至った。

イ 発熱速度及び最大発熱速度

詰物別の発熱速度の測定結果を図11に、最大発熱速度の測定結果を図12にそれぞれ示す。

綿100%の場合は、発熱速度は敷ふとんの方が早い段階で上昇したが、最大発熱速度は掛ふとんの方が大きく、20kW/m²の差がみられた。

綿70%・ポリエステル30%の場合は、発熱速度は掛ふとんと敷ふとんの違いに関わらず、側地及びカバー無の条件の方が早い段階で上昇したが、最大発熱速度は側地及びカバー有の条件の方が大きく、いずれも約60kW/m²の差がみられた。

ポリエステル100%の場合は、前アに示した理由により側地及びカバーの有無で設定放射量が異なることから、

その比較をすることはできない。側地及びカバー有の条件では、掛ふとんの方が早い段階で発熱速度が上昇したが、最大発熱速度は敷ふとんの方が大きく、47kW/m²の差がみられた。側地及びカバー無の条件では、最大発熱速度は敷ふとんの方が大きかったが、発熱速度の時間的な変化に明確な差はみられなかった。

羊毛100%の場合は、敷ふとんの側地及びカバー無の条件が、当該詰物の他の条件と比較して発熱速度及び最大発熱速度に大きな差がみられた。この条件では、発熱速度が上昇を開始した時間が当該詰物の他の条件と比較して著しく遅かった。また、当該詰物の他の条件では着火後、試料の表面全体が燃焼していたのに対し、この条件では、試料の周囲が緩慢に燃焼した後、中心付近が燃焼していた。これらのことから、敷ふとんの側地及びカバー無の条件は、試料表面が着火前に放射加熱を長時間受けて、炭化が進行したことで、着火時に炭化の進行していない試料周囲から燃焼したため、測定結果に大きな差がみられたものと考えられる。

ダウン93%・フェザー7%及びフェザー100%の場合は、ポリエステル100%の場合と同様に側地及びカバーの有無で設定放射量が異なるが、全体的に他の詰物と比較して、発熱速度が急激に変化している傾向がみられた。

低反発ポリウレタンの場合は、最大発熱速度が最も大きかった。また、側地及びカバー無の条件の方が、有の条件と比較して、発熱速度が早い段階で急激に上昇する傾向がみられた。

ウ 重量減少率

詰物別の重量減少率の測定結果を図13に示す。

綿100%の場合は、ほぼ同じ時間で減少し始めたが、掛ふとんの方が敷ふとんよりも急激に減少した。

綿70%・ポリエステル30%の場合は、掛ふとんの側地及びカバー無の条件が当該詰物の他の条件よりも早く減少をし始めたが、時間的な減少変化に大きな差はみられなかった。

ポリエステル100%の場合は、前アより側地及びカバーの有無で設定放射量が違うため、その比較をすることはできない。側地及びカバー無の条件では、掛ふとんと敷ふとんの両方で、ほぼ同様の減少変化がみられた。側地及びカバー有の条件では、掛ふとんの方が敷ふとんより早い段階で減少していた。

羊毛100%の場合は、条件別に異なった減少変化がみられた。

ダウン93%・フェザー7%及びフェザー100%の場合は、ポリエステル100%の場合と同様に、側地及びカバーの有無で設定放射量が異なるが、全体的に他の詰物と比較して、急激に減少する傾向がみられた。

低反発ポリウレタンの場合は、側地及びカバー有の条件が無の条件より減少開始時間が遅く、緩慢に減少する傾向がみられた。

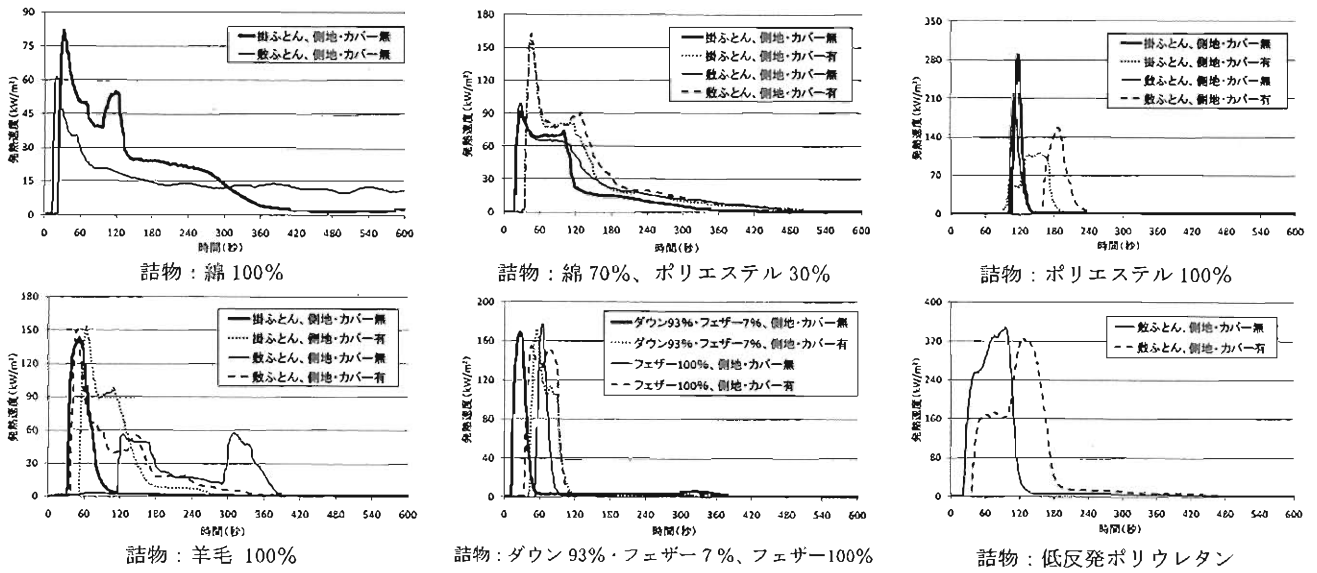


図 11 詰物別の発熱速度

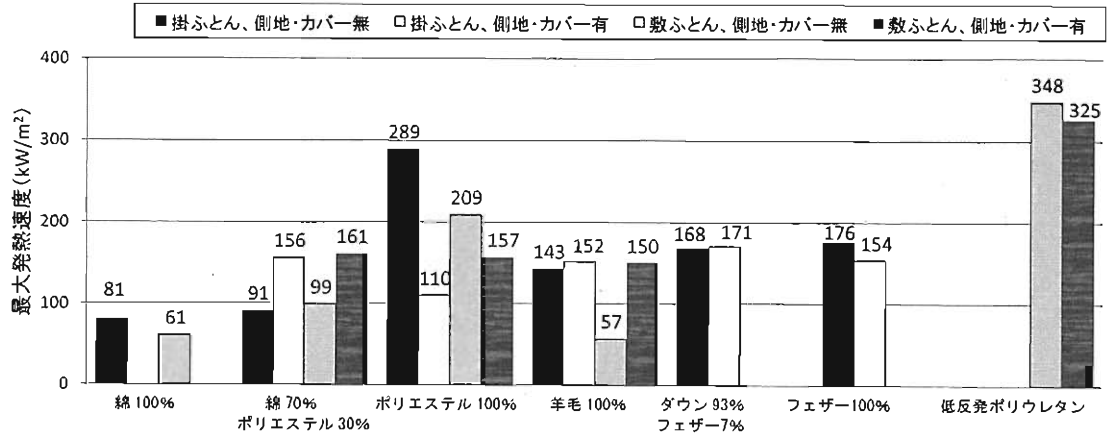


図 12 詰物別の最大発熱速度

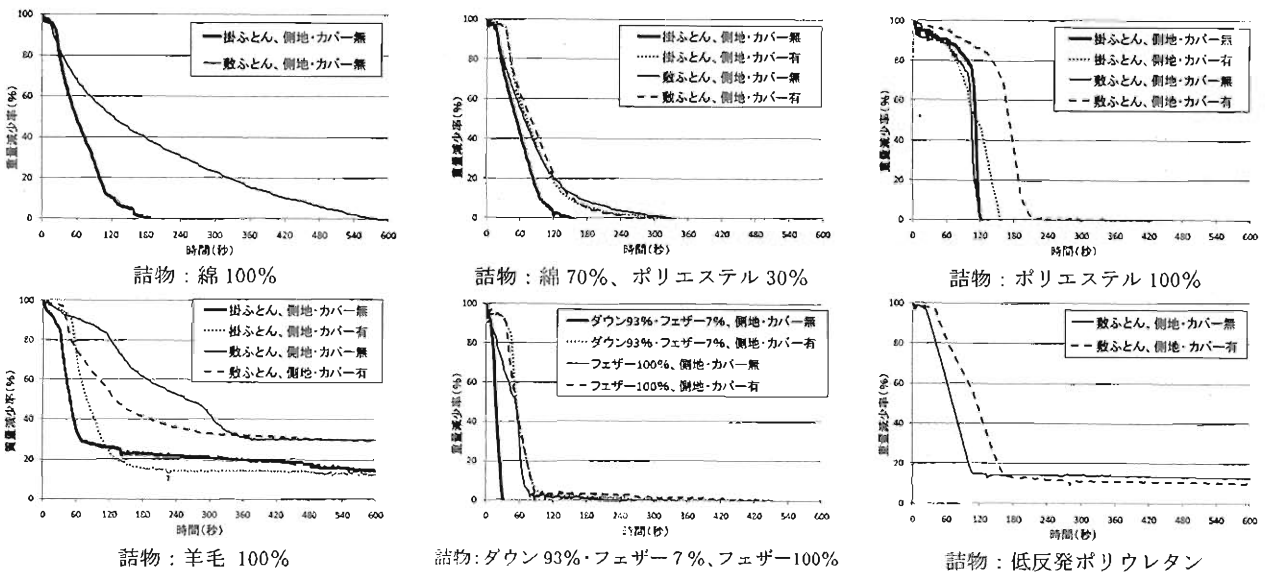


図 13 詰物別の重量減少率

(3) ふとんを切り出した試験体による無炎燃焼実験

詰物別に、圧縮時及び非圧縮時の各条件における測定結果を以下に示す。

ア 無炎燃焼継続の有無

無炎燃焼継続の有無の結果を表5に示す。無炎燃焼が継続したのは、詰物が綿100%の全条件、敷ふとんの詰物が綿70%・ポリエステル30%の圧縮時及び詰物がダウン93%・フェザー7%の全条件であった。なお、これらの条件では、上試験体上面の端部まで炭化が進行した時点で実験を終了した。

詰物が低反発ポリウレタンの試験体は、実験終了時、たばこの燃焼が途中で停止しており、無炎燃焼は発生しなかった。その他の無炎燃焼が継続しなかった試験体は、たばこが全長燃焼（フィルターの直前まで全て燃焼した状態）しており、側地及びカバーが炭化していたことから、無炎燃焼は発生していたと考えられるが、継続はしなかった。

以上の結果から、詰物が綿100%及びダウン93%・フェザー7%のふとんは、他の詰物のふとんと比較して無炎燃焼が継続しやすい傾向がみられた。また、詰物が綿70%・ポリエステル30%のふとんは、圧縮による詰物密度の増加に伴い、無炎燃焼が継続する傾向が高まる可能性があることが分かった。

表5 詰物別の無炎燃焼実験結果

種別	詰物	状態	実験開始から終了までの時間	無炎燃焼継続の有無
掛ふとん	綿100%	非圧縮時	35分	有
		圧縮時	30分	
	綿70% ポリエステル30%	非圧縮時	30分	無
		圧縮時	35分	
	ポリエステル100%	非圧縮時	30分	無
		圧縮時	30分	
	羊毛100%	非圧縮時	35分	無
		圧縮時	35分	
	ダウン93% フェザー7%	非圧縮時	50分	有
		圧縮時	45分	
フェザー100%	非圧縮時	40分	無	
	圧縮時	40分		
敷ふとん	綿100%	非圧縮時	55分	有
		圧縮時	35分	
	綿70% ポリエステル30%	非圧縮時	50分	無
		圧縮時	65分	有
	ポリエステル100%	非圧縮時	35分	無
		圧縮時	30分	
	羊毛100%	非圧縮時	35分	無
圧縮時		40分		
低反発ポリウレタン	非圧縮時	10分	無	

イ 無炎燃焼が継続した各条件の測定結果

前アの結果において、無炎燃焼が継続した条件の各測定結果を以下に示す。

(7) 重量減少率

各詰物の条件別の重量減少率を図14に示す。

重量減少を始めたのが最も早かったのは、綿100%（掛ふとん、圧縮時）の条件で、最も遅かったのは、綿70%・ポリエステル30%（敷ふとん、圧縮時）の条件であった。

綿100%は、掛けふとんと敷ふとんの両方で、圧縮時の条件の方が非圧縮時の条件より重量減少が早い傾向がみられた。しかし、ダウン93%・フェザー7%では、圧縮時の条件と非圧縮時の条件で、重量減少の変化に大きな差はみられなかった。

前(2)、ウのコーンカロリーメータによる有炎燃焼時の重量減少率の測定結果と無炎燃焼時の重量減少率の測定結果を、綿100%及びダウン93%・フェザー7%の条件で比較すると、後者の結果の方が緩やかな減少を示す傾向がみられた。特に、ダウン93%・フェザー7%はその傾向が顕著であった。

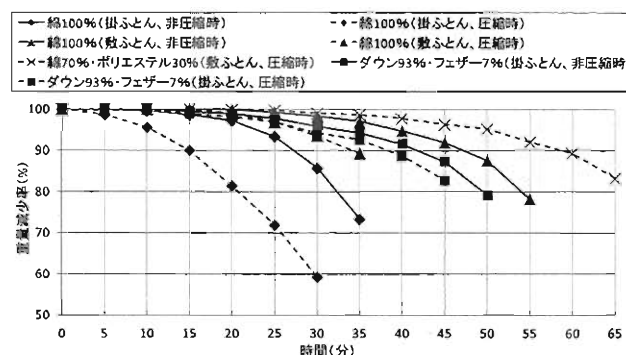


図14 無炎燃焼が継続した条件の重量減少率

(イ) ガス濃度

各詰物の条件別のCOの濃度変化を図15、NH₃の濃度変化を図16、HCNの濃度変化を図17にそれぞれ示す。なお、Cl₂の濃度変化は、ダウン93%・フェザー7%の圧縮時の条件のみが、実験開始から約35分以降急激に上昇し、ガス検知器のCl₂測定限界値である20ppmを超え、その他の条件では濃度の上昇はみられなかった。

CO濃度は、綿100%の掛ふとん、敷ふとんとともに、圧縮時の方が非圧縮時より早く上昇する傾向がみられた。なお、敷ふとんの非圧縮時では、実験開始から約53分以降、急激な濃度の低下がみられた。この時の試験体上面から発生する煙は、炭化面積の拡大により発生量が増加し、乱流状となっていた。このことから、吸引口が発生ガスだけでなく、周囲の空気を取り込んだことにより、濃度が低下した可能性が考えられる。また、ダウン93%・フェザー7%の各条件では、圧縮時、非圧縮時ともに実験終了時点の濃度は約300ppmであり、他の条件と比較して低い濃度であった。

NH₃ の濃度は、ダウン 93%・フェザー 7%の圧縮時において、実験開始から 25 分以降急激に上昇し、30 分でガス検知器の NH₃ 測定限界値である 300ppm を超えた。一方、ダウン 93%・フェザー 7%の非圧縮時では、時間経過とともに緩やかに上昇しており、圧縮時の条件と比較して大きな差がみられた。

HCN の濃度は、ダウン 93%・フェザー 7%の圧縮時において、実験開始から約 25 分以降急激に上昇し、実験終了時には 45ppm に達した。ダウン 93%・フェザー 7%の非圧縮時も実験開始から約 40 分以降 HCN 濃度が上昇し、実験終了時は 24ppm に達したが、圧縮時と比較すると大きな差がみられた。なお、その他の条件では殆ど濃度の上昇はみられなかった。

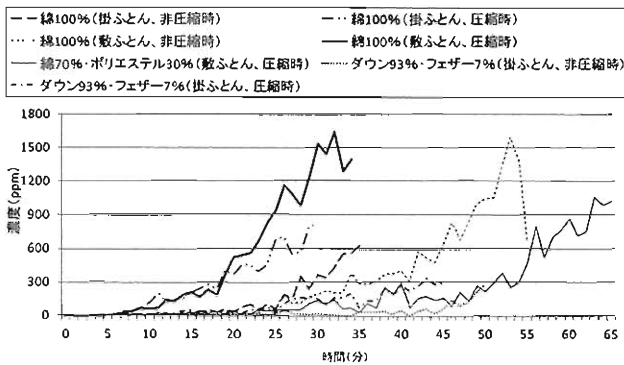


図 15 無炎燃焼が継続した条件の CO 濃度変化

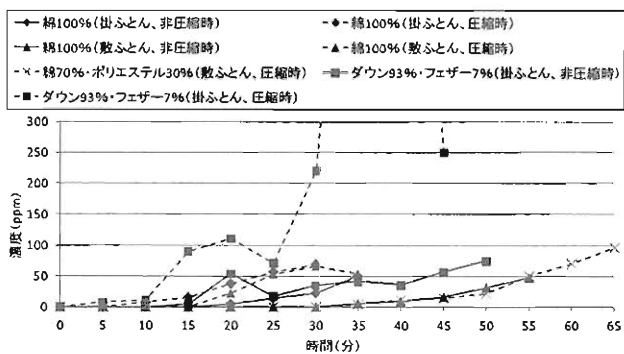


図 16 無炎燃焼が継続した条件の NH₃ 濃度変化

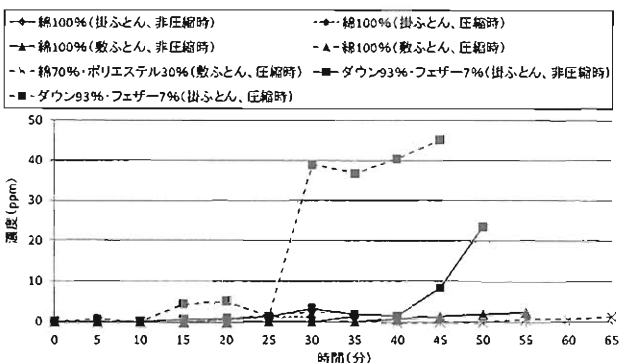


図 17 無炎燃焼が継続した条件の HCN 濃度変化

5 おわりに

本検証で、ふとんの詰物の違いによる燃焼性状について検証した結果、以下の知見が得られた。

(1) ポンプカロリメータを使用した総発熱量の測定
ア 総発熱量は合成繊維、蛋白繊維、セルロース繊維の順に大きい傾向がある。

イ 綿とポリエステル混紡の詰物は、ポリエステルの割合が高くなるほど、総発熱量が大きくなる傾向がある。
ウ 蛋白繊維の詰物である羊毛 100%、ダウン 93%・フェザー 7%及びフェザー 100%の総発熱量に明確な差はみられない。

(2) コーンカロリメータを使用した基礎燃焼性状データの測定

ダウン 93%・フェザー 7%及びフェザー 100%の発熱速度及び重量減少率は、他の詰物と比較して短時間で急激に変化する。

(3) ふとん試験体による無炎燃焼実験

ア 詰物が綿 100%及びダウン 93%・フェザー 7%のふとんは、掛ふとんと敷ふとんの違いや圧縮の有無に関わらず、無炎燃焼が継続しやすい傾向がある。

イ 詰物が綿 70%・ポリエステル 30%のふとんは、圧縮による詰物密度の増加により無炎燃焼が継続する可能性がある。

ウ 無炎燃焼継続時に発生するガス (CO、NH₃、Cl₂、HCN) の濃度変化は、詰物の違いによる明確な差がみられる。また、詰物が綿 100%及びダウン 93%・フェザー 7%のふとんは、当該詰物を圧縮した場合、非圧縮時と比べて発生ガスの濃度が早く上昇する傾向がみられる。

[参考文献]

- 1) 東京消防庁予防部調査課編：「平成 24 年度版火災による死者の実態～住宅火災による死者ゼロをめざして～」、(2012)
- 2) 住宅防火対策推進協議会：「平成 24 年度住宅防火防災推進シンポジウム」、(2012)
- 3) 木田ほか：「寝たばこ火災による死者と発生ガスの関係に関する研究」、消防技術研究所報 40 号、P48～P55、(2002)
- 4) 飯田ほか：「一酸化炭素中毒事故に関する検証 (第 2 報)」、消防技術安全所報第 50 号、P130～P133、(2012)
- 5) ㈱日本寝装新聞社：「寝装・インテリアマネジメント 2011」、P178、(2011)
- 6) ㈱日本寝装新聞社：「寝装・インテリアマネジメント 1998」、P302、(1998)
- 7) ㈱日本寝装新聞社：「寝装・マネジメント 1988」、P350、(1988)

Study on the Bedding Fire Behavior with Different Kinds of Padding Materials

Yuuta HIGASHI*, Akihiko IIDA*, Yuuichirou MACHII*, Kenji SUZUKI*

Abstract

The TFD's Fire Technology and Safety Laboratory has previously studied the gases emitted when bedding catches fire. However, the situation in recent years has been that bedding sales distribution ratios have varied greatly according to padding materials, and studies have yet to focus on those. With that in mind, we used bomb and cone calorimeters to obtain basic combustion data such as heat generation rates by type of padding. Additionally, we measured the gases emitted in flameless combustion experiments on the sample sections cut off from bedding. We were mainly able to obtain the following as a result:

- 1) Flameless combustion tended to sustain itself in the padding made of 100 percent cotton, or 93 percent down and 7 percent feathers.
- 2) There was a possibility of sustained flameless combustion in the 70 percent cotton and 30 percent polyester padding, depending on how compressed it was.
- 3) The constituent gases (CO, NH₃, Cl₂, and HCN) emitted during flameless combustion and the changes in their concentrations differed according to the padding materials. Further, the concentrations of the gases emitted from the compressed padding—made of 100 percent cotton, and 93 percent down and 7 percent feathers—tended to rise more quickly than when they were not compressed.