

# 尿素による生糸の強伸度変化について

Regarding changes in strength and elongation of raw silk due to urea

材料技術部 繊維・高分子科 石井瑞樹、伊藤哲司

昨今のSDGsの高まりにより、釣り糸にも環境を考慮し生分解性が望まれている。そこで生分解性素材である生糸を釣り糸用の素材として活用するため、絹繊維に対し膨潤効果の大きい尿素加工<sup>1)</sup>により、糸の強伸度にどのような影響があるかを調べた結果、加熱環境下では尿素加工により伸びが大きくなることが分かった。また尿素加工した糸を延伸加工することで、強度の低下がなく伸びを抑えることができた。

Key words: 生糸、絹繊維、尿素加工

## 1. 緒言

応募企業の主力製品である釣り糸は、昨今のSDGsへの意識の高まりにより生分解性等の環境を考慮した製品設計が望まれている。しかし釣り糸に使用されている素材のほとんどはポリエチレンやナイロン等で生分解性のない合成繊維が使用される。

一方で、応募企業では釣り糸の他に絹糸を原料とした医療用糸の製造販売を行っている。絹糸は生分解性があり廃棄しても環境負荷が非常に少ないため、釣り糸の原料に使用し開発を試みたが、釣り糸に使用するには伸びが大きく問題が残った。また、伸びが少ない精練加工前の絹糸である生糸を原料として釣り糸も試作したが、それでも釣り糸としては伸びが大きく提案できなかった。

そこで絹繊維に対し膨潤効果の大きい尿素加工により、糸の強伸度にどのような影響があるかを調べ、釣り糸の原料として使用できるか検証するとともに、廃棄しても環境への負荷が小さい釣り糸の開発に繋げることにした。

## 2. 実験

### 2. 1. 実験手順

実験は、①試料作製、②尿素加工、③物性評価を行った。また、尿素加工した試料に伸びを抑えるために延伸加工を行い、釣り糸としての物性を評価した。

### 2. 2. 試料

試料は、生糸 21 中×2 本を 8 本組合せて組紐加工し作製した。また、それぞれの加工後の織度を重量法により測定した。

### 2. 3. 尿素加工

尿素は富士フィルム和光純薬(株)の特級を用いた。尿素加工は、試料を 40[°C]で 10 分間純水を用いて洗浄後、非イオン界面活性剤 0.2[%]、浴比 1 : 50、温度 80[°C]で 30 分間行った。尿素処理の加工条件は、表 1

のとおり。

表 1 尿素加工処理条件

試料番号	濃度 [%]	温度 [°C]	時間 [分]	浴比	熱処理条件	後処理
A-1	0	80	60	1:50	なし	水洗、 風乾
A-2	10					
A-3	20					
A-4	30					
B-1	0	室温	60	1:50	130°C 5分	
B-2	10					
B-3	20					
B-4	30					

## 2. 4. 物性試験

### 2. 4. 1. 熱分析試験

延伸加工では、糸を加熱し延伸処理する。その時の糸の挙動を把握するため、熱機械分析装置 (TMA、TA インストルメント製 TMA450) を使用し、荷重 1[N]、昇温速度 5[°C/min]、測定温度範囲 ~200[°C]、窒素雰囲気下で引張り測定を行った。

### 2. 4. 2. 強伸度試験

試料の強伸度測定を、精密万能試験機((株)島津製作所製 AGX-20 kNV)を使用し JIS L1013 8.5 に準拠し試料長 200[mm]、引張速度 200[mm/min]、試験温度は室温 (23[°C]) と延伸加工時の温度 (130[°C]) で測定した。

## 2. 5. 延伸加工

物性試験等の結果から尿素加工の条件を設定し、延伸加工するとともに、加工後の試料の強伸度を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 熱分析 (TMA) 試験

温度と伸びの結果を表2に示す。A条件に比べB条件の方が、尿素濃度が高く試験温度が高い方が、伸びが大きくなることが分かった。原糸に比べ尿素濃度が0[%]の伸びが大きい理由は、試料を水溶液に浸漬することで緊張がほぐれ隙間が生じたためと考えられる。

表2 TMA試験結果 伸び[μm]

試料番号	温度[°C]			
	100	130	160	190
原糸	45.43	57.77	75.50	110.29
A-1	68.05	88.21	116.48	169.46
A-2	86.94	108.24	138.69	195.59
A-3	76.63	96.61	128.19	190.59
A-4	71.54	95.08	141.27	238.18
B-1	72.44	90.86	117.87	170.07
B-2	99.09	142.15	252.69	370.30
B-3	94.23	155.91	302.68	397.56
B-4	111.97	163.37	295.58	411.79

### 3. 2. 強伸度試験

試験温度が室温での強伸度試験結果を表3、130[°C]での結果を表4に示す。繊維度は、尿素加工を行うことで大きくなっていった。室温では、尿素加工による大きな変化は見られないが、加工時の加熱温度の違いによりB条件の方がA条件に比べ若干伸びが大きくなっている。

試験温度が130[°C]では、室温に比べ強度、伸びとも低下している。また尿素濃度の高い方が伸びは大きくなり、特にB条件でその傾向が強い。

### 3. 3. 延伸加工

延伸加工後の強伸度試験結果を表5に示す。尿素溶液濃度10[%]で加工したものに、過去に絹糸の延伸加工で使用した温度(130[°C])、延伸倍率は糸が切断することなく延伸できた倍率で行った。(A-1、A-2は1.6倍、B-2は1.4倍)

強伸度試験の結果は、A-2が原糸の強度と変わらず、伸びが減少することが分かった。A-1、B-2とも伸びは減少するが強度は低下した。

A-1はタンパク質を改質させる効果のある尿素が無いことで強度が低下したと考えられる。B-2は試料作製時の熱処理温度(130[°C])が絹糸の主成分であるタンパク質に影響し、強度が低下したと考えられる。

表3 室温での強伸度試験結果

試料番号	繊維度 [dtex]	強度		伸び [%]	対原糸比[%]		
		[N]	[cN/dtex]		繊維度	強度 [dtex 当り]	伸び
原糸	378	12.67	3.35	28.36	—	—	—
A-1	400	12.76	3.19	27.68	5.8	1.6	-2.4
A-2	412	12.97	3.15	28.54	9.0	1.9	0.6
A-3	396	12.41	3.13	30.64	4.8	-2.2	8.0
A-4	411	12.52	3.05	30.55	8.7	-1.1	7.7
B-1	400	12.57	3.14	33.75	5.8	-0.8	19.0
B-2	407	12.37	3.04	31.31	7.7	-2.5	10.4
B-3	418	12.42	2.97	32.65	10.6	-1.9	15.1
B-4	418	12.34	2.95	31.67	10.6	-2.5	11.7

表4 130[°C]での強伸度試験結果

試料番号	繊維度 [dtex]	強度		伸び [%]	対原糸比[%]		
		[N]	[cN/dtex]		繊維度	強度 [dtex 当り]	伸び
原糸	378	9.43	2.49	16.25	—	—	—
A-1	400	8.97	2.24	21.46	5.8	-10.1	32.1
A-2	412	9.03	2.19	21.05	9.0	-12.1	29.6
A-3	396	8.92	2.25	22.54	4.8	-9.7	38.7
A-4	411	8.87	2.16	24.11	8.7	-13.5	48.4
B-1	400	9.05	2.26	20.92	5.8	-9.3	28.8
B-2	407	8.97	2.20	25.63	7.7	-11.7	57.8
B-3	418	9.00	2.15	29.13	10.6	-13.7	79.3
B-4	418	8.96	2.14	29.00	10.6	-14.1	78.5

表5 延伸加工後の強伸度試験

試料番号	延伸倍率	繊維度 [dtex]		強度		伸び [%]	対原糸[%]	
		加工前	加工後	[N]	[cN/dtex]		強度	伸び
原糸	0	378		12.67	3.35	28.36	—	—
A-1	1.6	400	345	10.73	3.11	8.21	0.93	0.29
A-2	1.6	412	346	12.03	3.48	12.25	1.04	0.43
B-2	1.4	407	376	11.10	2.95	11.79	0.88	0.42

## 4. まとめ

尿素加工及び延伸加工により絹糸の強度が低下することなく伸度を抑えることができ、釣り糸として使用

できる可能性があることが分かった。今後は延伸加工時の倍率や加熱温度と強伸度の関係性や、釣り糸としての耐久性、耐水性等の評価を行い、廃棄しても環境負荷が少ない釣り糸の開発に繋げていく。

#### 参考文献

1) 武田浩司, 小林研吾, 朝倉守, 山浦未来, 渡辺亜希子, 新規プリーツ加工法を用いた絹織物製品開発. 東京都立産業技術研究センター研究報告(2011)