

# RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 1)

## —住宅火災統計の分析に基づいた実験条件の考察—

佐々木史彰 (日本たばこ産業(株)) 関澤愛 松山賢 (東京理科大学) 箭内英治 (日本防災協会)  
藤本龍雄 (矢崎資源(株)) 福地淳一 (日本たばこ産業(株))

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to fire situation in Japan (Part1)  
-Discussions on experimental condition based on statistical analysis of residential fires-  
Fumiaki Sasaki, Ai Sekizawa, Ken Matsuyama, Eiji Yanai, Tatsuo Fujimoto, Jun-ichi Fukuchi

### 1. はじめに

日本では、たばこを発火源とする火災は、放火、コンロについて出火件数が多く、失火による死者数では第1位(不明を除く)となっている<sup>1)</sup>。たばこ火災低減に向けた施策の一つとして、海外では低延焼性(RIP)シガレットが注目され、また、米国、カナダ等ではその導入も始まっている。しかし、規制導入国においても、RIPシガレットと火災件数低減の相関性を明確に示す統計報告はまだ得られていないのが現状である。

そこで、筆者らは、日本の生活環境下においてRIPシガレットが火災被害軽減にどの程度有効であるかを検討することを目的として実験的研究を開始した。本報では、RIPシガレットについて概説するとともに、その有効性検証に資する日本の生活環境下に考慮した適切な実験条件を検討するために、過去の火災統計および文献をレビューした。

### 2. RIPシガレットの概説

#### 2.1 RIPシガレットとは

一般的に、RIPシガレットに用いられている技術は、燃焼速度を抑制するためのバンド(スピードバンド)を巻紙にランダムに2-3箇所設置するものである。通常巻紙の製造段階において、薄い紙によるバンドまたは低透過性の化学物質の塗布によるバンドが用いられる。RIPシガレットが放置された場合、巻燃焼部がバンドに到達し、バンド部で自己消火することにより着火物を着火させる確率を減らす効果が期待されている。

#### 2.2 RIP基準の説明

現在、RIP規制導入国では、米国材料試験協会(ASTM)が策定した規格に基づき、温度 $23\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $55\pm 5\%$ の試験状況下で、図1の様に10枚重ねたろ紙の上にシガレットを設置する作業を40回繰り返す手順となっている。ろ紙上に設置し、自然燃焼のチップペーパー部までの継続有無から、全長燃焼を判断し、全長燃焼するシガレットが25%以下(40本中10本以下)で基準を満たすこととなる。

#### 2.3 RIP規格の想定範囲

ASTM規格は、潜在的にベッドや布張り家具の着火を引き起こす可能性を測定することを想定範囲として、ろ紙上にシガレットを載せて燃焼を継続する能力を測定評価している。

#### 2.4 導入国からの効果の報告

現在、RIP規格を満たす製品が販売されている国は、米国(ワイオミング州を除く)、カナダ、オーストラリア、フィンランドであるが、RIP規制導入前後に、たばこを発火源とする火災件数およびたばこ火災による死者数を扱った統計報告は限られている。報告があげられている米国NY州(規制導入:2004年6月28日)<sup>2)</sup>においては、規制導入以前から死者数が減少している傾向にあるため、RIP規制導入の効果を確認するには特定することはできない。(図2) また、カナダオンタリオ州(規制導入:2005年10

月1日)<sup>3)</sup>においても、火災件数・死者数低減に関して、RIP規制導入の効果を確認するには特定することはできない。(図3)

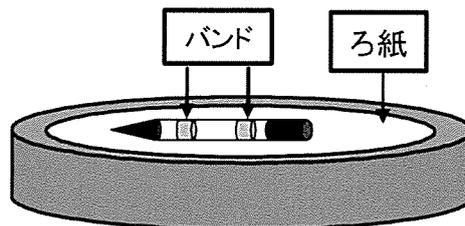


図1 ろ紙上のRIPシガレット(ASTM試験イメージ図)

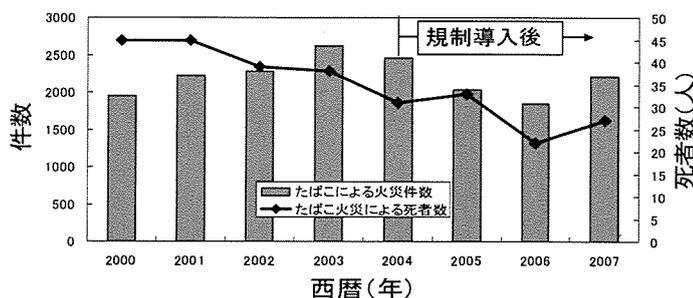


図2 米国NY州のたばこ火災件数・死者数

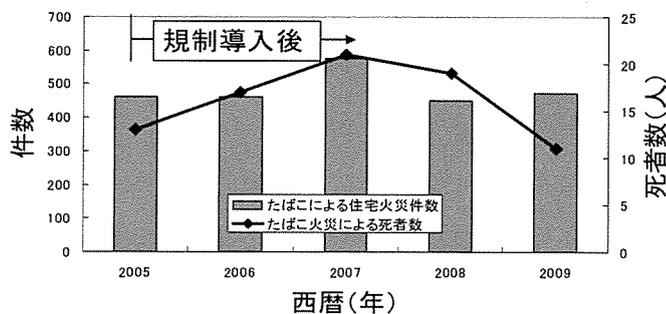


図3 カナダオンタリオ州のたばこによる住宅火災件数・死者数

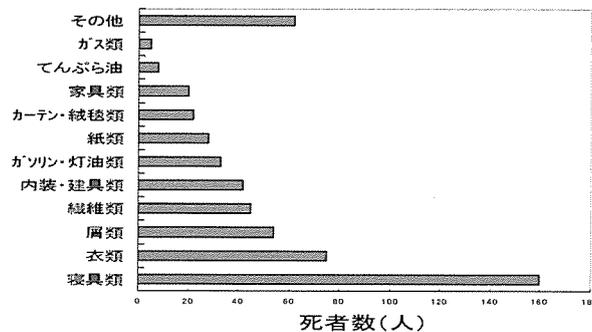


図4 住宅火災における着火物別死者数

### 3. 日本における火災統計

#### 3.1 たばこによる火災件数・死者数の推移

平成11年～平成22年度版消防白書によれば、たばこを発火源とする建物火災件数は微減傾向にあり、2009年は2970件であった<sup>1)</sup>。うち住宅火災件数が2023件(68.1%)を占めている<sup>4)</sup>。また、たばこを発火源とする住宅火災による死者数(放火等自殺者を除く)は横ばいまたは微増傾向にあり、2009年の死者数は193名(住宅火災における死者の18.9%)であった<sup>1)</sup>。

#### 3.2 着火物の内訳

平成21年中の住宅火災における死者発生を着火物別(不明除く)にみると、寝具類に着火した火災による死者が160人(15.6%)で最も多く、次いで衣類75人(7.3%)、屑類54人(5.3%)となっている<sup>1)</sup>。(図4)また、たばこ火災における着火物では、特に寝具類(布団等)が多く、約半数に上ることを報告する文献もある<sup>5)</sup>。

#### 3.3 発生経過の内訳

発火源であるたばこが何らかの契機で布団に燃え移り出火に至る経過としては、『火源が転倒落下する』が56.0%で最も多く、ついで『放置する、忘れる』(11.0%)、『不適当な所に捨てる』(6.2%)の順となっている。(図5)また、ある文献<sup>5)</sup>では、日本における住宅火災による死者が発生する多くの状況は、発火源・着火物として「たばこ」と「布団類」であり、いわゆる「寝たばこ」が原因といえることが述べられている。

#### 3.4 死因の内訳

平成21年中の建物火災による死者数1352人のうち、一酸化炭素(以下、CO)中毒・窒息による死者が554人(41.0%)で最も多く、次いで火傷による死者が461人(34.1%)、自殺による死者が196人(14.5%)となっている<sup>1)</sup>。(図6)また、寝たばこによる火災においては、死因がCOによるものが極端に多いとの報告もある<sup>6)</sup>。したがって、たばこ火災においても、COが重要であると考えられる。

#### 3.5 火災統計レビューの総括

これまでのレビューを通して、たばこ火災による建物火災件数は微減傾向にあるものの、死者数は横ばいから微増傾向にあり、また、たばこを発火源とする火災の着火物は、布団類が特に多く、COによる死者数が多いこと、状況としては寝たばこによるものが多いことが想定される。

#### 4. たばこ火災再現実験に関する過去の文献レビュー

たばこ1本を綿の敷布団に置いた場合、たばこの燃焼に伴いその周囲が焦げるだけで、たばこが燃え尽きた後に燻焼燃焼を継続させることが困難であることが指摘されている<sup>5)</sup>。そこで、燻焼の継続が確認でき、CO発生量が多い火源モデルと燃焼方法として、①火の付いたたばこを、敷布団と掛け布団の間に入れる。②火の付いたたばこを、掛け布団表面に作ったシワの間に入れる。③火の付いたたばこ1本と半分に折ったたばこ25本を入れた灰皿の上に掛け布団を被せる、といった実験方法が取られている<sup>5)</sup>。

上記の火源実験モデルにおいては、①の時に最も短時間で、CO濃度の上昇が見られた。過去のたばこ火災再現実験においては、燻焼の継続が難しいたばこを用いた再現実験において、布団を被覆することや、シワにたばこをいれること、灰皿の上に布団を被せるなどの方法をとることで、燻焼を発生させることが容易になり、COの発生を観測できることが報告されている<sup>5)</sup>。

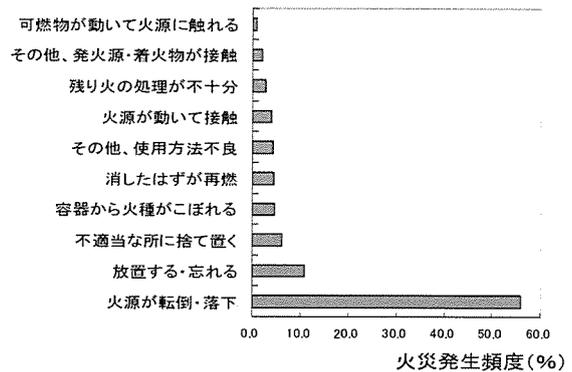


図5 たばこ・布団の組み合わせにおける火災発生経過

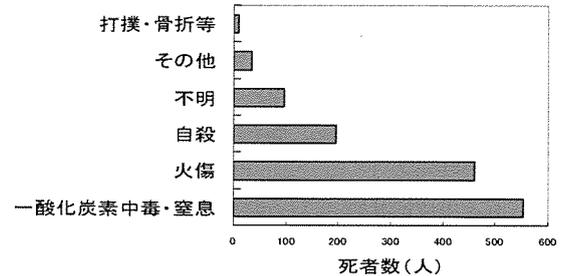


図6 建物火災における死因別死者発生状況

### 5. まとめ

海外の数カ国で導入され、火災の低減が期待されているRIPシガレットの効果をもとに日本において検証する必要がある。日本におけるたばこ火災は布団に着火するものが多く、死因としてはCO中毒によるものが多いこと、状況としては寝たばこによるものが多いことが想定される。したがって、日本における住宅火災を検討する上で、まずは、布団燻焼を扱う実験系の構築が適切であると考える。なお、実験の際には、寝たばこ火災の死亡原因であるCOが短時間で上昇する、布団を被覆する方法を取ることが適切といえる。よって、次報告(その2)以降では、RIPシガレットと通常シガレットを用いて、被覆した布団を用いた燻焼実験によるRIPシガレットの有効性の確認を行う。

#### <参考文献>

- 1) 総務省消防庁;平成11～22年度版消防白書、1998-2009
- 2) Coalition for Fire-Safe Cigarettes based on February 2009 statistics from the New York Office of Fire Prevention. (<http://www.firesafecigarettes.org/itemDetail.asp?categoryID=107&itemID=1512&URL=In%20the%20news/The%20New%20York%20Experience>)
- 3) Fire Loss in Ontario 2005 - 2009 Causes, Trends and Issues. (<http://www.ofm.gov.on.ca/en/Media%20Relations%20and%20Resources/Statistics/Fire%20Loss%20Causes%20Trends%20Issues.asp>)
- 4) 消防庁防災情報室;平成21年(1月～12月)における火災の状況(確定値)、pp2、2010
- 5) 独立行政法人消防研究所;一般住宅における初期火災時の燃焼特性に関する研究報告書-住宅火災による死者低減に役立つ感知特性を探る-、消防研究所研究資料第72号、2006
- 6) 大阪消防局予防部予防担当(調査鑑識);「寝たばこ火災による死者の発生要因について」、日本火災学会誌『火災』、p55-59、vol. 60 No. 5 2010. 10.

# RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その2)

## —シガレットを発火源とする安定した布団実験系の確立—

望月 計、藤本 龍雄 (矢崎資源(株)) 関澤 愛、松山 賢 (東京理科大学)  
佐々木 史彰、田中 正博 (日本たばこ産業(株))

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part2)  
-Establishment of stable model for Japanese FUTON smoldering using a cigarette as an ignition source-  
Kei Mochizuki, Tatsuo Fujimoto, Ai Sekizawa, Ken Matsuyama, Fumiaki Sasaki, Masahiro Tanaka

### 1. はじめに

筆者らは、日本におけるたばこを発火源とした住宅火災を検討する上で、寝たばこを想定した、一酸化炭素(CO)の発生につながる布団燻焼を扱う実験系を扱うことが適切であると考えた<sup>1)</sup>。

布団燻焼実験では、布団での被覆を行うことにより、燻焼の継続が容易になり、COの発生が多くなることが知られている。一方で、発火源であるたばこの設置方法は様々であり、実験に影響を与える諸条件等の実験系そのものを検討した例は報告されていない。

したがって本研究では、日本の生活環境下における寝たばこ火災を想定した実験系の確立を目的とし、燻焼発生有無への影響が大きいと考えられる布団サイズ・温湿度環境の影響・着火物の材質の違い・詰物密度の影響を検討した。加えて、被覆した実験において燻焼部の観察が困難であることから、燻焼発生状況の把握および考察の一助とするため、熱電対と電子天秤を用いた温度、重量変化測定の実施した。

### 2. 実験方法

布団燻焼実験の様子を図1に示した。布団は詰物に綿100%、側地に綿100%(以下、綿100%布団)と布団の普及率を考慮して、詰物に綿50%/ポリエステル50%、側地に綿100%(以下、混紡布団)の2種類を使用した。布団サイズは、50cm×50cmを標準とし、内容量についても詰物密度を一定程度揃える観点から基準を設定し、平均的な座布団重量とされる100匁(375±4.6875[g])とした。また、布団サイズの影響の確認には防災性能実験で使用されている25cm×25cm(重量40±0.5g、高さ3cm以上)を使用した。発火源として、マイルドセブンオリジナル(日本たばこ産業)を用い、先端から5mmの長さになるまで喫煙し、その後先端から15mmの位置になるまで燃焼を安定させた後、布団中央部に設置し上布団にて被覆し測定を行った。

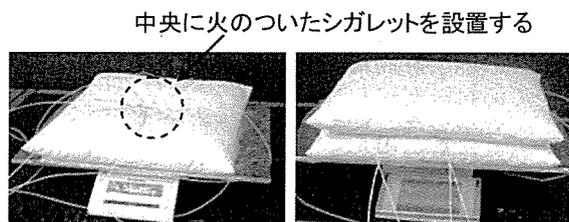


図1 布団燻焼実験外観写真  
(左:シガレット設置時、右:実験時)

布団の燻焼状況確認のための温度、重量変化測定には、8本の0.32mm径のK型熱電対(日本サーモセンサー)、電子天秤(エー・アンド・デイ GP-20K)をそれぞれ用いた。各熱電対は図2に示すように布団中心部にシガレットを設置した際に、先端から20

mm(TC1)、30mm(TC2)、40mm(TC3)、50mm(TC4)、TC2の上下10mm(TC5,TC6)、TC4の上下10mm(TC7,TC8)にそれぞれの先端が合うよう布団に固定した。

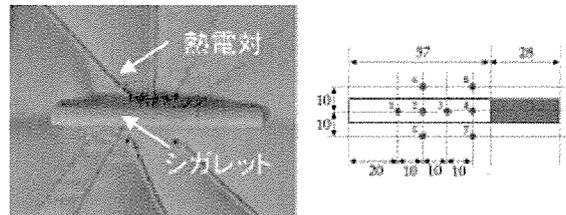


図2 熱電対設置状況(左:写真、右:設置位置)

本研究で実施した実験条件を表1に示す。

温湿度が布団燻焼へ与える影響については綿100%布団を用いて検討を行った。温湿度条件は人が布団で寝ていた時の不快な温湿度条件である35°C 80%RH、および限界評価として50°C 90%RHの2条件とした。実験前に恒温恒湿槽(エスベック・PL-4)中に布団を放置し24時間養生を行った後、上記実験方法に従い燻焼実験を実施した。

また、布団詰物密度の影響に関して、詰物密度が高い布団の方が、単位体積当たりの発熱量が大きいこと、および空隙率が少なく放熱が抑制されることから、燻焼しやすいことが想定される。そこで、燻焼しにくいことが知られており、かつ一般的に普及しているポリエステルを含んだ混紡布団を用いて、これを圧縮し詰物密度を大きくした際に、燻焼の発生に差異が観測されるかを検討した。布団の圧縮率は高さ0%、80%、60%、40%とした。その概観を図3に示す。

表1 実験条件

布団サイズ [cm]	詰物	側地	実験項目
50×50	綿 (綿100%)	綿 (綿100%)	布団サイズ比較 温湿度実験
25×25	綿 (綿100%)	綿 (綿100%)	布団サイズ比較
50×50	混紡 (綿50% +ポリエステル50%)	綿 (綿100%)	詰物素材実験 布団圧縮実験

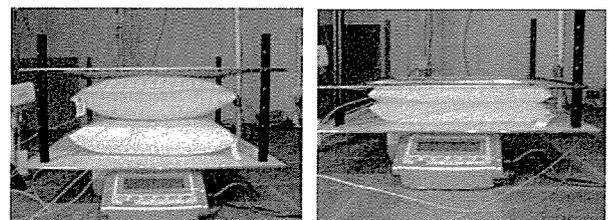


図3 布団圧縮実験概観写真  
(左:圧縮度0%・右:40%)

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 燻焼時と非燻焼時の代表的な実験結果

表1に対応する実験結果を表2に示す。綿100%布団が燻焼した際には、燻焼痕はシガレットを設置した位置に対し、同心円状に広がる痕跡が見られた。

図4(左)に綿100%布団(50cm×50cm)が燻焼した際の温度分布例を示す。布団設置後TC1は温度が450°Cをピークに下がり始めたが、その後TC2が温度上昇を始め、約11分後460°Cをピークに温度は下がる傾向を示した。更にTC2上下に設置しているTC5、TC6の温度が上昇し、次いでTC3、TC4、TC7、TC8の順に温度が上昇することが確認された。今回の結果から特徴的な点として、シガレット本体に直接触れていないTC5からTC8が時間の経過とともに上昇していること、また約18分経過後、一度温度減少が見られたTC1が再び温度上昇する傾向が見られたことが挙げられる。これはシガレットが全長燃焼し、その後着火物である布団に着火したことが原因であると考えられる。更に30分以降は、熱電対の設置位置にかかわらず、400°C付近に収束する傾向が見られた。次に、図4(右)に混紡布団が燻焼しなかった際の温度分布を示す。シガレット本体の燃焼によってTC1~4が順次400度に達するが、一度減衰した後の温度の再上昇は見られず、TC5~8も300度に達した後、直ぐに減衰する特徴が観測された。なお、熱電対による温度把握によって、大気中に放置した場合12-13分程度で燃え尽きる通常シガレットが、布団に挟むことで約22分と2倍程度燃焼するのに時間がかかることが分かった。

また、非燻焼時にはほとんど見られない重量変化が、燻焼時には10分付近から急速に減少する傾向が見られた(図5)。以上から、熱電対と電子天秤を使用することで、温度変化と重量減少をリアルタイムで観測できること、および布団被覆時には困難な実験中の燻焼発生有無を判断する一助とすることが可能であることが確認された。

表2 実験結果一覧

実験項目	布団サイズ [cm]	詰物素材 (側地は 全て綿100%)	試行 回数	燻焼 回数
布団サイズ比較	50×50	綿 (綿100%)	3	3
布団サイズ比較	25×25	綿 (綿100%)	3	1
詰物素材実験	50×50	混紡(綿50% +ポリエステル50%)	3	0
温湿度実験 (35°C 85%RH)	50×50	綿 (綿100%)	3	3
温湿度実験 (50°C 90%RH)	50×50	綿 (綿100%)	3	1
布団圧縮実験 (圧縮率0%)	50×50	混紡(綿50% +ポリエステル50%)	1	0
布団圧縮実験 (圧縮率80%)	50×50	混紡(綿50% +ポリエステル50%)	1	0
布団圧縮実験 (圧縮率60%)	50×50	混紡(綿50% +ポリエステル50%)	1	0
布団圧縮実験 (圧縮率40%)	50×50	混紡(綿50% +ポリエステル50%)	1	1

#### 3. 2 布団サイズの比較

実験は合計3回行い、50cm×50cmでは全て燻焼が確認されたが、25cm×25cmの場合、1回燻焼が確認されただけでバラツキのある結果となった。以上の結果から布団サイズは安定して燻焼がみられた50cm×50cmとした。

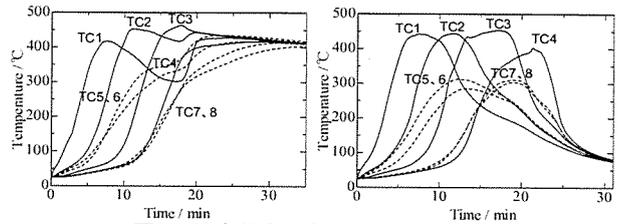


図4 代表的な燻焼時の温度分布例  
(左:燻焼時・右:非燻焼時)

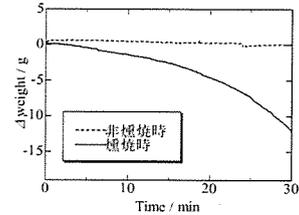


図5 代表的な燻焼時と非燻焼時の重量変化

#### 3. 3 温湿度が与える影響

実験は再現性を確認するため各条件ともに各3回行い、綿100%布団での温湿度が燻焼に与える影響を評価した結果、35°C80%RHでは、3回全てにおいて燻焼が確認された。また限界条件として行った50°C90%RHでは3回中1回は燻焼が確認されたが、2回は燻焼が発生せず、再現性が見られない結果となった。実験後布団の表面を観察したところ、シガレットは全長燃焼が確認されたが、燻焼した布団への着火痕は、養生しない場合と比べ明らかに小さいことが分かった。この結果から、燻焼再現性が比較的高い綿100%布団でも湿度の影響により燻焼しない条件があることが分かった。また、本報告の実験系においては、35°C85%RH以下の環境下では、燻焼発生有無に影響を与えないことが分かった。

#### 3. 4 詰物の違いによる比較

詰物が混紡の場合、従来の方法では布団表面で一部焦げが見られるものの詰物まで燻焼に至るケースは一度も見られなかった。しかし、混紡布団を用いて、布団を圧縮した結果、40%まで圧縮することで、これまで全く詰物への着火が見られなかった混紡でも、綿100%布団と同様燻焼することが分かった。

#### 4. まとめ

本報告では、布団の被覆による燻焼実験に関し、燻焼発生有無への影響が大きいと考えられる因子、および被覆時の燻焼状況の把握方法を検討することによって、適切な布団の被覆による燻焼実験系を確立した。具体的には、熱電対と電子天秤にて温度・重量変化を測定することで、燻焼発生状況の定量的な判断・考察の一助となること、および50cm×50cmサイズの綿100%布団は35°C80%RH以下の温湿度条件であれば安定した評価を行うことが可能であることが分かった。加えて、詰物密度の変化は実験結果に大きな影響を与えることから、詰物密度は一定とすることが望ましいことを確認した。次報告(その3)では、RIPシガレットの効果を日本の生活環境下において検証するため、RIPシガレットと通常シガレットを用いて、本報告の実験系によってRIPシガレットの有効性の確認を行う。

#### <参考文献>

- 1) 佐々木史彰、関澤愛、松山賢、箭内英治、藤本龍雄、福地淳一、RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その1) - 住宅火災統計の分析に基づいた実験条件の考察 -、日本火災学会研究発表会概要集、2011

# RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その3)

## — 布団材質と低延焼性/通常シガレットによる燃焼実験 —

松山賢(東京理科大学) 棚池裕(東京理科大学) 佐々木史彰(日本たばこ産業株式会社)  
植竹正憲(日本たばこ産業株式会社) 田中正博(日本たばこ産業株式会社) 関澤愛(東京理科大学)

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part3)

-Experimental study on smoldering propagation from RIP/ conventional cigarette to Japanese FUTON-  
Ken Matsuyama, Yutaka Tanaike, Fumiaki Sasaki, Masanori Uetake, Masahiro Tanaka and Ai Sekizawa

### 1. はじめに

筆者らは、住宅環境下を想定の上、着火物の対象を布団とし、そのサイズや詰物素材を様々な条件とすることで、通常およびRIPシガレットの低延焼性に関する燃焼実験を行った<sup>1)2)</sup>。

ASTM規格におけるRIPシガレットの延焼性能は、通常シガレットと比較して延焼低減効果は顕著であるが、試験の支持体であるろ紙上でのシガレットの自己消火を指標に用いている。日本で住宅火災が発生する状況は、布団、じゅうたん、畳、マットレス等が主要な着火物であるが、たばこを発火源に用いてこれら着火物への着火を直接検討した報告は少なく、またこれら着火物の燃焼を直接観測することで、通常およびRIPシガレットを比較した研究例は報告されていない。

以上を踏まえ、本報告では、通常およびRIPシガレットの差が現れる条件を見出すことを主眼に置き、前報告で確立された実験系を用いて、両者の低延焼性に関して布団燃焼実験を行うことでそれらの低延焼性に関する比較検討、およびデータの蓄積を主な目的とする。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験方法

本報告では、通常およびRIPシガレットを用いて布団の被覆による燃焼実験を行い、詰物素材の異なる布団の燃焼の継続有無を比較した。詳しい実験方法および測定方法は前報告で述べた通りである<sup>2)</sup>。加えて、ばらつきが大きいことが知られているものの、実際の生活環境下におけるRIPシガレットの効果に関するデータを蓄積する観点から、布団による被覆を行わない実験も実施した。

#### 2.2 比較対象とするシガレットの選定

比較対象とするシガレットは、表1に示す3種類とした。シガレットは、その燃焼特性を支配する因子であるブレンドおよび単巻長がおおよそ同一となるように選定した。また、RIPシガレットについては、複数のRIP技術が存在するが、その中でも代表的なアルギン酸Naバンドおよびセルロースバンドを使用した、Camel Light Blue(以下、CB)およびMarlboro Silver Pack(以下、MB)をそれぞれ選定した。なお、通常品には国内シェアを考慮してMild Seven Super Light(以下、MS)を選定した。

表1 比較対象としたシガレットの概要

シガレット	種別	タール [mg]	長さ [mm]	単巻長 [mm]
MS	通常品 (RIP無し)	6.0	84	59
CB	RIPバンド [幅7mm/間隔17mm] (アルギン酸Na)	6.0	84	57
MB	RIPバンド [幅5.5mm/間隔22mm] (セルロース)	6.0	56	56

#### 2.3 着火物の選定

布団は既往の知見から非常に燃焼しやすく、一酸化炭素の発生危険が高い綿を詰物のベースとして選定した。また布団の普及率を考慮してポリエステルも詰物素材の対象とした。サイズは、前報告よりばらつきの少ない50cm×50cmサイズ(重量375±4.6875[g])を採用することとした。なお、綿はインド綿およびメキシコ綿を同比率で混入した。また、布団側地は全て綿100%の布を使用した。

#### 2.4 実験概要および実験条件

実験は、大きく分類すると、布団詰物の混紡比率を5水準とし、布団を被覆した条件下で、RIPシガレットと通常シガレットの着火挙動の差異を検証する実験、および2水準の混紡比率で、布団を被覆しない条件下でRIPシガレットと通常シガレットの着火挙動の差異を検証する実験の2つを行った。

下表2~3に実験条件を示す。

いずれの実験も以下に示す実験手順にしたがって実施した。なお、実験は実験中は換気・空調は停止した、静穏環境下で行った。

- ① RIPシガレットについては、図1に示すようにUVライトを照射してバンド位置を確認
- ② シガレットに点火し、先端から5mmの位置まで喫煙
- ③ 先端から15mmの位置まで燃焼を安定させた後、布団中央に静置

上布団(一部の条件では上布団無し)を被せ、熱電対および電子天秤により温度・重量を観測

表2 実験条件(布団詰物素材(混紡比率)の違い)

布団サイズ [cm]	詰物素材	側地素材	上布団	熱電対	試行回数
50×50	綿 (綿100%+ポリエステル0%)	綿	有	有	各10回
	混紡 (綿87.5%+ポリエステル12.5%)	綿	有	有	各5回
	混紡 (綿75%+ポリエステル25%)	綿	有	有	各5回
	混紡 (綿67.5%+ポリエステル32.5%)	綿	有	有	各5回
	混紡 (綿50%+ポリエステル50%)	綿	有	有	各10回

※室内環境：温度 17.6~23.6℃、湿度 22~72%RH

※実験環境は全て 35℃80%RH 以下

表3 実験条件(布団による被覆無し)

布団サイズ [cm]	詰物素材	側地素材	上布団	熱電対	試行回数
50×50	綿 (綿100%)	綿	無	無	各5回
	混紡 (綿50%+ポリエステル50%)	綿	無	無	各5回

※室内環境：温度 17.6~23.2℃、湿度 21~24%RH

※実験環境は全て 35℃80%RH 以下

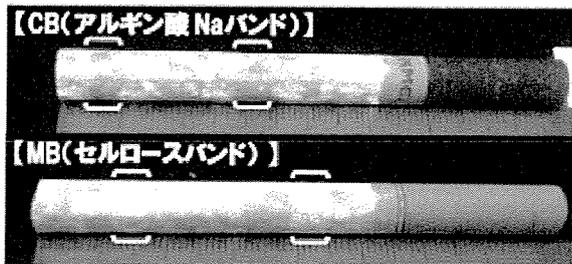


図1 UVランプを照射したRIPシガレット(括弧部:バンド位置)

### 2.5 測定項目

前報告の実験方法に準じて、布団表面に合計8点の0.32mm径のK型熱電対を設置することで燃焼状態を確認し、電子天秤(Mettler Toledo製・型式MS6002)によって全体重量の推移から重量減少を計測した<sup>2)</sup>。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 布団詰物素材の違いによる比較

表2に対応する実験結果を表4に示す。詰物素材が綿100%の場合、MBの1ケースを除き、全てにおいて燻焼が見られた。なお、燻焼の発生しなかったMBはバンドで消火せず根元まで燃え尽きていた。一方で、下表4に示すように、綿87.5%以下の混紡比率では全ての条件において、布団表面に焦げ目が見られるものの、布団詰物へは着火せず、シガレット種によらず布団への着火は見られなかった。実験終了時の写真を図2に示す。

以上、通常およびRIPシガレット間で燻焼有無にほとんど差が無いことに対し、布団の詰物素材によって結果に大きな差異が見られたことから、今回の被覆実験条件下において、燻焼有無はシガレットの差異よりも布団詰物素材の差異が支配的であることがわかった。

なお、布団表面に設置した熱電対の温度および重量減少の推移は、前報告と同様の傾向が見られた<sup>2)</sup>。

表4 実験結果(布団詰物素材の違い)

布団 [cm]	詰物素材 (側地は全て綿100%)	シガレット	試行 回数	燻 焼	
				回数	率 [%]
50×50	綿 (綿100%)	MS	10	10	100
		CB		10	100
		MB		9	90
	混紡 (綿87.5%+ホ <sup>*</sup> リステル 12.5%)	MS	5	0	0
		CB		0	0
		MB		0	0
	混紡 (綿75%+ホ <sup>*</sup> リステル25%)	MS	5	0	0
		CB		0	0
		MB		0	0
	混紡 (綿67.5%+ホ <sup>*</sup> リステル 32.5%)	MS	5	0	0
		CB		0	0
		MB		0	0
混紡 (綿50%+ホ <sup>*</sup> リステル50%)	MS	10	0	0	
	CB		0	0	
	MB		0	0	



図2 実験終了時(左:燻焼時、右:非燻焼時)

### 3.2 布団による被覆なし実験

表3に対応する実験結果を表5に示す。ポリエステルを混紡した布団では、被覆した場合と同様に燻焼は発生しなかった。しかし、綿100%布団では、布団により被覆した場合と比較して大きく異なる結果が得られた。これは、被覆有無によって布団間の熱収支に変化が起こることにより、着火挙動が大きく異なることから結果に差異が生じているものと推察される。実験終了時の写真を図3に示す。

今回の結果からでは、試行回数が十分ではないことから通常シガレットとRIPシガレットの効果の差異を判断できないため、試行回数の増加等による検討など、更なる研究が必要である。

表5 実験結果(布団による被覆なし)

布団 [cm]	詰物素材 (側地は全て綿100%)	シガレット	試行 回数	燻 焼	
				回数	率 [%]
50×50	綿 (綿100%)	MS	5	1	20
		CB		1	20
		MB		0	0
	混紡 (綿50%+ホ <sup>*</sup> リステル50%)	MS		0	0
		CB		0	0
		MB		0	0

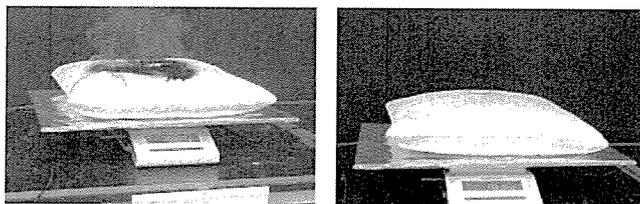


図3 実験終了時(左:燻焼時、右:非燻焼時)

## 4. まとめ

日本の住宅環境下を想定した今回の布団燻焼実験において、燻焼の発生有無を検証した結果、通常シガレットおよびRIPシガレット間の差異よりも、布団詰物素材の差異が支配的であることがわかった。ただし、実火災は様々な状況が想定されることから、布団燻焼実験において、試行回数の増加、側地の影響の検討等の更なる研究が重要である。また、前報告では圧縮した混紡布団が燻焼した結果が得られていることから、布団詰物密度が燻焼発生有無に与える影響についても、更なる研究が必要と考える<sup>2)</sup>。

### <参考文献>

- 1) 佐々木史彰、関澤 愛、松山 賢、箭内英治、藤本龍雄、福地淳一、RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その1) - 住宅火災統計の分析に基づいた実験条件の考察 -、日本火災学会研究発表会概要集、2011
- 2) 望月 計、藤本龍雄、関澤 愛、松山 賢、佐々木史彰、田中正博、RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その2) - たばこを発火源とする安定した布団燻焼実験系の確立 -、日本火災学会研究発表会概要集、2011

# RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その4)

## —被覆された燃焼シガレットにおける熱移動の検討—

植竹正憲(日本たばこ産業(株)) 三浦圭吾(日本たばこ産業(株)) 片岡将亮(日本たばこ産業(株)) 塘健夫(日本たばこ産業(株)) 松山賢(東京理科大学) 関澤愛(東京理科大学) 石川聡(日本たばこ産業(株))

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part4)

-Study on heat transfer of a covered lit cigarette-

Masanori Uetake, Keigo Miura, Masaaki Kataoka, Takeo Tsutsumi, Ken Matsuyama, Ai Sekizawa and Satoshi Ishikawa

### 1. はじめに

たばこによる住宅火災を想定した布団被覆モデルでの筆者らの実験では、布団詰物の差異によって燃焼発生の有無が生じていた<sup>1)</sup>。被覆物である布団の着火特性は(1)詰物の化学物質としての差異による燃焼反応の開始条件の違いと(2)布団としての熱物性の差異による燃焼開始温度への到達容易性の両方が関与していると考えられる。これらの要因をさらに詳細に知るためには、化学反応やシガレットと布団の間での熱移動等をそれぞれ詳しく調査する必要がある。

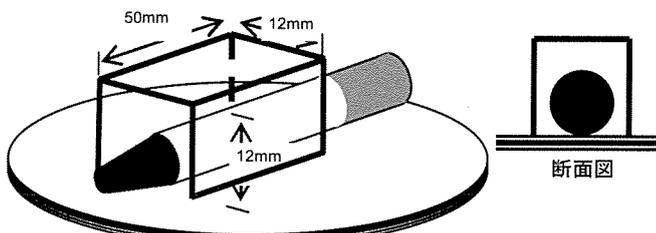
布団被覆実験モデルでは燃焼シガレットおよびその近接する部位の観測が困難なため、単純化した実験系においての観測をまず検討することとした。燃焼シガレットが被覆された条件を再現し、かつ熱量や温度の計測が簡便となるように、図1に示すような矩形の物体を被覆物としたモデル実験系を用い、被覆物による熱吸収や温度上昇、および燃焼シガレット周辺の温度変化を実験的に検討した。これらの観測結果をもとに被覆物が着火する条件の差異を検討した。

### 2. 実験方法

実験に供したシガレットは前報告に用いられた試料と同一の市販シガレットである。

#### 2. 1 燃焼シガレットへの被覆

図1に示すとおり、ろ紙10枚を重ねた層の上に燃焼シガレットを設置し、ろ紙および各種素材を以下の概略図に示すような形状の被覆物として設置した。被覆物が燃焼シガレットに密着すると、ほとんどの場合シガレットの燃焼持続が困難になるため、燃焼シガレットと被覆物の間にはあえて空間を設けた。またこの構成により燃焼シガレット周辺の温度計測も容易となった。被覆物としては、ろ紙、アルミ箔など熱特性が異なる素材を用いて検討した。



(A):ろ紙1枚被覆、(B):アルミ箔1枚被覆

図1 矩形被覆の概略

#### 2. 2 燃焼シガレットから上方への総放熱量の計測

燃焼シガレット上方に熱流束センサー(episensor、VATELL社製)をシガレット中心軸と平行に配置し、シガレット表面から10mm上方に水平設置した

(被覆物を設置した場合は、センサーは被覆物のさらに上方に配置されることになる)。センサーは表面の平均熱流束として出力するが、センサー表面積を乗じ、対流伝熱および放射伝熱で放出される熱の総量とみなして計測した。

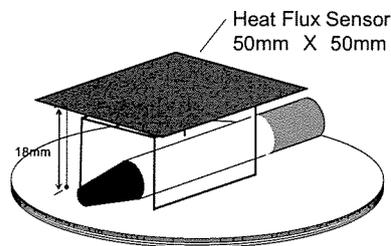


図2 放熱量計測の概略図

#### 2. 3 被覆物の表面温度計測

サーモグラフィー(TVS-8502、日本アビオニクス社)を用いて、被覆物の天井面の温度計測を行った。なおアルミ箔に関してはろ紙に比べ放射率が低いいため、表面を炭酸カルシウムにて薄くコーティングし、放射率をろ紙と同様とみなして測定した。

#### 2. 4 燃焼シガレット周囲の温度計測

燃焼シガレットの表面から1mm上方にシガレットの中心軸と平行に0.08mm径のR型熱電対を設置し、周囲温度を計測した。

### 3. 結果

燃焼シガレットにろ紙あるいはアルミ箔を被覆した場合に、試料シガレットから上方へ放出される熱量の低下が見られた。(図3)設置後10~20秒程度までは熱量が著しく低く、これは被覆物が燃焼シガレットから放出される熱の一部を吸収し蓄熱するためであると考えられる。

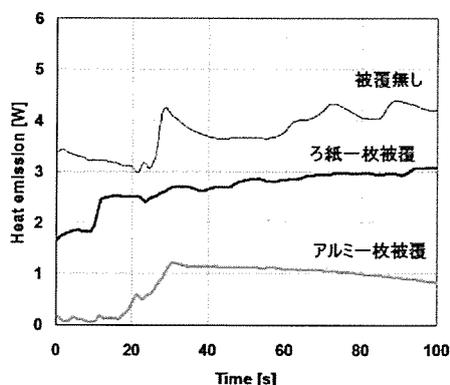


図3 燃焼シガレットから上方への放熱量の時間変化(シガレットはMB。時間0に被覆物を設置)

ろ紙被覆の場合、設置 30 秒後にシガレット燃焼部上方の一部で 200°C 程度の表面温度が観測された。アルミ箔被覆の場合も表面温度の上昇はみられたものの、ろ紙被覆に比し温度は低く温度勾配が緩やかであった。(図 4)

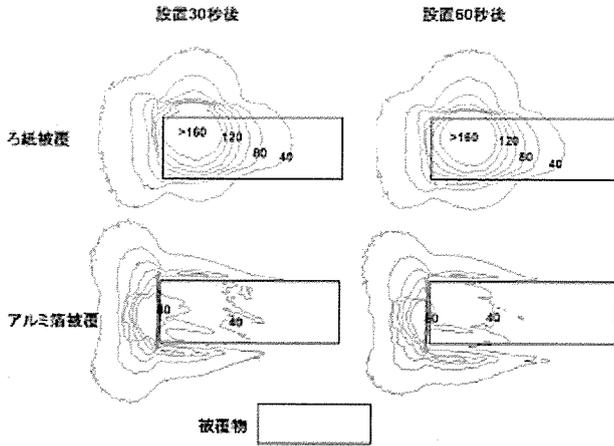


図 4 被覆物上部の表面温度 (シガレットはMB。時間 0 に被覆物を設置。等温線は 20°C おき)

燃焼シガレットの周囲 (1mm 上方) の温度は、ろ紙被覆の場合、被覆物を設置しない場合に比べ温度上昇が速い傾向がみられ、また長時間高温を維持する傾向がみられた。一方、アルミ箔被覆の場合、周囲温度の上昇は著しく小さくなった。(図 5)

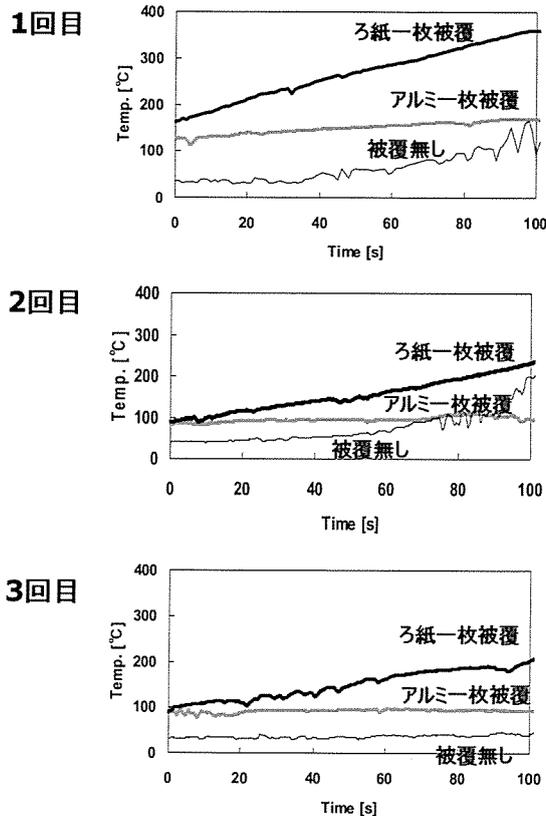


図 5 シガレット表面から 1mm 上方の温度の時間変化 (シガレットはMB。時間 0 に被覆物を設置)

#### 4. 考察

燃焼シガレットに被覆物がある場合、以下のことが考えられる。

- (1) シガレット上方へ放出される熱の一部が被覆物に吸収される
- (2) (1)の結果、被覆物は温度上昇する
- (3) 被覆物の温度上昇に伴い、シガレットの周囲温度が上昇する

被覆物の熱物性が異なると、上記(2)に特に影響を与えると想定される。本研究で用いた被覆材の熱伝導率は、ろ紙がおよそ 0.03~0.05W/mK、アルミ箔は約 200W/mk である(文献 2)。アルミ箔を被覆材とした場合、燃焼シガレットから放出された熱を吸収した際の熱拡散が大きく、局所的な温度上昇がろ紙に比して小さくなったと考えられる。またその結果、アルミ箔が到達する温度も低いいため、シガレットの周囲温度がろ紙被覆の場合に比して低くなったと考えられる。被覆による温度上昇は被覆物の特性によっても差異が見られることから、被覆物によりシガレット周囲温度の著しい上昇が必ずしも生じるわけではなく、被覆物による蓄熱と燃焼シガレットからの放熱のバランスに影響されていると考えられる。

燃焼シガレットが被覆物を着火するか否かについては、被覆物が燃焼開始温度に到達するまでの時間にも依存すると考えられ、それには被覆物の熱物性の影響も十分に考慮する必要があることが容易に想定される。

#### 5. まとめ

燃焼シガレットを異なる材料で被覆した場合の熱移動現象を実験的に検討した。

被覆物の熱物性の差異により、被覆物自体の温度上昇速度および到達温度が変わることが確認された。燃焼シガレットを被覆した場合、シガレット周囲温度が上昇する場面があることが確認された。

本報告での検討は簡易な実験的検討にとどまっているため、燃焼シガレットが近接する物体を着火する要因を定量的に解明したわけではなく、今後さらに詳細な研究が必要である。

#### <参考文献>

- 1) 松山賢, 棚池裕, 佐々木史彰, 植竹正憲, 田中正博, 関澤愛, RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 3) - 布団材質と低延焼性/通常シガレットによる燃焼実験 -, 日本火災学会研究発表会概要集, 2011
- 2) 化学工学便覧(化学工学会編)、改訂 6 版、1999

# RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 5)

## -低延焼性/通常シガレットと側地効果に関する検証-

佐々木史彰 (日本たばこ産業株式会社) 松山賢 (東京理科大学) 箭内英治 (日本防災協会)  
藤本龍雄 名川良春 (矢崎資源株式会社) 植竹正憲 (日本たばこ産業株式会社) 関澤愛 (東京理科大学)

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part5)  
-Verification on RIP/ conventional cigarette and effect of outer materials of Japanese futon -  
Fumiaki Sasaki, Ken Matsuyama, Eiji Yanai, Tatsuo Fujimoto, Yoshiharu Nagawa, Masanori Uetake,  
and Ai Sekizawa

### 1. はじめに

日本では、たばこを発火源とする火災は、放火、コンロについて出火件数が多く、失火による死者数では第1位(不明を除く)となっている<sup>1)</sup>。このたばこ火災低減に向けた施策の一つとして、諸外国では、低延焼性(RIP)シガレットが注目されている。しかし、これまでのところ規制導入国においてRIPシガレットと火災件数低減の相関性を明確に示す統計報告はない。

これを受けて、筆者らは日本の生活環境を踏まえ、通常シガレットとRIPシガレットの比較検証を行ってきた。既報では、寝たばこを想定し、詰物材質の異なる布団を用いて検討した結果、布団くん焼継続の有無は、通常-RIPシガレット間の差異よりも、布団詰物素材の差異が支配的であった<sup>2)</sup>。

しかし、実火災には詰物以外に着火物の組成やたばこと布団の設置状況など様々な状況が想定される。また、布団の側地を変更した場合に、くん焼継続の傾向が変化すると報告もなされている<sup>3)</sup>。

加えて、たばこを発火源とする布団くん焼実験では、ばらつきが大きいことが知られているが、これを十分な試行回数で検討した例はない。

本報では、通常-RIPシガレット間の着火性に差異が生まれる条件、およびくん焼継続有無に与える側地の影響の検討を目的として、側地を変更した条件下にて通常およびRIPシガレットを用いた燃焼実験を行い、くん焼継続有無の比較を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験方法

通常-RIPシガレット間の比較に加え、側地の違いがくん焼継続有無に与える影響を既報<sup>2)</sup>の結果と比較・検討するため、実験方法は既報同様とした。実験概略図を図1に示す。シガレットに点火し、先端から5mmまで喫煙した後、燃焼を安定させるため空中で自然燃焼させた。シガレットの燃焼が先端から15mmの位置に達した時点で、50cm×50cmの布団中央(重量375±4.6875g)に静置した後、布団による被覆有りの条件では、上布団を被せた。布団のくん焼状況の確認のために、温度(被覆有りのときのみ)を合計8点のK型熱電対(0.32mmφ)、重量減少を電子天秤(Mettler Toledo製・型式MS6002)にて測定し、一定時間経過後に布団のくん焼継続有無を温度分布、発煙、およびくん焼痕の拡大状況から観察・判断した。

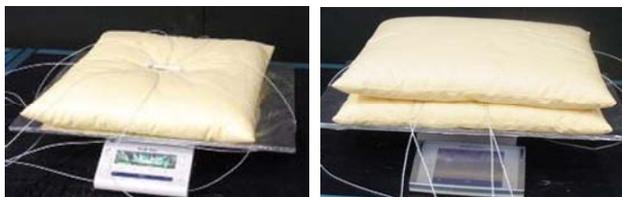


図1 実験概略図(左:被覆なし、右:被覆あり)

なお、実験中は換気・空調を停止し、静穏環境下で実験を行った。

#### 2.2 実験水準

前述と同様の理由から、発火源についても、既報同様とし<sup>2)</sup>、通常シガレットにMild Seven Super Light、RIPシガレットにCamel Light BlueおよびMarlboro Silver Pack(以下、それぞれMS、CB、MB)を用いた。

着火物である布団の詰物素材も、既報に従い、綿100%および綿50%・ポリエステル50%混紡を用いた。側地素材については、既報では綿100%を用いていることから、それぞれの詰物素材の布団に対して、綿に比べくん焼しづらいことが知られている綿50%・ポリエステル50%混紡を使用した。さらに詰物綿100%の布団についてはポリエステル100%の側地を用いた検討も行った。

これら3種のシガレット、既報の2種を含めた計5種の布団それぞれに対し、布団による被覆をしない場合と被覆した場合の実験を行い、計30水準を比較・検討した。

#### 2.3 検定手法および試行回数

結果の比較には、フィッシャーの正確確率検定を用い、①「くん焼の継続有無」と「シガレット種」の変数の独立性、②「くん焼の継続有無」と「側地種」の変数の独立性を検定し、p値<有意水準( $\alpha=0.05$ )のとき有意差があると判定した。

試行回数は多いほど望ましいものの、既報の結果を同検定手法にて比較すると、10回程度の試行回数で、詰物素材の有意差が認められた<sup>2)</sup>。従って、RIPシガレットが明らかに効果を有する条件で実験した場合に、有意差を観測するには同程度の試行回数で十分と考えられるため、試行回数は15回とした。

また、既報の試行回数は15に満たないことから、側地を変更した影響を比較・検討するため、側地が綿100%の布団についても実験を行い、既報と合わせて試行回数が合計15回となるようにした。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 シガレット種間の差異

実験結果および代表的な実験後の写真を表1および図2、3にそれぞれ示す。

同一の詰物、側地、および被覆条件の水準間で「くん焼の継続有無」と「シガレット種」の変数の独立性を検定した。検定対象は計30となる。

布団による被覆有無によらず、全ての詰物および側地の条件下において、MS-CB、MS-MB、CB-MB間で有意差は認められなかった。従って、本実験条件下では、くん焼の継続有無は通常およびRIPシガレットの差異には依存しないと言える。

#### 3.2 側地種間の差異

同一のシガレットおよび詰物の水準間で「くん焼の継続有無」と「側地種」の変数の独立性を検定した。検定対象は計24となる。有意差が認められた

データを表 2 に示す。

詰物が綿 100%で、布団による被覆有りの場合の 9 つの検定対象のうち、7 つで有意差が認められた。また、布団による被覆を行わない場合にはくん焼継続する例が少ないに関わらず、詰物が綿 100%である 9 つの検定対象のうち、1 つで有意差が認められた。このことから、側地もくん焼継続有無に影響することが明らかになった。また、詰物が混紡の場合、被覆有無に関わらず、全てのケースにおいてくん焼継続しなかったため、6 つの検定対象のいずれにおいても有意差は認められなかった。

なお、布団による被覆を行った場合には、くん焼しやすいことが既知である綿素材を 50%含んだ側地よりも、ポリエステル 100%の側地の方がくん焼継続する確率が有意に高かった。これは、綿は燃焼時に溶解せず炭化する一方、ポリエステルは溶解しながら燃焼することから、シガレット燃焼部の熱により側地が溶解し、詰物の綿が露出することで、着火しやすくなったものと推測される。

表 1 実験結果(詰物・側地素材・被覆有無による違い)

布団素材混紡率 (綿:ポリエステル)		被覆	シガレット	くん焼継続 回数
詰物素材	側地素材			
100:0	50:50	無	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	1/15
50:50	50:50	無	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15
100:0	0:100	無	MS (通常)	1/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15
100:0	100:0	無	MS (通常)	2/15
			CB (RIP)	2/15
			MB (RIP)	5/15
50:50	100:0	無	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15
100:0	50:50	有	MS (通常)	1/15
			CB (RIP)	1/15
			MB (RIP)	0/15
50:50	50:50	有	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15
100:0	0:100	有	MS (通常)	10/15
			CB (RIP)	9/15
			MB (RIP)	7/15
100:0	100:0	有	MS (通常)	14/15
			CB (RIP)	12/15
			MB (RIP)	14/15
50:50	100:0	有	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15



図 2 布団被覆なし実験終了時  
(左:くん焼継続時、右:燃焼停止時)



図 3 布団被覆あり実験終了時  
(左:くん焼継続時、右:燃焼停止時)

表 2 検定結果(有意差の得られたもの)

被覆 有無	詰物混紡比率 (綿:ポリエステル)	シガレット	比較データ 側地 (綿:ポリエステル)	p 値
有	100:0	MS	側地 (100:0): 14/15	p<0.0001
			側地 (50:50): 1/15	
		CB	側地 (100:0): 12/15	0.0001
			側地 (50:50): 1/15	
		MB	側地 (100:0): 14/15	p<0.0001
			側地 (50:50): 0/15	
有	100:0	MS	側地 (50:50): 1/15	0.0017
			側地 (0:100): 10/15	
		CB	側地 (50:50): 1/15	0.0052
			側地 (0:100): 9/15	
		MB	側地 (50:50): 0/15	0.0063
			側地 (0:100): 7/15	
有	100:0	MB	側地 (100:0): 14/15	0.0141
			側地 (0:100): 7/15	
無	100:0	MB	側地 (100:0): 5/15	0.0415
			側地 (0:100): 0/15	

#### 4. まとめ

布団の側地を変更して、通常シガレットと RIP シガレットによる布団くん焼継続有無を比較・検討した。今回の実験条件下では、側地素材に関わらず、くん焼の継続有無は通常および RIP シガレットの差異には依存しないこと、ならびに一定の条件においては側地素材もくん焼継続有無に影響を与えることが明らかになった。ただし、実火災は様々な状況が想定されることから、次報では、布団の詰物密度に着目し、布団を圧縮した条件下において比較検討を行う。

#### <参考文献>

- 1) 総務省消防庁;平成 23 年度版消防白書、2010
- 2) 松山賢, 棚池裕, 佐々木史彰, 植竹正憲, 田中正博, 関澤愛, RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 3) - 布団材質と低延焼性/通常シガレットによる燃焼実験一、日本火災学会研究発表会概要集, pp.64-65, 2011
- 3) 飯田明彦;「寝具類の一部に防災品を用いた時の火災抑制効果に関する検証」、日本火災学会誌『火災』、p 54-59、vol.61 No.6 2011.12.

# RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その6)

## -低延焼性/通常シガレットと圧縮効果に関する検証-

松山賢 (東京理科大学) 藤本龍雄 名川良春 (矢崎資源㈱) 箭内英治 (日本防災協会)  
佐々木史彰 植竹正憲 (日本たばこ産業㈱) 関澤愛 (東京理科大学)

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part6)

- Verification on RIP/ conventional cigarette and effect by compressing to Japanese futon -

Ken Matsuyama, Tatsuo Fujimoto, Yoshiharu Nagawa, Eiji Yanai, Fumiaki Sasaki, Masanori Uetake,  
and Ai Sekizawa

### 1. はじめに

筆者らは、実験系の確立に向け、布団詰物密度に着目した検討を行う中で、詰物密度を増加させることで、ポリエステルを含んだ布団でもくん焼継続することを観測した<sup>1)</sup>。長期間の使用により圧縮され詰物の密度が高まった、いわゆる煎餅布団では、火災発生リスクが高まる可能性があることは否定できない。

しかし既報の実験では、布団を圧縮した条件下で、通常およびRIPシガレットによる比較は行われていない<sup>1) 2) 3)</sup>。加えて、圧縮の影響を検討するにあたり、十分な試行回数も担保されていない。

本報では、以上を鑑み、通常シガレットとRIPシガレットの着火性に差異が生まれる条件、およびくん焼継続有無に与える圧縮の影響の検討を目的として、一定の試行回数を担保し、煎餅布団を想定した圧縮条件下にて通常およびRIPシガレットを用いた燃焼実験を行い、くん焼継続有無を比較した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験方法

布団圧縮実験の概略を図1に示す。前報<sup>2)</sup>同様、点火したシガレットを布団中央に静置し、上布団にて被覆した。その後、後述する装置を用いて布団を圧縮した。くん焼状況の把握には、布団圧縮装置の重量上の制約から、電子天秤による重量減少は測定せず、熱電対による温度分布のみを計測した。一定時間経過後に布団のくん焼継続有無を温度分布、発煙、およびくん焼痕の拡大状況から観察・判断した。

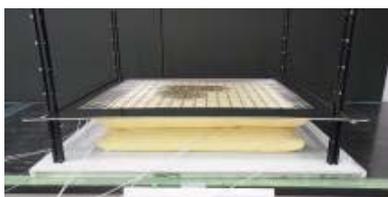


図1: 布団圧縮実験概略図

#### 2.2 実験水準

発火源に用いたシガレットは前報<sup>2)</sup>同様の3種類とした。(通常シガレット: MS, RIPシガレット: CB, MB)

圧縮によって詰物密度を増加させることで、よりくん焼継続しやすくなることが想定されること、および詰物がポリエステル100%の布団も普及していることから、着火物の布団には、前報で使用したものに加え、ポリエステル100%の詰物も用いた。前報にて、側地素材もくん焼継続有無に影響を与えることが明らかとなったことから、側地には前報で検討した素材を用いた。

これら3種のシガレットと7種の布団の計21水準にて圧縮条件下で実験を行い、前報の圧縮無しの結果と比較・検討を行った。

#### 2.3 布団圧縮装置概要

布団圧縮に用いた装置を図2に示す。装置上部には、外側盤厚さ3mm、メッシュ部直径3mmのステンレス盤(SUS304)を使用し、たばこと布団の熱収支および酸素供給に与える影響を軽減するため、メッシュ開口部の面積が80%となるよう作成した。装置下部は板厚5mmのアルミニウム合金(A1)に高さ350mmのアルミフレームを4箇所固定したものをを用いた。上部のステンレス盤を下4本、上2本のシャフトで支えることで布団高さを固定した。

布団の圧縮率は本実験が想定する煎餅布団の詰物密度に準じて設定することが望ましいが、煎餅布団の一般的な詰物密度はよく知られていない。また、明らかに布団がくん焼継続または燃焼停止する条件では、通常-RIPシガレット間で差異は認められないことから、RIPシガレットの効果を見出すという観点からは、布団のくん焼継続有無が遷移する条件を用いることが望ましい。そこで既報<sup>1)</sup>において、詰物が綿50%/ポリエステル50%の布団がくん焼継続を始めた、圧縮率40%に相当する高さ100mmを基準として採用した。また、各種布団はサイズおよび詰物重量が同一であることから、密度を一定に揃えた状態で比較するために、布団種によらず高さ100mmに圧縮することとし、上部ステンレス盤の高さを底面より100mmで固定した。

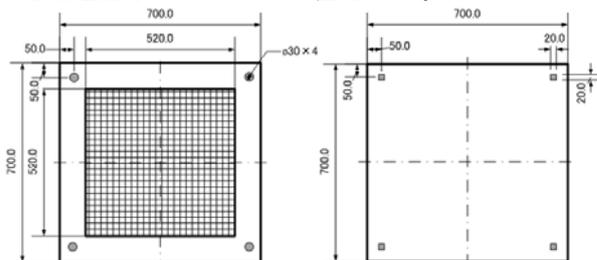


図2: 布団圧縮装置(左: 上部、右: 下部)

#### 2.4 検定手法および試行回数

結果の比較には、前報<sup>2)</sup>同様、フィッシャーの正確確率検定を用い、①「くん焼の継続有無」と「シガレット種」の変数の独立性、②「くん焼の継続有無」と「圧縮有無」の変数の独立性を検定し、 $p$ 値 < 有意水準 ( $\alpha = 0.05$ ) のとき有意差ありと判定した。

なお、②の圧縮有無の影響の検討には、前報と同じ5種の布団にて比較した。また、試行回数についても、前報同様、全ての水準において15回とした。

### 3. 実験結果および考察

実験結果および代表的な実験後の写真を表1、図3にそれぞれ示す。既報<sup>1)</sup>と同様、ポリエステルを50%含んだ布団種でも、圧縮時にくん焼継続を確認した。

#### 3.1 シガレット種間の差異

同一の詰物、側地の水準間において「くん焼の継続有無」と「シガレット種」の変数の独立性を検定

した。検定対象は計 21 となる。

布団を圧縮した条件下においても、全ての布団種において、MS-CB、MS-MB、CB-MB 間では有意差は認められなかった。従って、本実験条件下では、くん焼の継続有無は通常および RIP シガレットの差異には依存しないと言える。

### 3. 2 圧縮有無による差異

同一の詰物、側地の条件下にて布団を圧縮した場合と被覆のみした場合の「くん焼の継続有無」と「圧縮有無」の変数の独立性を検定した。検定対象は計 15 となる。

表 2 に示すとおり、8 つの検討対象で有意差が認められた。圧縮なしの条件で 0~1 回しかくん焼継続しなかった 2 種の布団に対しては、通常および RIP シガレットともに、圧縮時にくん焼継続回数が有意に増加した。これは、たばこと布団の接地面積の増加、および単位体積あたりの詰物密度増加に伴う発熱量増加によるものと考えられる。

なお、他の 7 つの検定対象においては、有意差は認められないものの、全ての検定対象において圧縮時にくん焼継続回数の増加傾向が観測された。

以上より、本実験条件下では、布団の圧縮はくん焼継続有無に大きく影響することがわかった。

表 1 実験結果(圧縮実験結果)

布団素材混紡率 (綿:ホリ)		圧縮	シガレット	くん焼継続回数
詰物素材	側地素材			
100:0	100:0	有	MS (通常)	15/15
			CB (RIP)	15/15
			MB (RIP)	15/15
50:50	100:0	有	MS (通常)	8/15
			CB (RIP)	10/15
			MB (RIP)	8/15
0:100	100:0	有	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15
100:0	50:50	有	MS (通常)	15/15
			CB (RIP)	14/15
			MB (RIP)	15/15
100:0	0:100	有	MS (通常)	14/15
			CB (RIP)	14/15
			MB (RIP)	15/15
50:50	50:50	有	MS (通常)	4/15
			CB (RIP)	4/15
			MB (RIP)	5/15
0:100	50:50	有	MS (通常)	0/15
			CB (RIP)	0/15
			MB (RIP)	0/15



図 3 実験終了時(左:くん焼継続時、右:燃焼停止時)

表 2 検定結果(有意差の得られたもの)

詰物混紡 比率 (綿:ホリ)	側地混紡 比率 (綿:ホリ)	シガレット	比較ペア (回)	p 値
100:0	50:50	MS	圧縮有: 15/15	p<0.0001
			圧縮無: 1/15	
		CB	圧縮有: 14/15	p<0.0001
			圧縮無: 1/15	
		MB	圧縮有: 15/15	p<0.0001
			圧縮無: 0/15	
50:50	100:0	MS	圧縮有: 8/15	0.0022
			圧縮無: 0/15	
		CB	圧縮有: 10/15	0.0002
			圧縮無: 0/15	
		MB	圧縮有: 8/15	0.0022
			圧縮無: 0/15	
100:0	0:100	MB	圧縮有: 15/15	0.0022
			圧縮無: 7/15	
50:50	50:50	MB	圧縮有: 5/15	0.0422
			圧縮無: 0/15	

### 4. まとめ

布団を圧縮した実験条件下において、通常シガレットと RIP シガレットを用いてくん焼継続有無を検討した結果、圧縮有無に関わらず、くん焼の継続有無は通常および RIP シガレットの差異には依存しないこと、ならびに布団の圧縮による詰物密度の増加はくん焼継続有無に大きく影響することが明らかになった。

筆者らはこれまで、布団くん焼実験において、詰物素材、側地素材、布団による被覆有無、圧縮有無の様々な実験条件を用いて、布団のくん焼継続有無が遷移する付近での通常シガレットと RIP シガレットの差異を見出す条件を検討してきた。しかし、ここまでの実験結果からは、通常シガレットと RIP シガレットの差異が生じる条件は明らかになっていない。

しかしながら、多様な要因により発生に至る実火災においては、より特異かつ複合的な条件が考えられ、その条件下では通常および RIP シガレットの差異が見出される可能性がある。今後は、たばこと布団の実験における未検討項目である、敷布団と枕、または敷布団と掛け布団のへり等のたばこの設置状況に関して、被覆有無の中間に相当する条件の実験を行う予定である。

### <参考文献>

- 1) 望月計、藤本龍雄、関澤愛、松山賢、佐々木史彰、田中正博、RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 2) - シガレットを着火源とする安定した布団実験系の確立 -、日本火災学会研究発表会概要集、pp62-63、2011
- 2) 佐々木史彰、松山賢、箭内英治、望月計、藤本龍雄、植竹正憲、関澤愛、日本火災学会研究発表会概要集 RIP シガレットの着火性に関する実験的研究 (その 5) - 低延焼性/通常シガレットと側地効果に関する検証 -、日本火災学会概要集、2012
- 3) 松山賢、棚池裕、佐々木史彰、植竹正憲、田中正博、関澤愛、RIP シガレットの着火性に関する実験的研究(その 3) - 布団材質と低延焼性/通常シガレットによる燃焼実験 -、日本火災学会研究発表会概要集、pp.64-65、2011

# RIP シガレットの着火性に関する実験的研究（その 7）

## -RIP/通常シガレットの差異とシガレットの設置状況に関する検証-

佐々木史彰（日本たばこ産業㈱） 名川良春 荻野薫（矢崎エナジーシステム㈱） 箭内英治（日本防災協会）  
植竹正憲 松藤高明（日本たばこ産業㈱） 松山賢 関澤愛（東京理科大学）

Experimental Study on the Effectiveness of RIP Cigarettes to Fire Situation in Japan (Part7)  
- Verification on RIP/ conventional cigarette and effect by placement conditions to Japanese futon -  
Fumiaki Sasaki, Yoshiharu Nagawa, Kaoru Ogino, Eiji Yanai, Masanori Uetake, Takaaki Matsufuji,  
Ken Matsuyama and Ai Sekizawa

### 1. はじめに

諸外国ではたばこ火災低減に向けた施策の一つとして、低延焼性（RIP）シガレットが注目されている。筆者らは日本の生活環境下における RIP シガレットの有効性を検証するために、寝たばこによる火災を想定した布団くん焼実験を用いて通常-RIP シガレット間の着火性を比較・検討してきた<sup>1)2)</sup>。

既報では、複数の布団詰物および側地素材を用い、異なる布団-シガレット間の設置状況（被覆有無、圧縮有無）にて、通常および RIP シガレットによる布団のくん焼継続有無を比較してきた。しかしながら、これまでの実験においては、通常および RIP シガレット間で明確な差異は見られていない。

本研究では、既報に引き続き、寝たばこを想定した布団くん焼実験により、通常シガレットと RIP シガレットの着火性を比較した。実生活においては、寝たばこ中に落下したシガレットが、布団へり部に留まる状況も容易に想定されることから、これを踏まえたシガレットの設置条件を用いて布団くん焼実験を行い、布団のくん焼継続有無を比較した。

### 2. 実験の概要

#### 2. 1 実験方法

実験概略図を図 1 に示す。布団のへり部を再現する場合、実際の生活環境に即し、下布団に上布団を重ねた状態とするのが望ましい。しかしながら、布団は容易に変形することに加え、詰物種により弾性が異なることから、布団の端部の形状が安定しないことが想定される。そこで、布団を L 字型に固定し、治具を用いてシガレットを設置した後、へり部に一定距離埋没させた。ここで、実生活において布団へり部に留まるシガレットと布団の接触度合いは不明であるため、最大でシガレットの直径に相当する 8 mm 埋没させることとし、0 mm、4 mm、8mm の 3 条件で検討した。加えて、シガレット設置時に治具を用いることで、人為的誤差の低減を図った。3 つの条件におけるシガレットと布団の設置状況を図 2 に示す。

既報<sup>1)</sup>同様、シガレットに点火し、先端から 5 mm まで喫煙した後、燃焼を安定させるため空中で自然燃焼させた。シガレットの燃焼が先端から 15 mm の位置に達した時点で、先述の通り、布団のへり部にシガレットを設置した。設置後、くん焼状況の把握の一助とするために、サーモカメラ(NEC Avio 赤外線テクノロジー社製 H2640)により熱画像を記録



図 1：布団へり置き実験概略図



図 2：シガレットの設置状況の比較

し、一定時間経過後に布団のくん焼継続有無を温度分布、発煙およびくん焼痕の拡大状況から観察・判断した。

#### 2. 2 実験水準

既報<sup>1)</sup>の結果と比較・検討するため、通常シガレットに Mild Seven Super Light、RIP シガレットに Camel Light Blue および Marlboro Silver Pack(以下、それぞれ MS、CB、MB)を用いた。

着火物である布団については、既報で扱ったもののうち、詰物および側地がともに綿 100%の布団、詰物が綿 50%・ポリエステル 50%混紡で、側地綿 100%の布団の 2 種を用いた。

#### 2. 3 検定手法および試行回数

結果の比較には、既報<sup>1)</sup>同様、フィッシャーの正確確率検定を用い、①「くん焼の継続有無」と「シガレット種」の変数の独立性、②「くん焼の継続有無」と「シガレットと布団の設置条件」の変数の独立性を検定し、 $p$  値 < 有意水準 ( $\alpha = 0.05$ ) のとき有意差ありと判定した。

また、上記②の設置条件の影響の検討においては、既報にて検討した、布団により被覆する場合、あるいは被覆しない場合との比較も行った。なお試行回数については、既報同様、15 回とした。

### 3. 実験結果および考察

実験結果を表 1、代表的な実験後の写真を図 3 にそれぞれ示す。詰物・側地がともに綿 100%の布団においては、シガレットの布団への埋没量の増加に

に伴い、くん焼継続回数が増加する傾向が認められた。また、ポリエステルを詰物に50%含んだ布団では、一例もくん焼継続しなかった。なお、RIPシガレットの特長として期待される、シガレットが布団上で自己消火（フィルター部に近いチップペーパー部に到達する以前にシガレットが消火）したケースは、綿50%・ポリエステル50%の布団を用い、へり部に0mm埋没させた場合のCBの2例のみであった。

### 3. 1 シガレット種間の差異

同一の詰物、側地、設置条件の水準間において、「くん焼の継続有無」と「シガレット種」間の変数の独立性を検定した。検定対象は計18となる。布団へり部にシガレットを設置した全ての実験条件下において、MS-CB、MS-MB、CB-MB間で有意差は認められなかった。最もp値の小さい値でも、詰物・側地がともに綿100%の布団を用い、へり部に4mm埋没させた場合の $p = 0.4269$ であった（MSが15回中6回、CB・MBがそれぞれ15回中3回くん焼継続した場合を比較）。現行の試行回数では、くん焼継続有無が通常およびRIPシガレットの差異に依存するとはいえないと考えられる。しかしながら、へり部に埋没させた場合、シガレットが自己消火する点が観察できないものの、RIPシガレットに比べ、通常シガレットのくん焼継続回数が一貫して多い傾向がみられた。したがって、より実用的な知見を得るためには、試行回数の増加やシガレット種の追加等の更なる検討が必要であると考えられる。

### 3. 2 設置条件による差異

同一の詰物、側地の条件下にて、「くん焼の継続有無」と「シガレットと布団の設置条件」の変数の独立性を検定した。検定対象は計54となる。

表2に示すとおり、11の検討対象で有意差が認められた。布団を被覆した場合およびへり部に8mm埋没させた場合は、布団へり部に0mm埋没させた場合に比べ、くん焼継続回数が有意に多かった。

以上より、本実験条件下では、シガレットと布団の設置状況はくん焼継続有無に影響するといえる。

## 4. まとめ

布団のへり部に設置した実験条件下において、通常シガレットとRIPシガレットのくん焼継続有無を比較した結果、以下のことがわかった。

- 1) シガレット種にかかわらず、布団素材等の影響が最も大きかった
- 2) シガレット種にかかわらず、布団へり部への埋没量の増加に伴い、くん焼継続回数が増加した
- 3) 既報同様<sup>12)</sup>、通常-RIPシガレット間に有意な差は認められず、布団素材やシガレットの設置状況が与えるような、明確な影響はみられなかった
- 4) へり部に埋没させた実験では、RIPの特長がみられないものの、通常シガレットのくん焼継続回数が一貫して多い傾向が得られた

上記4)については、今後、より実用的な知見を得るため、試行回数の増加やシガレット種の追加等の更なる検討が必要であると考えられる。



図3 実験終了時(左:くん焼継続時、右:燃焼停止時)

表1 実験結果

布団種		Cig.	設置条件ごとのくん焼継続回数		
詰物	側地		0mm埋没	4mm埋没	8mm埋没
綿100%	綿100%	MS	1/15	6/15	9/15
		CB	0/15	3/15	6/15
		MB	1/15	3/15	7/15
綿50%・ポリエステル50%	綿100%	MS	0/15	0/15	0/15
		CB	0/15	0/15	0/15
		MB	0/15	0/15	0/15

表2 検定結果(有意差の得られたもの)

布団種		Cig.	比較データ(回)	p値
詰物	側地			
綿100%	綿100%	MS	へり置き(0mm埋没): 1/15	$p < 0.0001$
			被覆あり: 14/15	
		CB	へり置き(0mm埋没): 0/15	$p < 0.0001$
			被覆あり: 12/15	
		MB	へり置き(0mm埋没): 1/15	$p < 0.0001$
			被覆あり: 14/15	
綿100%	綿100%	MS	へり置き(0mm埋没): 1/15	0.0052
			へり置き(8mm埋没): 9/15	
		CB	へり置き(0mm埋没): 0/15	0.0168
			へり置き(8mm埋没): 6/15	
		MB	へり置き(0mm埋没): 1/15	0.0351
			へり置き(8mm埋没): 7/15	
綿100%	綿100%	MS	へり置き(4mm埋没): 6/15	0.0052
			被覆あり: 14/15	
		CB	へり置き(4mm埋没): 3/15	0.0028
			被覆あり: 12/15	
		MB	へり置き(4mm埋没): 3/15	0.0001
			被覆あり: 14/15	
綿100%	綿100%	MS	へり置き(8mm埋没): 9/15	0.0209
			被覆なし: 2/15	
綿100%	綿100%	MB	へり置き(8mm埋没): 7/15	0.0141
			被覆あり: 14/15	

## <参考文献>

- 1) 佐々木史彰、松山賢、箭内英治、望月計、藤本龍雄、植竹正憲、関澤愛、日本火災学会研究発表会概要集 RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その5)、日本火災学会概要集、pp202-203、2012
- 2) 松山賢、藤本龍雄、名川良春、箭内英治、佐々木史彰、植竹正憲、関澤愛、日本火災学会研究発表会概要集 RIPシガレットの着火性に関する実験的研究(その6)、日本火災学会概要集、pp204-205、2012