

刃物切れ味試験機の試験精度向上に関する開発研究（第2報）

田中 泰斗、松原 早苗

Studies about improvement of test accuracy for cutlery tester (II)

Taito Tanaka and Sanae Matsubara

切れ味試験では温度や湿度の変化によって結果が変動するとされているが、具体的な影響を検討した事例はない。本報告では異なる温湿度環境で切れ味試験を行い、試験環境が切れ味試験結果に及ぼす影響を評価した。切れ味試験を行う試験環境の湿度が高いほど切れ味の値は大きく計測され、30%RH から 70%RH の湿度変化により最大で 20%以上の差が認められた。また、周囲温度が低い環境では、切断荷重が減少するとともに荷重のばらつきも大きくなる傾向が認められた。湿度変化は被削材の強度に、温度変化は主に切断荷重の変化に影響を及ぼしていると考えられ、これらが複合して切れ味に変化を及ぼしていることが予想された。実験の結果、切れ味試験の精度や再現性には、温湿度環境が大きく影響することを確認できた。

1. はじめに

岐阜県の刃物産業は全国 1 位のシェアを占めており、世界でも有数の刃物生産地となっている。しかし、県内刃物産業事業所数は、小規模事業所を中心に大幅に減少しており、本県刃物産業には製品の高品質化や生産工程の効率化などの取り組みが求められている。

このような背景のもと、当所では刃物の切れ味を定量的に評価する新たな切れ味試験機（以下、切れ味試験機）の開発に取り組んでおり¹⁻³⁾、その実用化ならびに普及に向け、試験方法の標準化のための研究を進めている。

紙の強度が、湿度により変化することは広く知られている。一般に引張り強さには、低湿度の領域で最大となり、高湿度になるにつれ強度が低下することが知られている。また、引裂き強さ、伸び、耐折強さについては相対湿度の上昇に伴い強度が向上することが知られている⁴⁾。このことは、切れ味試験機で使用する被削材の強度が湿度により変化し切れ味試験結果に影響を及ぼすことを意味する。

また、切れ味試験機では、ガイド機構と重錘を用いた機構によって、試験刃物に一定の切断荷重を付与する方法を採用している。ガイドで発生する摩擦抵抗は温度により変化するため、紙の強度同様に切れ味試験の結果に影響を及ぼすと考えられる。

そこで本年度は、異なる温湿度環境において切れ味試験を行い、試験環境が切れ味試験結果に及ぼす影響について評価を行った。

2. 実験方法

2. 1 温湿度条件

一般に紙の水分は、空気の循環が良い環境において 4 時間程度で平衡状態に達するとされている。被削材は紙を積層して作成していることから、平衡状態に達するためには、これより長時間を要すると考えられるため、被

削材及び試験機本体を 7 時間以上さらした後に切れ味試験を行うこととした。

切れ味試験の温湿度条件は、JIS P8111 において定められた紙の標準状態（以後、標準状態）を基準とした。温湿度の調整範囲は、一般的な室内環境を想定し表 1 に示す条件とした。温湿度環境の調整には、恒温恒湿室（エスペック製 TBE - 8H20W6PACK）を使用し、被削材の前処理及び切れ味試験の両方を恒温恒湿室内で行った。なお、紙の平衡水分にはヒステリシスがあり、調湿の順序が被削材の強度に影響を及ぼすことが考えられるが、本研究において評価の対象とする、温湿度による切れ味の変化は、紙の物性以外の複数の要因の影響を受けると考えられることからヒステリシスの影響は無視した。

2. 2 切れ味試験

切れ味試験には、図 1 に示す半自動の切れ味試験機を使用した。

表 1 切れ味試験の温湿度条件

	低	標準	高
温度	15℃	23℃	30℃
湿度	30%RH	50%RH	70%RH

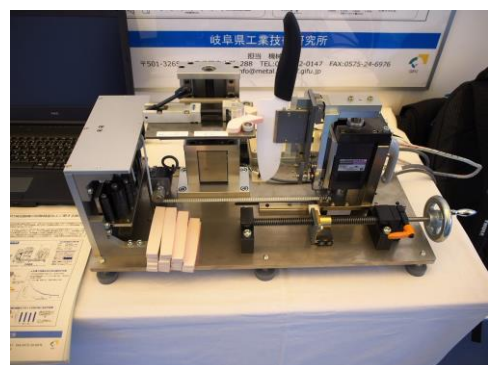


図 1 切れ味試験機（半自動機）

被削材には、400枚の紙を積層した、幅約8mm長さ約100mmの短冊状の紙束を使用した。被削材に使用した紙は、クラフトパルプ紙であり、その紙厚は約40 μ mである。切れ味試験に伴う切断動作は、台形速度制御による位置決めとし、切断ストロークを10mmとした。切断動作の平均速度は20mm/secとし、台形速度制御のパラメータとしては切断ストロークの移動時間を0.5sec、加減速時間を0.1secとした。また、試験荷重については、設定切断荷重8.34N(850g)、被削材固定荷重は約64N(約6.5kg)とした。なお、切断荷重は切れ味試験機を標準状態に十分な時間ならした後に設定値となるよう調整した。調整後の切断荷重は8.31Nであった。

一回毎の切れ味試験結果にはばらつきがあるため、50回の切れ味試験を連続して行い、その平均切れ味を評価に用いた。また、切れ味試験は各温湿度条件で2回行った。

2. 2. 1 試験刃物

試験刃物には耐久性に優れたセラミックス製のカッター刃を使用した。これは、刃物の切れ味や耐久性は一品ごとに異なること、同一の刃物でも部位ごとに切れ味が異なること、切れ味試験を行う度に刃物の切れ味は変化することなどの理由からである。これまで行った切れ味試験の結果から、セラミックス製のカッター刃は、金属製のカッター刃と比較して初期切れ味に劣るものの耐久性の面では、数倍の長切れが期待でき、切れ味試験の繰り返しに伴う切れ味の変化を軽減することができる。セラミックス製の刃物においても、切れ味試験初期における切れ味の変化は比較的大きいため、試験の前処理として約1000回の切れ味試験を施し、切れ味の変化を緩やかにした後に温湿度環境を変えて試験を行った。

2. 2. 2 試験刃物の固定

前報において、切れ味試験の結果は試験刃物の取り付け位置や角度により大きく変化することを示した⁹⁾。また、試験刃物を切れ味試験機に固定し直すことで、試験刃物と被削材が接触する部位が変化することも切れ味試験結果が変化することとなる。このため、試験は試験刃物を切れ味試験機から取り外すことなく行い、被削材と試験刃物の接触部位が常に一定となるよう試験機のアクチュエータを調整し試験を行った。

2. 2. 3 切断荷重

切れ味試験機では、ガイド機構と重錘を用いた機構によって、試験刃物に一定の切断荷重を付与する方法を採用している。ガイドの潤滑に使用されているグリスなどの油分の粘度は、温度により変化するため、切れ味試験機に取り付けたロードセルにより切断荷重を実測し、温度による変化を観察した。切断荷重の実測値は、恒温恒湿室の送風機から送り出される風や空調機の振動の影響で10~20N程度のばらつきが認められた。このため、50回の荷重測定を連続して行い、その平均を切断荷重として扱うこととした。

3. 結果及び考察

3. 1 温度による切断荷重の変化

図2に湿度50%RHにおける周囲温度と平均切断荷重の関係を示す。

周囲温度の上昇に伴い、平均切断荷重は増加する傾向が認められた。荷重の変化は10 $^{\circ}$ Cから23 $^{\circ}$ Cの区間において顕著であり、23 $^{\circ}$ Cと30 $^{\circ}$ Cにおける荷重の差は認められなかった。切断荷重の標準偏差は30 $^{\circ}$ Cにおいて最小となった。これらの結果は、潤滑に使用されているグリスなどの油分の粘度変化に伴いリニアガイドなどの案内機構の摩擦抵抗が変化したためと考えられる。周囲温度10 $^{\circ}$ Cと30 $^{\circ}$ Cにおける平均切断荷重の差は約0.2Nであった。これは、設定した切断荷重の約2.5%に相当し切れ味試験結果に影響を及ぼすものと考えられる。

3. 2 湿度による切れ味の変化

図3に湿度と平均切れ味の関係を示す。図3より、湿度の上昇に伴い切れ味が高く計測されていることが分かる。一般的な紙の引張り強度は、相対湿度20%RHから40%RHで最大となり、湿度が高くなるにつれて徐々に低下することが知られている。切れ味試験機では被削材を湾曲させた状態で固定するため、被削材には張力が発生し、高湿度の環境では破断しやすくなると考えられる。切れ味が高く計測された主な要因は、湿度の上昇に伴う紙の引っ張り強度の低下であると考えられる。

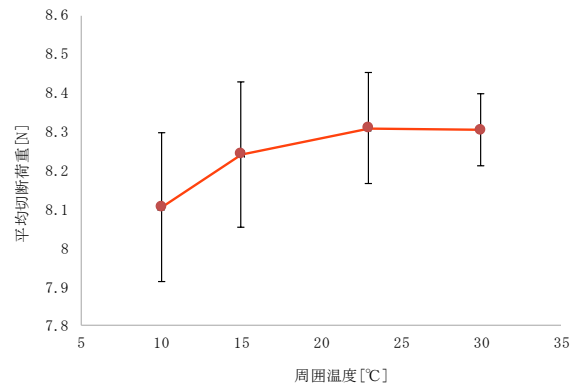


図2 周囲温度と平均切断荷重

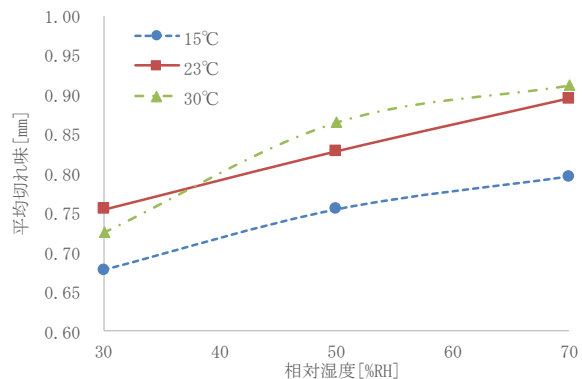


図3 湿度と平均切れ味

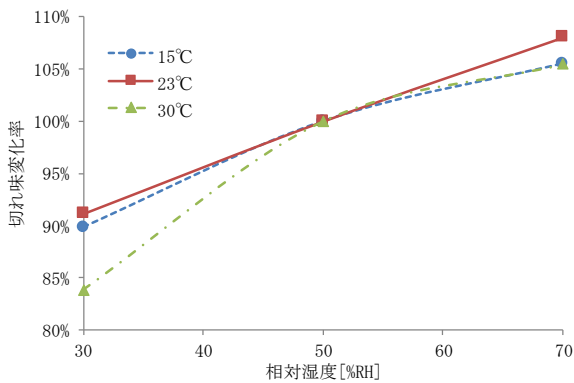


図4 湿度と切れ味変化率

図4に湿度と切れ味変化率の関係を示す。ここで、切れ味変化率は同一の温度環境における50%RHの時の切れ味を基準とした、30%RHまたは70%RHの切れ味の比率である。図から条件によっては湿度の変化により最大20%程度の切れ味の差が生じていることが分かる。

3.3 周囲温度による切れ味の変化

周囲温度と切れ味の関係を図5に示す。温度の上昇に伴い切れ味が高く計測される傾向が認められた。

周囲温度と切れ味の変化率の関係を図6に示す。変化率は同一の湿度環境における23°Cの時の切れ味を基準とした、15°Cまたは30°Cの切れ味の比率である。図から温度変化により最大10%程度の切れ味の変化が生じたことが分かる。また、15°Cから23°Cにおける切れ味の変化に対して、23°Cから30°Cにおける切れ味の変化は緩やかであることが分かる。このことは、図2に示した温度と平均切断荷重の関係と類似しており、温度による切れ味の変化は、切断荷重の変化による影響が大きいものと考えられる。30%RH、30°Cにおいて切れ味がやや減少している理由は定かではないが、温度変化に伴い被削材に使用した紙に含まれる水分が変化し、紙の強度が変化していることが考えられる。

4. まとめ

切れ味試験の標準化を目的に温湿度環境が切れ味試験結果に及ぼす影響を評価した。

切れ味試験機の平均切断荷重は、周囲温度の上昇に伴い増加し、10°Cから23°Cにおける変化が顕著であった。切れ味試験結果は、湿度の上昇に伴い大きく計測される傾向が認められ、30%RHから70%RHの湿度変化により最大20%程度の差が生じた。また、周囲温度の上昇によっても切れ味試験結果が大きく計測される傾向が認められ、15°Cから30°Cの温度変化により最大10%程度の差が生じた。湿度変化は被削材の強度に影響を及ぼし、温度変化は主に切断荷重の変化に影響を及ぼしていると考えられ、これらが複合して切れ味試験結果に影響を及ぼすと考えられる。

温湿度環境が切れ味試験に影響を及ぼすことについて

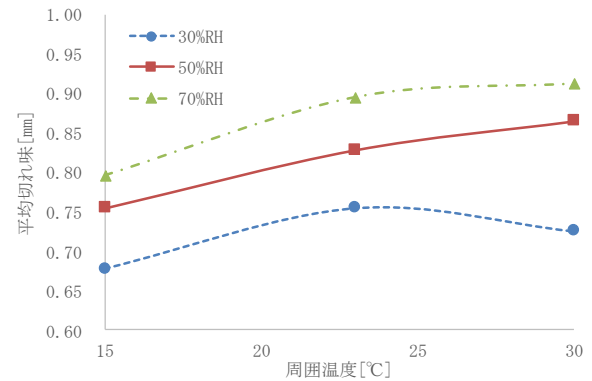


図5 周囲温度と切れ味

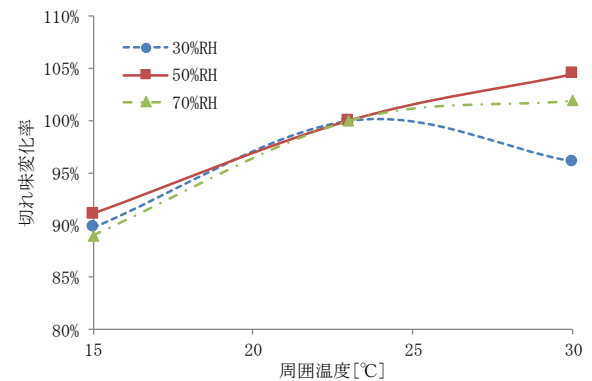


図6 周囲温度と切れ味変化率

は、本多式切れ味試験機を保有する県内外の企業からもしばしば聞くことではあったが、その影響は定かではなかった。本研究により、切れ味試験の精度や再現性において、温湿度環境の整備が非常に重要であることが改めて明らかとなった。

今後は、これまでの研究結果をもとに標準的な試験方法を取りまとめ、開発した切れ味試験機による試験方法の普及を図る予定である。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、各種治具の設計製作並びに試験機制作・自動化にご協力いただきました(株)丸富精工様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第3号, pp1-pp4, 2015
- 2) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第4号, pp3-pp8, 2016
- 3) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第5号, pp5-pp8, 2017
- 4) 武ら, 紙パ技協誌 第18巻第4号, pp19-pp23, 1964
- 5) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第6号, pp11-pp14, 2018