

研究論文

繊維の形状が及ぼす限界酸素指数(LOI)の検討

平石直子*¹、行木啓記*²

Study on Limiting Oxygen Index Exerted by Shape of Fiber Specimen

Naoko HIRAISHI*¹ and Hirofumi NAMEKI*²Mikawa Textile Research Center*^{1*2}

各種試料形状で JIS L 1091 の LOI 法の燃焼試験¹⁾を行い、試料形状によって値に差が見られることを確認した。また、試料を特別な調製せずに試験を行うために、灰皿を用いた治具と筒型治具を作製し、LOI 法を応用した燃焼試験を行った。その結果、灰皿治具を用いた熱溶融しない毛、綿織物の燃焼試験は、LOI 法で測定した酸素指数近辺で燃焼状態が変化することを確認した。しかし、熱溶融する難燃フィラメントの燃焼試験は、広い酸素濃度で同様の燃焼挙動を示し LOI の特定は困難であった。また、筒型治具による原綿の燃焼結果は、LOI 法の値よりも高い値となった。

1. はじめに

当センターで行う燃焼性に関する依頼試験は、各種繊維・不織布・高分子材料の板材等の限界酸素指数法(以下、LOI 法)及び 45°コイル法、水平法等がある。しかし、これら燃焼性試験の評価値は、試料形状によって値が異なるだけでなく、試験すらできない試料形状もある。特に JIS L 1091 の LOI 法の試験では、**図 1** に示す自立できる試料用(E-1 号)とシート状で U 字形保持具に固定する(E-2 号、E-3 号(E-2 号にガラス繊維を縫い付けたもの))に限定される。このため、上記以外の形状の試料は、そのままでは試験できない。しかし、依頼者より新商品開発や原材料の比較検討のために粒状や綿状等のそのままでは自立できない試料の燃焼性を試験したいとの要望も多く、地場繊維産地の新製品開発のため、LOI 法

による適切な燃焼性の評価方法を検討した。なお、併せて熱溶融繊維に多用される 45°コイル法についても検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

難燃ポリエステルマルチフィラメント 1 点、難燃ポリエチレンモノフィラメント 1 点、難燃ポリエステル原綿 2 点、ポリエステルマルチフィラメント 1 点、JIS 添付白布(毛、綿、ポリエステル)各 1 点の合計 8 点の試料を用いた。

2.2 LOI 法による燃焼性試験

収集した試料 8 点について、JIS L 1091 E 法に準じて評価を行った。



E-1 号



E-2 号

図 1 試験片の支持方法

*1 三河繊維技術センター 製品開発室 *2 三河繊維技術センター 製品開発室 (現産業資材開発室)

自立しないフィラメント 3 点は、総に取り、10cm で 1g になる様に糸束状に加工して E-1 号により試験した(図 2 の a)。また、丸編機でニット生地に加工したものを E-2 号により試験した(図 2 の b)。

原綿 2 点は、不織布に加工して、E-1 号、E-2 号により試験した(図 2 の c、d)。

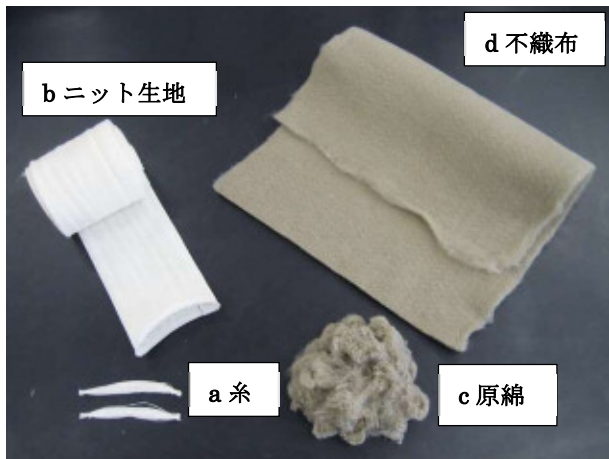


図 2 試料の加工方法

2.3 灰皿を用いた試験治具による LOI 試験

消防法施行令記載法²⁾にカップ状の試料セルを用いた試験方法があり、この試験治具の形状を参考に支持台と灰皿(直径 50mm 高さ 13mm、材質:二酸化ケイ素、酸化アルミニウム)を用いた試験治具を作製し、試験を行った。マルチフィラメント、モノフィラメント、JIS 添付白布(毛、綿)について、試料 0.5g を針金と灰皿の治具上に置き、試料上部に着炎させた後、燃烧の継続する時間を測定した(図 3)。



図 3 灰皿を用いた試験治具

2.4 筒型治具を用いた LOI 試験

難燃原綿 0.5g を高さ 10cm になるように試作筒型治具(内径 13mm、高さ 90mm、側面の開口部 3×12mm の楕円、材質:チタン酸アルミニウム)に詰め、試料上部に着炎させた後、試験片の燃烧時間が 3 分以上継続して

燃烧するか、又は着火後の燃烧長さが 50mm 以上燃え続けるのに必要な最低の酸素流量とその時の窒素流量を決定した(図 4)。



図 4 試作筒型治具

2.5 45°コイル法による燃烧性試験

収集した試料 8 点について、JIS L 1091 D 法による燃烧性評価(接炎回数)を行った。フィラメント 3 点は、LOI 法と同様に糸束状の試料を作製した。原綿も同様に、1g を 10cm の長さになるように直接コイルに詰めて試料を調製した(図 5)。



図 5 試験片の支持方法(45°コイル法)

3. 実験結果及び考察

3.1 LOI 法による燃烧性評価

8 点の試料について LOI の結果を表 1 に示す。

LOI は 26 以上で難燃性ありとされている³⁾。①~④の難燃素材の LOI は、④の E-1 号の値を除いて全て 26 以上となった。

表 1 LOI 法の結果

	E-1 号	E-2 号
①難燃ポリエステルマルチフィラメント	32.8	33.8
②難燃ポリエチレンモノフィラメント	29.4	28.9
③難燃原綿 A	27.2	30.3
④難燃原綿 B	25.0	26.3
⑤ポリエステルマルチフィラメント	23.4	25.0
⑥毛添付白布	27.1	22.9
⑦綿添付白布	18.9	18.0
⑧ポリエステル添付白布	24.6	34.1

※ LOI が 26 以上で難燃性あり

また、溶融する素材(①~⑤、⑧)に注目すると、E-1 号の値は、E-2 号よりも低い傾向にある。これは試料に着炎する際に E-1 号の上端 1 点に着炎させるよりも E-2 号の上端全面に安定して着炎させる方が困難であったためと考えられた。

なお、⑥毛添付白布は、試料の支持方法によって LOI の値が大きく異なった。これは E-1 号の試料では棒状に巻かれた試料が重なり、空気に触れる面積が小さくなったため、その結果として燃焼しにくくなり値が大きくなったと考えられる⁴⁾。それに対して試料を広げて設置する U 字形保持具を用いた試験は空気に触れる面積が大きくなるため、値が小さくなったと考えられた。また、E-2 号における③ポリエステル添付白布の結果が大きくなった要因は、毛や綿の添付白布と比較して目付け、厚さが小さく、着炎した時の炎が非常に小さく不安定で直ぐに消えたためと考えられた。

3.2 灰皿を用いた試験治具による燃焼性評価

試料の加工が必要な試料のうちフィラメント 2 点(①、②)と添付白布 2 点(⑥、⑦)の計 4 点の試料について、灰皿を用いた試験治具による燃焼性評価結果を表 2 に示す。綿と毛の添付白布は、目視での燃焼状態の判断ではあるものの、それぞれ E-2 号、E-1 号で試験して得られた酸素濃度値の付近で試料が半分以上燃え、LOI 法での測定値付近での燃焼状態の変化を確認できた。

難燃フィラメントは、広い酸素濃度範囲で糸自体では燃焼が続かないものの、溶融した部分には着炎する現象が見られ、燃焼状態に差が見られず限界酸素指数の特定は困難であった。

3.3 筒型治具を用いた LOI 試験

筒型治具を用いた LOI 試験は、自立できない原綿などの試料でも燃焼長さで酸素指数の評価を行うことが可能となった。難燃原綿 2 点について、筒型治具を用いた限界酸素指数の測定結果を表 3 に示す。どちらも E-1 号、E-2 号で試験した場合(表 2 参照)よりも値が高くなった。この理由は、治具により試料周辺の通気性が悪くなったためと考えられる。

3.4 45°コイル法による燃焼性試験結果

45°コイル法による燃焼性試験結果を表 4 に示す。消防法施行令では、炎を接した場合に溶融する性状の物品の防災性能の基準は、接炎回数 3 回以上と規定されている⁵⁾。難燃加工された試料と毛添付白布の最小接炎回数は、いずれも 3 回以上となり難燃性ありの結果となった。また、表 1 の LOI 法の結果と表 4 の 45°コイル法の最少接炎回数の関連を図 6 に示す。これらの相関係数は 0.698 であり、2 つの試験結果には相関が見られた。

表 2 灰皿を用いた燃焼性評価

難燃ポリエステル マルチフィラメント		難燃ポリエチレン モノフィラメント		綿 添付白布		毛 添付白布	
酸素指数	着炎時の 燃焼時間(s)	酸素指数	着炎時の 燃焼時間(s)	酸素指数	着炎時の 燃焼時間(s)	酸素指数	着炎時の 燃焼時間(s)
36.8	4.8	32.9	6.4	19.3	72.8 全焼	28.9	31.7 約半分燃える
36.4	—	32.6	—	18.9	123.9 "	28.1	27.9 "
36.0	—	32.0	8.0	18.4	17.7	27.6	25.9 "
35.5	—	31.6	—	18.0	55.0 E-2号	27.2	40.4 "
35.1	4.3	31.1	12.4	17.5	119.1	26.8	22.1
34.6	—	30.7	—	17.1	10.1	26.3	16.0
34.2	1.9	30.3	2.1	16.7	8.8	25.9	13.8
E-2号 33.8	—	29.8	—	16.2	4.5	25.4	—
33.3	8.6	29.4	4.3	15.8	×	25.0	13.8
E-1号 32.8	—	28.9	—			24.6	—
32.5	9.5	28.5	1.4			24.1	12.4
32.0	—	28.1	—			23.7	8.2
31.6	11.3	27.6	5.6			23.2	4.8
31.1	—	27.2	—			E-2号 22.8	3.0
30.7	1.9	26.8	2.2				
30.3	—	26.3	—				
29.8	1.8	25.9	1.1				

※網掛け部分はそれぞれ E-1 号、E-2 号で試験した時の限界酸素指数を示す。

表 3 筒型治具を用いた LOI 試験結果

	筒型治具の LOI
③難燃原綿 A	37.6
④難燃原綿 B	33.3

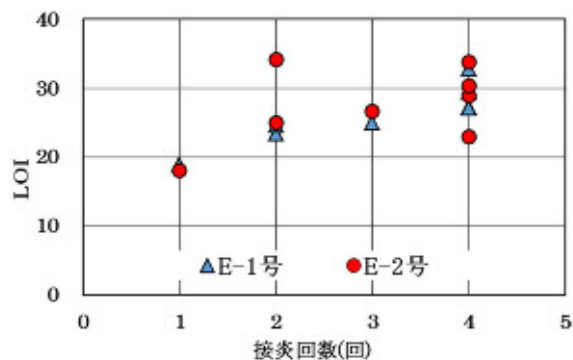


図 6 LOI 法と 45°コイル法との関係

表 4 45°コイル法による燃焼性試験結果

	接炎回数(回)					
	測定 1	測定 2	測定 3	測定 4	測定 5	最小回数
難燃ポリエステルマルチフィラメント	4	4	4	4	4	4
難燃ポリエチレンモノフィラメント	4	4	4	4	4	4
難燃原綿 A	4	4	4	4	4	4
難燃原綿 B	4	3	5	3	4	3
ポリエステルマルチフィラメント	2	2	3	2	2	2
毛添付白布	4	4	4	4	4	4
綿添付白布	4	5	3	2	1	1
ポリエステル添付白布	2	3	3	3	2	2

4. 結び

LOI は、試験片の保持治具や保持方法が異なる事により、試料形状が変化してその値が異なる。試験片が空気に触れる面積や試料周辺の通気性が、その要因と思われる。よって、各試料間を比較する場合には、同一の試料形状・試験片保持治具で相対比較することが望ましい。

また、灰皿を用いた治具では、綿、毛等の溶融しない試料については、LOI 法で測定した酸素指数の付近で燃焼状態が変化することを確認したが、熱溶融する材料については、糸では燃焼が続かないが、試料の溶融した部分には着炎する現象が見られ、広い酸素濃度範囲で同様の現象が起こり、酸素指数の特定は困難であった。

筒型治具を用いた LOI 評価は、E-1 号、E-2 号で測定した LOI と比較して高く出る傾向が見られ、試料周囲の

通気性等を上げる等の改良が必要であること推測された。

なお、同一の試料を LOI 法と 45°コイル法で評価したところ試験結果に相関が見られた。

文献

- 1) JIS L 1091 繊維製品の燃焼性試験方法(日本工業規格)
- 2) 消防法施行令記載法(粉粒状、低融点の樹脂の酸素指数)
- 3) 消防法 指定可燃物運用基準
- 4) 美谷千鶴，増子富美：日本女子大学紀要 家政学部，**59**, 143 (2012)
- 5) 消防法施行令 第四条の三第四項の五