紙パルプ製造工程における計装技術の歩みと今後の展望

横河電機(株)紙パ技術部 山本 重彦, 市川 真昭

Review and future prospect of instrumentation techniques in pulp and paper processes

Shigehiko Yamamoto and Masaaki Ichikawa
Yokogawa Electric Corporation

Recently pulp and paper plants became more sophisticated, and the role of instrumentation techniques became essential for their operation. This paper reviews the history of the development of instrumentation techniques in pulp and paper processes. The paper stresses the importance of maintenance techniques in a total production system in future. The paper also discusses emerging techniques such as neural network and process simulation to reduce the operators work load.

1. はじめに

紙パルプ産業の歴史は古く、そのルーツは紀元前にさかのぼるとされている。日本においても中国より伝えられたとされる製紙技術は、改良に改良が重ねられて優美で強靱な和紙として現在でも立派に生き残っている。

一方、印刷機が発明された15世紀頃から紙の需要は大幅に伸び、製紙技術は機械化されて大量生産されるようになった。

製紙技術は海外で発達し、日本へは1872年(明治5年)に最初の抄紙機が導入された。その後の製紙技術の発展は“紙は文化のバロメーター”と評される通り社会、経済、文化の発展とともに歩んできている。

このような製紙技術を支えているものに計装技術がある。人間の五感に頼っていた手抄きの時代に比べ、設備が大型化、高速化している現在では計測、制御技術はより重要になっている。

そこで紙パルプ製造工程における計装技術のトレンドを分析し、その課題を明らかにするとともに将来の展望を予測してみたい。

2. 紙パルプ計装技術の歩み

プラント運転における中枢神経として発達してきた計装技術も社会のニーズと密接に関係している。表1は計装技術のトレンドを社会、経済および紙パルプ産業の変遷に合せて記したものである。

我が国のプロセス計装の歴史は手動運転の時代、自

動計測制御の幕開けとなった大型計器及び小型計器の時代、高度な制御の実現に向けたプロセスコンピューターの導入期、そして近年目覚ましい発展を遂げている分散型総合計装システムの時代に分けることができる。

2.1 手動運転の時代

日本における自動計測、制御技術が開発されたのは戦後の昭和20年代であり、それ以前は全て人間の五感による手動運転の時代であった。手動運転の時代には、オペレータは現場操作が基本であり、現場設置の指示計、或いはチェスト等のプロセスそのものを見ながらバルブを操作していたのである。手動運転で活躍したのは温度、圧力などの現場指示計とマノメータであった。

2.2 自動計測、制御の時代

1) 大型計器の時代

戦後、昭和20年代に入って伝送器による信号の統一とともに、大型の空気式調節計が開発され自動制御の時代に入った。オリジナル技術は海外から導入され、技術提携という形で国産化が一旦に始まった。調節部はノズル・フラッパーとベローズを組合せた空気圧式であり、これに真空管とサーボモータを組合せた大型の自動平衡式指示記録部を付加したものが主流を占めていた。

代表的なものにラウンドチャート記録タイプの大型記録調節計があり、これらをパネルマウントした現場制御盤が多く採用された。当時は調節計を採用するループは主要ループに限られており、手動操作が平行

表 1 計装技術のトレンド

	1950 (S.25)	1960 (S.35)	1970 (S.45)	1980 (S.55)	1990 (H.2)
	▽	▽	▽	▽	▽
社 会 経 済	戦後復興期	高度成長期		低成長期	安定成長期 成熟期
		(55)神武景気	(60)所得倍增計画 家電3種の神器	(68)GNP世界2位 3C時代	(73)第1次 オイルショック
紙 パ ル プ 産 業		(60)スーパー マーケット登場	(69)エコノミック アニマル	(79)第2次 オイルショック	(89)いざなぎ景気 (内需拡大)
		(92)労働時間 1,800H目標			
計 装 技 術	連釜1号機	プラントの 大型化/高速化	ツインワイヤM/C	(83~86)産構法施行 大型設備投資ラッシュ	
	SPからKPへ		(75)多品種少量生産体制へ		3K問題
	(32)チップ輸入開始		(45)公害問題	紙の消える日騒動	古紙利用 拡大問題
	手動運転	自動計測制御（集中監視制御）		CRTオペレーション 統合化オペレーション	
	〈現場パネル〉 現場指示計	〈高密度密着計装（中央制御室）〉		〈分散型総合計装〉	
	大型空気式計器	(61)電子式計器	(75)分散型システム(DCS)		
	小型空気式計器	(66)プロセスコンピュータ	(80)ワンループDDC		
		(60)電磁流量計登場	(69)B/M計1号機

写真 1 バッチ木釜の計装例

して行われていた。

写真1にバッチダイジェスタの計装例を示す。

2) 小型計器の時代（パネル計装時代）

昭和30年代に入って高度成長期を迎える頃になると、プラントの大型化、高速化が進み大量生産時代の

幕開けとなった。

これに伴い計装ループの数は飛躍的に増加してきたため、従来の大型調節計ではパネル占有面積が問題になること、またループ数の急増により手動運転が困難となり、市場ニーズとして小型化が必須となったのである。

紙パルプ産業においては腐蝕性ガスの発生、パルプ液を浴びる被害等の計装機器の設置環境が悪いことが大きな特徴であるが、このような悪環境から計装機器を守るのに自分自身でエアパージしてくれる空気式計装は紙パルププロセスの計装機器として最適であったといえる。

昭和30年代終りにはトランジスタ回路を用いた小型電子式計器が開発され、他産業には積極的に採用されていったが紙パルプ産業への導入は遅れた。紙パルプ産業において電子式計器が積極的に採用されるようになったのは昭和40年代後半からである。これは電子式計器の耐環境性の問題が解決したことが大きな要因

である。そして空気式計装の欠点である信号の長距離伝送に遅れが発生する問題を電子式計装が見事に解決したことと、コンピュータとの接続の優位性によるところが大きい。

しかしながらダイジェスタ等の雰囲気の良いプロセスにはやはり空気式計装が主流を占めていたのもこの時代である。

2.3 プロセスコンピュータの導入

プロセスコンピュータが産業界で一般的に使われ始めたのは昭和40年代である。最初はプロセスの監視やデータロガーとしての要素が強く、制御システムへの適用は各種アプリケーションが開発されてからである。ここで特筆すべきことは、半導体技術の進歩とともに低価格のコンピュータが出現してきており、定型的なアルゴリズムを共通ルーチンとして一般化し、いわゆるDDC (Direct Digital Control) システムが完成したことである。

これが計算機制御の幕開けとなったのである。この技術は現在のDCSに引き継がれ計算機を意識しない一般化されたシステムへと発展する基礎となっている。

2.4 CRT オペレーション

第1次及び第2次オイルショックによる経済の停滞により大量生産、大量消費の時代は終わった。社会生活が多様化し、消費者ニーズが個性化してきた結果、生産プロセスは多品種少量生産体制を余儀なくされてきたのである。

そこで計装技術へのニーズは品質制御システム、コストセービングシステムの開発が最大のテーマとなってきた。1975 (S50) 年CRTオペレーションを基本とした分散型総合計装制御システムが登場し、本格的なデジタル計装の幕開けとなった。

紙パルププロセスの制御技術上の特徴はむだ時間が長いことであり、そのことが制御方式そのものを難しくしている。

このようなむだ時間の長いプロセスはフィードバック制御で対応するには難しく、フィードフォワード制御 (予測制御) が必要になってくる。このような問題に対してはデジタル方式である分散型計装が最適である。

一方、オペレーション方式は従来のパネルオペレーションからCRTオペレーションへと大変革があり、現在でもその得失は論じられているが、いずれにしてもその特徴を生かして次世代の計装へと発展していくものと思われる。

2.5 紙パルプ産業にインパクトを与えた計装技術 紙パルプ産業の発展に寄与した計装技術の中で最も

インパクトを与えたものは、電磁流量計とB/M計であるといえるのではないだろうか。

1) 電磁流量計

電磁流量計が登場したのは1960年頃である。それまで紙パルプ産業においてオンラインでの正確なパルプの物量測定は不可能であった。

紙の生産量とチップやパルプの使用量が大幅に食い違い、生産活動の大きな支障となっていた。時にはチップヤードの一角が消えてしまったなどといわれていた。このような状況の中で登場した電磁流量計は非ニュートニアン流体であるパルプ液を、オリフィスのような絞りを入れることなく測定できることは画期的であった。しかしながら導入当初から思惑通りに測定できたかということ、そうではなく耐ノイズ性が弱く、アースの問題或いは工事上の溶接ノイズ等で泣かされたのは記憶に新しい。現在ではセラミック電磁なども開発され、今まで問題となっていた耐温度、耐磨耗性、耐付着性が解決されてアプリケーションが非常に拡大している。

2) B/M 計

現在、B/M計は抄紙機の一構成要素として必須となっているが、その成長過程はユーザとメーカーの努力以外の何ものでもない。いいかえればユーザとメーカーの協力により開発されたシステムは他にも数多くあるが、紙パルプ産業への最大のインパクトを与えたものはB/M計である。

B/M計の国産1号機は1969年に登場したが、センサはB計とM計のみであり、アナログ方式によるものであった。

B/M計の素晴らしさは抄紙機のエンドポイントセンサ&コントロールシステムであり、計装技術としては測定と制御とデータ処理 (情報処理) の技術が融合した最先端を行くものである。このようなシステムは他産業にも例を見ることがなく、紙パルプ産業が誇れるシステムの一つである。

しかしながら、現在のレベルまで到達するまでにはユーザ、メーカー共に並大抵の苦勞ではなかった。例えば測定データのオンライン検定における吸放湿の問題、或いは叩扱との相関等、神様オペレータの“感”の世界との整合性をとる作業は大変な苦勞であった。神様オペレータの“感”は素晴らしいものがあり、しばしば助けられた事もある。また制御システム開発においては、例えば自動抄替え制御システム開発の際、4直のオペレータの作業を分析したところ作業目的と作業内容が直によってまちまちであり、開発担当は面食らったというエピソードもある。そこで徹底的にオペ

レータとディスカッションし、現在の抄替え制御システムが生まれたのである。いずれにしても B/M 計は今後益々高級化、複雑化する抄紙機のエンドポイントコントロールシステムとしてその機能をグレードアップしていくであろう。

3. 計装技術の現状と将来展望

3.1 計装技術の現状と課題

紙パルプ産業の置かれている立場は今後益々厳しくなることが予想されており、国際競争力、労働環境(3K、高齢化、人手不足)、品質競争力等への対応が急務になっている。これらの問題点をクリアするために計装技術の面から見て、現状と課題を考察する。

測定技術

紙パルププロセス特有のセンサーは近年、海外からの供給でその種類は大幅に増えたが問題はまだまだコストが高く、気軽に導入できないものが多い。国産するにはメーカとして市場規模を考えた場合、ROI(Return of Investment)に耐えられないのが最大のネックとなっている。今後の課題の一つであろう。

制御技術

制御技術そのものはアナログからデジタル計装になったところで連釜、晒、抄紙機といったユニットプロセスに対しての最適化制御といったものはアプローチが比較的容易になった。現在でもファジー、AI、モデル予測制御といったアドバンスドコントロールが盛んに適用されつつある。したがって、従来の PID を主体としたプロセス制御からユニットプロセスを対象とした品質制御の時代へ入ったといえる。

操業技術

近年、CRT オペレーションが導入され、オペレータの役割が非常に重要になってきた。分散型計装システム(DCS)では過去のデータを駆使して現在の運転状況を把握し、さらに将来を予測することが少しずつ可能になってきている。そこで DCS を有効に使いプラントの自動化、最適化を成功させることはオペレーションエンジニアの重要な仕事となってきた。

以上、計装技術の現状を踏まえ今後の課題をマクロ的にとらえると次のようになる。

(1) 部分最適化から全体最適化へ

従来、圧力、流量、温度といった単一のプロセス制御が主流であったが今後は連釜、晒といったプラントのユニット単位の最適化を目指し、最終的にはパルププラント全体、或いは工場全体の最適化を目指す。

(2) 統合化

工場全体のオペレーションの統合化により最少人数

で最高の効率で生産活動することを目指す。

これらを実現させる計装技術の今後のアプローチとして

- ① プロダクションセンタ構想
- ② 無人化システム
- ③ 設備管理

について考察する。

3.2 プロダクションセンタ構想

次世代の生産システムとして要求されるものをまとめてみると次のようになる。

ニーズ

対策

- ① 生産技術の高度化 ⇨ プロセス生産システムの高度化
信頼性の向上
- ② 企業競争力の強化 ⇨ コストダウン、差別化技術
- ③ 社会環境の変化への対応 ⇨ 自動化による無人化
魅力ある紙パルプ工場
つまり『運転の自動化、統合化による無人化』

『コンピュータ統合化による最適生産』

ということになる。

従来からの生産システムは図 1 に示すようにピラミッド型生産システムになっている。当然のことながら組織もこの生産システムと同様にピラミッド型になっている。このピラミッド型の生産システムに対し次世代の生産システムはフラット型の総合生産システムになると思われる。

そのシステムの中核をなすのがプロダクションセンタである。基本的な概念は『自動化・統合化システムを中心とする運転部門と生産管理、設備管理、安全管理、等の運転支援部門を一堂に配置し、全機能が生産に集中することにより、高度で効率の高い生産活動の体制を確立する』ことである。プロダクションセンタの各機能のブレイクダウンを図 2 に示す。

図 1 ピラミッド型生産システムから総合生産システム

図2 次世代生産システム（プロダクションセンタ）

従来、紙パルプ工場の運転はパルププラント、抄紙機、パワープラント、その他用排水等のユーティリティプラントの分野に分かれてそれぞれのプラントごとに独立して運転されている。そして相互に関連する情報は社内電話、或いは会議等で伝達される。そこでプロダクションセンタの基本概念としてこれらの分散していた生産活動を統合化することにある。

パルププラント、パワープラント、ユーティリティプラントそして生産計画等の生産活動に携わるオペレータ、スタッフ、保全メンバを一堂に配し、労働環境を一新して情報の一元化、共有化を図り全員のベクトルを合わせることによって迅速な対応が可能となる。このような体制をとることにより目的意識が一つに纏まり、一人ひとりが従来の職種の枠を越えて多能工化、その業務の幅が拡大することによってモチベーションも高揚する。図3にプロダクションセンタの機能関連を示す。また写真2にプロダクションセンタルームのイメージ写真を示す。

プロダクションセンタを実現させるには図2に示す各機能の実現が必要であるが、現在のところすべてが実現しているわけではない。しかしながら確実に一步一步進展しているといえる。ここでは個別の機能についての解説は別の機会に譲ることにして、運転の自動化、統合化の最終目標である無人化（超省人化）とこれを支える設備保全のテーマに絞って考察してみたい。

3.3 無人化について

1) 完全無人化は不可能に近い

工場運転の無人化に対する要望は非常に強い。かつ

写真2 プロダクションセンタのイメージ

て、省人化を考えたときは、それはコストの削減が主な目的であった。しかし、今はむしろ人が集まらないという深刻な状況がある。そのために無人化の可能性については多くの議論がされてきた。しかし、最近では完全な無人化は無理であるという意見が強い。むしろ「超省人化」を目標にすると言うべきであろう。確かに今までの多くの努力によって計器室で働く人の数は大幅に減少した。

しかし、どうしても人手に頼らざるをえない部分がたくさん残っている。

第1に銘柄変更時、プラントのスタートアップ／シャットダウン時、負荷変動時などの非定常時の運転は自動化が難しい。これらのときにはプラントを広い範囲にわたり操作するので非線形性の影響などが出る。また、種々の操業条件を考慮に入れて操作をしなけれ

図3 プロダクションセンターの機能

ばいけないので従来方式ではなかなか生産しにくい。

第2に、例えばバーナー、フィルタの掃除などのように運転のメンテナンスに関する作業は自動化が極めて困難である。

第3に工場のパトロールによる液漏れ発見などの監視作業も非常に自動化しにくい。液やガス漏れの発見は人間の五感に頼っている部分が多く計測そのものが容易でない。

第4に異常時、緊急時の処置である。例えば紙切れ時の処置、火災発生時の一次処置、回転異常時の切替え作業などである。

第5に特に既設プラントの場合、人手が必要であることを前提に設計されているものがある。このような場合は技術的にもコスト的にも計装技術による完全自動化には限界がある。

このように、自動化を考えると、オンライン制御と同等に、あるいはそれ以上に重要なのが機器の保全や保安防災などであることが分かる。使用している回転機やスクリーン、制御機器などの不具合や寿命等を監視して丁度よいときに交換なり修理を行うことができれば人手は随分少なくてすむようになる。何か異常が起こってから後にそれを修理、復旧使用とすると事前に行うより何倍もの時間と労力がかかるのである。

2) 夜間の無人化

完全無人化は無理ではあるが、部分的無人化、例えば夜間だけの無人化は可能である。夜間には銘柄変更などの複雑な操作は行わず、なるべく静かに運転する。最近、運転のスケジューリングを簡単に行うソフトウェアが開発されてきているので、このようなツールを使用して夜間や休日に運転状態の変更が来ないように計画を立てることが容易になってきた。また、後述のニューラルネットワークなどを使用して、昼間のオペレータの操作をコンピュータに学習させておき、夜間はそれとおりに運転させるということも出来るかも知れない。

3) 機械と人間の協調

われわれが目指すのは完全無人化ではない。より少数の人員で運転しなければならないことは確かであるが、工場から人間を全て排除することはできないし、またそれが好ましいとは限らない。むしろ必要なのは人間にとって働きやすい環境作りである。コンピュータの機能を十分に活用し、操業を容易にし、かつ操業の改善の助けとなるような運転支援システムを構築することが重要である。オペレータ室を快適で、かつ機能的にすることも重要である。このように人と機械との調和の上に立って人が喜んで働けるようにす

ること、その仕事を通じて人が生き甲斐を感じるようにすることが大切であり、技術の進歩はそのために活用されるべきであると考え。

4) 新しい技術の芽

以上述べてきたように自動化のためにはまだまだやらねばならないことが沢山ある。しかも難しいものが多く、一朝、一夕には解決できない。しかし、そういう中で、今いくつかの新しい技術が芽ばえかけている。表2には計測制御の観点から見た代表的な新技術を挙げてある。

その一つに最近、話題になっているニューラルネットワークがある。これは人間の脳がもっている優れた機能を模擬しようとするものであり、特にその学習機能が期待されている。ニューラルネットワークは人があるパターンを繰り返し見て覚えるのと同様にして学習することができる。例えば、人間は子どもの時からの学習の結果「2」という数字を見れば、それが少々歪んでいても、大きく書かれていても小さく書かれていても「2」であることが分かる。何故「2」と判定したかということは説明しにくい。ともかく分かるの

である。これと同様なことをニューラルネットワークはできる。「2」と判定するためのプログラムを作成しなくてもよいのである。

このような働きをするニューラルネットワークの学習機能はパターン認識や画像処理の分野で有望である。パルププラントやマシンでも運転状況をパターンで判断する場合は非常に多い。図4は筆者の夢であるが、昼間に運転員が行った操作を学習させておき、夜間にそれを模倣するシステムを作りたいと考えている。

ファジィ制御も各方面で盛んに応用されている。紙パルプ関連では、BDプロフィール制御やキルン制御などに使用されている。これはプラントの制御操作に当たり熟練したオペレータのやり方をコンピュータ上で実現させようとするものである。まずオペレータの操作のやり方を言語によるルールで表現し、それをメンバーシップ関数などの助けを借りてコンピュータ上のアルゴリズムにおきかえる。従来のコンピュータアルゴリズムと異なり言語で表現できるのが特徴であり、表現のなかに「大きく動かす」などのあいまいな表現が許されることである。「ファジィ制御」あるいは「あいまい制御」と呼ばれるのはこの理由による。しかし、ルールとしてはあいまいな表現を含むことを許されたのであるが、コンピュータのアルゴリズムに

表2 無人化を支える新技術

	新技術	主要用途	応用例
操業管理	スケジューリング	製作順序、装置使用順序の決定	バッチプラントスケジューリング抄紙機
	訓練シミュレータ	運転員の訓練	蒸留塔、都市ガスプラント
運転管理	プロセスシミュレータ	運転支援、異常診断	蒸留塔、重合反応器
	エキスパートシステム	運転支援、異常診断	ボイラ運転支援
	有向グラフ	異常診断	異常原因探索パッケージ
	統計解析ツール	プロセスモデルの作成	ARモデル作成ツール
高度制御	ファジィ制御	操業の自動化	BDプロフィール制御 キルン制御
	ニューラルネットワーク	学習機能を持つ制御	パターン認識を持つ 運転支援システム
	予測制御	制御性の改善	反応制御
	セルフチューニング調節計	PIDパラメータ自動チューニング	DCSの中で実現 PID制御系全般に適用

実操業データ

温度 T	温度勾配 ΔT	圧力 P	操作
			設定 UP
			設定 DOWN

ニューラルネットワーク

図4 ニューラルネットワークによる夜間の自動化

置き換える際にはあいまいさを何らかの方法で定量化しなければならない。従って、結果は決してあいまいではない。

このファジィ制御はより一般的な表現を使えばルールベース制御の一つであると言うことが出来る。このファジィ制御の問題点はオペレータの操業を正しくルール化しなければならないことと、メンバーシップ関数を調整しなければならないことである。後者に関しては上に述べたニューラルネットワークの学習機能と組み合わせて自動的にやらせようという研究がされている。

益々強力になってくるコンピュータの力を背景に、シュミレータの技術も一層重要になるであろう。人間は未来のことを事前に知りたいと望んでいる。天気予報により午後雨が降ることが分かればカサを持って出かけることが出来る。また、小さな前兆から大きな出来事を予見できれば被害を最小限にいとめることが出来る。虹から大地震の発生が予測できれば対策の取りようもある。

プラント運転の場合も同様のことが言える。プラントのモデルを持ち、それに基づきシミュレーションを行うことにより、直接測定できない変数を推定したり、異常時にその結果を推定したりすることが可能である。そのようなシミュレーターをオペレータのそばに置けば、困ったときの相談役になるであろう。図5も筆者の夢の一つであるが、シュミレータを使い直接測定できないダイジェスタなどの内部状態を推定するのである。また希望の温度プロファイルを得る為にどのように操作すればよいかシュミレータにより試行錯誤して求めることができる。この場合、正しいプラントのモデルが必要なので、これからはモデリングの技術がいつ

そう重要になる。

3.4 設備保全

設備が高級化、複雑化し、かつ大規模になって自動化、統合化が進んでくると、設備の異常に対する対処が非常に重要となってくる。自動化されればされるほど人間が手を出すことがなくなり、いざ異常になった場合、緊張のあまりミスをしてしまうことは十分に考えられることである。このようなことを回避するための今後の設備保全はどうあるべきかを考えてみたい。

近年、TPM (Total Productive Maintenance) ということが注目されてきている。TPM は設備の総合効率を最高に保つための活動である。TPM においてはメンテナンスエンジニアリングが重要な課題である。メンテナンスエンジニアリングの歴史は比較的新しく、当初の BM (Break Down Maintenance) つまり事後保全から PM (Preventive Maintenance) 予防保全に移行したのは1960年代である。PM はアメリカ技術の輸入であったわけであるが1970年代に入り日本の自動車産業で新しいメンテナンス方式が考え出された。生産ラインが装置化して大掛かりになったので、その一部が停止するとライン全体が停止してしまうことになる。それを防ぐためには、オペレータもメンテナンスに参加する必要が生じ、別のメンテナンス方式が考えられ、これが TPM となったわけである。そこで TPM を実現するためにどんなメンテナンス方式が必要であるかを考えてみる。

1) タイムベースからコンディションベースのメンテナンスへ

従来のメンテナンスは、ある一定期間ごとに整備を行う時間基準保全 TBM (Time Based Maintenance) が主であった。この TBM の問題点は、設備ごとの劣化のバラツキなどを考慮して短めの定周期で整備を行うため必然的に保全の量も多くなる。つまり安全サイドでメンテナンスを実施するためにオーバメンテナンスの可能性がある。また時々経験することであるが、運転および環境に馴染んでいた設備が整備により不調になる、いわゆる初期不良の危険性もあり設備の信頼性は期待するようなレベルにならない可能性がある。

そこで設備診断の結果により、設置状況を加味した上で必要な時期に必要な保全を実施する状態基準保全 CBM (Condition Based Maintenance) が必要になってくる。図6はある紙パルプ工場における実績データを基に事後保全 BM、時間基準保全 TBM、状態基準保全 CBM それぞれの保全量及びプラント停止の様子を示したものである。棒グラフの横幅は保全のための期間、高さは保全量、面積が保全の総量または保全コスト

図5 ダイジェスタの温度プロファイル監視

図6 保全方式と保全量

トを表す。

CBMではプラントの停止期間、保全コストいずれも大幅に低下していることが分かる。単純比較ではあるが、保全量を比較するとBM:TBM:CBM=5:2:1となっている。

ではコンディションベースのメンテナンスCBMを実現するためには何が必要かを考えてみる。

2) CBM実現のための予知保全システム

CBMは設備のライフサイクルコストを低減し、プラント停止による機会損失を下げることににより設備トータルのライフサイクルプロフィットを最大にすることを目的としている。ではこのCBMの実現にはなにか必要かという予知保全PM(Predictive Maintenance)機能である。

予知保全とは状態監視によって予め故障を察知し事前に対処することによって機会損失を最小限にすることである。具体的には設備診断により設備保全情報を得る。設備診断には環境診断、劣化診断、寿命診断があり、これらの診断情報をもとに設備の故障、劣化の状態、更に劣化の原因であるストレスを正確に知ることができる。これらの情報から技術的根拠に基づいて設備の状態の微分値(傾向)を求め、将来の動向を予知し必要な対策を施すことができる。

なお環境診断は既に数多くユーザで実施した経験もあり、紙パルプのユーザの例も多い。また計装設備の

劣化診断、寿命診断については機械設備に比べて診断技術の歴史は浅く今後いろいろな工夫が必要である。現在劣化診断、寿命診断の実績を着実に積み上げつつあり、近々これらの設備保全技術のシステム化が実現し、設備保全の新しい幕開けとなると確信する。図7に寿命診断の手順を示す。

3) 保全面から見たフィールド機器技術

フィールド作業の軽減化のニーズが益々高まる中でフィールド機器へのニーズは二つの方向に向かっている。一つはメンテナンスフリー化であり、もう一つはリモートメンテナンス化である。後者に対してはトランスミッタ類のインテリジェント化への期待であり、またフィールドバスへの期待となっている。フィールド機器の予知保全を実現するためにはリモートメンテナンス化への期待が大きい。既にインテリジェント化され、リモートメンテナンス可能な機器も数多くあるが、殆どのはパラメータ変更、修正の日常運転管理をメインとしたものである。しかしながら近年、自己診断機能を有しているものも開発されており、O₂分析計などは寿命予測まで含む自己診断機能を有している。今後はこれらのインテリジェント化されたフィールド機器(含むバルブ、操作端)をフィールドバスにより統合化し、一括してリモートメンテナンスすることが可能になってくる。フィールドバスは仕様の標準化が遅れていたがようやく標準化の目途がたち1~2年以内には実現するであろう。したがって保全面から見て機器の設備環境及び稼動状況に関する情報を収集し、予知保全システムを確立することが急務になる。一例を挙げるとB/M計のリモートメンテナンス機能は上記の設備環境および稼動状況データの収集が可能となっている。

4. おわりに

今後の技術展望を行う上で検討すべき課題は他にもたくさんある。特に生産管理システムについては重要な課題ではあるがここではふれない。本件については見識者の文献や意見が豊富に発表されているのでそちらに譲ることとする。ここでは運転管理、設備管理について筆者の拙い経験と知識をもとに願望を含めて述べてみた。賢明なる読者諸兄のご判断を仰ぎ、ご意見、ご指導を賜りたいと熱望する次第である。

なお、本稿作成に当たりいろいろご指導いただいた横河電機(株)元武、富田、両理事に感謝の意を表します。

図 7 寿命診断手順 (ハードウェア)