

バスの座席の燃焼性に関する実験的研究

辻本研究室

4112607

小澤 竜也

1. はじめに

鉄道車両、自動車、それぞれに乗客の利用する座席について、その燃焼性に関する法的規制が存在するが、車内の内装材料に関する燃焼実験の例が極めて少なく、火災に関する性能設計において実験データの充実が急務である。建築分野では、室内の可燃物の燃焼実験に関するデータの主なものは、椅子の燃焼実験¹⁾²⁾、カーテンの燃焼実験³⁾、ゴミ箱等の燃焼実験⁴⁾、衣類等の燃焼実験⁵⁾などがある。しかし、異なる用途の生活空間の内装材料の火災安全を統一的に評価する手法は研究されていない。

本実験では、バスの座席に着目し、建材の燃焼試験で利用されているコーンカロリメーター試験法により燃焼性能を把握し、車内と仮定したISO9705ルームコーナー試験で用いられる小規模区画(以下、ルームコーナー)内で燃焼させ、両者の関連性を分析することを目的とする。

2. コーンカロリメーターを用いた燃焼性試験

2.1 試験装置及び実験条件

実験方法は、ISO 5660-1に準ずる方法によって行った。ヒータの加熱条件は、10、30、50 kW/m²で行った。測定項目は、着火時間、発熱速度、煙濃度、CO₂、CO ガス濃度である。

2.2 実験試料

バス座席のモケット生地1種類とクッション(ウレタン)1種類である。これらの材料は法規制⁶⁾で、難燃性が要求されている。なお、実験材料は、乾燥等の実験前の前処理は特に行っていない。

3. 実験結果

3.1 着火時間

各試料に対する加熱強度に対する着火時間の関係を表1に示す。ウレタン、モケット生地を比較すると、モケット生地の方が着火し難い。

10kW/m²の加熱強度において、ウレタンは30,50kW/m²の加熱強度のときと比べて着火に時間を要した。対してモケット生地は着火しない試料があった。

加熱強度が高くなると着火時間も短くなる傾向を示し、50kW/m²の加熱強度では、ウレタンにおいて3秒程度、モケット生地において6,7秒程度であった。

また総発熱量は、全ての試料について8MJを上回る結果となった。

どの試験体も5分間の加熱において総発熱量が8MJを上回る数値を示し、建築物の内装材料の難燃性の基準を満たしていないことがわかった。

表1 加熱強度に対する着火時間と最大発熱速度

試料番号	試料名	加熱強度 [kW/m ²]	着火時間 [sec]	最大発熱速度 [kW/m ²]	総発熱量 [MJ/m ²]
1	ウレタン	50	3.6	588.522	34.46
2	ウレタン	50	3.1	579.342	34.58
3	ウレタン	50	3.1	572.522	34.45
4	ウレタン	30	5.6	462.104	36.70
5	ウレタン	30	4.9	410.620	39.14
6	ウレタン	10	199.9	201.777	31.73
7	ウレタン	10	56.5	390.736	39.04
8	ウレタン	10	41.1	387.160	38.49
9	モケット生地	50	7.3	443.777	18.32
10	モケット生地	50	5.9	421.973	18.85
11	モケット生地	50	6.1	441.084	18.77
12	モケット生地	30	56.1	243.105	15.76
13	モケット生地	30	18.2	223.901	16.17
14	モケット生地	10	260.3	127.489	8.89
15	モケット生地	10	不着火	—	—
16	モケット生地	10	不着火	—	—

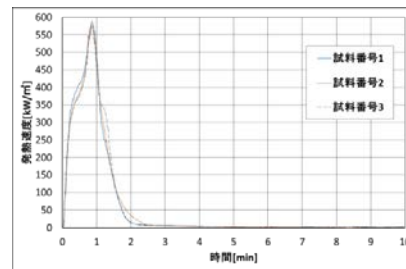


図1 ウレタンの発熱速度の時間変化(50kW/m²の加熱強度)

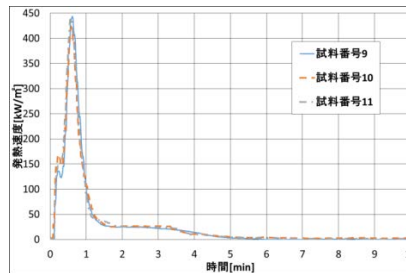


図2 モケット生地の発熱速度の時間変化(50kW/m²の加熱強度)

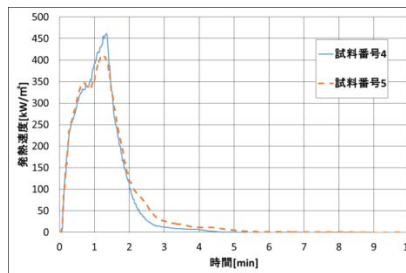


図3 ウレタンの発熱速度の時間変化(30kW/m²の加熱強度)

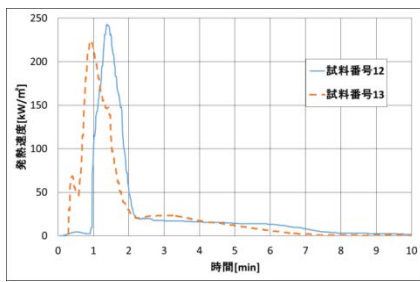


図4 モケット生地の発熱速度の時間変化(30kW/m²の加熱強度)

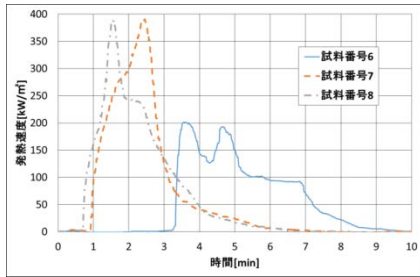


図5 ウレタンの発熱速度の時間変化(10kW/m²の加熱強度)

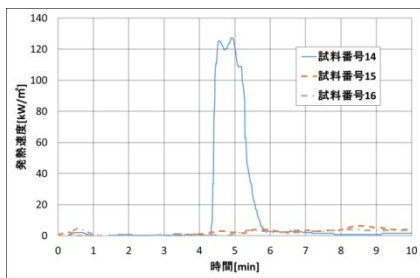


図6 モケット生地の発熱速度の時間変化(10kW/m²の加熱強度)

3.2 燃焼熱

図7に加熱強度と燃焼熱の関係を示す。燃焼熱は式(1)により算出した。

$$\Delta H = \frac{Q}{M} \quad (1)$$

ΔH : 燃焼熱[MJ/kg]、 Q : 総発熱量[MJ/m²]、 M : 試験体重量減少値[kg]

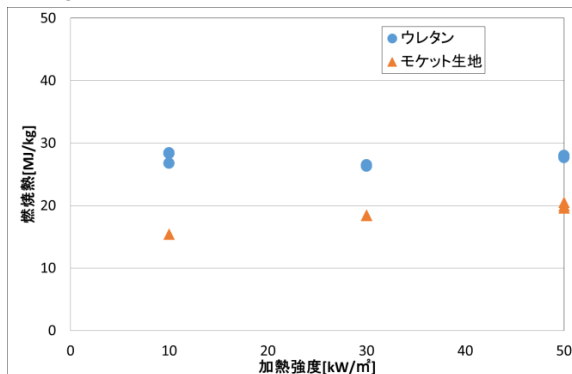


図7 加熱強度と燃焼熱の関係

加熱強度が増加しても燃焼熱は概ね一定の値を取ることが確認された。これはどの試験体も密度が一樣であり、加熱強度が変化しても燃焼率は変化しなかったためであると考えられる。

4. 自由空間とルームコーナー内における燃焼実験

4.1 実験装置及び実験条件

実験方法は、「集煙フード(5×5m)」及び「ルームコーナー試験装置(ISO9705)」を用いて行った。ルームコーナーの内法は2.4×3.6×2.4m、開口は0.8×2.0mである。着火方法は、1973年に狩勝実験線で行われた列車火災試験⁷⁾に準じて、エタノール400mlと新聞紙40ページ分を使用した。

自由空間において2人掛けを1脚、ルームコーナー内において2人掛け4脚の燃焼実験を行った。

測定項目は、試験体の重量変化、酸素消費法に基づく発熱速度、着火点の直上温度、放射量である。また、ビデオカメラを設置し、実験の様子を記録した。

熱電対を、自由空間で、座面から400mm間隔で5点設置した。ルームコーナー内で、座面から200mm間隔で8点設置した。また、区画内温度を測定するため、隅角部1箇所しに床面から200mm間隔で11点設置した。

重量減少は、自由空間で1脚を測定し、ルームコーナー内では、火源の1脚とその前方の1脚を測定した。

図8、図9に設置位置を示す。

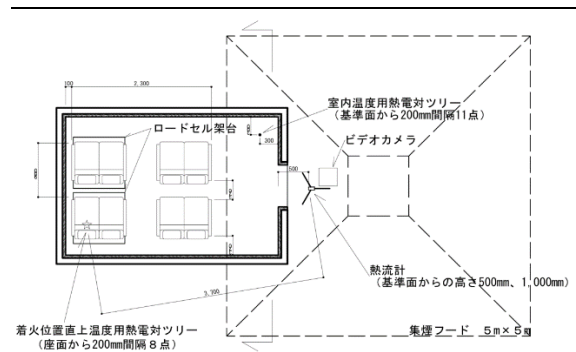


図8 ルームコーナー平面図

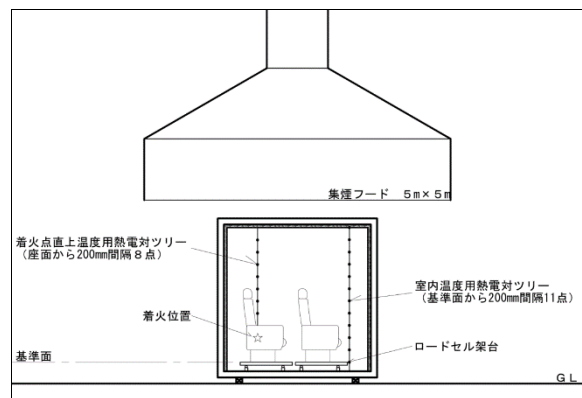


図9 ルームコーナー断面図

4.2 実験試料

座席は、三菱ふそうU-MS729(平成4年式)呉羽架装のサロンシートである。ただし、この情報は座席の入手先(オークション出品者)からの情報であることに留意しなければならない。座席の状態は年式相応で、汚れ、へたりがある。また、図10にあるヘッドカバーは付属していない。



図 10 試験体の観光バス回転座席

5. 実験結果

5.1 重量変化

自由空間、ルームコーナー内で測定した重量変化を図 11、12 に示す。自由空間の燃焼では、着火後、エタノールをかけた 1 人分の座席の部分だけで燃焼をしていた。

約 10 分後にクッションの中のウレタンが燃え出し座席全体に燃え広がった。重量は約 1 時間で 13.12kg 減少した。

ルームコーナー内の燃焼でも、着火後、約 13 分までは自由空間同じ燃焼であったが、急に燃焼が加速され、約 14 分後にフラッシュオーバーが起り、周辺の 3 脚が同時に燃えだした。

重量は約 20 分で、着火源の座席が 6.11kg、その前方の座席が 3.71kg 減少した。図 12 からフラッシュオーバーが起きた 14 分後に重量減少速度が速くなっていることがわかる。

5.2 発熱速度

自由空間、ルームコーナー内の発熱速度の時間変化を図 13 に示す。

自由空間において、着火後、約 1 時間で鎮火した。ここでの鎮火は、火炎が目視で確認不可能となった時点と定義する。最大発熱速度は着火後 16 分にて 359kW となった。

1 分付近でみられる発熱速度の第一の山は、着火材の新聞紙およびエタノール(主にエタノール)が燃焼したことで生じている。13 分付近でみられる発熱速度の第二の山は、着火側の背もたれ内のウレタンが燃焼したことで生じ、16 分付近でみられる発熱速度の第三の山は、背もたれ 2 人分が燃焼したことで生じている。

ルームコーナー内において、着火後、約 14 分後にフラッシュオーバーが起り、安全を考慮し消火作業を行った。最大発熱速度は、着火後 15 分後にて 2567kW となった。

1 分付近でみられる発熱速度の第一の山は、自由空間のときと同様、着火材の新聞紙およびエタノール(主にエタノール)が燃焼したことで生じている。

14 分付近でみられる発熱速度の第二の山は、フラッシュオーバーが起きたため、急激に発熱速度が上昇している。燃焼していなかった他の 3 脚が手すりから一気に発火した様子がビデオカメラで確認できた。約 12 分後までは 1 脚分の燃焼であったため、自由空間のときとほぼ同様の挙動を示した。

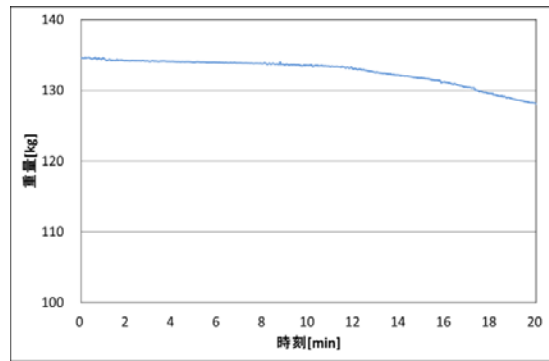


図 11 自由空間における重量変化

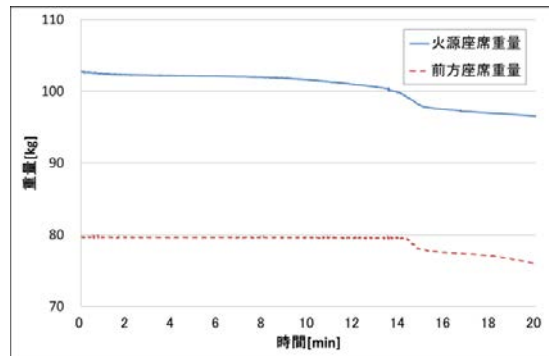


図 12 ルームコーナー内における重量変化

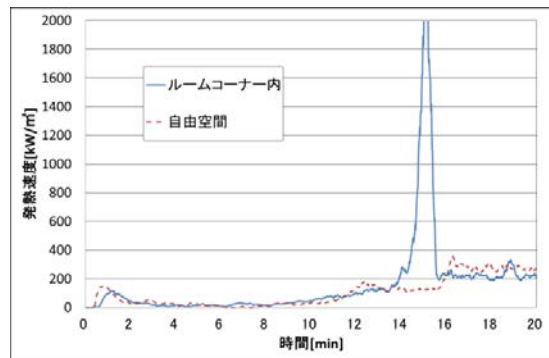


図 13 発熱速度の時間変化

5.3 直上温度と区画内温度

自由空間、ルームコーナー内の着火地点からの直上温度を図 14、15 に示す。

自由空間において、着火後 10 分後と 16 分後において燃焼が大きかったことがわかる。1600mm 地点で 321℃に達した。

ルームコーナー内において、着火後 14 分が経過した段階でどの地点においても急激に温度が上昇している。1600mm 地点で 1150℃に達した。

区画内温度を図 16 に示す。着火後 14 分が経過した段階でどの地点においても急激に温度が上昇し、800℃を超える値を示した。1200mm から下の点と 1400mm から上の点できれいにグループに分かれているため、1400mm 付近に煙層が降りていると推定される。

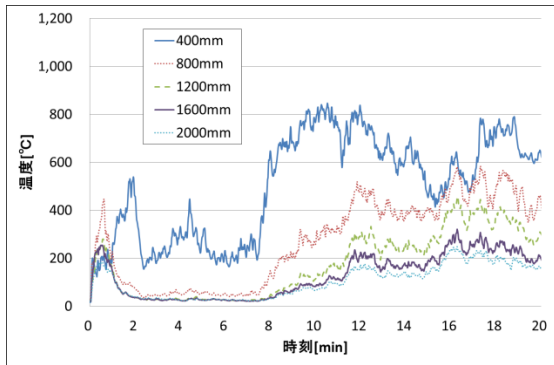


図 14 自由空間における直上温度

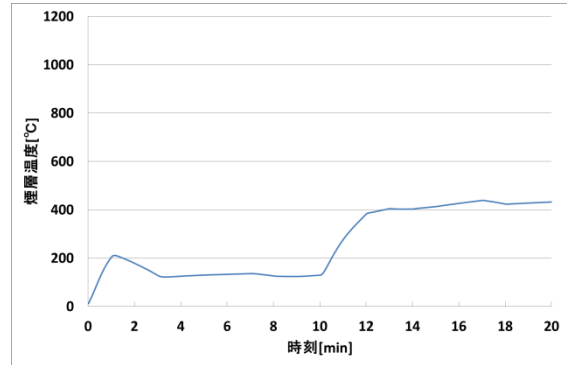


図 17 煙層温度

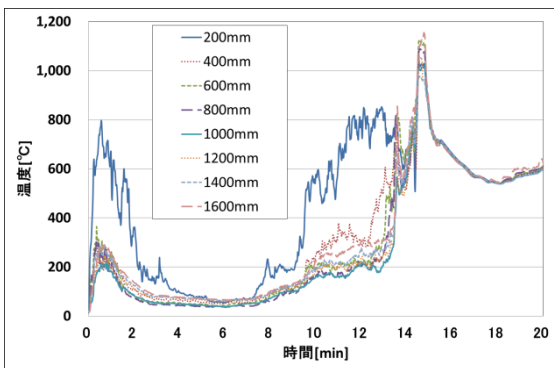


図 15 ルームコーナー内における直上温度

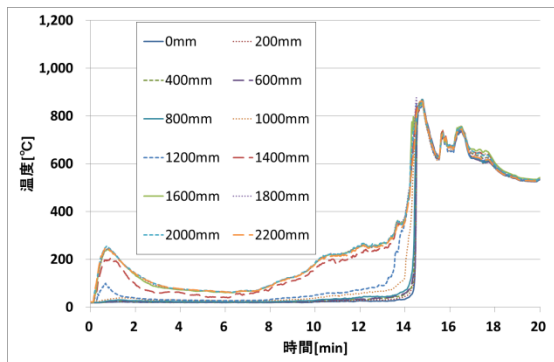


図 16 区画内温度

6. 二層ゾーンモデルの適用

6.1 二層ゾーンモデルの設定条件

二層ゾーンモデル BRI2002[®]をルームコーナーに適用する。モデルの条件は、実験で使用したルームコーナー1室とする。発熱速度の条件は、自由空間の燃焼実験で得られた結果を用いる。ルームコーナー内の煙層温度と煙層高さを計算し、考察する。

6.2 計算結果

煙層温度の計算結果を図 17 に示す。煙層の下端は 1500mm と推定され、最高温度は 439°C と推定された。煙層の高さについて、実験での推定とほぼ一致した。煙層温度について、フラッシュオーバーの条件である 600°C 近辺に達しなかったが、図 15 の区画内温度 1400mm から上の点と比較すると、着火後 14 分までのフラッシュオーバーに至る時刻までは似た挙動を示した。

7. まとめ

バスの座席の燃焼実験を実施し発熱速度等の計測を実施した。

コーンカロリメーター試験の結果から、どの試験体も 5 分間の加熱において総発熱量が 8MJ を上回る数値を示し、建築物の内装材料の難燃性の基準を満たしていないことがわかった。ウレタンとモケット生地は、加熱強度によらずほぼ一定の値をとり、それぞれ約 27MJ/kg、約 18 MJ/kg であった。

自由空間の単体燃焼では、重量減少、発熱速度の時間変化はゆるやかであった。対してルームコーナー内の複数体燃焼では、ピーク時に重量減少、発熱速度共に勾配が急であった。

ルームコーナー内で燃焼させた場合、燃焼対象物の量を考慮しても自由空間に比べ発熱速度が大きくなることを確認した。これは、高温の煙層や壁からの熱放射を受けたためだと考えられる。

ルームコーナー内で燃焼がピークに達する時、800°C を超える高温の環境となる。フラッシュオーバーが起り、燃焼が拡大したことから自動車にもフラッシュオーバーに対する対策が必要だと考えられる。

今後火災に関する性能設計を進展させるために、このような実験の燃焼データを更に充実していく必要がある。

参考文献

- 1)水野智之、山田人司他、「椅子の燃焼性状に関する実験的研究 その1~2」、日本建築学会大会、1998
- 2)水野智之、他、「初期火災時における家具類の燃焼性状に関する実験的研究 その1~2」、日本建築学会論文報告集、1986
- 3)山田常圭、他、「防炎加工繊維製品の実大スケールでの燃焼実験」、日本建築学会大会、1999
- 4)吉田正志、「収納可燃物の燃焼性状」、日本建築学会大会、2000
- 5)東京消防庁、「蔵前国技館火災実験報告」、1984
- 6)「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 別添 27(内装材料の難燃性の技術基準)」、2005
- 7)鉄道火災対策技術委員会、「鉄道火災対策技術委員会報告書」、1975
- 8) 社団法人建築研究振興協会、BRI2002: 二層ゾーン建築内煙流動モデルと予測計算プログラム、(2003)