

原水事故対策における異常対応支援システム Exapilot™ の活用

Use of the operation support system "Exapilot™" in the raw water accident

○ 新名 伸仁¹⁾, 石井 康仁²⁾

横河電機株式会社

Nobuhiro Niina¹⁾, Yasuhito Ishii²⁾

Yokogawa Electric Corporation

Abstract

Consignment to another municipality or a private enterprise was institutionalized about technical service, such as operation management service and water quality management service, the revision of the Water Supply Law.

Therefore, we have had a new appreciation of the importance of the risk management in operation management service.

We think it effective to utilize a support system with easy management as a correspondence manual, in order to put risk management into practice.

This paper introduces the example of use of the support system in the correspondence in case of the raw water accident.

Key Words: operation support system, operation management service, raw water accident, manual

1 はじめに

平成14年4月に施行された改正水道法により、水道事業者の業務のうち、運転管理業務や水質管理業務など、技術上の業務について第三者への委託が制度化された。これを背景に、運転管理業務におけるリスクマネジメントの重要性があらためて認識されている。

このリスクマネジメントに関連し、異常を未然に検知する技術や、異常が発生した場合の対応、緊急時における対応マニュアルの整備と運用管理の効率化が検討されている。

運転管理マニュアルについては、機器を導入した際に作成するが、増設や改良に伴う設備の変更に対し、改訂や記載内容の拡充といった運用管理が必ずしも適切に行われているとはいえない。

本稿では、異常検知機能と異常発生時の対応を支援するマニュアル機能を備えた異常対応支援システムの機能概要と、その活用として重要業務の一つである原水管理および原水事故時への対応例を紹介する。

2 プラント異常における現状の対応と課題

2.1 浄水場におけるプラント異常の要因

一言にプラント異常といっても内容および対応は様々である。

異常が発生する要因としては、大きく内部要因と外部要因に分けられる。

[内部要因]

- ・設置された機器の不具合によるもの。
- ・運転操作上のミス、注入率の設定ミスなどによるもの。

[外部要因]

- ・大雨や落雷など気象の変化によるもの。
- ・油や農薬などの有害物質の原水混入によるもの。

2.2 異常検知の現状と課題

内部要因に起因する異常については、日常の運転管理業務の中で、監視を十分に行うことや維持管理を徹底することで、ある程度回避することができる。

現状は、運転員が機器の種類や状況や計測データを監視画面等で定期的に監視している。

ただし、十分経験を積んだ運転員と未経験者や新人運転員では、異常を検知する能力に差がある。

そのため、熟練運転員の異常検知ノウハウをいかに継承できるかが大きな課題である。

2.3 異常対応の現状と課題

通常の運転業務において異常が発生した場合、運転員はまず状況確認を行い、どのように対応すべきかを判断する。異常発生に関連する故障情報やプロセスデータを確認し、自らの経験や対応マニュアルにより復旧作業を行う。

対応マニュアルは紙で用意されている場合が多いが、設備の変更や運転管理方法の変更に伴う改定内容が反映されていないなどにより、必ずしもマニュアルに記載されている内

容と現状の対応が一致していない。

これには、運転員が数年単位で入れ替わることも一つの要因と考えられる。

対応マニュアルに関する課題を整理すると、以下のことがあげられる。

- ・十分に完備されていない。
- ・現状の対応と一致していない。
- ・必要な内容が記載されていない。
- ・一元管理されていない。
- ・フォーマットがバラバラである。

上記内容も含め、異常時における対応は、熟練運転員のノウハウをいかに継承し活用できる形で整備するか、そして、運転員が常に活用することにより、最新情報を共有できるかが大きな課題である。

これらの課題を解決するためには、異常検知機能と異常時の対応をガイドするシステムが必要である。

当社は、これに該当するシステムとして、Exapilot™をベースに異常対応支援システムを開発したので以下に紹介する。

3 運転効率向上支援パッケージExapilot™の概要

異常対応支援システムは、弊社の運転効率向上支援(運転支援)パッケージExapilot™をベースに開発されたため、この章では、Exapilot™の基本的な機能について説明する。

Exapilot™は、オペレータの運転ノウハウによる手動操作を半自動化する製品として、オペレータや運転スタッフ向けに開発された。

手動操作とは、プラントの定常状態、非定常状態におけるオペレータの運転作業のことで、例えば制御システムへのデータ設定、プロセスデータの監視、現場への作業指示、時間待ち、トラブル時対処などがある。

Exapilot™はそれらの手動操作を、フローチャート形式で記述するだけでシステムを構築することができる、一種の運転支援システム構築用のCASEツールである。

フローチャートは、Exapilot™で用意されている開始、終了、条件判断、並列、ケース分岐、計算、タイマ等の単位操作のアイコン (Fig.1) をワークシート上に配置結線 (Fig.2) し、文法チェックをするだけで、そのままの形で実際に運転に使用することができる。(Fig.3)

また、そのフローチャートは標準運転手順書としても運用・管理できる。

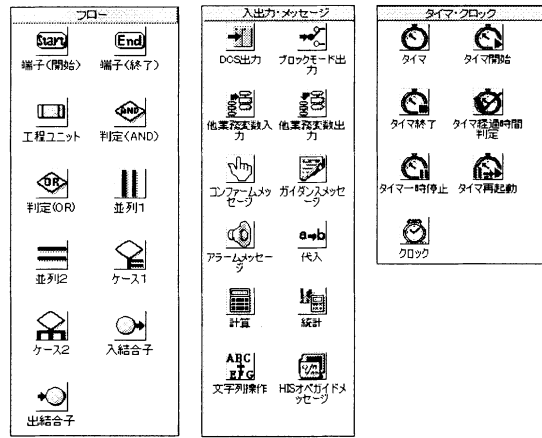


Fig.1 アイコンの一例

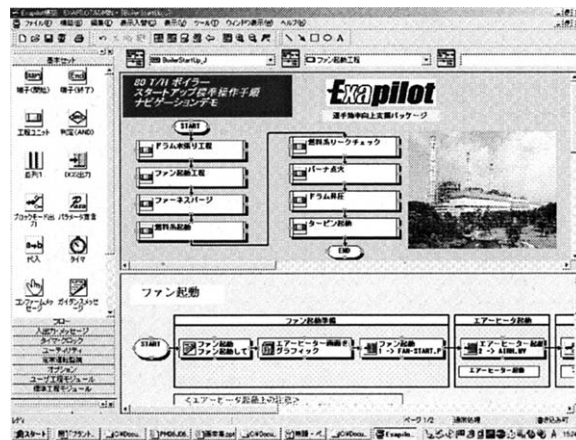


Fig.2 構築画面



Fig.3 運転画面

Exapilot™は汎用PC上で動作し、OSはWindows*1 (Windows2000、WindowsXP)を採用している。

Exapilot™は制御システムとのインターフェースにOPC (OLE for Process Control)を採用しており、OPC対応の制御システムであれば、メーカーを問わずにExapilot™を利用

することができる。制御システムが弊社製「CENTUM™ CS 3000」の場合のシステム構成例をFig.4に示す。

定常運転監視機能は、次のTab.1の項目などの監視を実現することができるように設計された。

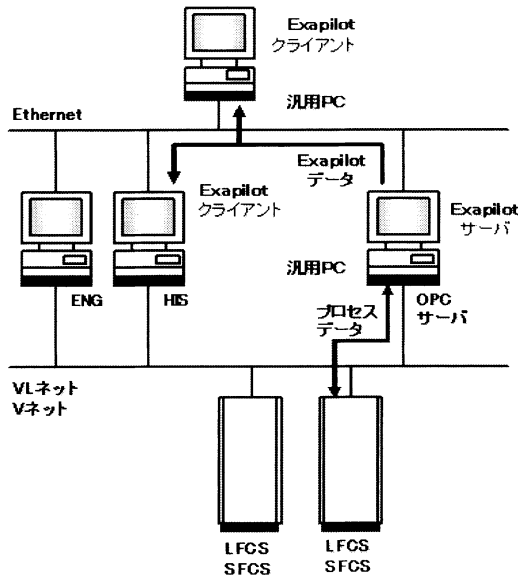


Fig. 4 システム構成例
(制御システムが「CENTUM™ CS 3000」の場合)

異常対応支援システムは、異常検知にExapilot™の定常運転監視機能を使用している為、次に定常運転監視機能と異常検知技術について紹介する。

4 定常運転監視機能の概要

定常運転監視機能は、構築機能、運転機能とユーティリティ機能で構成され、構築機能で作成された知識ベースを使って異常検知を行なう。オペレータは運転機能の運転ウィンドウを使ってプラントの監視、操作を行なう。ユーティリティ機能は、Exapilot™の運転や構築機能の環境設定などを行なう。(Fig.5)

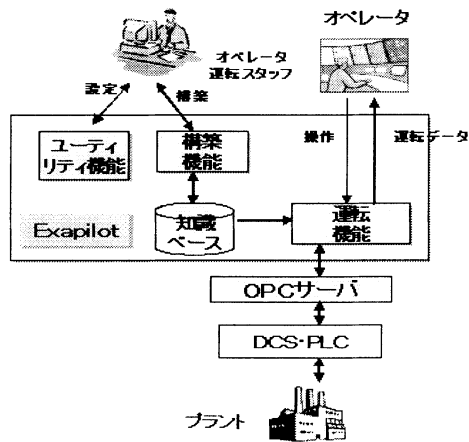


Fig. 5 機能構成

Tab.1 定常運転監視対象例

監視対象項目	監視対象例
機器故障監視	つまり検知、バルブ故障監視、ポンプ故障監視、計器指示値異常監視
計器指示値異常監視	熱収支、物質収支異常監視、ハンチング監視、プロセス安定検知
プロセス安定検知	還流比、蒸気量、生産量、濃度等の監視
トラブル時対応	トラブル時設備シャットダウン支援、設備復旧支援

5 異常検知技術

定常運転監視機能は、大きく「異常検知ロジック作成技術」、「プロセス状態検知技術」、「ヒューマンインタフェース技術」を使って実現されている。

次に、それぞれの技術の特徴を紹介する。

5.1 異常検知ロジック作成技術

(1) メンタルモデルで異常検知ロジックを作成

異常検知のロジックは、オペレータのメンタルモデルで定義することができる。

オペレータが異常検知する思考の流れは、『プロセスデータを見て、データの傾向を考え、しきい値を越しているかどうか半定し、越していると行動を起こす。』である。これをメンタルモデルとして表現すると「データ入力」→「加工」→「判断」→「アクション」で表すことができる。

異常検知のロジック作成は、監視チャートと呼ぶロジックチャート型の構築ツールで行い、データ入力、加工、判定、アクションのアイコン (Fig.6) をワークスペース上に配置し、異常検知の流れに従って配線する。(Fig.7)

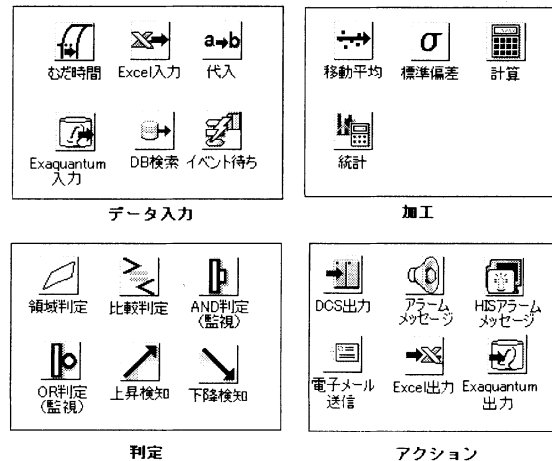


Fig.6 監視用アイコン例

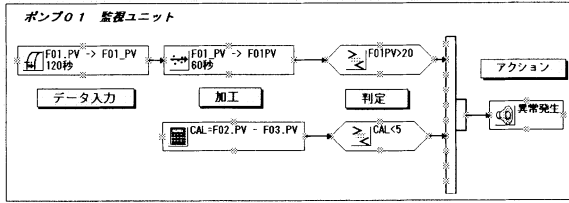


Fig.7 監視チャート例

(2) 監視ロジックの再利用

監視チャートで書かれた監視ロジックは、モジュール化 (監視モジュール) し再利用することができる。バルブ故障監視など定型化された監視は監視モジュールにすることで、システム開発の効率を上げることができる。

監視モジュールは、予め横河電機が用意した標準監視モジュールがある。

【標準監視モジュール例】

- ・ 指示値不変検知
- ・ 指示値連続上昇/下降検知
- ・ 計器故障検知
- ・ 指示値ハンチング検知

5.2 プロセス状態検知技術

(1) 異常状態検知アイコン

異常検知はプロセスの状態を把握し、変化の予兆を検知する技術が重要である。定常運転監視機能は、プロセスの状態を検知する専用のアイコンが幾つかあるので紹介する。

● プロセスの上昇・下降状態検知 (上昇・下降検知アイコン) (Fig.8)

プロセスデータの上昇・下降状態の検知は、一定期間の過去データの回帰直線の傾きを求めて、指定した傾きを越しているかの判断を行なう。

● 相関領域別検知 (領域判定アイコン)

プラントでは、二つのプロセスデータが相関関係を持つことが非常に多い。

二つの相関関係を二次元で表現し、指定した範囲から逸脱したかどうかを判定し、相関関係が弱れたことを検知する。

● ハンチング・安定検知 (標準偏差アイコン)

プロセスがハンチングしているか安定しているかの状態の検知は、一定期間の過去データの標準偏差の値を使用する。この値が小さい値をとると安定し、相対的に大きい値をとるとハンチングしていると判定する。

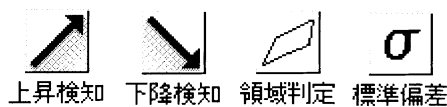


Fig.8 状態検知アイコン例

(2) プロセスモデル等との連携

監視チャートは、通常オペレータが計算している程度の四則演算はできるが、多入出力モデルの計算などはできない。監視チャートは、プロセス・制御モデルを持つ当社製高度制御パッケージや MATLAB[®]2 と、アイコンを使って連携し、それらが求めたプロセスの状態や予測値を利用し、異常状態の検知を行なうことができる。

(3) 長期ヒストリカルデータを利用した異常検知

当社製プラント情報管理システム等の長期ヒストリカルデータを利用して、長期ヒストリカルデータでなければ検知できない異常を見つけることができる。

(4) しきい値決定支援

異常検知システムは、運用されると経年変化やプロセスの状態の変化から、しきい値が徐々に変わっていく。

その為、適正なしきい値を設定することは、エキスパートシステムが継続的に運用されていくために、非常に大きな要因となる。

しきい値の決定の支援を行なう為に、判定対象のヒストリカルデータを当社製のプラント情報管理システムから MS-Excel[®]1 に出力し、統計的にグラフ表示することで適切なしきい値を検討することができる。

5.3 ヒューマンインタフェース技術

(1) ユニットベースでの監視 (ユニット監視)

監視ロジックは、監視ユニットによって、設備、装置単位でユニット化することができる。それらの監視ユニットを装置単位で系統立て階層化すると、運転中に下位層で発生したポンプなどの異常状態が上位層に伝播し、その系で異常発生監視を最上位層で行うことができる。(Fig.9)

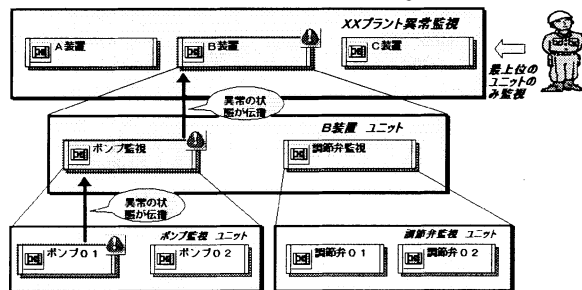


Fig.9 ユニット監視

(2) 成立/不成立の状態認識

監視チャートにより定義された監視ロジックは、定周期でプラントの状態を監視し、異常成立結果の状態を成立/不成立として、「淡シアン色」(成立)と「淡赤色」(不成立)で表示する。その為、異常が発生すると、どの組合わせで異常が成立したかを直感的に把握することができる。

(3) 音声合成やメールを使った異常状態通知

異常が発生した時の通知手段として、音声合成メッセージや電子メールなどで、オペレータ、フィールドマンや運転スタッフなどに迅速かつ正確に通知することができる。

6 原水における油混入事故対応例

この章では、原水における油混入事故に対する運転員の対応内容を示し、異常対応支援システムで置換えた場合の例を示す。

6.1 運転員が行う油混入事故の異常監視と対応

運転員は運転中に油混入事故が発生しているかを、原水の水質などから「異常判定」を行う。異常と判断した場合、対応マニュアルに従い「対応方式選択」と「対応操作」を行う。その後、「復旧状況確認」を行い、「復旧操作」と「報告書作成」を行う。

以下に上記の文章中の[]で囲まれた項目について具体的に説明する。

【異常判定】

運転員は、監視画面で油分濃度、油分濃度の上昇傾向やアラームの状況を目視で監視し、異常を判断する。

【対応方式選択】

運転員は異常対応マニュアルを見ながら、監視画面にて油分濃度の変化率と異常の継続状況から、復旧の為に「取水停止」又は「活性炭注入」の対応方式を選択する。

【対応操作】

運転員は選択された方式より、「取水停止」又は「活性炭注入」の対応操作を、対応マニュアルに従って行う。

【復旧状況確認】

運転員は復旧状況を、監視画面にて油分濃度やろ過水の水質データで確認する。

【復旧操作】

運転員は復旧工程の対応マニュアルに従い、復旧操作を行う。

【報告書作成】

事故が復旧すると、運転員は事故内容と対応操作の経過を報告書としてまとめる。

6.2 異常対応支援システムを適用した油混入事故での異常監視と対応

異常対応支援システムは、「異常判定」の監視ユニット内で異

常判定と対応方式選択を行い、選択された対応操作を対応操作の工程ユニットで行う。対応操作が終了すると、復旧条件を確認する為に「復旧状況確認」の監視ユニットを起動する。

「復旧条件確認」の監視ユニット内で復旧条件を確認し、「復旧操作」の工程ユニットで復旧操作を行う。それらの、対応操作と復旧操作の履歴は、MS-Excel[®]に書き込まれ報告書となる。

異常対応支援システムで実現した油混入事故対応支援のExapilot[™]の画面イメージを以下の Fig.10 で示す。

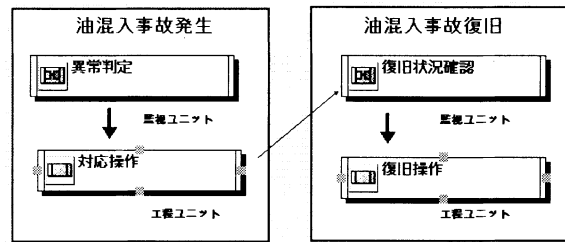


Fig. 10 油混入事故対応支援

以下に上記の文章中の[]で囲まれた項目についてExapilot[™]での定義内容を具体的に説明する。

【異常判定】

異常対応支援システムは、定周期で油分濃度の規定値の判定、濃度の上昇監視、アラームの発生を監視を行う。異常を判定すると異常発生を通知し、対応方式を選択した後、油事故対応操作の工程ユニットを起動する。

対応方法は、急激に油濃度が上昇する場合は取水停止の処理を行い、油濃度が急激に上昇していない場合は活性炭の注入を行う。(Fig.11)

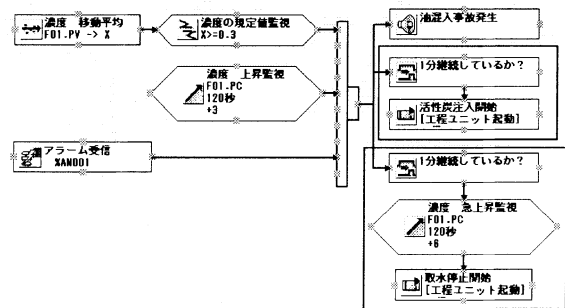


Fig. 11 【異常判定】監視ユニット

【対応操作】

取水停止の対応操作工程ユニットが起動されると、運転員に対して、取水ゲート閉鎖や薬品注入停止を行うなどの対応

操作の指示を行う。

薬品注入が完了すると、[復帰条件確認]の工程ユニットを起動する。(Fig.12)

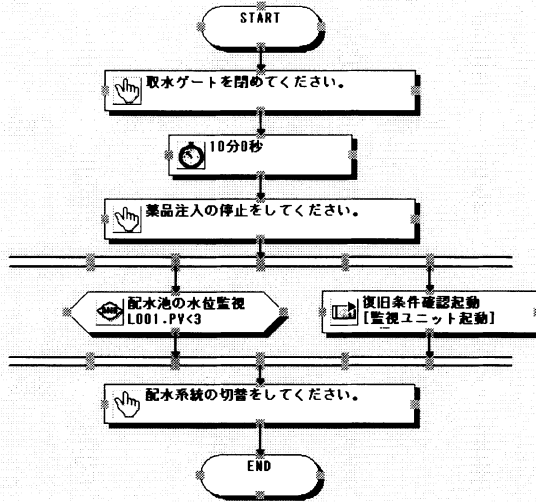


Fig.12 [対応操作] 工程ユニット

【復帰条件確認】

異常検知システムは、定周期で油分濃度、油分濃度の変化傾向とろ過水の水質データを常時監視し、復帰条件に達すると、油事故の場合の[復帰操作]の工程ユニットを起動する。(Fig.13)

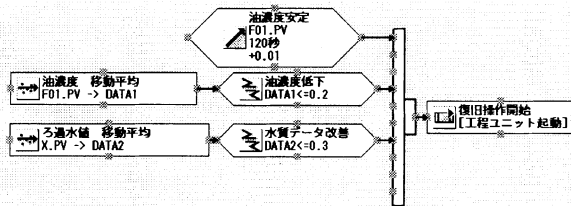


Fig.13 [復帰条件確認] 監視ユニット

【復帰操作】

取水停止の[復帰操作]工程ユニットが、起動されると、取水ゲートの開放や薬品注入再開などの復帰操作の指示を運転員へ行う。(Fig.14)

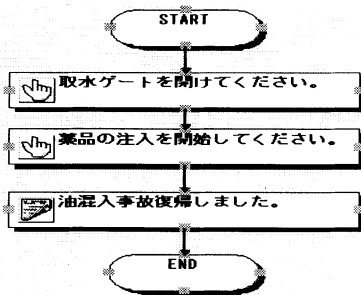


Fig.14 [復帰操作] 工程ユニット

5.3 効果

このように、熟練運転員が自己の経験や対応マニュアルにより事故対応をしていたところを、異常対応支援システムで、異常検知のノウハウの継承と異常発生時の対応処置を確実に行うことができるようになる。

更に、Exapilot™ に書かれた定義内容を印刷すると、対応処置マニュアルとなり、操作履歴からは報告書を作成することができる。

6 おわりに

異常検知機能と異常発生時の対応を支援するマニュアル機能を備えた、異常対応支援システムについて概要を説明した。運転管理業務の第三者委託制度を背景に、運転管理に関するリスクマネジメントについて、今後ますます議論されるものと考えられる。

＜参考文献＞

計測自動制御学会 編：「ニューロ・ファジー・AI ハンドブック」(1994)

- * 1：米国 Microsoft 社の製品です。
- * 2：米国 The MathWorks 社の製品です。
- * 「Exapilot」、 「CENTUM」 は横河電機の登録商標です。その他、本稿中の製品名、商品名等はそれぞれ各社の商標、または登録商標です。

【用語説明】

■メンタルモデル

メンタルモデルとは、あるシステムに対しユーザがその頭の中に持っているモデルであり、そのシステムとのインタラクションにより得られてきたものである。つまり、メンタルモデルは、ユーザの過去の経験やシステムとの関わり方によって異なり、しかも時間とともに変化していくものである。

■エキスパートシステム

特定の問題領域のエキスパートの知識を利用して、専門家でないかたは解決できないような問題を、専門家と同等か、あるいはそれに近い能力で解決できるようにする知的システム。