

## 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 —

製紙スタッフ 齊藤将人 深沢博之

## Concerning Evaluation Method of the Softness of Toilet Paper

## - Evaluation of a hold feel -

Masato Saito and Hiroyuki Fukasawa

We investigated the evaluation method for a hold feel of toilet paper. We examined validity of the numerical value evaluation method for a hold feel by using bursting strength tester, pure bending tester, and compression tester. As a result, it was a conclusion that it seemed more effective evaluation method of the hold feel softness by the compression tester because of a high correlation between it and a sensory analysis.

## 1. はじめに

古紙利用率の上昇や大手製紙会社の古紙利用量増加、また、中国における紙の生産量の飛躍的な伸びと原料古紙の需要の高まりなどにより、国内においては古紙価格の上昇と流通量減少が起こった。その結果、中小製紙会社においては需要に対応する量的な安定確保が難しくなるとともに、製紙原料として良質とは言えない古紙を使用せざるを得ない状況になっている会社も出てきた。そのため、古紙を用いたトイレットペーパーを製造する中小家庭紙製造会社では、紙の強度や製品歩留まりが低下したり、製品の柔らかさや風合いが出にくくなったりするような問題が発生している。

これらを背景に、家庭紙の品質の中で重要な項目の一つであり、消費者が品質の良否を感じやすいと思われる柔らかさに着目し、昨年度から検討を行ってきた。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、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できた<sup>1)</sup>。

しかし、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（触感）だけでなく、握った感触（これを‘握感’と名付け、以下、

握感と呼ぶ）も重要であるとの指摘もあり、改めて、握感評価の方法について検討した。今回、新たに官能評価を行い、握感の数値評価が行えるようになることを目的として機器評価法の検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 試料

試料は昨年度と同じトイレットペーパーである。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）6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。試料の重ね枚数からみると、シングル製品が6種、ダブル製品が14種、3枚重ね製品が2種、4枚重ね製品が1種である。

表1に、試料の概要を示す。表および図中では、古紙再生パルプ品をR、ブレンド品をM、バージンパルプ品をVで表し、シングル品をS、ダブル品をD、3枚重ね製品をT、4枚重ね製品をQと記す。例えば、古紙再生パルプのシングル製品の1つ目の試料をR-S1となる。

【報告】

表1 トイレットペーパー試料の概要

		試料名	長さ/m	幅/mm
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	
ブレンド品	シングル	M-S5	55	114
	ダブル	M-D10	27.5	115
バージン パルプ品	シングル	V-S6	60	112
		V-D11	30	114
		V-D12	35	115
		V-D13	27.5	113
		V-D14	30	112
	3枚重ね	V-T2	16	97

2.2 紙質評価

坪量は、JIS P 8124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。1枚ごとの坪量を測定し、1組の坪量を算出した。

紙厚は、製品が高高であるため、紙の規格をそのまま用いると、厚みが低く出てしまう。そのため、不織布の厚さ測定を参考にし、JIS L 1913 6.1.2により、テスター産業(株)製繊維用測厚器で10sec後の試料の1組の厚さを測定した。

実測密度は、坪量と紙厚から算出した。

トイレットロール全体のかさ比重は、中芯を除いた試料の内径と外径と紙幅を測定して体積を算出し、その重さを体積で除することで算出した。

破裂強さは、JIS P 8112により、熊谷理機工業(株)製ムーレン低圧型破裂試験機にて測定した。

試料の表面特性の評価は、カトーテック(株)製自動化表面試験機KES-FB 4-AUTO-A型を用いて行った。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0.1cm/secとして、表面摩擦係数の平均偏差(MMD)を測定した。

2.3 握感評価

それぞれ、使用する時の基本単位である1組で測定を行った。

(1) ハンドルオメーター

基本的な方法としてはJAPAN TAPPI 紙パルプ試験方法のNo.34<sup>2)</sup>に従い、スリット幅を規定の

6.25mmから10mm、20mmと広げて、測定を行った。測定した試料は全23サンプル中の10サンプルである。

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<sup>3)</sup>。縦横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) 純曲げ試験機

純曲げ特性試験機は、試験片のどの部分でも一定の曲率半径を持つように曲げて測定するのが特徴で、曲げ変形開始時のこわさである初期曲げこわさ、平均曲げこわさ、曲げエネルギー損失、および曲げヒステリシスが測定できる。(株)日本精機製作所製純曲げ特性試験機JTC-1を用い、試料幅50mm、試料長さ80mm、クランプ間隔10mm、曲率等速変化速度5mm<sup>-1</sup>/sec、最大曲率2.50mm<sup>-1</sup>の条件で測定を行った。

測定した試料は全23サンプル中の16サンプルである。試料の縦方向と横方向それぞれの2組重ねおよび縦1組と横1組の2組重ねの状態での測定した。

(3) ハンディー圧縮試験機

カトーテック(株)製ハンディー圧縮試験機KES-G5を用いて、試料の圧縮特性の評価を行った。

測定試料は、(A)10mの試料を25cm幅で折りたたんだもの、(B)試料1ロールそのままとし、2cm<sup>2</sup>の加圧板を用い、繰り返し測定回数を5回として、(A)では上限荷重を100gf、加圧速度を0.05cm/sec、(B)では上限荷重を1000gf、加圧速度を0.05cm/secの条件で測定を行った。

(4) 官能評価

20~60歳代の男女11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①10mの試料を25cm幅で折りたたんだもの、②試料1ロールのそれぞれについて、握感の評価をしてもらった。なお、折りたたみの試料として、10mを用いたのは、日本人一人当たりの年間トイレットペーパー使用量が約7.5kgである<sup>4)</sup>ことから、1日あたりの使用量を算出(約20.5g)し、これを平均的なトイレットペーパーである坪量18g、114mm幅のシングル製品で換算すると、9~10mに当たることからである。シングル10m相当の量をサンプルとし、それを折りたたんだものを評価試料とした。

全試料をA（とても柔らかい）・B（柔らかい）・C（普通）・D（あまり柔らかくない）・E（柔らかくない）の5グループに順位付けし、A～Eを5～1点とし、11名の被験者の平均値を算出した（以下、①は折りたたみ握感指標、②はロール握感指標と表記）。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 官能評価結果

握感を評価するため、折りたたんだトイレットペーパーとトイレットペーパーロールの官能評価を行った。それらの結果を図1、2に示す。ここで、この結果と昨年度に提案した柔らかさ評価による測定値（摩擦感テスターによるMMD値）を比較してみる（図3）と、折りたたみ握感指標とMMD値の間にはやや強い相関が認められた。次に、ロール握感指標と摩擦感テスターのMMD値を比較する（図4）と、中程度の相関しか持たない。したがって、摩擦感テスターのMMD値で、握感の評価を行うのでは

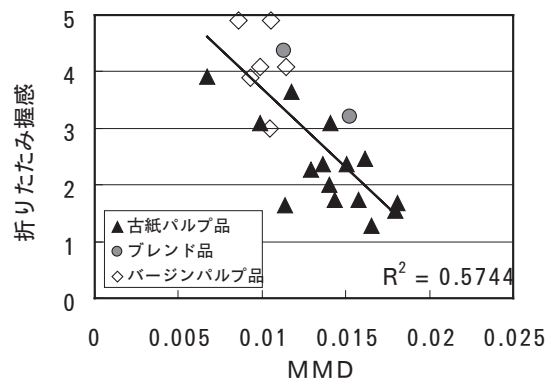


図3 折りたたみ握感指標とMMD値

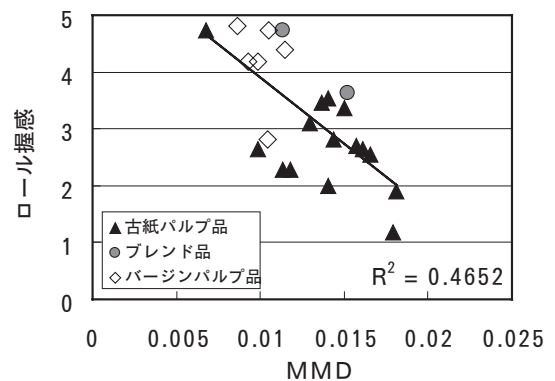


図4 ロール握感指標とMMD値

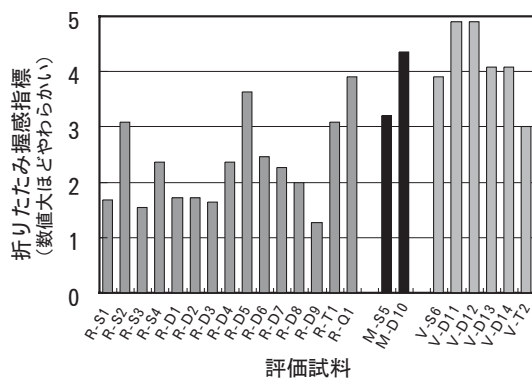


図1 折りたたみ握感指標

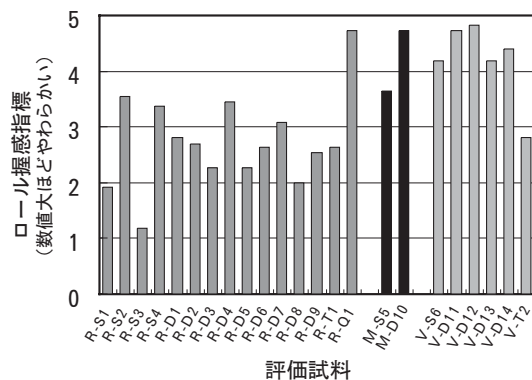


図2 ロール握感指標

なく、別の評価方法を考える必要が認められた。

#### 3.2 破裂強さによる評価

一般的な紙質試験の中で、破裂強さが弱い方が柔らかく感じやすいのではないかと考えられたので、まず、比破裂強さと握感指標の関係を検討した。しかし、特に強い相関は認められず、むしろ数値はややばらつくなど、評価法としては適さないと思われた。

#### 3.3 ハンドルオメーターのスリット幅変更による評価

次に、トイレットペーパーの一般的な柔らかさ試験法であるハンドルオメーターによる測定を行うこととした。しかし、前報<sup>1)</sup>のように、JAPAN TAPPI No.34の試験法そのままの測定法では、握感の評価は難しいと考えた。ハンドルオメーターでは、摩擦力と押し込み時の抵抗力の複合された力を測定している<sup>2)</sup>と言われる。そこで、スリット幅を広げることにより、押し込み時の抵抗力のみの数値に近づき、握感の評価が出来るのではないかと考え、測定を行った。

スリット幅を10mm、20mmに広げて測定を行い、握

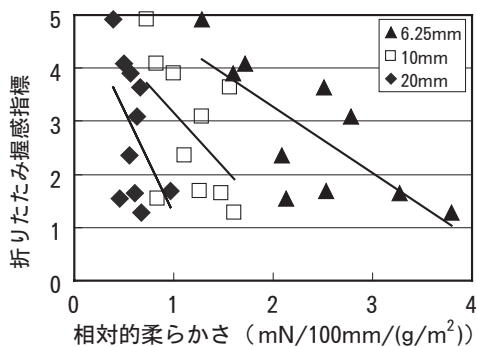


図5 折りたたみ握感指標と相対的柔らかさ

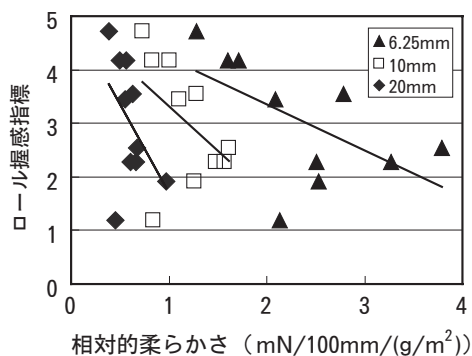


図6 ロール握感指標と相対的柔らかさ

感指標と比較した結果を図5、6に示す。このように、スリット幅を広げることにより、測定値は小さくなるのがわかる。しかし、スリット幅の変更しても、握感指標との相関は高くならず、握感の評価法としては適さないと考えられた。

### 3.4 純曲げ試験機による評価

手の握る動きに近い測定機器として、純曲げ試験機がある。せん断力が0で曲げモーメントのみが作用している状態を純曲げ状態といい、純曲げ試験機は試料のどの部分も同じ一定の曲率で曲げ、その時の曲げモーメントを測定できる試験機である。1組より2組を重ねた方が傾向が現れやすくなったため、2組を重ねた結果と握感指標の関連性を図7、8に示す。また、トイレットペーパーは製法上、紙の縦方向と横方向では全く違う傾向を示す。しかし、折りたたみ握感指標では横方向の平均曲げこわさと弱い相関が認められたのに対し、ロール握感指標では縦横を重ねた場合の方が相関係数は高くなった。今回の結果からは、折りたたんだ状態の握感には横方向、すなわちクレープの法線方向の方が影響を与えるようである。また、ロール状態の握感には縦と横

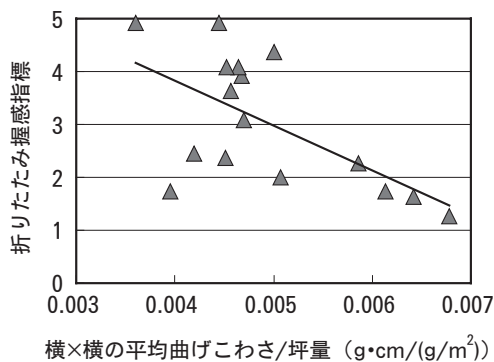


図7 折りたたみ握感指標と平均曲げこわさ

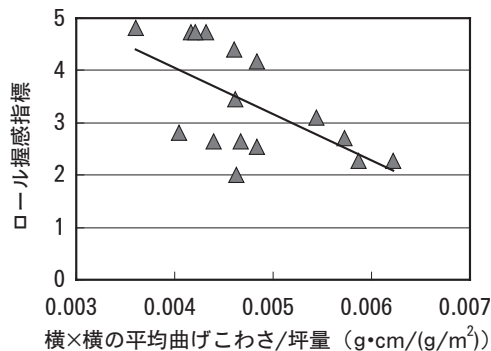


図8 ロール握感指標と平均曲げこわさ

両方向が影響を与えているということがわかった。したがって、ロールを握るときには異方性は感じていないと思われる。しかし、折りたたみについてもロールについても強い相関は認められず、握感評価には適さないと考えられた。

### 3.5 ハンディー圧縮試験機による評価

そこで、より直接的な評価方法として、圧縮試験機による評価の検討を行った。ハンディー圧縮試験機は一定の極低速度で加圧板を試験体に押し付け、その時の圧縮荷重と変形量を検出し、人間の指先で物体に触れたときに感じる感覚をシミュレートしようとしたものである。圧縮こわさや圧縮仕事量や厚みなどを測定できる。

折りたたんだ試料の圧縮特性の測定結果の中で、特に握感指標と相関の認められた圧縮回復性RCとの関係を図9、10に示す。RCとはある圧縮仕事量で押しつぶされた物質がどのくらいの仕事量で回復するかの割合を示しているもので、RCが大きいほど、ヒステリシスは小さく、弾力性があることを示す。図9のように折りたたみ握感指標とは高い相関が認められた。また、2007年の官能評価指標（1組の試料の手触りの柔らかさ；官能評価指標2007と表

【報告】

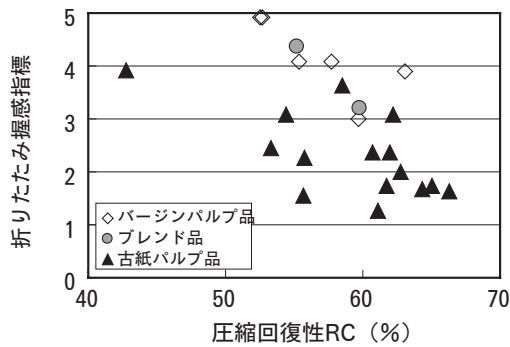


図9 折りたたみ握感指標と圧縮回復性RC

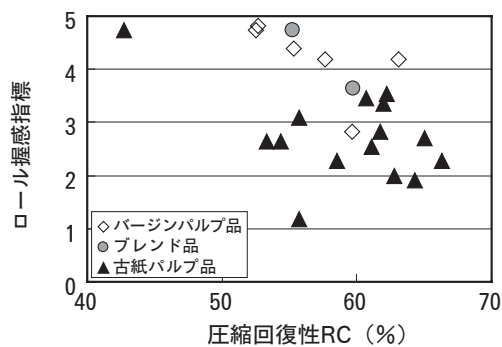


図10 ロール握感指標と圧縮回復性RC

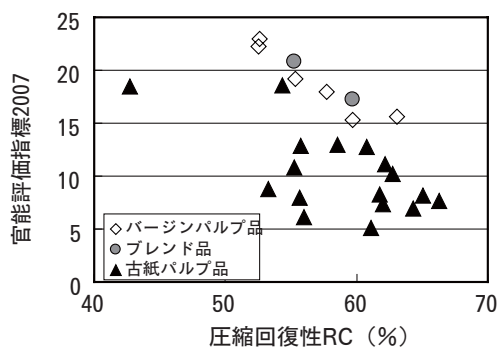


図11 官能評価2007と折りたたみ試料の圧縮回復性RC

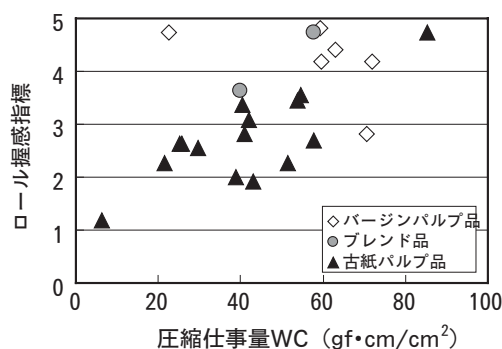


図12 ロール握感指標と圧縮仕事量WC

記)と比較する(図11)と、ある程度の相関が認められる。これらからわかることは、折りたたみ状態の柔らかさも、指に触れる表面の感覚に左右される面があるということである。つまり、試料が1組の

状態であっても折りたたみ試料のように幾重にも折重ねられた状態であっても、人間の感じる柔らかさは最表面の状態の影響が大きいということである。したがって、折りたたみ試料の柔らかさは摩擦感テスターのMMD値で代用することも可能と思われた。しかし、ロール握感指標(図10)とは中程度の相関しか認められなかった。ロール状態のトイレットペーパーを握ったり掴んだりする場合の柔らかさを評価するためには、やはり、ロールでの圧縮試験を行う必要があると思われた。

そこで、ロール試料の圧縮試験における圧縮仕事量WCと握感指標の関連性を図12に示す。このように、ロール試料ではWCが大きいほど柔らかく感じる傾向にあり、高い相関が認められた。WCは膨らみや腰感を表し、数値が大きいほど、膨らみ感、腰感に優れるとされるが、それを表す結果となった。これらより、消費者が購入するときの1つの指標となるであろうロールの柔らかさの評価についてはより直接的な圧縮試験を行うのがよいとの結論に至った。

3.6 製品加工と柔らかさ

ロールの柔らかさは巻き硬さに左右されると考えられる。巻き硬さの目安としては、かさ比重が考えられる。そこで、トイレットペーパーの実測密度およびかさ比重とロール握感を比較した。図13に示す。密度でははっきりした傾向が見えないが、かさ比重で見ると、かさ比重が小さいほど、柔らかさを感じやすいことが数値的にも確認できた。トイレットペーパーの性状を分析するためには実測の密度よりかさ比重を求める必要があるという理由の一つになりうる結果だと思われた。

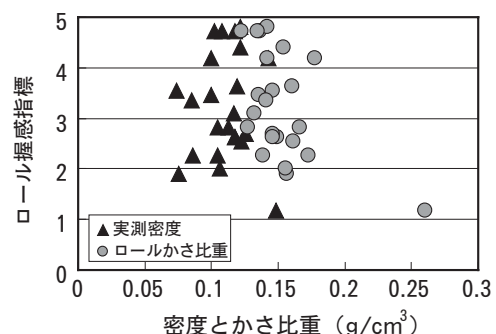


図13 ロール握感指標と密度およびかさ比重

【報告】



図14 表面粗さデータの一例

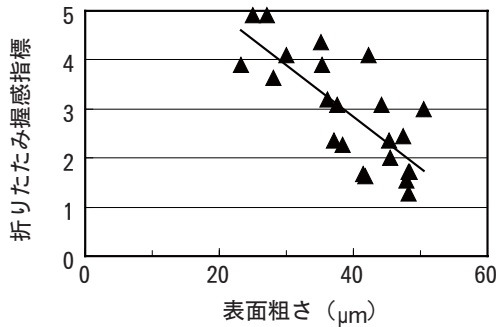


図15 折りたたみ握感指標と表面粗さ

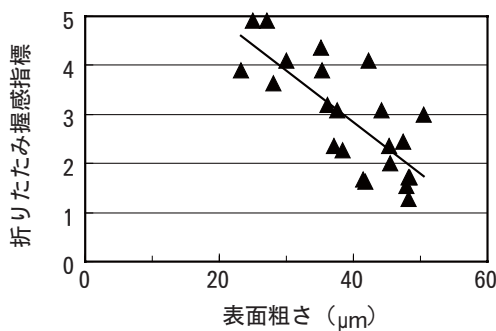


図16 ロール握感指標と表面粗さ

さらに、トイレットペーパーの加工と柔らかさの関係性を調べるもう一つの指標として、クレープの数や形に着目した。図14のような摩擦感テスターの表面粗さデータから、クレープとの関連があると思われる粗さの平均高さとして1 cmあたりの粗さの凹凸の個数が推測できた。その結果を基に、握感指標との関連性を見た。高い相関が認められた粗さの程度と握感指標について図15、16に示す。なお、サイズは2乗平均粗さから算出した値である。個数では傾向が見受けられないが、平均高さについては小さい方が握感指標が高くなる傾向であり、特に、折りたたみ握感指標との相関が高かった。表面の粗さが小さい方が手触りの感じとして柔らかく感じやすいということであると思われる。この粗さの数値がクレー

プそのものの高さを直接表しているという訳ではないが、このように高い相関が認められるということは、この数値と握感柔らかさには関係が深いと言えます。表面の状態を把握できている可能性が高いと思われる。

しかし、これらについては製品からの類推である。実際には、同じ原料からクレープの数や形を変えたサンプルを作製し、そのサンプルを用いて評価を行わなければならない。今回は原料や他の因子による影響が出ている可能性もあり、傾向としては認められたが、この結果だけで言い切ることができない。さらに、データを蓄積する必要があると思われる。

4. まとめ

今回、トイレットペーパーの握った感触（‘握感’）の評価法について検討を行った。破裂強さとの関連性を評価し、ハンドルオメーターや純曲げ試験機、圧縮試験機を用いて機器による数値評価法を検討した。その結果、①破裂強さでは、傾向としては弱い方が柔らかく感じるという想定に沿った結果であったが、評価の方法として考えるには適さなかった。②ハンドルオメーターでは、スリット幅を変えるなど試行を行ったが、握感の評価法としては適さなかった。③純曲げ試験機では、今回の結果からは折りたたんだ状態の握感には横方向の方が影響を与えるようであり、ロール状態の握感には縦と横両方向が影響を与えているということがわかった。しかし、折りたたみについてもロールについても強い相関は認められず、握感評価には適さないと考えられた。④圧縮試験機では、折りたたみ試料の測定から、1枚の状態であっても重ねた状態であっても最表面の状態の柔らかさへの影響は大きいということがわかり、折りたたみ試料の握感評価は圧縮試験が適していた。が、摩擦感テスターのMMD値でも代用できると思われた。ロール試料の握感の評価にはロールでの圧縮試験を行うのが適切であることもわかった。また、製品加工と柔らかさについては、ロールの巻き硬さと、表面粗さの大きさおよび個数と柔らかさの関係を検討した。その結果、かさ比重が低く巻き硬さが緩い方が握感として柔らかく感じやすい、ま

た、粗さが小さい方が柔らかい表面と感じやすい、という傾向が掴めた。これらについては、可能ならば、同じ原料からクレープ加工の条件を変えて作製したサンプルの評価やその他の加工の影響についての評価を行うなども必要となると思われる。

昨年度と今年度で、トイレットペーパーの手触りのような表面感（触感）と握った感触（握感）の評価法を提案したが、サンプル数を増やすことによる信頼性向上や、製造条件の変更によりどう柔らかさが変化するかの検証などの必要があり、課題はまだ残されていると考えている。

### 謝辞

圧縮特性の測定に当たり、京都女子大学矢井田修教授にご指導を戴きました。深く感謝致します。

### 参考文献

- 1) 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）.
- 2) 紙パルプ技術協会編：JAPAN TAPPI紙パルプ試験方法.
- 3) 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）.
- 4) 日本製紙連合会：紙・板紙統計年報.