

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11174 号
------	---------------

氏 名 田中 健

論 文 題 目

モダクリル繊維およびセルロース系繊維からなる布帛の難燃化に関する研究

(A Study of flame retardancy in fabric consisting of cellulosic fiber and modacrylic fiber)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	平澤 政廣
委員	名古屋大学	教授	入山 恭寿
委員	名古屋大学	教授	市野 良一
委員	名古屋大学	教授	北 英紀
委員	名古屋大学	講師	棚橋 満

論文審査の結果の要旨

田中健君提出の論文「モダクリル繊維およびセルロース系繊維からなる布帛の難燃化に関する研究」は、モダクリル繊維とセルロース系繊維からなる布帛の難燃化に関して、有害性の懸念のある酸化アンチモン添加に代わる微粒子化酸化モリブデンによる難燃化技術を見出し、その機構を明らかにして、新規の布帛難燃化技術開発の方針を提示したものである。本論文は序論、第1～3章、総括からなり、概要は以下の通りである。

序論では、高分子材料の燃焼過程とその制御、難燃規格と難燃化技術の国内外の現状、繊維製品の難燃規格と難燃化技術についての一般論と、Sb₂O₃を用いるモダクリル繊維製品の難燃化技術と難燃剤の環境負荷への懸念などに由来する問題点に関する既往の研究を概観し、本論文で展開する研究の背景と目的を述べている。

第1章では、モダクリル繊維の熱分解で生成するHClと反応して三塩化アンチモンの沸点に近い温度で塩化物ガスを発生する金属化合物はSb₂O₃の代替物質になる可能性があるとの仮説の下、数種の金属化合物を選定して、実験によりモダクリル繊維とセルロース系繊維からなる布帛を難燃化する物質を選定した。候補とした金属化合物の内、MoO₃のみが0.14 μm以下まで微粒子化することでSb₂O₃に匹敵する難燃性能を示すことを明らかにした。一方、微粒子化MoO₃含有モダクリル繊維の難燃機構は、Sb₂O₃含有繊維のそれとは異なる可能性が高いことが示唆された。従来、モダクリル繊維と易燃性の木綿からなる布帛の難燃性能への難燃剤粒子サイズの影響に関する研究事例は無く、MoO₃の微粒子化による難燃性能の向上は本研究において初めて見出された。

第2章では、MoO₃含有ポリマーにおける難燃機構を解明するため、微粒子化MoO₃含有モダクリル繊維および布帛の熱分解挙動解析、布帛の燃焼挙動解析、MoO₃の反応機構解析をおこない以下の結論を得た。布帛中の木綿の熱分解よりも低温域でMoO₃の一部がモダクリルポリマーの酸化分解を促進し布帛の着火を早める。同時に、MoO₃の部分的還元反応が進行してMoO_{3-x}が生成し、還元カップリング反応によるポリマーの架橋、炭化を促進する。熱分解生成物のHClとの反応により生成するMoの塩化物はルイス酸触媒としてモダクリルポリマーの架橋、炭化を促進する。生成した炭化層は、木綿の分解とそれに伴う可燃性成分の発生を抑制し、燃焼時の発熱速度を抑えて高い難燃性能を発現する。MoO₃の微粒子化によりポリマーとMoO₃の接触界面積が増え、MoO₃の関与する反応速度は増大する。以上の難燃機構の解明は、モダクリル繊維と木綿繊維からなる複合材料の難燃化手法に関する、既往の研究にはない新たな知見を示したものであり、新規難燃化繊維の開発に有用である。

第3章では、微粒子化MoO₃の難燃機構を参考に、第1章で検証したSb₂O₃代替材料の探索に関して、既往の研究とは異なる熱化学的アプローチをおこなった。その結果、熱化学計算により、ポリマーの熱分解プロセスにおける含有金属酸化物の状態を予測することが可能であり、この手法が、難燃剤の候補物質のスクリーニングや難燃性を向上させるポリマーを設計する際に有用なツールとなり得ることを明らかにした。また、本研究ですぐれた難燃性能を見出した微粒子化MoO₃の効果を実用化するための技術的検討を実施し、湿式ビーズミルにより微粒化したMoO₃を空気中で焼成することで、難燃性能を維持しつつ、意匠性が要求される繊維製品分野において適用範囲の限定要因となっていた着色に対して、商業上問題の無いレベルまで抑えられることを見出した。以上の結果は、本研究の成果を難燃性布帛の工業生産に応用することを可能にする重要な知見である。

総括では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文ではモダクリル繊維およびセルロース系繊維からなる布帛の難燃化に関して、広く用いられているSb₂O₃の代替物質として、新規に微粒子化したMoO₃の有効性を見出し、その難燃性発揮機構を明らかにするとともに、本研究の知見をもとに、新規布帛の難燃化技術開発の方向性を提示している。得られた結果は、環境負荷が小さい新規難燃性布帛の生産への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である田中健君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。