特別 講演

“紙”の将来と機能紙

機能紙研究会長

神戸女子大学教授 稲垣 寛

寛

High performance paper in the perspectives of “paper” industries

Hiroshi Inagaki

High Performance Paper Society, Kobe Women's University

紙パルプ技術協会が創立40周年を迎えられましたことを心からお祝い申し上げます。また本日もお招き頂きました事を厚くお礼申し上げます。

『21世紀に向けて…』という大きなテーマの下で紙の将来について充分なお話しが出来るかどうか、誠に危惧する次第ですが、ここでは未来の紙の中での機能紙の役割について考えてみたいと思います。

はじめに

“紙”と書きましたのは、Paper like materials 又は薄葉物という意味で、次のようにフィルムから紙・不織布・織物までを含むという意味であります。

また紙の定義も時代とともに変化し、戦前は天然繊維を水中で絡らまして(抄く)、乾燥し、強度をもたせた薄葉物であったものが、原料繊維に化学繊維、合成繊維を含み、さらに金属繊維、無機繊維に拡がっており、今や紙は湿式法による繊維の二次元の展開物と考えるのが妥当といえます。

- 1) 昭和62年6月17日、紙パルプ技術協会創立40周年記念講演会(東京ホテル浦島)において講演されたものである。
- 2) 稲垣 寛氏のご紹介
昭和17年 ハルビン工業大学応用化学科卒業
昭和22年～36年 京都大学工学部繊維化学教室
昭和36年 工学博士
昭和36年～50年 昭和高分子(株)専務取締役
昭和51年 神戸女子大学家政学部教授 機能紙研究会長 現在に至る。

高分子化学が専攻で、合成繊維紙(ビニロン紙) PVA 繊維状バインダー、その他紙加工用樹脂などの研究、開発に携わる。

従来の“紙”に新たな機能を付与した紙「機能紙」研究会の会長として紙先端技術の研究でご活躍中で

『特殊機能紙』(シー・エム・シー)

『合成樹脂エマルジョン』(高分子刊行会)

などの編著書がある。

1. 紙の機能と機能紙

1) 機能について

機能の『機』は織機のとて糸を上下させる部分の名称で、働くとか動くことを意味しております。高度の機能はフィードバック作用を持ったもの、高温になれば冷却し、速度が速くなれば停止したり、減速するとかの能力を備えたものをいい、最も巧妙に行われているのが生物現象といえます。エレクトロニクスやバイオテクノロジーの分野では機能を文字通りに Function としてこのような働きととらえております。

しかし紙や接着剤、塗料、不織布などの分野ではもっと低い機能…現在のものより付加価値を高めたもの…を指すのが普通であります。今年(1987年)の米国の TAPPI の不織布のコンファレンスも High performance nonwovens を副題としており、我々の機能紙研究会も英文名に High performance paper society を使用しております。

表1は機能性を付与するための方法の一例で、特に微粉末化、薄膜化、繊維化などの形態を変化させることによって機能性が付与されることが多く、高分子を延伸させ繊維化することによって、高ヤング率で抗張強度の大きな原料が得られ、それを薄層やブロックに加工することによって(紙や立体にする)機能の倍増、三倍増が達成されます。

表 1 機能性の付与の一例

材質の改変	アモルファス, 高結晶化, ハイブリッド, 化学構造…
純 粋 化	純水, 純粋ガス類
不 純 物 化	不純物半導体
形態の変化	微粉末, 超微粉末(10nm 以下) 表面積の拡大, 表面性の変化…
薄膜化…	皮膜(フィルム)一膜(メンブラン), 分子膜
繊維化…	結晶化, ヤング率の向上, 構造材としての適性, 表面積の拡大, 断面の異形化
機能紙…	繊維の二次展開, 孔径のコントロール, 繊維の性能との関係, 新素材としての可能性

2) 紙の機能性

図1は紙、フィルム、織物の抗張強度と伸びの測定結果で、結晶化度の低いフィルムや、糸と糸との間のずれが生ずる織物に対して、結晶化度の進んだ繊維から抄いた紙は抗張強度の上昇に対して伸びが急で、紙が薄いのに剛直で、折り目がつき易い性質がよく表れています。

次に繊維化することによって、表面積が大になるこ

図 1 紙、フィルムの Strain-Stress Curve

図 2 障子紙による採光の拡散効果¹⁾

とで、図2は、ガラス窓に障子紙を併用した時の明るさを測定したもので、ガラスだけの場合は窓辺は非常に明るい奥は暗いものに対して、障子を入れることによって、光線が繊維の表面に当たって乱反射するため、窓辺ではやわらかい明るさで、しかも奥まで光が届く事で、日本の建物の奥にある床の間の掛軸が良く見えるなど、紙の原料繊維の機能をよく生かした例と云えます。

第3は繊維の集合体である紙の最大の特長である繊維間の空孔で、フィルムが1Å~100Åに対して、紙は1μ~100μと大きいのに比べ、機能紙では繊維の選択や皮膜の加工などにより100Å~1mm位の広い孔径分布が得られております。

3) 紙への機能性の付与—機能紙

従来は植物繊維内で、a) 繊維の選択 b) 叩解度 c) 抄紙方法・加工などを工夫することにより機能性が追求されており、それぞれの成果が得られてきました。例えば、金箔の製造にあたって、力のかかる初めは楮紙を使用し、金箔が薄くなると繊維の細く平たい雁皮紙を用い、さらに灰を塗布し、打ち終わった箔はみつまた紙の間に挟むなど、あるいはスピーカーのコーン紙にヤング率の高い、北洋材の冬材を使用するなど、繊維を選ぶ事によって目的の機能を得ており、また叩解は紙の基本とまでいわれております。

現在は原料繊維の選択範囲が著しく拡大し、さらにバインダー、加工剤、抄紙方法の進歩が機能紙を支えています。

図3のように天然パルプでは200℃前後の耐熱性しか得られなかったものが、アルミナ繊維を使用することにより2000℃にも耐えられる紙が製造されるようになりました。また図4のように天然パルプより一桁以上比弾性率が高い、アルミナ繊維、ボロン繊維、カーボン繊維からの紙は、不飽和ポリエステルやエポキシ樹脂をはじめ種々の樹脂の補強材として利用され、また高周波や高音の再生が良く、騒音防止にも注目されています。

逆に、低ヤング率のコラーゲン繊維は低音再生用のスピーカーに有用であります。図5はコラーゲン繊維を用いたコーン・スピーカーと紙との温度変化に対する比較で、紙が低温で高音域に移行するに対して、コラーゲン繊維を使用したものは安定性を示しています。

表2は各種の合成繊維を使用した紙の性質で、原料繊維の特性が紙の性質に強く影響しています。

図3 紙に使用される繊維の最高使用温度²⁾

図4 各種繊維の比強度—比弾性率特性³⁾

A : chrome collagen edge (speaker A)
B : cotton cloth edge (speaker B)

図5 Temperature Dependency of f_0 Value of Speaker A Using Chrome Collagen Edge, Compared with Speaker B Using Cotton Cloth Edge⁴⁾

表2 合成繊維紙の性質の一例⁵⁾

性 質	各 種 繊 維 紙						
	木材パルプ	レーヨン	アセテート	ナイロン	ビニロン	テトロン	アクリル
水漬伸度 (%)	0.29	0	0.15	1.20	0.98	0.0	0.0
柔軟度 (mg)	350	700	420	170	450	670	330
比引裂度	80	190	230	350	290	240	250
引張強さ (kg/mm ²)	3.3	4.8	4.2	4.5	7.0	2.2	2.6
吸水度 (mm/10分)	2	13	2	0	7	0	0
吸油度 (秒)	420	40	3,600	1,500	3,600	3,600	3,600
耐折度 (回)	19	10,000<	520	3,500	10,000<	70	35
弾性回復率 (%)	24	46	33	91	25	68	67

図6はポリオレフィン系合成パルプのような親油性繊維とセルローズ系の親水性パルプを混抄した紙に、さらに加工した油・水分離フィルターは親油性繊維に油の小滴が吸着され、段々に成長してくると、親水性繊維に阻害されて付着力が衰え、かつ浮力も大になり、油滴は浮上し凝集分離します。表3、4はフィルターの組成を、図7は分離の効果を、表5は経済的效果の一部を示しております。

図 6

表 3 試作フィルター No.4 フィルターの素材⁶⁾

4-1, セルローズ系パルプ コットン (ボロ), ポリオレフィン系合成パルプ SWPE 400=1:1
4-2, ポリオレフィン系合成パルプ シンパル, SWP E 400, セルローズ系パルプ コットン(ボロ), =1:1:3
バインダー PVA 系接着ファイバー VPE-105-2 3%
分散剤 ポリエチレンオキシド アルコックス 2ppm
フィルター強化 160°~170°C 1分, ワイヤーマー ク利用, ニードルパンチ, 部分的熱 融着含浸率 100% 80~90°C 予熱 乾燥 110~120°C 2分, セット

表 4 試作フィルター No.4 の油水分離機能層⁶⁾

(A) 水不溶性吸水ゼル合成物の適用			
吸水性ゲルポリマー	アクアブレン L710	15%	50 g
フッ素系集油剤	アデカフロー F K 1002		5 g
シリコン系ポリマー	トーレスリコン	10%	2 g
	トルエン		500cc
スプレー法	100%紙 (Wet)		80°~90°C 乾燥
(B) 紙層内重縮合法 (変法)			
N-メチロールアクリルアミド: アクリルアミド=3:1			
既重合物		5%	500cc
N-メチロールアクリルアミドモノマー			5 g
ヒドロキシエチルセルローズ (1%)			500cc
フッ素系撥油剤	AG 520	5%	30cc
フッ素系集油剤	アデカフロー F K 1006		1 g
ステアリン酸系親油剤	キロン C	1%	5cc
過硫酸アンモニウム			2 g
塩化アンモニウム			2 g
含浸法, 100% 紙 (Wet)			
80~90°C 予熱乾燥 110°C, 2~3分セット

図 7 連続油添加と連続濾過⁶⁾

表 5 経 済 性

a) 更新(脱脂液交換)回数及び廃液処理費⁷⁾

	導入 前	導入 後
回数/月	8	0.5(1回/2か月)
月間所要時間	8時間/1人	0.5時間/1人
廃液処理費	120,000円/月	7,500円/月

これらのフィルターを組み込んだ油・水分離機が約800台稼動中と聞いています。

◆繊維の集合体(2次元の展開物)としての機能

気孔(穴)の機能の利用

穴の大きさ、分布のコントロールが容易になったため、滅菌用ガスは透すが菌は透さない……滅菌紙

湿熱も可能な熱交換機『ロスナイ』……図8に示すように、金属板のかわりに樹脂加工した紙を用いた熱交換機で、表6のごとく冬乾燥せず、夏湿気を取る効果があり三菱電機の業務用エヤコンに組み込まれて活躍しています。

図 8

表 6 紙の気孔を利用した熱交換機ロスナイの効率と特長⁸⁾

			ロスナイ	顕熱交換機	一般換気扇
熱交換率表(%)	温度(顕熱)		75	75	0
	湿度(潜熱)		65	0	0
熱交換後の換気 の温度と湿度	夏	室内 外気			
		乾球温度℃	26 32	27.5	32
		相对湿度%	50 70	62	91
		回収全熱量 kcal/kg	636	132	0
	冬	室内 外気			
		乾球温度℃	20 0	15	15
		相对湿度%	50 50	52	19
		回収全熱量 kcal/kg	696	432	0

換気量 100m³/h 空気比重 $\gamma=1.2\text{kg/m}^3$

フィルター

エアーフィルターはクリーンルームの急増に従って伸長を続けており、特に高性能・超高性能フィルター(HEPA)は繊維が細いため乾式では薄層化が困難で湿式法が適しており、その他オイルフィルターや、同じく孔を利用した有毒ガス・においの吸着紙も台頭しています。

そのほか繊維の電氣的性質を利用した絶縁紙、導電紙や、繊維に感応基をつけた紙などが注目されています。例えば、住友化学が製造している分析用ろ紙“エクスパピール”は重金属を分析する時間と手間が省けるための機能をかわれて42mmの直径のものが300~400円で売られています。これを1m²に換算しますと520枚位とれるので約20万円になり、上質紙1t

の価格と同じであります。

また人工皮膚や人工臓器などに使用される生体親和性繊維や、活性炭繊維のような吸着能繊維なども注目されます。図9は4半世紀の間の紙用の化合繊維および靱皮繊維の使用量で、こうぞは昭和49年に統計からなくなり、みつまたも紙幣の関係で僅かに留まるのみになり、昭和59年には合成繊維がビスコース繊維を抜いてトップになり、現在は6000tに達し、板紙用を加えると約10000tの合成繊維が使用されております。

図中の縦線は機能紙研究会での発表件数で、生産が増加する数年前に多数の発表が認められます。

現在は無機繊維紙の発表が多数で、また機能紙の加工や利用に関する報告も増加の傾向にあります。

図 9 紙用化合繊維の使用量および機能紙研究会での発表件数

表 7 Inflated Viscose Rayons and Their Properties⁹⁾

Cross Section	Name	Water Imbibition %	Dry Tenacity gms./den	Dry Extension %	Comments
Standard Rayon.	90-100	1.9-2.5	18-30	Uninflated rayon for comparison.
—	110	—	—	Not commercial.
Viloft	120-140	2.2-2.0	13-15	High bulk cotton-like textile fibre.
"PM2 Fibre"	150-160	1.8-2.0	20-25	Self bonding fibre for wetlaid non-wovens. Not commercial.
"PM1 Fibre"	160-180	1.4-1.8	20-25	Self bonding fibre for quality papers. Not commercial.
Super Inflated Fibre.	190-350	1.0-1.4	30-50	Highly absorbent, opaque and bulky fibre for non Wovens.

表 8 織物の摩擦係数 (タフタ)¹⁰⁾

織 維	ナ イ ロ ン					ポリエステル		絹
断面形状	○	△	◇	Y	8	○	△	○
静摩擦係数 μ^a	0.39	0.37	0.44	0.48	0.45	0.25	0.45	0.59
動摩擦係数 μ^d	0.31	0.28	0.35	0.39	0.37	0.22	0.39	0.47

合成繊維の紙への使用量の増加は年率約 18%に達しております。今後、機能紙の原料として注目されるものに異形断面繊維、極細繊維、高抗張力・高弾性率繊維などがあります。

異形断面繊維は、現在はシルキーライクや麻様タッチなど高級衣料材料として利用されていますが、バルキー性や光沢を紙に与えることが可能で、紙や不織布への使用も近いと考えられます。表 7 はビスコースレーヨンの、表 8 と図 10 は合成繊維の異形断面繊維で、押出しの口金の形状を変えるだけで容易に異形断面が得られております。

極細繊維は合成皮革用として開発された従来の繊維の 1/10~1/100 の径の繊維で、現在は相当高価につきませんが、感触を重んずる紙や特殊フィルター材料として注目されます。

高抗張力・高弾性率繊維は耐熱性も兼ねた芳香族ポリアミド繊維などがありますが、現在の繊維の 10 倍以上の強度を有するポリオレフィン系の繊維も開発されつつあり、紙への応用も考えておく必要があります。

このほか臭い消し繊維やアマロファス金属繊維など

中空糸の特徴	用 途
(a) 嵩高・軽い	詰綿
(b) 保温性	一般衣料
(c) 腰・張りがあ	カーペット
(d) 汚れが見えにくい	肌着・スポーツ衣料
(e) 吸水性・透水性	工業資材
(f) 滲過性	

口金孔形状
糸断面形状

図 10 口金孔形状と糸断面形状

も機能紙の材料として、魅力ある存在であります。

◆ 二次加工による機能性の付与

繊維自体の機能、紙の空孔の機能のほかに、二次加工による機能性の付与も重要で導電性、絶縁性、難燃性、透明性、感光性、磁気記録性、耐水性、撥水性、消臭性、自己粘着性、接着性、其他いろいろな性質が加工により与えられています。表 9 はニッケル・コバ

表 9 無電解メッキ紙の特性¹¹⁾

濾紙 ^{a)}	メッキ金属	メッキ部分	メッキ条件	金属析出量 (g/g 濾紙)	表面抵抗 (Ω/cm^2)	飽和磁束 密度(G)	保磁力 (Oe)
No. 5A	Ni	全体	室温, 1hr	0.87	0.20	414	130
No. 2	Ni	表面	室温, 10min	0.08	1.3		
No. 2	Ni	内部	室温, 2hr	0.27	50 ^{b)}		
No. 5A	Co	全体	90°C, 1hr	0.63	2.4	1,560	165
No. 5A	Cu	全体	室温, 5min	0.74	0.04		

a) 東洋濾紙製, 厚さ: 0.22mm (No. 5A), 0.26mm (No. 2)

b) B 5 版の対角線に沿った抵抗値 (単位 Ω)

図 11 Ni メッキした濾紙の電磁波シールド効果¹¹⁾
(電界)

- a. 全体メッキ (Ni 含有率=0.56 g/g 濾紙)
- b. 表面メッキ (" =0.83 ")
- c. 内部メッキ (" =0.44 ")

ルト, 銅などを無電解メッキした紙の電氣的・磁氣的性質で, 図 11 は電磁波シールド効果であります。

2. 新素材としての機能紙

尖端技術の展開に対して機能紙の果たす役割は重要で, その主なものを部門別に列挙すると

(a) エレクトロニクス関連紙

導電紙, 電波遮蔽紙, 絶縁紙, 耐熱紙, 断熱紙, 無塵紙, 情報産業関連紙

(b) バイオ関連紙

酵素固定化用紙, 育苗紙, 吸着紙, 防虫紙, 遮光紙, 脱臭紙, フィルターペーパー

(c) メディカル関連紙

人工皮膚, 創傷被覆材, 絆創膏基布, サージカルテープ, 経皮吸収剤基布, 診断用テスト紙, 滅菌紙, 感染防止用フィルター, 手術衣…例えば DEXTEX, ASSURE (テトロン, ナイロンなどの合成繊維を添加して耐摩擦性, ドレイプ性, 柔軟性縫目強度を強め,

バクテリア透過阻止性・静電防止などの処理をしている。) などがあります。

メディカル関連紙のうち, 使い捨ての医療用不織布 (DMN) について述べると表 10 はその主な製品で, 図 12 はアメリカにおける DMN の年間売上高であり, 1970 年からの 15 年間に 8 倍以上の伸びを示しています。DMN は安価に製造する必要上からその殆どが湿式法によっています。

表 11 はアメリカおよび西欧の全不織布の製造工程別の推定生産量で, 米, 欧ともに乾式>スパンボンド>湿式の順に減少しています。但し目付けはスパンボンド>乾式>湿式の順であるので, 面積に換算すれば, 生産量の差は相当に接近してきます。図 13 は湿式と乾式の伸び率の比較で, 米・欧ともに湿式の伸びが著しいことが判かります。

またこれから一層の伸長が予想される, フィルターペーパーについても, 微小物質を濾過するためには, 細い繊維のウェブを作る必要があります。乾式法では吹きとんでしまい地合も悪く, クリーンルームやメディカル用使い捨て物資の増加に従って, 湿式不織布の需要は今後とも上昇するものと考えられます。

図 12 アメリカにおける DMN の年間販売額¹²⁾

表 10 医療用ディスポーザブル・ペーパー製品

<一般医療及び看護用具>

インジケーター	エプロン	オムツ
ガーゼ	カップ(検体入れ)	カバー
眼 帯	キャップ	検査衣
シーツ	人工鼻	テープ(絆創膏)
T字帯	トレー	膿 盆
バッグ	バット(綿)	腹 帯
ギプス包帯	マウスピース	マスク

<麻酔及び手術室用具>

ガウン	靴用カバー	キャップ
タオル	対極板	テープ
ドレープ(覆い布)	マスク	

<検査及び検査室用具>

シャーレ	電極(心電図用など)	ラベル
------	------------	-----

<人工臓器及び人工腎室用具>

ダイヤライザー

表 11 製造工程別不織布推定生産量¹²⁾

アメリカ及び西欧, 1970-1984

(百万ポンド)

	1970	1977	1982	1984
アメリカ				
乾 式	220	415	510	530
湿 式	30	70	90	100
スパンボンド	45	105	205	260
スパンレース	—	10	23	40
そ の 他	10	30	47	54
合 計	305	630	875	984
西 欧				
乾 式	74	160	255	—
湿 式	11	45	65	—
スパンボンド	5	78	160	—
スパンレース	—	—	—	—
そ の 他	少	7	10	—
合 計	90	290	490	—

図 13 米・欧に於ける不織布の生産方式別伸び率

2000 万 t 強の大半は汎用紙に属し、品質管理と合理化と量産により利益を求めている。図 14 は日本の、図 15 は米国の GNP と紙の使用量・供給量との関係で GNP の伸びとよく一致した関係を示しています。

(b)機能紙……汎用紙の印刷、包装などの既知の用途や性能以外の、新しい機能を追求し、それらの用途に向けられる紙で、エレクトロニクスやバイオ産業用の新素材としての高機能性を追求する紙から、医療用の使いすての湿式法による不織布まで、幅広い高付加価値紙を称しております。種々の用途に応じた機能が必要とするため、多種少量生産のものが多く、要求される性能は厳密で、品質管理が重要な要素になっています。

3. 紙の未来と機能紙

1) 紙の分類と産業としての特長

紙の大きな分類として、次のように 3 つが考えられます。

(a) 汎用紙……新聞用紙(文化用紙)、板紙用紙(産業用紙)、トイレット用紙(家庭用紙)などのような大量生産方式の紙で、我国の紙・板紙の全生産量

図 14 GNP (実質) と紙・板紙内需の関係 (日本)¹³⁾

図 15 紙および板紙の供給量と GNP (米国)¹³⁾

機能紙の伸びは顕著で、その製造の際に使用される原料繊維についても、我国で紙に使用される合成繊維は、この 10 年間の平均伸び率 18% であり、さらに無機繊維などを加えると、繊維の大きな用途に達する事は確実であります。このほかに加工による機能化などを考えると、この種の紙の前途は実に明るいものがあります。

(c) 芸術紙……墨流紙、玉雲紙 (手抄き) のように不画一で、感性に訴える紙で、機械抄きのファンシーペーパーのように、或る程度大量に生産されつつある

紙もあるが、殆どが少量生産で、いずれも”美しさ”でその価値が決められています。

天然繊維を使用しての不均一の美、織度の均一な合成繊維を用いて得られる均一の美、あるいは色彩の美、脱臭紙、芳香紙など感覚や健康に関する紙が、ハードウェアからソフトウェアへ、さらにハートウェア (Heartware) に至るこれからの、ゆとりの時代には”心の機能紙”といってもよい芸術紙の需要が盛になると期待されます。

このほか安全を守る紙としての Security Paper は紙幣、証券用紙、小切手用紙などに、または食品の安全を守るための特殊包装紙などにも重要性を増すものと推測されます。

2) これからの紙と紙産業

(a) 紙および紙産業の二大分化と多様化

① 量産紙……レディメードが主になる紙で、汎用紙がこの中心で、原料から製品までを一貫した合理化が大切で、政策的、機械的要素が大きい。

② 少量高付加価値の紙……オーダーメードが主になる紙で、機能紙、芸術紙などで、機能、感性などが尊重される、技術的、化学的要素が大きいものであります。

紙の生産量は繊維と違って、緩やかに上昇しており、①の量産紙も合理化の推進により数量メリットを期待することができるが、資源の少ない我国では、②の高付加価値紙が重要視され、特に機能紙は次の理由で我国で注目されます。

原料、資材の面……主繊維およびバインダー繊維、およびこれらの切断技術の優位性、および加工用資材の発展。抄紙技術……長繊維を地合よく抄く伝統に根ざした技術および品質管理の技術。市場……ハイテク産業の発展と新素材の要求が大きい。立地……良質で豊富な水 などであります。

用途の多様化、使用目的に最も適した性能の要求が強まるに従って、紙も多様化の傾向が顕著であり、量産紙は後加工により、機能紙はより高機能の追求を、芸術紙はより高度の感性に応じるべく努力して応えようとしております。

(b) 21 世紀に向けての技術の展開

紙の技術の展開方式については、次の 3 つが考えられます。

① 従来の製紙技術に、新しい周辺技術を導入する。例えばバイオテクノロジーの利用によるパルプ材の確保や、パルプ化、エレクトロニクス技術による紙料の分散・抄紙機のコントロール、新しい抄紙用、加工用薬品など既に実施されているものも多いが、さらに利

用可能な異種の新技术を積極的に採り入れて、より高効率な製紙技術の展開を計る。

② 新素材としての製造。例えば耐熱紙・電磁波シールド紙のような機能に応じた紙を開発して、新素材としてハイテク産業の発展を支える。

③ 紙の技術（繊維を二次的に展開する）の展開。繊維の技術の展開により炭素繊維や光ファイバー、透析用中空繊維が生まれたように、紙の技術の応用を計る。

技術を中心に考えた場合、横軸に物と地域との拡がりを取り、縦軸に技術の進歩をとった場合、紙の座標を支える柱は、研究と教育に至ると考えます。

また、製紙は次のごとく多くの科学・技術（上段）や物質（下段）の集約ともいえます。

バイオ

↓無機化学 界面科学 制御システム 電気化学

↓有機化学 繊維のレオロジー 液体のレオロジー↓

↓植物学 流体力学 高分子化学↓

パルプ ————— 紙 ————— 加工

↑セルロース ラテックス↑

↑合成繊維 分散剤、バインダー 填料、他の薬品リグニン

パルプの製造に当たっては、植物学・有機化学・無機化学そして近年にはバイオケミカルも深く関わるようになっており、製紙には流体科学が、紙加工には高分子化学や、塗工に当たってはレオロジーなどが、また最近では紙の金属メッキなどのために電気化学やスッパッタリングの技術が注目されているように、紙は総合技術の中から生れ、また新しい技術や素材が新しい機能紙を作りだしております。

おわりに

生活様式が多様化し、ハイテク産業が高機能性材料を必要としている時代を迎え、新素材として、繊維状

物質を水中で分散させ（抄き上げ）2次元に展開した機能紙に対する期待は急速に高まっております。セラミックにニューセラミック、ガラスにニューガラスと同じように、紙に機能紙を加えることにより、21世紀への紙産業の展望をより明るいものとなることを、機能紙研究会としてもまた紙バ技術協会の一会員としても祈る次第であります。

【質疑応答】

Q：ただいまのお話の中で、紙の新しい方向ということで、原料の面から入る分野、製造技術の面、できた製品を加工する分野、色々あるかと思ひます。やはり、これからの大きな重点といいますと、原料面から考えた方がよろしいということでしょうか。

A：機能紙といいますと、合成繊維紙や無機繊維紙など、原料をかえた紙を先ず考えられると思いますが、私は原料、製造方法、加工の3つは同ウエイトではないかと考えております。追求する機能を得るためには最善を尽くす必要があり、そのためには抄紙方法や加工方法で十分なこともあります。これらで解決できない場合は、原料をかえることになり、さらに機能を向上するために抄紙方法や加工を併用することも必要と考えます。ただ紙にとって最も大切なのは種（たね…原料）である、という意味ではご質問の通りとも言えますが。

文 献

- 1) 林、沢村：“障子の本” p.56, (1978) 同和製紙
- 2) 稲垣：紙バ技術タイムズ, 28 (5) 6 (1985)
- 3) 根岸：化学と工業, 34 (7) 82 (1981)
- 4) 岡村：皮革化学, 26 (3) 135 (1980)
- 5) D. A. Battista：“Synthetic Fibers in Papermaking” (1964)
- 6) 久保島：機能紙研究会誌, 17, 37 (1978)
- 7) 久保島：ibid, 19, 19 (1980)
- 8) 三菱電機, 熱交換機ロスナイ資料
- 9) C. R. Woodings：1985 TAPPI Nonwovens Symposium, p.155 (1985)
- 10) 繊維学会編：“繊維の形態” (1982) 朝倉書店
- 11) 中尾：機能誌研究会誌, 25, 37 (1986)
- 12) J. E. Williamson：機能紙研究会誌, 25, 50 (1986)
- 13) 紙・パルプ 1987 特集号, p.7 (1987) 日本製紙連合会