

密閉室内の燃焼性状に関する研究 (第1報)

The Study on The Fire Behaviour in The Closed Room. (Series. 1)

鳥 井 四 郎*
 千 葉 博**
 武 田 松 男*
 中 島 忠 嗣***
 新 川 光 俊*

We experimented on the relations between burning rate and oxygen concentration and extinction limit to know the fire behaviour in the closed room.

As a result, we got some knowledge described below. Burning rates gradually reduces in proportion to oxygen concentration from normal air, exceedingly reduces at a oxygen concentration of about 16% and at last reaches extinction limit.

Extinction limit lies on a oxygen concentration of about 15~16%.

1. はじめに

東京消防庁管内において年間数件の割合で自然鎮火火災が発生している。

この自然鎮火現象を検討すると、燃焼によって酸素濃度が低下し始め、燃焼限界酸素濃度付近まで低下すると、燃焼継続に必要な熱量を維持できなくなるため鎮火すると考えられる。

しかし、実際にこの現象を把握するには資料が不足しているため難しい状況にある。

このため、密閉室内の燃焼性状について実験的研究を行い、自然鎮火の可能性の有無について判断する際の基礎資料の一部を得たので報告する。

2. 実験目的

密閉空間内における自然鎮火の可能性の有無を判断する際の基礎資料とするため、酸素濃度の低下に伴う燃焼速度の変化及び燃焼限界酸素濃度を知る。

3. 実験装置及び方法

(1) 燃焼速度

実験装置の概略図を図1に示す。

装置は荷重変換器、増幅器及びペンレコーダからなる重量測定部と、ガス混合部と燃焼室

とを併せもつ酸素指数計測用の燃焼性試験器から構成されている。

ガス混合部では酸素及び窒素を所定の酸素濃度(濃度範囲約15~21%)及び流量(11ℓ/min一定)に調節し、円筒燃焼室内に供給した。

荷重変換器、増幅器及びペンレコーダを所定の状態にセットし、試験片下端をガスバーナーにより点火し、それを燃焼室内に入れ、アームに吊り下げ、測定した。

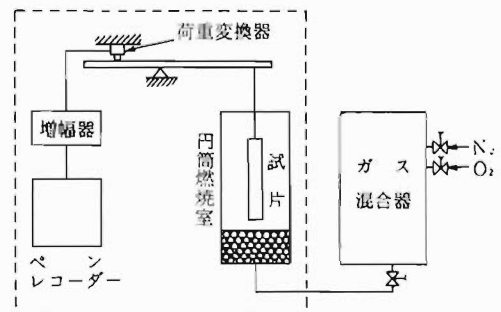


図1 実験装置概略図(1)

(2) 燃焼ガス分析及び燃焼温度変化

実験装置の概略図を図2に示す。

本図は図1の点線により囲まれた部分を変えた。図1と比べ、測定部には温度測定のためマルチロガー及び熱電対、燃焼ガス分析のためガス採取用ポンプ及びサンプリングバッグを用いた。

*第一研究室 **予防部予防課 ***豊島消防署

試験片表面中央に C. A. 熱電対を付け、前実験と同様に下端に点火し、調整済みガスが流入する燃焼室へ入れ、同時にマルチロガーをスキャンさせ、試験片を吊り下げた。

ガスの採取は測定開始後15~25秒の間のガスをポンプによりサンプリングバッグへ入れた。

なお、採取したガスは室温で冷却後、北川式検知管により一酸化炭素及び二酸化炭素につい

て濃度測定した。

(3) 試験片

試験片は表1に示す3種類の形状に整形後、真空中60°C加温、24時間乾燥させ、絶乾状態(木材水分計にて水分測定不能状態)にした杉の辺材を用いた。

表1 試験片の形状

試験片種類	寸法(mm)		
	幅	厚さ	長さ
No. 1	6	3	150
No. 2	12	3	150
No. 3	24	3	150

3. 実験結果及び考察

(1) 重量減少の状況

試験片(寸法12×3×150)を供給酸素濃度20.8%の雰囲気中で燃焼させた場合の重量の時間的变化を図3に示す。

試験片重量は次の3つの状態を経て減少すると考えられる。最初は燃焼が盛んになっていく成長期(約0~16秒間)、次に安定した燃焼状態である定常期(約17秒~33秒間)、最後に火勢が

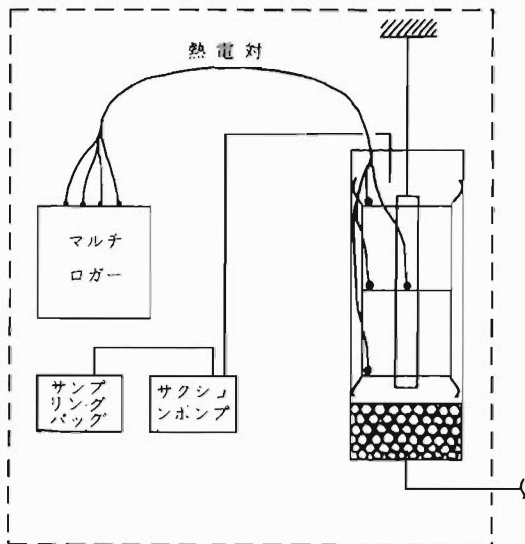


図2 実験装置概略図(2)

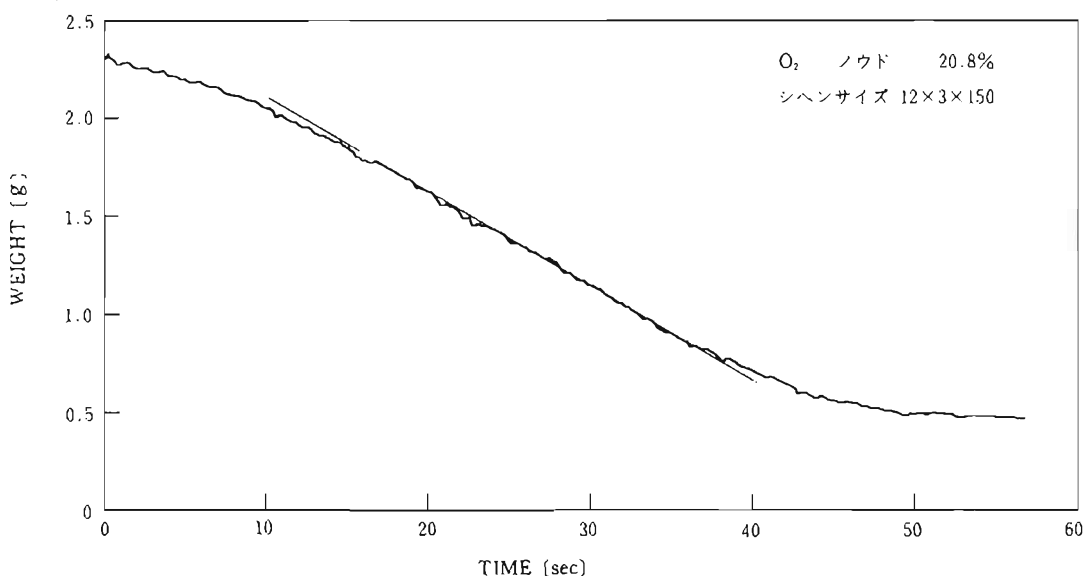


図3 試験片重量の時間的变化

衰え消えるまでの減衰期である。定常期は可燃物が酸素供給量に見合う最も激しい燃焼をする期間であり、成長期は定常期に至るまでの燃焼拡大期間。減衰期は可燃物の量が定常期を維持するには不十分となり、火勢が衰えていく期間である。

なお、この定常期におけるグラフの傾き値を燃焼速度とする。

(2) 燃焼速度と酸素濃度との関係について

燃焼速度と酸素濃度との関係を図4に示す。各種試験片について前述と同様なグラフが得られ、それらをもとにその酸素濃度における燃焼速度をプロットしたものである。

酸素濃度が21%から低い方へ行くに従い、3種の試験片ともに燃焼速度が直線的に減少する傾向にある。

酸素濃度が約16%付近から燃焼速度は急激に降下し、約15%付近で燃焼継続不可能、すなわち燃焼限界となる。

燃焼速度が急激に降下する途中の試験片の燃焼状態は深部の炭化を伴わない表面燃焼や片面燃焼という状態であった。

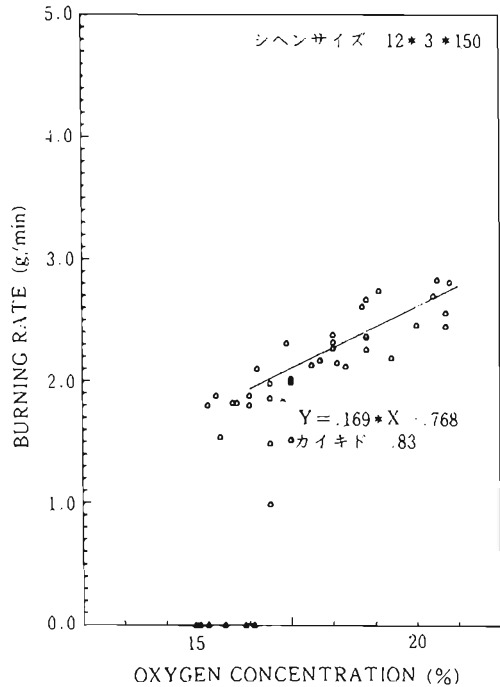


図4-2 燃焼速度

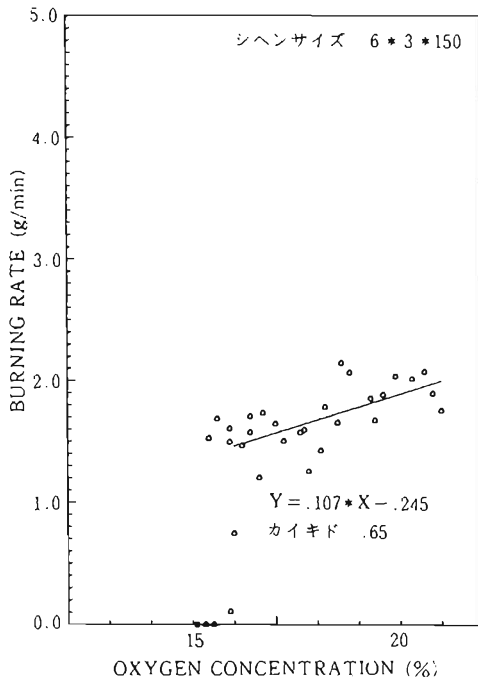


図4-1 燃焼速度

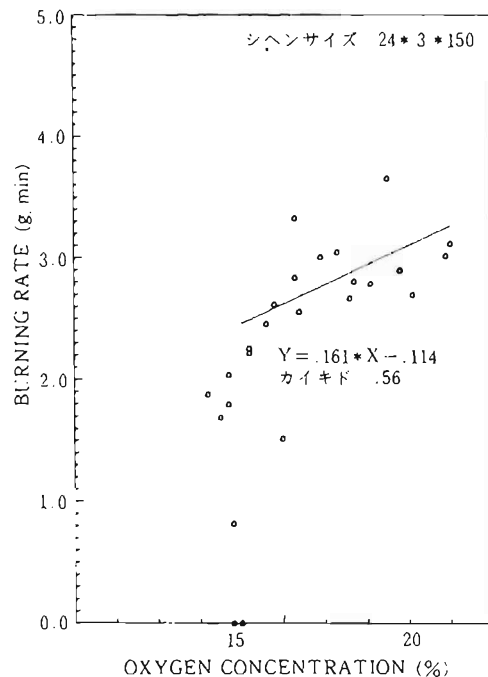


図4-3 燃焼速度

燃焼速度と酸素濃度とが比例関係にあると思われる濃度範囲約16～21%についてそれぞれ直線回帰式を算出したので同じく図4に示す。

燃焼速度と酸素濃度との関係に及ぼす寸法効果について考察してみる。

燃焼速度と酸素濃度とが比例関係にあると思われる濃度範囲では同一酸素濃度においては形状の大きな試験片ほど燃焼速度は大きな値をとっているのに対し、そうでない濃度範囲では寸法効果は現われなかった。

ただし、この範囲では同一酸素濃度において同一燃焼速度の場合は、形状の大きな種類の試験片の方が燃焼率（焼失重量／初期重量）は低い傾向を示した。

碓井氏のアルコールを用いた燃焼実験により得られた説によると、燃焼面積が小となるに従い、燃焼限界酸素濃度も小となる傾向があると

述べられているが、木材試験片を用いた本実験結果では24mm幅の種類と他2種から得られたデータを比較すると、碓井氏の説と同様の傾向を示す。

しかし、他2種のデータどうしを比較してもその傾向はみられなかった。

(3) 燃焼ガス分析について

燃焼速度と酸素濃度が比例関係にある範囲における燃焼ガス中の二酸化炭素と一酸化炭素との濃度比 CO_2/CO と供給酸素濃度との関係を図5に示す。

グラフの線分は直線回帰計算による結果である。

O_2 濃度が低下するに伴い、 CO_2/CO が低下することから、 O_2 濃度が低下すると CO_2 よりも CO の生成する比率が高くなり、不完全燃焼状態となることを示している。

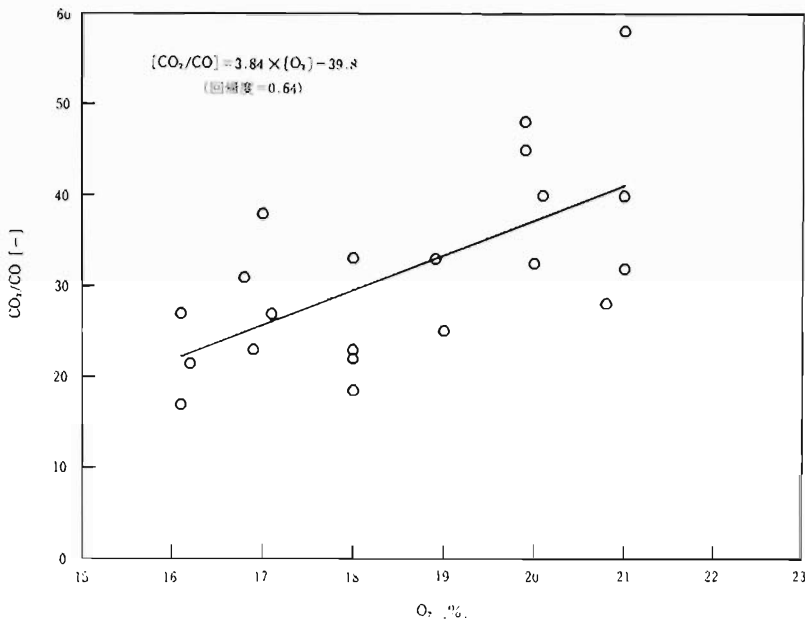


図5 CO_2/CO と O_2 濃度との関係

(4) 燃焼温度変化について

燃焼温度として試料表面温度及び雰囲気温度を測定したので図6に示す。

雰囲気温度に関しては、炎の上昇特性のため、より上方にある熱電対が高い温度を示している。時間の経過とともに温度は上昇し、緩い凹凸や急激な温度上昇またはピーク値を通り、しだいに冷やされていく。

各温度のヒークの現われる順序はより下の熱電対の方が早く現われる傾向がある。

なお、緩い凹凸や急激な温度上昇の原因は可燃ガスの突出、着火によるものと思われる。

試験片表面温度に関しては、ピーク値は各条件とも約600°C強ぐらいであり、雰囲気温度のピーク値よりもさらに遅れる傾向がある。この遅れは、雰囲気温度は炎の輻射及び対流により影

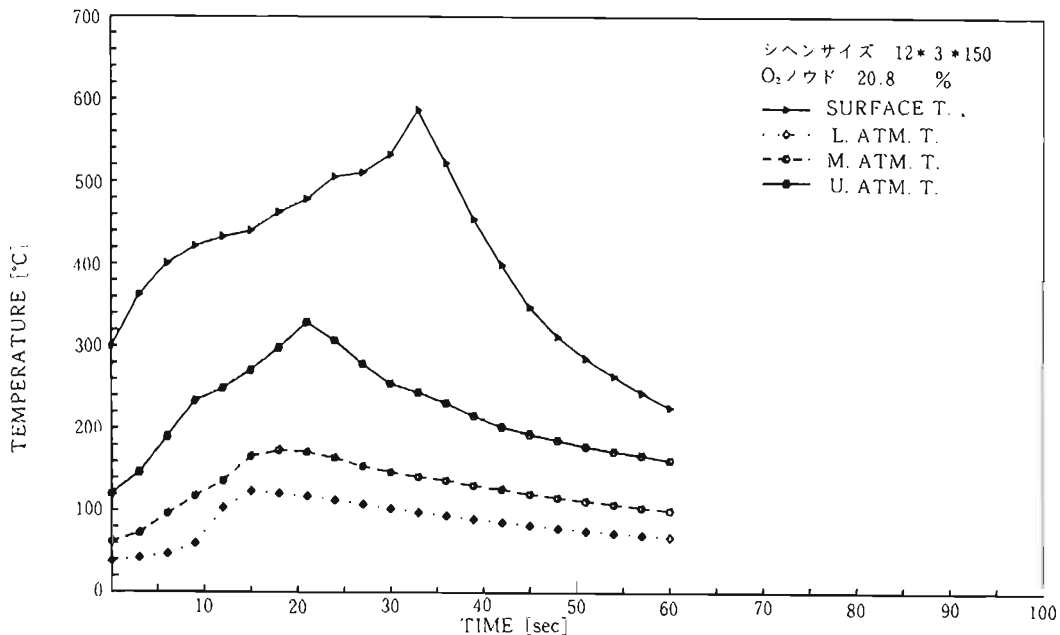


図 6-1 表面温度及び雰囲気温度の時間的变化

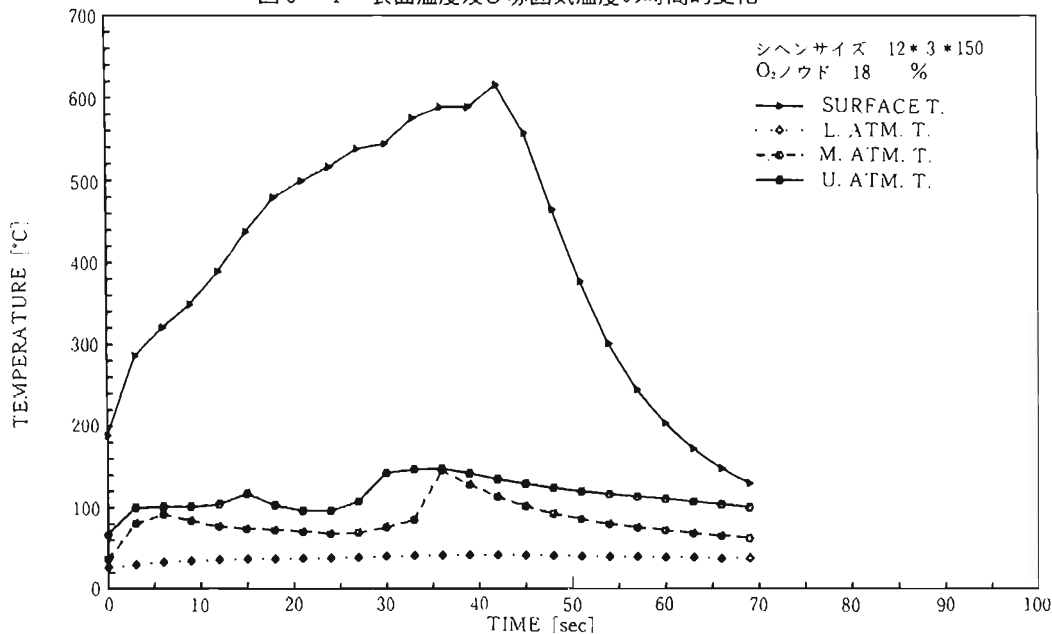


図 6-2 表面温度及び雰囲気温度の時間的变化

響を受け、早目にピークが表われるのに対し、表面温度は炎の基である炭化現象の生ずる燃焼帯が高温を示すことによる。

(2) 酸素濃度が約16%以下の燃焼速度は急激に低下し、燃焼限界に至る。

(3) 本実験の範囲内では燃焼限界酸素濃度は約15~16%に存在する。

4. 結 論

杉の辺材を用いた燃焼実験により次の結論が得られた。

(1) 燃焼速度は酸素濃度が21%から約16%まで低下するのに伴い直線的に減少する。それを直線回帰式により表わした。

5. おわりに

今後の研究としては燃焼に伴う熱収支を踏まえ、密閉小空間内における換気を考慮した燃焼に関する基本的現象の解明に努めたい。