

# 金箔製造のための新澄打紙の開発研究

## —ニゴの繊維を主成分としない新澄打紙の試作と実用化試験—

### はじめに

金沢の伝統産業技術の箔打ちは、職人の技と経験によってナノスケール（元素が数十個並んだ長さ）の厚さまで金を延ばす優れた技術である。その製品である金箔の特性は、箔打ち職人の技術と箔打紙に大きく依存する。箔打紙、とりわけ澄打紙の供給体制の円滑化と整備は、製箔業界にとって緊急の課題である。これまで従来法で製造された「澄打紙」の特性と機能を解析評価した結果、稲わらから取れる長繊維の「ニゴ」の特性が打紙に影響を与えていることが明らかになってきた。平成 22 年から 24 年度の研究結果により、「ニゴ」の繊維の形状と強度および箔打ち機の使用に繰り返し耐えられる強度を考慮した代替材料として、化学実験用のろ紙を提案し、「新澄打紙」として実用化試験を行ってきた。今回、2 種類のろ紙について実用化試験による打紙としての評価、および、それを用いて制作された澄の評価をまとめた結果について報告する。

### 実験方法

#### 1) ろ紙の新澄打紙として実用化試験

澄打職人にご協力をいただき、ろ紙を「澄打紙」として実際に使用することを目指して、500 枚程度のろ紙を用いて紙仕込みを行いそれを打紙として澄打ちを行った。昨年度と今年度で 2 種類のろ紙について打紙としての実用化試験を行った。



図 1. 市販されている定性実験用ろ紙

表 1. 化学実験用ろ紙の特性

#### 標準性能

品名	定性濾紙				硬質濾紙
	No.1	No.2	No.101	No.131	No.4A
JIS P 3801	1種	2種	—	3種	4種
質量(g/㎡)	90	125	80	140	96
厚さ(mm)	0.20	0.26	0.21	0.25	0.12
濾水時間(s) <sup>#1</sup>	45	80	50	240	915
吸水度(cm) <sup>#2</sup>	9.0	8.0	8.0	6.0	4.0
破裂強さ(kPa) <sup>#3</sup>	79	122	127	147	224
湿潤破裂強さ(kPa) <sup>#4</sup>	7	8	34	8	52
保留粒子径(μm) <sup>#5</sup>	6	5	5	3	1
灰分(%)					0.025
最高使用温度(℃) <sup>#6</sup>					120
pH 範囲 <sup>#6</sup>					0~14

<sup>#1</sup> 濾水時間: JIS P 3801(ろ紙(化学分析用))により、ヘルツベルヒろ過速度試験器を使用し、10cmの濾紙面において、20℃、100mLの蒸留水を0.98kPaの圧力により濾過する時間。

<sup>#2</sup> 吸水度: 細長い濾紙を20℃の水中に立て、10分間に上昇する水の高さ。

<sup>#3</sup> 破裂強さ: JIS P 8112(紙-破裂強さ試験方法)により測定した圧力。

<sup>#4</sup> 湿潤破裂強さ: 試料を水に浸漬後、JIS P 8112(紙-破裂強さ試験方法)に準じ、測定した圧力。

<sup>#5</sup> 保留粒子径: JIS P 3801(ろ紙(化学分析用))で規定された硫酸バリウムなどを、自然濾過したときの漏洩粒子径により求めたもの。

<sup>#6</sup> 最高使用温度、pH範囲は、圧力、時間などの条件により異なりますので、目安としてください。

従来の「澄打紙」と比べ、ろ紙は企業が製品の特性を管理しているため、ロットによる製品の特性のバラつきはほとんどないはずである。大きさも注文で望みのサイズにカットされたものが提供される。このように、ろ紙は安定した供給体制を持つことが強みである。現状の金箔製造の装置における使いやすさと金箔を延ばす性質を従来の「澄打紙」とろ紙の打紙を比較することで、ろ紙を「新澄打紙」として使用できるかという評価と得られた澄の製品としての評価を行い、代替材料への可能性を探った。

市販されているろ紙の写真を図1に、その物性表（カタログデータ）を表1に示す。本研究では、No.2とNo.4Aの2種類のろ紙について実用化試験を行い、両者を比較することで最適な代替打紙を考察した。No.2のろ紙は、定性ろ紙の中では厚く、比較的ろ過速度の速いことを特徴とする。一方、No.4Aのろ紙は、硬質ろ紙と呼ばれ、化学的な処理を施してろ紙の表面を硬化させているため、紙質が強靱で表面平滑性に富み、ろ紙表面上の繊維の離脱がほとんどないことを特徴としている。いずれのろ紙も、 $\alpha$ -セルロース〔繊維素（セルロース）の中で、重合度の高い純粋なセルロース〕99%以上のセルロース繊維のみを原料としており、セルロース繊維を主体とすることは従来の和紙の打紙とほぼ同じ成分となっている。

## 2) 紙仕込みについて

打紙とするため、従来の和紙の打紙と同じ方法で紙仕込みを行った。一般的な方法を写真で付録に示す。操作として、灰汁処理した紙を水で湿らせ、これと乾いた紙を交互にして積み重ね、重しをかけて1晩放置しておく。このようにすることで、紙全体を均一でしかも適切な水分量とする。これを箔打ち機で空打ちして、熱がこもったら、紙をはがして放冷し、また重ねて空打をする。これを6、7回繰り返して、紙仕込みを終了した。

## 結果と考察

### 1) ろ紙の厚みについて

今回2つのろ紙について注目したところは、ろ紙の厚みと強度（ろ紙の硬さ）である。No.2のろ紙は125 g/m<sup>2</sup>の質量と0.26 mmの厚みを持つ。一方、No.4Aのろ紙は98 g/m<sup>2</sup>の質量と0.12 mmの厚みをもつ。前年度の取り組みで、紙仕込み後のNo.2のろ紙の厚みが従来の和紙の打紙の2倍以上あり、一度に打てる箔の量が少ないという作業効率の低下と箔を打った時の力の伝わり方が悪いという指摘をうけた。今回これを解決する方法として、薄くて強度のある（紙が硬い）No.4Aのろ紙を試すことであった。No.2のろ紙を紙仕込みすると、紙仕込み前に比べて寸法が大きく変化し、また、厚みが半分程度になってしまう。それでもろ紙の厚みは従来の打紙の2倍ほどであった。今回用いたNo.4Aのろ紙を紙仕込みすると寸法と厚みはあまり変化せず、紙仕込みしやすいことがわかった。実際に銀澄を打ったところ、従来の和紙の打紙で500枚ほど打つことができる条件で、No.2のろ紙で265枚、No.4Aのろ紙で345枚打つことができた。No.4Aのろ紙ではNo.2のろ紙に比べて1回あたりに打てる枚数は増加したが、従来の打紙にはとどかない結果となった。

## 2) 箔の延びについて

No. 2 のろ紙と No. 4A のろ紙を用いて、銀澄の小重に対して使用し澄の延び方を比較した。昨年度と同じ澄打職人に依頼して、澄の延び方を評価していただいたところ、No. 4A のろ紙は No. 2 のろ紙に比べて延びにくいとの評価を得た（図 2 参照）。ろ紙の繊維の束の軸が縦方向と横方向に均一でなく、それが澄の延びに影響を与えていると考えられる。No. 2 のろ紙では小重として十分使用できるとの評価であったが、No. 4A のろ紙表面の硬化処理がろ紙の繊維の束の結束を促し、打紙としての性質を低下させていると考えられる。さらに、No. 4A のろ紙が硬いとの評価も職人から得られた。



図 2. No. 4A のろ紙で打った銀澄

金澄の職人に No. 2 のろ紙について金澄の小重の打紙としての評価をお願いした。職人は、ろ紙が熱く湿りがなかなか取れないため、従来の打紙よりも多めに火上げして紙仕込みを行った。紙仕込み後すぐに一号色の金片を入れて打ったところ、金澄が透けて出まえが悪く最後まで透けが直らなかった。そこで、もう 1 度強めに打ち前して湿りを取り一号色の金片を入れて打ってみたところ、湿りが無くなり金澄の透けが無くなった。しかしながら、従来の打紙に比べて金澄の延びが悪く、均等に延びにくいいため正方形に成形しづらい（打紙の端まで金澄が延びない）との評価を得た（図 3 および図 4 参照）。紙仕込みを繰り返し行っても、No. 2 のろ紙は従来の打紙に比べて厚く、ろ紙の打紙の硬さが気になるというコメントも得られた。



図3. 従来の打紙で打った金澄



図4. No. 2 のろ紙で打った金澄

同じ No. 2 のろ紙を使っても、金澄と銀澄で延びが異なることは興味深い。これらのちがいは、箔の金属の性質と打紙の厚みの関係が重要であると考えられる。金澄は銀澄よりも薄くて柔らかく、同じ強度であれば金澄の方が延びると思われる。しかしながら、No. 2 のろ紙を打紙とした今回の場合、銀澄の方が延びやすいという結果であった。

No. 2 のろ紙を使って三步色の金澄を打つことを試みた。同じろ紙の打紙を使って3回打っていたのだが、金澄はほとんど延びず一号色の金澄よりも延びが悪いという評価であった（図5参照）。三步色の金澄には銀が24%程含まれているため銀箔に近い延びが期待されたが、それとは逆の結果になった。澄打職人は、経験的に箔の種類によって打ち方も変えるといわれる。箔を延ばす機構は複雑であり、単純に強度だけでは説明できないと考えられる。

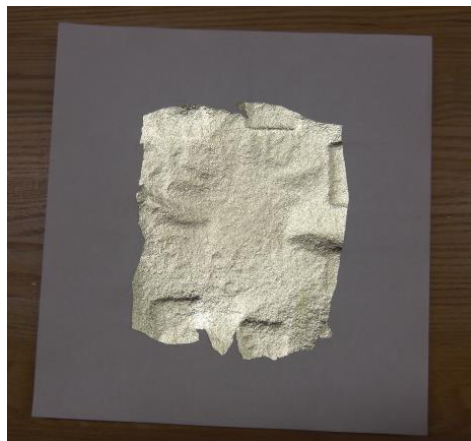


図5. No. 2 のろ紙で打った三步色の金澄

### 3) ろ紙の打紙の耐久性について

No. 2 のろ紙の耐久性について澄打職人に評価していただいた結果、月に2回程度の使用であるが、従来の打紙と同等の耐久性があることを確認した。No. 4A のろ紙の耐久性については、現在

評価中である。

#### 4) ろ紙で打った箔の用途

No. 2 のろ紙を使って打った銀箔は鈍い光沢を持つ独特の風合いがあり（図 6 参照）、七宝焼などの装飾用銀箔として用いられ評価されていることを確認した。



図 6. No. 2 のろ紙で打った銀箔

#### 5) ろ紙の強度について

紙の強度は紙を構成する繊維の物理的性質に影響され、長い繊維が十分に絡み合う時に強い紙が生まれる。これは、紙を構成している繊維の強さよりもむしろ繊維間の物理的あるいは化学的結合の強さに依存すると考えられる。この強度は、破碎度（紙面に圧力を加えていき、どれだけの圧力で破れるかを示す値）や引っ張り強度などで評価される。表 1 よりろ紙の物性値を比較すると、No. 2 のろ紙の破裂強さは 122 kPa、No. 4A のろ紙の破裂強さは 224 kPa であり、No. 4A のろ紙が強いことがわかる。職人の感想を聞いても、No. 4A のろ紙が硬いという評価を得ている。職人の経験から、柔らかい金箔は柔らかい打紙で、硬い銀箔は固めの打紙で延ばすという。銀箔で使用できた No. 2 のろ紙を紙仕込みの操作でもっと柔らかくすることができれば、金箔に適した打紙となる可能性がある。

紙の強度を調整するには、繊維を構成しているセルロース分子間の結合の強さを調整することが望ましい。この結合に関係するものが、水素結合と分子鎖のからみあいである。水素結合は、水分子などの分子間相互作用力として働いている。紙の含水量は紙の耐用性に大きな影響を与えるとされている。これは、水素結合によってセルロース分子が水と結合しやすいためである。水は小さな分子であるため繊維のわずかな隙間に入り込みセルロースと結合して、量が少ない時には接着剤の働きをするが、量が増えるとセルロース分子間で形成されていた水素結合を切断しバラバラに解きほぐしてしまい、最終的には、繊維と繊維の絡み合いまでも崩してしまい紙としての体裁を整えなくなる。したがって、従来の打紙に比べて水分量を多くすることや卵などのタ

ンパク質を含浸させろ紙のセルロース分子間の結合を調整し柔軟にすることで、ろ紙が金澄に適した打紙となると思われる。

## まとめ

今回、化学実験用ろ紙 No. 2（質量125 g/m<sup>2</sup>、厚さ 0.26 mm）とNo. 4A（質量 96 g/m<sup>2</sup>、厚さ 0.12 mm）を新澄打紙として提案し、その実用化試験から澄打紙として評価を澄職人をお願いした。厚みが従来の「澄打紙」よりも大きく作業効率が低下するという問題の解決のため、薄いNo. 4Aのろ紙を試したが、これでも従来の和紙の澄打紙（平均質量 55 g/m<sup>2</sup>、平均厚さ 0.14 mm）を紙仕込みしたあとの打紙よりも厚く、金澄の小重用の「澄打紙」として十分に機能しなかった。紙の質量と厚さから柔軟性のある薄めのろ紙としてNo. 101のろ紙（質量 80 g/m<sup>2</sup>、厚さ 0.21 mm）を次回の実用化試験に用い、職人と協力しながら「新澄打紙」としての検討を継続的に行う予定である。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、石川県箔商工業協同組合および金沢箔技術振興研究所の皆様から、御意見および打紙に関する資料等をご提供いただきました。ろ紙の紙仕込みおよび澄打ちの実用化実験において（有）杉本上澄工業所および藤田製箔所の皆様にご協力をいただきました。さらに、打紙の表面状態の観察に金沢大学大学院塚崎裕希氏のご協力をいただきました。厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 町田誠之著：紙の科学-トイレットペーパーから情報処理まで- 講談社 1981
- 2) 北川和夫著：伝統産業としての金箔製造技術，まてりあ，**33(10)**，pp. 1299-1308（1994）
- 3) 山崎達文著：「製箔に必需の澄打紙復興事業 報告書」平成 21 年 3 月発行
- 4) 小松秀雄著：「和紙あれこれ -金箔打紙との 50 年-」高分子表面研究会講演要旨 2000
- 5) 山岸忠明著：「平成 22 年度研究成果報告書」金沢箔技術振興研究所：pp. 31-43  
平成 23 年 7 月発行
- 6) 山岸忠明著：「平成 23 年度研究成果報告書」金沢箔技術振興研究所：pp. 26-36  
平成 24 年 7 月発行
- 7) 山岸忠明著：「平成 24 年度研究成果報告書」金沢箔技術振興研究所：pp. 23-38  
平成 25 年 7 月発行

## 付録

## 紙仕込みの工程

1) 汁の紙と空<sup>から</sup>の紙をキク状にして行く。



2) 汁の紙を水に付ける。



3) 紙全体に水が浸透したら紙を絞って余分な水を出す。



4) 汁の紙と空<sup>から</sup>の紙を交互に合わせる。



5) 重石をして一晩置いておく。



6) 一晩置いた紙を機械で軽くたたいて、紙に熱が入ったら紙が張り付いてしまうため、紙を剥がして放置する。



7) 1) から 6) の工程を 6～7 回繰り返す。