

セメントプラントのトータルシステム

*小池 康治(こいけ やすはる)

① まえがき

世の中では、ニューセラミックスやマイクロエレクトロニクス、光伝送などの新技術の進歩の成果が次々と現実のものとなり、INS(高度情報通信システム)、キャプテンシステム(文字図形情報ネットワークシステム)、VAN(付加価値通信網)などのニューメディアが競って採用され始めた。

セメントプラントでは、コンピュータ制御によってエネルギーを効果的に利用したり、あるいは使用するエネルギー源をより安価な石炭などに代えて燃料経費を節約するというのが近年までの主流であった。しかし、セメントプラントでも数年前から新技術やニューメディア技術を導入し、セメント生産現場の情報を工場の管理者はもとより、工場の全員が必要なときに必要な情報を利用するデータウェイを活用したトータルシステム化が始まった。そこではソフトウェアの共用化や事務処理の効率化、個人によるパーソナルコンピュータのローカルな活用、データベースの蓄積などの工場内の情報改革が行われている。

本稿では、セメントプラントの新しいトータルシステムの例を紹介し、システム構築について考察する。

② セメントプラントの特長と制御システム

セメントプラントは成分が様々な原料を粉砕混合して、均一な焼成用の二次原料を作らなければならない。制御対象のプロセスは原料、製品ともに固体ないし粉体で、粉体輸送のために多くの電動機群が配置される連続プロセスを形成している。また、高温で回転しながら焼成するキルンに代表されるように、被制御量の状態を直接検出できないにもかかわらず、被制御量に直結する大形電動機を生産動力として制御するなどの特徴をもっている。それらを制御機能分担に着目して、構成設備と制御装置の関係を表現すると表1のようになる。

その主な特徴は以下のようになる。

- (1) 原料は天然資源であるため、石灰石、けい石、粘土、鉄滓などの品質や含有成分であるカルシウム分 CaO 、鉄分 Fe_2O_3 、シリカ分 SiO_2 、アルミニウム分 Al_2O_3 の組成が一定していない。しかし、それらを連続して混合・粉砕し含有成分の含まれる割合が目標の許容差内に入るように連続制御しながら生産しなければならない。しかも、生産量は日産 1,000t から多いものでは 4,000t ないし 8,000t にもなるため、制御がうまくいかないと大量の低品

質のセメントを生産してしまう。粉砕のためにミルを使用するが、むだ時間が30分近くある。高温で焼成する回転窯のキルンは内部温度が摂氏千数百度にもなるため、内部状態を直接計測できない。そのため、ミルやキルンの制御のために、プロセス制御用コンピュータによる高度なアルゴリズム制御を必要とする。

- (2) 一連のセメント製造プロセスでは、原料ヤードから長距離コンベヤで輸送し、ミルやキルンなどの大形機械を駆動するなど、大小を合わせて数百台に及ぶ電動機を使用する。これを遅滞なく運転し、かつトラブル発生時には敏速な警報、緊急停止などのインタロック処置を実行する。また、再始動に際しては所要のレディ状態を速やかに作り出さなければならない。このような目的のために、高速で大容量のプログラマブルコントローラが必要である。
- (3) もちろん、セメントプラントはキルン各部、SPタワー各部などの温度・圧力監視や原料の定量供給制御などに計装プロセス制御は不可欠である。このため、セメントプラント全体の制御システムは、電機・計装・コンピュータの各システムがトータル的な複合システムを構成しなければならない。すなわち、各システムは相互にインタロックをとり、多くの情報を頻りに交換しながら計装プロセス制御と電動機群のシーケンス総括制御が一体化される。

③ セメントプラントのトータルシステム構成

図1に、富士電機のMICREX分散形制御システムを核とするトータルシステム構成を示す。

3.1 コントローラシステム

制御の機能単位の分散化による危険分散を図り、それぞれの制御単位ごとにビルドアップすることにより、応答性と保守性の向上を図っている。計装プロセス制御には、ウェーハ方式という計器ワイヤリングの概念に基づく、優れた計装プロセス制御向けの専用パッケージプログラムをもつプロセスステーション(MICREX-P, PCS)で計装コントローラを構成する。電動機群のシーケンス総括制御という一見簡単のように見えるが、大量な制約条件を論理的にまとめるには複雑な整理、判断を必要とする。例えば、

- (1) 原料ヤードからの長距離輸送コンベヤなどでは、その蛇行や片寄り等々を監視しながら運転しなければならない。

表1 セメントプラントにおける制御装置の機能分担

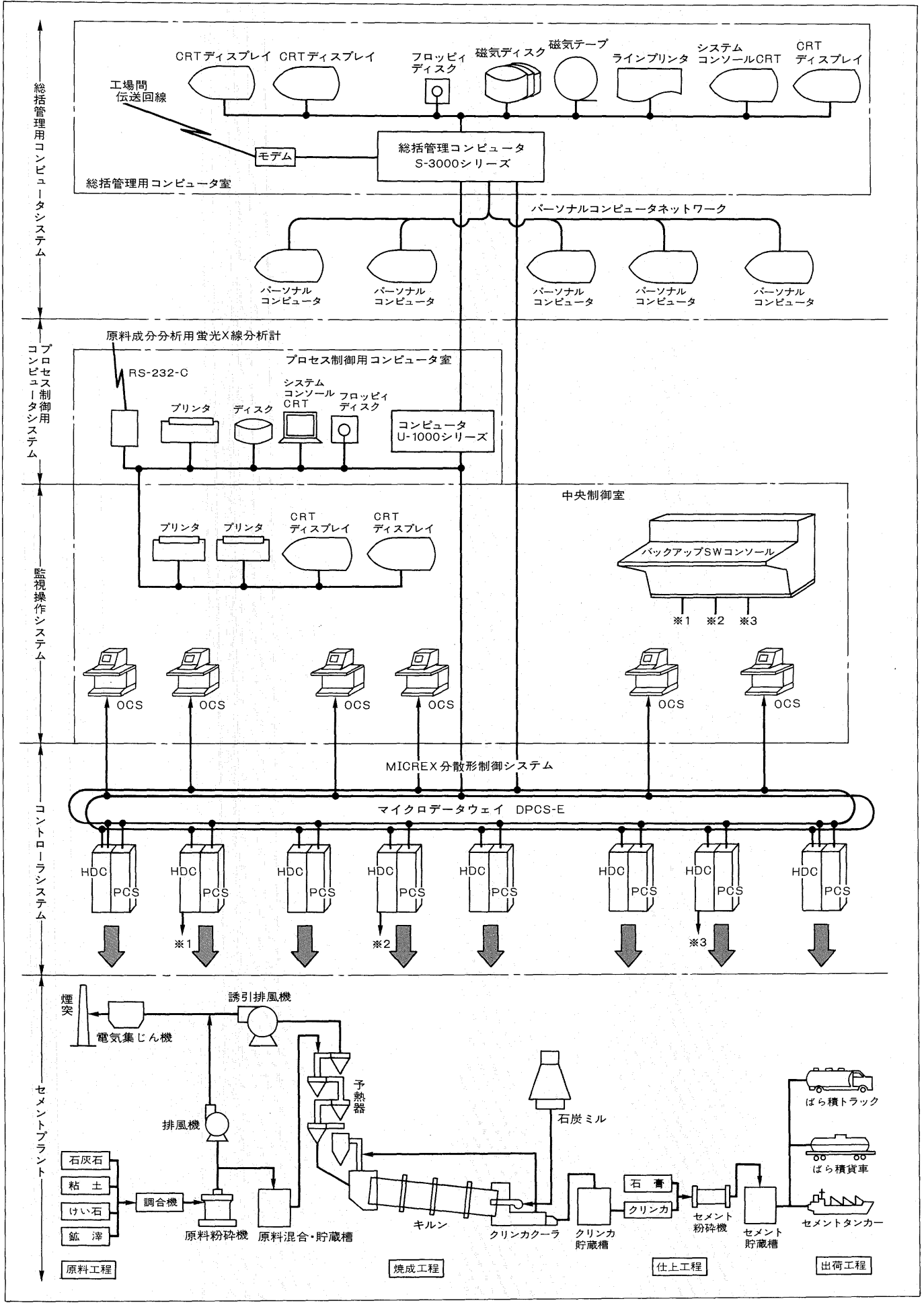
設備	設備の特長	制御装置の主要機能			制御機能分担		
		計装プロセス制御	シーケンス制御	プロセス計算機制御	DCS	PLC	プロセスコンピュータ
原料ヤード 石灰石引出輸送	・トリッパの自動運転 ・スタッカの自動運転 ・リクレーマの自動運転 ・長距離コンベヤ	・原料サイロレベルの監視	・輸送機の順序始動 ・トリッパの制御 ・スタッカの制御 ・リクレーマの制御 ・コンベヤ速度、スリップ片寄りの監視 ・引網スイッチの監視			○	
粘土乾燥	・回転窯形ドライヤ	・粘土供給系	・ドライヤ充てん量制御 ・ドライヤガス系制御		○	○	
原料輸送・混合	・石灰石、粘土、けい石、鉄滓等の原料の定量供給	・供給流量制御	・輸送機の順序始動 ・ブレンディングコンプレッサ制御	・蛍光X線分析計からの成分値データの処理 ・調合原料の水硬率(MH)、けい酸率(SM)、鉄率(IM)が目標値に近づくように原石の供給量を制御	○	○	○
原料ミル	・たて形ローラミル	・ミル入口ガス温度制御 ・ミル通風量制御 ・ミル入口・出口差圧制御 ・ミル出口ドラフト制御 ・ミル出口ガス温度制御	・ガス系ダンバ制御 ・排風機制御 ・ミル高圧電動機制御		○	○	
SPタワー キルン・クーラ	・助燃炉付NSPキルン	・プレヒータ各部温度監視 ・プレヒータ各部圧力監視 ・キルン回転速度制御 ・クーラグレート速度制御 ・キルン供給原料制御 ・キルンID速度制御 ・キルンIDダンバ制御	・キルン高圧電動機制御 ・キルンID高圧電動機制御 ・燃料系統制御 ・燃焼ガス系制御 ・クーラファン制御	・キルンの安定運転制御	○	○	○
石炭ミル	・微粉炭製造プロセス	・熱風ガス温度制御 ・生炭ビンレベル制御 ・ミル入口ドラフト制御 ・ミル差圧制御 ・キルン微粉炭送量制御 ・NSP微粉炭送量制御	・石炭輸送系制御 ・微粉炭空気輸送制御 ・ミル高圧電動機制御		○	○	
仕上ミル	・ボールミル	・石こう・クリンカ供給比制御 ・ミル粗粉戻り流量制御 ・ミル音響レベル制御 ・ミル通風差圧制御 ・循環エレベータ電力制御 ・ミル出口ガス温度制御	・ガス系ダンバ制御 ・排風機制御 ・ミル高圧電動機制御	・ミル内の充てん率を安定させるための原料投入量制御	○	○	○
クリンカ輸送 クリンカサイロ	・コンベヤ輸送	・クリンカサイロレベル監視	・クリンカ輸送系順序制御 ・サイロレベルインタロック ・サイロ選択制御		○	○	○
出荷	・セメント粉体空気輸送 ・袋づめバック ・自動車、貨車等のバルクローディング	・セメントサイロレベル監視	・セメント輸送系制御			○	

〈注〉・計装プロセス制御はDCS (プログラマブルなDistributed Control System) で機能分担される。代表的な装置はMICREX-P, PCSである。
・シーケンス制御はPLC (Programmable Logic Controller) で機能分担される。代表的な装置はMICREX-E, HDCである。

- (2) プラントが連続運転プロセスであるため、一部でも長時間故障停止することは設備全体の休止につながり、生産計画に不具合を生じるため、故障の早期発見が容易なシステム構成にしなければならない。
- (3) 低圧の電動機群の中に高圧の大形電動機が点在しているが、スムーズな始動・停止ができるインタロックを取らなければならない。
- (4) キルンは摂氏千数百度の高温で燃焼しているため、故障発生時には燃料系の緊急停止ができなければ爆発というおそれもある。
このようなプロセスのためコントローラが何らかの理由で停止しても事故につながらないように配慮しなければならない。また常時電動機群の状態を監視し、故障の発生時は直ちに警報を発するようにしなければならない。

このような難しさに十分に対応できる高速のコントローラとして、プログラマブルコントローラ(MICREX-E, HDC) でシーケンス総括制御コントローラを構成する。総括制御の対象となる機械は、全体で数百台にも及ぶ。どのようなインタロックでも、また故障処理、再始動復帰指示などのプログラムを動作表示 CRT や計装機器との関連も誤りなく実行し、将来の増設やプログラムの保守、改良の効率まで配慮してプログラムを機能モジュールとして作りあげることが必要である。このMICREX (PCS・HDC) のコントローラは、シェルフ単位の構成でロッカ実装が容易であり、同一のデータウェイに接続することができ、設備規模に合わせて自由に増減できるなど、フレキシビリティが大きく、システム構築に際して効果的である。また、プロセス入出力カードは共通化されており、予備品の面で

図1 セメントプラントのトータルシステム構成



も有利である。特にプロセスステーション (PCS) の PID 制御ループ (DC4~20mA) は、出力インタフェースターミナル部にハードマニュアルユニットを各ループごとに備え、万一、PID コントロールプロセッサが故障しても出力を保持するだけでなく、手動操作もでき、従来のアナログコントローラ同様の扱いやすさも備えている。

3.2 監視操作システム

CRT を利用した少人数で集中監視操作できるシステムが主流になりつつある。

3.2.1 中央制御室

CRT オペレータステーション (MICREX-P, OCS) が原料、焼成、仕上げの各工程に数台設置される。これらは主要な機能を複数の CRT で相互にバックアップする機能を持ち、また次のような運転監視の集約化、運転操作の円滑化、簡易化ということを実現する。

- (1) グラフィック CRT 画面を設け、プロセスフロー並びに動力運転系統が一見してわかるようにする。グラフィックを構成するシンボルには、動作表示部を設けて運転状態に合わせて表示状態を変える。また、この画面から総括制御スイッチの入・切の操作を実行できる。
- (2) 動力の運転表示とともに計測指示値は常時監視しなければならないものであるが、これもグラフィック CRT 画面の中にデジタル値で、グラフィックシンボルの測定点に近い位置に表示することができる。
- (3) 記録データは、トレンドパネルで必要に応じて画面を切り換えて監視することができる。
- (4) PID ループ操作はグループパネルで 8 ループ単位で監視でき、必要によって設定値変更、手動操作が可能である。同様にこの画面からスイッチの入・切の操作もできる。
- (5) PID のパラメータ調整には専用のループパネルが利用できる。
- (6) 警報状態の監視は(1)、(2)項のグラフィック CRT 画面内で監視できるだけでなく、ニューアラームパネル、オーバービューパネル、システムアラームパネルなどの画面でも監視でき、時系列の表示も行われる。
- (7) 対話形プラントパネル作成機能を利用すれば、更に前述の複数の機能を 1 画面中に組み合わせて表示して利用することができる。

3.2.2 現場操作室

遠隔の原料ヤードや石炭設備などでは、同一データウェイを利用して、同じ CRT オペレータステーション (OCS) が設置できる。このように 1 種類のオペレータ操作 CRT の採用が可能で、煩雑さが減少し操作の統一性を保つこと

ができる。

3.3 プロセス制御用コンピュータシステム

プラントの最適制御のために高度なアルゴリズムを持つ演算を実行するためには、大量の時系列データを高速で処理すると同時に、監視や記録が容易なようにデータを様々な角度から加工してオペレータやエンジニアに提供し、データウェイを経由してコントローラとのリンケージをとらなければならない。このような目的のためには、プロセス制御用コンピュータが不可欠である。この場合、プロセス入出力情報がすべてマイクロデータウェイ経由でなされることはシステム構成もシンプルとなり、ケーブル敷設工事の面から見れば大幅なコストダウンが得られる。また完全に機能分散されたシステム構成で、下位のコントローラはコンピュータのトラブル停止でも何らの影響を受けず、オペレータの介入による操作でコンピュータの復旧までの間も継続して制御が実行できる。このためコンピュータの二重化は不要で、経済的なシステム構成となっている。

3.4 総括管理用コンピュータシステム

生産の経済性モデルの最適化、原料や在庫などの生産指標設定管理、経営資料の作成、そして工場内の各部署で利用するパーソナルコンピュータへのデータベースの提供など経営管理のために、総括管理用の大形コンピュータ導入の機運が高まっている。この場合でも、磁気ディスクへの定期的なデータの格納などの記憶保護を行うことにより特別な二重化ということを必要とせず、コストパフォーマンスの良い構成をとることができる。

3.5 システム間の相互結合

情報を高速伝送でき、標準で二重化されているマイクロデータウェイで結合することにより、データの変質や重複を避けることができ、システムの高信頼性、データベースの共有化という点で優れた特性を利用できる。こうすることにより、セメントプラント全体をトータル的にまとめ、ソフトウェアの効果的な利用が実現できる。

4 あとがき

以上、セメントプラントのトータルシステムの基本的な考え方を述べた。ニューメディアの進展や新技術の成果の現実化は非常に急速で、ソフトウェアの開発には一種のベンチャ精神も要求されている昨今である。時代にそった、そして活力のある拡張性の大きいトータルシステムの製作、開発に努力を続けたいと考えている。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。