商品化された機能紙

—機能紙の機能性を総括する—

四国工業技術試験所 小林 良生

愛媛県製紙試験場 藤原 勝壽

Merchandised High-Performance Papers Summarization of Functionalty of High Performance Papers

Yoshinari Kobayashi

Government Industrial Research Institute, Shikoku

Katsuhisa Fujiwara

Pulp and Paper Institute of Ehime Prefecture

The technological history of pulp and paper industry for the last 4 decade years shows that the most marked advance has been brought by use of polymeric synthetic materials in papermaking process. This is co-ordinated with the main concept of High Performance Paper Society, Japan.

To grasp the activities of high performance papers, the questionairing referring to merchandised high performance papers was conducted on main papermaking companies. Informations were also collected from newspapers and journals as well as paper and nenwoven exhibitions. The collected 366 data were classified according to the resemblance of functionalty and high-performance of papers. The classified items were as follows: (1) mechanical characteristics, (2) thermal characteristics, (3) electrical, electronic and magnetic characteristics, (4) optical characteristics, (5) acoustic characteristics, (6) chemical characteristics, (7) biochemical characteristics, (8) aesthetic characteristics and (9) others. The merchandised papers in each item were commented with short notice to make clear the trend of high performance papers in Japan.

1. 紙パルプ分野研究開発の視点のシフト

地球環境保全問題は産業を含めて人類の生活文化の様式に変革を迫っている。紙パルプ産業では、これに対応して資源の問題、生産する紙の種類の構成、異業種分野への更なる進出などの変革を受けるであろうことは想像に難くない。

まず第一に、資源に対しては原料の多様化に対応できるような体質改善であろう。ローマクラブの「成長の限界」以降、最近発表された地球資源の寿命は何らかの手段を講じることがなければ図1(a)のように急激な生産減少で破局を迎えると言う¹⁾。

紙の原料となる木材は再生資源ではあるが、環境保全の立場からは供給量に限度がある。従って使いにくい資源、例えば非木材などの資源の活用を真剣に議論せねばならない時代が近い将来やって来るであろう。我が国は非木材の利用率が先進国の中でもとりわけ少

ない国である²⁾。非木材の資源的重要性については別に論じている³⁾ので本稿ではこれ以上言及しない。

第二には、紙パルプ産業の質的変換の必要性である。素材メーカーの多くは1973年の石油危機以来、その研究開発の重点を構造材料から機能材料に大幅にシフトさせ、今や新素材という言葉が定着している。

紙パルプ産業における構造材料は汎用紙と呼ばれる大量生産の紙である。紙の3大機能と呼ばれる機能を持った紙、つまり情報印刷用紙(writeの機能)、包装用紙(wrapの機能)、そして家庭用薄葉紙(wipe & wasteの機能)である。それに対して機能材料に対応する紙は機能紙(wear, work, witsの機能)である。

それは人間に例えると、人の形を保つ骨格と筋肉に相当するのが、構造材料、生命活動を支える五感、神経、脳などの役目をするのが機能材料である。この両材料は車の車輪の如きもので、産業が発達するためにはいずれもバランスある健全な発達を遂げる必要があ

▼「成長の限界を越えて」が示す2つのシナリオ

図 1 (a) 世界が政策変更ないまま、従来のコースを進む場合。急激な生産減少による破局を迎える

図 1 (b) 人口安定化、資源効率改善、汚染物質削減を行った場合。生産は安定し、全世界は現在のヨーロッパなみの生活を享受できる (グローバルネットワーク, (19), 20(1992)より引用)

る。

しかし、紙パルプ産業の発達の歴史を眺めてみると、それは正しく構造材料としての紙の歴史であり、その技術的進歩とは①より速く、②より大量に、③より省力的に、④より均一にという方向であり、質的な転換が殆どなされていない。

例証を挙げよう。表 1 は 1991 年に紙パルプ予測研究会で報告された「紙パルプの R & D の構造」⁽⁴⁾の中から引用した過去 40 年間の主な製紙技術の進歩を総括したものである。機械設備、電気関係は①、②の進展を図り、計装は③を、品質は④を達成するための技術である。質的転換に属するものは材料と薬品である。

ここで注目すべきことはここに挙げられた技術開発の中で材料分野の進歩が影響力が最も大きな 5 つ* であること。つまり、材料の進歩に基づく質的転換が紙パルプへのインパクトが最も大きいことを意味しているのである。これを更に強調すれば、紙パルプ産業の発展のためには、機能材料としての紙、つまり機能紙

の研究開発に重点をシフトさせる必要があると考えられる。

紙パルプ産業と関係深い繊維産業、高分子産業を眺めてみても、この傾向は明らかである。繊維産業では天然繊維から化合繊、機能性繊維、ハイテク繊維、そして新合繊へと目まぐるしく変転し、同時に非繊維分野への進出が経営体質を変えている。高分子も汎用性から機能性に重点がシフトしている。紙パルプ産業は概して旧態依然とした量的拡大の延長路線の研究開発に始終する傾向が見られるが、やはり見直しは必要である。

「機能紙研究会」は先端技術材料と紙パルプ産業と交流を目的とした活動を意図した研究会である。同会は 30 年は新素材を如何に紙パルプ技術に活かすかという意図のもとに運営を図ってきた。同会は 30 周年を記念して、その現状を展望する目的で、現在我が国の紙パルプ産業でどれだけ材料的進展が見られているか、その現状解析を行う目標を掲げて、現在商品化されている機能紙の実態についてのアンケート調査を実施した。その詳細な解析結果は成書として発刊する作業を進めているが、本稿では速報的にその概要を要約した形で報告する。

2. 商品化された機能紙の調査

機能紙とは何かと言う、定義の問題については既に解説を書いた⁵⁻⁷⁾。端的に言えば、筆者らは「化合繊紙+従来の紙(天然セルロース繊維紙)で特に機能の高いもの(加工紙、特殊紙)」と解している。

ところで、この機能紙は国内でどのように、どんな種類のものがどれだけ生産されているかと言うことになると正確な情報に欠ける。

第一には紙パルプの統計のための分類が 1988 年 1 月から変わった時に、化合繊紙用のレーヨン、合成繊維、皮革繊維が統計対象外となったことにある。印刷・情報用紙、包装用紙などの種類が増え、また海外の統計と整合性を持たせるために、機能紙は雑種紙の部類にグループ分けされ、化合繊紙、和紙などの分類は種別から除外されている。

第二にはその範囲がはっきりしていないことにある。化合繊紙の範囲、また高機能性の範囲いずれもははっきりしないからである。これは機能紙の定義でも紙パルプ事典で様々に記されているように、人により受け取り方が違うのではないと思われる。

生産量の統計がなく、その範囲が明確でない機能紙を何とか明確にする方策はないか。その回答を筆者らは生産者に求めようということになった。1991 年に 30

表 1 過去 40 年間の主な製紙技術

機械設備

- **** 真空技術（サクション・ピックアップ，同プレス，デキュレーター，フェルトクリーナー，通紙装置，フィルター，エバポレーター等）
- *** アプローチ配管系マニホールド前のテーパー管
- *** バッチ系の連続化
- ** 置換洗浄
- **** 油圧技術（プレス加圧装置，クラウン・コントロール，自動機器等）
- ** 遠心鋳造
- **** TMP リファイナー
- **** 酸素漂白
- *** 酸素活性汚泥排水処理
- **** ツインワイヤー，ハイドローリック・ヘッドボックス
- *** ステップ・ディフューザー
- *** エア・フロート・ドライヤー
- ** 赤外線ドライヤー
- ** スチーム・ボックス（効果はあるが使い方に注意）
- ** 中・高濃度スラリー流送・処理
- *** シングルデッキ・ドライヤー（ベル・ラン等）

電気

- **** セクショナルドライブスピード制御
- *** サイリスタ整流器
- **** 微粉炭ボイラー
- *** ディーゼル発電
- *** ガスタービン

計装

- **** 自動制御，リモート・コントロール
- *** 特殊センサーによる品質オンライン測定
- **** プロセスコンピューター
- **** ミルワイド

材料

- ***** 合成樹脂
- ***** 合成繊維による抄紙用具，特殊な構造を含めキャリヤー・ロープ
- *** セラミック

薬品

- **** 界面活性剤
- * アンスラキノン
- ** 中性サイズ
- *** ノーカーボン，感熱紙関係

品質

- *** TQC/TPC
- **** 測定機器（走査電子顕微鏡，液・ガスクロマトグラフィー，フーリエ変換アナライザー，超音波測定器，イメージアナライザー，等）
- *** 現場自動測定機器（ペーパー・ラボ類）

操業

- * サーモグラフィー，流速計
- ** 振動解析機器

（紙パルプ予測研究会資料（1991）より引用）

周年を迎えた機能紙研究会の記念事業として関係生産会社にアンケートを求め、併せて新聞・雑誌などに報じられている機能紙の記事、新素材展、国際紙展示会などでのカタログの蒐集などの手段でデータを集録して、機能紙の輪郭を浮き彫りにさせるように試みることを決めた。

この企画は機能紙研究会の役員会で決議され、1991年秋に機能紙研究会の参加企業に対して一斉にアンケート調査が行われた。得られた回答を筆者らが整理して見ると、延べ366種の機能紙及びその周辺技術の回答が合わせて125社から寄せられた。回答を送られて来る人の機能紙に対する考えの違い、また周辺技術を含有させたために若干曖昧であるが、この集積内容でかなり機能紙のイメージが定められてきたと思われる。ただ、残念ながら生産量は社秘に属するものが多く、一部を除いて明確には出来なかった。

3. 機能紙の持つ機能の分類

機能紙の機能を網羅的に分類することは難しい作業であるが、その分類を通産省基礎産業局基礎新素材対策室が作った新素材の機能分類に準じて大綱を決め、紙に関係しない項目は削除し、また必要に応じて細目を設けて紙に適する機能分類を作製した。

ここで採用した機能分類は次の10項目である。

(1)機械的特性、(2)熱的特性、(3)電気・電子・磁気的特性、(4)光学的特性、(5)音響的特性、(6)化学的特性、(7)生化学的特性、(8)感性機能、(9)複合化機能、(10)機能紙類似製品。

ここで留意しなければならないことは、「機能」と言ってもここでは「性能」をも含ませていること、また(9)、(10)は本来「機能」とは異なる概念に属すべきものである。

加えて、(1)機械的特性は力学的特性と言い換えても差し支えない。(1)~(5)は物理的特性である。物理化学的特性など、これらの両者にまたがるものもあるが、それはその強度を考えて、どちらか一方に分類している。

4. 物理的特性を有する機能紙

4.1 機械的特性を有する機能紙

4.1.1 高強度・高弾性率機能紙

繊維には高強度・高弾性率繊維がある。ポリ(p-フェニレンテレフタルアミド)などのポリアリレート、ゲル紡糸によるポリエチレン、ポリビニルアルコールなどである。

紙の場合にもこれらの繊維からなる紙は製造されて

はいるが、繊維間結合がネックになって、繊維のような強度は期待できない。

アンケートには余り適当ではないかも知れないが、「産業工程紙」に属するものを該当商品とした。アラミド繊維紙などもあるが、これらは強度よりも別の特性を期待していると考えたからである。

「工程紙」というのは剥離紙のなかで合成皮革、ファインセラミックシートの製造などの工程でキャリアーとして使うもので、casting paper と称している。この紙はキャストに繰り返し使用されるため、強度面のみならず、剥離性、ペースト塗工性、耐可塑性、耐溶媒性、耐熱性などが要求される。

4.1.2 耐摩耗性機能紙

高分子材料表面に耐摩耗性コーティング(ハードコーティング)剤を施して表面硬度を向上させることは塗料技術の分野で行われている。

紙素材そのものに耐摩耗性を持たせた「無機繊維紙」、「炭素繊維紙」は制動材、アブレーション材などに使用される。

4.1.3 その他の機械的特性を有する機能紙

「研磨原紙」、耐水・防湿・防塵加工を施した「強化段ボール」、高圧メラミン化粧板用紙、ポリエステル化粧板用紙、ラミネート用コア原紙などの「化粧板原紙」、耐薬品・耐油性のビニロン紙からなる「耐薬品強力紙」などが蒐集された。

4.2 熱的特性を有する機能紙

4.2.1 耐熱性機能紙

紙の主体繊維が有機繊維では耐熱性に限界があり、無機繊維紙、無機物を高度に含有する有機繊維紙がこれに属する。そこで、この場合には構成素材で分類している。「ガラス繊維紙」、「アルミナ繊維紙」、「セラミック紙」、「アスベスト紙」、「炭素繊維紙」、「無機充填紙」、「不燃紙」、「難燃紙」。有機繊維の場合には難燃性繊維、例えば高度難燃化コーデラン繊維、カイノール繊維、ポリエステル繊維、アラミド繊維、ふっ素繊維などから作られる有機繊維紙、耐熱性樹脂、例えばフェノール樹脂を内添した紙などがある。

4.2.2 保温・断熱性機能紙

多孔性のシラスバルーンとバルブからなる断熱材用の「断熱性機能紙」と保鮮輸送用の「保冷段ボール原紙」をこの分類の紙とした。資源のリサイクル時代を迎え、発泡ポリスチレンに替わり、バルブモールドが急速に伸びている。これも緩衝材としての機能とともに保温・断熱機能もある。

4.2.3 熱放射・発熱・蓄熱・吸熱性機能紙

熱の授受に関連した紙である。この分類に属するも

のとしては、「面発熱紙」と「遠赤外線セラミックス紙」がある。

前者は導電繊維と無機繊維から抄造されたもの、紙状の発熱素子、紙状炭素素材、炭素繊維からなるもの、ポリエステルまたはアラミド繊維とスチール繊維、ニクロム線で構成されているものなどがある。

後者は繊維にセラミック粉末を添加して、それを抄造することによって作られたもの。パーマメント用のペーパーなどに用いられる。

4.2.4 感熱性機能紙

熱に反応して変化する機能を持つ紙。これに属するものとしては「感熱紙」、「サーモクロミック紙」、「釉(ゆう)葉紙」がある。

「感熱紙」の場合、ベースとなる基材が天然紙のもの、合成繊維紙のものなどがある。古紙をベースにしたものもある。基紙の上に感熱層があり、発色剤が微粒子状で分散・隔離されている。孔版印刷用製版材料として用いられている感熱孔版原紙もある。ラベル用、ファクシミリ用の感熱紙もある。『情報用紙』(’87年版、紙業タイムス社編)によれば、感熱紙には感熱記録紙、転写型感熱記録紙、通電感熱記録紙、感熱タック・ラベル用紙などの種類がある⁸⁾。

「サーモクロミック紙」は紙の表面にサーモクロミック特性を有する特殊な有機物を塗布している。一定の熱を加えると、有機化合物の結晶が集まり、光の乱反射が起こり字を写すが、更に10℃高い温度では結晶が乱散して字が消える。そこで繰り返し使用が出来る紙が得られている。

「釉葉紙」とは陶磁器の表面に用いられているうわ薬(釉薬)を主原料として、少量の製紙原料とともに湿式抄造した紙のことをいう。この製品の完成で陶磁器製品の大規模化に対応出来るようになった。

4.2.5 熱成型性機能紙

合成繊維は多くの場合熱可塑性である。そこで合成繊維紙は専ら熱成型性を有する。本分類に属するものとしては、「ヒートシール紙」、「立体画像紙」、「成型加工紙」、「スタンパブルシート」である。

「スタンパブルシート」は通常の紙よりは長い繊維長の繊維をポリプロピレンの粉末と発泡湿式法でシート化してプレスしたもので、厳密には紙とは言えないのであるが、湿式でシート化するという点で、本稿では機能紙の一ジャンルとした。

「ヒートシール紙」はティーバッグ用紙、コーヒーフィルター、乾燥剤袋用紙などに使用されている。アイデア商品としてはハガキを2枚をヒートシールさせて、ハガキの内容を封書並に使えるようにしたものがある。

「立体画像用紙」とは発泡性マイクロカプセルとアクリル系の熱可塑性樹脂を混合塗布した紙で、加熱により膨潤し、立体画像が浮かび上がるようにした紙である。

「成型加工紙」とは合成繊維の熱可塑性の特徴を充分に発揮させた紙で、ポリ塩化ビニルを含有するため、熱に敏感で成型加工・収縮加工が出来る。

4.2.6 その他の熱的特性を有する機能紙

ここには「金属繊維焼結紙」と「熱転写紙」を入れた。

前者はステンレス鋼繊維を焼結してシート状にし、フィルター材、導電性シートなどに用いるもの、後者はインクリボンを使用したカラー熱転写用の記録用紙などである。

4.3 電気・電子・磁気的特性を有する機能紙

4.3.1 導電性機能紙

本分類には「静電気除去用紙」、「導電紙」、「超電導体紙」、「放電記録紙」、「金属メッキ紙」が入っている。「静電気除去用紙」はIC、LSI、IC実装基板等の電子部品の包装材、磁気テープ、磁気デスク、光ディスクの包装材などに使用されている。導電性を持たせるために金属繊維、炭素繊維などを用い、紙の表面電気抵抗を $10^3 \sim 10^7 \Omega$ と極めて低くしている。

「導電紙」も「静電気除去用紙」に類似した特性を持つが、更に導電性が高い。電磁波シールド用壁紙の裏打ち紙、導電テープ、導電性化粧板などの原紙に用いられている。これも電子部品、電子機器製品の包装材、音響機器の電磁波障害対策などに使用される。

「超電導体紙」は木材パルプと超電導酸化物粉末とを混合した状態で抄造したもので、超電導特性を示す。

「放電記録紙」は記録紙の表面に電流帰路電極を置き、帰路電極と記録電極との間に直流または交流の信号電圧を印加する。電圧の印加によって絶縁破壊が起こり、黒色有色層が露出して文字なり画像なりが記録されることになる⁹⁾。情報用紙の一種である。

「金属メッキ紙」は紙の存在下で化学メッキするものである。Pdコロイドの吸着部位を変えることで紙の全体、内層のみ、表面層のみと選択的にメッキが出来る。

4.3.2 磁性機能紙

この分類に属するものは「磁気記録紙」のみであった。磁気カードはテレホンカード、JRのオレンジカードなどプリペイドカードは日常生活に広く浸透して来ているが、基板に紙を用いた磁気カードはPET基板のものと比較してコストが1/3以下である。磁気切符、航空搭乗券、高速道路通行券、駐車券など広く使用されている¹⁰⁾。

4.3.3 電気絶縁性機能紙

これに属する商品は極めて分類がし難かったので、ここでは(1)用途別と(2)構成化合物別の二本建てにした。

(1)のグループとしては「コイル用絶縁紙」、「ケーブル用絶縁紙」、「電池セパレータ原紙」、「コンデンサー用絶縁紙」、「変圧器層間絶縁紙」、「プリント基盤原紙」である。

(2)のグループとしては「無機絶縁紙」、「セルロース系絶縁紙」、「ポリオレフィン系絶縁紙」、「ポリエステル系絶縁紙」、「アラミド系絶縁紙」がある。

当然のことながら、(1)と(2)は相互に交差している。紙は薄く、且つ均質なシートに抄造出来、絶縁性が高いと言う点でこの分野では大きな用途をなしている。特にコンデンサーなどの絶縁紙では、電解液を含浸できるということでフィルムでは代替出来ない。電池用のセパレータについては、岩城の総説¹¹⁾を参照して頂きたい。マンガン乾電池においてアルカリ性のものはセルロース繊維紙では耐久性がなく、ポリビニールアルコール繊維紙などが使用されている。プリント配線板などの積層板ではクラフト紙、リントー紙、ガラス繊維紙にフェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂などを含浸させた基材から構成される層状構造の複合材料である¹²⁾。

4.3.4 電磁波絶縁性機能紙

この分類では電磁波シールド性を持つ紙のみならず、不織布、フィルムを蒐集した。相互に競合関係にあると考えられるからである。紙の場合、導電性繊維には無電解メッキ、コーティングで導電性フィラーを合成し、金属繊維を用いたりして、それらを混抄することで導電性を持たせ、電磁波シールド特性を誘導させている。用途としてはフロッピーディスク保護ケース、ブリペイドカード保護ケース、磁気テープの保護用など。

4.3.5 その他の電気・電子・磁気的特性を有する機能紙

ここでは「電子黒板用スクリーンシート」を挙げた。

4.4 光学的特性を有する機能紙

光学的特性としては「感光性」、「光透過・反射性」、「発色性」及び「その他」がアンケート調査では浮かび上がった。

4.4.1 感光性機能紙

アンケート調査では「遮光紙」、「印画紙」及び「紫外線検知紙」が本分類に該当している。

「遮光紙」とは感光材料向けの遮光容器用のライナー原紙である。「印画紙」には感光剤の種類によって、ジアゾベースのものと銀塩ベースのものがある。ジアゾ

方式は青焼きと呼ばれているが、PPC(ゼログラフィー:ゼロックスの方法)に置き換えられている。銀塩方式は各種のハードコピー用感光材料が採用されている(表2)¹³⁾。「紫外線検知紙」はUVランプの劣化度をチェックするためのものである。

4.4.2 光透過・反射性機能紙

本分類には「情報紙」、「透き入れ紙」、「透明紙」及び「コピー不能紙」を入れた。

ここの「情報紙」にはさん孔タイプライター用の紙、OMR(optical mark reader)、OCR(optical character reader)用の用紙を集録している。この類の情報システムではPOSシステムが広くスーパーマーケットなどで普及している。

「透き入れ紙」は透かしを入れた美術紙、また乗車券などは偽造防止である。

「透明紙」は古くはコピー紙と呼ばれていた紙の一群があったが、一種のトレッシング・ペーパーなどである。設計製図作業などに用いられる。大変興味があるのが「コピーできない紙」がある。紙の上にアルミニウムを蒸着させて形成させた構造になっている。

4.4.3 発色性機能紙

発色の発現を誘起することが出来る物質を繊維、紙に塗布したり、抄紙時に混抄したりしている。発色の誘起の違いによって名前が異なる。光で着色が惹起される「フォトクロミック紙」、熱で惹起される「サーモクロミック紙」、また光を照射したとき燐光を発生する「燐光紙」などがある。

4.4.4 その他の光学的特性を有する機能紙

この分類には「虫眼鏡付きの名刺」などが集録されている。

4.5 音響特性を有する機能紙

音波の伝達に対する紙の機能としては音波伝達性機能紙がある。第一にはこれを積極的に阻止する役割、つまり遮音であり、第二には伝播を積極的に助成する役割がある。従って、前者は「遮音制振紙」であり、後者は「スピーカー振動板紙」である。「制振紙」関連では紙ではなく、鉛繊維の不織布が集録された。スピーカーコーン紙としてはチシマ笹からパルプ、ホヤのセルロース、アルギン酸繊維からの紙などがある。

4.6 その他の物理特性を有する機能紙

これには放射線に対する特性、重量、特に軽量、緻密性に対する特性、物質移動性に対する特性、圧力応答性に対する特性、力学的緩衝性に対応する特性など諸機能を有する機能紙が挙げられている。

物質移動性は紙の三大機能のうちの一つ、wipe & wasteに相当し、「ワイピング紙」が集録したものの大

表 2 ハードコピー用感光材料

種類	感 度		解 像 度 本/mm	写真処理 など	アクセ ス タ イ ム s ⁻¹	特 徴	用 途
	ISO	* mJ · m ⁻²					
熱現像銀塩感光紙	10 ⁻³ ～10	10 ³ ～10 ⁻¹	100 ～1,500	加熱(120 ℃)で現 像・定着	約 10	システムが簡単	CRT, ファク シミリなど
拡散転写印画紙 (白黒)	10 ⁰ ～ 3,000	10 ⁻² ～ 3 × 10 ⁻³	20～22	湿 式	1～17	従来の銀塩の特徴を生かし 処理時間が大幅に短縮され ている	CRT, その他 のインスタ ント写真
RS プロセス (Itek 社)	1	1	400～600	湿 式	60	銀塩・非銀塩の混合システ ムで物理現象で画像を得る	マイクロフ ィルムリー ダー プリンター 用紙など
カラー印画紙	100	10 ⁻²	20～50	湿 式	60～180	良好な画質	複写機用カ ラー・ハー ド コピー
インスタントカ ラー写真(拡散 転写法)ーフィ ルムまたは紙 ベースー	160 ～800	1.6～ 8 × 10 ⁻²	10～15	湿 式	1～17	短時間に非常に良好なカ ラー画像が得られる。CRT からの画像(コンピュー ターグラフィックなど)に 好適	CRT, その他 のカラー・ インスタ ント写真

(「情報用紙」(87年版)より引用)

部分であった。

また、力学的緩衝作用機能とはクッション作用で、近年発泡ポリスチレンなどのプラスチックが廃棄物処理の関連でリサイクル性あるものに置き変わりつつあり、再び木材からの「パルプモールド」が注目を浴びてきている。

圧力応答性機能紙には「感圧紙」がこれに該当する。

5. 化学的特性を有する機能紙

化学的特性と言うのも物理的特性と並んで範囲は広いが、ここでは便宜的に(1)化学的反応性、特にイオン交換反応性、(2)流体の成分の吸脱着、(3)液体の成分の分別、濾過作用、(4)接着、粘着、接合、剥離性など物の接合・剥離に関連する物理化学的特性、(5)水の吸脱着に関する特性、(6)耐油、吸油、撥油など油に対する特性、(7)耐薬品、耐環境などに関する特性、(8)その他に分類した。

更にこれをまとめれば、(1)、(2)及び(3)は分離作用に関連した機能であり、(4)、(5)、(6)は物質の化学結合性に関連した機能であり、(8)は薬品に対する抵抗性に関

する機能である。

5.1 イオン交換性機能紙

繊維状イオン交換体を使用した濾紙であり、アルギン酸繊維紙やセルロースをイオン交換基で化学修飾した紙がある。イオン交換基では特にキレート基のものが有効で、イミノジ酢酸基、スルホン酸ソーダ基、4級アンモニウム基などが導入基である¹⁴⁾。

5.2 気体の吸脱着性機能紙

この分類に属するものとしては、機能分類では「消臭紙・脱臭紙・防臭紙」、「鮮度保持紙」、「吸湿紙」であり、構成分類として「活性炭繊維紙」を加えている。

「消臭紙・脱臭紙・防臭紙」は構成繊維の内部あるいは表面に脱臭機能を有する化合物を付加したもの、あるいはその化合物を抄紙時に抄き混んだり、出来た紙に塗工、含浸させたりしたものである。脱臭繊維は信州大学の白井教授により金属フタロシアニン含有の繊維が有効であることが明らかにされ、それが紙の構成繊維となっているものもある¹⁵⁾。その他、粉末状吸着剤として活性炭、ゼオライト、アミオン、オルソ燐酸アルミニウム、液状物ではL-アスコルビン酸/硫酸第1

鉄などがあり、これらを紙に混抄、塗布、含浸などを行って製造する。その他には植物抽出物系の脱臭紙もある¹⁶⁾。

「鮮度保持紙」に於ける機能としては大別すると三つ程ある。第一は水分の揮散防止、第二には細菌の侵入阻止、第三には熟成促進ガス（エチレン、酸素など）の吸着である¹⁵⁾。目的は果物・野菜などの包装材料として用いられている。

「吸湿紙」は「除湿紙」とも言われ、塩化カルシウムなどの吸湿剤を含浸させた紙が主体で、医薬品、ビデオテープ、写真フィルムなどの防湿梱包、コンテナ等の結露防止などに使用される。食品用50%、医薬用30%、その他吸湿性フィルム、機器梱包用、押し花台用紙などである¹⁷⁾。

「活性炭繊維紙」は「活性炭素繊維紙」と同意義である。前者は通常粒子状をしている活性炭に繊維形態をとらせ（繊維状活性炭）、それを紙状にしたものの義である。つまり活性炭の延長概念として捉えたものである。

他方、後者は炭素繊維の延長概念で、炭素繊維を賦活化した繊維が活性炭素繊維で、それをシート化したものである。空気の新浄化ばかりでなく、水の浄化などにも用いられている。

5.3 気体透過性機能紙

これに属するものとしては(1)エア・フィルター紙、(2)障子紙、(3)環境調整機能紙、(4)除菌紙、(5)透過性制御機能紙が採録された。

「エア・フィルター紙」は一種の防塵フィルターでダスト、ヒューム、煙、ミスト、霧、時にはスモッグなどエア中に浮遊する粉塵を内部濾過方式で除去するものである¹⁸⁾。これにはULPAからHEPAまでの主としてガラス繊維紙またはガラス繊維／ビニロン繊維混抄紙、パルプとレーヨンのマスク用混抄紙、コットンリンターからなる自動車用フィルター紙、またエレクトレット繊維を用いて静電的に空気中の微粒子を除去するエア・フィルター（図2）、更に吸着機能を持つ上記の活性炭素繊維紙などがある。用途としてはビル空調、クリーンルーム、バイオハザード対策、原子力施設など。性能面での要求特性は①先端的な超清浄空間の創出のために、捕集粒子径が $0.01\mu\text{m}$ 程度までの除去、②圧力損失の低減化による省エネルギー化、③寿命の延命化による長期信頼性の確保である。

図2 エレクトレット繊維の概念図
（「高分子新素材便覧」より引用）

「障子紙」は空気の通過機能と言うよりむしろ保持遮蔽機能と言うべきであろう。我が国全体で年産約5,000トンであるが、これもレーヨン紙、ビニロン紙、ポリエステル紙など化繊紙の分野の進出が見られる。

「環境調整機能紙」とは熱透過性と透湿性を利用した熱交換器の機能を持つ紙製品、除塵用のユニットなどである。後者は「エア・フィルター紙」の範ちゅうに分類した方が適当かも知れない。

「除菌紙」も生化学機能紙に分類した方が適当とも考えられる。菌体は粉塵に付着して浮遊しているので、粉塵を除去すれば除菌機能をほぼ満足させることは出来る。この範ちゅうの機能であれば「エア・フィルター紙」と差はないわけであるが、除菌紙の場合は粉塵除去機能に加え、殺菌ガス、例えばエチレンオキシドを通過出来る程度のポアサイズの気孔を保持しなければならない。また、表面に殺菌剤などを保持させた紙もある。これなどは生化学的特性機能紙の内の「抗菌紙」に分類した方が適当かとも思われる。

「透気性制御紙」は「気体バリア紙」とも言えるものである。それは何らかの方法で紙の表面加工を施し、その透気度を制御したものである。セルロース／化繊混抄紙にビスコース加工したものは、ビスコースの濃淡で透気度を制御できる¹⁹⁾。

5.4 液体選択透過性機能紙

この分類に属するものとしては「液体フィルター紙」及び「イオン交換吸着紙」である。しかし後者は5.1に分類した方が適当であろう。

「液体フィルター紙」はコーヒーフィルター紙などの固・液の分離用、油水分離用フィルター紙のように液・液の分離用など不均一系の分離に用いられる紙である。また、逆浸透膜のサポーターなどの用途もある。コーヒーフィルターはコーヒーのドリップ式濾過法に用いられるもので、濾過速度の制御と食品衛生上の有害物の溶出のないことが条件となっている²⁰⁾。

「イオン交換吸着紙」は均一溶液から特殊なイオンを除去するための紙である。

5.5 接着・粘着・接合・剝離機能紙

この分類に属するものとして「粘着紙」、「ヒート

表 3 粘着紙に要求される主な品質

- 1) 粘着性（感圧接着性）
（貼付性，タック，粘着力，保持力）
- 2) 粘着剤の耐ブリード性，耐はみ出し性
- 3) 印刷適正
- 4) 耐カール性
- 5) 打抜き，ミシン目加工性
- 6) ラベラー適正
- 7) 耐候性
- 8) 保存性
- 9) 再剥離性
- 10) 被着体非汚染性

シール紙，「感圧シール紙」，「接着機能活用紙」及び「剥離紙」を挙げている。

「粘着紙」は表面基材として紙を用い，その上に粘着剤を塗布し，更に剥離紙で抑えた三層構造のものである。表面基材には上質紙，コート紙，キャスト紙及び特殊機能紙（アルミ蒸着紙，アルミ箔ラミネート紙，無塵紙など）を用いる。粘着剤は機能に応じて永久粘着タイプと再剥離タイプを使う。粘着紙に要求される特性は表 3 のような諸項目である²¹⁾。

「ヒートシール紙」は合成繊維からなる紙の特徴である。セルロースからなる紙の場合には熱溶解性フィルムを張り合わせた加工紙などが用いられる。封書型のはがき，ティーバッグ，帯封用紙などに用いられる。

「感圧シール紙」は一種の粘着紙であるが，強い圧力を用いたときにシール性が発揮する点が単なる「粘着紙」と異なる。

「接着機能活性紙」とは筆者らが命名した分類であるが，一種の加工紙である。精米用パッケージ袋，香り保持紙として使用される。「剥離紙」は「粘着紙」と対をなす。粘着ラベル・シール，両面粘着テープなどに使用されている。

5.6 水溶解性機能紙

水に溶解する紙には大別して二種類ある。紙を構成する主体繊維が溶解するものと繊維間結合を形成しているバインダーが溶解するものである。前者は文字通り水溶解性であるが，後者は紙の形態を失うだけで繊維が分散するだけである。

この分類に属するものとしては「衛生材用紙」と「機密文書用紙」が挙げられている。

「衛生材用紙」はトイレット用紙で，使用後水洗出来る紙である。

「機密文書用紙」は用済み後に水で溶解出来る用紙

で，使用後の処理過程が前者と類似している。

5.7 吸水・保水性機能紙

吸水性ポリマ，吸水性繊維を活用した紙である。これについては筆者の解説を参照して頂きたい¹⁵⁾。食品，農園芸，建築，サニタリー，土木，工業分野で広く用いられている。本分類は「吸水性用紙」と「保水性用紙」の二つに分けている。典型的な用途のなかで，紙おむつ，生理用品，結露防止用，鮮度保持用などは前者の紙である。後者の紙としては育苗用，調湿用，お絞り用などである。

5.8 防水・耐水・撥水性機能紙

この分類に属するものとして「耐水性印刷用紙」，「耐水性包装用紙」，「防水紙」，「撥水紙」及び「耐水紙」が挙げられる。

「耐水性印刷用紙」とはクリーニング用のタグ用紙，ポスター，ステッカーなどの用紙，地図用紙などである。これと同じ性質ながら，機能を包装，つまり wrap に求めたのが「耐水性包装用紙」である。木材パルプ紙の場合には，紙面を水不溶性の均一連続皮膜で加工した紙を「防水加工紙」と言うが，撥水剤，樹脂加工を施したのもも防水効果があるので「防水紙」の中にいれている²²⁾ということである。

「撥水紙」も「防水紙」も類似概念であるが，紙の表面にシリコンなどを塗布したり，練り込んだりしている。「耐水紙」は化合紙からの紙は一般に水に強いが，木材パルプ紙では紙加工，例えばフィルムとの張り合わせ（ラミネート），樹脂の塗工などを行う。

5.9 耐油・撥油・吸油性機能紙

この分類は油に対する紙の特性で分けている。これには「耐油紙」，「撥油紙」と，これに全く逆概念の「吸油紙」を挙げている。

「耐油紙」とは紙への油の浸透速度が小さいか，あるいは殆ど透過しない性質を持つものである。木材パルプ紙の場合にはメチルセルロース，カゼイン，でんぷん，PVA などの水溶性皮膜形成剤の水溶液を塗布するかポリ塩化ビニリデン，ふっ素樹脂のエマルジョンを塗布，含浸させた加工紙を指している²²⁾。ファーストフードの直接包装材などに利用されている。

「撥油紙」もこれと類似した紙の概念である。

「吸油紙」は合成繊維紙，特にポリオレフィン繊維紙からなるものが多く，オイル漏れなどの事故に用いられる。

5.10 耐食・耐薬品性機能紙

この分類に属するものとして「耐薬品性紙」と「防錆紙」を挙げている。これは紙自体が薬品に対して抵抗性が強いものと言う概念と，紙に包まれたものを化

表 4 VCI 紙に対する米国規格の品質規定

項 目	Type	Class	要 求 事 項
銅 と の 共 存 性	I . II	1.2.3	点食, 侵食, 過度の変色がないこと* ¹
気 相 防 錆 力	I . II	1.2.3	点食, 侵食, 腐食がないこと* ²
暴露後の気相防錆力	I . II	1.2.3	60℃, 50% RH, 100 ml/min の空気流中に 288 時間 (12日) 暴露後, 気相防錆力 (VLA) に合格すること* ¹
接 触 腐 食 性	I . II	1.2.3	65℃, 30 min 後, 50℃, 65% RH に鋼は 20 時間, アルミニウムは 72 時間保持し, VCI 紙と接触部分に腐食, 点食, 侵食なし
耐 ブ ロ ッ キ ン グ 性	I . II	1.2.3	層状剝離, 引裂け, はげ落ちがないこと* ²
マ ー キ ン グ の 耐 水 性	I . II	1.2.3	印刷マークが水により悪影響を受けないこと
強 度	I . II	1.	破裂強さ (PSI) * ³ 110 以上
	I . II	2.	41~60 40 以上
	I . II	3.	20~40 12 以上
	I . II		
バリアー材との共存性	I のみ	1.2.3	剝離, 膨潤, 脆化, 溶解など, その他バリアー材の有用性を損なうような品質劣化がないこと
長 期 防 錆 力	I . II	1.2.3	密着包装で 12 ヶ月保存後, 鋼に発錆がないこと

*¹メタノールを含ませたガーゼで除去可能なステインは除外する。

*²Style C と D には適用しない。

*³クレープ紙の値は, 平板の 50% とする。

(「精密機器・電子機器包装ハンドブック」から引用)

学変化から保護するとの概念を包括した分類にしたためである。

「耐薬品性紙」としては紙の主体繊維が耐薬品性が高いもの, 例えばふつ素繊維, ビニロン繊維, アラミド繊維などがある。用途としてはガスカート材, パッキング材, フィルター材, セパレート材, 絶縁材料(テープ, 基板類), 包装材料, 医療材料などである。紙の分野と関係して用いられる防錆剤は常温で気化性のもので, この気化性防錆剤 (volatile corrosion inhibitor: VCI) を塗布または含浸させた紙が「防錆紙」である。この品質は JIS Z 1535 に規定されている。ここでは米国の VCI 紙の規格を表 4 に示す。代表的気化性防錆剤は亜硝酸ジシクロヘキシルアンモニウム (DICHAN), 銅用ではベンゾトリアゾールである²³⁾。塗工法では中性紙に DICHAN の微粒子をバインダーで接着している。含浸型では比較的溶解度の高い VCI の高濃度溶液に含浸させて造る。

5.11 その他の化学的特性を有する機能紙

ここでは「特殊情報紙」と「紙石鹼」を挙げている。「特殊情報紙」としてはカラー電子写真用記録紙, 水筆用紙などである。

「紙石鹼」は紙に石鹼液を含浸, 乾燥させたものである。

6. 生化学的特性を有する機能紙

生化学的分野の機能紙に関しては, 筆者はこれまでバイオペーパーの名称のもとにいくつかの総説で, その進歩を追跡してきた^{15,24,25,26)}。本稿においては, 生化学特性をメディカル分野を含めて次のように分類した。(1)薬理作用・生理活性機能紙, (2)創傷被覆紙, (3)生理検査・遺伝子工学用機能紙, (4)微生物分解性機能紙, (5)防虫性機能紙, (6)生体機能模倣性機能紙。

6.1 薬理作用・生理活性機能紙

これは筆者が今までメディカルペーパーの名称を与えていた分野である。ここでは「抗菌紙」のみが採録された。上記の総説では「滅菌紙」, 「無菌的被覆材」などの名称が使われた。

6.2 創傷被覆紙

通常, 「人工皮膚」と呼ばれているものである²⁷⁾。ここではキチン繊維からなるシート及びアルギン酸繊維からなるシートを例示した。

6.3 生理検査・遺伝子工学用機能紙

「生理検査紙」とは臨床化学検査に使用する試験紙で、臨床化学ではドライケミストリー法と言う分野に入る。種々の酵素、発色試薬などを紙に塗布または含浸させて呈色させる。尿検査試験紙などがその典型的な例である。

「遺伝子工学用機能紙」とは遺伝子工学分野に用いられている紙である。例えばm-RNAだけを簡単に抽出する濾紙などである。

6.4 微生物分解性機能紙

この分類には「天然ポリマーシート」と「育苗紙」を挙げている。

現在廃棄物問題はその量の大ききことと地中でも分解されないことが最大のネックである。特にシートの場合に問題になるのは地中で微生物が分解出来ないこと。このためにポリマーの世界、特にプラスチックの分野では極めて大きく問題視されている。そこで生分解性プラスチックが急速に重視されるに至った。

生分解性フィルムは大別すると①微生物産生のポリマーからの構成、②微生物分解型の合成高分子からの構成、③天然高分子からの構成に分かれる。③の代表例はセルロース微粉末とキトサンの微粉末からなる複合シートで、水を用いてシート化することは製紙技術と同じであるが、繊維形態ではないため水を濾過できないことが同法と異なる²⁸⁾。この例が「天然ポリマーシート」である。紙と称するためには構成ポリマーのアスペクト比が小さ過ぎる。

一方、この系は不織布のバインダーとしても利用出来る。不織布原料に生分解性繊維を用いると、このバインダーで自然分解性の成型体が出来る。この成型体は農業用に適している。この典型的原紙が「育苗紙」である。

6.5 防虫性機能紙

紙に防虫剤を直接あるいはマイクロカプセルなどに包括させて塗布、含浸させたものが本分類に属する紙である。「防虫紙」と呼ばれている。和紙の「黄紙」とは紙に黄ばくで染めたものである¹⁵⁾。

6.6 生体機能模倣性機能紙

バイオミメティクスとは生物の機能を人為的に模倣する技術である。これには例えば人工酵素、酵素センサー、人工肝臓、人工骨などがある。酵素、微生物、動植物細胞などを固定化して使う生体触媒はバイオリアクターと呼ばれる。紙を構成する繊維に酵素、微生物、動植物細胞を固定化したものをシート化したり、また紙に塗布、含浸させたものは表面積の大きな「バイオリアクター」である。このものは紙特有の多孔性

であり、通液もよく効率的な反応器である。

7. 感性機能を有する機能紙

感性は機能と併存することの出来る特性である。従って筆記・印刷機能と美感を兼ね合わせた紙、包装機能と美感を合わせ持つ紙などがある。

アンケート調査での回答の中では(1)印刷機能紙、(2)包装機能紙、(3)天然品擬似機能紙に分けて紹介している。

8. 全機能紙分野をカバーする成書に向けて

これまで紙の機能に着目して「加工紙」、「特殊紙」というような分野の書物は若干発行されている²⁹⁾。また、「機能紙」の成書も幾らか発刊され、更に多くの総説が出されている。

しかし、機能紙の全領域を展望するような解説はこれまで筆者らが認識する範囲ではないように思う。そこで、機能紙研究会では関係各社にアンケート調査して得られた回答366種を分類して、機能紙の領域をカバーする商品について機能分類の立場から見て解説した。ここで採用した紙の機能性の分類はこれまで系統的になされたものはないので、今後の整理には参考になるものと確信する。

また、回答が得られた商品については、本稿の分類に準拠して、製造会社、文献、用途、特徴・特性・データなどを交えて成書として加工技術研究会から1993年3月の予定で発刊される運びとなっている。同書には機能別の分類以外に、会社別の製造商品名、事項索引、商品名索引を付す予定である。

ところで、本書のアンケート回答も恐らく氷山の一角であろう。また、分類も不完全なものであり、筆者らの偏見と独断で決めていることも多い。今後、これら再検討に加えて、未蒐集のデータを逐次追加して、機能紙分野を完全にカバーするものにしていく計画を立てている。現在印刷中のものは、この第一ステップである。

読者諸賢の中で、この分野の商品カタログ以外に御気付きの種類があれば、御一報頂ければ幸甚である。分類などに関して御忌憚のない御意見を御待している。

末尾ながら、アンケート調査に御協力頂いた各位及び機能紙研究会の関係者各位に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 1) 匿名, グローバルネットワーク (叻地球・人間環境フォーラム編), 19号, 20-20 (1992)
- 2) 小林良生, アルファ, 6 (2), 20 (1992)

- 3) 小林良生, 「環境保全に役立つ紙資源ケナフ」, ユニ出版 (1991)
- 4) L. Eriksson, "Pulp and Paper R & D Structures a Worldwide Review of Trends", STFI-MED-DELANE E 90/43, November 1990, 岩津徳衛訳, 紙パルプ予測研究会資料 (1991)
- 5) 小林良生, 紙パ技協誌, 39 (6), 572 (1980)
- 6) 小林良生, 「機能性包装材料ハンドブック」, 印刷中, フジテクノシステム社 (1992)
- 7) 小林良生, 「機能紙総覧 1993 年版」(小林良生, 藤原勝壽, 稲垣 寛編), 印刷中, 加工技術研究会 (1993 予定)
- 8) ㈱テックタイムス編集部, 『情報用紙』('87 年版), pp. 153-209, 255-258, ㈱紙業タイムス (1987)
- 9) 文献 8), pp. 133-143
- 10) 文献 8), pp. 143-152
- 11) 岩城 勉, 機能紙研究会誌, No. 30, 64 (1991)
- 12) 高分子学会編, 「高分子新素材便覧」, 高絶縁性高分子, pp. 597-600 (1989)
- 13) 文献 8), pp. 239-255
- 14) 青柳基允, 松本孝春, 化繊紙研究会誌, No. 20, 8 (1981)
- 15) 小林良生, 「高機能紙の開発と応用」, pp. 149-172, シーエムシー (1988)
- 16) 佐々木正芳, 「最新 紙加工便覧」, pp. 921-926, 紙業タイムス (1988)
- 17) 玉川 実, 文献 16), pp. 919-921 (1988)
- 18) 文献 12), pp. 260-263 (1989)
- 19) 藤田真夫, 小田桐裕行, 機能紙研究会誌, No. 26, 30 (1987)
- 20) 三木雅人, 文献 16), pp. 934-935 (1988)
- 21) 柴野富四, 文献 16), pp. 1014-1026 (1988)
- 22) 門屋 卓, 「精密機械・電子機器 包装ハンドブック」, pp. 252-263, フジ・テクノシステム (1991)
- 23) 間宮富士雄, 文献 22), pp. 545-557 (1991)
- 24) 小林良生, 「特殊機能紙」(監修 稲垣 寛), pp. 137-159, シーエムシー (1980)
- 25) 紙パルプ技術タイムス臨時増刊号, 26 (2), 技術マニュアル, pp. 116-118 (1986)
- 26) 小林良生, 繊維学会誌, 46 (5), P-202 (1990)
- 27) 小林良生, 「機能性不織布の開発と応用」(編集 中村義男), pp. 166-183, シーエムシー (1989)
- 28) 西山昌史, 機能紙研究会誌, No. 30, 18 (1991)
- 29) 久保嶋勝己, 文献 15), pp. 104-148 (1988)