B/M 1000 抄紙機制御システム

(3) B/M 1000 レベル II

株式会社 横河電機製作所 武藤寛二, 中村紀夫, 山本真人

B/M 1000 System Used for Paper Machine Control

No. 3 B/M 1000 LEVEL II

Kanji Mutoh, Norio Nakamura and Masato Yamamoto

Yokogawa Electric Works Co., Ltd.

1. は じ め に

これまで、第1報および第2報でB/M 1000 システムの開発経過から定常時制御システム（レベル I）の全貌について述べた。

今回は、このレベル I システムの拡張として、抄速変更、抄替えなどこれまでオペレータの感に頼っていた操作条件の変更の自動化を目的とするレベル II システムについて説明する。

2. 抄速変更、抄替えの理論と外乱要素

抄速変更、抄替えは、レベル I の制御で述べたような状態維持のための制御とは本質的に異なり、坪量、水分率、抄速などの操作条件の変更である。この場合抄紙機各部の原料系マスバランス、乾燥系エネルギーバランスが変わるため、その過渡状態をスムーズに移

行させることが大切である。ここでは、マスバランス、エネルギーバランスが、抄速変更、抄替え実施時にどのような外乱を受けるかについて理論的に追求する。

2.1 原料バランスと外乱要素

図1は本レベル II システムのフローシートである。原料系に関するマスバランスに関係する基本式は次の4式である。

$$P_H = \alpha V^2 / 2g \text{ (抄速とトータルヘッド)} \cdots (1)$$

$$F_0 = K_1 WHV \text{ (抄速とスライスリップ)} \\ \text{吐出流量} \cdots (2)$$

$$\rho_0 = (F_1 \rho_1 + F_2 \rho_2) / F_0 \text{ (インレット濃度)} \cdots (3)$$

$$K_2 F_0 \rho_0 = BD \cdot W \cdot V \text{ (生産量)} \cdots (4)$$

ただし

α : 流量係数

P_H : トータルヘッド

K_1 : 縮流係数

図1 レベル II のシステム構成

F_0 : スライスリップ吐出流量

ρ_0 : スライスリップ吐出濃度

F_2 : 白水流量

ρ_2 : 白水濃度

V : ワイヤ抄速

g : 重力加速度

W : ワイヤ幅

H : スライスリップ開度

F_1 : 種流量

ρ_1 : 種濃度

K_2 : 歩留り係数

BD : 絶乾重量

(1)式の抄速とトータルヘッドの関係は非常に重要であり、トータルヘッドで決まる原料吐出速度とワイヤ抄速は常にこの関係式が保たれねばならない。この関係がずれるとワイヤ上で繊維が引かれて一方向に並んだり、押されて地合が悪くなったり、紙の強度に大きく影響する。

抄速変更の場合についてこれらの式の相互関係を述べてみる。抄速変更では、仕上り坪量、水分率は変化させないで抄速のみを動かす必要があり、このため(4)式において抄速 V と $F_0\rho_0$ は比例的に動かすことになる。一方(2)式の拘束条件から抄速 V と流量 F_0 が比例関係になければいけないので、(4)式の条件と合わせて考えると吐出濃度 ρ_0 は一定である必要がある。したがって(3)式の種流量 F_1 、白水流量 F_2 を、吐出濃度 ρ_0 を一定に保ったまま動かす必要がある。また、(1)式のトータルヘッドはもちろん抄速に追従させねばならない。したがって、以上述べたことすべてを満足させるためには、抄速、種口弁開度、ストリームフロー弁開度、トータルヘッドを同時に定量変化させる必要がある。

抄速変更、抄替えの場合上記4式に加えて、ワイヤでの水足(DRY LINE)の管理が必要である。特にダンディロールのある上質紙抄紙機では重要となる。水足は原料吐出濃度、フリーネス、抄速等により影響され、その調節はスライスリップ開度によって行なわれる。リップ開度が変わると、(1)~(3)式に影響が出るため、ストリームフロー弁の操作が同時に必要である。

抄速変更、抄替え時の外乱要素としては、抄替え前後の白水濃度変化及びワイヤ歩留り係数の変化が最も大きな要素である。これの原因は下記に示すようなもので、いずれも抄速、坪量を変更することによって起こるものである。

(1) 抄速が変わることによりワイヤでの脱水効率が変化し、ワイヤ上で原料歩留り K_2 が変化する。

(2) 坪量が変わることにより、紙自体の沝過効率が変化し歩留りが変化する。

(3) リップ調整などにより、リップ吐出濃度が変わると、(2)と同じ原理で歩留りが変わる。

これらは、原料歩留り90%以上であるクラフト紙などでは問題とならないが、填料が多い紙の場合、原料歩留りが40~50%位になるものがあり、この場合は大きな問題となる。一般に抄速が上がれば歩留りは悪く、坪量が大きくなると歩留りは良くなる。ところが、実際の操業では、坪量が小さいものは高速で、大きなものは低速で操業されるため、(1)、(2)が相乗作用となって白水濃度は大きく変わる。

また、この白水系統の濃度は操業条件のほか、填料濃度、フリーネスによって変わる。したがって、抄替えを実施する場合、抄替え前の紙の坪量、填料、フリーネス、抄速によって抄替え直後の紙の品質が大きく影響されることを示している。

以上述べたように、抄速変更、抄替えを行なう場合、問題となることをまとめると下記のようになる。

(1) 種口弁、ストリームフロー弁、スライスリップ開度、抄速がマスバランス式で結ばれているため相互に干渉して、独立に操作できない。

(2) 抄速や坪量を変化させると白水濃度が変化して、マスバランスがくずれる。そのため、抄替え前後の状態を把握して各操作端の操作量を決定する必要がある。

2.2 エネルギーバランスと外乱要素

湿紙の乾燥はシリンダドライヤによって行なわれる。ここでは乾燥蒸気圧力の設定を変えて制御している。この場合のエネルギーバランスの基本式は次のようになる。

$$T_D = f_1(P_S) \text{ (蒸気圧-温度特性式)} \cdots \cdots (5)$$

$$Q_n = K(T_D - T_P) \text{ (ドライヤ供給熱量)} \cdots \cdots (6)$$

$$R = (MP_1 - MP_2) \cdot F_1 \rho_1 / (1 - MP_1)(1 - MP_2) \text{ (総蒸発水量)} \cdots \cdots (7)$$

$$R = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{Q_n}{r_n} \text{ (乾燥熱量)} \cdots \cdots (8)$$

$$r_n = f(M_P) \text{ (ドライヤ潜熱)} \cdots \cdots (9)$$

ただし、

T_D : ドライヤ内温度

Q_n : n 番ドライヤの放熱量

MP_1 : 湿紙水分率

r_n : 蒸発潜熱

N : ドライヤ本数

T_P : 紙の温度

P_S : ドライヤ圧力

(注) 乾燥速さは水分 71.9% から 70.9% の間における乾燥の速さを 100 としたときの値。

図 2 湿紙の乾燥特性

R: 総蒸発水量

MP_2 : 仕上り水分率

K: 熱伝達係数

ここで最終目標は、仕上り水分率 MP_2 を一定に保つことである。そのために、(7)式によって表わされる水分量 R を(8)式の乾燥熱量で蒸発することになる。湿紙乾燥の場合図 2 に示すように水分率によって乾燥効率が大幅に変わるため、仕上り水分率によってドライヤ内における乾燥分布が変わることになる。(8)、(9)式はこれを表わしたものであり、仕上り水分率の異なる抄替えの困難性を示している。また、抄替えを行なう場合、手動で図 3 のように蒸気圧と温度の関係が非直線であることも十分注意する必要がある。

乾燥系における外乱要素としては、下記のようなものがある。

(1) 熱伝達係数(K): シリンダドライヤの水はけにより水膜の厚さ(リム)が変わると、K は大きく変わることになる。(6)式参照)

(2) 湿紙水分率 MP_1 : 抄速、プレスニップ圧、毛布の状態などで大きく変わる。現在のところ測定していないため、実体をつかめない状態である。

その他全ドライヤの温度分布の変化、フード換気、熱風ドライヤなども外乱要素となる。

実際に抄速変更、抄替えを実施する場合、原料系統に比較して、系の応答が格段に遅いため、乾燥系統と原料系統の操作タイミングが問題となる。特に抄速変更の場合は、仕上り水分率を一定に保ちつつ抄速を変更する必要があるため、この時の操作は乾燥系の応答に合わせて抄速及び、原料系を変更することが大切である。

図 3 温度蒸気圧特性曲線

3. 手動による抄速変更、抄替えの実際

上質紙の場合、その時の市況にもよるが、1日平均 1.5~2 回の抄替えが行なわれる。抄速変更は、この抄替えに付随して、抄替えの 2~3 倍の回数がさらに用具替えなど、抄紙機停止後のスタートアップ時にも行なわれるため相当の頻度になる。

これらは前述したように多くの変動要素があり、個々に特性の異なる複数の操作端を、状況に応じて動かしてゆかねばならないため、手動で抄速変更、抄替えを実施するにはかなりの経験を要する。現在、これらの操作はチーフオペレータが一人で行なうのが普通である。レベル II 開発のため、抄替え時のオペレータの作業分析を行なったが、操作の手順、各操作端の操作量などは、各オペレータによってまちまちであり、これらは各自で積上げた経験によるノウハウによっているようであった。図 4 はその時の調査例である。この場合、抄替えを完了するまでに、B/M システム(レベル I)の助けをかりて 20 分かかっている。この例では、蒸気圧の設定、種口弁の操作に安全サイドへの操作、つまり、坪量は高目に、水分率は低目にして格外紙、紙切れの発生を防ぐというオペレータのくせがでている。

4. システムの構成と動作

4.1 システムの設計方針

レベル II システムの設計に当たり、前章までに述べた理論的考察、作業分析などを総合し、次のような方針を定めた。

(1) 操作量の予測はマスバランス、エネルギーバランスなどの方程式により計算する方式とし、かつ、相対値計算方式の導入により、種濃度、フリーネスなどの定量的に把握できないが短時間には変化しない要素の影響を取り除いた。

図4 手動抄替えの一例 (抄速 60 m/min DOWN 坪量 10 g/m² UP)

- (2) 予測にもとづくプログラム制御とフィードバック制御の併用により、実施時間を短くする。
- (3) 使い易さ及び、誤動作と誤操作の防止に重点をおく。

4.2 システムの構成

レベルIIシステムは図1に示すように、レベル制御システムに抄速変更ループ、インレット圧力制御ループ、及びブレ又はアフタドライヤ蒸気圧力制御ループを新たに加えたものである。

さらに、ストリームフロー副弁、種口流量計を新設し、抄速設定を本システムから直接操作可能とした。

4.3 抄替えパラメータと軌道

抄速変更と抄替えには、先に述べたようにマシン操作上から要求される機能にちがいがあがるが、その特性を把握するパラメータとしては、抄速、坪量、水分率といった共通の独立なパラメータと、トータルヘッド、種口弁開度、ドライヤ蒸気圧力など、それぞれに対応する従属パラメータがある。抄速変更、抄替えは設定された新しい独立パラメータに対して、これらの従属パラメータを一定の方式、すなわち、軌道に乗せて変更していく作業である。したがって最終的な目標値は同じであっても、抄替えの軌道の決め方についてはいくつかの手法が考えられる。

たとえば、坪量の大幅な増加にしたがって抄速を下げる抄替えを例にとってみると、損紙の発生する時間を最も短くするためには

図5 抄替え軌道

- ① 抄速変更と坪量変更を独立に行なう。
 - ② 抄速、坪量とも同時に変更するが、坪量変更を先に終了させる。
などがあるが、いずれも生産量の変動が急激である。レベルIIシステムでは
 - ③ 各パラメータを一斉に決められた方向に操作し、抄速変更、坪量変更を同時に終了する。
という手法をとっている。①～③を抄速、坪量をパラメータとして図示すると図5のような軌道として表わすことができる。軌道③は他に比較して次の特徴がある。
- 1) 生産量を時間とともに単調に増加、減少させて、先に説明したマスマバランス、エネルギーバランスの不均衡からマシンに加わる各種の変化をスムーズ

にするので、抄替え中でもマシンの安定操作を維持できる。

- 2) 生産量の変更に伴う種口弁、ドライヤ蒸気圧力など各種の操作端に対する操作量の予測及び操作、さらに異常時の安全対策を容易にする。

4.4 抄替え軌道の進行

抄替え中、すなわち、システムが抄替え軌道を進行中の場合は、B/M 計からのフィードバックをとらず、坪量、水分率に対してはまったくの予測制御になる。抄速、インレット圧力、種口弁、ドライヤ蒸気圧力など各操作端への出力は、あらかじめ設定した出力周期 T_0 ごとに抄替え軌道に沿って徐々に行なう。システムが抄替え軌道上を進行している限りは操業状態は予測され、安全が確保されているので、抄替え中、システムは、各操作端の動作が抄替え軌道に正しく乗っていることを確認しながら進むことにより、自動的に目標の坪量、水分率へ接近する。

目標値の変更幅に対応する各操作パラメータの変更幅は後述の予測方式によって $\Delta W_1 \sim \Delta W_n$ のように計算される。一方、単位出力周期内での各操作パラメータの出力最大値は、マシン特性の測定により $\Delta w_1 \sim \Delta w_n$ のように決定される。そこで各操作パラメータの出力回数 N は

$$N = \frac{\Delta W}{\Delta w} \dots\dots\dots (10)$$

となる。したがって、抄替え軌道の進行速度、すなわち抄替えの所要時間 T_g は $N_1 \sim N_n$ の中での最大値 N_m と出力周期の積で表わされる。すなわち

$$T_g = N_m \times T_0 \dots\dots\dots (11)$$

このようにして、軌道の進行は出力回数の最も多いパラメータが常に最大値を出力して軌道の進行をリードするので、他のパラメータはシステムが軌道からはずれないように、その出力を調整して追従する。

なお、抄速変更は、坪量、水分率の維持が最重点目標で、変更時間はその次の問題であるが、抄替えでは時間の短縮が重要である。したがって、操作パラメータの中には出力最大値を抄速変更、抄替え用に2種類持つものもある。このような場合には抄速変更と抄替えでは軌道の進行速度が同一でなくなる。

4.5 坪量、水分率の予測制御

抄速変更、抄替えの要求による新しい坪量、水分率の設定値に対応して、新しい種口弁開度、ドライヤ蒸気圧力を予測しなければならないが、一般には坪量、水分率の変更幅と操作端の操作量が2.1, 2.2項で述べた種々の外乱により、絶対値で対応する保証はなく正確な予測は困難である。

図 6 種口弁の流量特性

たとえば、種口弁については、種濃度の変動があるため同一生産量でも弁開度はたえず変動している。一方、種口弁の特性は図6のように非線形であるため、弁開度により、生産量に対するゲインが変化する。

レベルⅡシステムでは

- 1) 種口弁を流れる種流量が、その状態での生産量と対応していること。
- 2) 抄替えに要する短時間での種濃度変動は少ないこと。

に着目して、絶対値を基準とした抄替えごとの操作テーブル類は持たず、原料系のマスバランスを基本とした相対的な予測計算一本にしばって操作量を決定している。

ドライヤ蒸気圧力についても、2.2項のように、ドレネージシステムの状況などにより、同一乾燥負荷においても蒸気圧力レベルの変動が大きい。しかし、これも坪量と同様の考えに立ち、現在の乾燥負荷と蒸気圧力に対し、目標の負荷変化を吸収できる蒸気圧力の予測値を2.2項のエネルギーバランスから計算する。

種口弁、蒸気圧力の変更は4.4項に述べた軌道の進行に沿って単位出力周期ごとに分割して行なう。しかし、種口弁操作による生産量の変化は、そのまま乾燥負荷の変化となるが、蒸気圧力変化によるドライヤの応答はかなりの遅れを持っている。したがって時間的な生産量の変化率にちがいのある抄速変更と抄替えでは蒸気圧出力のパターンをかえている。

図7は抄速変更時の各種操作端の出力パターンである。

4.6 抄速の変更とトータルヘッド制御

トータルヘッドの変動は坪量に対する外乱となるばかりでなく、紙質にも影響を及ぼすので高精度の測定と制御が必要である。(1)式によれば、抄速 600 m/min

図7 抄速変更における操作パターン

図8 トータルヘッド制御ループの構成

におけるトータルヘッドは約 5 m H₂O となるが、その管理は $\pm 10\text{mm H}_2\text{O}$ 、すなわち $\pm 0.2\%$ 程度の変動が問題となる。

レベルⅡシステムでは図8のように差圧伝送器の高圧側に測定圧力、低圧側に設定圧力を導き、その偏差信号を検出して常に偏差が零になるように制御する零位法により測定精度を高めている。

制御は、たとえば図8のようなグースネックタイプのインレットでは、ストリームフロー弁を操作し、インレットへの低濃度液流入量を調節して行なうが、一般にストリームフロー弁には大きなバックラッシュがありとても上記のような制御分解能を出すことができない。レベルⅡでは、ストリームフロー弁に容量の小さなバイパス弁を設けて、バイパス弁で制御をすることによりこの問題を解決し、制御性を実用上十分な範囲に高めた。

この測定制御方式により、トータルヘッドの精密な遠隔操作が可能となった。したがって、抄速変更及び抄替え時には、抄替え軌道に沿って抄速の変更を行なうとともに、(1)式にしたがってトータルヘッド設定器

の設定圧力を変更する。

ただし、抄速の変更時は、ヘッドの変化幅が大きいのでストリームフロー弁を単位出力周期ごとに動かし、先のバイパス弁制御ループとの並用によりヘッドを抄速に正しく追従させることができる。

4.7 フィードバック制御への移行

抄速変更時は低濃度液の濃度変化が少ないので、抄速変更プログラムの終了時点における坪量及び水分率はその後も安定しており、直ちにフィードバック制御に入ることができる。

一方、抄替え、とくに坪量変更においては種口弁からリールまでの応答遅れ、平均値処理による検出遅れなどのため、抄替えプログラム終了後、坪量、水分率が最終値に達するまでにはなお2～3分を必要とする。したがって、抄替え時にはこの安定時間を経過したのちにフィードバック制御に入れている。図9はこの様子を示す抄替えのシーケンスチャートである。

図9 抄替えシーケンスチャート

フィードバック制御では任意伝達関数によるサンプル値制御により、予測偏差の大きさにかかわらず、3 サンプル坪量、水分率をほぼ目標値に追込むことができる。

4.8 システムの操作法

使い易さと安全を中心に設計されたレベルⅡシステムについて、その操作法を手順にしたがって説明する。

(1) 操作端の準備

まず必要な操作端をすべて自動に切替え、計算機よりの直接操作を可能にする。自動に入れるループは次のもので、切替えるとその旨の表示灯が点灯する。

- 抄速設定
- トータルヘッド圧力設定
- トータルヘッド圧力制御
- ストリームフロー弁操作
- プレドライヤ蒸気圧力設定
- アフタドライヤ蒸気圧力設定
- 種口弁操作

(2) データの書込み

表 1 設定表示器の項目

設 定 項 目	表 示 項 目
坪 量 設 定*	坪 量 測 定
水 分 率 設 定*	水 分 率 測 定
銘 柄*	絶 乾 重 量 測 定
SCAN 幅	走 行 時 間
SET POS	抄 速
校 正	時 刻
流 量 係 数*	枠 番 号
抄 速 設 定*	
制 御 定 数 (I)	
〃 (II)	

* レベル II で自動変更可能な項目

操作端の準備が終った時点で抄替準備押ボタンを押すと抄替準備中ランプが点灯し、設定表示器のデータ書き込み先が抄替準備領域に切替わる。そこで設定表示器より、次の項目の中で変更の必要のあるものを新たに書き込む。

- 坪量設定 ○抄速設定
- 水分率設定 ○流量係数
- 銘柄設定

データの書き込みが終って、抄替準備押ボタンを再度押すと準備ランプは消灯し、これまでのレベル I による制御が続行される。

(3) 実 施

抄替えの実施時には再び抄替え押ボタンを押して準備ランプを点灯し、抄替実施押ボタンを押すと抄替実施中ランプが点灯し抄替えが開始される。この時上記の操作端の準備が完全でなかった場合は異常表示をして、設定表示器の内容は抄替え前のデータに戻り、抄替えは実施しない。

また、抄替え途中で各操作端が計算機の指令どおりに動かず、その値が定められた限度を越える、すなわち、システムが抄替え軌道からはずれると抄替えは中止し、異常を表示する。

(4) 完 了

システムに異常がなく抄替えが完了した場合は、抄替実施中の表示が消灯し、そのまま新しい目標値での定常制御に移行する。

5. 導 入 の 成 果

レベル II システムはすでに中質紙、上質紙、クラフト紙の 3 種のマシンで稼動中であり、第 1 号システムの導入から約 1 年を経ようとしている。その成果については第 1 報でも述べたが、言葉の及ばなかった点を

中心に改めてまとめてみたい。

5.1 抄速変更, 抄替え自動化の成果

抄速変更, 抄替えの自動化により次の成果が実現できた。

1) オペレータの負担軽減

抄速変更, 抄替えは稼動年数の長い既設マシンではある程度ルーチンワーク化されているが、ミスのまったく許されない操作であり、新設マシンにいたっては経験と勘が頼りという精神的重圧の高い作業であった。この作業からの解放はオペレータに高い評価を得ており、導入後の使用実績はほぼ 100% に達している。また、オペレータは操業状況のチェックなど、さらに高度の判断を要する作業に進むことができる。

2) 操業効率の向上

抄速変更は既述のように最も困難な操作の一つであった。したがって、定常状態での抄速は一定、また、生産計画も抄速変更の回数をできるだけ少なくするように実行される場合が多い。

これらの問題に対して、抄速変更の自動化によりマシンの状況に応じて随時抄速を変更して、操業効率を最良の状態に保つことができた。また、生産計画に対しても柔軟性を持って追従することが可能となった。

図 10 は 45 m/min 増速の抄速変更の記録であるが、坪量を $\pm 0.3 \text{ g/m}^2$ 、水分率は $\pm 0.2\%$ 以内と定常時のノイズレベルに押さえながら約 6 分間で変更を完了している。

3) 抄替え時間の短縮

抄替えの自動化は、所要時間の短縮を実現した。第 1 報で報告したように約 10 g/m^2 の坪量変更を約 5 分で行ない、これまでの手動操作に比較して所要時間を $1/3 \sim 1/2$ に短縮できている。

5.2 システム共通化のメリット

レベル II システム稼動中のマシンは、抄物以外にもワイヤ形式、ドライブ方式、新設、既設など相違点が多いが、4.4 項に述べた抄速、生産量の最大変更幅などのプロセス定数をそのマシンの最適値に設定することにより、まったく共通のシステムで行なっている。

このシステム共通化思想の実現が、特別設計などに多いシステムのコストアップを防ぎ、また、システムのスタートアップ期間の短縮、保守性の向上などに直接結びついている。

6. あ と が き

以上 3 回にわたった B/M 1000 システムに関する報告を終了する。B/M 1000 システムはユーザのご支援をいただきながら、計器メーカーが抄紙機現場に長期

図 10 抄速変更の記録

間滞在して蓄積した知識を集大成したシステムである。このアプローチの方法により、B/M 1000 システムは抄紙機オペレータの感覚に合った、そしてまた、管理者にも納得のいくシステムであり、抄紙機運転に有効に活用されていくものと信じている。もちろん、今後研究改善をしなければならない点も多々あり、これらについても記述したとおりである。例えば坪量、水分の測定精度についてはさらに紙質の系統的解析と検定のための手法を研究改善していかなければならない。制御においては、流れ方向の制御は満足すべき結果が得られたが、真に経済的効果、品質向上を計るには横方向プロフィールの改善と制御の確立が必要である。これらは当然マシン改造をとまなうので、ユーザ、プラントメカ、計器メカの3者の協力体制が必要となる。また抄替えにおいては、B/M 1000 では定量的に把握できない因子は除いて単純化した方式を採用したことが成功の一因となっているが、今後、あらゆる種類の抄紙機にこのシステムの思想が適用できるか調査が必要と思われる。また、実際の使用にあたって、高度の自動化機器としての B/M 1000 が故障した時の操業に対する損害も大きい。B/M 1000 の信頼性、保守性の向上、警報機構の充実などをはじめ異常対策

のための教育の拡充を計らねばならないことは当然であるが、このような高度自動化機器の故障時の問題は現代社会の共通した技術課題である。

B/M 計シリーズは、B/M 1000 として一般抄紙機の外、板紙用多層抄システムの開発を終えた。引き続いてコータシステムとしての B/M 3000 や抄紙機ウェットエンド部の管理を含めた B/M 2000 システムを開発中である。製紙工業は気体、液体、固体の流れが混った自動化の難しい産業であるが、抄紙技術に対する諸因子の影響が明らかになるにしたがって、それらに対する管理の必要性が体験を通じて感じられてくる。調成工程の管理、さらには蒸解、晒工程の管理についても従来の方式から脱皮した高性能のセンサと計算機が組合わされた管理システムが必要となっている。B/M 1000 システムの開発の体験を生かして今後とも製紙工業での各部門の自動管理システム化に寄与していきたいと思っている。

おわりにあたって、王子製紙株式会社殿、十条製紙株式会社殿をはじめとする各製紙会社に対して B/M 1000 システムがここまで進むことができたことについて深く感謝する次第である。