

インク定着や発色などの印刷適性に優れた和紙の開発

Development of Japanese Paper with Excellent Printability, Ink Fixation, and Color Development

寺田直文

Naofumi Terada

電子・有機素材研究所 有機・発酵担当

因州和紙は、書道用紙の製造で全国 6 割近いシェアを誇っているが、書道人口の減少が進み需要が激減している。産地の特徴である原料配合や墨の滲み制御の技術を生かした新たな用途開発を産地全体で模索している。近年、一般ユーザーや写真家等のプロユーザーからインクジェットプリンターで印刷可能な和紙のニーズが高まっている。そこで本研究では、印刷適性に優れた和紙の開発を検討し、ナノファイバーとナノ粒子を使用することで和紙の特徴である繊維の凹凸を維持しながら、色の鮮やかさを表す分光反射率を向上できることを確認した。

1. はじめに

因州和紙は、主として書道用紙の製造を得意とし全国 6 割のシェアを持っているが、少子化や時代の変化による書道人口の減少が進み需要が激減しており、書道用紙以外の第二の柱となる和紙の用途開発が急課題である。一方、消費者側からは、一般ユーザーや写真家等のプロユーザーから印刷適性の良い和紙のニーズが高まっており、因州和紙産地の複数の製造企業も印刷特性が高い和紙の作製方法を要望している。

印刷の観点から見た和紙は、印刷特性に必要なインクの吸液性は高いという利点をもつ。しかし、和紙特有の特性から発生する欠点も多く存在している。印刷適性を向上するためには、次の 3 つの課題を複合的に解決する必要がある。

- ・和紙は、表面に凹凸があり、空隙が大きいため、インクドット形成不良が多く発生する。
- ・和紙は、繊維が長く、繊維間の結合力が弱いため、繊維の毛羽立ち、滲みが多く発生する。
- ・発色度合を良くするためには、顔料インクが表層に留まることが必要である。和紙は、吸液性が高くインクが紙の表層に留まらず奥に浸透するため発色度合を示す分光反射率は低下する。

本研究では、上記の課題を解決し、和紙の特徴である繊維の表面の凹凸を損なうことなく分光反射率を最大で 10%以上向上させることを目標として、印刷用和紙の研究を行ったのでそれについて結果を述べる。

2. 印刷用和紙の作製方法とその評価方法

2.1 内添法と外添法による印刷用和紙の作製

印刷用和紙（内添法）は、因州和紙で用いられる麻系混合パルプ（坪量：45g/m²）を用いて、図 1 に示す手順で薬剤を添加して、機械抄きにより作製した。また、比較品として、薬剤処理をしていない麻系混抄和紙および楮和紙（手漉き）を作製した。

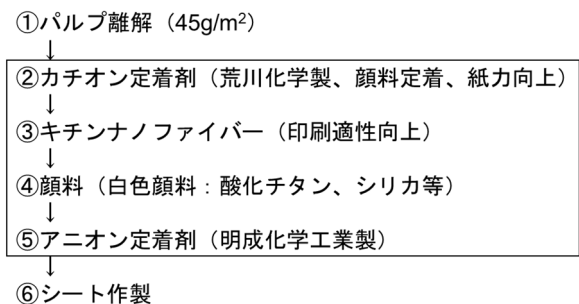


図 1 内添法による印刷用和紙の作製方法

印刷用和紙（外添法）は、薬剤未処理の楮和紙および混抄和紙（楮と麻）に、図2に示す手順で薬剤を処理して作製した。和紙はいずれも手漉きにより作製した。

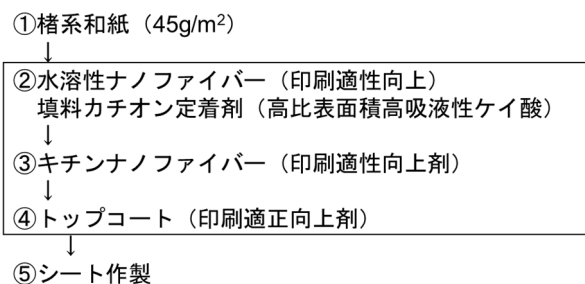


図2 外添法による印刷用和紙の作製方法

2.2 分光反射率測定

調製した和紙に図3に示す黒色、赤色、青色および黄色の4色の顔料インクをImagePROGRAF Pro2000（キャノン（株））で印刷した試料を評価に用いた。また、一般的な被印刷体として市販のインクジェット専用紙（（株）キャノン製純正マット紙）にも印刷し比較試料として用いた。分光反射率は、コニカ・ミノルタ社製測色計CM3700dを使用して表1の条件により測定した。

表1 分光反射率の測定条件

測定条件	
モード	反射率
測定波長	400～700nm
処理法	正反射光処理（SCI処理）
ターゲットマスク	Φ25.4mm



図3 測色計による分光反射率測定に使用するカラーチャート（色の鮮やかさの測定）

2.2 表面構造観察

調製した和紙およびその印刷物の表面状態の観察は、電子顕微鏡（JSM-6490LA、日本電子（株））および電界放出型走査電子顕微鏡（SU5000、（株）日立ハイテク）を用いた。

3. 結果と考察

3.1 印刷用和紙（内添法）の分光反射特性

印刷用和紙（内添法）および比較品（麻系混抄和紙・薬剤未処理）に黒色、赤色、青色および黄色を各色印刷した試料の分光反射率を図4に示す。また、各色の特定の波長での分光反射率を比較した結果を表2に示す。印刷用和紙（内添法）を原紙（被印刷体）とした場合、原色の3成分（赤、黄、青色）の分光反射率は、比較品に比べ、いずれも向上した。特に、表2に示すように、赤色（@660nm）と黄色（@560nm）の分光反射率は13～16%向上し、色鮮やかさが改善されていた。一方で、黒色の分光反射率のほぼ同程度であり、発色の改善（反射率が低いほど良い）はほとんどみられなかった。和紙に薬剤処理することで発色性の改善に繋がっているものの、市販マット紙の分光反射特性（図5）と比較すると、特に青色の発色性の改善の検討が必要であると考えられた。

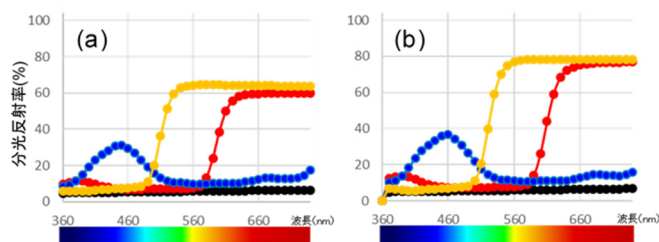


図4 印刷用和紙（内添法）の分光反射特性
(a) 麻系混抄和紙（薬剤未処理）、(b) 印刷用和紙（内添法）

表2 各色の特定波長における分光反射率（内添法）

各色の測定波長	分光反射率（%）		向上率（%）
	麻系混抄和紙（薬剤未処理）	印刷用和紙（内添法）	
青色（@460nm）	29.4	34.4	5.0
黄色（@560nm）	64.3	77.7	13.4
赤色（@660nm）	59.6	75.7	16.1
黒色*	5.7	5.8	0.1

* 黒色の分光反射率は、測定波長域の平均値

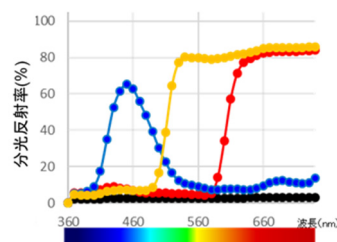


図5 市販マット紙の分光反射特性

3.2 印刷用和紙（外添法）の分光反射特性

外添法の検討では、機械抄紙では難しい楮和紙の印刷適性向上を目的とした。楮和紙（薬剤未処理）および印刷用和紙（外添法）を図6に示す。また、薬剤処理前後での各色の特定の波長での分光反射率を比較した結果を表3に示す。内添法での結果と同様に、特に赤色（@660nm）と黄色（@560nm）の分光反射率は16～18%向上し、原色の3成分（赤、黄、青色）の数値は、薬剤処理後にいずれも向上した。原紙としての楮和紙（薬剤未処理）の分光反射特性（図6(a)）は、内添法の麻系混抄和紙（薬剤未処理）の分光反射特性（図4(a)）と比べて劣るものの、薬剤処理することで内添法での分光特性に近い結果が得られた。また、印刷用和紙（外添法）の原紙を楮和紙から楮と麻の混抄和紙に変更した場合、その分光反射特性（図7）は同等で、原紙の影響は見られなかった。

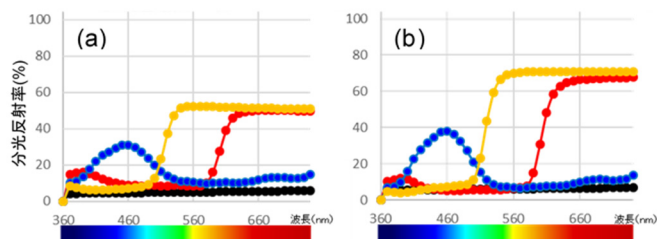


図6 印刷用和紙（外添法）の分光反射特性
(a) 楮和紙（薬剤未処理）、(b) 印刷用和紙（外添法）

表3 各色の特定波長における分光反射率（外添法）

各色の測定波長	分光反射率 (%)		向上率 (%)
	楮和紙 (薬剤未処理)	印刷用和紙 (外添法)	
青色 (@460nm)	29.6	36.1	6.5
黄色 (@560nm)	52.4	70.5	18.1
赤色 (@660nm)	49.9	66.4	16.5
黒色*	5.1	6.1	1.0

* 黒色の分光反射率は、測定波長域の平均値

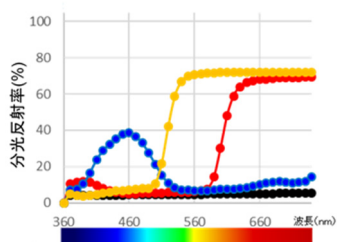


図7 楮・麻の混抄和紙を基材とした印刷用和紙（外添法）の分光反射特性

3.3 原料パルプによる分光反射特性への影響

原料パルプの違いによる分光反射特性への影響を評価した。図8に示すとおり、麻系混抄和紙（薬剤未処理）の分光反射率は、楮和紙（薬剤未処理）に比べて、全体的に向上しており、原料パルプによる繊維径の違いや紙層中の空隙構造が影響していると考えられた。内添法や外添法の加工法の違いによる影響等も含め、さらなる分光反射特性の改善に向けて、原料パルプの最適な構成についても今後も詳細な検討が必要である。

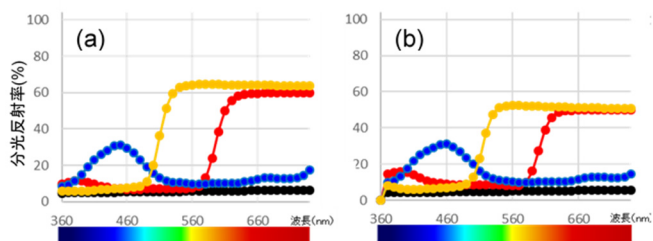


図8 薬剤未処理和紙の分光反射特性
(a) 麻系混抄和紙、(b) 楮和紙

3.4 印刷用和紙の表面状態の観察

麻系混抄和紙（薬剤未処理）および印刷用和紙（内添法）の電子顕微鏡での観察画像を図9に示す。低倍率では繊維の絡み合いや繊維間の空隙等の表面構造に大きな違いは見られなかった。

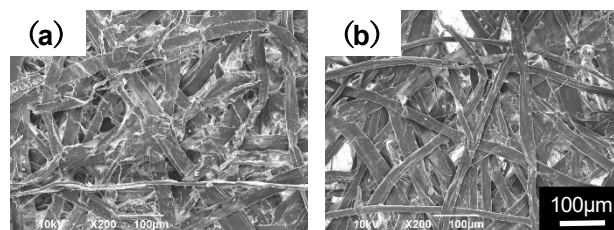


図9 印刷用和紙（内添法）の電子顕微鏡画像
(a) 麻系混抄和紙（薬剤未処理）、(b) 印刷用和紙（内添法）

印刷適性向上剤として添加したキチンナノファイバーが繊維表面でどのように分布しているか確認するために、印刷用和紙（内添法）を電界放大型走査電子顕微鏡（FE-SEM）で観察した結果を図10に示す。図10は10,000倍で繊維1本を拡大した画像である。キチンナノファイバーが繊維表面に絡みついていることが観察され、これにより顔料の定着性が向上し、分光反射特性が向上したものと推察される。

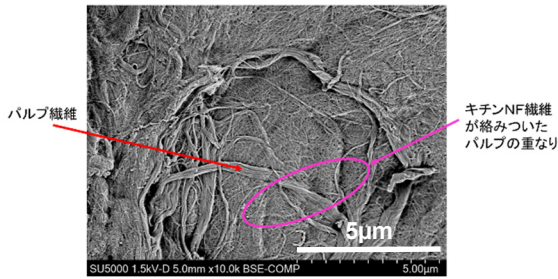


図10 印刷用和紙（内添法）のFE-SEM 観察画像

次に、印刷用和紙（外添法）の電子顕微鏡での観察結果を図11に示す。印刷用和紙（外添法）の表面には、繊維間にコーティング層が形成されているほか、最表面には繊維の重なりや表面の凹凸が観察されており、研究目的の1つである和紙の風合いを損ねないコーティングの状態であることが観察された。一般的に平滑な表面を有するものが分光反射率は高くなる傾向がある。一方で、今回の印刷用和紙（外添法）は、コーティング層の形成により平滑性が向上しているが、その分光反射特性は、印刷用和紙（内添法）より劣る結果となった。この原因についても、引き続き詳細な検討をする必要がある。

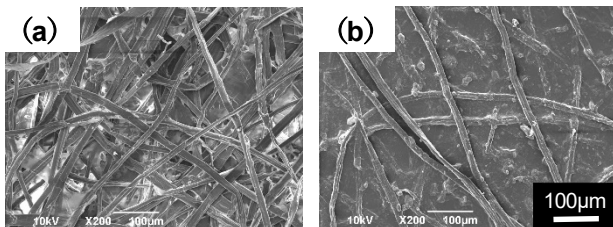


図11 印刷用和紙（外添法）の電子顕微鏡画像
(a) 楮和紙（薬剤未処理）、(b) 印刷用和紙（外添法）

4. おわりに

内添法においては、抄紙前の楮繊維や麻系の繊維等にナノファイバーと酸化チタンかシリカとの複合化物を内添抄紙することにより、色鮮やかさの指標になる分光反射率が向上する条件を確立した。

外添法においては、和紙にナノファイバーとナノケイ酸フィラーの複合化物を外添コートすることにより、測色計で測定される色鮮やかさの指標になる分光反射率が向上する条件を確立した。これらのことにより、

和紙の繊維を用いて内添法や外添法により抄紙または和紙をコーティングすることで、和紙の特徴である繊維の表面の凹凸を損なうことなく分光反射率を10%以上向上（インクの発色性を向上）させた印刷用和紙の製造方法を確立した。

文 献

- 1) 森田直巳他；印刷産業用高速インクジェットにおける用紙とインクの技術，紙パ技協会誌 Vol.6, p.83-88(2017).
- 2) 宮西孝則他；カラー印刷に適した高白色度・高府透明度の中性新聞紙，紙パ技協会誌 Vol.7, p.74-78(2018).