火力プラントの現地試運転調整支援システムの実用化

Practical Use of Support System for Test-run and Adjustment Task of Thermal Power Plants

原動機事業本部　武智英剛*1　森本賢一*1
長崎造船所　川上雅民*2　石田信久*3
吉田俊郎*4
技術本部　斎藤一郎*5

火力発電所建設において，計装機器の調整及びその後のプラント機器試運転工程は，それまでの設計や据付工程と違い，異なった設備や異なった部署にまたがる総合的かつ同時進行の作業である．また，この作業は多くの作業工数を必要とする部分であるために，作業の近代化が求められてきている．当社ではこのような要求にこたえるために，“現地試運転調整支援システム”を開発し実用化した．このシステムは最新ソフトウェア技術を活用し，携帯端末によってプラント機器の側から遠隔で，プラント全体の監視調整や機器操作等を可能とするものである．本報では，このシステムを紹介し，併せて今後の火力プラントの設計・建設作業がどのように変化していくかを展望する．

In the field, the work schedule after installing and tuning control and measuring instruments is the final stage of thermal power plant construction, and requires concentrated, concurrent work in different areas among different work groups. It is also expensive. Task efficiency must be improved by modernizing the work environment. We developed test-run and adjustment task support applying Internet and advanced software technology to enable users to observe plant status and operate plant equipment from the field.

1．試運転調整工程の概要と特徴

火力プラントの建設工程は，据付けた機器への動作電力の供給開始，いわゆる“受電”を境に，それまでの据付・取付け中心の作業から，ループチェックやシーケンステストといわれる動作確認の作業に移行し，その後に総合的なインタロックの確認を経て，ボイラの初点火やガスタービンの起動試験に至る．この段階を試運転調整工程と称し，スタートアップの指揮の下，計装機器やプラント機器及び制御装置の調整員が作業の中心を担うようになる（**表1**参照）．この段階の特徴として，各々の試運転調整が，複数の作業員や部署にまたがり，かつプラント全域の多数の設備に対して同時に行われることが挙げられる．

例えば，弁の調整では，弁自体のために弁の側に作業員が配置されるとともに，弁の遠隔操作と関連制御ロジックの確認のため，計算機室の制御装置及び中央制御室の操作ステーションにも作業員が配置される．この3名が有線／無線機器で声を掛合いながら作業をしなくてはならない．

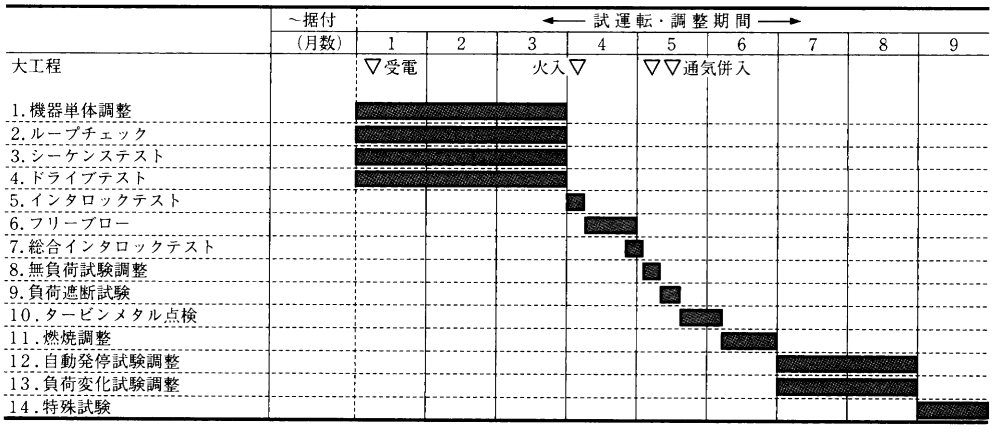
さらにこの弁が電動で動作する場合には，電気室の継電器盤の前で，動作状態を監視する人員もさらに必要となる．

しかしながら試運転調整工程の作業形態は，制御装置の発達により現場機器の自動化が進み，中央操作もCRTオペレーションが中心になった現代でも，大きくは変っていない．前述のように作業員が現場と中央制御室で連携して操作し，個人個人で現場でノートをとり，これを書換えて報告書をまとめるといった，作業のやり方も従来から変っていないのが現状である．

2．現代の現場に求められる課題

現在火力プラントは厳しい価格競争の中にあり，設計から機材の調達まで，徹底的な合理化が求められている．その中で建設の最終段階である試運転調整工程は，前述のような作業の特質上，

表1　現地試運転調整工程概要
Work schedule afterward installing/tuning of control and measuring instruments



*1 火力プロジェクト部計装電気技術課
*2 火力プラント建設部建設課
*3 火力プラント建設部計装電気工事課
*4 火力プラント設計部制御技術課
*5 エレクトロニクス技術部システム技術開発センター

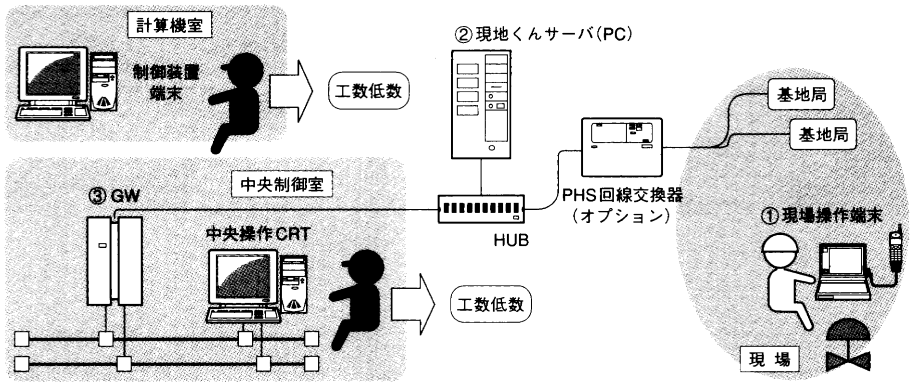


図1　現地試運転調整支援システム概要
System configuration of test-run and adjustment task support system

掛かる人工費の大幅な削減や効率的な業務環境の整備が求められていた.

このような背景において，当社では試運転調整工程に対し，次の3つの課題を掲げて，解決策への検討を進めてきた.

(1) ループチェックや操作端試験などの数人一組の作業を，単独の作業員だけで実施する方法.

(2) 機器動作時の人払いや現場安全管理が現場の指導員だけで十分にできるように，中央操作室にあるオペレーション用機器を現場に持ち運ぶ方法.

(3) 全体で何千にも及ぶ検出端や操作端の動作報告書などが容易に作成できるツール.

目標とする試運転調整支援システムを**図1**に示す.

3. 機 能 の 概 要

本システム（通称“現地くん”）は，前述の3つの課題を解決するため，次の3つの機能を持つものとした.

(1) 制御装置の遠隔ロジック監視・調整機能

(2) 機器の遠隔操作機能

(3) 報告書の自動作成機能

ただし項目(1),(2)については，機能の性格上，当社製の火力プラント向け制御装置 DIASYS を対象とすることとした.

3. 1　遠隔ロジック監視・調整機能

図1における①現場操作端末により，遠隔で制御装置のロジック演算のモニタリングが可能となった．この操作端末は従来より適用してきた当社製の制御装置用保守ツール DIASYS-IDOL と同等の機能を有しており，モニタリング機能だけではなく，パラメータ調整及び模擬条件設定（マニュアルセット）も機器の側から遠隔で計算機室の制御装置に対して実施可能である.

この機能により，現場計器と制御装置間の計測信号のループチェック（末端からの信号伝達の確認）作業が現場の1人で実施できることとなった.

従来，この作業は現場，計算機室に最低2人1組の作業員を必要としていたものである．一般的なボイラ／タービンプラントの制御装置の調整作業では，2人･月の作業費用が1人･月に削減される効果が期待できる.

図2に遠隔端末からの制御ロジック監視調整時の画面を示す.

3. 2　機器の遠隔操作機能

同様に①現場操作端末にて，通常中央操作室の CRT の画面に表示されるループプレート（機器操作ステーション画面）や警報サマリ画面，トレンド画面などの表示が可能となった.

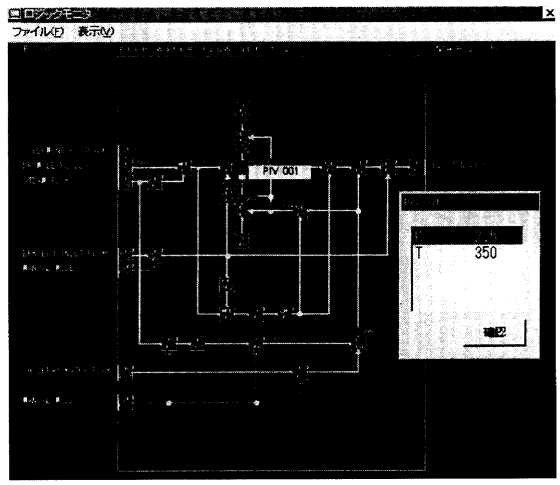


図2　遠隔端末からの制御装置ロジック監視調整状況
Remote monitoring and tuning of DCS logic from PC

これにより，第1章に示したように3～4人一組で行っていた補機の動作確認試験や，シーケンステスト試験が，システムとしては原則として1人で実施できるようになった.

またこの機能を活用して，プラント運転中においても，現場でプラント全体の動作状況を確認できるほか，現地工事事務所などの遠隔地でも中央制御室と同等の監視を行うことができるようになったため，試運転後期の燃焼調整など，時間スパンの長い試験においては，待ち時間を有効に利用できることとなる.

図3に遠隔端末からの CRT オペレーション監視操作画面を示す.

3. 3　報告書の自動作成機能

本機能は“現地くんエクスプローラ”と“ひも付け／出力プログラム”の2組のソフトウェアで動作する．ユーザはまず“ひも付け／出力プログラム”であらかじめ各計装機器ごとに作成しておいた ORACLE データベースのテーブルの項目と，EXCEL で作成した報告書のフォームを，ドラッグアンドドロップでひも付ける（**図4**参照）.

その後“現地くんエクスプローラ”を介して，対象の ORACLE のデータテーブルに計測結果を入力し（**図5**参照），“ひも付け／出力プログラム”を起動することで，入力したデータの数だけ自動的に EXCEL フォームを複写し，データを指定の場所に当てはめ，新しい EXCEL データを作成する．この機能は EXCEL のグラフ機能にも対応しているため，計測結果に応じ，各ページを自動描画することにも対応している.

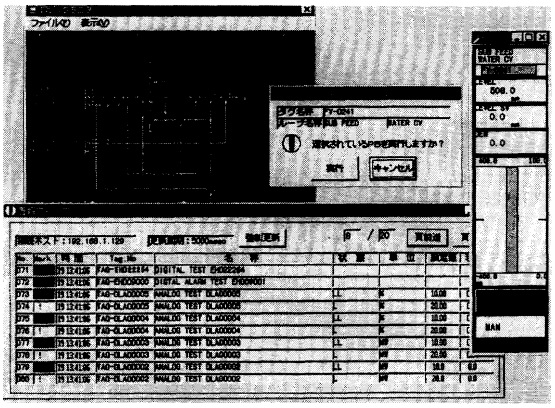


図3　遠隔端末からのCRTオペレーション監視操作状況
Remote supervising and operating of plant environment and equipment from PC

この機能によって，従来作業後に行っていた大量の報告書整理作業を軽減し，データの記入間違いを防止する効果が期待できる．一方，計測データをデータベース化することにより，データ保管及び再利用などの将来の活用に期待できるものとなった．

4．開発のポイント

紹介した3つの機能を実現するに当り，次の課題を設定し，システムの構造を検討した．

(1) 現場へ携帯でき，現場で長時間作業ができること．
(2) 社内ツールの性格上，経済的な設備であること．
(3) 先々の拡張改造に耐える，オープンな構造であること．

4．1　現場携帯ツール

図1に示すように，現場への携帯を考慮して小型のノートパソコンを使用するものとした．また制御装置との通信には，インターネットで利用されているTCP/IP通信を利用し，プログラムが，LANでもP-P（Point to Point）回線でも接続できるようにした．これにより，構内PHSや無線LANを活用できるため，現場に携行した端末を有線／無線の様々な方式で，計算機室にある制御装置と接続することが可能となった．特にPHSであれば通常は構内電話として現場間の連絡にも使えるため便利である．

一方，上記のような回線では，いずれも通信速度が低い．そのため，本システムでは制御装置で利用している，UDP（User Datagram Protocol）による全点番送信は使用せず，現場端末が表示に必要な情報だけを要求し，その都度図1の③GW（ゲートウェイ）がデータを端末に送り届ける，リクエスト型の通信形態を採用した通信手法を開発した．

4．2　経済性の追求

現地に携行する現場端末は，メインテンナンスフリーであり，市販のパソコンで“つなげばすぐ使える”を実現しなければ，現地へのシステム技術者の派遣が必須となり，一層のコストアップを招く．

このため，本システムでは端末側のソフトウェアをすべてコンポーネント（ActiveX）で実現するものとし，サーバ側からWeb（ホームページ）によって自動的にコンポーネントがダウンロードできる構造とした．またすべての機能がコンポーネントとして独立しており，上記のようなWebでの配信の場合でも，組合せアプリケーションであっても，コンポーネントを共用することができるため，開発期間の短縮やメインテナンスコストの低減が可能となった．

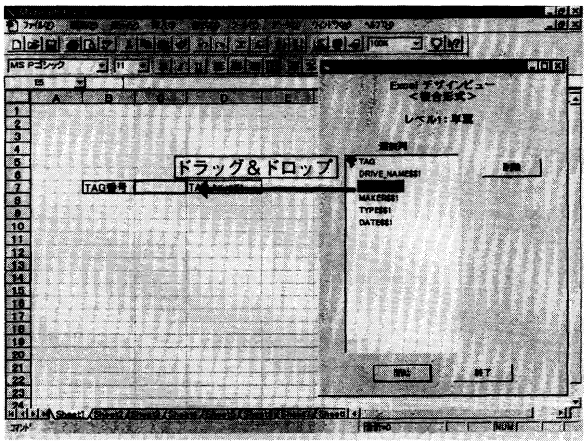


図4　報告書フォームにデータベースを張付ける状況
Connecting column of data table on EXCEL cell by drag & drop operation

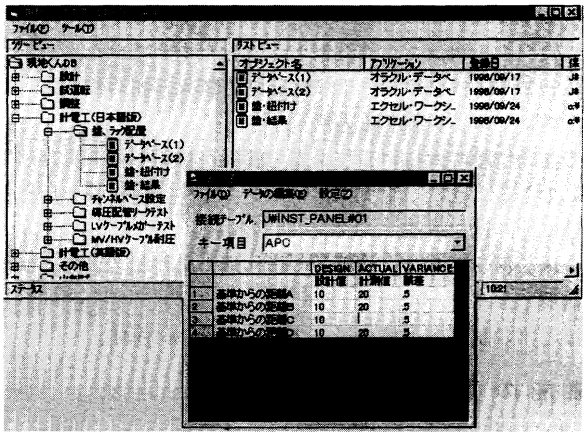


図5　ORACLEのデータテーブルに計測値を入力する状況
Input measured value into data table in ORACLE through “Genchi kun explore”

4．3　オープン性と拡張性

今後の現地工事近代化に応じて拡張したり，他のシステムと組合せることが可能なようにシステムを配慮した．また簡単に操作が覚えられるよう，社内で多く使われているソフトウェアを活用することとした．具体的には次のような点に配慮した．

- ソフトウェアはすべてMicrosoft社のVisualBasicで製作し，改造や拡張が容易なようにした．
- 報告書作成機能は普及している市販のEXCELを活用した．
- 計測データはORACLEデータベースにテーブル形式で蓄積し，データの永続性を確保した．
- 記録データ管理ソフト“現地くんエクスプローラ”は，Windowsのエクスプローラ様式のマンマシンインタフェースを採用し，ファイルも，ORACLEのデータテーブルも同列に扱えるようにした．

5．導　入　事　例

5．1　報告書作成機能の導入

本機能は第1ステップとして，平成10年からの国内自家発コンバインドサイクルプラントにて実機検証を開始した．検証ではシステム導入に先立ち，標準報告書の中身も同時に吟味した．このステップで，データベーステーブルへの入力操作など，操作性に関して幾つかの提案をフィードバックした．この機能の導入によ

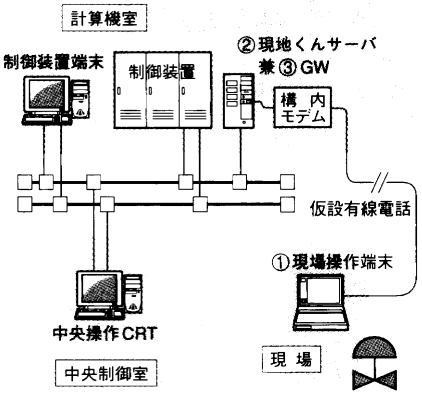


図6　国内ボイラ工事での実施例
Configuration of applied case to domestic power plant

り，報告書が標準化され，データの手書作業が大幅に削減されたため，最終的に試運転調整工程における全工事調整員派遣費用のうち，約7％の削減効果を得ることができた．

5．2　遠隔ロジック監視調整機能

本機能は第2ステップとして，平成11年春から試運転を開始した国内ボイラ工事にて実機検証を開始した．この工事では，通常ブレストークとして構内にはわせる工事調整用の仮設電話ケーブルを利用して，有線電話回線（モデム）で使用した．この機能により，調整員派遣費用の約8％を削減することができた．

これらの機能や，前述の報告書作成及び遠隔調整機能によって，最終的にはトータルで試運転調整工程の全工事調整員費用が約15％程度を削減できることを確認した．

図6に国内ボイラ工事での遠隔監視調整実施例を示す．

5．3　総合適用

前記2例の導入結果を受け，運用上のルールなどを整備し，平成12年2月から試運転を開始した，海外のコンバインドサイクルプラントにて，PHSを利用し，また報告書作成機能も活用した総合的な実用化段階に入っている．

また個々の機能は独立しているため，総合試験と同時並行して，機能が確認されたものから順に他のプラント建設の試運転調整作業に活用していく予定である．

6．効果と課題

先に示したように3機能全体としては10％以上の効果が期待できることが分かってきた．それ以外にも当社だけではなく，建設関係の他社にも幅広く展開して効果を発揮できる可能性も有している．

今後は，このようなシステムが広く活用されるに応じて，システム化を基本とした，業務所管やフローの見直し等も併せて行うことが必要となる．

6．1　今後の課題

本システムの実用化では次のような課題が現段階で明らかとなっているため，今後改善して行く予定である．

- 当社の持つ社内の火力プラント設計システムとの連動による，設計データの効率的な流用による，報告書作成．
- 当社製の火力プラント向け次世代制御装置DIASYS Netmationへの本機能の組込み，又は制御装置からの計測データ流用などの通信機能拡張．
- 現地へのシステムセットアップ人員派遣費用の削減，等．

これらはいずれも今後の適用に併せ，また新しいシステムの開発などに併せて順次実用化して行く．

6．2　そのほかの課題

プラント構内の通信インフラ整備のポイントとしてPHSなどの無線回線の敷設が挙げられる．無線回線は最も広範囲な適応を可能とするが，客先により電波の構内使用が制限される場合がある．また機材も今のところ経済的ではない．

有線ケーブルとの併用などで，その現場に応じて最も効果的な手法を選択することが必要である．

また，PHSのほかにも，高速無線通信の規格化などをうけ，現在では安価な無線LAN機材が販売されつつある．今後は設備投資のステップに応じて，このような他の手法での構内回線の確立を試行していく必要がある．

7．将来の展望と課題

今回開発した技術のうち，制御装置に関する部分は，現在当社で推進している，次世代制御装置DIASYS Netmationの開発の中核技術として活用されている．このため図1の③で示した専用GWを必要としないで，遠隔からの監視や調整・操作が可能である．

現地の作業効率化で重要なポイントは今回のシステムにより改善したもの以外に次の3つがある．

- 工事スケジュールの管理と対応する労務管理
- 工事資材の現場管理
- 現地工事のバックアップ体制のシステム化

これらはますます短くなる傾向の建設工事の中で，受電以降の作業工程の効率的な管理や，後戻り作業のない工事管理をする上で非常に重要な部分である．また設計変更や納期遅延などが現地工程に与える影響を正確に見積り，事前に監視することも需要である．

しかし設計作業や資材発注業務が部門ごとにシステム化できるのとは対照的に，建設工事は据付から試運転までの異なる部門間の独自の工程が相互に干渉し合うため，システム化や合理化が容易ではないという側面もある．

今後は現地のすべての作業工程が同じレベルで，同じ環境で電子化・近代化して行くことが必要であると考える．

8．ま　と　め

当社にて開発した“火力プラント向け現地試運転調整支援システム”の概要及び機能の紹介と，その実用化状況を報告した．この中で現地作業の抱える問題点を示し，それがどのように解決されているのか，どのような課題が存在するのかを述べた．

また，将来の現地運転調整業務の合理化，効率化に向けて，その考え方を整理した．今後の現地作業の効率化を検討するに当って，その一助となれば幸いである．

本文中に登場する以下の用語・名称は，各社団体の登録商標．
Ethernet：富士ゼロックス社の登録商標
VisualBasic・VisualC＋＋
・EXCEL・ActiveX等：Microsoft Corporationの登録商標
ORACLE：Oracle Corporationの登録商標