嵩高紙—日本製紙の挑戦*

日本製紙株式会社 技術研究所 越 智 隆

Challenge to the Development of Bulky Paper in NPI

Takashi Ochi

Nippon Paper Industries Co., Ltd.

Bulky paper is getting popular in the past ten years. If the thickness of paper is the same, the weight of bulky paper is lighter than conventional paper. This means that bulky paper is environmentally friendly because of the lower amount of pulps and other energy consumption, and is human friendly as well. Nippon Paper Industries Co., Ltd. (NPI) has been developing and producing bulky paper ranging from non-coated paper to coated grade by new technologies. These new bulking technologies are based on fillers and chemicals. These materials were not used for bulking paper in the past. NPI has challenged and succeeded to use these new technologies. Precipitated calcium carbonate (PCC) which has scalenohedral shape and appropriately controlled particle size is favorable for bulky paper. Those PCCs have been producing at mill-site plants of NPI. Chemicals for bulky paper (bulking agents) work as blocking hydrogen bonds of fibers and so cause the decrease of strength of paper. For this reason, paper makers have hesitated to use these chemicals. However, NPI has had conquered problems to use the bulking agents. With well designed filler and bulking agent and other novel technologies, up to 30% lighter wood free book grade can be obtained.

分類：S₁ 紙の性質一般，S₄ 非塗工印刷用紙，S₅ 塗工印刷用紙（微塗工印刷用紙を含む）

1. はじめに

1.1 印刷用紙の需要動向

国内における紙・板紙市場（図1）は約31百万トンであり，その約6割は紙が占める¹⁾。新聞用紙が3.7百万トンであるが，当社はこの新聞用紙については中性抄造化し，高品質新聞として市場に大きなインパクトを与えている。一方，紙需要で最も多い9.7百万トンの市場（紙市場の約5割）を持つのが印刷・出版用紙である。しかしながらこの分野も市場が縮小傾向にあり，厳しい環境下にある。

図2に書籍，雑誌の販売額推移を示した。1996年をピークに所謂，紙の本の販売高も減少傾向にある。これは情報入手におけるインターネットなど他メディアの進展，社会環境変化（活字離れ，携帯電話の普及等）によるところが大きい。印刷・出版用紙も当然その影響を受け，また，紙メディアでの広告の減少による冊子当りのページ数の減少といった影響もある。そのような厳しい環境下において，当社がここ数年，

開発・上市してきた嵩高紙は販売量が大きく増えている。

1.2 日本製紙の嵩高軽量紙

嵩高紙とは，軽くても紙厚のある紙，即ち同じ紙厚では従来の紙より軽く出来る点に大きな特徴がある。当然，単純に坪量を減らせば紙厚や，不透明度などの品質も低下するので，これを軽量化しても紙厚や不透明度などの品質を維持，向上させる技術革新が必要であり，これら技術により最近の嵩高軽量紙の抄造が可能となった。紙の嵩高化により，例えば同じページ数でも軽い本が出来（写真1），持ち運びに便利である。あるいは同じ重さではより厚い立派な本が出来るといったメリットがある。

また，軽いということは，原料パルプの使用量が少なく済み（図3），木材資源の節約にも繋がり，運搬時のエネルギー消費低減，それに伴う炭酸ガス排出量も少なく済むなど，環境や省資源の観点でもメリットが大きい。このため，当社としては単に嵩高軽量紙という位置づけではなく，今後，一層重要となってくる環境保全への取組みに貢献することが出来る省資源紙との位置づけで積極的に開発を進めている。

品質，環境・資源面の他にも同じ紙厚であればより軽い紙

*平成18年度年次大会講演（講演No. A3）

単位:百万トン/年
紙・板紙統計年報（日本製紙連合会）データ
図1 日本の紙・板紙販売量（2005）

図2 書籍、雑誌類販売額推移

一般紙(640g) 嵩高軽量紙(485g)

写真1 一般紙と軽量嵩高紙の重さ比較
(A5判, 200ページ, 同じ厚さ)

の選択が可能となるため、重量単位で取引される紙取引に於いては、顧客サイドの用紙購入コスト削減の可能性もある。このように品質や製品競争力、また環境面でも大いに貢献できる製品であり、積極的に開発・上市を進めており、最近では非塗工紙から塗工紙、キャスト紙までの嵩高軽量紙を当社製品としてラインナップしている（図4）。

2. 嵩高軽量紙の製造技術

紙を嵩高化（低密度化）する場合、中質系の紙では当然、

図3 10% 嵩高軽量化時の原料削減（同一紙厚）

図4 嵩高軽量紙製品の上市状況

嵩高な機械パルプの配合が可能であり、当社でも適正な機械パルプの選択、配合を実施している。しかしながら、上質系の紙では難しい。

図5にはLBKP 100%の手抄き紙を基準にBCTMPを配合していった場合の嵩向上率と紫外線照射による退色試験実施後の白色度変化率を示す。嵩高なBCTMP配合で嵩は向上するが、一方で経時での白色度低下（退色）は避けられず、この処方では上質系の紙の嵩高化は難しい。また、抄紙機のプレスやカレンダー処理線圧の低減なども実施されるが、平滑性が低下する問題もあり、新たな技術が必要であった。

2.1 填料

填料を配合すると紙は締まる（嵩を下げる）と考えるのが一般的であった。図6には各種填料を配合していった場合の手抄き紙の密度変化を示した。カオリン、タルクといった従来の酸性抄造で用いられた填料では密度上昇し、即ち嵩が出ない紙となっている。一方、軽質炭酸カルシウム（PCC）は密度を大きく上げることはなく、またPCCの中でも密度への影響に違いがある。逆に密度を下げるものもある。図中のPCC 3は紙中への10%程度までの配合では密度を下げる（嵩高い）効果がある。

これは軽カルの形態、粒子径が影響していると考えている。嵩を出し易い軽カルは紡錘形が凝集したような形態を持ち（写真2）、填料自体に空隙を持つ。更に光学品質とのバランスの中で粒子径を大きくすることで、紙に配合した場合に嵩が出易いと考えている。嵩高軽量紙のためには従来あまりない考え方であるが填料でも嵩高化を行なう必要がある。

図5 機械パルプ配合時の紙質 (BCTMP 配合)

図6 填料配合時の手抄き紙密度

紡錘状の軽カル

凝集形態の軽カル

写真2 PCC電顕写真

炭酸カルシウムは日本に豊富に存在する石灰石を原料とし、嵩への影響の他にカオリンやタルクといった従来の酸性抄造で使用してきた填料より白色度も高い。その中でも、適正な形態のPCCは用紙を嵩高化し、更に光学品質も高い。このため、当社はPCCを全面的に使用すべく、中性抄造に転換している。

またその内添用PCCについては当社における数多くの工場内で自製を開始している(図7)。形態、粒子径を適正に制御して軽量嵩高化に寄与すると共に、PCC製造時には製紙工場で排出される炭酸ガスを有効利用できることで環境負荷も低減出来るメリットもある。その他、必要に応じてより用紙を嵩高に出来る填料など適宜使用し、従来の常識とは逆に填料による嵩高軽量化を図っている。

2.2 嵩高化薬品

中質紙は嵩高なパルプの配合は可能であり、このため上質紙に比較し密度(嵩が出やすい)が低く、嵩高な填料を配合しても更なる嵩高化は難しい。そこで開発されてきたのが繊

図7 製紙工場内でのPCC自製

一般上質紙

嵩高紙(嵩高化薬品配合)

嵩 1.18 cm³/g
(密度0.86g/cm³)

嵩 1.78 cm³/g
(密度0.56g/cm³)

写真3 嵩高軽量紙の断面

維間結合を阻害することで繊維間の結合距離を広くして嵩を出す薬品である。

写真3に嵩高化薬品添加前後の紙の断面電子顕微鏡写真を示す。同じ坪量であるが、繊維間の間隔が広く空間が出来ており、紙厚が大きく向上し、嵩高になっていることが分かる。一方で、紙厚を同じにすれば、坪量を下げることが可能であり、軽量で木材パルプ使用量の少ない紙を抄造出来る。

このような繊維間結合阻害薬品の使用に際しては、強度低下やウェットエンド(歩留り低下)等に大きな影響があり、このような薬品による紙の嵩高軽量化は従来、進んでいなかった。表1に嵩高化薬品を添加した場合の密度と裂断長の変化を示すが、添加により密度の低下すなわち嵩は出るが、裂断長は大幅に低下する。

実際に紙を抄造する側としてはこのような薬品の添加は断紙を助長する要因であり、使用は通常難しいと判断する。これが従来、繊維間結合を阻害する嵩高化薬品のような薬品が使用されなかった一因である。紙力低下に対しては、内添紙力剤添加を考えると、紙力剤は繊維間結合を増やすので密度は逆に上がってしまい、嵩高化には反する。そこで繊維間結合点数を出来るだけ増やさず、密度を上げないで強度を向上させる紙力剤の選択が重要である。最近ではこのような紙力剤の研究も行われて来ている²⁾。

また、嵩高化薬品の添加で紙の破断強度は大幅に低下するが、この薬品の添加により力が加わった際の紙は伸び易くなる。このため破断するまでの外力に対しては、紙が伸びることによって応力集中が避けられ、抄紙機や印刷機上で比較的断紙す

表 1 嵩高化薬品添加時の密度と強度(手抄き紙)

項目	単位	薬品なし	薬品 1	薬品 2
密度	g/cm ³	0.64	0.58	0.59
密度低下	%	—	9.4	8.0
裂断長	km	3.78	2.35	2.80
強度低下	%	—	38.0	25.9

ることが少ないことがわかってきた。その他、嵩高化薬品を使用するうえでの諸問題も解決しながらこの軽量化技術を推進している。

2.3 嵩高原紙への塗工

当社は嵩高軽量紙を非塗工紙から塗工紙まで展開している。塗工紙の場合、原紙を嵩高にすると塗工の際に塗料が原紙層へ浸透しやすく、紙表面の被覆性が低下し、塗工紙として同じ光沢度にカレンダーで調整するには、被覆性が悪くなった分カレンダー処理線圧が高くなるため、結局密度が変わらない場合がある。単純な原紙嵩高化が嵩高軽量塗工紙に繋がらない(表 2)。

このため低密度(嵩高)原紙に被覆性よく塗工する技術が重要となる(図 8)。低密度な原紙に塗工する際には塗工顔料としては嵩高な塗工層を形成し易い粒径分布がシャープな顔料が望まれる。このような顔料を使用することで、同じ塗工量でも原紙被覆性が良くなる。このため、低密度な嵩高原紙への塗工でも原紙表面を被覆し易い。また、カレンダー処理でも出来るだけ線圧を高くしないことが重要であり、設備面でも例えば高温ソフトニップカレンダーが有利である。

このように塗工紙の嵩高軽量化には単純に原紙を嵩高にするだけでは難しく、塗工顔料、塗料設計、カレンダー設備など各種の技術投入が必要である。これら技術を総合していくことが高い品質をもつ嵩高軽量塗工紙の製造を可能とする。

3. ま と め

嵩高軽量紙について、当社は品質や製品競争力、また環境面でも大いに貢献できる重要な製品と捉えている。このためパルプ、填料、顔料などの材料、また嵩高化薬品や紙力向上剤などの開発、採用を積極的に行なってきた。更に抄造技術、塗工技術開発も積極的に行い、またそれに対応すべく設備面の改善、新規設備導入など全社挙げて取り組んでいる。

この結果、例えば図 9 に示すように、当社の上質書籍用紙ラインナップの中では、一般品から嵩高軽量紙まで 30% 嵩が異なる品種が製造可能であり、大幅な軽量化を達成している。一方、塗工紙においても同様にマットからグロス調塗工紙まで、嵩高軽量化製品をラインナップしている(図 10)。

今後も、当社の製品作りのコンセプトにおいては環境への影響含めて嵩高軽量化が重要と考えており、今後も更に製紙機械、資材、薬品等の各メーカーのご協力を得ながら製品開発を進めて行きたいと考えている。

表 2 嵩高原紙への塗工

試料		①	②
原紙密度	g/cm ³	0.59	0.55
塗工紙密度			
カレンダーなし	g/cm ³	0.77	0.73
カレンダー処理(白紙光沢 45%)		基準	線圧 25% 増
カレンダー処理後	g/cm ³	1.07	1.07

図 8 塗工技術による嵩高化(塗工顔料)

図 9 上質書籍用紙の嵩高軽量化

図 10 従来紙と嵩高紙比較(塗工紙)

References

- 1) Japan Paper Association : KAMI・ITAGAMI TOUKEI-NENPOU (2005)
- 2) N. Sone et al : JAPAN TAPPIJ. 59 (9) 60 (2005)