

トイレットペーパーの原料の特性と製品の柔らかさの関心の検討

製紙スタッフ 齊藤将人* 深沢博之* 河部千香* 堤 真一*

Study of the Relationship between Characteristics of Raw Materials and Softness of Products for Toilet Paper

Masato Saito, Hiroyuki Fukasawa, Chika Kawabe and Shinichi Tsutsumi

We investigated relations of the characteristic of raw materials and the softness of products about toilet paper by estimation of the properties for papers made from re-disintegration of products.

As a result, it was a conclusion that it seemed the characteristic of raw materials for toilet paper affect on the softness of products, but also be affected post-process such as machining crepe.

1. はじめに

平成21年に国内の古紙回収率は79.7%に達し、古紙利用率は63.0%となるなど古紙の利用はますます活発になっている¹⁾。また、世界各国の紙・板紙生産量が低迷する中、中国は紙・板紙生産も急成長を続け、生産量世界一になるなど、製紙業界は国内の景気の動向だけでなく、近隣諸国の影響も大きく受け、厳しい時代を迎えている。

このような背景のもと、古紙利用率向上による大企業の古紙利用量の増加や中国への古紙輸出量の増加などが原因で、国内中小製紙会社では求める品質の古紙の入手が困難になってきている。そのため、家庭紙製造企業では良質な品質の維持が難しくなっており、製紙原料として良質とは言えない低品質古紙も利用せざるを得なく、紙の強度や製品歩留まりの低下、柔らかさや風合いが出にくくなるなどの問題が発生している。しかし、古紙100%というリサイクルを重視した製品であっても消費者からは高い品質が求められているのが現状である。

トイレットペーパーは肌に直接触れるため、製品の柔らかさが使用感に大きく影響する。われわれは家庭紙の品質の中でも重要な項目の一つである柔らかさという性質に着目し、検討を行うこととした。しかし、柔らかさは統一された評価法がなく、各企業が独自に官能評価手法を行っているなど、簡便に評価できなかつた。

そこで、19年度から検討をはじめ、その結果、トイレットペーパーの手触りのような表面感の柔らか

さについては、19年度に「摩擦感テスター(自動化表面試験機)」を用いた評価法を提案した²⁾。また、消費者によるトイレットペーパーの柔らかさ判断基準は手触りのような表面感だけでなく、握った感触も重視していると考えられるため、20年度にはこれについても検討し、「ハンディー圧縮試験機」を用いた評価法を提案した³⁾。

これらの検討結果から、クレープなどの加工による柔らかさへの影響が見受けられた。本来は同じ原料で抄紙したクレープ加工前の原紙に対して様々な条件でクレープを掛けた紙について評価すべきだが、そういった紙の入手は困難である。そこで、トイレットペーパー製品を離解して抄き直し、クレープやエンボスなどの影響を排除したほぼ同条件の手抄き紙を得、手抄き紙と製品の柔らかさを比較することによって、クレープの柔らかさへの影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

試料は、古紙再生パルプ100%使用のトイレットペーパー(以下、古紙パルプ品と表記)15種と、バージンパルプ100%のトイレットペーパー(以下、バージンパルプ品と表記)5種と、古紙再生パルプとバージンパルプの混合製品(以下、ブレンド品と表記)2種を試料として用いた。

表1に、試料の概要を示す。今後、表および図中では、古紙パルプ品をR、ブレンド品をM、バージンパルプ品をVで表し、シングル製品をS、ダブル

*) 現 製紙科

表1 トイレットペーパー試料の概要

		試料	長さ	幅
古紙 パルプ品	シングル	R-S1	60	114
		R-S2	60	114
		R-S3	55	114
		R-S4	130	114
	ダブル	R-D1	30	113
		R-D2	30	114
		R-D3	30	114
		R-D4	30	114
		R-D5	30	114
		R-D6	30	114
		R-D7	30	114
		R-D8	30	114
		R-D9	45	114
3枚重ね	R-T1	30	114	
	4枚重ね	R-Q1	25	113
フレンド品	シングル	M-S5	55	114
	ダブル	M-D10	27.5	115
バーজন パルプ品	シングル	V-S6	60	112
	ダブル	V-D11	30	114
		V-D12	35	115
		V-D13	27.5	113
		V-D14	30	112

※試料名のRは古紙パルプ品、Mはフレンド品、Vはバーজনパルプ品、Sはシングル製品、Dはダブル製品、Tは3枚重ね製品、Qは4枚重ね製品、数字は通番を示す

製品をD、3枚重ね製品をT、4枚重ね製品をQと表す。この表記に従うと、古紙パルプ品のシングル製品の1つ目の試料はR-S1となる。

2. 2 手抄き試験

各試料を絶乾でパルプが50gとなるように採取し、水2Lとともに、2L標準パルパーで10分間離解した。離解された試料を10Lに希釈し、150メッシュの金網を用い、角型シートマシンで坪量18g/m²を目標に手抄き紙を作製した。乾燥は回転ドライヤーで行い、ワイヤー面をドライヤーに当て、105℃で2分間乾燥した。

2. 3 官能評価

20～40歳代の男女5名を被験者とした。温度23℃、湿度50%の恒温恒湿室にて、被験者に手抄き紙の手触りや握った感触を評価させた。

各試料を5（とても柔らかい）・4（柔らかい）・3（普通）・2（あまり柔らかくない）・1（柔らかくない）の5段階で順位分けによる評価を行った。その後、点数付けして、平均値を算出した。これを官能評価指標と呼ぶこととした（以下、官能指標2010と表記し、H21年度研究報告書における折りたたみ握感指標³⁾を官能指標2009、H20年度研究報告書における官能評価指標²⁾を官能指標2008と表記）。なお、どの指標においても数値が大きいほど、柔らかく感じやすいということを示している。

2. 4 紙質試験

坪量はJIS P8124により、熊谷理機工業(株)製上皿電子天秤を用いて測定した。破裂強さはJIS P4501に準じ、手抄き紙10枚の破裂強さを熊谷理機工業(株)製ミューレン低圧形破裂試験機にて測定した。坪量で除した値を比破裂強さとして算出した。灰分はJIS P8251により、アドバンテック東洋(株)製電気炉KM-600を用いて525℃燃焼法で測定した。製品の平均繊維長と微細繊維の割合はOpTest社製Hires Fiber Quality Analyzerにて、離解した試料の長さ加重平均繊維長と0.20mm以下の微細繊維の割合を測定した。

2. 5 柔らかさ評価

(1) ハンドルオメーターによる評価

手抄き紙について、JAPAN TAPPI 紙パルプ試験方法No.34の方法で柔らかさの測定を行った。坪量が異なる試料の柔らかさの絶対比較を行うには、坪量による補正が必要である⁴⁾。表裏の平均値を坪量で除した値を相対的柔らかさとして算出した。

(2) 摩擦感テスターによる評価

カトーテック(株)製自動化表面試験機KES-FB4-AUTO-A型（以下、摩擦感テスターと表記）を用いて手抄き紙の表面特性の評価を行った。20cmの長さに裁断した試料をセットし、50gの荷重で、センサーの移動速度を1mm/sとして、平均表面摩擦係数(MIU)、表面摩擦係数の平均偏差(MMD)、表面粗さの平均偏差(SMD)を測定した。

2. 6 クレープ率の測定

トイレットペーパー製品のクレープ率は、幅15mm長さ10cmに裁断した試料を15cm金属製定規とともに水深3cmまで水の張ったバットの中に沈め、試料が完全に伸びきったところで、その長さを読み取り、最初の試料長で割ることで、クレープ率を算出した（水中伸度法によるクレープ率と表記）。

3. 結果と考察

3. 1 得られた手抄き紙と製品の紙質

得られた手抄き紙の紙質試験結果を表2に、製品

【報告】

の紙質試験結果を表3に示す。

手抄き紙の坪量は18±1g/m²だった。比破裂強さは古紙パルプ品では平均14kPa・m²/g、バージンパルプ品では平均10kPa・m²/gであり、古紙パルプ品の方が強い傾向にあった。製品でも古紙パルプ品の方が破裂強さが大きかったが、原料面からも同様であった。これは、古紙を原料として用いていることから、フィブリル化が進んでいる繊維を原料としている影響だと考えられる。これについては3.5で改めて考察する。

ハンドルオメーターによる手抄き紙の相対的柔らかさは、6.3~7.4mN・m²/g・100mmと大きなばらつきがなかった。古紙パルプ品で平均6.7mN・m²/g・100mm、バージンパルプ品で平均6.6mN・m²/g・100

mmであった。このことは、同条件で抄き直した場合には、原料の繊維長や持ち込み灰分に拠らず、ハンドルオメーターのような、摩擦力と押し込み時の抵抗力の複合された力ではそれほど差が出にくいことを示している。

摩擦感テスターによる表面特性は、表面の滑りやすさを表すMIU（数値が小さいほど滑りにやすいことを表す）と表面のなめらかさを表すMMD（数値が小さいほどなめらかであることを表す）と表面の粗さを表すSMD（数値が大きいほど凹凸が大きいことを表す）で総合評価する。MIUは古紙パルプ品で平均0.335、バージンパルプ品で0.321であり、MMDは古紙パルプ品で平均0.0141、バージンパルプ品で0.0109であり、SMDは古紙パルプ品で平均1.60、バージンパルプ品で1.56であった。製品状態では、古紙パルプ品はバージン品に比べてMIU、MMD、SMDとも高い傾向にあり、バージン品より滑りにくく、ざらつきが大きく、凸凹しているという結果であったが、抄き直した手抄き紙ではそれほど差がなく、手触りのような表面感においても、大きな差は見受けられなかった。

これらの結果から、手抄き紙においては、手触りのような表面特性についても、ハンドルオメーターによる柔らかさについても、それほど大きな差がなく、それぞれの原料繊維を用いた紙の柔らかさとしてはそれほど違いはないということが予想された。

表2 手抄き紙の紙質試験結果

試験名	手抄き紙の性状				相対的柔らかさ				2010官能評価値	
	坪量 (g/m ²)	灰分 (%)	10枚重ね破裂強さ (kPa)	比破裂強さ (kPa・m ² /g)	柔らかさ (mN/100mm)	MIU	MMD	SMD		
R-S1	18.1	1.7	273	15.1	126	7.0	0.363	0.0134	1.39	1.8
R-S2	17.7	1.7	252	14.3	119	6.8	0.335	0.0146	1.70	1.9
R-S3	18.4	0.7	256	13.9	124	6.7	0.323	0.0135	1.57	2.4
R-S4	18.2	0.7	243	13.3	129	7.1	0.325	0.0129	1.49	2.2
R-D1	17.9	2.4	223	12.4	127	7.1	0.321	0.0136	1.50	2.1
R-D2	17.4	2.6	250	14.3	117	6.5	0.393	0.0161	1.72	2.6
R-D3	18.4	0.6	245	13.3	127	6.9	0.293	0.0135	1.51	2.3
R-D4	18.0	1.3	259	14.4	118	6.6	0.352	0.0171	1.57	2.0
R-D5	17.8	1.9	318	17.9	116	6.5	0.391	0.0146	1.39	1.2
R-D6	17.9	1.1	206	11.5	116	6.5	0.258	0.0120	1.67	2.6
R-D7	17.9	0.8	245	13.6	123	6.9	0.358	0.0146	1.58	2.8
R-D8	18.4	1.1	224	12.2	121	6.6	0.356	0.0140	1.68	2.3
R-D9	18.3	0.3	193	10.6	121	6.6	0.310	0.0127	1.73	3.6
R-T1	18.1	0.9	197	10.9	115	6.4	0.301	0.0130	1.61	2.9
R-Q1	18.2	0.4	263	14.4	124	6.8	0.350	0.0168	1.85	3.2
M-S5	18.7	0.6	221	11.8	130	7.0	0.304	0.0124	1.40	3.0
M-D10	18.6	0.6	218	11.7	129	6.9	0.305	0.0138	1.61	3.2
V-S6	18.4	0.2	174	9.5	125	6.8	0.370	0.0126	1.53	3.7
V-D11	18.7	0.4	171	9.1	128	6.9	0.357	0.0104	1.46	5.0
V-D12	18.3	0.0	186	10.2	117	6.4	0.316	0.0099	1.63	4.8
V-D13	18.3	0.4	112	6.1	116	6.3	0.246	0.0096	1.60	4.6
V-D14	18.6	0.1	159	8.5	122	6.6	0.318	0.0118	1.58	3.8

表3 製品の紙質試験結果

試験名	製品の性状				0.20mm以下の微細繊維の割合の平均 (%)	ろ水度 (mGCSF)	水中伸度法によるクレープ率 (%)	製品の破裂強さ (kPa)	製品の比破裂強さ (kPa・m ² /g)	1組の柔らかさ (mN/100mm)	相対的柔らかさ (mN・m ² /g)	1組の柔らかさ・たて	1組の柔らかさ・よこ	1組のMIU	1組のMMD	1組のSMD	官能指標 2009	官能指標 2008	
	製品坪量 (g/m ²)	1枚あたりの坪量 (g/m ²)	水分 (%)	灰分 (%)															
R-S1	17.8	17.8	7.2%	3.3%	0.80	5.3	581	9.5	109.3	6.14	45	2.53	37	53	0.277	0.0181	3.27	1.7	7.0
R-S2	17.6	17.6	6.6%	4.2%	0.75	8.0	551	13.3	91.1	5.17	49	2.78	38	60	0.359	0.0141	2.87	3.1	11.1
R-S3	18.2	18.2	6.9%	1.1%	0.81	6.5	584	18.2	90.4	4.98	39	2.15	33	45	0.370	0.0150	3.30	2.4	7.4
R-S4	19.2	19.2	7.3%	1.9%	0.86	7.2	586	10.5	111.3	5.79	41	2.13	45	38	0.279	0.0179	3.66	1.5	8.0
R-D1	35.4	17.7	6.9%	4.8%	0.79	6.5	596	12.5	91.5	5.17	80	2.26	74	86	0.244	0.0143	4.04	1.7	8.2
R-D2	32.7	16.4	6.6%	5.3%	0.76	8.6	531	12.9	87.7	5.36	107	3.27	74	141	0.303	0.0113	3.06	1.6	7.7
R-D3	31.9	15.9	7.0%	1.1%	0.79	6.0	589	16.1	91.4	5.21	77	2.42	67	87	0.361	0.0129	3.39	2.3	12.8
R-D4	37.5	18.7	6.7%	3.0%	0.75	6.9	594	18.4	117.8	6.29	99	2.64	68	130	0.367	0.0140	3.22	2.0	10.2
R-D5	35.9	17.9	6.8%	4.2%	0.74	7.7	530	12.1	89.1	4.97	136	3.79	81	191	0.381	0.0165	3.72	1.3	5.1
R-D6	35.0	17.5	6.7%	2.2%	0.75	7.3	601	20.3	68.5	3.91	74	2.11	62	86	0.334	0.0161	4.29	2.5	8.7
R-D7	32.6	16.3	6.8%	2.7%	0.78	6.6	566	16.2	77.3	4.74	85	2.60	52	118	0.305	0.0158	3.56	1.7	8.1
R-D8	34.0	17.0	6.8%	2.3%	0.77	5.4	631	12.5	97.7	5.76	71	2.09	86	57	0.321	0.0124	3.01	2.4	12.8
R-D9	30.7	15.3	6.8%	0.4%	0.97	6.4	664	14.8	89.7	5.85	77	2.51	90	65	0.303	0.0118	2.35	3.6	12.9
R-T1	44.0	14.7	6.7%	2.5%	0.81	6.9	609	15.1	67.8	4.62	85	1.93	75	94	0.258	0.0099	3.46	3.1	18.5
R-Q1	43.2	10.8	7.2%	0.6%	1.29	6.1	701	12.2	66.3	6.14	90	2.08	103	78	0.239	0.0067	1.99	3.9	18.5
M-S5	19.7	19.7	6.7%	0.8%	0.83	4.9	626	17.8	76.6	3.89	31	1.57	27	35	0.228	0.0152	2.99	3.2	17.3
M-D10	33.3	16.6	6.5%	1.0%	0.83	5.2	621	17.4	59.0	3.54	53	1.59	41	64	0.232	0.0113	2.78	4.4	20.8
V-S6	21.9	21.9	6.8%	0.2%	0.98	5.5	679	15.5	96.1	4.39	35	1.60	28	42	0.203	0.0093	2.86	3.9	15.6
V-D11	35.2	17.6	6.8%	0.1%	1.43	5.2	740	17.6	62.1	3.53	45	1.28	37	53	0.274	0.0105	2.52	4.9	22.2
V-D12	32.4	16.2	6.1%	0.5%	2.43	3.2	745	8.7	94.3	5.83	37	1.14	44	29	0.182	0.0086	2.17	4.9	23.0
V-D13	39.8	19.9	6.5%	0.3%	0.96	6.0	703	12.0	72.6	3.64	75	1.88	69	82	0.220	0.0115	3.12	4.1	19.2
V-D14	34.5	17.2	6.7%	0.3%	0.97	5.5	684	12.8	69.0	4.00	59	1.71	51	68	0.218	0.0099	2.50	4.1	18.0

3. 2 官能評価結果

手抄き紙の官能評価結果を図1に示す。また、製品の官能評価結果（官能指標2009）を図2に示す。

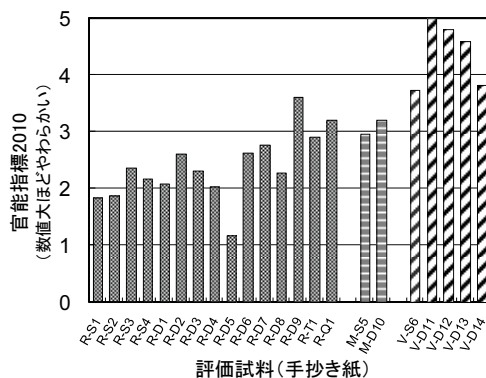


図1 手抄き紙の官能評価結果

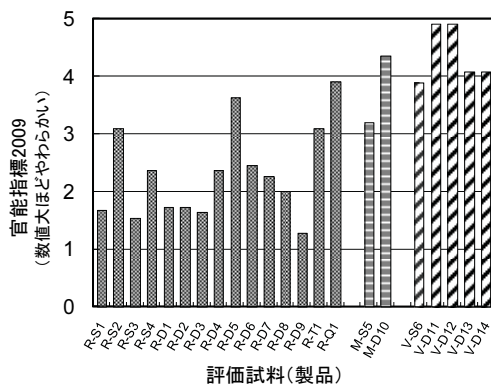


図2 製品の官能評価結果

このように、製品状態での官能評価の結果と手抄き紙の官能評価の結果は必ずしも一致しない結果を示した。前述の通り、原料繊維による紙の柔らかさはそれほど変わらないため、それぞれの差が出にくかったためと考えられた。

3.3 クレープ率と柔らかさ

3.2で手抄き紙の柔らかさと製品の柔らかさが異なる結果を示す原因はクレープ加工による差が大きいと考えた。そこで、水中伸度法によるクレープ

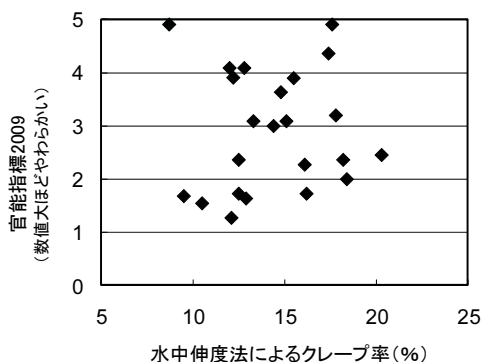


図3 クレープ率と製品の官能評価

率と製品の官能指標の関係を図3に示す。

このように、クレープ率と柔らかさは必ずしも一致するものではなかった。これは、クレープ率だけではなく、クレープの形や大きさにも起因する点があるためと思われる。その点を評価することを摩擦感テスターを用いて試みたが、今回はうまく評価することはできなかった。

3.4 同じ原料を用いたトイレトペーパーの比較

今回用いたトイレトペーパーの中に、メーカーも商品名も同じであるシングル製品とダブル製品の組み合わせが3組ある。それらはほぼ同じ原料から作られていると考えられる。V-S6とV-D12、M-S5とM-D10、R-S3とR-D3がそれに該当する。実際に、手抄き紙の官能評価結果も比破裂強さも相対的柔らかさも原料の性状もほぼ同じ値を示している。しかしながら、実際の製品の柔らかさ官能評価（官能指標2008, 2009）はダブル製品の方が柔らかいという結果になっている。

シングル製品もダブル製品もクレープ率はほぼ同じであり、クレープの影響ではないことが予想される。シングル製品では1枚である程度の強度を持たせなければならないこともあり、表3でもわかるように1枚あたりの坪量が大きくなっており、その影響があるのではないかと考えられる。柔らかさの面だけで考えた場合には、1枚がより薄いダブル品の方が柔らかく感じやすいということが確認された。

3.5 古紙パルプ品とバージンパルプ品の比較

今回用いたトイレトペーパーの中に、シングル製品では古紙パルプ品とブレンド品で、ダブル製品では古紙パルプ品とバージンパルプ品で、繊維長や灰分の値が近いトイレトペーパーの組み合わせがある。これらは近い性状の繊維から作られているのではないかとと思われる。シングル製品ではR-S3とM-S5、ダブル製品ではR-D9とV-D13、V-D14がそれに該当する。それらを抜き出したものを表4に示す。

特に、手抄き紙の破裂強さや製品の破裂強さに差があり、その他の項目には大きな差はなかった。

古紙パルプ品では、原料に古紙を用いているため、結果的に叩解が施された繊維を原料として用いていることになる。したがって、バージンパルプ品と比

表4 古紙パルプ品とバージンパルプ品の比較

試料名	平均繊維長 Lw(mm)	製品の 灰分(%)	手すき紙 の比破裂 強さ(kPa· m ² /g)	官能指標 2010	ろ水度 (mIGSF)	水中伸度 法によるク レープ率 (%)	手すき紙 の相対的 柔らかさ (mN· m ² /g· 100mm)	製品の比 破裂強さ (kPa· m ² /g)	官能指標 2009	官能指標 2008
R-S3	0.81	1.1%	13.9	2.4	584	18.2	6.7	4.98	2.4	7.4
M-S5	0.83	0.8%	11.8	3.0	626	17.8	7.0	3.89	3.2	17.3
R-D9	0.97	0.4%	10.6	3.6	664	14.8	6.6	5.85	3.6	12.9
V-D14	0.97	0.3%	8.5	3.8	684	12.8	6.6	4.00	4.1	18.0
V-D13	0.96	0.3%	6.1	4.6	703	12.0	6.3	3.64	4.1	19.2

較すると、古紙パルプ品の原料はフィブリル化が進んでおり、繊維間結合がより発現しやすいため、破裂強さが大きくなっているのではないかと考えた。一般に、パルプ繊維のリサイクルを繰り返すことにより、強度は低下する5)傾向にあると言われるが、今回は異なる結果を示した。古紙パルプトイレトペーパー製造においては、原料調成の段階で、灰分などを落とすために洗浄を行うことで、灰分とともに微細繊維が脱落し、実際には、元々の古紙原料の中のより良質な繊維だけを取り出して抄紙原料として使用することになる。また、紙のリサイクルの研究では、リサイクル処理毎に叩解してろ水度を同程度に揃えることが多いため、今回のようにろ水度が異なる場合とは状況が異なる。これらの理由から、繊維の全量をリサイクルしてその強度変化を見た場合とは異なる傾向を示したと考えている。

実際に、古紙パルプ品のトイレトペーパーを離解し、未叩解のLBKPを添加して、坪量約18g/m²の手すき紙を作製し、相対的柔らかさ、比破裂強さを測定した結果、古紙パルプの割合が多いほど、破裂強さは上がり、柔らかさは低下していた(図4)。

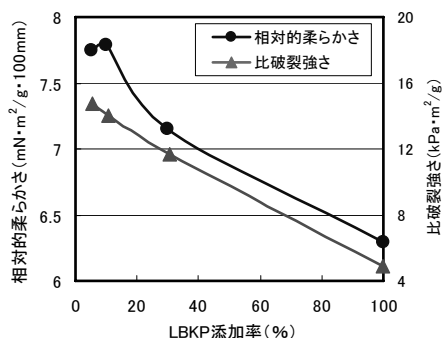


図4 LBKP添加による柔らかさと破裂強さへの影響

3. 6 原料性状の似たトイレトペーパーの比較

原料性状の似たトイレトペーパーを比較することで、その中で異なる性質の影響を推し量ることができると思われる。古紙パルプダブル製品のトイレト

表5 破裂強さが異なるトイレトペーパーの比較

試料名	平均繊維長 Lwの平均 (mm)	0.20mm以下 の微細 繊維の割 合の平均 (%)	製品の 灰分(%)	手すき紙 の相対的 柔らかさ (mN· m ² /g· 100mm)	製品の相 対的柔ら かさ(mN· m ² /g)	手すき紙 の比破裂 強さ(kPa· m ² /g)	製品の比 破裂強さ (kPa· m ² /g)	水中伸度 法によるク レープ率 (%)	官能指標 2010	官能指標 2008
R-D7	0.78	6.6	2.7%	6.9	2.60	13.6	4.74	16.2	2.8	8.1
R-D8	0.77	5.4	2.3%	6.6	2.09	12.2	5.76	12.5	2.3	12.8
R-D6	0.75	7.3	2.2%	6.5	2.11	11.5	3.91	20.3	2.6	8.7

表6 灰分が異なるトイレトペーパーの比較

Sample No.	平均繊維長 Lwの平均 (mm)	手すき紙 の比破裂 強さ(kPa· m ² /g)	水中伸度 法によるク レープ率 (%)	官能指標 2010	製品の 灰分(%)	手すき紙 の相対的 柔らかさ (mN· m ² /g· 100mm)	製品の比 破裂強さ (kPa· m ² /g)	製品の相 対的柔ら かさ(mN· m ² /g)	官能指標 2009	官能指標 2008
R-D1	0.79	12.4	12.5	2.1	4.8%	7.1	5.17	2.26	1.7	8.2
R-D8	0.77	12.2	12.5	2.3	2.3%	6.6	5.76	2.09	2.4	12.8
R-D7	0.78	13.6	16.2	2.8	2.7%	6.9	4.74	2.60	1.7	8.1
R-D3	0.79	13.3	16.1	2.3	1.1%	6.9	5.21	2.42	2.3	12.8

トペーパーを原料性状の似たものでグループ分けし、各性質を表記したものを表5、6に示す。

表5のR-D6、R-D7、R-D8は平均繊維長も微細繊維の割合も灰分も近い値を示しており、柔らかさも近い値であるが、破裂強さが異なる。これらの差は原料古紙の繊維間結合能力の差を示しているのではないかと考えた。手すき紙の官能指標は大きく変わらないのに対し、製品の官能指標では大きな差が出ており、破裂強さが小さい方が柔らかい傾向があった。

繊維長も近く、破裂強さも近く、クレープ率もほぼ同じで灰分のみが異なるトイレトペーパーの比較したものを表6に示す。R-D1、R-D8とR-D7とR-D3のそれぞれを比較すると、灰分の量が多くても手すき紙ではそれほど影響はないが、製品状態になると感じる柔らかさに大きな差があり、灰分の量が多いほど破裂強さが弱くなっているにも関わらず、硬く感じやすかった。

一般的には灰分が多い方が破裂強さが低くなり、その結果、柔らかさも向上するのではないかと考えられる。ここで、古紙パルプ品の離解スラリーに協

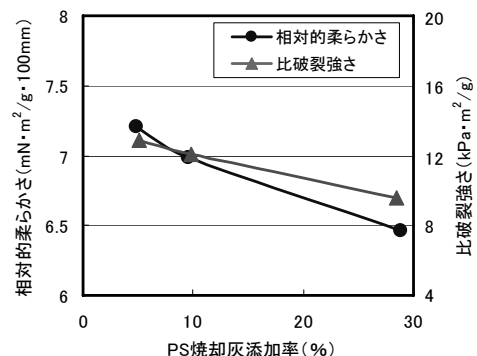


図5 PS焼却灰添加による柔らかさと破裂強さへの影響

【報告】

同組合排出のPS焼却灰を添加して灰分を増やした手抄き紙を作製し、相対的柔らかさ、比破裂強さを測定した結果を図5に示す。

このように、PS焼却灰添加率が増えると、破裂強さは低下し、柔らかさは向上していた。これは、PS焼却灰が繊維間結合を阻害していることが理由と考えられる。しかし、今回のトイレットペーパーの試料においては灰分の値は数%程度の差しかないので、繊維間結合の阻害という要因が柔らかさへ与える影響は小さいと思われ、むしろ、灰分のような異物の存在がクレープの形状や大きさを一定に制御する際の阻害要因となるのではないかと考えた。実際、灰分の多い製品の方がMMDもSMDの値も大きくなっており、摩擦係数のばらつきと表面粗さのばらつきが大きいということがわかり、クレープなどの加工が均一に行われていない可能性が示唆された。したがって、灰分の量は破裂強さの程度だけに影響しているわけではなく、表面にも影響を与えており、その結果、その両面から柔らかさへの影響を与えていることがわかった。

4. まとめ

今回、トイレットペーパーを抄き直すことにより、トイレットペーパーの原料そのものの柔らかさを把握することを試みた。ただし、各古紙再生パルプトイレットペーパーの原料古紙はそれぞれ同じではない。したがって、原料古紙そのものが何回リサイクルの履歴を受けてきたかも異なり、リサイクル回数が異なれば、パルプ繊維の繊維間結合能力も異なるが、前提として、繊維間結合がほぼ同程度だと仮定し、以下の考察を行った。

手抄き紙においては、手触りのような表面特性についても、ハンドルオメーターによる柔らかさについても、それほど大きな差がなく、それぞれの原料繊維による紙の柔らかさとしてはそれほど違いはないということが予想された。

しかし、製品状態での官能評価の結果と手抄き紙の官能評価の結果は一致しなかった。その原因としては、クレープなどの加工による差が大きいのではないかと考えた。

同じ原料から作ったシングル製品とダブル製品を比較した結果、柔らかさの面だけで考えた場合には、1枚がより薄いダブル製品の方が柔らかく感じやすいということが確認できた。

原料繊維の性状に近いトイレットペーパーを比較した。その結果、破裂強さが弱いトイレットペーパーの方が柔らかく感じやすい傾向であった。また、灰分の量が多くても手抄き紙ではそれほど影響はないが、製品状態になると感じる柔らかさに大きな差があり、灰分の量が多いほど硬く感じやすかった。これは、灰分のような異物の存在がクレープの形状や大きさを一定に制御する際の阻害要因となり、表面が均一に感じられないため、柔らかく感じにくいのではないかと考えた。

今回はクレープの大きさや形は評価できず、クレープ率だけでは柔らかさとの関係を見出すことはできなかった。クレープ率も柔らかさへ大きな影響を与えるが、クレープ率だけでなく、クレープの形や大きさの影響を検討することは必要である。

また、原料古紙がどんな履歴を受けてきたかで繊維間結合能力が変わり、破裂強さも変わり、その結果、柔らかさも変わってくるため、古紙原料の変更などは操業に大きな影響を与える可能性が高い。原料そのものの変更や原料グレードの変更には品質の維持の面からも慎重に行う必要がある。

参考文献

- 1) (財)古紙再生促進センター：会報，34 (1) ,24 (2008).
- 2) 齊藤将人他：トイレットペーパーの柔らかさ評価法の検討，静岡県工業技術研究所研究報告，1, 67-72 (2008).
- 3) 齊藤将人他：トイレットペーパーの柔らかさ評価法の検討-‘握感’の評価-，静岡県工業技術研究所研究報告，2, 117-123 (2009).
- 4) 牧田輝夫他：衛生紙の調査，静岡県富士工業技術センター報告，6, 1-10 (1996).
- 5) 岡山隆之：リサイクルによる古紙パルプの物性変化について，紙パ技協誌，56 (7) ,986-992 (2002).