展 望

合 成 紙 に つ い て

谷 包 和

1. は じ め に

周知のように、わが国の紙の消費量は、年々着実な伸びをみせ、現在では年間 900 万トンを超すに至った。しかも、この傾向は今後もさらに続いて、1975 年には 1400 万トン、1980 年には 1800 万トンにも達するであろうと予想されている。

しかしながら、わが国の紙パルプ工業が現在すでに当面しており、将来ますます重大となる問題は、パルプ原木についてである。過去 10 年来のパルプ材価格の急上昇にみられるように、原木問題は深刻であり、10 年ほど前は廃材チップの利用でまかっていたものが、現在では、さらに一步進んで北米材、南方材などの外材あるいはそのチップに頼らねばならなくなってきつつある。このことは、昨今の木材の輸入金額が鉄鉱石を抜いて、石油に次ぐ第二位になったことが如実に物語っている。

このような原料の不足に対処する策の一つとして、天然のゴムあるいは繊維に、合成物がとって代ってきているように、合成物の利用が考えられるのは当然であろう。一方、石油化学工業としても、エチレン 30 万トンプラントにみられるようなスケール・アップに伴って、従来の需要構造を超えた新しい大規模な需要分野を開拓せねばならぬ情勢となってきつつある。ここに、紙パルプ工業と石油化学工業との結び付きの必然性があるのではなからうか。

合成紙という言葉を明確に定義づけることは、いろいろと論議の分れるところであろうが、ここでは、「その主な素材が合成高分子物質であって、従来の紙的用途に利用されるもの」としておく。これら合成紙は、これまでに、いろいろな形で現われてきている。すなわち、いわゆる第二の紙と称された合成繊維を素材とした紙、第

三の紙といわれた発泡ポリスチレン・フィルムなどがこれである。これらに次いで、通常のフィルムを素材とするものが生れるのもまた当然の推移であろう。

本文では、最近の内外の合成紙の状況およびこれらの性質と、われわれが開発中の“Q”と総称する合成紙について述べることにするが、各社とも内容の詳細については発表していないものがほとんどであるので、不十分な点の多いことは了解願いたい。

2. 最近の合成紙の状況

合成紙を、考えられる製造法に従って分類すると、第 1 表のようになると思われる。表には、各々に該当するとみなされる最近の内外の合成紙の例を示した。また、ここにいる表面処理としては、特許文献など¹⁾から推して次のような方法が考えられよう。

- (a) サンドブラスト法
- (b) エンボス法
- (c) 薬品処理法

第 1 表 合成紙の製造法による分類

材 質	表面 処理	製 品
フ ィ ル ム	あり	Q パー、Q コート、フジタックマット、ルミマット Scotch Print
顔料入りフィルム	なし	白色ポリエチレン、Ucar
	あり	(Q パー、Q コート)
発 泡 フ ィ ル ム	なし	発泡ポリスチレン、発泡ポリエチレン
	あり	(Q コート)
顔料入り発泡フィルム	なし	—
	あり	—
スプリット ヤーン	なし	—
	あり	—
織 維 の 膜 化	なし	不織布、Syntosil、Silbond、Nomex、Reemay、Typar、Tyvek
	あり	……

“Synthetic Paper”

KANEYASU TANI, N.K. Synthetic Paper Mfg. Co., Ltd. Polymer Div. of Nippon Kakoh Seishi K.K., Tokyo, Japan
NK 特殊製紙株式会社

(d) ビグメント コーティング法

(e) その他

もちろん、ここに掲げたものが合成紙のすべてではなく、異なった製法のものも出現するのであろうし、各々の構成を組み合わせることによっても、機能の違ったものが得られるであろう。

表中の個々のものについて簡単に触れておく。表には示さなかったが、表面処理をしないフィルムは、すでにセメント、肥料などの重袋あるいはプラスチック段ボールなどに広く使われつつあるが、これも前述の定義に従えば合成紙とみなすことができよう。Qパー、Qコートについては後述するが、括弧で示したのは、現在製品化はしていないが、すでに製造可能なことを確認済みであることを意味する。フジタックマット（富士フィルム）ルミマット（東洋レーヨン）は、それぞれセルロース・トリアセテートおよびポリエステル・フィルムの表面を粗化して製図用などに向けているものである。Scotch Print (Minnesota Mining Mfg.) は、ポリエステル・フィルムにビグメント コーティングをほどこしたもので、印刷の清刷用に使用される。白色ポリエチレン (Union Carbide など) は、酸化チタン入りフィルムで、Ucar シート (Union Carbide) は、前者をさらに改良したものと思われ、多量の白色顔料を含む高密度ポリエチレン・フィルムであって、いずれも印刷用に用いられている。発泡ポリスチレンおよび発泡ポリエチレン・フィルムについては、説明するまでもないであろう。発泡フィルムも、薄くなると満足な不透明度が得られないので、顔料を添加したものも当然考えられるところである。フィルムを一軸延伸した後分割して得られるスプリット・ヤーンは、矢沢²⁾が紹介しているが、一たん分割した後適当に繊維間結合を与えれば紙的な構造となることも容易に考えられよう。実際には紙的用途にあまり使われていないというものの、種々の合成繊維から作られた不織布も、やはり合成紙の一つとみなすのが適當である。また、合成繊維を通常の抄紙機で抄造したといわれるものが、Syntosil, Silbond (いずれもヨーロッパのメーカー) および Nomex ナイロン・ペーパー (Du Pont) であって、これらの外観は従来の紙と変りない。さらに Du Pont が Spunbonded Products と称しているものの例が、Reemay, Typar, Tyvek であり、それぞれ原料としては、ポリエステル、ポリプロピレンおよびポリエチレンを用いている。なお、表中最下行を破線で示したのは、この分類に入るものが、おそらく存在すると思われるからである。

第2表は、2, 3の合成紙の物性について測定した結果を示すものである。表にみられるように、これらはい

第2表 最近の外国の合成紙の性質

	UCAR	TYVEK	NOMEX
メーカー	Union Carbide	Du Pont.	Du Pont
材料	ポリエチレン	ポリエチレン	ナイロン
坪量 g/m ²	190	97	113
厚さ μ	170	205	135
密度 g/cc	1.12	0.47	0.84
白色度 %	82	88	61
不透明度 %	98	98	85
平滑度 ¹⁾ mmHg	600	700以上	700以上
光沢度 ²⁾ %	9.5	13	13
引張り強 MD	3.8	14.1	12.7
さ CD	3.8	12.1	8.7
破断伸び MD	480	37	13
CD	570	34	19
引裂き強 MD	210	290	230
さ CD	450	500	450
透気度 sec/100cc	∞	50	1800以上

注：1) 「スムースター」による、2) 60°—60°

ずれも従来の紙になかった高い強度を有するのが特長である。しかしながら、この結果は、限られたサンプルについてテストしただけのものであるから、必ずしも代表的な値を示すものでなく、いろいろと性質の異なる品種もあるかもしれぬ点に注意されたい。物性値そのものよりも、Du Pont, U.C.C. という世界最大の化学会社が、紙分野に進出しようとしていることに注目すべきであろう。

3. 天然紙と合成紙との性質の相違

これまでの天然セルロース繊維から作られた紙（これを天然紙ということにする）は、長年の進歩改良によって、現在ではほぼ完成された商品である。今日セルロース紙は、量もさることながら、極めて広範多岐な用途に用いられているが、このことは藤井³⁾もいうように、最も安価な平面材料であるためばかりでなく、数々の優れた性質を有するからに他ならない。

一方、合成紙の性質は、(1)原料高分子物質、(2)構造、(3)表面処理条件、の三つによって決まると考えてよからう。第3表は、藤井の示した紙の特性およびこれに若干追加して、天然紙と種々の構造を有する合成紙との比較を試みたものである。天然紙との相違点が、合成紙の長所であり短所であることはいうまでもない。

4. フィルム表面を紙化することによって得られる合成紙

紙の用途は、包装用と印刷用とに大別される。しかし

第3表 天然紙と合成紙との比較

		天 然 紙		合 成 紙						
		セルロース紙		合成繊維の膜 化によるもの	発泡フィルム	フィルム表面を 処理したもの				
密 度	中	低	い	極 め て 低 い	中					
通 気 性	あ	り	あ	り	な	し				
吸 湿 性	あ	り	ほ と ん ど な し	な	な	し				
吸 液 性	あ	り	や や あ り	な	し	や や あ り				
耐 油 性	な	し	な	し	あ	り				
耐 溶 剤 性	すぐれている		材質により異なる	材質により異なる	材質により異なる					
耐 水 性	少	な	い	すぐれている	すぐれている	すぐれている				
耐 酸 性	少	な	い	あ	り	あ	り			
耐アルカリ性	少	な	い	あ	り	あ	り			
耐微生物性	な	し	あ	り	あ	り	あ	り		
撥 水 性	な	し	あ	り	あ	り	条件により異なる			
可 燃 性	あ	り	や や 少 な い	り	や や 少 な い	り	や や 少 な い	り		
熱 軟 化 性	な	し	あ	り	あ	り	あ	り		
熱 劣 化 性	少	な	い	あ	り	あ	り	あ	り	
電 気 絶 縁 性	あ	り	あ	り	あ	り	あ	り	あ	り
保 温 性	あ	り	あ	り	あ	り	な	し		
染 色 性	容	易	困	難	困	難	困	難		
印 刷 性	容	易	劣	る	劣	る	容	易		
接 着 性	容	易	や や 困	難	や や 困	難	や や 困	難		
加 工 性	容	易	や や 困	難	や や 困	難	や や 困	難		
帯 電 性	な	し	あ	り	あ	り	な	し		
筆 記 性	あ	り	や や あ	り	や や あ	り	あ	り		
強 度	中		極 め て 大		小		大			

アンダーラインは、構造によって与えられる性質である。

ながら、これまでの合成紙は、いわゆる第二の紙にしても第三の紙にしても、天然紙と比べて印刷が困難で、かつ印刷効果に乏しいのが欠点であり、印刷用分野にはほとんど進出していない。われわれは、現在の紙用の印刷機、インキなどをそのまま使って容易に印刷することができ、そして印刷効果の優れた合成紙を目標として研究開発を続けて、その結果、1966年11月“Q”と総称する合成紙の企業化を発表した。“Q”には、Qパー（Q'Per）とQコート（Q'Kote）とがあるが、本年3月現在市販しているのはQコート、それも主としてポリスチレン・フィルムをベースとするものである。

天然紙の有する優れた印刷性という特長は、材質もさることながら、その構造（特に表面構造）に帰せられる。したがって、合成高分子フィルムの表面に、紙のような性質を植えつければ—このことを紙化 paperizing、と称している—印刷性が向上するものと期待される。印刷性という表現は、内容が極めて複雑であるが、たとえば、フィルム表面にインキ吸収性を与えれば、フィルム印刷に常用されるグラビヤ法以外の原色版あるいはオ

フセット印刷も容易となることが考えられよう。このような見地から、インキを吸収する層として、微多孔層を設けたのがQパーであり、ビグメント・コーティング層を設けたのがQコートである。

4.1 ベース・フィルムについて

Qパー、Qコートのベースには、種々のフィルムを利用することが可能である。通常の透明フィルムはもとより、顔料を加えた不透明フィルムであっても、さらには発泡フィルムでもよい。もちろん、使用ベースのちがによって難易もあるし、紙化の条件も異なる。ただし、Qコートはほとんどのフィルムをベースとして用いることができるが、Qパ

ーは設備上の制約のためQコートより種類が限られるのが現状である。したがって、ここではQコート用のベースを中心として述べることにする。

Qコートの印刷性、印刷効果といった性質は、表面のコート層によって支配されるわけであるが、強度その他の物理的性質はベース・フィルムの特性をそのまま受けついでいるといって過言でない。いいかえれば、Qコートは、ベースを選ぶことによって、品質の多様化を計ることができるわけである。従来のコート紙では、コーティング適性の点から原紙にいろいろな制約があったが、この点に大きな差違が見出せる。前述もしたように、われわれは、現在主としてポリスチレンをベースとして利用しているが、この理由は、汎用プラスチックの中で腰の強さが高いためである。

第4表は、Qコートのベースとして用いることのできる代表的なフィルムについて、紙の用途の見地から測定した物理的性質を示すものである。ただし、ここに掲げたフィルムは、製膜法、二軸延伸法などもまちまちであ

第4表 ベース・フィルムの性質

		延 伸 (BO) 無延伸 (NO) の 別	厚 さ μ	引張り 強 さ kg/cm	破断伸び %	エルメント ド 引裂き 強さ g	「く」の字 引裂き強さ kg/cm ²	1%モジ ュラス kg/cm ²	クラークス テイツフネ ス 10 ⁻² ・cm ³	M I T 耐折強さ 回
中低圧ポリエチ レン	MD	NO	80	2.4	500	72	1.8	110	14	>2000
	CD			2.6	95	480	1.2	120	19	>2000
ポリプロピレン	MD	NO	100	2.2	>600	130	1.5	59	15	>2000
	CD			2.1	>600	200	1.4	56	16	>2000
	MD	BO	49	6.5	94	19	1.1	160	9	>2000
	CD			9.3	37	15	1.0	270	14	>2000
無可塑ポリ塩化 ビニル	MD	NO	70	3.5	150	64	1.1	190	11	800
	CD			2.7	125	90	1.0	180	10	600
	MD	BO	33	2.9	81	17	0.6	260	4.4	—
	CD			3.0	82	20	0.5	270	4.4	—
ポリエステル	MD	BO	75	11.5	105	81	2.7	330	30	>2000
	CD			14.3	110	82	2.2	370	35	>2000
ポリカーボネイト	MD	NO	83	5.4	123	65	1.4	165	36	>2000
	CD			5.6	125	66	1.5	170	40	>2000
ポリスチレン	GP ¹⁾	MD	BO	5.5	7.0	23	—	200	28	47
		CD		5.6	5.8	24	—	190	32	74
	HI ²⁾	MD	NO	2.6	76	17	0.9	190	22	>2000
		CD		1.9	78	23	0.4	170	19	640
		MD	BO	3.7	26	44	0.8	180	22	>2000
		CD		4.8	48	21	0.8	190	18	700
上 質 紙	MD	—	82	2.7	1.9	41	0.3	250	39	26
	CD			1.7	4.4	44	0.3	130	23	24

注：1) General purpose grade

2) High impact grade

るから一応の目安にとどめておかたいし、また、できるだけ同じ厚さのものについて比較を試みるつもりであったが、サンプルがそろわなかったものもある。

高分子フィルムを紙的用途に向ける場合の物性として、特に重要と思われるのは、引裂き強さおよび腰の強さである。しかしながら、これら二項目については、いかなる測定法が最も実状に則するか不明な点が多く、今後の研究課題として残されている。

表に示す結果から、二軸延伸の効果は、一般にいわれるように、(1)引張り強さの増加、(2)破断伸びの減少、(3)引裂き強さの低下、(4)腰の強さの向上、(5)縦横のバランスの向上、などと認められるが、これらは(3)を除いて紙的用途にとって好ましい方向である。

また、それぞれの物性について紙と比較してみると、

引張り強さ：一般に大

破断伸び：大、紙と同程度なのは、わずかに二軸延伸 GP ポリスチレンのみ。

引裂き強さ：フィルムは、一たんノッチが入ると裂けやすい。

腰の強さ：数値的にはさまざまであるが、全体的に腰がない感じがする。

耐折強さ：はるかに高い。

ということができよう。さらに、表からおのおのの材質の特長が理解されるが、たとえば、ポリエステルは、強度は著しく高くかつ腰も強く、価格さえ安ければ紙用として最も好ましいものである。

合成紙 Q コートのベースとしてフィルムに要求されるものの中重要なのは、

- (a) 厚さのパラツキの少ないこと
- (b) 平面性に優れていること
- (c) 異物(ゲル, ハード スポット, フィジューアイ などといわれる)のないこと

などであるが, これらについての要求は, 従来用途のものに比べてはるかにきびしい。

厚さのパラツキについていえば, 高級印刷紙の現状がおおむね $\pm 3\%$ 以内におさまっているのに反し, 通常の押しフィルムは, 精度の高いものでも $\pm 10\%$ 程度であり著しく大きい。従来の押しフィルムは, 印刷用紙ほど厚さ精度を要求せず, 極言すれば, フィルム形態を保ちさえすればよいというような用途が多かったためやむをえないのかもしれないが, 一日も早く向上することが望まれる。この問題は, 押出機の精度, 押出技術とも関連するであろうが, 現状が決して限度ではないと思われる。事実, われわれの使用しているフィルムは, 開発当初よりもはるかにパラツキが少なくなり, 現状では常に $\pm 10\%$ 以下であり, $\pm 5\%$ 以下もしばしばあるのが一つの例証ではなからうか。

平面性不良とは, たとえば平らなガラス板の上にフィルムを置くと, 部分的な波打ちのある状態を指す。これは, 紙では「ブク」といわれていて, しばしば発生するトラブルであるが, 紙とフィルムとでは著しく挙動を異にする。すなわち, 紙の場合は, 大気中の湿度変化に伴う伸縮の結果は正されることがあるが, フィルムの場合は伸縮がないため, 常温ではほとんど正されない。またある程度以上の大きな異物があると, コーティングによってかくすことができないばかりか, かえってコート層表面に欠陥としてより顕著に現われてくる。

この他巻取の幅および長さも重要であり, フィルムをベースとする合成紙の生産性を高めるには, 上記のような欠点がなく, より広幅, より長尺のものが望まれる。具体的にいえば, 当面希望するのは幅として約1.6m, 長さ3,000~4,000m以上のものである。このような仕様のフィルム巻取はまだほとんどないといえるが, 紙では極めてありふれたものである点, 大きなギャップとして感じられる。

4.2 Qコート

前述したように, Qコートは, ビグメント・コートッド・フィルムであって, 高級印刷用合成紙といえることができる。ここでは, Qコートの製造法について詳しく述べることはできないが, 一口にビグメント・コーティングといって

も, 高分子フィルムは紙とちがって水に対して濡れにくく液体の吸収性もなく, かつ耐熱温度も異なるから, 紙コーティングと同様に行なうわけにはいかず, この点に技術上の苦心がある。工程としては, コーティング—乾燥—スーパー カレンダー仕上げの順に行なわれ, 紙の場合と変りない。そして, 操業スピードも紙の場合と大差なく行なうことができるとだけ述べておく。また, Qコートの仕様のあらましは以下のとおりである。

ベース フィルム	25~230 μ
コート 量	15~35 g/m ² /side
白 色 度	85~90 %
不 透 明 度	70~98 %
平 滑 度	15~80 mmHg

(「スムースター」による)

光 沢 度 20~40 % (60°~60°)

Qコートの性質については, すでに別報⁴⁾で詳しく述べているのでこれを参照されたいが, 代表的な性質をアート紙およびキャスト コート紙と対比すると第5表の

	x	y	Y (%)	λ_d (mμ)	P_e (%)
Q'Per	0.310	0.316	99.36	430	0.05
Q'Kote	0.311	0.317	90.08	580	0.46
Coated Paper	0.312	0.319	86.00	572	1.23
Uncoated Paper	0.316	0.322	85.72	579	3.11

Fig. 1. Spectro photometric curves of natural and synthetic papers

第5表 Q コートの代表的な性質

			Q コ ー ト	ア ー ト 紙	キャストコート紙	
一 般 的 性 質	坪 量	g/m ²	130	130	134	
	厚 さ	μ	117	119	150	
	密 度	g/cc	1.11	1.09	0.89	
	白 色 度	%	87.5	82.0	83.5	
	不 透 明 度	%	96.8	96.9	96.8	
	光 沢 度 ¹⁾	F/W %	23 /24	21 / 25	61 /13	
	平 滑 度 ²⁾	F/W mmHg	30 /30	170 /240	110 /700	
	引 張 り 強 さ	MD/CD kg	5.3/ 7.4	8.5/ 6.4	8.9/ 6.8	
	破 断 伸 び	MD/CD %	19 /20	1.8/ 4.5	1.8/ 3.5	
	引 裂 き 強 さ	MD/CD g	79 /49	60 / 59	73 / 81	
破 裂 強 さ	kg/cm ²	3.9	2.3	2.5		
ク ラ ー ク 臨 界 長	MD/CD cm	15 /15	23 / 19	28 / 24		
耐 光 性	Fade-O-meter	0 日	86.1	81.9	83.5	
		1 日	85.4	77.3	79.6	
		2 日	85.2	74.2	75.2	
		4 日	84.7	73.1	73.2	
	色 戻 り 指 数	Δ (k/s)×10 ⁴	26	295	328	
湿度変化による伸縮%		% R.H.	MD 0	CD 0	MD 0	CD 0
	62					
	↓ 92		+0.01	0.00	+0.08	+0.85
	↓ 63		0.00	-0.03	-0.30	-0.61
	↓ 28		-0.04	-0.02	-0.26	-0.53
↓ 63		+0.01	+0.02	-0.20	+0.37	
インキ光沢度%	ス	ミ	50	42	48	
	ア	イ	47	41	48	
	ベ	ニ	56	46	56	
		キ	81	62	80	
	ア イ + ベ	ニ	42	37	41	
	ア イ +	キ	73	60	72	
	ベ ニ +	キ	82	64	79	
	ア イ + ベ ニ +	キ	54	49	58	

注 1) 60°—60° 2) 「スモースター」による

3) インキ光沢度は RI テスターで印刷後測定した。

ようになる。表中耐光性の項で色戻り指数とあるのは Kubelka-Munk 理論にもとづく k/s (k : 比吸収係数, s : 比散乱係数) をアーク燈照射前後の差で示したものである。 $\Delta(k/s)$ 小さいほど色戻りが少ないことはいうまでもない。また, 第1図は, 分光反射率曲線を示すものであるが, 合成紙Qパー, Qコートが天然紙に比べて白色度が高いのみならず, その色相も純白に近いことが明らかであろう。

4.3 Qパー

Qパーは, フィルム(通常の透明フィルムはもちろん, 顔料を添加して不透明としたものであってもよい)

Fig. 2. Microscopic photograph of the cross-section of Q'Per ($\times 100$)

(a)

(b)

Fig. 3. Microscopic photographs of the surface of Q'Per ($\times 100$)

第6表 ポリスチレン・Qパーの性質

	I	II	III
密度 g/cc	0.8	0.6	0.7
白色度 %	93	94	94
不透明度 %	55	90	90
平滑度 ¹⁾ mmHg	700	600	100
光沢度 ²⁾ %	1	6	40
対応する紙	トレーシング紙	上質紙	コート紙

注 1) 「スムースター」による

2) 60°-60°

表面に微多孔層を設けたものである。第2図は、Qパーの断面の顕微鏡写真であるが、三層にみえる上下二層が微多孔層であり、中層は通常の透明フィルム層である。このように、表面に微多孔層を設けると、この層における光の散乱によって、白く不透明な外観を呈するばかりでなく、筆記性あるいは印刷インキの吸収性などといった紙と似た性質が与えられるようになる。

周知のように、紙には表面が粗なものもあれば平滑なものもあり、また同じ厚さであってもトレーシング・ペーパーのように半透明なものや上質紙のように不透明なものもあって、用途に応じて使い分けられている。Qパーの場合も、紙化条件を変えることによって、これらの性質に変化をもたせることが可能である。

すなわち、紙化の条件をいろいろ変化させると、微多孔層の厚さおよび微多孔の大きさを変えることができるが、この影響は次のとおりである。

微多孔層の厚さ → 白色度、不透明度、密度
 微多孔の大きさ → 平滑度、光沢度、インキの吸収
 乾燥性

したがって、処理条件を適当に組合わせれば、性状の変化をもたらすことが可能で、ほぼ100μの厚さのポリスチレン・Qパーについて例示すると第6表のようになる。また、平滑性の相違している例を表面顕微鏡写真として第3図に示す。

Qパーの性質は、Qコートと同じように、基本的物性はベースフィルムのそれに依存し、表面の性質が紙と似ているといえることができる。

5. む す び

以上最近の合成紙の概要と、われわれが取扱っている高分子フィルムを紙化した合成紙について説明した。

今後も、合成物を原料とする紙は、いろいろと形を変えて現われてくるであろうが、これまでに、ゴム、絹、羊毛などの天然物が合成物に代ってきたと同じようなチャレンジが開始されたところである。

わが国の環境事情は、合成紙育成のため最も適しているし、またその必要があると考えられるが、合成紙を真の意味で次の時代の紙として育て上げるには、なお多くの問題を解決しなければならない。このためには、石油化学、製紙、印刷、機械工業その他関連業界の協力によって、これらの境界領域における共同開発を進めることが必要であり、これによってこそ実を結ぶであろうと信ずる。

文 献

- 1) 竹中、池田；表面，2，no. 10，32 (1964)
- 2) 矢沢；高分子，15，412 (1966)，紙パ技協誌，20 353 (1966)
- 3) 矢沢；紙パ技協誌，20，353 (1966)
- 4) 藤井；紙パ技協誌，20，347 (1966)
- 5) 谷；印刷雑誌，55，no. 11，10 (1967)