

一 般 論 文

# インテリジェントコントロールセンタ システムの開発

Development of Intelligent Motor Control Center System

竹原輝巳*	福留瑞樹**
T. Takehara	M. Fukudome
高見岳史*	粕谷幸太郎*
T. Takami	K. Kasuya
一井勉**	山田洋治*
T. Ichii	Y. Yamada
西田直**	吉宗篤夫*
S. Nishida	A. Yoshimune
吉井茂樹*	
S. Yoshii	

## 概 要

産業用Ethernet<sup>(注1)</sup>適用の分散ネットワークシステムに対応した上下水道施設向けのインテリジェントコントロールセンタシステムを開発した。

本システムの適用により、補助継電器盤及びPLC盤の設置が省略可能となるとともに制御ケーブル本数も大きく削減されるため、システム更新工事の容易性が大幅に向上することが期待される。また、維持管理支援機能も強化しており、これについても紹介する。

## Synopsis

This paper describes Intelligent Motor Control Center System specializing in the field of water and sewerage treatment with Industrial Ethernet-based distributed network.

This system, a few number cables for connection are provided and the installation of controlgears (auxiliary relays and/or PLCs are mounted onto) is not necessary, is expected to enable improving and shortening replacement works in system renewal. Also presented are the effects of maintenance and management functions.

### 1. まえがき

近年、上下水道施設の多くが設備の老朽化に伴う更新の時期を迎えている。特に電気設備の更新に際しては、信頼性及び保守性の向上だけでなく維持管理上の課題解決という視点も重要視されてきている。

一方、実際の更新工事では部分・段階的更新となる場合がほとんどであり、設備を止めないという観点から、限られたスペースで様々な制約を受けながら切り換え期間の短縮や工事費を削減する方策を取ることが求められ

ている。

このような課題を解決するため、産業用Ethernetを適用した分散ネットワークシステムに対応した保護・監視・制御・伝送・維持管理支援機能を有する専用コントローラ(NPC及びNPT)を新規に開発し、制御ケーブル本数の大幅な削減とともに補助継電器盤及びPLC盤の設置を省略できる上下水道施設向けインテリジェントコントロールセンタシステムを実現した。

以下にその内容を報告する。

\*環境事業本部  
\*\*産業・電力システム事業本部

## 2. システム

### 2.1 システム構成

インテリジェントコントロールセンタシステムのシステム構成図を図1に示す。

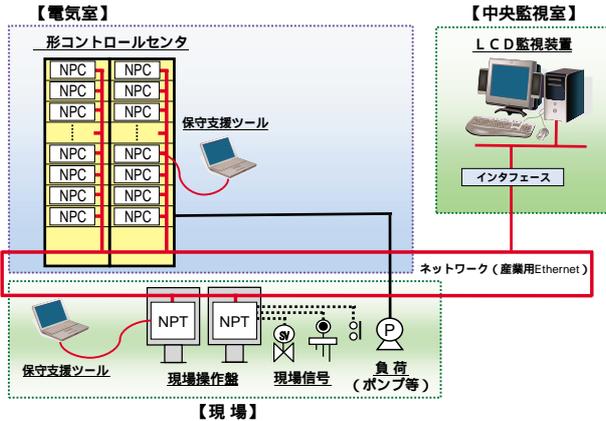


図1 システム構成図

### 2.2 特長

今回開発したインテリジェントコントロールセンタシステムは、高速ネットワーク技術を導入し、省スペース化、高信頼性と高機能化を実現したシステムである。その特長を以下に示す。

#### 2.2.1 省スペース化、省配線

従来のコントロールセンタシステムは、動力回路をコントロールセンタ、制御回路を補助継電器盤やPLC盤で構成していた。今回開発したインテリジェントコントロールセンタシステムは、制御回路をコントロールセンタユニット内に収納される専用コントローラ(NPC)で構成することにより、補助継電器盤、PLC盤の省略を可能とした。

また、従来のシステムでは、現場操作盤や機械接点の取り合いは多芯ケーブルにて行っていた。今回のシステムは、現場操作盤内に専用コントローラ(NPT)を収納し、コントロールセンタと現場操作盤間を産業用Ethernetで伝送化することにより省配線化を実現した。

#### 2.2.2 分散制御による信頼性の向上

従来のシステムは集中制御方式であり、PLC盤の異常時には設備全体に異常の影響が及んでいた。しかし、今回のシステムでは1負荷毎に専用コントローラ(NPC)を設置することにより、最小限の設備のみの停止に留めるとともに健全な負荷の運転は継続可能となる分散制御方式とした。これによりシステム全体の信頼性が大幅に向上した。

図2に従来システムからの信頼性向上のイメージを示す。

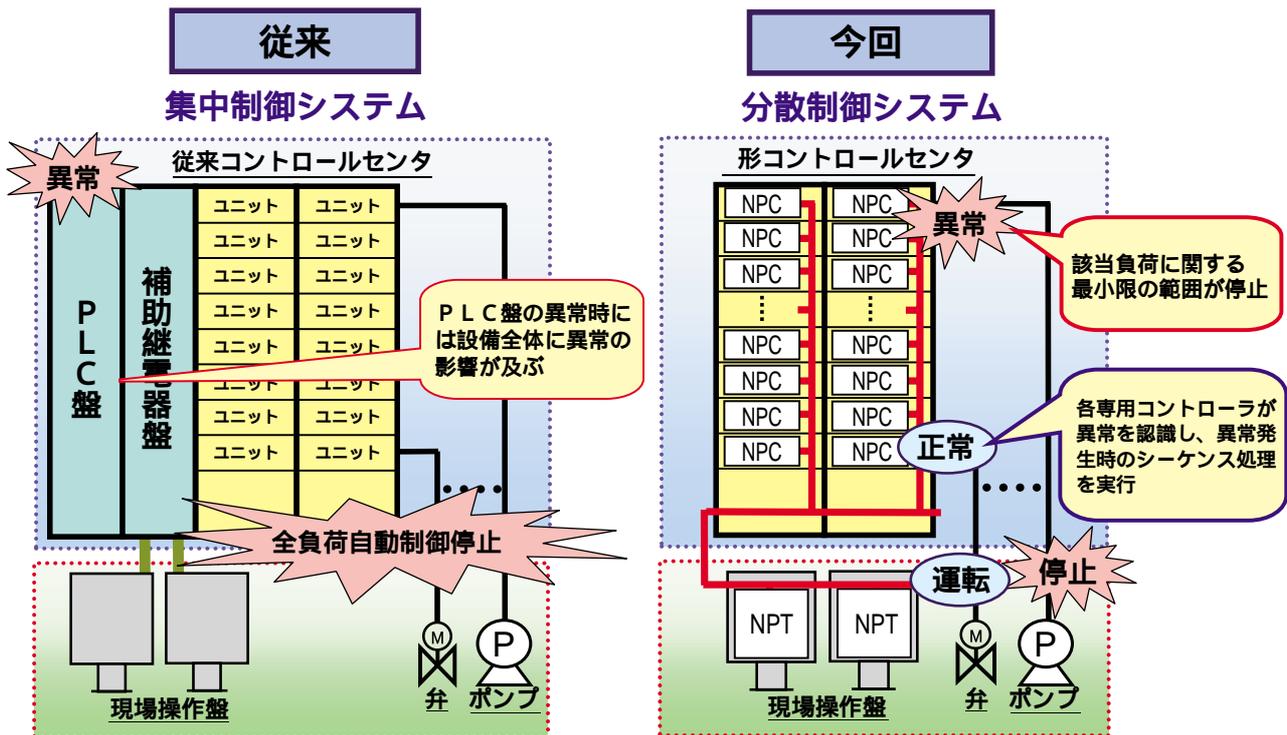


図2 従来システムからの信頼性向上のイメージ

### 2.2.3 維持管理性の向上

専用コントローラ（NPC）は、対象負荷の故障・運転履歴、コンタクタ投入回数、負荷電流及び地絡電流のトレンドなどの保全データを蓄積することが可能である。

蓄積された保全データは、ネットワークを經由して収集することが可能である。また、保守支援ツールを使用することにより、専用コントローラ内に構成されているシーケンスプログラムの変更をネットワーク上で行うことが可能である。さらに、模擬負荷を専用コントローラ内部で構築することにより試験調整時間の大幅な削減を可能とした。

### 2.2.4 更新の容易性

設備更新の際、従来のコントロールセンタシステムではコントロールセンタや補助継電器盤、PLC盤の入れ替えのため、設備の停止後に仮設設備を設置する必要があり多大な切り替え作業となっていた。しかし、今回のシステムは補助継電器盤やPLC盤の設置が省略可能であるため、設備の更新時にはコントロールセンタの設置を完了すれば設備の運用ができるので現地切り換え作業が大幅に削減されることとなった。さらに、限られたスペースでも設置が可能な「薄型前面保守タイプ」もラインアップに加えた。以上により、改築・更新工事時の建設コストの大幅な削減を可能とした。



図3 コントロールセンタ外観

## 3. コントロールセンタ

### 3.1 特長

以下に今回開発したI形コントロールセンタの特長について述べる。また図3にコントロールセンタの外観を、図4にコントロールセンタユニットの外観を示す。

#### 3.1.1 コンパクト化

小型機器の採用及び合理的配置により、コントロールセンタユニットの最小高さを当社従来品の200mmから150mmに縮小化し、片面最大10段積（両面最大20段積）を実現した。

また、盤奥行きを当社従来品の500mmから350mmに縮小化し前面保守タイプとした片面形もラインアップしたことで、電気室の省スペース化、更新時の利便性が飛躍的に向上した。

#### 3.1.2 環境配慮

本コントロールセンタは、ネットワーク化による補助継電器盤、PLC盤、配線などの削減による省資源化や、梱包材の削減、さらに六価クロムフリー化めっきの採用など、環境に配慮した製品で、環境ラベル（タイプ ）を取得した。



図4 コントロールセンタユニット外観

#### 3.1.3 互換性・メンテナンス性

当社従来品との列盤増設が可能な母線配置とすることで互換性を図り、新旧システムの混在を可能とした。

また、専用コントローラの取り付けを前面2箇所へのねじ止めとし簡単に取り外せる構造にするなど、メンテナンス性の向上にも配慮した。

### 3.2 定格・規格

コントロールセンタの定格を表1に、コントロールセンタの外形図を図5に示す。

表1 コントロールセンタ定格

規格番号	JEM 1195	
定格絶縁電圧	AC600V	
定格使用電圧	AC200,220,400,440V	
定格周波数	50,60Hz	
定格遮断電流	50kA (最大)	
定格電流	(水平母線)	1250A (最大)
	(垂直母線)	600A (最大)
定格短時間耐電流	50kA 0.5秒 (最大)	

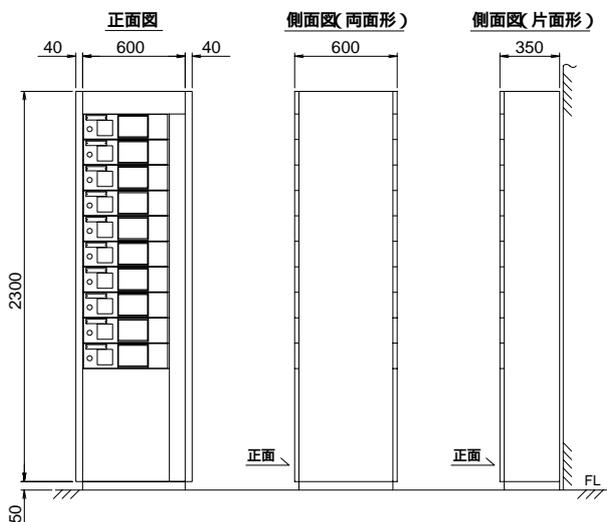


図5 コントロールセンタ外形図

## 4. 専用コントローラ

### 4.1 特長

以下にインテリジェントコントロールセンタシステムを構成する専用コントローラ (NPC、NPT) の特長について述べる。

#### 4.1.1 省配線・省スペース化の実現

ネットワーク機能を有しており、コントロールセンタ、現場操作盤、及び上位PLC間の制御・状態信号の伝送化により省配線を実現した。

また、従来補助継電器盤にて実現していた単独運転シーケンス処理を専用コントローラ内で実現し、更にソフトウェアシーケンス処理機能を持たせることで従来PLC盤にて実現していた連動制御シーケンス処理を行なうことも可能とした。これにより補助継電器盤およびPLC盤が省略可能となり省スペース化を実現した。(図6)

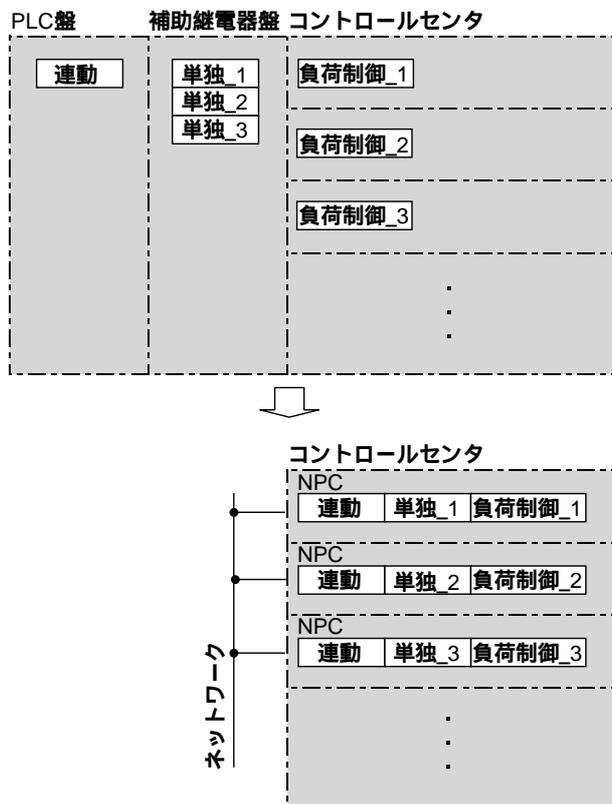


図6 従来と今回のシステム機能構成比較

### 4.1.2 維持管理支援機能の実現

コントロールセンタユニットに搭載する専用コントローラ (NPC) は、対象負荷の保護・計測・制御及び表示機能などのほか、対象負荷の運転履歴および故障履歴情報を累積する機能があり、累積した情報は保守支援ツール上に表示することで保守性の向上・故障の未然防止に役立てることを可能とした。

### 4.1.3 高信頼性の実現

専用コントローラはネットワーク機能を有しており、システム上の全専用コントローラが相互接続することでシステム上の全I/Oデータをリアルタイムに共有する。

また、この共有データを入力データとし、自由にプログラミングが可能なソフトウェアシーケンス処理機能を有しており、各々の専用コントローラが独立した演算を行いながらシステムとして連動した動作を実現した。これにより一部の専用コントローラに異常が発生しても異常部分だけを切り離れた連動動作が可能となり、システムとしての信頼性向上を実現した。

### 4.1.4 メンテナンス性向上の実現

有寿命部品の採用に際しては長寿命品を選定し、専用コントローラの平均周囲温度<sup>40</sup>の条件下で10

年間メンテナンスフリーとした。また、当該有寿命部品は全て交換可能な構造とし、これらを交換することにより期待寿命20年を実現した。

また、専用コントローラは設定データおよび履歴データを全て外部メモリ（microSD<sup>(注2)</sup>カード）に保持しており、万一の異常発生時など、専用コントローラを交換する場合であってもこの外部メモリにより全てのデータを継承することが可能である。これによりシステムの早期復旧を実現した。

4.2 仕様

4.2.1 機能一覧

NPCの機能一覧を表2に、NPTの機能一覧を表3に示す。

表2 NPC機能一覧

I/O	相電流入力、零相電流入力 DI専用10点 DO専用6点、汎用1点	
負荷始動方式	非可逆、可逆、Y-open、Y-close、リアクトル、コンドルファ、電源送り	
保護	過負荷、過負荷ブリアラーム、瞬時過電流、欠相、地絡、地絡ブリアラーム、不足電流アラーム 外部故障（3点）	
コントローラ間接続	方式	100BASE-TX
	ノード数	NPC：最大50ノード (システム最大64ノード)
ソフトウェアシーケンス	プログラミング言語：IEC61131-3準拠 (5言語対応)	
維持管理	累積	簡易電力、積算電力量 最大地絡電流 累積運転時間 任意運転時間 MC投入回数 (MC1~4個別積算) MCCBトリップ回数
	保護	過負荷トリップ値/回数 過負荷ブリアラーム動作値/回数 瞬時過電流トリップ値/回数 地絡トリップ値/回数 地絡ブリアラーム動作値/回数 欠相トリップ値/回数 不足電流動作値/回数
	計測	負荷電流トレンド 地絡電流トレンド
	波形	負荷動作時 運用中毎正時 保護発生時
	履歴	負荷動作履歴 負荷故障履歴 操作履歴
その他	瞬低再始動機能	

表3 NPT機能一覧

I/O	DI専用1点、汎用32点 DO専用2点、汎用31点 AO汎用2量	
コントローラ間接続	方式	100BASE-TX
	ノード数	NPT：最大50ノード (システム最大64ノード)
ソフトウェアシーケンス	プログラミング言語：IEC61131-3準拠 (5言語対応)	

4.2.2 操作パネル

専用コントローラのパネル外観を図7に示す。

保守支援ツール 装置ステータス表示  
接続ポート (シーケンス動作、システム通信状態、装置異常)

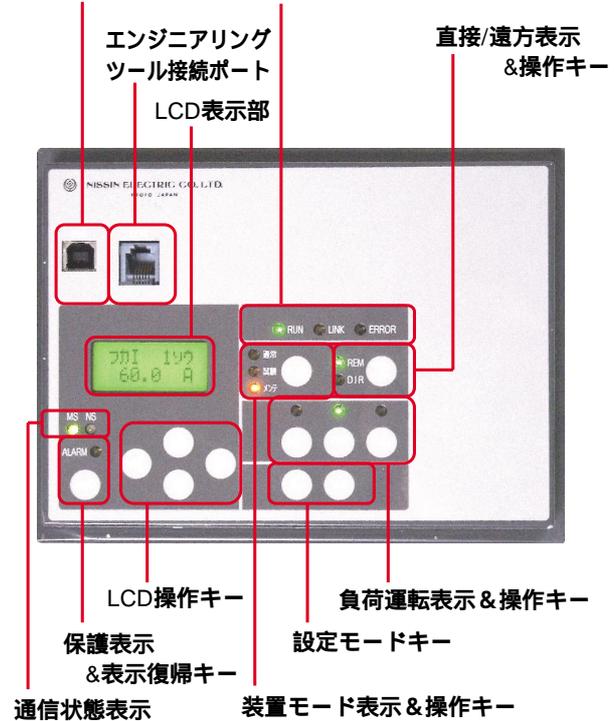


図7 パネル外観

4.3 ネットワーク

(1) 専用コントローラは伝送路にEtherNet/IP<sup>(注3)</sup>をベースとした産業用Ethernetを採用しており、リアルタイム通信と高速・大容量通信の両方を可能としている。EtherNet/IPはネットワーク管理団体ODVAが推進する通信方式であり、ControlNet<sup>(注4)</sup> DeviceNet<sup>(注5)</sup>でも使用されるCIP<sup>(注6)</sup> (Common Industrial Protocol) を使用する。CIPは物理層やデータリンク層に依存しないピア・ツー・ピアのプロトコルである。

(2) リアルタイム性が要求される制御系データ(I/Oデータ)通信には自ノードをオリジネータ、対向ノードをターゲットとしてCIPコネクションを生成し、ターゲットがI/Oデータをサイクリックにマルチ

キャスト通信するImplicit通信の仕組みを使用する。本システムではネットワーク上の各専用コントローラが相互にCIPコネクションを生成して通信を行うことにより、システム上の全I/Oデータの共有を行う。また、このサイクリック通信は他のメッセージ通信より優先的に処理されることでリアルタイム性を確保する。(図8)

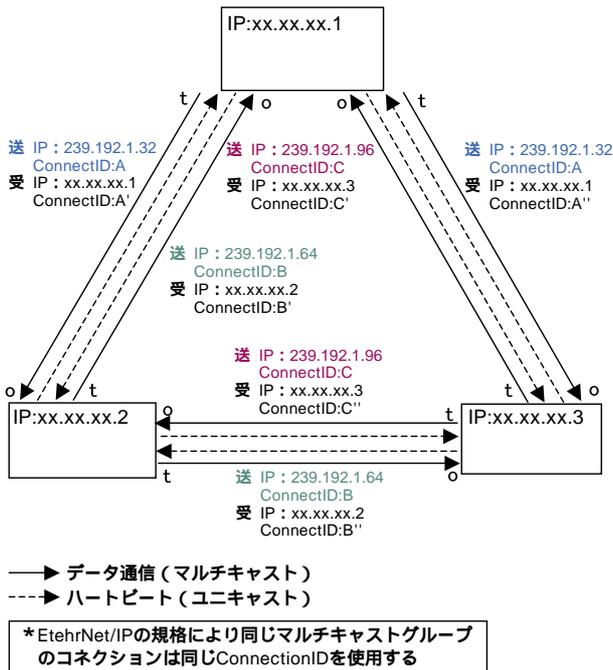


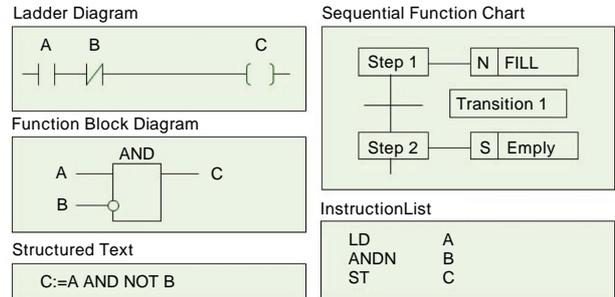
図8 コネクションIDと通信方式

(3) 優先度の低い情報系データ (保全データなど) 伝送やCIPコネクション確立処理は必要に応じて行われるExplicitメッセージ通信の仕組みにより実施される。本システムではExplicit Messagingコネクションを確立しない非コネクション型のExplicit通信を使用する。

(4) ネットワーク機器にはEtherNet/IPに対応した汎用のスイッチングHUBを使用する。伝送路の信頼性が特に要求されるシステムにおいては、マネージドタイプHUBのRSTP (Rapid Spanning Tree Protocol) 機能による冗長化を行う。

#### 4.4 ソフトウェアシーケンス処理

プログラミング言語は国際規格IEC61131-3に準拠した5言語に対応している。用途に応じて最適な言語が選択可能であり、設計の標準化、効率化を図ることが可能である。(図9)



- LD 言語 : Ladder Diagram  
リレーシーケンス
- FBD 言語 : Function Block Diagram  
機能ブロック図 (PID制御など)
- SFC 言語 : Sequential Function Chart  
動作フロー記述 ... スケジュール対応
- ST 言語 : Structured Text  
高級言語対応 (BASICなど)
- IL 言語 : Instruction List  
低級言語対応 (アセンブラなど)

図9 5言語 (LD/FBD/SFC/ST/IL)

#### 4.5 タイミング同期機能

(1) 各専用コントローラはネットワーク接続時もしくは定周期で時刻マスタ検索のためのUDP通信を行い、時刻マスタになり得るノードの検索を行う。また、各専用コントローラは時刻マスタとなるノードの優先順位を定義した「時刻マスタ優先テーブル」を保持しており、検索データと優先順位から最適な時刻マスタを選択してNTP (Network Time Protocol) 通信による時刻同期を行う。

(2) 各専用コントローラの内部処理は時刻同期の仕組みにより処理タイミングの同期が取られ、これによりシステム上の全専用コントローラは同期した処理を行なうことが可能となる。システム上の全専用コントローラが同一のタイミングで「通信」や「シーケンス処理」を行うことでリアルタイム制御を実現する。システムタイミングのチャートを図10に示す。

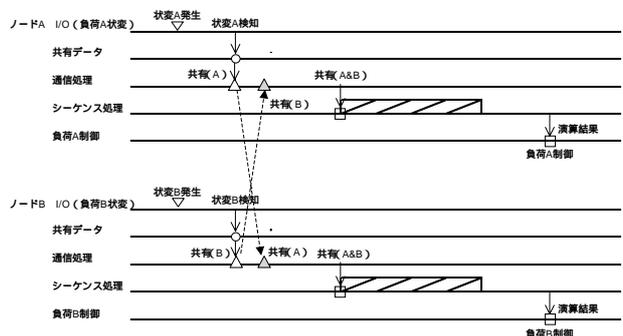


図10 システムタイミングチャート

#### 4.6 保守支援ツール

(1) 専用コントローラ (NPC) 内に保持している保全データを保守支援ツールで読み出すことが可能であり、事故発生時の原因解析や現場設備の予防保全に役立てることができる。

以下に主な機能、図11に表示例を示す。

##### <主な機能>

- ・計測や保護の設定データを一括で確認/編集
- ・専用コントローラ (NPC) 内部に保持した負荷電流や地絡電流のトレンドデータのグラフ表示
- ・専用コントローラ (NPC) 内部に保持した負荷投入時や保護発生時の電流波形データのグラフ表示
- ・ネットワーク経由による全専用コントローラの設定値操作や内部保持データの取得
- ・ネットワーク経由によるシーケンスプログラムの転送

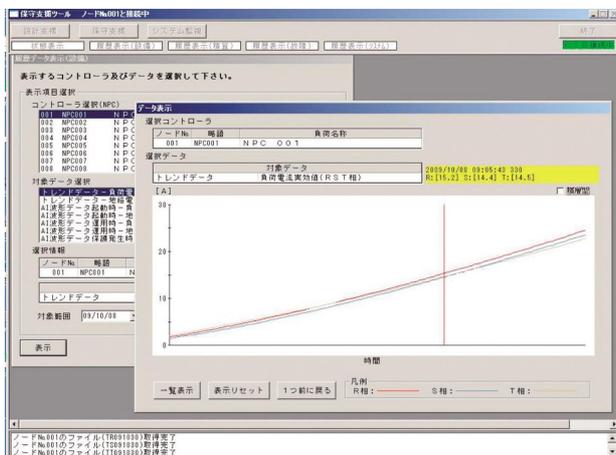


図11 保守支援ツールの表示例

(2) 専用コントローラ (NPC) は実際の設備を動作させずに連動動作を確認できる模擬試験機能を有している。また、保守支援ツールは専用コントローラ内の監視データを強制的に任意の値にセットする機能を有している。これらにより現場調整時に設備とは切り離れたシステム動作の試験が可能となり、現場作業の効率化を図ることが可能である。

#### 5. あとがき

以上、分散ネットワークシステムに対応した上下水道施設向けのインテリジェントコントロールセンタシステムについて紹介させていただいた。

先に述べたとおり、本システムは、

- (1) 省スペース・省配線による建設コスト削減
- (2) 分散制御による高い信頼性
- (3) 充実した維持管理支援機能
- (4) 環境配慮

などの特長を有しており、新規機場は無論のこと更新機場への適用により更新工事の期間短縮や更新コスト削減に大いに寄与できるものと期待している。

今後は本システムの基本技術を応用し、更なる『人と環境に優しいシステム製品』を開発して行く所存である。

- (注1) Ethernet は Xerox Corporation の商標です。
- (注2) microSD は SD アソシエーションの商標です。
- (注3) EtherNet/IP は ControlNet International, Ltd.の商標です。
- (注4) ControlNet は ControlNet International, Ltd.の登録商標です。
- (注5) DeviceNet は ODVA (Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)の商標です。
- (注6) CIP は ODVA (Open DeviceNet Vendor Association, Inc.)の商標です。

執筆者紹介



竹原輝巳 Terumi Takehara  
環境事業本部  
ソリューションシステム事業部  
システム企画開発部



福留瑞樹 Mizuki Fukudome  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
システム装置部 環境設計グループ



高見岳史 Takeshi Takami  
環境事業本部  
ソリューションシステム事業部  
システム企画開発部 主任



粕谷幸太郎 Kotaro Kasuya  
環境事業本部  
プラント事業部  
システム技術部 西部技術1グループ長



一井 勉 Tsutomu Ichii  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
デザインセンター 主任



山田洋治 Yoji Yamada  
環境事業本部  
ソリューションシステム事業部  
システム企画開発部 グループ長



西田 直 Sunao Nishida  
産業・電力システム事業本部  
システム機器事業部  
システム装置部長



吉宗篤夫 Atsuo Yoshimune  
環境事業本部  
事業企画部 主査



吉井茂樹 Shigeki Yoshii  
環境事業本部  
プラント事業部  
技師長