中性抄紙の海外動向について

—わが国中性抄紙実施のための参考として—

十条製紙㈱ 石 黒 久三郎

Alkaline Papermaking in Western Countries

—for Guidance to Apply in Japan—

Kyuzaburo Ishiguro
Jujo Paper Co., Ltd.

Study on alkaline papermaking has been carried out in Japan and some paper mills have already adopted the process. This paper describes several examples of alkaline papermaking in Europe and USA for guidance to apply the process in Japan.

In alkaline papermaking, Western countries have several different operating conditions as follows.

1. Calcium carbonate used in Europe and USA is produced from chalk, which is relatively soft and inexpensive. Accordingly, it does not abrade a plastic wire of a paper machine.
2. Water is weak alkali in many Western mills.
3. In Japan, we use calcium carbonate, especially ground calcium carbonate for alkaline paper making. They are produced from hard lime stone, causing abrasion of a plastic wire of a paper machine.

Although, there are different operating conditions between Japan and Western mills as mentioned above, I hope that data and technical trend of Western mills in this paper will be a help to apply in Japan.

1. ま え が き

中性抄紙については従来よりわが国でも関心が集められ、いくつかの報告が見られるが^{1)~4)}、水利が比較的悪く、しかも排水規制の厳しい欧州では用水原単位を下げるのが、製紙工場のひとつの重要な課題であり、この点中性抄紙は用水の回収再利用が図り易く、この目的をもってヨーロッパでは上質紙の約50%が中性抄紙を実施しているという⁵⁾。

また、欧米諸国では後記のように工場用水が pH 7 以上のアルカリサイドの工場が意外に多く、中性抄紙の填料として使用される炭酸カルシウム原料も、安価で軟質の主として白亜 (chalk) 系原鉱石をそのまま機械的に粉碎して製造される重質炭酸カルシウム (重カ

ル) を使用する場合が多く、プラスチックワイヤーに対する問題点も少なく、この両者が相まってわが国より中性抄紙が普及している理由かとも考えられる。

わが国でも以前より国内で豊富に産出される石灰石を焙焼し、化学的に製造する沈降性炭酸カルシウム (軽カル) を填料とする中性抄紙が試みられ、例えば辞典用紙、複写用紙等の薄葉紙系、すなわち、どちらかという特殊紙の分野で、不透明度対策として使用されている二酸化チタン (TiO₂) の代わりに軽カルを使用し、コスト面より検討が加えられた中性抄紙、また、ラisperpaperの燃焼速度をコントロールする目的で品質面から軽カル採用を検討した中性抄紙等がすでに実用化されている。

中性抄紙は別名「アルカリ抄紙」とも言われ、中性

サイズ剤、および定着剤としてカチオン系ポリマー、もしくはカチオン系デンプンを使用し、抄紙工程における原料・白水系が pH 7 以上に調節される抄紙法で、これに対し従来の抄紙法は硫酸バンドを使用する酸性サイドの抄紙法であるが、これはサイズ剤としてロジンを使用するため、この定着剤として安価で効果的な薬品として硫酸バンドがたまたま選択されたため、結果として酸性抄紙になったに過ぎないと言ってよからう。

硫酸バンドはロジン定着のほか、その凝集効果による繊維、およびクレー歩留向上、ピッチ付着性の軽減という抄紙工程において大変重要な役割を果たすため、今まで抄紙法といえば「ロジン—硫酸バンド—酸性抄紙法」というパターンがほとんど抵抗もなく概念的に固定化されたのも製紙界における既成の事実である。

最近になり繊維・クレー類に対し高分子系の優れた歩留向上剤、また、ピッチ分散剤が開発され、また、サイズ剤に対しても優良な内外添用各種サイズ剤が開発され、コスト面の問題がまだ存在するかも知れないが、いずれにせよ従来よりの「ロジン—硫酸バンド」法に換わる抄紙法が検討され、これがまた中性抄紙の幕明ともなったのである。

中性抄紙は酸性抄紙に対し一般的にいて次のようなメリットが期待できる。

- 1) 酸性抄紙に比し設備機器類の腐食が少ない。
- 2) 中性抄紙を行うと水中の諸イオン濃度が減少するので、白水の回収・再利用率が増加し、結果として工場排水の減少、工場用水の節減につながり、環境対策、コスト面より有利になる。
- 3) 中性抄紙を行うと、今のところ推定の域を出ないが繊維間結合が向上し、紙力が増加し、叩解用電力等が節減でき、また、一定の紙力水準において填料高配合の分だけ、湿紙乾燥用蒸気が減少するので省エネルギーとなる。
- 4) 紙力が増加する分だけ填料配合を増加することができ、紙料費を安価にすることができる。
- 5) 原料・白水系がクローズド化されるので白水温度が上昇し、白水加温用蒸気を使用している場合には省エネルギーとなる。
- 6) コート紙の場合、一般的に塗料中に 10~30% の炭カル（軽カル、重カル）が配合されているが、コート紙ブロークを酸性抄紙原紙マシン系に回収すると炭酸ガスが発生、泡トラブル防止のため前処理を必要とするが、原紙マシン系を中性化すればこの辺の配慮は不要となる。

本文では欧米各工場におけるアルカリ抄紙の数例を

あげ、実施に当たっての問題点、今後の検討課題等を紹介してみた。前記のように欧米諸国とわが国では、工場用水水質、炭酸カルシウムの性状、コスト等事情の異なる点もあるが、わが国でアルカリ抄紙を実施するに際し示唆に富む点も多く、充分に参考に供し得ると思う。

2. 中性抄紙と炭酸カルシウム

中性抄紙においてはコストメリット、品質対策の観点から填料として炭酸カルシウム（炭カル）を使用するが多いが、炭酸カルシウムはその製法により重質炭酸カルシウム、沈降性炭酸カルシウムの 2 種があり、中性抄紙においては状況、目的により両者がそれぞれ使用される。

2.1 重質炭酸カルシウム (ground calcium carbonate, ground limestone…重カル)

重カルは天然の炭酸カルシウム原鉱をボール・ミル、ロール・ミル、ハンマー・ミル等の粉砕装置で機械的に粉砕し、“風ひ”，または“水ひ”により分類され、粒子のサイズは微粉砕重カル・超微粉砕重カルにより異なるが、1~20 μm 位であり、形状はまちまちである。

炭酸カルシウム原鉱石として、結晶の分類としては不正確だが、一般的な呼称として chalk 系（白亜系）、calcite 系（石灰石系）があり、chalk 系はその白色度は calcite 系におよばないものの硬度小で軟く、プラスチックワイヤーに対する摩耗性が少なく、填料として経済的に優れているが、主として欧米で産出され、わが国で産出されるものは calcite 系が主で、硬度が高く、粒子が角ばっているためプラスチックワイヤーに対する摩耗性の点で、現在の処 chalk 系に比べ問題を有している。

2.2 沈降性炭酸カルシウム (precipitated calcium carbonate…軽カル)

わが国で炭カルと呼称する場合、この軽カルを指すことが多いが、いわゆる“炭酸ガス化合法”で化学的に製造され、石灰原石を石灰炉で無煙炭、またはコークスで焼成し生石灰とし、水を加えて出来た石灰乳に焼成時発生した炭酸ガスを反応させ、均一な粒度の沈降性炭酸カルシウムを生成させる方法（図 1 参照）で、生成時の反応条件を調整することにより種々の粒子径（一般的に 0.6 μm 前後）・形状のものを製造することが出来る。

軽カルは製造工程より推察できるように安価には製造しにくく、わが国では一般にタルク、クレーより高価であり、現在のところ後記の通り抄紙の場合二酸化

図 1 沈降性炭酸カルシウムの製法

表 1 Brightness values for some commonly used white fillers

Filler	Brightness (%)
Calcium Carbonate	
Precipitated	96~100
Ground	95~97
Alumina Hydrate	98~100
Hydrated Silica	97~100
Titanium Dioxide (Anatase)	98~99
Satin White	98
Zinc Oxide	97~98
Barium Sulfate	
Precipitated	98
Ground	95
Talc	90~97
Clay	80~90

表 2 わが国における各種填料の概略価格

カオリン (米国品)	55~75 円/kg
クレー (米国品)	≒50 "
クレー (国産品)	30~50 "
タルク (中国品)	30~45 "
タルク (オーストラリア品)	40~75 "
タルク (国産品)	30~40 "
重カル (国産品)	20~45 "
軽カル (国産品)	55~65 "
TiO ₂ (国産品)	400~450 "

(注) 填料の価格は品質 (白色度・粒度等) により大きく左右され、単純に価格のみで比較できない。本表はあくまでも参考である。

て使用され、一方、重カルは比較的安価に入手でき、また、タルク、クレーよりも安価なので中性抄紙の場合、重カル指向が基本的について経済的メリットが追求できる。

ただ、わが国で填料として炭カル (軽カル、重カル) を使用の場合、問題となるのはプラスチックワイヤーに与える摩耗性で、タルク、クレー等はブロンズワイヤーよりプラスチックワイヤーの方が低摩耗性を示すが、炭カルの場合は逆にプラスチックワイヤーの方がブロンズワイヤーより高い摩耗性を示し、この点よりわが国における中性抄紙実施例では、いまの処プラスチックワイヤーよりブロンズワイヤー使用のケースが多いようである。

欧米諸国の中性抄紙では炭カル (軽カル) のプラスチックワイヤーに対する相容性があまり強調されていないが、あるいは炭酸カルシウム原鉱石が硬度小で軟質な前記の chalk 系であることに起因しているかも知れない。

わが国で安価な重カル使用する前提として、炭カル (重カル) のプラスチックワイヤーに対する摩耗性の問題を解決する必要があるが、これに対しては引続き炭カルメーカー、ワイヤーメーカー、製紙メーカー等による共同研究、共同開発が必要のように思われる。

表 1、2 に代表的填料の白色度と、わが国における概略の価格を示したが、炭カル (重カル) の白色度が高いことも、中性抄紙におけるメリットのひとつである。

3. 欧米諸国における中性抄紙実施例

前に述べた通り中性抄紙は現在のところ、良質で安価な chalk 系の炭カル類を容易に入手できる欧米諸国で活発だが、その実施例の数例について記し、中性抄紙の問題点等を整理してみた。繰り返しになるがこれらは工場用水水質の相違、炭酸カルシウム性状の差等を考慮しても、わが国で中性抄紙実施の際、参考にし得るものとする。

3.1 American Israeli Paper Mill Ltd.⁶⁾

上質紙に対する中性抄紙検討のため、まず 1974 年にプロジェクトチームを発足させ、最初の 2 年間研究室において基礎実験を行い、さらにその後約 2 年間にわたり 80~90 g/m² の印刷用紙で 1~3 日間連続して中性抄紙の実機テストを繰返し、状況を確認しながら徐々に中性抄紙に切替えていった。

当工場では中性抄紙の目的を重点的に下記においた

- 1) 輸入クレーを安価な国産軽カルに振替えることによるコストダウン。

チタンとの置換え、もしくはコーティング用顔料とし

表 3 (B) Offset printing paper (80 g/m²) paper properties

Quality	Dimension	16% Ash	25% Ash	30% Ash
Tear MD	g	61	59	52
Tear CD	g	62	63	52
Stretch	%	2.2/4.4	2.0/4.6	1.9/3.8
Tensile	kg/15 mm	5.0/3.1	4.6/2.6	4.2/2.1
Opacity	Elrepho	86.2	86.7	87.5
Stiffness	Taber Standard units (T.S.U.)	81/159	70.4/144.3	
Caliper	Microns	105.9	103.4	100.3
Smooth FS/WS	Sheffield	125/130	120/125	125/135
Ash	%	16.7	24	29.5
Pick	Denoson Wax	11	12	12
Sizing	g/m ² (Cobb 60 sec.)	22	27/29	27/26
Brightness	%	80/81	82/83	82/83

2) 白さ度、不透明度の向上

約2年間の試抄期間中、製品にピンホール発生、サイズ度不良、一次リテンション低下等の問題をひき起したが、その都度解決し、現在填料配合率 25~30% (clay : chalk=50 : 50, 以前の填料配合率 16%) の配合で製品 t 当り US \$ 27.5/t (6~7 円/kg) のコストダウンを達成している。製品品質もユーザに対し好評で、オフセット印刷の際、ブランケット面に填料が若干付着する場合もあるが、この程度の問題を含め印刷作業性について現在のところ、何等問題はないとしている。

clay : chalk=50 : 50 にした理由は、clay のみでは白さ度は維持できない、また、chalk のみでは不透明性が低い点をあげているが、両者の長所、短所を相互に補完させて本配合に決定したという。

当工場における中性抄紙の経済的メリットは、中性サイズ剤を含めた薬品費はロジン—硫酸バンド法に比較し約 US \$ 5/t 高いが、これは安価な填料を 2.5% 増配することにより相殺され、コストメリット、品質等の実績は表 3 A, B の通りで、酸性抄紙 16% 填料配合に対し、中性抄紙填料配合 30% の場合、US \$ 27.5/t のコストダウンとなっている。中性抄紙による製品品質の詳細は本表 B の通りで、前述の通り印刷作業性上特に問題を生じてないが、紙表面が“ツルツルした感じ”、また、“滑り易い感じ”になったと当工場では報告している (ただし客先に対し何等問題なかったという)。

中性抄紙の場合、各薬品、填料の添加場所が大切だが、そのフローを参考までに図 2 に示した。

〔筆者註〕

当工場中性抄紙品はオフセット印刷の際、ブランケ

表 3 (A) Offset printing paper (80 g/m²)
fiber & chemical furnish

Purnish	16% Ash	25% Ash	30% Ash
Bleached Softwood	220	270	270
Bleached Hardwood	490	340	300
Bleached Mechanical	—	—	—
Clay	180	150	170
Chalk	—	150	170
Cato 8	—	6	6
Size Press Starch	44	50	50
Fibran	—	2.2	2.7
Percol CA 140	0.4	—	—
Percol E 24	—	0.4	0.4
Fortified Rosin Size (50% solids)	9	—	—
Alum (50% solids)	11	—	—
Anti-foam	0.2	—	—
Price Diff. \$	0	-16.5	-27.5

All raw material quantities are expressed in Kilograms per metric ton of paper. Pulps-air dry (90% solids); other raw materials : B.D., except for rosin & alum are weighed at 50% solids content.

ット面に填料が若干付着したが、印刷作業性に問題を与えなかったというが、わが国印刷工場ではこの点に対し特にシビアなので注意する必要があると思う。また、“ツルツルした感じ”、“滑り易い感じ”になったというが、わが国中性抄紙の場合でも、サイズ剤によってはこのような傾向を生ずるときがあるので、マーケットに対する反応につき充分に留意する必要がある

図 2 Chemical flow diagram

表 4 Typical characteristics of filler grade precipitated CaCO_3

	Product A	Product B
Composition		
CaCO_3	98.07%	98.6%
MgCO_3	1.0	0.6
Al_2O_3	0.2	0.2
SiO_2	0.1	0.4
Moisture	0.2	
Bulk Density (lbs/ft ³)	24	27
Avg. Particle Size (μm)	1.1 spherical	1.5×0.4 Acicular
Surface Area (m ² /g)	8.5	2.0
Oil Absorption	60	80~100
Specific Gravity	2.7	2.8
Refractive Index	1.658	1.658
Crystal Habit	Calcite	Calcite/ Aragonite
Brightness ($\text{BaSO}_4=100$)	100.6	98.5

図 3 30 g/cm² Handsheet total filler 25%

と思われる。

図 2 薬品添加場所の参考図は、実際操作の場合は薬添に対する時間の因子が関与するため微妙で、薬添個所は実機に対し try & error で検討する場合が多いようだ。

3.2 SCM社 Allied Paper Devision⁷⁾

米国でも中性抄紙に対する関心が強いが、当工場では手抄きシート、および実機における実際操作により中性抄紙の長所、短所を検討している。

当工場で検討の対象とした軽カルの性質は表 4 の通りで、軽カルを使用することで期待できるメリットを下記のようにおいて

- 1) 白色度向上
- 2) 製品の低密度化 (かさ高の紙の製造)
- 3) 製品品質の耐久性
- 4) 透気性の向上
- 5) 二酸化チタンとの振替
- 6) 版胴に対する磨滅性の改善
- 7) クリーピング性 (折り曲げ適性) の付加
- 8) 製品ソフトネスの向上
- 9) インキ受理性の向上
- 10) シガレットペーパー燃焼性のコントロール

上記のうち軽カルによる製品密度の影響は図 3 の通りで、軽カル配合による製品の低密度の傾向が良く解り、低密度の紙 (嵩のある紙) が要求される場合には軽カル多配合とし、紙厚を調節すれば良いとしている。

図 4 は軽カルを使用した場合の製品品質 (耐折度、引裂き強さ) の保持性 (耐久性) の良さを表わしたもので、クレー使用の酸性抄紙に比べ炭カル使用の中性抄紙の方が紙の物性維持が優れているとし、W. Barrow⁸⁾ の結果と一致したと報告している。

図 4 Machine made papers basis weight : 75 g/cm²

図 5 30 g/cm² Handsheet total filler 25% 図 6 30 g/cm² Handsheet total filler 25%

図 5 は軽カル配合と透気度の関係で、クレーとは反対に軽カル多配合ほど透気性は上昇し、これは同時に図 3 の製品低密度化につながり、サイズプレス使用の場合には、サイズ液浸透性が良化の方向に向うことを示している。

図 6 は軽カル配合と不透明度の関係を示したもので、不透明度対策で二酸化チタン使用の場合は、二酸化チタンを一部軽カルに振替えることが可能となり、有力なコスト対策となるとしている。

当工場で使用している軽カルのひとつの特長は印刷時における版胴に対する磨減性が少ないことで、表 5 に各填料の金属に与える磨減性を比較したが、同時に軽カルは印刷時におけるインキの着肉性を向上させ、イキの裏抜けを防止し、インキの乾燥性も向上させ、一般的に製品の印刷作業性を向上させる特質を有しているとしている。

当工場の意見として裏カル粒度を表 4 に示す重カルの粒度にまで粉碎させると、重カルを軽カルの特性に近づけられると考えがちだが、実際には粒子形状がこれらの特性に大きく影響をおよぼし、嵩(低密度化)、透気度、二酸化チタンとの置換え等は重カルの粒度を

表 5 Valley abrasion test results for papermaking fillers

Pigment	Valley Abrasion (mg. Wire Loss)
Sintered Clay	290
Titanium Dioxide	35~50
Hydrated Silica	20~40
Coating Clay	10
Calcium Carbonate (PPT)	5~7

軽カル並みとしてもその特性を発揮させることは困難だが、インキ吸収性、紙物性の保持性等は軽カルと同程度のものが期待できるとしている。

当工場では中性抄紙実施の際、操業面における利点を次のようにあげている。

1) ロジンサイズ硫酸バンドによる酸性抄紙で、しばしば問題になるワイヤー、フェルト類の汚れ、フォイル、その他ウェットパートに付着する粕類が大幅に減少する。

2) 原料中のピッチ類が軽カル表面に吸着され、系外に排出されるのでピッチトラブルが減少し、また、スライムコントロールも酸性抄紙法より中性抄紙の方が容易である。

3) 中性抄紙の場合は酸性抄紙に比べ、溶解塩類が系内に析出することが少ないため系をクローズ化し易く、歩留が向上し、総体的に工場産業廃棄物の量が減少する。

4) 白水回収装置における繊維、填料類の回収効率が良く歩留が向上し、また、工場排水処理設備のクラリファイヤーにおける沈降性が良好で工場排水を良好にすることが出来る。

当工場では中性抄紙のメリットは多々あるが上記 3)、4) が今後もっとも注目すべき点でないかとしている。また、問題点として下記をあげている。

1) 工場内のすべての抄紙機が中性抄紙となれば問題ないが、抄紙機が酸性抄紙、中性抄紙を繰返す場合には、配管系を両者に切替え可能のように設備する必要がある。また、酸性から中性抄紙に切替えの際は、チェスト類、白水タンク、セーブオール、ピット類を確実にアルカリ洗浄する必要のあることで、これを行わないと、例えばワイヤー上で泡が発生し製品品質に影響を与える場合がある。

2) 中性抄紙の場合、ヘッドボックス内原料の空気含有量が酸性抄紙の場合に比べ大となりがちとなり、また、これは軽カル含有量が増加するほど著しくなる傾向を有し、同じく製品にピンホール等のトラブル発

表 6 Unsized sheets (90 g/cm² basis weight)

	6% Clay	6% CaCO ₃	12% Clay	12% CaCO ₃	15% Filler		
					12% Clay 3% TiO ₂	12% Clay 1.5% TiO ₂ 3.0% CaCO ₃	15% CaCO ₃ 1.5% TiO ₂
Clay (\$ 150/ton)	9.00		18.00		18.00	18.00	—
TiO ₂ (\$ 1000/ton)					30.00	15.00	15.00
CaCO ₃ (\$ 125/ton)		7.50		15.00		3.75	18.75
Pulp (\$ 340/ton)	319.60	319.60	299.20	299.20	289.00	289.00	289.00
Chemicals (misc.)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Total (\$/ton)	333.60	332.10	322.20	319.20	342.00	325.65	322.65
Advantage to CaCO ₃ Use (\$/ton)		+1.50	+3.00			+16.35	+19.35

生の原因になる。

3) 中性抄紙の場合、プレスロール表面に湿紙表面より原料ムケによる微細繊維が付着しやすく (skinning), これに対しては油脂類の添加, もしくは消泡剤の変更等で防止できるとしている。

4) ワイヤー上にストリーク (streaking) が発生する場合があるが, これに対してはヘッドボックスを調整することにより修正し得るとしている。

要するに中性抄紙切替えにより炭カルの使用, 添加薬品の変更を行うと, 製品品質, 抄紙機操業面に種々影響をおよぼし, 予測し得ないトラブルを発生する場合があるので慎重に「試抄」を重ね, トラブルの原因追求と対策を地道に積み重ねていく必要があるとしている。

また, 当工場では中性抄紙の経済性に対し次のように述べている。

1) 表 6 はコート紙を例にとり, 各種填料配合の多寡とそのコストを比較したもののだが, 結論的にいえば単にクレーを軽カルに変更するだけでは, なかなかコストメリットは期待できず, 二酸化チタンを軽カルに置換えて初めて経済性が発揮できる。

2) 表 7 はクレー 20% 配合上質紙を軽カル 25% に置換えた場合の経済比較で, 軽カル 25% の方が約 4% コストダウンになっているが, 当工場では中性抄紙実施に当っては製品品質, および表 6, 7 のような経済メリットを総合的に判断し, その有利性が確認できるのであれば操業面の諸問題の解消に努め, 精力的に中性抄紙に切替えるのが良いと結論づけている。

〔筆者註〕

本報告で中性抄紙切替えにより, フォイルを初め, ウェットパートに付着するかす類が大幅に減少したというが, わが国ではこれとは逆に理由は判然としないが, あるいは工場用水水質, 原料パルプ性状の差異か

表 7 Sized printing paper : 60g/cm² basis weight

Furnish Component	20% Clay	25% CaCO ₃
Clay (\$ 150/ton)	30.00	—
CaCO ₃ (\$ 125/ton)	—	31.25
Pulp (\$ 340/ton)	272.00	255.00
Rosin/Alum	5.00	—
Starch (Size press)	20.00	20.00
Water proofer	—	7.00
Miscellaneous Chemicals	5.00	5.00
TOTAL	\$ 332.00	\$ 318.25
Advantage to CaCO ₃ Use (\$/ton)		+13.75

全く不明だが, 炭カル配合率, 内添薬品の種類, 多寡等により, 酸性抄紙時に比べ上記かす類の付着が増加し, 断紙多発, その他抄紙機操業不調の一因となる場合がある。また, 本報告の通り中性抄紙移行によりプレスロール表面が汚れる場合があるが, これに対しては本報告, および次項 Wolvercote Paper Mill, Ltd. の方法を参考にし得ると考える。

酸性抄紙より中性抄紙切替えに当っては, 本報告のごとく事前にチェスト, ピット, 配管類等のアルカリ洗浄を徹底的に行う必要があり, この分だけ抄紙機ロスタイムは増加する。

表 7 でクレー 20% 配合の上質紙を軽カル 25% に置換えたところ, 4% のコストダウンとなったとしているが, 中長期に中性抄紙を行うのであれば別だが, 抄造銘柄の一部に対し短期的に中性抄紙を行うとすると, 本報告の 4% 程度のコストダウンでは, ロスタイムによる損失を十分に補い得るか疑問である。

3.3 Wolvercote Paper Mill, Ltd. Oxford, England⁹⁾

表 8 Raw process water analysis Wolvercote Paper Mill

Test	Units	Analysis
Color	Hazen scale	10
Turbidity	Apha scale	4
Conductivity	mmhos/cm 25°C	628
pH		8.0
Total Dissolved Solids	p.p.m. at 180°C	440
Total Hardness	p. p. m. CaCO ₃	312
Calcium	" "	295
Magnesium	" "	17
Sodium	" "	
Potassium	" "	43
Equivalent Mineral Acidity	" "	127
Total Alkalinity	" "	228
Phenolphthalein Alkalinity	" "	Nil
Free Carbon Dioxide	" "	
Bicarbonate	" "	Nil
Carbonate	" "	228
Hydroxide	" "	Nil
Sulphate	" "	Nil
Chloride	" "	
Nitrate	" "	37
Silica	" SiO ₂	
Phosphate	" PO ₄	6
Total Iron	" Fe	0.065
Iron in Solution	" Fe	
Copper	" Cu	
Dissolved O ₂	" O ₂	
Free Ammonia	" NH ₃	
Free Chlorine	" Cl ₂	
Oxygen absorbed (4 hours×27°)	" O ₂	1.0

図 7 Study of mill process water

当工場は現在上質紙を抄造しているが、中性抄紙に対しては10年前ほどより取組み、英国内でも中性抄

紙に対する最も豊富な経験を有する工場のひとつである。

当工場では硫酸バンドはロジン定着、pH調節等に対し非常に有効であったため、抄紙というものは硫酸バンドを使用し実施するものという概念が植えつけられてしまっているが、硫酸バンドは排水問題、省エネ、設備保全の面より問題があり、むしろ硫酸バンドは使用すべきでないという観点に立って中性抄紙を推進してきたとしているが、この他の大きな理由として工場用水水質が表8のごとくアルカリサイドであることをあげている。図7は米国における工場用水水質の一例を示したもののだが、表8とともに欧米ではわが国と異なり、工場用水がアルカリサイドの工場が意外に多いため中性抄紙が普及しているのかも知れない。

当工場では工場用水がアルカリサイドの場合、硫酸バンドーロジンによる酸性抄紙では抄紙原料の化学的諸条件を一定に、安定して維持することは大変困難で、操業を不安定にするため進んで中性抄紙に切替えたとし、今後酸性抄紙に復帰する意図が全くないことを強調している。

以上のほか、中性抄紙に切替えた理由、メリット、デメリットを次のようにあげている。

1) 当工場はThames河畔に存在しているため、水質規制上節水を進める必要があり、中性抄紙化により白水回収率が97～99%に昇り、用水原単位が平均14m³/t(紙)と酸性抄紙時の平均70m³/t(紙)に比し1/5に減少した。米国でも環境問題より

多くの工場がWolvercote工場と同様に酸性抄紙より中性抄紙に切替えを検討中のはずと当工場では称している。

2) 工場用水がアルカリサイドの場合、硫酸バンドを使用するとAl-complexを生成し易く、白水水質が悪化し系内各所にかす類が堆積し、操業を悪化させているが、中性抄紙はこのようなトラブルはなくなった。

3) 酸性抄紙の場合、上記と関連しクーチロール、プレスロール類の目詰りが頻繁に発生、マシン停止時間も相当量に昇り効率を低下させていたが、中性抄紙後はこのような現象はなくなったとし、抄紙機の操業安定は直接コスト面に表われない大きなメリットだとしている。

図 8

4) 中性抄紙の場合、プレスロールに微細繊維類が付着し、トラブルを誘発する時があるが、現在ではほぼ解決済みとのことで、対策としては中性サイズ剤の選択を研究し対応したとしている。

5) 1次リテンションは酸性抄紙の場合より良好だが、中性抄紙は系内のイオンバランスの変化に敏感で、最適のリテンション率を把むのが難しい。

6) 中性抄紙でトラブルを起す要因のひとつに、サイズ剤が確実に制御されて添加されない場合があり、当工場では図 8 のような警報器付流量制御装置を設け、この辺を防止しているという。

7) 酸性抄紙と中性抄紙のコスト比較は図 9 A, B の通りで、中性抄紙の場合サイズ剤を含めた薬品配合が 12% から 13.5% に増加したが、これはパルプ配合が 85% から 82% に減少したことでペイでき、また填料配合も 3% から 4.5% に増加したが、クレーを安価な重カルに変更することにより同じくペイでき、総体的にみてコストダウンになるが、当工場ではこのような紙料費の目先のコストダウンよりも系内が清浄になることによる抄紙機操業安定性の向上、抄紙機停止時間の減少、これらによる製品品質の安定向上、排水処理費の低減、省エネルギー等工場総体で酸性抄紙に対し、中性抄紙の利点を評価しなければならないとしている。

〔筆者註〕

工場用水がアルカリサイドの典型的な工場で、pH 8.0 というのも注目に値し、わが国ではあまり例が少ないのではないと思われる。冒頭に記述のごとく、欧米でアルカリ抄紙が活発なのは、あるいはこの辺に一因があるのかも知れない。中性抄紙の結果、工場排水が酸性抄紙時に比べ 1/5 と大幅に減少した代表的な工場で、またプレスロールの汚れは抄紙原料、水質に適したサイズ剤の検討、選択で解決したというが、前項 SCM 社の経験とともに参考にし得ると考える。

中性抄紙の安定操業を行うには、サイズ剤が確実に

EXAMPLE 1

図 9 (A) Allocation of % costs of raw materials per ton paper-acid papermaking.

EXAMPLE 2

図 9 (B) Current allocation % costs of raw materials per ton paper under alkaline conditions.

図 10 Filler retention

制御され添加される必要があるが、図 8 はこのような観点から参考になると思う。

3.4 Nordland Papier GmbH, West Germany¹⁰⁾

当工場は表 9 のように 3 台の上質マシンで 25 万 t/年の上質紙を生産する中規模の工場であるが、中性抄紙に対しては 1969 年より検討を開始し、1972 年までが開拓期であったが、1973 年に国による排水総量規制が制定され、これが当工場の中性抄紙本格的取組みに対する強烈なインパクトとなり、工場の緊急課題として中性抄紙による工場用水節減を最大の目標とした。

図 10 は用水節減と填料歩留の推移だが、一時期急

表 9 Some facts about our company

Raw materials	pine sulfate approx. 20%
	birch sulfate approx. 30%
	filter CaCO_3
	size dimer-keten
	starch (sp) corn
Paper machines	PM 1 width 4.5 m speed _{max} 600 m/min (90~250 g/m ²)
	PM 2 4.5 m 600 m/min (60~90 g/m ²)
	PM 3 6.3 m 900 m/min (40~80 g/m ²)
Production	250,000 tons per year
Program	woodfree printing-writing papers (40~250 g/m ²)
	50% reels 50% sheets
Markets	70% West Germany
	20% Western Europe
	10% others
Employees	750

図 11 Temperature

図 12 Filler content

激に歩留が低下したが、種々検討の結果、非イオン系のポリアクリルアミド（一種の歩留向上剤）をカチオン系のポリアクリルアミドに変更することにより是正することが出来たとしている。

図 11 は中性抄紙の結果白水系がクローズド化されたため、ヘッドボックス内温度が上昇した経緯だが、この過程で工場排水量が 20~25 m³/紙・t の時期にスライムが成長するのに最も好ましい温度に到達し、多くのトラブルが発生したが、これを打開するため再度

図 13 Evaporation residue clear filtrate disc filter, filtered sample (millipore 0.45μ)

工場あげて工場用水節減に努め、ヘッドボックス温度をスライムが生成しない温度にまで上昇させ問題を解決したという。

図 12 は填料含有率の推移で、これも工場技術陣が総力をあげて取組んだ結果、工場収益改善に大きく寄与したとしている。

図 13 は白水回収系 フィルター 汚過水の蒸発残渣の関係で中性抄紙に移行し、工場用水が減少、填料含有率が上昇したにもかかわらず、蒸発残渣はほとんど変化がないということは注目すべきことで、中性抄紙の場合はそれだけ白水系の汚れが少なくなるということを示唆するものと思われる。

図 14, 15 は中性抄紙後の省エネルギーの状況を示したもので、填料配合が増加したため、紙 t 当り叩解電力が減少したこと、填料配合が増加したため、その分だけパルプ配合が下り、全体として工場電力消費量、および紙乾燥用蒸気が減少したこと、回収白水系のクローズド化により白水温度が上昇したため、加温用蒸気が減少したこと等を理由にあげている。

図 14 Electric power

図 15 Gas consumption

なお、当工場は現在の填料配合率は 25% に達しているが、これは 10 年前には予想もできなかった数値で、さらに数年後には 30% 配合達成を目標とし、また用水原単位も現在 8~12 m³/紙・t であるが、これも 6~10 m³/紙・t に減少させることを目標としているという。

〔筆者註〕

当工場は国の排水総量規制が引き金となり、中性抄紙に本格的に取り組んだ工場のひとつである。

前記 3 工場の例で見られるごとく、中性抄紙はその工場ごとに条件が異なり画一的でなく、工場の諸条件にあわせ中性抄紙各仕様をケース・バイ・ケースで円念に調査、検討する必要がある、決して簡単に、容易に酸性抄紙より中性抄紙に切替え可能なものでないが、当工場の長期にわたる基礎調査、工場あげての中性抄紙に対する取組み姿勢等は、我々に対して参考になるのではないと思われる。

4. 中性抄紙と紙質

既述の通り欧米諸国では中性抄紙の目的を主として下記におき実施している。

- 1) 製品品質対策
- 2) 省エネルギー対策

図 16 Tensile vs loading

図 17 Tensile vs loading of various CaCO_3

3) 工場排水対策（環境対策）

4) 抄紙機操業安定対策

以上のうち、紙質に対する影響を D. Dumas⁽¹¹⁾ の報告より概括的に調べると次の通りである。

なお、図 16 以下の各国に記載の炭カルの種類を改めて説明すると次の通りである。

1) 沈降炭酸カルシウム (Pcpt. CaCO_3 , Precipitated Calcium Carbonate) …平均粒径 0.6 μm , 白色度 98 以上

2) 微粉碎重質炭酸カルシウム (Fine Ground Calcium Carbonate) …平均粒径 10~20 μm , 白色度 92~98

3) 超微粉碎重質炭酸カルシウム (Ultra-Fine Ground Calcium Carbonate) …平均粒径 0.8~8.0 μm , 白色度 94~98, 図 16, 17 は填料配合と紙力との関係

図 18 Opacity vs loading

を示したもので、軽カルとクレーとは同様の傾向を示すが、粒径の大きい微粉碎重カルは前二者より紙力が強く、この傾向は図 17 でも同様で粒径が小なるほど紙力が低下することを示している。これについて D. Dumas は填料粒径が小になるほど填料表面積の合計が増加し、繊維間結合を妨害するためでないかとしている。

図 18 は各炭カルと不透明度との関係で、粒径が小になるほど不透明性は向上することを示し、図 19 は各填料と白色度の関係で、クレーは配合増加に伴い白色度は低下するが、軽カル、重カルとも逆に配合増加により白色度は向上している。

以上のように填料の種類、粒径の大小により紙質に与える影響は異なる。また、本項各図は欧米のデータで、そのままわが国で参考になるか注意を要するが、大雑把な傾向を把むのに有効と思われる。

いままでに欧米における中性抄紙の概略を記したが、わが国で中性抄紙を実施する場合には、初めに述べたように、わが国の炭カル原鉱石が calcite 系で、欧米の chalk 系と異なるため、欧米のデータをそのまま活用するには問題があると思われるが、また、わが国で実施の場合には重カルがプラスチックワイヤーに対し磨耗性の点で問題があること、軽カルがコスト的に割高なこと等、欧米諸工場より困難が伴うと思われるが、既述の欧米各工場で中性抄紙に取り組んだ際の旺盛な科学的な手法と不屈のチャレンジ精神の姿勢は、また、

図 19 Brightness vs loading

わが国で中性抄紙に取り組んでいる工場は、いずれもこのような姿勢でいると思われるが、炭カルを初めとする填料事情がどのようであれ、わが国でも中性抄紙検討の際には必要のように思われる。

参 考 文 献

- 1) 黒田 嘉 “製紙における填料について” 紙パルプ技術タイムス 56 年 5 月号
- 2) 小保方隆夫 “中性抄紙について” 紙パルプ技術タイムス 56 年 11 月号
- 3) “紙パルプ技術の新局面と技術革新の方向” 紙パルプ技術タイムス臨時増刊号 57 年 2 月
- 4) 紙パルプ技術タイムス(中性抄紙特集) 57 年 9 月号
- 5) M. Laufmann : Third International Seminar on Paper Mill Chemistry (1981)
- 6) S. Faktorowitsch : TAPPI Papermakers Conference (1979), p. 73
- 7) C. David : TAPPI Papermakers Conference (1979), p. 81
- 8) W. Barrow : Science, 129 : 1075—1084, 1959
- 9) M. Riddell : TAPPI Papermakers Conference (1979), p. 87
- 10) J. Hoppe : TAPPI Papermakers Conference (1980), p. 223
- 11) D. Dumas : TAPPI Papermakers Conference (1981), p. 41