

## 機械漉き和紙への技術革新

### Technological Innovation of Machine-made Washi

稲葉 政満<sup>1</sup>・加藤 雅人<sup>2</sup>

INABA Masamitsu<sup>1</sup>・KATO Masato<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京芸術大学大学院 農博・<sup>2</sup>東京文化財研究所 農博

<sup>1</sup>Tokyo National Univ. of Fine Arts & Music, Dr. Agr.・<sup>2</sup>National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo, Dr. Agr.

和紙・手漉き・機械漉き・製紙技術・長繊維

Washi (Japanese paper)・hand-made・machine-made・papermaking technology・long fibre

#### 1. 機械漉き洋紙技術の導入

1874 (明治7)年有恒社が輸入抄紙機によりわが国ではじめての機械漉き洋紙を製造する。同年紙幣寮が有恒社の輸入抄紙機を借りて雁皮紙を抄いたのが機械漉き和紙の始まりであり、同14年には富士地区の有識者が余剰三極処分のため王子製紙に委託して壁紙をつくったとの記録があるとのことである<sup>1)</sup>。

#### 2. 円網抄紙機による和紙の製造

「ネリ(粘剤)」を用いて紙を抄いたのは1895(明治28)年に原田製紙で水車動力によるビーターと円網抄紙機でナプキン原紙を、続いて三極紙を製造したのが最初である。同年末には真島製紙所が竹簀を巻いた円網抄紙機で模造和紙の製造を行っている。これは機械漉き和紙原料は洋紙原料と較べて長繊維を使用するのでろ水度が高いために、円網抄紙機ではネリを添加して紙料液の粘度を高めないと円網内外の水位差が保てず、金網面への繊維層の付着がうまくいかないからである。

1906(明治39)年、土佐、芸防などで円網ヤンキー抄紙機による和紙抄造が本格化する。薄物では順流式バットに適量オーバーフローさせることで、繊維を流して円網で抄くことが最初の考え方である<sup>1)</sup>。円網抄紙機は地合が取りやすいが、繊維が縦方向に並んでしまう欠点がある。これを防ぐ方法として、円網下部から網の回転方向に向かって繊維懸濁液を流し込む方法も後に開発された<sup>2)</sup>。

#### 3. 楮紙の作成

#### 3. 1 風船爆弾用楮紙製造の試み

第二次世界大戦中に日本軍は風船爆弾を開発し、1944(昭和19)年から1945(20)年春にかけて、9300発を米国本土に向けて発射した。風船爆弾は直径1.0mで、楮紙を2から4層こんにやく糊で貼り合わせて作成した。1個当たり、600枚余の楮紙が必要であった。そのために全国の有力な紙産地で増産に努めたが、坪量が16.2~19.8 g/m<sup>2</sup>あるいは19.8~24.2 g/m<sup>2</sup>とそろった紙で、機械的強度の基準も紙の縦横の強さが引張り強さで1.38あるいは1.69以下などと厳しいものであった。縦横の強度差は美濃のように「十文字漉き」でもともと縦横の差が少ない紙を抄いていた産地はよいが、縦方向を主に抄いていた産地では抄き方から変えることを意味しており、大変苦労したようである。

このことを見越して、楮繊維を機械で抄く方法が検討された。長い大きな紙ならば継ぎ目も少なくなるし、こんにやく糊もクロス製造機で塗布することで均一化が図れる利点もあった。しかし、これまでの常識では繊維が長く、絡まりやすい楮繊維の機械漉きは困難とされていた。また、円網抄紙機ではどうしても回転する網に繊維が引張られながら紙層を形成するために縦横比の大きな紙しかできない。中心的な役割を果たしたのは伊藤覚太郎(陸軍登戸技術研究所技術中尉)であった。小田原製紙(静岡工場)ではバックの中のセックルを研究してこの問題を解決した。考え方としてはヘッドで横に流し、下に板を複数毎置いて、原料を下へ3回ぐらい流すようにすることで、円網の回転方向に対して繊維が横方向に並ぶ割合を増やして縦横比をコントロー

ルしたものであったらしい。また、繊維も切って多少短くしたらしい。

他に日本紙業（伊野工場）、巴川製紙、三菱製紙、高知製紙などで抄いたとのことである。しかし、戦後は楮紙は手漉きの方が良いとのことで、いったん楮紙の機械漉きは中止する<sup>3)</sup>。

### 3. 2 短網抄紙機

昭和26（1951）年に佐野久蔵が開発。網の長さは当時の「物品税」の対象からはずれる20フィート以下となっている。機械がコンパクトで短網抄紙部の最後についているクーチロールで最終脱水された湿紙が直接毛布で搬送されるので、薄い紙でも紙切れしないこと、円網ではどうしても繊維が縦のみに配向しすぎてしまうのを調整できる特色がある<sup>1)</sup>。

### 3. 3 懸垂式短網抄紙機

これを発展させたものとして1957年開発されたのが懸垂式短網抄紙機である。抄紙部を横ゆりすることと、ロールスクリーンの導入で楮繊維を用いた薄い紙の製造を可能にした。なお、開発者の高岡丑太郎は「機械すき典具帖紙の製造」で1956（昭和31）年度に中小企業庁より百万円の技術研究補助を受けている。この開発のポイントについては本特定領域の第2回フォーラムで発表した<sup>4)</sup>。

この機械は安価で、設置面積も小さく、生産量も手頃で手漉きの代替に向いていたため、楮紙のみならず、他の和紙を抄くのに大いに利用されることになる。開発数年後の1960年には少なくとも全国5地域に12台が設置されている<sup>5)</sup>。障子紙製造に本機を用いた山梨県の市川大門地区では1990年前後に18社で23台（内13台は円網とのコンビネーションマシン）が、現在でも11台が稼働している<sup>6)</sup>。

## 4. 合成ネリ（粘剤）の開発

ネリとしてよく使われるトロロアオイは攪拌に弱く、また、夏期はすぐに効果がなくなる問題があった。大橋らがポリアクリル酸ソーダをネリとして使う抄造法の特許（昭30-7903）を得たのに続き、山口らが重合リン酸塩（昭35-204）の特許を得<sup>7)</sup>、その後も開発が進み、現在ではポリエチレンオキシド（PEO 分子量400万～500万程度）とポリアクリルアミド（PAM 同500万～1000万程度で、その15～20%程度を加水分解したもの）が用いられてい

る<sup>1)</sup>。ネリの性能が上がったこともあり、楮紙の製造時でも懸垂式短網抄紙機は横揺りする必要がなくなっている。

## 5. 技術革新への流れ

以上の流れをみると、過剰原料の処理のための試し抄きから始まり、抄紙機械を用いた新製品の開発に移行し、最後に特定の紙の需要の増大に応じる目的での技術革新により手漉きを超えるような製品の製造に成功したことがわかる。懸垂式短網抄紙機は横揺りの機能は合成ネリの開発で使われなくなったが、その扱い易さと低価格のために現在でも小規模製紙所で愛用されている。

## 参考文献

- 1) 堀洗：和紙の科学と技術 b. 機械抄き法、尾鍋史彦総編集「紙の文化事典」、331-338 朝倉書店（2006）
- 2) 小路位三郎、帯川安彦、高橋邦夫：機械すき和紙の製造、「和紙の製造・板紙の抄造」、100-188、紙パルプ技術協会（1985）
- 3) 森沢武馬、高木六郎、信貴英蔵、伊藤覚太郎、砂糖利彦、浜田徳太郎、成田潔英、井出佐重、遠藤湘吉、小路位三郎、中村和、清水静彦、土門勇、渡里今市：座談会「風船爆弾の正体」、紙及びパルプ誌主催（1964.3.24）、300-312、同（2）364-375、同（3）429-438、
- 4) 稲葉政満、加藤雅人：和紙製造技術の革新、文部科学省科学研究費補助金 特定領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—」第2回フォーラム（2006 東京）
- 5) 中小企業庁：機械すき和紙総合診断報告書（1960.3）
- 6) 私信：小林弘史（三郷町立製紙試験場）
- 7) 前松陸郎：合成粘剤の進歩、技術講習会テキスト 和紙製造技術、23-35、中小企業庁、愛媛県（1965）