紙パルプ工業における制御システム，自動化の進め方

東海大学制御工学科 野坂 康雄

A Method of Successful Implementation of Automatic Control Systems in the Japanese Pulp and Paper Industry

Yasuo Nozaka

Tokai University

This paper is based on the lecture presented at the 6th technical conference organized by the automation committee of J. TAPPI held Oct. 21 1982. Automatic Control Systems are becoming more indispensable tool for the Japanese pulp and paper industry to cope with the various bitter conditions which it suffers. The author describes how to develop and implement automatic control systems for actual process, and emphasizes that this has to be accomplished by the manufacturing firms themselves. Especially in the case of production control systems, it is much more important to develop with user-oriented style. The paper describes as a comparison, the newly implemented mill-wide control and information systems in the Nordic Countries, and also about the long time experienced integrated computer control system in the Japanese iron and steel industry.

Keywords : Automatic control · Control system · Production control
· Mill-wide system · Pulp and paper

1. ま え が き

紙パルプ各社では、紙パルプ技術協会の自動化委員会の活動を中心に、着々と制御システム、自動化の活用を推進されていることは、誠に同慶である。資源、エネルギー面で、これまでにない困難な条件が加わった上に、ユーザの要求の多様化ときびしさは、益々企業経営を圧迫している。この状況下で、制御システムと自動化は、これらの問題の打開を援け、生産を合理化して、経営をより安定ならしめるものとして、その使命は極めて重大なものとなった。制御や自動化は、当初は単なるシーズ技術に過ぎなかったが、今や生産のための重要な tool であり、また不可欠な生産設備とも考えられるようになった。この意味で、制御システム、自動化は、紙パルプ工業の将来を考えるならば、益々真剣に取り組むべきものとなったのである。

制御、自動化の技術は、エレクトロニクス、コンピュータの進歩により、次々に新しいものが生れつつあり、誠によろこばしい。しかし、これらを導入する

だけで企業ニーズは満足されるものではない。企業として自分でニーズをよく把握し、単なるシーズ技術の組合せではなく、ニーズに合った最適な制御、自動化の方策と実現手段を確立することが肝要であると思われる。本稿ではこのような見地に立って、今後の紙パルプ工業における制御システム、自動化の進め方についていくつかの私見を述べて参考に供したいと思う。なお用語として、制御、自動化、計測等関連技術については、ここでは一括して制御システムと呼ぶことにする。

2. 制御システムの現状

装置工業では、電動機制御とプロセス制御を中心として、個別の機械や装置の制御が始められた。これらは現在でいうマイナ制御ループに相当する。プロセス制御では多くの場合、温度、圧力の制御等操業条件の安定化を目的とした。また、電動機制御では、負荷の機械には特別な考慮を払わず、必要なトルクと回転数を制御すればよかった。抄紙機のセクショナルドライ

ブ方式は、当時としてはむしろ特別な場合であったと言える。

パワボイラの ABC の如く、制御操作変数が目的制御変数と一致している場合は少なく、プロセスの大部分を占める複雑な反応工程では、周囲条件の制御しか出来なかったのが当初の状態であった。周囲条件の制御で操業はかなり改善されるものの、品質や反応そのものの制御は、あくまでもオペレータのスキルに依存していたのである。しかし、その後目的変数を直接制御しようとする要求が次第に強まり、種々の研究、開発が行われた。技術面で大別するとセンサの開発と、反応モデル式の解明である。この両者はいずれも技術的には容易でなく、企業各社でも長期間にわたって努力が積み重ねられた。現状ではかなり有効な結果が得られているが、まだ充分満足できるものは少ない。

一方、制御用コンピュータの実用化により、数式モデルを用いたオンラインリアルタイムのプロセス制御が可能となった。これまでのマイナーループを統合してプロセスの最適化を目的とする SPC として登場したのが最初であった。これがプロセスのコンピュータコントロールといわれるものである。その後 PID コントローラを統合して計算機化した DDC が生れた。コンピュータは制御用のほか、この技術の反映から、プロセスの特性解析と数式モデルの開発に多くの効果をもたらした。

センサについては個別の問題が多く、画一的手法では必ずしも良い結果は期待出来ない。特にオンラインセンサになると一層難しく、センサ開発の問題は、現在でも変りがない。

プロセス制御がコンピュータの導入で、飛躍的に進歩した一方で、コンピュータは工程制御、生産管理の面にも応用されて大きな効果をもたらした。これがいわゆる生産管理システムであって、現在ではプロセス制御とともに、生産操業の制御システムの両輪となっている。生産管理システムは、製造ライン中の物の流れ、数量、タイミング、品質、納期等を管理するものであって、厄介な数式モデルやセンサを必要とすることが比較的少なく、管理上の約束ごとさえ確立しておけば、実用上極めて便利なものが得られる。時には厄介なプロセス制御はあとまわしにして、生産工程の制御だけを先行させることもある。

プロセス制御と生産管理は、始めは別々に開発、導入されたが、それぞれの機能が拡張されるに従って、両者の統合運用がはかられるようになった。生産管理面では、オンラインリアルタイム機能が強化され、一方プロセス制御ではデータ処理機能が付加されて、両

者は有機的に総合システムとして組み合わせられるようになったのである。それによって生産の計画と管理の遂行が容易となり、共通データの使用が可能になることも相まって、信頼性の高い制御システムとして実用されるようになった。このようなシステムを総合管理システム、トータルシステム等と呼ぶが、近代装置工業では企業経営上極めて効果の高い tool となりつつある。鉄鋼では、既に 15 年前からこのようなシステムを実用している。紙パルプ工業においても最近このシステムの導入が鋭意進められ、北欧中心に開発されているミルワイドコントロールシステムがそれである。

装置工業では大型設備が固定していて、これに多量の材料が流入してプロセスが進行する。このように見ると、機械加工、組立の分野で開発されたロボット、自動ハンドリング等の技術は、どちらかといえば装置工業とは無縁である。現在の産業用ロボットがそのままプロセスに利用される可能性は低いと思われる。しかし装置産業においても、搬送、梱包、検査等で省力化を進めるためには、どうしてもこの種の新技術の導入が必要である。この意味から、紙パルプを始めとする装置産業の制御システムとしては、プロセス制御と生産管理に加えて、機械的自動化の三者を有機的に統合した総合システムを指向すべきものと考えられる。

3. 紙パルプ工業における制御システムの現状

最近の制御用機器の進歩はめざましく、特にマイクロコンピュータを利用したデジタル制御機器の導入が盛んになった。ボードレス CRT 方式、パッケージコントローラが、紙パルプ各社で普及しつつある。しかし、新しい機器類の導入という表面的なことだけで、現在の制御システムの技術水準を言い表わすことは出来ない。当然のことながら、企業としての目的、ユーザのニーズから見て論ずべきである。次にこのような考え方に立って、紙パルプの制御システムについて概観しようと思うが、国内の状況は本誌読者には周知であろうと思われるので、ここでは北欧における現況を簡単に紹介することにしたい。筆者はたまたま昨年 5 月ストックホルムで開催された制御システムを特集とした EUCEPA シンポジウムに出席する機会を得たので、それからの情報を中心に述べる。

北欧諸国でも紙パルプを取りまく環境条件は、日本の場合と根本的に変りはない。原料事情では有利と思われるが、市況からの圧迫、エネルギー費、労務費の高騰は、経営をかなり苦しくしている。新しい制御システムがこのような苦境を開解するための有効な武器であることは、各社ともに深く認識しており、熱心な開

発と導入が進められている。以下その中のトピックのいくつかを説明する。

3.1 ミルワイドシステム——総合生産管理システム

開発対象システム中最も重点的に考えられ、各社とも全力をあげて導入をはかっている。しかしその反面、導入の阻害となるような問題点も少なくないようで、特に既設制御システム間の情報通信手段に苦心している工場が多い。北欧でミルワイドシステムを必要とする理由は種々あるけれども、工場又は工程間の情報連絡を改善することと、5直3交代という労働条件に起因する問題の解決の二点が大きなものと見受けられた。管理者、オペレータとも自主性が強く、悪くいえば協調不足から来る非能率的な作業や事故発生を防止すること、総生産時間の20%しか管理者が在席しないことの補強、休暇明けのオペレータのCANの戻らぬところを補うこと、これらがニーズと考えられる。またミルワイドシステムによって、誰もがいつでも、要求に応じて正しい情報が得られるという効果も大きな期待がかけられている。この場合、管理者層としては、信頼性の高いデータが使えるというメリットを重視している。

企業によって 60年代からコンピュータを導入してミルワイドシステムの構築をはかったが、大部分は失敗したようである。その原因は、当時のコンピュータの能力を過信したこと、始めからすべてをカバーしようとしたことにあるようである。現在導入に成功している企業は、以前の失敗の経験を逆に活用して、体系的に計画推進したところが多い。いずれにせよ、北欧ではミルワイドシステムが経営面から見ても不可欠な tool として認識されていることははっきり感じられた。

3.2 原質部門の制御システム

原質部門で特筆すべきは、連釜のコンピュータコントロールが普及しつつあることである。すべてのシステムが必ずしも同一レベルに達しているとは思われないが、近い将来には連釜操業の常識になると考えられている。現在多くのものはエンジニアリング会社がまとめたパッケージシステムに頼っているが、L材、N材の切換の頻繁な場合等、ユーザ側の特殊事情によっては、自社開発も並行して行われている。またこれまでの方法は、数式モデルとオフラインで測定した Kapper number を用いた予測方式であるが、ごく最近になって、オンラインのアルカリセンサが開発され、その情報フィードバックによって Kapper number 制御は一段と性能が向上した。更に将来はオンラインの Kapper number 計が実用される見通しもはっきりし

ており、連釜制御は完成の域に達するであろう。

連釜以外に Washing, Bleaching でもコンピュータコントロールの導入が始められた。将来は原質部門が更に連続性を高めるようなシステム操業の出現が期待されるが、その場合は個々の制御システムがミルワイドシステムで統合されねばならない。

3.3 製紙部門

抄紙機ではこれまでの MD の BM 制御だけでなく、今後の新しい要求に応えるべく、CD Control の開発が熱心に行われている。CD のキャリパ、坪量及び水分の制御がその中心となる。現在技術的な問題がまだ多いが、センサ、制御アルゴリズム、アクチュエータいずれも開発途上といってよい。特にタイムラグの大きいプロセス用の数式モデルを得ることが難しいとされている。坪量の CD Control は最も難しく、実施例を1工場見学したが、まだ閉ループ制御に至らず、コンピュータ出力でリップスライスの設定をオペレータにさせている状態であった。そのほか抄紙機各部で品質等各種の測定用のオンラインセンサについても開発が進められている。

3.4 エネルギー部門

ここで目立っているのは回収ボイラのコンピュータコントロールである。そのうち効果の得やすいストブロー制御はかなり普及して省エネルギーに貢献している。しかし、RB 全体のコンピュータコントロールは、連釜における程普及していない。char bed における黒液燃焼プロセスの解明が難しいのがその主な原因である。しかし、フィンランドでは早くからプロセスモデルの開発が行われ、そのモデルは既に 10 基以上に適用された。発表によると、熱効率、薬液回収率ともに向上し、有害排出物を極めて低い値に下げること成功している。この場合、制御システムの開発だけでなく、RB 本体の改造が必要であるといっている。

3.5 総合品質管理

紙パルプの品質管理全般を通じて、従来の守りの品質管理から、積極的な攻めの品質管理をめざすべきことが提唱されている。そのためには各種の制御システム、ミルワイドシステムによって管理データをうまく活用せねばならない。

以上紹介したように、北欧では各分野にプロセス制御システム、ミルワイドシステムを経営の tool として1日も早く定着させようとする気運が高い。北欧におけるひとつの特色としては、スウェーデンの STFI の如く、中央研究機関が、制御システムの研究開発を主導していることである。各企業とも、これと連絡をとりつつ自社開発を行っているのが実情である。

4. 制御システムの計画、設計、構築、運用について

企業経営の立場から見て、最もよい制御システムを完成させる道は、自社開発である。この原則に立って制御システムの計画から運用全般にわたって必要と思われる一般事項を次に説明する。その一般的手順を示すのが図1である。制御システムの良否は大半がその計画、設計段階にあるといっても過言ではない。言いかえれば、最初の計画、設計において各 phase における問題点をすべて解決しておかねば良い制御システムは得られないということである。以下の記述はこのような見地に立つものである。

4.1 基本計画について

ここでは制御システム導入の目的と効果を確認して、実行案を作成する。その中心は予備調査 (feasibility study) であって、システム導入に関する技術的可能性と経済的可能性を十分に検討する段階である。そのために、ニーズはこれを客観的立場で整理し、あいまいな要求や過大な要求と期待の有無をよくたしかめねばならない。同時にニーズがあいまいな場合、単に整理、排除はせず、オペレータ、管理者等と改めて意見交換を行い、ニーズの中で合理性の高いものはできるだけ“システムの”はっきりさせておく必要がある。“夢のような”ニーズであっても、いつかはこれを満足できる可能性あることを考えて保留しておくことも無駄ではないであろう。

技術的可能性と経済的可能性とは、相互に深い関係をもっているが、最も安全な選択は、現在既に実績のある技術を最も経済的な方法で導入することである。これで十分に目的効果を達成出来る場合も少なくないであろう。しかし、既存技術だけでは何か物足りないとか、あるいはニーズに対して実績技術がないということは往々にして起る。このような場合には許容される範囲内で、新技術獲得の方策を検討し、実行するの

が企業の前進という見地からより得策であると思われる。実行を外部に委託するのと、自社内で行うとを問わず、企業独自の意志に基づいて新技術開発が達成されることは、種々の点から見て非常に望ましいことである。例としては特殊センサ、制御モデル、生産管理システムソフトウェア等が考えられる。メーカに依存すれば、実績あるパッケージシステムは容易に入手出来るかも知れない。しかし、いつもそのような手段だけでは、効果の高い制御システムは得られないであろう。

予備調査でもうひとつ大切なことは、対象とする設備本体との関連である。設備新設の場合は、制御システム側のニーズを充分に盛り込むことが可能である。しかし、現有設備そのままシステムを導入しようとすると、多くの制約を受ける。制約の内容によっては、制御システムの導入を困難にしたり、あるいは導入効果を減殺し、経済的效果を期待できぬという場合もあり得る。このような場合には、設備本体の改造を含めて計画を進める必要がある。また、もし設備改造がその時点で困難ならば、改めて更新可能な時期まで、制御システムの導入を延期するのが有利であろう。

設備の問題とともに重要なことは、操業と運用における配慮である。ここで中心として考えるべきは人であることはいうまでもない。日本ではオペレータのレベルが高いことが定評であって、少々の問題ならオペレータが解決するという通念がある。しかし、この通念をそのまま制御システム運用に持ち込むのは危険である。また現在のところ、完全な無人化操業は難しい。むしろあってはならない。制御システムが導入されても、必ず人が介在する。オペレータが全権をもって操業する場合と、制御システムの中でオペレータが機能する場合とでは、様相が大きく違ってくる。現在入手出来る制御システム機器は、いずれも性能が高く、省力化にとって極めて有効である。しかし、これらを入る条件抜きで導入すると種々の問題を惹起する。例え

図1 制御システムの計画、導入、運用の手順

ばその結果、オペレータの負担、精神的負荷が過大となったり、集中し過ぎるという恐れなしとはいえないのである。制御システムはオペレータにとっても良き tool であらねばならず、オペレータが制御システムを駆使するという基本は絶対に忘れてはならない。詳細は設計段階で詰めねばならないが、予備調査段階で、出来る限り正しく操業、運用上の見通しをしておくことが大切である。

制御システムはオペレータにとって良き tool でなければならぬと同時に、工場管理者によって容易に理解できるものであることが必要である。当たり前と思われるかも知れないが、もしこの理解が欠けると、後述するようなトラブルの原因になりかねないのである。

一方保全面から言うと、制御システムの内容が複雑高度になる程、専門技術者をより多く必要とすることは言うまでもない。このために、操業面のみならず、制御システムのメンテナンスを担当する人の問題を充分考慮し、その保証が確実か否かを事前によくたしかめておくべきである。

以上の如く、予備調査は制御システム導入の可否、導入後の効果を左右するものとして極めて重要であり、これを安易に処理するならば、必ず失敗を招き、ひいては経営上にも影響を及ぼさぬとも限らない。予備調査にあたっては、経営トップ、操業サイド、技術部門、管理部門の間で充分に意志統一をしておくべきはいまでもない。

また、予備調査の作業は関係各部門のスタッフから成るプロジェクトチームが担当するのが普通である。この中には是非ともシステム制御の専門技術者が入っていることが望ましい。専門技術者といっても、機器サービスや単にプログラミングが出来る技術者ではなく、プロセスを理解し、技術評価、経済的評価の出来るエンジニアでなければならない。

4.1 詳細設計について

予備調査の結果、制御システム導入の目的、効果が確認されれば、実行計画案を作成し、トップの決断をまつ。トップの決定が下されると、次は設計に入る。設計になれば、もはやユーザとしてはあまりすることがないと思われ勝ちである。局所的な小規模システムでは、あるいはそうかも知れない。しかし基本的に、システム設計はユーザ側でなされるべき重要な作業である。それはなぜかということについて、筆者は次のように考えている。図2はどの制御工学の教科書にも載っている制御の概念である。もしこの通りだとすれば、制御操作部、つまり制御に必要なハードウェアとソフトウェアを用意すれば足りるはずである。しかし、

図2 制御系の基本概念

図3 実際の制御系の概念

現実にはそうは行かない。それを概念的に示したのが図3である。図中、領域Iは制御対象プロセスに関し、領域IIは制御操作システムを、領域IIIは制御される全体を表わすものとする。

領域Iは対象となるプロセス、プラント又は生産管理の対象としての工程である。領域Iについて明確にしておくべきことは、プロセスの物理的特性のみならず、Start-up, Shutdown, 作業変更、事故対策等の操業モードに関する事項、オペレータとシステムの分担、保全体制、エネルギー部門との関係等、プロセス側の条件すべてにわたっている。

領域IIはハード面、ソフト面ともに知識、情報が得易く、方針さえはつきりすれば、市販品を選ぶだけで済むこともあるであろう。しかし多くの場合、特に制御アルゴリズムは基本的に外部依存の可能性は少ない。また、機器メーカーの責任と能力の範囲外でもある。

ここで制御モデルに関する一般的留意事項としてあげられるのは、出来るだけ簡単なモデルを使用すべきことである。モデルは理論的に精密でなければならぬと考えられているけれども、実際のプロセスでは、操業と管理上の都合で、プロセス自体が変化することが多く、その上、評価函数があいまいなことが少なくない。従って精密一点張りのモデルあるいは取扱上かえって都合がわるい。数式モデル自体は簡素で取扱容易にしておき、プロセスの変化に応じてモデル修正を行う方が实际的である。修正には統計的手法、学習制御等が用いられるが、この場合、適切なセンサを併用することが効果が高い。既に連釜の制御は前述の如く進められている。また、鉄鋼の転炉の終点制御は同様な考え方で成功している。この意味から考えると、現代制御理論は今のところ直ちに実用可能の段階にない。精密な数学的表現はよいとしても、上述の理由からブ

ロセスの変化に対する耐性が低いこと、及びそれにも増してプロセス変数の同定が困難なことが手軽に使えない原因となっている。

一方、生産管理システムでは、モデル式のようなものは必要ないが、もともと手動で行っていた工程管理作業をシステム化するには、やはり適切なアルゴリズムが必要となる。このあたりになると外部依存はほとんど出来ない。数式モデル開発ほどの難しさはないにしても、生産管理の約束ごとに基づく情報処理のアルゴリズムを自社で作成しなければならない。

領域Ⅲは領域Ⅰに対して最適な領域Ⅱを組み合わせ、効果の高い制御を実現するための諸方策に関するものである。いわば control strategy と称すべきものである。教科書にもなく、外部から提供され得るものでもない。ユーザ側が個別に考えて見出すべきものである。control strategy の内容はこれこれだときまった表現をすることは出来ない。対象プロセスがきまった場合に、例えば制御の重点目標の選び方、操業の特殊事情対策、オペレータや管理者のモラルの問題、機器の選び方、メーカーとの協力の方法、将来の拡張と変更対策等、制御システムの技術的側面に限らず、制御が行われているという立場から、必要なすべてを考えて行く、これが control strategy である。

4.3 制御システムの導入と自社開発

制御システムの詳細設計が終れば、製作、導入に入るが、ここで大切なことは、機器の発注又は自社開発を始める際に、仕様内容を凍結することである。製作が進んだ段階で大幅な仕様変更をするのはすべての点で望ましくない。言いかえれば、計画、設計段階で、問題点は極力つぶしておかねばならぬということである。

自社開発の対象となるのは、モデルやアルゴリズム等のソフトウェア並に特殊センサ類である。いずれも自社保有ノウハウとなるものであるが、これらを完成するためには、専門技術者の投入とかなりの期間が必要である。このような投資は場合によると、制御システム導入の決断を鈍らせるものかも知れないが、今後の制御システム開発の上から見て、最少限のことはどうしても確保する必要があると思われる。

4.4 運用段階における諸問題について

制御システムが効果的に運用されるためには、前述の如く、システムが人間にとってよき tool であることが是非必要である。その根本は、制御システムはあくまで人が使うものだということである。つまり、制御システムは人間にとってわかり易く、親しみ易い、しかも取扱容易なものでなければならない。そうする

には、前に制御モデル式で述べたと同じ考え方で、システム全体を必要最少限に簡素化することが必要となる。しかし、簡素化はシステムに対する要求と矛盾することが多い。これを生産管理システムを例にとって説明してみる。

生産管理の如きもともと人が行っていた作業を、簡素なシステムにまとめようとすれば、どうしても flexibility が低下する。逆に管理上のニーズをすべて満そうとすれば、システムはより複雑になるであろう。システムが必要以上に複雑になれば、規模も大きくなり、場合によるとトラブルの原因となる。それは構築時よりも、運用段階で起ることが多いと思われる。制御システムが複雑大規模になると、当然人間にとって理解し難くなり、平常はともかく、異常事態では重大な問題を発生させる危険がある。特に細部において微妙な解釈や、当事者でなければわからぬような取り決めがあった上に、人事移動があったりすると、システムの理解がうすれてしまう。その結果、異常処理、制御システム改造に際して、思わぬ問題を惹起することになりかねない。制御システムは必要以上に複雑にしないことが望ましい。

人と制御システムの間機能分担をいかにして決めるかは、いつも問題となるが、これに対する公式的なものはない。最近の機器の中で、特に man-machine interface には、CRT システム 等大変便利なものが出回っている。しかし、これらを導入すれば万事 OK というわけには行かないのではないか。繰返しになるが、制御システムは、人が理解し易いもの、使い易いもの、オペレータに過度の負担をかけぬもの、という原点に立って考えることが必要である。

制御システムはプロセスや工程の日常の変更に對して容易に追従するものであることが必要である。それも出来る限り生産停止をすることなく行えるものが必要である。また大改造の場合は、生産停止期間を最少限に限定するか、あるいは可能ならば、オンライン改造ができることが望ましい。

5. 他産業における制御システム——鉄鋼の実績

鉄鋼では既に 15 年前から 総合生産管理 システムを導入、実用しており、ここにその経過の概要を紹介して紙パルプ工業の制御システムの参考に供する。

日本の鉄鋼業は資源、エネルギーともに皆無に近いのかかわらず、世界最高のレベルに達したのは、さまざまな新技術開発に負う処が極めて大きい。特筆すべきは各種の制御システムを徹底的に活用していること

である。日本の近代鉄鋼業の発達をもたらした基本は大型設備、高速生産、連続化、省力化であった。そして、これらを効率よく実現するための要^{かなめ}となったのが制御システムなのである。このことは常に経営層の確信であって、現在でもなお、新しい制御システムの開発を目指して多くの努力が続けられているのである。制御システムの中で、設備の運転制御の面は、紙パルプ工業の関係者はこれを容易に想定出来ると思われるのでここでは省略し、鉄鋼特有の生産管理システムについて概略を述べる。

鉄鋼生産は受注生産方式をとることは、紙パルプに似ている。図4にその概念を示す。受注によって、成品鋼材の仕様、数量、納期がきまると、それから逆算して各工程ごとに必要な材料計算が行われ、同時に生産のタイミングが定められる。これは注文ロットごとになされるのであるが、一方では設備稼働率、利用率を高めるため、各工程における最高生産のロット編成をする。製鋼工程より始められ、チャージ編成という。これらの生産計画が確認されると、それに基づいて生産命令が出され、転炉で吹錬作業が開始される。所定の鋼種の溶鋼が生産することを出鋼というが、出鋼後分塊圧延又は連続鍛造によって鋼片が作られる。鋼片とはひとつのチャージの鋼を複数個に分割した中間材料であって、成品鋼材の種類により、それぞれ形状、寸法が異なる。鋼片は次の加熱、圧延工程を経て成品となる。これが熱間仕上成品であって、そのまま出荷されるが、一部は更に冷間圧延、表面処理等の下工程

に送られ、冷延鋼板、表面処理鋼板等となる。

鉄鋼生産体系は以上のような複雑な工程であり、しかもその中を流れる材料の数量も多い。生産管理作業の中心は、最初に設定した注文ロットごとの生産計画に基づき、各工程における生産実績をとらえて、計画値と照合することにある。もし数量不足、異材等が発見されれば、直ちに原因を確めて修正措置がとられる。つまり、工程の進行に沿って材料を追跡し、所定の工程で現品と生産情報を照合、確認して全工程を管理するのである。

この管理方式の基本は現在でも変わっていないが、以前はいうまでもなく、すべて手動であった。電話と伝票、それに工程に張りつけられた多数の工程員によってこの複雑な作業は行われたのである。昭和30年代の銑鋼一貫製鉄所の生産規模は、最大で粗鋼年産200万tであった。(現在は1,500万t程度になっている)。それでも工程員は数百名を必要とした。しかもその頃から、生産増に加えて注文ロットのサイズも小さくなり、生産管理の内容はいよいよ複雑になる一方であった。伝票の高速運搬用に気送管を張りめぐらしたり、PCSを導入したりして、当時としては能率を高めたのであったが、根本的には手動作業であり、このまま推移すれば膨大な数の人員を置かねばならぬことがはっきりしたのである。

人員増以外の致命的な問題は、工程変更が即応的に出来ぬことであった。工程ミスを他の工程を妨害せず速かに修復することは困難で、当該ロットは一時工程

からはずさねばならず、それによる納期遅れで需要家に不便を与えることになる。

これらの問題解決の策として、当時ようやく定着しかかっていたコンピュータを活用せんとしたのは当然の成り行きであった。しかし種々検討の結果、単にコンピュータを持ち込むだけでは、直ちに生産管理の省力化につながらぬことが判明した。人が行っていた作業をコンピュータに置きかえるためには、しかるべき準備が必要なのことがわかったのである。人間のもつ極めて高度な flexibility をそのままシステム化することは大変能率がわるい。生産工程のすべての点で——製造品種の整理、呼称統一、設備レイアウト変更、管理体制、人員配置等——改変が必要であり、これは既存工場では事実上不可能に述いものであった。

たまたまその時点で新立地の計画が進められており、経営トップとしては、新設工場の生産に大幅な制御システムを導入することが有効であり、しかも絶対必要であると判断した。

その実現をはかるため、専任のプロジェクトチームが直ちに編成された。このチームは新立地総合計画組織の中に位置づけられた。プロジェクトチームは前述の如き生産管理実務についての直接的なニーズの解決策を検討したが、それだけに止まらず一歩進んで、真に需要家が満足する成品を作るにはいかにあるべきかを併せて考察し、策定した。このことはコンピュータを用いた新しい生産管理方式によれば、必ず実現出来るという確信を得て行われたものである。なお、実施面で確認を要することは、一部の既存工場で実験によって解明された。

コンピュータとしては、当時最新鋭の第3世代のもを用いたが、それまでの使用実績は EDPS のみであり、システムソフトはそのままでは大規模なオンライン向きではなかった。そのために前記プロジェクトチームが主体となり、かなり多くの人月を投入してこれを完成した。その結果、新製鉄所の生産は火入れ（操業開始）と同時に、コンピュータシステムによって管理、制御されるようになった。主要設備はすべて制御システムで運転され、これらのプロセス制御システムと生産管理システムとは機能的に結合され、主要設備では Closed loop control を行い、ここにコンピュータによる総合生産管理システムが誕生した。このような思想は既に英国にあったが、本格的に実施したのは日本の鉄鋼が始めてであった。

爾来 15 年、工場増強、生産品種、生産量拡大等の必要から、この一貫コンピュータシステムは、数次にわたる改造、拡張を続けて現在に至っている。図 5 は

そのシステムの現状の構成を示す。

これまでの経緯において、コンピュータシステムの技術面から一言すると、最初のシステムはオンラインではあったが、リアルタイム性が不十分であった。それに比べると、現在では情報量がけたちがい増加したのかかわらず、即応性は非常によくなっている。これはコンピュータのハード、ソフト両者の高性能化によることはいうまでもないが、情報通信手段の格段の進歩に負うところが極めて大きい。それは当初の電話線を用いた通信速度と、現在用いられている光ファイバ通信の容量との間の大差によるものである。

鉄鋼の総合生産管理システムの導入効果は莫大である。まず、これによって数千人の省力効果が得られた（新製鉄所でははじめてから要員配置をしなかった）。次は工程ミスの発見と修正が極めて迅速に行われるという以前の致命的問題が解決した。オンラインリアルタイムの情報により、工程の監視は容易となり、工程間在庫の適正化が行われ、しかもキメ細かい管理が可能となった。信頼性高いデータに基づく品質管理と精密な工程管理により、需要家に対するサービスは格段に向上した。

鉄鋼の総合生産管理システムは、受注から出荷までの全工程を Plan-Do-Check というオンラインサイクルで管理するものであり、今やこのシステムなしでは生産は出来ない。いわば重要な生産設備として認識されているのである。そして経営トップから見て、このシステムのメリットは何かといえば、それはひとくちで表わすならば、上記の諸効果のほかに、計画通りの生産が出来る、需要家に対するキメ細かいサービスが出来るという生産供給者としての責任が自信をもって達成されるということであろう。

このような一貫コンピュータシステムは、構築、運用いずれの段階においても、投下資本と人人体制の確保は決して容易に行われるものではない。しかし、経営上不可欠な tool であり、またその効果は莫大な投資をはるかに上まわるものであることが確認されている。

6. 今後の紙パルプ工業の制御システム、自動化の進め方

繰返しになるが、企業にとり真に効果をもたらす制御システム、自動化はあくまで自社で計画し、設計し、開発することが原則である。企業ニーズ、使用目的、期待効果、運用条件等をよく確認せず、単に機器を導入することは失敗につながるものが少なくない。特に生産管理に関しては既製のシステムは考えられない。

今後の紙パルプ工業の制御システム、自動化は、益々高度化するニーズにこたえるために、名実ともにユーザ主導型で推進されるべきものとする。

そのためにはまず第一に、専任担当体制の確立である。この体制は定常組織又はプロジェクトチームの形態をとるが、いずれにしても経営トップに直結して機能すべきものである。その構成員は、システム技術者、制御技術者並びに管理、製造、技術各部門出身者であるが、必要に応じて人員数の伸縮を行えるようにするのが都合よいであろう。構成員を別の見方で大別するならば、(企業内で)システムを供給する側のシステム技術者グループと、システムユーザ側(工場、管理部門等)とに分けられる。大切なことは、両グループが相互に業務内容をよく知っていることである。すなわちユーザ側はシステム技術について必要な知識を持ち、システム技術者側は、操業や管理の内容をよく承知していなければならない。

自社内に制御システム推進体制を確立することが、効果ある制御システムを得るための基本であるが、そのほかに必要と思われることを次にあげる。

1) 操業、生産部門との相互理解

システム技術者側でいくら最新だからといって、むやみにユーザ側に押しつけるわけには行かない。オペレータに過大な負担をかけて、使用拒否されるようなことは絶対に避けるべきである。反対にオペレータが自己のスキルについて自信過剰な場合もあり、このような時には、本当にそうかどうかを確かめると共に、価値の高いオペレータノウハウはこれを尊重し、システム化出来るように努力すべきである。

2) 電気、計装、コンピュータ部門間の協調

これら各部門とも制御システムとは実務的に関係が深い。制御システムはひとつの総合体系であって、これら従来の技術分野の単なる延長ではない。それぞれ独自の伝統的考え方にしばられていては、制御システムに対する本当の意味の協力は出来ない。もし、この

ようなセクショナリズムがあれば排除しなければならない。

3) 国内メーカーの技術の活用と協同開発

今後紙パルプ工業では、制御システムの開発と導入が益々盛んになり、経営上のよき tool となることははっきりしている。この場合、機器としては国内メーカーのものを使うのがすべての点で有利であると思われる。国内制御システム機器メーカーのレベルは世界的に高い。特に制御用コンピュータの分野では優秀である。それらの技術を有効に活用し、メーカーと共同して制御システムを開発することをよく検討することが必要であると考ええる。これまでの経緯上、種々の問題はあと思うが、将来のために、国内メーカーとは十分に協調することが望ましい。

4) 北欧の制御システムについて

北欧の技術レベルはたしかに一步進んでいる。しかし、日本の紙パルプ工業として決して追いつけぬものとは考えられない。今ただちに開発に着手すれば、決して遅れるものではないと思われる。それどころか、将来は完全自動運転システムを実現できる素地は充分である。

7. おわりに

以上の如く、これからの紙パルプ工業の制御システムと自動化に関し、筆者の経験から思い起されることを述べた。日本の現状は北欧に比べて遅れているものと思われるが、制御システムに対するニーズの高まり、技術レベルの上昇等から考えて、将来の発展に必要な準備は十分に備えられたと思われる。要は今すぐには始めることである。終りに各社並びに自動化委員会の活動が益々隆盛ならんことを祈念する。

本稿は昨年10月21日開催の第6回計装技術発表会における講演内容に、当日の質疑応答を含め必要な補足をしたものである。