

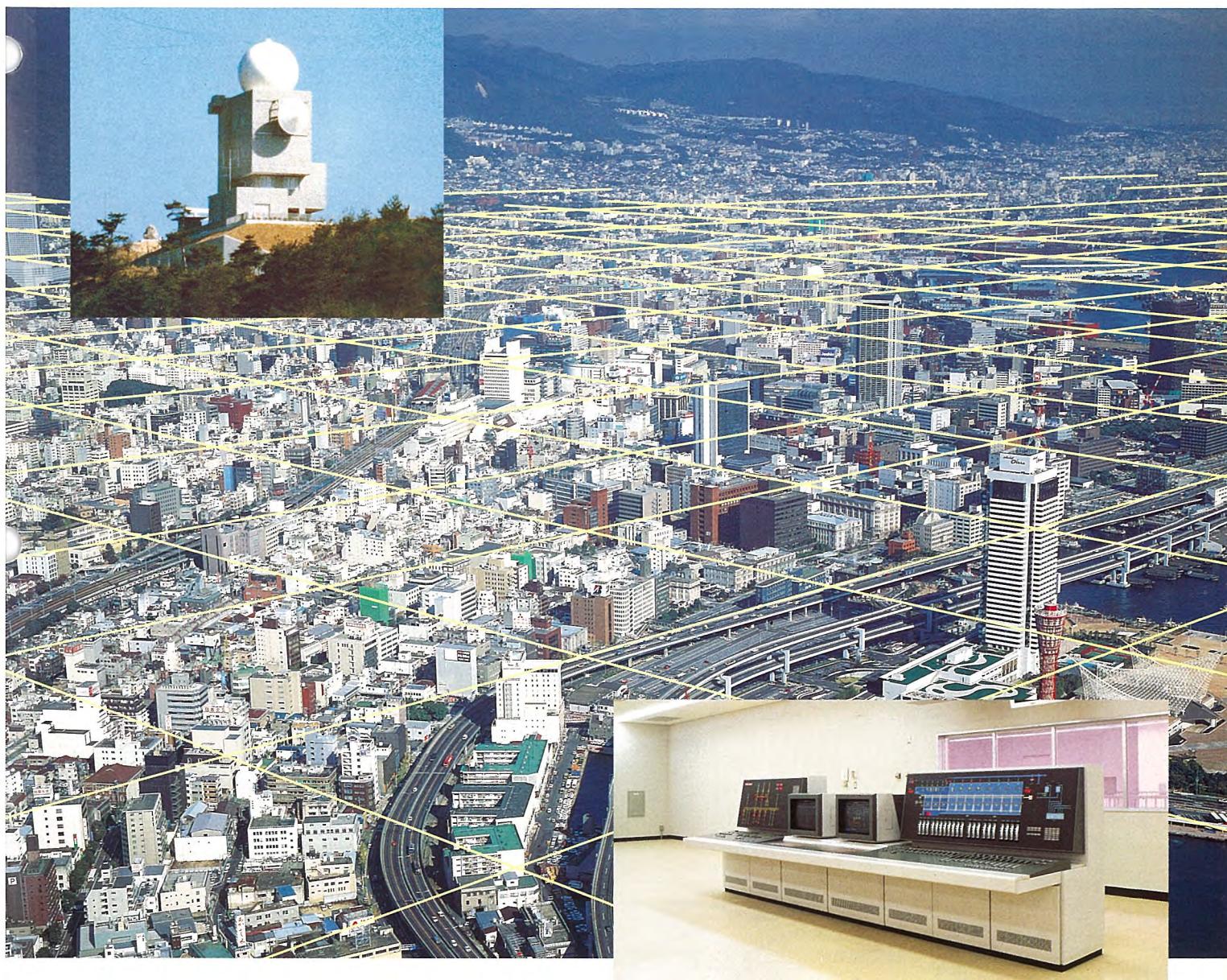
MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.66 No.8

8
1992

上下水道システム技術特集



上下水道システム技術特集

目 次

特集論文

地球環境時代における水処理技術	1
平岡正勝	
上下水道システムにおける最近の技術動向	2
盛口全太・寺沢昭夫・田中久雄	
上水道総合管理システム	6
長田俊二・後藤隆久・田中隆行	
下水道総合管理システム	11
鷲岡正浩・松田春紀・濱口能任・木下貢一	
上下水道の監視制御システムと計装機器	17
古屋鍵司・森 俊吾・成原弘修・畠辺 健・佐野光俊	
上下水道における情報伝送システム	24
吉原秀樹・中島弘善・前永敏郎	
レーダ降雨情報システム	31
井上省三・浜津享助・今井靖泰	
上下水道システムへのAI応用	36
築山 誠・泉井良夫・中村泰明・前田和男・野々山めぐみ	
上下水道における設備情報管理システム	41
若月秀樹・石崎 貴・森 研一・米本孝二	
オゾン高度処理の設備計画と技術動向	45
久川義隆・納庄貞宏・江崎徳光・田村哲也・池田 彰	
農業水利施設総合管理システム	51
花田吉男・長尾健史・橋本秀樹・島原幸邦・北原貞守	

普通論文

三菱高速光LAN "MELNET R100" システム技術	56
多々良浩司・佐藤浩之・馬場義昌・森木嘉宏・板垣寛二	
ISDNネットワーク接続サポート	62
黒畑幸雄・吉尾智聰・吉崎正幸・浜田 敬	
カラービデオプリンタ CP-11	66
小池 清・中川邦彦・渡部一喜・加納公生・梶野一樹	
VTRの可動ヘッド用小型アクチュエータ	70
中津公秀・古石喜郎・金川裕志・岡田克巳	
高速・高精度換気シミュレータ	75
野沢栄治・池島 薫・古藤 悟	
ファクシミリ用サーマルヘッド F, Q シリーズの量産技術	80
臼井義博・浦崎貴実・上崎勝人・會田一男・依田博樹	

特許と新案

オゾナイザの制御方式、水処理における凝集剤注入制御装置	87
ウェーハ水洗乾燥器	88

スポットライト

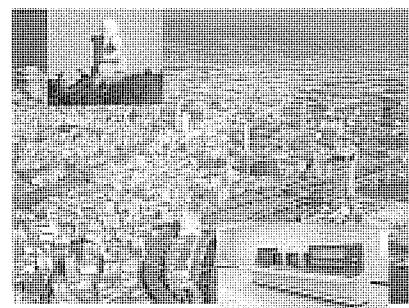
気中変電所故障点標定システム	84
特別高圧用C-GIS(キュービカル形ガス絶縁開閉装置)GX-20V	85
超小形シーケンサ FX ₀ シリーズ	86
総合計装制御システム計装用変換器	89
上水ポンプ場向け広域監視映像伝送システム 〔大阪府水道改良事業 監視制御設備改良工事(IVT)〕	90
パイプ内面形状センサ	(表3)

表紙

レーダ降雨情報システム

近年の都市化の進展により、下水道に流入する雨水は、短期間で急激に増加するとともに、雨水量も増大している。このため都市型水害の発生を防ぐために、大都市を中心に雨水調整池、管渠、ポンプ場など浸水対策施設の整備が進んでいるが、これらを効率的に運用するために、レーダ降雨情報システムを利用した広域的な雨水管理が注目されている。

写真は、レーダ雨量計とポンプ場の中央監視室で、レーダ降雨情報システムによる雨水流入量予測を利用して雨水管理システムをイメージしたものである。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”[SI第2段階(換算値方式)を基本]を使用しています。ただし、保安上、安全上等の理由で、従来単位を使用している場合があります。

アブストラクト

上下水道システムにおける最近の技術動向

盛口全太・寺沢昭夫・田中久雄

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 2~5

上下水道は、公共投資の重点投資対象となっており、21世紀に向けて長期整備計画が発表されている。上水道は高度処理など質的向上、下水道は普及率拡大とともに処理機能・維持管理の向上を掲げ、新たな課題もある。一方、計算機・情報処理技術の進歩は著しく、ネットワーク技術と機器の性能向上、AI応用技術、イメージ処理技術の充実などにより、高度・高性能な管理システムが構築できる。ここでは、上下水道の課題と電気計装システム技術を展望する。

上水道総合管理システム

長田俊二・後藤隆久・田中隆行

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 6~10

上水道事業は、“高水準な水道”を目指して整備が進められている。そのため、総合的な管理が必要である。従来は、監視・制御レベルにとどまっていたが、これを階層構造とした上水道総合管理システムを構築した。

本稿では、監視・制御レベルの浄水場監視・制御、広域水運用管理のシステム構成と機能、そして計画・管理レベルの設備管理・設計支援について紹介する。

下水道総合管理システム

嶋岡正浩・松田春紀・濱口能任・木下貢一

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 11~16

下水道事業は、大都市における“質の向上”と、中小市町村における“量の拡大”を基本的視点として進められている。

大都市では都市の高度化に対応して、下水道の付加価値化が求められており、光ネットワークによる広域運用システムを紹介する。

一方、中小市町村では普及率の向上を推進する方策として、維持管理支援機能を組み込んだ小規模処理場の群管理システムを紹介する。

上下水道の監視制御システムと計装機器

古屋鍵司・森 俊吾・成原弘修・畠辺 健・佐野光俊

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 17~23

上下水道プラント向け総合計装制御システム“MACTUS”は、大・中・小規模システムのそれぞれに応じた各種監視制御装置によって構成されている。これらのシステム構成と主要機器について説明するとともに、新たに開発してシリーズ化した三菱計装機器類について紹介する。今回シリーズ化した計装機器は、フィールドネットワーク化を可能としており、上位監視装置における現場機器の情報の統合化が実現できる。

上下水道における情報伝送システム

吉原秀樹・中島弘善・前永敏郎

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 24~30

上下水道事業では、1960年代からプラント制御用として、情報伝送システムが導入されてきた。近年、それは計算機や情報通信ネットワークの発展により、高度情報システムへ変遷しつつある。高度情報システムは、総合水運用管理・施設管理・事務管理の三つのサブシステムから構成される。システムのかなめとなる情報伝送システムの主要コンポーネントとして、広域情報伝送装置“MELFLEXシリーズ” やリング形 LAN “MELNETシリーズ”がある。

レーダ降雨情報システム

井上省三・浜津享助・今井靖泰

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 31~35

近年、都市化の進展によって雨水が急激に雨水ポンプ場へ流入し、浸水に至るいわゆる都市型水害が発生している。この対策のために観測範囲は限定されるが、きめ細かい観測が可能な狭域レーダ雨量計が注目されている。レーダ降雨情報システムは狭域レーダ雨量計を中心として、降雨の現況観測、移動予測及び雨水流入量予測を行い、河川水位、地上雨量計データ及び雨水ポンプ施設の情報等を総合して提供し、浸水対策施設の効率的な運用を支援する。

上下水道システムへのAI応用

築山 誠・泉井良夫・中村泰明・前田和男・野々山めぐみ

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 36~40

上下水道システムにおける計画・制御・管理・教育・訓練の各分野でのAI応用技術の現状と将来について述べた。特にエキスパートを中心とする最近の適用事例を説明するとともに、今後の新展開を期待される事例データベース、ニューラルネット、Memory-Based Learningなど幾つかの新しい試みも紹介する。また、伝統的なシステム制御技術に加えてAIやマルチメディア技術など各技術が調和のとれた形で統合化された知能情報処理の将来像も示す。

上下水道における設備情報管理システム

若月秀樹・石崎 貴・森 研一・米本孝二

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 41~44

上下水道分野の施設・設備における維持管理業務で取り扱われる台帳・図面類の保管・運用管理について、入力の手間、データ管理の面からみてイメージ処理を強化したEWSを利用して設備情報管理システムを開発した。地図などの背景をイメージデータで、配管や管きょ(渠)などの施設をベクトルデータの形で構築した維持管理の効率化・高度化を目指したシステムである。

オゾン高度処理の設備計画と技術動向

久川義隆・納庄貞宏・江崎徳光・田村哲也・池田 彰

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 45~50

上下水の水質改善に対する要求は強いが、オゾンは臭気・トリハロメタン生成能・色度・殺菌などの改善効果がある。ここでは、オゾンによる水質改善効果と活性炭処理・紫外線処理との比較を行うとともに、オゾン処理設備設計に当たって検討が必要なオゾナイザ・反応装置・排オゾン処理・計装制御・使用材質の注意事項などを紹介する。また、上下水道へのオゾン処理適用例を配置図・フロー図・写真などによって紹介する。

農業水利施設総合管理システム

花田吉男・長尾健史・橋本秀樹・島原幸邦・北原貞守

三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 51~55

広大な河川流域に点在する水利用施設のデータを収集し、運用の最適値を算出することにより、水利施設間の水の融通を図り地域全体の有効な水利用を行うことを目的としたシステム(総合管理システム)を全国に先駆けて近畿農政局に納入した。

本稿では、このシステムを導入するに当たってのシステム構築の考え方と、システムを構成している機器の特徴・特殊性を紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 31~35 (1992)

An Urban Rainfall Information System Using Small Radar Rain Gauges

by Shozo Inoue, Kyosuke Hamazu & Yasuhiro Imai

Sprawling urban developments have led to more frequent incidents of "urban flooding" where runoff overwhelms the capacity of storm-sewage pumping stations. Several promising solutions to this problem rely on precise radar rain gauges that measure rainfall over limited areas. Radar rain gauge information systems monitor current precipitation levels and provide advanced warning of local precipitation movements. The systems also provide comprehensive information services covering river levels, rainfall statistics and storm-sewage pump station status to facilitate effective use of storm-sewage systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 36~40 (1992)

Applications of Artificial Intelligence in Water and Sewage Treatment Plants

by Makoto Tsukiyama, Yoshio Izui, Yasuaki Nakamura, Kazuo Maeda & Megumi Nonoyama

The article surveys the current status and future trends in the use of artificial intelligence technology for operations planning, control, management, and personnel education and training for water and sewage treatment plants. It also introduces examples of recent expert systems applications in these fields and surveys experimental studies for future systems utilizing such techniques as example databases, neural networks and memory-based learning. A future vision of this technology is suggested, in which traditional system control technology is harmoniously integrated with artificial intelligence and multimedia technologies.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 41~44 (1992)

An Information System for Water and Sewage Treatment Facilities

by Hideki Wakatsuki, Takashi Ishizaki, Ken'ichi Mori & Koji Yonemoto

The corporation has developed workstation-based information system for water and sewage treatment facilities that archives ledgers and drawings used for facility and equipment support and management. It also features improved image-processing capabilities that reduce data-input requirements and simplify data management. The system, which aims to raise the efficiency and sophistication of upkeep and management operations, treats maps and similar background information as image data, and treats facility attributes such as water and sewage piping as vector information.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 45~50 (1992)

Facility Design and Recent Technology for Advanced Water Treatment Using Ozone

by Yoshitaka Kugawa, Sadahiro Noshio, Norimitsu Esaki, Tetsuya Tamura & Akira Ikeda

There is strong demand for an effective method of improving purification systems for tap water and sewage treatment. Ozone treatment can reduce odor, color and THM formation, and has effective bactericidal properties. The article describes water quality improvements achieved using ozone treatment, and compares them with the results of activated charcoal and UV irradiation methods. It also discusses key system design issues including ozone generators and contactors, removal of residual ozone, ozone-resistant materials, and instrumentation and control equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 51~55 (1992)

A Comprehensive Water Resources Management System

by Yoshio Hanada, Takeshi Nagao, Hideki Hashimoto, Hidekuni Shimabara & Sadamori Kitahara

The corporation has delivered Japan's first water resources management system to the Kinki Agricultural Administration Bureau. The system collects data from numerous water-supply facilities located on the region's watercourses to promote effective water utilization. The article introduces the rationale behind the system configuration, and the features and special characteristics of the system's component equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 2~5 (1992)

Recent Technologies for Water and Sewage Treatment

by Zenta Moriguchi, Akio Terasawa & Hisao Tanaka

Water supply and sewage treatment utilities have become a high priority for public investment in view of the announcement of long-range plans for these services that extend into the next century. Key issues include quality improvements, expansion of service areas, more sophisticated treatment options, and better facility upkeep and management. Computer and information-processing technologies have advanced dramatically. Improvements in network technology, computer performance, AI application technology, and image-processing technology make it possible to configure advanced, high-performance management systems. The article examines issues in water-supply and sewage-treatment technology, and developments in electronic instrumentation system technologies.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 6~10 (1992)

A Total Management System for Waterworks

by Shunji Osada, Takahisa Goto & Takayuki Tanaka

Water utilities are investing in comprehensive facility management systems to improve the quality of water supplies. The corporation has developed a comprehensive management system that provides an additional level of control over the simple monitoring and control capabilities of previous implementations. The article introduces a monitoring and control application for a water purification plant, the configuration and functions of a wide-area, water-distribution management system, and, on the planning and management level, a facility management and design support system.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 11~16 (1992)

A Supervisory and Control System for Sewage Treatment Plants

by Masahiro Shimaoka, Haruki Matsuda, Yoshitaka Hamaguchi & Koichi Kinoshita

The sewage treatment industry has progressed in improving the quality of services to metropolitan centers and increasing the geographical coverage of services to smaller cities, towns and villages. The article introduces a wide-area control system based on an optical-fiber network that helps meet demand for valued-added sewage treatment services created by the advance of urban technologies in metropolitan areas. It also introduces a collective management system for many small-scale sewage treatment plants with operational support functions intended to assist smaller cities, towns and villages in increasing the scope of their services.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 17~23 (1992)

Distributed Control System and Instrumentation for Water and Sewage Treatment Plants

by Kenji Furuya, Shungo Mori, Hironobu Narihara, Ken Hatake & Mitsutoshi Sano

MACTUS, a comprehensive instrumentation and control system for water and sewage treatment plants, includes various monitoring and control components suitable for configuring systems for large-, medium-, or small-capacity facilities. The article describes the main system configurations and equipment, and introduces a new line of instrumentation equipment recently developed by Mitsubishi Electric. This new equipment supports field networking, enabling high-level monitoring equipment to acquire and process information from on-site equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 66, No. 8, pp. 24~30 (1992)

Information and Data Transmission Systems for Water and Sewage Treatment Facilities

by Hideki Yoshihara, Hiroyoshi Nakajima & Toshiro Maenaga

Communications systems installed over the last 30 years to support plant control in water and sewage treatment facilities are being upgraded to more advanced computer and network based technologies. High-level information systems typically consist of subsystems for comprehensive water transport management, facility management and administrative support. Mitsubishi Electric supplies two main networking products for these applications: MELFLEX Series wide-area network equipment, and MELNET Series ring-topology LAN equipment.

アブストラクト

三菱高速光 LAN “MELNET R100”システム技術
多々良浩司・佐藤浩之・馬場義昌・森木嘉宏・板垣寛二
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 56~61

LAN システムの大規模化と複雑化を解決するために，“MELNET R 100”では以下の最新 LAN 技術を実現した。

- (1) ハイブリッド技術 (FDDI-II)：パケット／回線交換の共存
- (2) トークンリング技術：最新ソース ルーティング技術に対応
- (3) ルータ技術：多ポート IP ルータ、SNMP 等を実現
- (4) 高速 LAN 間接続技術：遠隔地 LAN の相互接続

広範で柔軟なネットワークシステムを提供できるようになった。

ISDN ネットワーク接続サポート

黒畠幸雄・吉尾智誓・吉崎正幸・浜田 敬
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 62~65

当社のネットワークアーキテクチャ MNA-III で、ISDN 接続をどのようにとらえ、各機種がどのような機能で製品化しているかを述べる。また、ホストコンピュータの EX シリーズ、パソコン端末である MAXY シリーズを例に、ISDN 直結接続製品の開発方針、システム導入例を紹介する。トピックスとして、(財)テレコム高度利用推進センターが推奨する ISDN 通信方式 (テレコム推進財團推奨版 API) に準拠した製品開発についても触れる。

カラービデオプリンタ CP-11

小池 清・中川邦彦・渡部一喜・加納公生・梶野一樹
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 66~69

A6 サイズの高機能・高画質・薄形の昇華形熱転写プリンタを開発した。本機は新開発の 1 チップ LSI とフレームメモリだけで画像の記憶、モニターへの表示、画像処理ができ、さらにディジタル画像処理技術の採用によって高画質を実現した。熱転写メカニズムにはキャプスタンローラ駆動ストレートバス紙搬送スイング方式を採用し、業界一の薄形化を達成した。標準紙のほかに、官製はがきにもプリントが可能で、画面サイズも業界最大である。

VTR の可動ヘッド用小型アクチュエータ
中津公秀・古石喜郎・金川裕志・岡田克巳
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 70~74

VTR の DTF システムに用いる可動ヘッド用小型アクチュエータを開発した。このアクチュエータは、民生用 VTR の電磁駆動アクチュエータとしては世界最小寸法 (外径 10mm × 高さ 10mm) で、電流感度 1.6mm/A、可動範囲 ±0.1mm を達成した。さらに、速度フィードバック制御を適用して振動特性を改善し、トラックピッチ 6 μm で、60Hz のトラック曲がりに追随可能となり、デジタル VTR 等の高密度磁気記録 VTR に有用である。

高速・高精度換気シミュレータ

野沢栄治・池島 薫・古藤 悟
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 75~79

居住空間の高断熱・高気密化に伴い、換気の重要性がクローズアップされている。効率的な換気システムを構築するためには、室内における汚染物質の分布変化が換気システムの性能により、どのように変化するのかを明らかにする必要がある。そこで、これまでには詳細に検討することが困難であった汚染物質の分布変化を、コンピュータ上で高速・高精度に解析できる換気シミュレータを開発した。ここでは、このシミュレータの概要と適用事例を紹介する。

ファクシミリ用サーマルヘッド F, Q シリーズの量産技術

臼井義博・浦崎貴実・上崎勝人・會田一男・依田博樹
三菱電機技報 Vol. 66・No. 8・P 80~83

ファクシミリは正確な生きた情報を短時間のうちに伝達できるという優れた特長が情報化時代のニーズにマッチし、OA の花形として急速に普及し、ホームファックス時代を迎えるとしている。当社サーマルヘッドも、そのキーデバイスとして小型化・省エネ化・低価格化と技術開発を進めてきたが、さらに高画質・高性能・高信頼性を達成した F, Q シリーズを製品化した。この実現のための量産設計及び、開発導入した製造プロセス、量産技術について述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 70~74 (1992)

A Small Actuator for the Moving Head of VCRs

by Kimihide Nakatsu, Yoshiro Furuishi, Yuji Kanagawa & Katsumi Okada

A small actuator has been developed for the moving heads of dynamic track-following VCR system. With a 10mm diameter and 10mm length, the actuator is the world's smallest electromagnetic actuator for consumer VCRs. A velocity feedback loop makes it possible to achieve a wide control bandwidth capable of tracing a 60Hz bending track curvature at a 6 μ m track pitch. This performance makes the actuator suitable for VCRs intended for use in digital storage applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 56~61 (1992)

Advanced System Technologies of the MELNET R100 FDDI LAN

by Hiroshi Tatara, Hiroyuki Sato, Yoshimasa Baba, Yoshihiro Moriki & Hirotugu Itagaki

The MELNET R100 employs several new technologies that address the complexity issues of large local area networks. It has FDDI-II technology that supports both packet- and circuit-based communications. The token ring uses the latest source routing algorithms. The multiport IP routers are suitable for SNMP-based network management. A high-speed bus line is employed for connecting isolated LANs. With these advances, the corporation can deliver large, flexible network systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 75~79 (1992)

A High-Speed and Highly Accurate Ventilation Simulator

by Eiji Nozawa, Kaoru Ikejima & Satoru Koto

Careful ventilation design is required for today's well-sealed and well-insulated dwellings. The authors have developed a computer simulation system that rapidly and precisely analyzes the effects of ventilation systems on the distribution of room atmospheric pollutants. The article introduces this system and its applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 62~65 (1992)

Computer Network Support for ISDN

by Yukio Kurohata, Tomochika Yoshio, Masayuki Yoshizaki & Takashi Hamada

The article describes the policies for ISDN and the implementation of ISDN support under the corporation's network architecture: Multishared Network Architecture-phase III. It covers product development policies for supporting ISDN connectivity, introducing installed systems employing EX Series computers as hosts and MAXY Series personal computers as terminals. The article also introduces products developed for compatibility with the ISDN communication standards FRAPI-A, established by the Foundation for Promotion of Telecommunication Services.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 80~83 (1992)

Mass-Production Technology for Thermal Print Heads Used in Facsimiles

by Yoshihiro Usui, Takami Urasaki, Katsuhito Jozaki, Kazuo Aita & Hiroki Yoda

The corporation has developed F and Q series thermal print heads capable of being mass-produced for facsimiles. The heads feature excellent image quality, and high performance and reliability alongside the advantages of small size, energy-efficient design and low price. The article describes the design of the heads for mass production, mass-production technology and newly introduced production processes. Thermal heads are a key component in facsimile equipment, where major sales growth is expected to accompany increasing business and consumer purchases.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 66, No. 8, pp. 66~69 (1992)

The CP-11 Color Video Printer

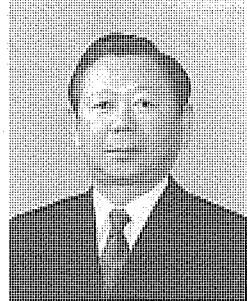
by Kiyoshi Koike, Kunihiko Nakagawa, Kazuyoshi Watabu, Kimio Kano & Itsuki Kajino

The corporation has developed an A6-size sublimation-dye-transfer color video printer with advanced functions and outstanding image quality. The printer uses a single custom LSI and frame memory to implement image storage, image display and digital image processing. By using digital image processing technology, we have substantially raised picture quality. The printer features the most compact implementation of a swing-type, capstan roller-driven straight path paper transport mechanism. The printer records images on the recommended recording paper as well as standard post cards. The printable area is the largest in the industry.

卷頭言

地球環境時代における水処理技術

京都大学 工学部
衛生工学教室
教授 平岡 正勝



近代工業が盛んになった約150年ばかりの間に、人類は資源を地球規模で移動させるようになり、大量の資源・エネルギーを消費するようになった。人間の産業活動および生産活動における大量の資源・エネルギーの消費の結果、大量の様々な排出物、廃棄物が地球環境へ放出され、これらの量は地球の環境容量を超えて、環境汚染による被害が地球規模で広がってきたことが認識されるようになり、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、海洋汚染、有害物質の越境移動、野生生物の減少、熱帯林の減少、砂漠化、開発途上国の公害問題等が主な地球環境問題として取り上げられ、その対策が論じられ、この6月にはブラジルで地球サミットが開かれた。

私達を取りまく水環境も、汚濁による悪臭や景観の阻害、飲料水の異臭味、海水浴に適する浜辺の減少、また、トリクロロエチレン等有機塩素化合物による地下水の汚染等の悪化がみられる。海、湖沼から捕れる魚介類からいまだにPCBが検出され、さらに、ダイオキシン類も世界中の母乳から検出されるなど、微量でありながら極めて有毒な物質の汚染が地球規模で広がっていることが明らかにされつつある。

筆者はかねてから、人間の経済活動の場である人工的な生態系と私達を取りまく自然生態系の適正なバランスを保つためには、人間の体で言えば、生産部門に相当する動脈に対し、処理、リサイクルを行う社会静脈系の確立が必要であることを訴えてきた。したがって、技術の開発も、①環境サイクルの保全、②リサイクルの推進、③生産プロセスのクローズド化に貢献することを中心に行い、従来の技術体系もこのような観点から見直していく必要があることを強調している。従来の公害対策の手段として開発されて

きた水処理技術もこのような観点から見直していく必要があろう。

厚生省は「ふれっしゅ水道」10か年計画を発表して、幾つかのテーマを目標に掲げている。また、建設省は、長期構想に基づいた第7次5か年計画により、下水道の整備を行っていくことを発表している。

すなわち、①きれいな水辺の回復、②安全で、おいしい水、③浸水性のない安全な街づくり、④下水道普及率の向上、⑤高度処理技術の推進、⑥処理水のリサイクル、熱エネルギーの有効利用、⑦広域的管理体制の整備等が課題となる。さらに、地球規模的な広がりが懸念される微量有害物質の制御・管理技術の開発も重要な課題である。

最近のエレクトロニクスの発達に伴うコンピュータ、通信、情報技術の発達は、上下水道の管理を含めて、降雨、水源、水供給、ポンプステーション、処理および処理水のリサイクルを含めた広域的な総合的な水環境の管理・制御システムの構築を可能にしようとしている。

筆者は、長年、処理技術の開発と制御技術の開発を行ってきたが、ようやく計測、制御、自動化を組み込んだ処理装置、システムの開発が可能になってきたと感じている。ソフトがいかに進歩しても、ハードが追従しなければ、技術は生きてこない。従来は設計技術者が制御性を考慮しないで設計した装置、システムに、制御技術者がソフトを附加するといったことが行われてきた。また、ソフトを開発する技術者もハードの技術者にわかるようなオープンなシステムの開発が必要であろう。この様な融合が行われることによって、初めて総合的な水環境管理・制御システムの構築が可能になると思われる。

上下水道システムにおける最近の技術動向

盛口全太*
寺沢昭夫*
田中久雄*

1. まえがき

近年の我が国の経済は、貿易摩擦の激化という環境の中で、内需拡大型の経済構造への転換が国際的に要請されている。経済企画庁は、日米構造問題協議会に基づき、公共投資基本計画を策定し、平成3年度から10年間に430兆円に上る公共投資を行おうとしている。このなかで、上下水道は快適な生活環境を確保する上で不可欠な社会資本の一つであり、重点投資の対象となっている。

上水道は、平成元年度末の普及率94.4%と高普及時代を迎える、いつでも、どこでも安全でおいしい水が供給できることを基本的な考え方として、災害に強い水道、広域的な水道整備、高度上水施設の整備など21世紀に向けて水道の質的向上を図った高度な水道システムの実現を目指されている。

下水道は、平成2年度末の処理人口普及率が44%と依然として欧米先進国に比べて低く、整備が急がれる生活関連基盤の一つである。中小市町村への普及拡大が第一課題であるが、浸水対策、水質保全など下水道本来の役割強化と高普及率となっている大都市を中心に維持管理の充実、魅力ある都市づくりの立場からの下水道の多目的利用など質的な向上を目指されている。

一方、上下水道の制御・管理に関するシステム技術は、計算機技術、特にマイクロプロセッサの急速な進歩と安価で高機能なワープロセッショナルの出現と、情報通信ネットワークの高度化、情報処理・管理技術の向上、AI応用の制御・運転支援技術の充実など進歩が著しい。また、オゾン高度処理技術が確立されるとともに、バイオテクノロジー、ロボット技術など新しい技術の上下水道への適用が試みられている。

ここでは、上下水道の最近の市場動向と課題について概説し、電気・計装分野でのシステム技術動向を展望する。

2. 上下水道の市場動向

2.1 上水道

今後の上水道整備については、21世紀に向けた長期目標である“ふれっしゅ水道計画”に具体的な施策が示されており、広域的な配慮のもとに、地域全体として調和のある水道の実現を目指してい

る。上水道の主な課題と対応するシステム技術を表1に示す。

ライフラインの確保では、老朽施設の更新、基幹施設の耐震化などとともに、緊急時における給配水の相互融通、配水運用の広域運用管理の充実が重要となり、また水源の水質汚濁が進行している浄水場では、安全で異臭味のない水の供給を実現するため、オゾン処理などの高度処理設備の導入が推進される。

維持管理の効率化は、従来から積極的に推進されているが、今後は、監視制御・運転支援システムと設備保全、台帳管理などの設備情報管理システム、さらに事務処理・窓口業務のOA化などの事務管理システムとを密に結合し、水道事業に関するすべての情報を一元管理する統合情報管理システムにより、効率的な事業運営の実現が図られていくであろう。

2.2 下水道

下水道の中長期整備目標と今後の課題・重点施策については、第7次下水道整備計画、都市計画中央審議会答申に示されている。整備目標を表2に、主な課題と対応するシステム技術を表3に示す。

中小市町村への普及には、回分式活性汚泥法やオキシデーションディイッチ法などの建設費が安価で維持管理の容易な処

表1. 上水道の主要な課題と対応技術

課題	対応技術
すべての国民が利用可能な水道 ・農村漁村部における普及拡大	・簡易水道供給技術
安定性の高い水道 ・広域的な水道整備 ・老朽施設の更新、基幹施設の耐震化 ・災害時等の緊急時拠点給水 ・水道水源の確保	・広域水運用・配水システム、広域ネットワーク技術 ・施設リノベーション計画技術 ・渴水、断水等の緊急時配水支援システム ・信頼性の高い情報・制御システム技術
安全な水道 ・安全で異臭味のないおいしい水の供給	・上水のオゾン高度処理技術 ・配管網水質監視・制御技術 ・AI応用薬品注入率制御
給水サービスの向上 ・直結給水対象の拡大 ・受水槽による水質悪化防止	・漏水検知システム
効率的な維持管理、健全な事業運営 ・施設・設備情報の効率的管理 ・設備・システムの効率化 ・故障診断・予防保全の確立 ・業務の効率化 ・住民サービスの向上	・高度情報ネットワーク技術 ・設備情報管理システム ・省資源・省エネルギー技術 ・AI応用設備診断技術 ・AI応用運転支援システム ・教育・研修システム ・業務のEOA化 ・統合情報管理システム

表2. 下水道の整備目標(栗原秀人⁽¹⁾による。)

	第7次五ヶ年計画(平成7年度)	西暦2000年(平成12年度)	21世紀のなるべく早い時期
普及の拡大 (処理人口普及率)	55%	70%程度	9割程度
水質の保全 (高度処理)	閉鎖性水域等について 計画的、重点的に実施	水質保全上重要な 水域に係るものを実施	ほぼすべてについて実施
浸水対策	市街地において少なくとも5年に 1回程度の大雨水に対応	5年に1回程度の大雨水に、特に人 口等の集中地区は10年に1回程度 の大雨水に対応	少なくとも10年に1回程度の大雨水 による浸水区域を解消

表3. 下水道の主要な課題と対応技術

課題	対応する電機・制御・管理技術
普及率の拡大(中小市町村への普及)	・小規模処理場の群管理システム ・AI応用維持管理支援システム ・小規模用監視制御システム
浸水対策の推進 ・広域的浸水防止対策の推進	・レーダ降雨情報システム ・管渠網解析による流入量予測技術 ・AI応用雨水ポンプ・雨水滞水池運用技術 ・管渠網シミュレーションにおける雨水・浸水対策 ・施設計画支援技術 ・広域管理・ネットワーク技術
水質保全対策の充実 ・高度処理の実施 ・閉鎖水域・公共水域の水質保全 ・親水空間の創出	・脱窒・脱りんプロセスの運用・制御技術 ・オゾン高度処理技術 ・バイオテクノロジー
老朽化施設の改築推進	・施設リノベーション計画技術
維持管理の充実 ・運転の自動化・無人化 ・情報管理の高度化・システム化 ・作業のロボット化 ・設備システムの効率化	・高度情報制御システム、広域管理システム ・AI応用運転支援システム ・AI応用設備診断・予防保全技術 ・設備情報管理システム ・処理プロセスの協調運用・統合管理システム ・研修・教育システム ・業務のEOA化
下水道の多目的利用 ・資源・エネルギーの有効利用 ・下水道施設の上部空間利用 ・下水管渠利用の通信網整備	・高度処理水による水の再利用技術 ・下水排熱回収ヒートポンプによる冷暖房システム ・消化ガス発電システム ・光ファイバ通信網による地域情報化システム ・オゾン脱臭技術

理法を採用し、技術者不足への対応として、幾つかの小規模処理場をまとめて集中管理する群管理システムやAI応用の維持管理支援システムの検討が行われている。

浸水対策として、雨水ポンプ場、雨水調整池、管きょ(渠)などの整備が進んでいるが、特に大都市では、これらの施設を高度に運用するために、レーダ降雨情報システムの利用による流入量予測の向上や広域的な雨水排水管理が重要となってくる。

水質保全は、閉鎖性水域や水道水源となる河川に対する富栄養化の防止が緊急を要し、窒素、りんなどを経済的に除去する生物処理方法の開発と導入が進められ、また親水空間の創出のための殺菌・脱色手段として、水性生物への影響の少ないオゾン高度処理が注目されている。

大都市では、維持管理の効率化を図るために、運転の自動化、情報管理の高度化、台帳等の維持管理業務のシステム化が推進され、さらに下水道業務に関する情報を一元的に管理する

広域的な統合情報管理システムの実現が今後期待される。また、下水管渠を利用した光通信ネットワークによる地域情報化システムなど快適な社会を形成するために、下水道の資源・施設の多目的利用が推進されていく。

上下水道の運用・管理システムのイメージを図1に示す。

3. 電気・計装技術の動向

上下水道システムの電機分野で使用される技術は、電気・計装・計算機・情報通信にかかわる機種的要素技術を縦軸に、プラントやシステムとしてまとめあげるシステムエンジニアリング技術を横軸として統合化されたシステム技術である。計算機を始めとして、これらの個々の要素技術の進歩は著しく、これらの技術成果をバランス良く融合させ、システム全体としてより信頼性が高く、効率的で使い勝手の良いプラントシステムの構築技術が重要な

なる。

ここでは、監視制御システム、計装機器、運用制御、情報管理及びオゾン高度処理について展望する。

3.1 監視制御システム

上下水道分野の監視制御システムでは、高信頼化と増設・拡張の容易性から負荷的、地域的、機能的分散を図ったシステムがほぼ定着している。特に中央監視設備では、機能水平分散が指向され、危険分散とともに高機能化と経済性が追求されている。また、近年の高齢化、熟練技術者不足、管理の広域化、高度情報化などの環境変化に対応していくために、最近のプラント管理では、単なる監視制御の高度化だけでなく、設備管理や経営管理などの上位の情報管理系との統合化が要望されている。このため、電気制御(E)、計装制御(I)に加えて計算機制御(C)を統合したEIC統合システムが導入され始め、システムの適用範囲・柔軟性を拡大し、より高性能・高機能なトータルシステムへと発展してきている。

情報通信ネットワークは、末端の計装機器から上位の管理用計算機まで密に結合したプラント全体のネットワーク化が推進されている。特に、現場と電気室間は、コントロールセンターの電子化や機械負荷単位の分散制御が可能なユニットシーケンサによる現場盤の電子化、インテリジェントセンサの出現などにより、ネットワーク化が可能となってきている。また、制御用バスは、光通信技術の進歩に伴って、長距離で高速伝送可能な信頼性の高い光伝送が使用され始め、さらに広域管理に対応して遠制システムとの融合、メーカーの異なる機種との情報通信用に汎用ネットワークへの接続が図られてきている。

監視操作は、CRT オペレーションが中心となっており、従来の大型グラフィックパネルは小型化されたミニグラフィックとして併用されることが一般的となっている。CRT のマンマシン技術は、高精細 CRT の採用、マウスやタッチスクリーンによる操作、マルチウインドウによる関連情報の表示など機能向上が顕著である。さらに、EIC 情報を 1 台の CRT で集中的に扱えるシングルウインドウ化が進み、運転操作が効率的に行えるようになっている。

最近では、70~200 インチの大画面表示が可能な高精細ビデオプロジェクトが出現し、複数の運転員が同時に情報を共有できることやプラントの全体表示から部分拡大表示が可能であることから、監視制御システムへの取込みが期待され、音声や動画像などのマルチメディアの実用化とともにマンマシンのイメージが一新されていくと考えられる。さらに、今後の

マンマシン技術は、複雑・高度化する監視制御システムに対応して、大量の情報を整理統合し、人間に分かりやすい形での提示を目指して、グラフや三次元表示の充実、AI技術を応用したインテリジェント化が推進されていくであろう。

エンジニアリング機能は、プロセスモニタの画面、帳票様式や各種定義を行うためのビルダメンテナンス機能、制御プログラム作成機能の充実が図られ、ユーザーでの画面修正やプログラム変更が専門知識を要しないで容易にできる環境の実現が目指されている。

3.2 計裝機器

監視制御システムの急速な発展に呼応して、情報源である計装機器の開発も促進されている。マイクロプロセッサ技術を応用して、センサ・信号変換器・記録計などのインテリジェント化が進み、高精度化・操作性の向上、自己診断機能による高信頼化、通信機能の内蔵による高機能・保守性向上が図られるようになっている。また、信号通信方式は、全ディジタル双方向通信であるフィールドバスの国際標準化作業が現在行われているが、標準規格が決定されると、メーカーの異なる各種センサの接続が可能となり、フィールドのネットワーク化が急速に促進されると考えられる。

新しいセンサ技術として、上水フロック形成や活性汚泥微生物の状態監視に画像計測が試みられており、またアンモニア、BODなどの水質計測に微生物や酵素を利用したバイオセンサの開発が進められ、実用化が期待されている。

3.3 運用制御

上下水分野では、従来、運用制御の高度な自動化は困難であり、熟練運転員の長年の経験と広い知識に基づく判断にゆ

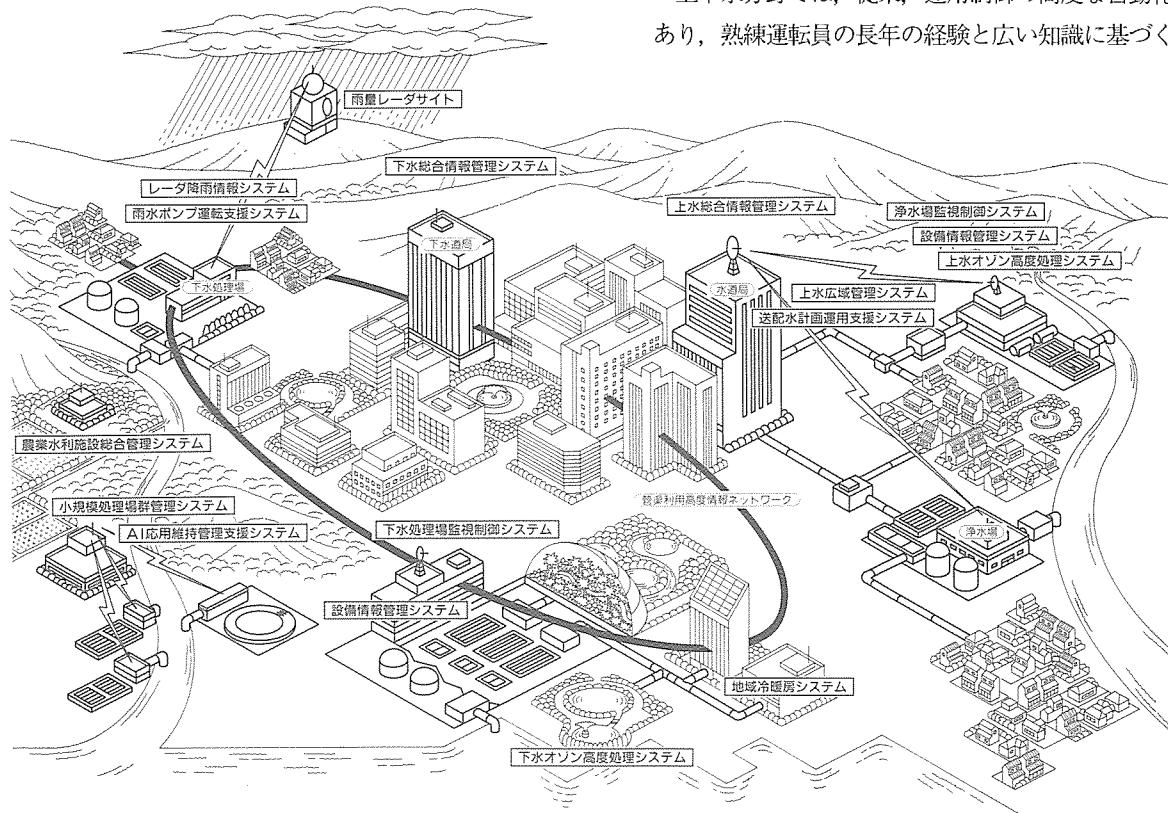


図1. 上下水道の運用・管理システムイメージ

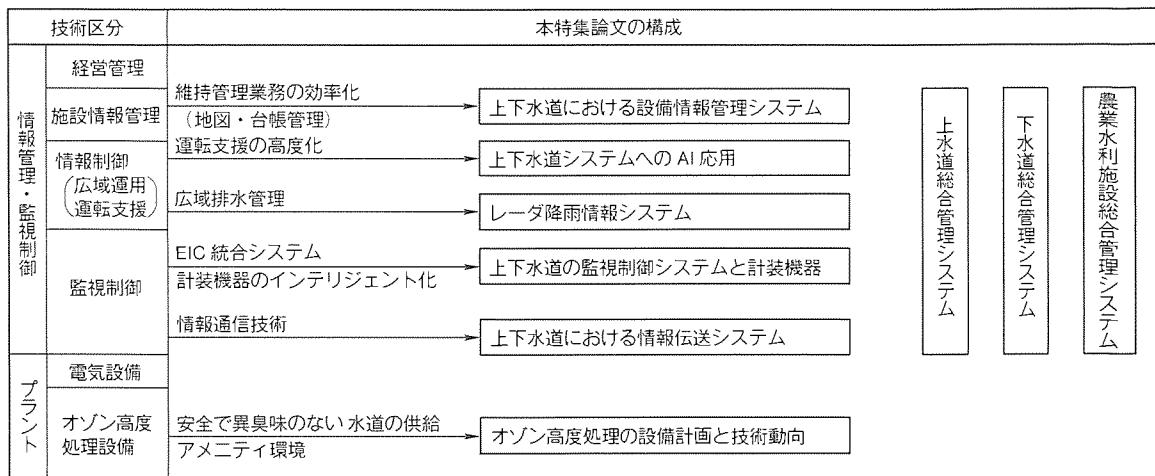


図2. 本特集論文構成イメージ

だねられる場合多かった。この原因としては、①制御対象となるプロセスが生物学的、化学反応的に複雑な系が多く数式モデル化が困難であり、②また物理系であっても配水管網や流入管渠など大規模なネットワーク系であったり、③非線形で無駄時間の長い系などがあるが、これに対して、最近の計算機技術の急速な発展に伴い、大規模な数理解析・シミュレーションやAI応用のエキスパートシステムの運用制御への適用が可能となり、ファジー、ニューラルネットなど新しい制御手法を取り入れられ、従来の制御技術と組み合わせて、運転支援の充実と運転の自動化が推進されてきている。

3.4 情 報 管 理

情報管理システムの中心となるワークステーションは、性能・機能面での向上が著しく、従来のミニコン及び汎用機の一部を取り込みつつある。維持管理業務の効率化として、管路地図、各種図面・台帳管理などの設備情報管理や各種データ解析、水質データ管理及び管網シミュレーションなどの設計支援、さらには窓口事務の支援などが、ワークステーションによるコンピュータシステムに組み込まれてきている。

このなかで設備情報管理は、台帳や地図・図面などのイメージデータに加えて、配管、シンボルなどをベクトルデータで扱い、またこれらの属性データであるコードデータの3種類のデータを一元管理するマルチメディア管理機能の充実が図られ、各データの重ね合せ表示、施設種類に応じた色分け、選別表示やイメージデータとプロセス情報との関連付け処理などマンマシン機能の向上がなされている。

また、場内の設備機器の管理は、プラントの運用との関連が強いことから制御バスとの接続が、また広域管理に対応して、汎用広域通信網との接続などネットワーク機能の拡大が図られてきている。

3.5 オゾン高度処理

オゾン発生装置は、オゾン発生器の改良、高周波インバータ電源の採用などにより、発生効率やオゾン濃度の向上がなされたが、オゾン高度処理の導入が具体化するなかで、

システム全体として、経済性、処理の安定性、容易な維持管理や設置スペースの制約への対応を考えた設備改善と効率的な運転方法の検討が行われてきている。オゾンを効果的に利用するために、シミュレーション解析による高効率オゾン反応槽の設計、排オゾン濃度や処理水質のフィードバックによるオゾン注入率制御とオゾン発生量制御の効率的な制御方式の開発が進んでいる。また、排オゾン処理は、活性炭が主として使用されているが、活性炭併用による触媒分解方式の開発による小型化と維持管理の削減が目指されている。

この特集における各論文構成のイメージマップを図2に示す。

4. む す び

21世紀に向けて、国際化・高齢化・高度情報化など上下水道をとりまく社会的背景は変化しており、安全でおいしい水、快適な水環境の創出、地球規模での環境保全の視点や豊かな都市づくりの一翼を担うことなど従来の枠組みを越えた多面的な役割が上下水道に要求されてくる。これらの要求を果たしていくためには、強力な技術の支援が必要であり、今後とも各分野の加速化する技術進歩の成果を上下水道に取り込んでいかねばならない。

当社では、従来から蓄積してきた電気・計装技術とシステム技術を通して、ニーズにマッチした技術開発を行い、信頼性が高く、使い勝手の良い上下水道システムの構築を行っていくことで上下水道事業に貢献していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 栗原秀人：第7次下水道整備五ヶ年計画（案）の概要，PPM，No.11，22～26（1990）
- (2) 室石泰弘：水道の給配水システムの展望，水道協会誌，60，No.12，2～5（1990）
- (3) 内田眞吾：下水道設備の現状と将来，下水道設備，No.41，8～14（1991）

上水道総合管理システム

長田俊二*
後藤隆久*
田中隆行*

1. まえがき

日本の水道普及率は94%を超え、水量だけでなく、水質・水圧の面、いわゆる質の面についても要求が強くなり、総合的・体系的な整備が進められている。

“高水準な水道”を実現していくためには、個々の施設整備はもとより、総合的な広域水運用管理の充実が必要である。従来、浄水場と配水管理は、独自に運営することが多かったが、これらを統合化した効率的な運営が実施され始めている。また、従来のプラント監視は、フィールドの監視・制御を中心に行ってきたが、今後は設備管理、設計等の計画・管理業務との統合化が課題である。

一方、最近の技術の進歩は目覚ましく、例えば計算機のダウンサイ징、ネットワーク技術の進歩等により、情報管理システムが変革している。

このような状況の中で、上水道総合管理システムの進展が期待される。

2. 上水道総合管理システム

上水道総合管理システムのストラクチャを図1に示す。この構造は階層化されており、レベルを5段階に階層化している。現在は、レベル3・4の広域水運用管理まで実現しており、かなりの効果を上げてきたが、今後は更に上位レベルの計画・管理レベル、経営レベルまでのトータルな水運用管理を実現することにより、経営基盤が強固になるとともに、ユーザーサービスの向上を図ることができる。

このシステムのねらいは次のとおりである。

(1) 取水から送配水までのトータルな管理を実施する

従来、浄水場の監視・制御と配水コントロールは独立して運営されることが多かったが、独立して運営すると取水量、送水量等と需要量に矛盾が生じることがある。これを解消するためには、取水から送配水までをトータルで管理する必要がある。

(2) 情報のネットワーク化及び情報の共用化を図る

従来は、必要な個人が情報収集を行い、パソコン等を利用してデータベース化し、情報を活用してきた。その結果、データが分散され、重複作業が発生する問題や、タイムリーに適切なデータが活用されずに、有用なデータが死滅する等の問題があった。

これらの問題を解決するためには、情報のネットワーク化

と共に化が必ず（須）である。

なお、情報の要求機能は、次のとおりである。

◎情報の可視性：グラフ、絵等ビジュアルに見ることができる。

◎情報の透過性：だれもが、どこの情報でも見ることができる。

◎情報の現実性：計算機を意識せずに情報を入手できる。

(3) 各担当が蓄積したノウハウの共有化を図る

ベテラン、経験者が保有する技術、問題解決策は有用であり、これを活用するために研修教育、OJTが実施されている。しかし、異動等によってノウハウが断絶されることもある。これを防止するため、ベテランのノウハウを共有化するシステムを構築する。また、このことによって業務やマネジメントの変革をもたらせると考える。

(4) ユーザーサービスの向上を目指す

水運用の使命はユーザーサービスの向上である。日常の安定した水供給（量・質）と異常時の迅速でかつ適切な対応が必要である。これに加えて、ユーザーに対するPRも重要な

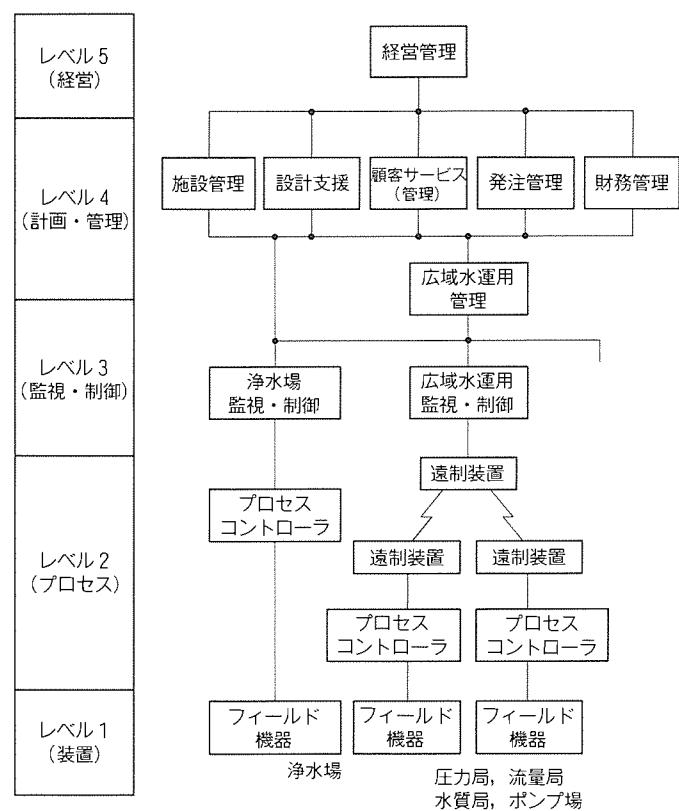


図1. 上水道総合管理ストラクチャ

一項目である。

(5) 快適な職場環境を作る

操作員の監視・操作業務を軽減させるとともに、異常時には異常を迅速に検知し、異常に對して的確な判断材料を提供して問題解決するまでの負担を軽減させる。また、日常の業務改善はボトムアップが必要であり、各レベル、各人が一体感をもって業務遂行ができる環境作りをする。また、快適性を追求し、職場が活性化して創造性がゆう(湧)出する風土(文化)を醸し出す職場環境を作る。

(6) 各部門の協調と分散指向を図る

計算機のダウンサイジングにより、分散指向になってきている。この分散指向によって信頼性の向上、異常時の迅速な対応が可能となる。しかし、単なる分散だけでなくシステム間の協調性も必須である。広域水運用監視・制御と浄水場監視・制御の協調及びこれらと広域水運用管理の協調が必要である。具体的には、広域水運用管理で需要予測をし、これに基づいて浄水場の送水流量、取水流量を決定する。また、効率的な水運用管理や事故時の対応をするため、浄水場間の水融通、配水ブロック間の水融通を実施する。さらに、監視・制御と計画・管理の協調性も加味しなければならない。

上水道総合管理のねらいについて項目を列記したが、このためには、ネットワーク化、データベースの一元管理がポイントになる。

次章から、上水道総合管理ストラクチャの各レベルについ

て説明するが、本稿ではこのうちの顧客サービス、発注管理、財務管理及び経営管理については割愛する。

3. 浄水場監視・制御

3.1 システム構成

浄水場のシステム構成を図2に示す。各設備ごとにプロセ

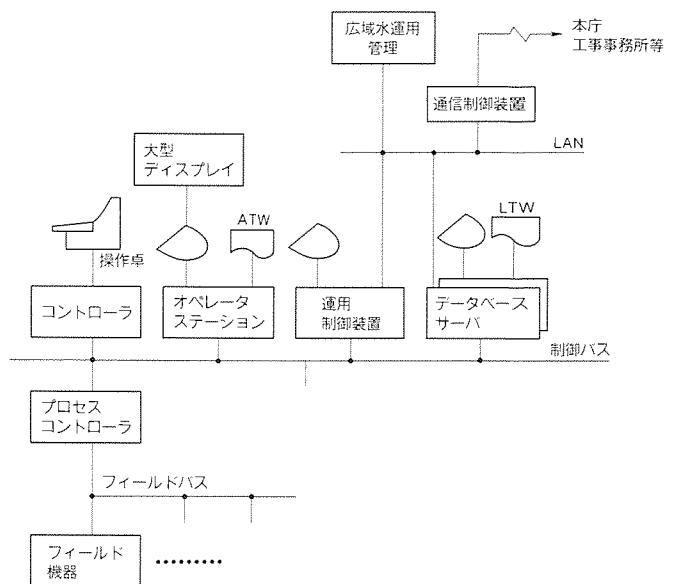


図2. 浄水場のシステム構成

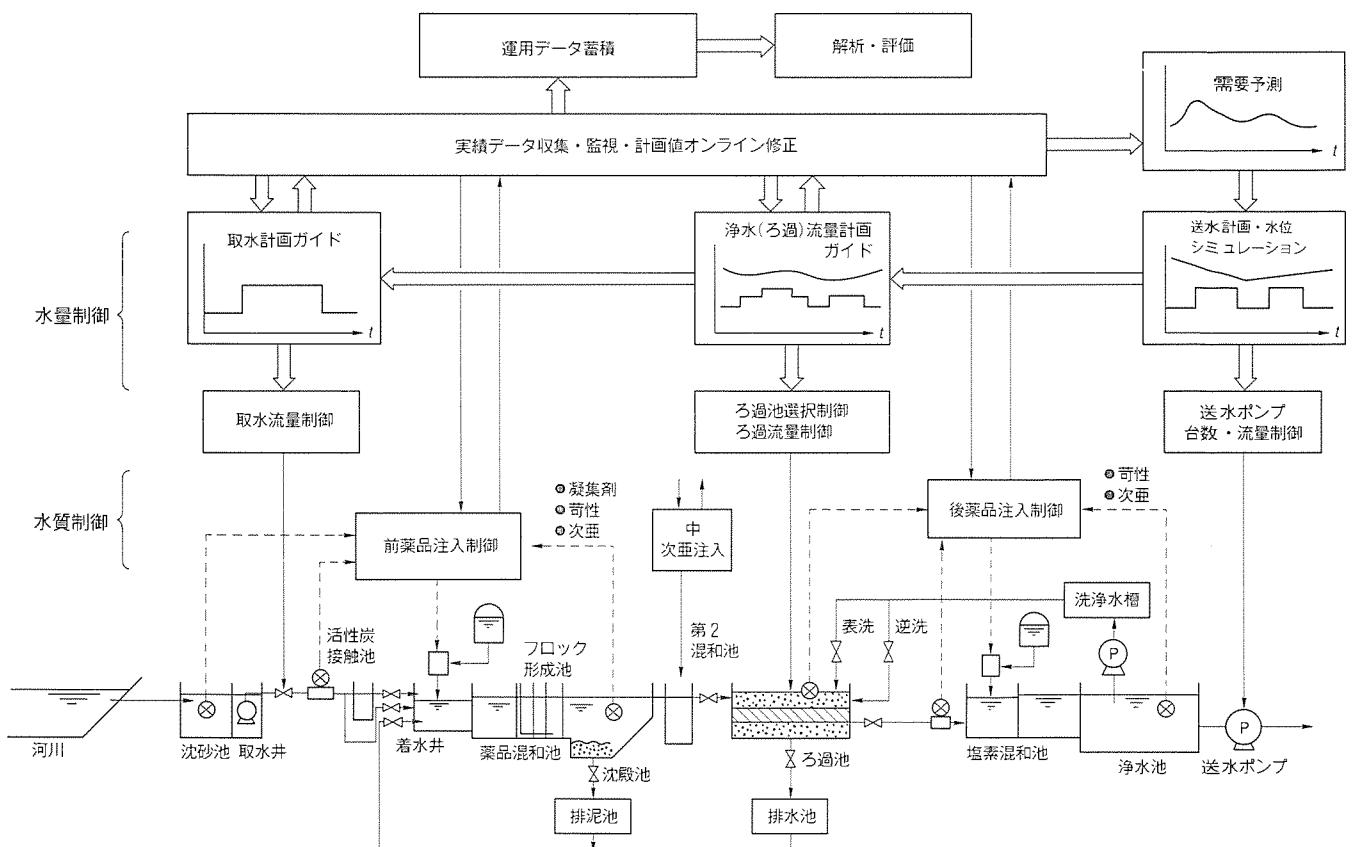


図3. 浄水場運用制御

表1. 浄水場水量制御一覧

計画	制御
需要予測	—
送水計画	配水池運用制御, 送水流量制御, 送水泵台数制御
浄水計画	浄水池運用水位制御, 浄水流量制御
ろ過計画	総ろ過流量制御, 稼働ろ過池数制御, 洗浄制御
沈殿池計画	沈殿池流入流量制御
取水計画	取水流量制御, 取水泵台数制御

表2. 浄水場水質制御一覧

制御水質	薬品	注入場所
濁度	PAC 硫酸バンド	着水井 混合池
pH	苛性ソーダ	着水井 ろ過池出口
残塩	次亜塩	着水井(前次亜) 第2混合池(中次亜) ろ過池出口(後次亜)
—	活性炭	活性炭接触池

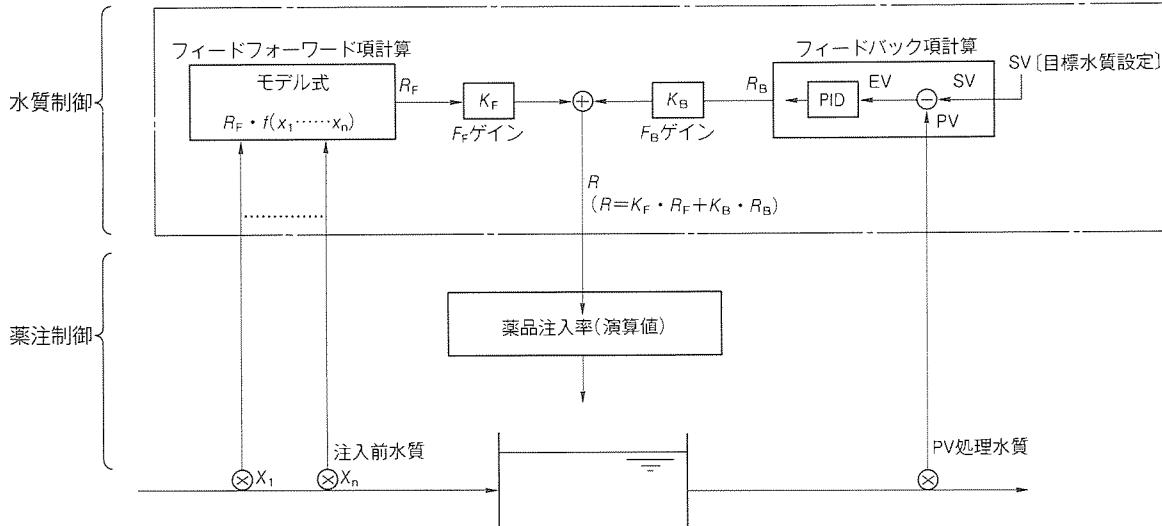


図4. 薬品注入率の演算フロー

スコントローラを設置し、危険分散化を図る。場合によっては、コントローラの二重化を採用する。プロセスコントローラとフィールド機器の間には、フィールドバスを布設し、フィールド周りの増設、変更時にも、新たなケーブルを布設せずに対応できるようにする。上位系としては、浄水場全体の監視、操作を行うオペレータステーション、データを収集し、ロギング機能を実現するデータベースサーバを設置する。また、このデータベースサーバでは、長期間のデータ保存を行い、かつデータの一元管理を行う。プロセスコントローラではできない運用制御、例えば需要予測、エキスパート制御等が必要なときには、運用制御装置を設置する。なお、運用制御装置での制御結果とガイダンスについては、オペレータステーションでもその内容が見えるようシングルウインドウ化を実現している。

他の浄水場との協調、広域水運用監視・制御(通称 配コン)と協調をとるために、統轄する広域水運用管理装置を設置する。また、本庁・工事事務所・営業所・他レベルとの接続にLANを布設している。

3.2 浄水場制御

浄水場の制御を図3に示す。浄水場の制御は、水量制御と水質制御に大別される。水量制御一覧を表1に示す。水質制御一覧を表2に示す。本稿では、水量制御の1アイテムであ

る需要予測と水質制御について述べる。

(1) 需要予測

過去の実績値を保存し、パターン検索により、需要量を予測する。1日の日需要量及び時刻パターンを天候、曜日、最高気温ごとに分類し、実績値を保存する。このデータから条件に合ったパターンをパターン検索で見つけ、時間ごとの需要量を予測する。

需要予測の手法としては、このほかにGMDHやカルマンフィルタを利用した手法がある。最近は、クラスタリングによる蓄積データの検索、Memory Based Learningによる検索、学習機能をもったニューラルネットが開発されている。

(2) 水質制御

浄水場の水質制御として、凝集剤・か(苛)性ソーダ・次亜塩・活性炭の制御がある。制御の基本フローはいずれも同一であり、フィードフォワード項と水質の制御量によるフィードバック項による制御になっている。この制御フローにより、遅れのあるプロセスへの対応、及び外乱に強い制御を実現している。制御(注入率)の基本フローを図4に示す。

近年は、ファジー制御、エキスパートによる運転支援が開発されている。降雨時における初期降雨時の原水水質悪化の対応として、熟練者のノウハウが実現できるエキスパートシステムが有効である。

4. 広域水運用管理

4.1 システム構成

広域水運用管理のシステム構成を図5に示す。図に示すように各情報、フィールド機器が散在しているので遠方監視制御装置が設置されるだけで、浄水場のシステム構成と同様である。図5では、広域水運用制御装置と配コン運用制御装置を各々設置している。広域水運用制御装置では、全体の需要予測を行い、浄水場間の水融通を実施する。また、下位の配

コン運用制御は、ブロック間の水融通等を実行するが、これら二つの装置を1種類の装置にすることも可能である。

4.2 機能

広域水運用管理の計画、支援等の機能を表3に示す。広域水運用管理で全体の需要予測を行う。この需要予測により、各浄水場からの送水流量を決定する。通常は各浄水場の効率を考慮して送水量を決定するが、取水制限、浄水場の異常等の送水制限が発生したときには、浄水場間の水融通を行う。なお、この場合には、意思決定が必要なのでガイダンスを表示する。

管網シミュレーションは、オンラインとオフラインに分ける。オンラインシミュレーションは、全体の圧力分布、流量分布を把握するためのものである。一方、オフラインシミュレーションは、水融通を実行する際、バルブ調整をする前に圧力・流量のシミュレーションを行い、事前に確認するためのものである。また、増設時の設備計画にも使用できる。

従来、管網シミュレーションは工業用計算機で実行し、結果が出るまでかなりの時間がかかっていたが、高速演算マシンの登場で処理時間の短縮が可能となった。

断水工事、洗管時には、管網のルートを変更する必要がある。また、管路の破損事故、火災時の急激な水量確保には、断水を防止するために管路ルートの変更が必要である。そのための運転支援をエキスパートによってガイダンスさせる。

なお、エキスパートシステムでは、熟練者のノウハウをいかにして整理し、蓄積していくかがポイントになる。

5. 設備管理・設計支援

設備管理は、機器故障時の迅速な対応のための故障診断、定期(予防)保全、事後保全のための生産保全、設備のデータベースになる設備台帳、管路台帳がある。また、これら装置を利用して設計を行う設計支援がある。

(1) 故障診断

機器が故障したとき、その原因の推定や修理に相当の時間を要する。この現状を改善するために故障診断装置を設置する。あらかじめ入力されている知識とプロセス情報とで推論し、原因の推定を行う。さらに、故障時のトラブルシューティングが表示される。また、修理機器の設置場所、修理部位と修理方法の解説がイメージ情報として表示することができる。なお、ユーザーが故障診断の知識を作成できる知識エディタを用意している。

(2) 生産保全

表3. 広域水運用管理の機能

項目	備考
広域水運用管理	全需要予測 広域の全需要量の予測
配コン運用制御	浄水場水融通ガイダンス 通常時の送水計画 異常時の水融通
配水池計画	配水池水位の運用計画
ブロック間水融通ガイダンス	通常時の流量配分計画 異常時の水融通
管網シミュレーション	オンラインシミュレーション オフラインシミュレーション
事故時対応支援	断水工事の対応、洗管時の対応 管路破損事故、火災発生時の対応
圧力制御	末端圧力を保持する制御

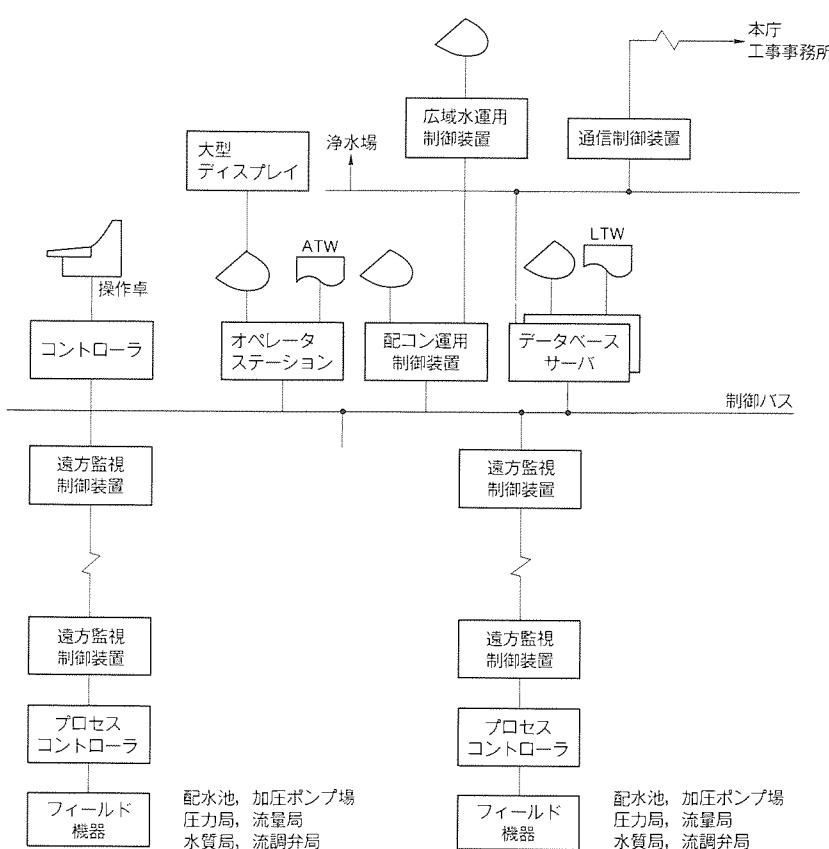


図5. 広域水運用管理のシステム構成

表4. 生産保全の機能

生産保全1(統轄)	生産保全2(機場ごと)
保全作業計画指針	予防保全計画
保全技術管理	予防保全実績
保全項目基準	故障統計・解析
故障診断技術	故障履歴
設備診断技術	故障種別
保全教育管理	原因種別
資材(予備品)管理	装置別
予算管理	故障診断・事後保全
保全予防設計データ作成	設備診断

高い信頼性、保全性、精度の確保のために生産保全が必要である。生産保全には、保全予防・定期保全・改良保全・事後保全・品質保全がある。これらの保全は、全機場を統轄する保全と機場ごとで実施する保全に分類される。“生産保全1”は、全機場を統轄する生産保全であり、“生産保全2”は、機場で実施する生産保全である。生産保全の機能を表4に示す。

生産保全1(統轄)では、全機場に横通しの作業計画指針を作成し、生産保全2(機場ごと)に指示する。各機場では、その機場に合った保全計画を立案して実行する。

保全項目、故障診断技術—診断方法の確立—、予知保全の一貫としての設備診断技術—例えば、中間事象から原因・影響・結果を定性的に解析するオペラビリティスタディ等の手法の確立—等の技術管理は生産保全1(統轄)で実施し、これを各機場ごとに展開していく。

新設設備の設計や改造・増設設備の設計には、既存設備の保全情報を反映させる必要がある。これをMP設計(Maintenance Prevention Design)と呼ぶが、生産保全1(統轄)では、このMP設計のためのデータも作成する。

(3) 設備台帳、管路台帳

設備には、各種機器・装置が多数あるが、保全及び設計に必要な情報が数多くある。そのため、これら機器の台帳、図面類をファイル化した設計台帳が必要である。

管網データについても、管長・管径・流速係数等多くのデータがある。また、管路整備は逐次行われているので、データの更新が常に必要である。管網シミュレーションの精度は、管網データの整備状況によって左右される。そのため、管網

表5. 設計支援の機能

機器積算・工事積算
工事計画
標準化
CAD, CAE
図面検索
管網シミュレーション
MP設計
稼働状況の把握
故障履歴の把握
保全実績の把握

シミュレーションと管路台帳の接続が必要である。

(4) 設計支援

設計支援の機能を表5に示す。設計段階で重要なのは、既存設備の稼働状況の把握、問題点の把握、保全情報の把握であり、これら情報を踏まえた設計により、信頼性、保全性、操作性、作業性、安全性及び経済性の高いシステムを構築することがポイントである。このため、現地での情報の収集が容易であること、及び標準化の推進が必要である。

6. むすび

上水道総合管理について、システム構成及び機能を中心に述べた。情報化社会の中で、給水サービスの向上及び経営基盤の強化の観点から上水道総合管理は進展されると考える。

今後は、データベース技術、ネットワーク技術の更なる発展が必要である。また、エキスパート等の新技術が導入されてきているが、その対応としてナリッジエンジニアの育成が急務である。

今後とも上水道総合管理を構築すべく、一層努力する所存である。

参考文献

- (1) 石田寿典：構築の手順とツール、システム制御情報チュートリアル講座'91、システム科学の基礎と応用—CIM構築の技法と事例—テキスト、システム制御情報学会編
- (2) 大野信一：自立分散型製造環境の実現、システム制御情報チュートリアル講座'91、システム科学の基礎と応用—CIM構築の技法と事例—テキスト、システム制御情報学会編
- (3) 大島榮次 監修：設備診断予知保全 実用事典、1巻／マネジメント・要素技術、フジ・テクノシステム／NTS、38～91 (1988)

下水道総合管理システム

嶋岡正浩* 木下貢一*
松田春紀*
濱口能任*

1. まえがき

平成2年度末の我が国の下水道普及率(処理人口普及率)は、全国平均で44%と欧米先進諸国に比べてまだ低い状況にある。また、大都市での下水道普及率が、例えば人口100万人以上の都市では、90%と相当高水準になっているのに対し、人口5万人未満の中小市町村では9%と国内で著しく格差があることも問題であろう。

このため、平成3年度からスタートした“第7次下水道整備五ヶ年計画”では、平成7年度末の普及率を約55%に引き上げることを目標に、大都市対策と中小市町村対策の二極対応を基本的視点として進められている。

高普及率の大都市では、“質の向上”を重視した政策がとられるとともに、高度情報都市づくりの担い手としての新しい下水道事業が展開されようとしている。

一方、中小市町村では、“量の拡大”が急務であり、中小下水道の維持管理に適応したシステムづくりが必要とされる。

ここでは、こういった二極対応を視点に据えた下水道のシステム技術を中心に紹介する。

2. 大都市における下水道システム

大都市の下水道では、より清らかな水環境の創造や浸水安全度の向上など、質の向上とともに施設の多目的活用が必要となってきている。これは、都市の高度化、多機能化が急速に促進されるのに呼応して、下水道の本来の役割をなんら阻害することなく、下水道のもつている素材を多目的に活用して、付加価値を高めていくことにほかならない。

その中でも、下水道事業のより効率的な運営を図るため、下水管きょ(渠)を利用した光ファイバ広域運用システムが注目を浴びている。

2.1 下水管渠を利用した通信網

情報通信網として、下水管渠を使用する利点は、次に示すとおりである。

- (1) 今後の街づくりでは、景観という側面が重視され、都市の電線地中化は必ず(須)のものとされる。
- (2) 地下にあるため、風水害・雷・地震等の影響を受けにくく、信頼性が高い。
- (3) 下水管渠は大都市内では、網の目のように縦横に敷設されており、安価かつ迅速に通信網が構築できる。

2.2 下水道事業における広域運用の導入効果

下水道事業の効率的な運営を図るためにには、運転管理の高質化と安全性、信頼性の向上及び日常業務にかかわる情報の一元化が必要不可欠である。そこで、広域運用の導入効果を以下に示す。

(1) 情報管理の一元化

下水道では、プラント施設、管理事務所など多面として広く散在しているため、情報も分散している。これを一元化することによって、重複又は類似する業務が削減され、業務の効率化が図れる。

(2) 情報伝達の高速化

広範囲な情報が速やかに入手できるため、業務処理の迅速化が図れる。

(3) 運用の高度化

高度なコントロールを必要とする各施設間にまたがる総合運用が可能となる。例えば、降雨情報・流入量情報・ポンプ運転状況等を広域的にとらえることによって、総合的な雨水排除システムが構築される。

(4) 管理の統合化

情報管理の一元化によって、膨大な数にのぼる施設や設備の維持管理と的確な経営判断を行うため、データの収集・加工・保存・解析業務を統合化することができる。

2.3 下水道における広域運用の現状

下水道における情報処理システムの分類と具体的な業務内容を各々、表1及び図1に示す。

(1) 運転管理領域(Plant Automation: PA)

同一施設内では、電子制御装置群とそれらをリンクする制御用LANで、監視制御システムが構成され、既に実用化されている。一方、広域運用では、遠方監視制御装置による結合がほとんどであるが、最近、処理場とポンプ場を下水管渠内の光ファイバで接続するシステムが実用化している。

(2) 事務・経営管理領域(OA)

処理プラント内におけるパソコン、ワープロ等の汎用OA機器の導入と管理組織内における事務管理システムの導入が順次進んでいるが、広域運用にはほとんど至っていない。

(3) エンジニアリング領域(EOA)

設備情報管理等の名称で検討が進められており、一部では具体的な適用実施が行われ始めている。

広域運用にはほとんど至っていないがEOA情報処理は、PAとOAを有機的に結合させ、トータル的なインテリジェント化を実現させるキーテクノロジーとして位置付けられる。

2.4 下水道広域運用システム

広域運用システムの具備すべき条件とシステム構成を以下に述べる。

2.4.1 広域運用システムの具備すべき条件

下水道の広域運用システムを構築するに当たっては、異なるメーカーによって作られた各施設のシステムを結合する必要があること、及び下水道事業の業務内容に合致した機能が必要となることを十分考慮する必要がある。

(1) ネットワークのオープン化

異なる機種又はシステム間の接続が必要であり、通信形態も密な結合であることが求められる。したがって、ネットワークは、標準的に規格化された通信規約に準拠する必要がある。

ある。

(2) 24時間連続稼働

都市機能のライフラインとして、連続運転に耐える高信頼性が必要である。

(3) オンライン・リアルタイム処理

一般の事務管理(OA)専用の処理と異なり、監視・制御運用などPAの要素を多く含んだシステム構築となる。したがって、オンライン・リアルタイム性が必要である。

(4) PAとOAの混在

各処理施設のプロセスデータが、収集・加工・集計・保存されるに従い、事務経営の基礎データにまで変化する。このため、PAとOAが混在するばかりでなく、相互に密接に関連するハイブリッドなシステムを構築する必要がある。

2.4.2 広域運用システム構成

下水道広域運用システムの構成例を図2に示す。このシステムの特徴と概要を以下に示す。

(1) ネットワークは、管渠内に敷設された光ファイバを用いたマルチメディア高速LANを用いている。

(2) 動画像の伝送には、非常に広帯域な伝送容量が必要であることから、ITV監視は別途のネットワークとしている。

(3) 広範囲なポンプ場の遠隔監視操作を中心とする運転管理領域から事務管理、経営管理領域までを階層化し、統合化するシステムである。

(4) 施設の総合運用としては雨水排除を主目的とし、管渠内データ、レーダ降雨情報などをもとに、各施設を連携させたトータル雨水排除システムを構築している。

3. 中小市町村における下水道システム

平成2年度末における都市人口ランク別の下水道実施状況を図3に示す。下水道整備目標として、普及率を平成7年度に約55%、平成12年度に約70%とする長期計画が立てられているが、平成2年度末では、人口5万人未満の約2,000市町村が下水道未着手の状況であり、中小市町村を重点にした普及率の向上が急務となっている。

3.1 中小市町村における下水道の特性

中小市町村における下水道の特性を図4に示す。この特性から、中小市町村の下水道は小規模処理場を経済的に建設し、効率

表1. 情報処理システムの分類

分類 項目	定義	適用処理例	備考
P A	プラントにおける製造生産管理に対応した情報処理。特にプロセスの自動化を目的とした監視制御を実現する情報処理。	・プラントの監視制御 ・広域運用計画(予測・計画・制御)	オンライン・リアルタイムな処理が特徴。
O A	一般オフィスで行われる事務経営管理に対応した処理。	・人事給与(記録・計算) ・財務会計(計画・執行・決算) ・文書管理 ・データ管理	不定期バッチ処理が多い。広義の定義ではTEL,FAX等も含まれる。
E O A	技術情報を取り扱うエンジニアリング業務に対応した情報処理。	・解析 ・設計、製図 ・技術文書作成 ・技術情報管理 ・図面管理	

注 PA:Plant Automation

OA:Office Automation

EOA:Engineering OA

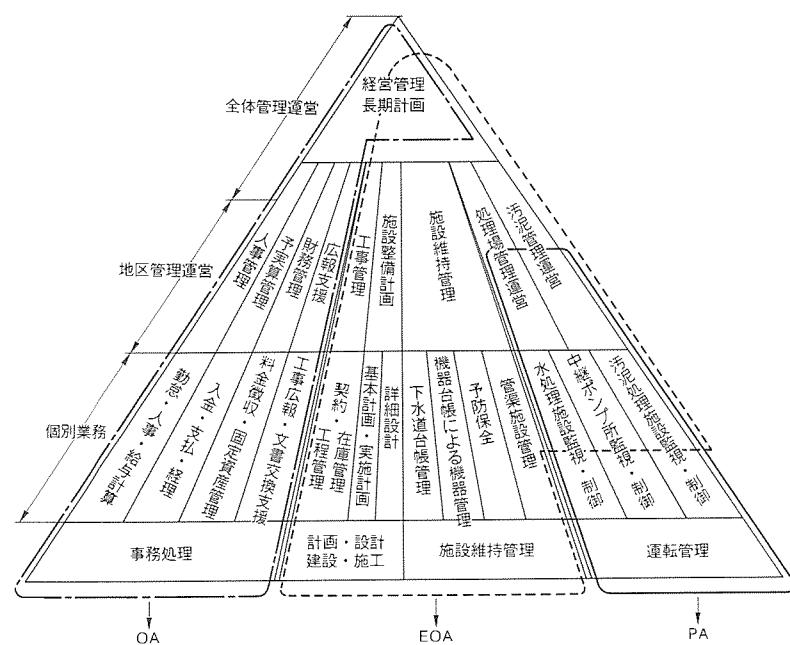


図1. 業務内容と対応情報処理システム

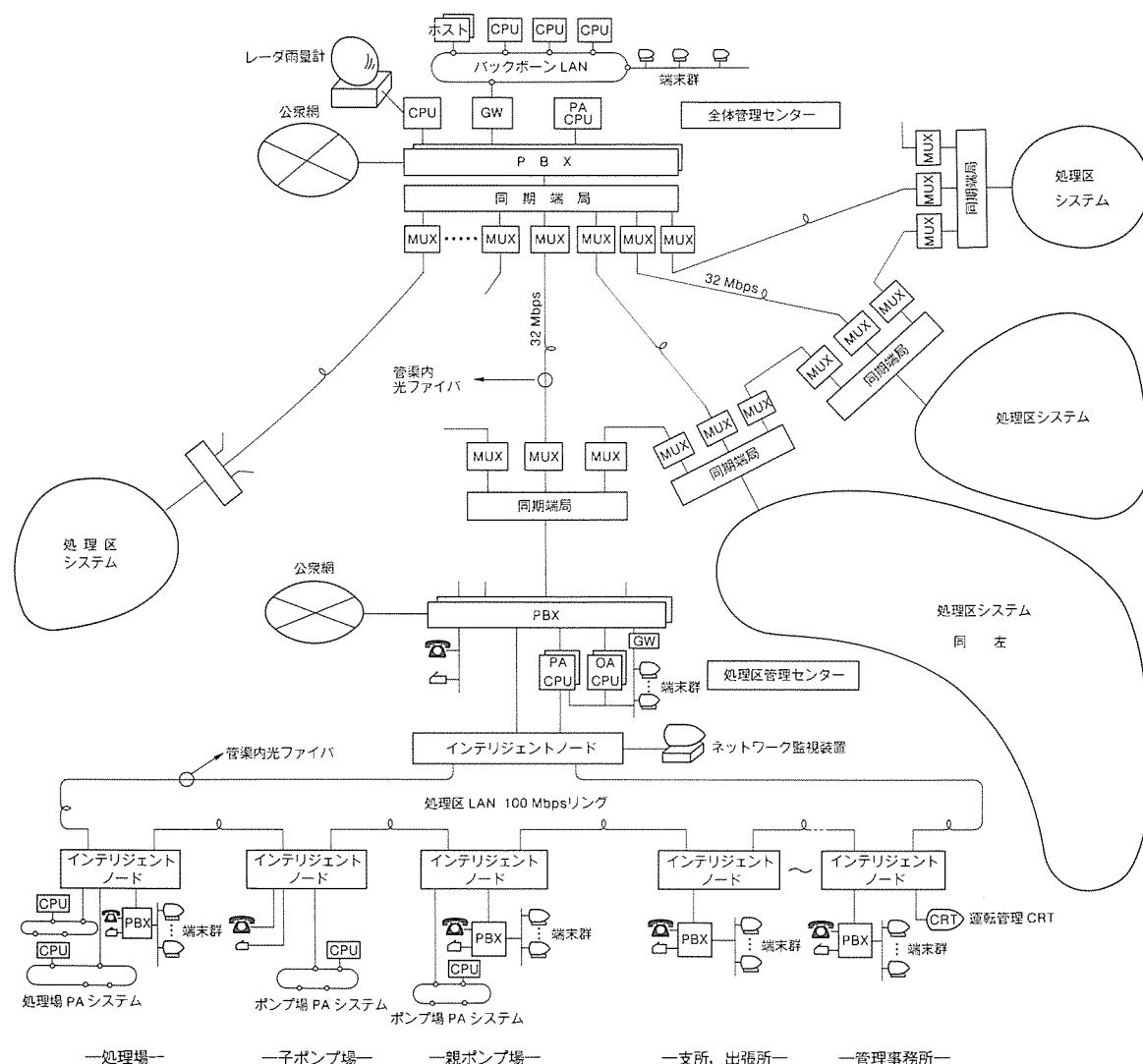
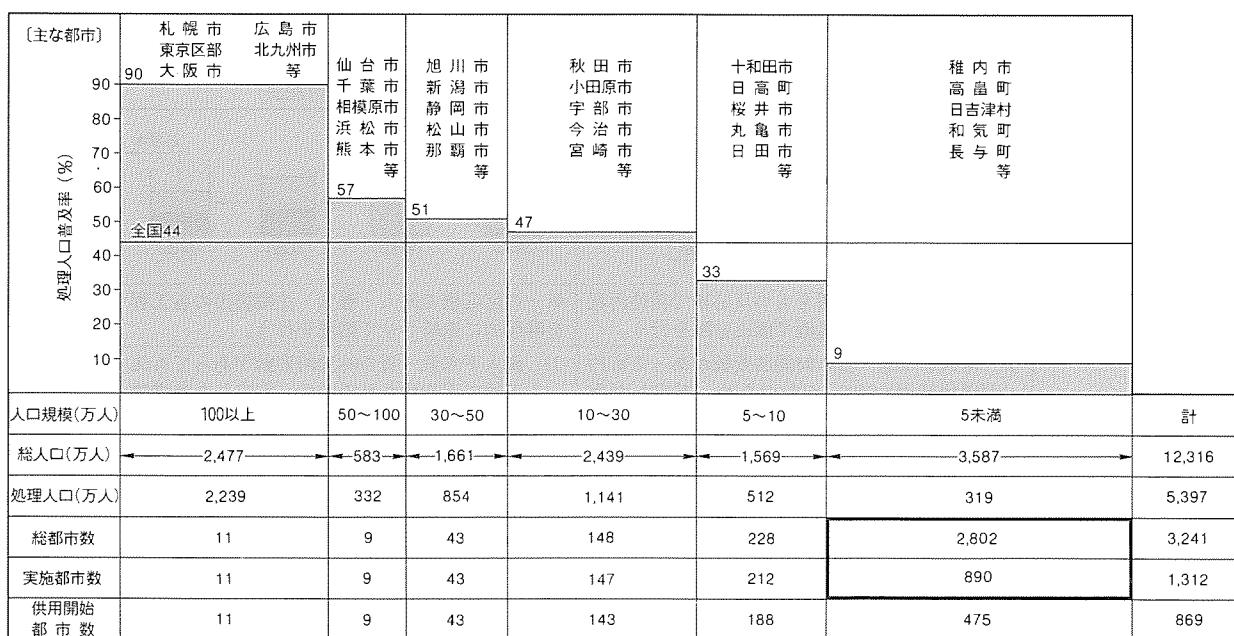


図2. 下水道広域運用システム構成



注 (1) 総都市数3,241の内訳は、市655、町1,999、村587(東京区部は市に含む)。

(2) 実施都市数は、公共下水道と特定環境保全公共下水道の合計

図3. 都市人口ランク別下水道実施状況(平成2年度末)

的に維持管理していく必要がある。そのための具体的な方策を以下に述べる。

(1) 経済的な施設建設

大都市を前提とした技術の応用だけでは経済的な施設建設に限界があり、一方、過度の経済性を追求することは、グレードの低下や維持管理の煩雑さなどの結果を招き、下水道本来の浄化機能を低下させるおそれがある。そこで、処理規模別の処理方式に対応した機械・電気設備をあらかじめ標準設計しておくことが効果的であるので、建設省・日本下水道事業団の指導のもとに標準化が進められている。当社でも、小規模処理場向けの監視制御装置を標準化し、この方向に積極的に取り組んでいる。

(2) 維持管理の容易な処理施設の建設

維持管理が容易で、かつ流入下水の量と質の時間的な変動にも対応できる処理施設の建設が望ましい。

小規模処理場に適した処理方法・運転管理方式の技術開発はかなり進展しており、日本下水道事業団等で設計指針が策定され、実用化されている。

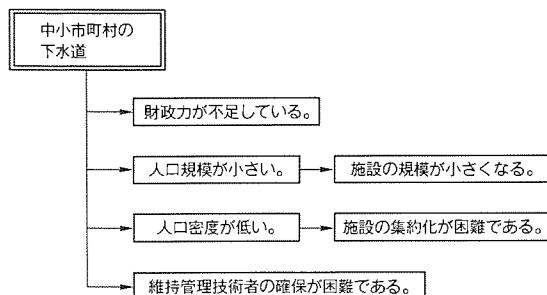


図4. 中小市町村における下水道の特性

このうちの代表的なものについては後述する。

(3) 運転管理の集中化

中小市町村ではその特性で示したように、小規模な処理場が複数設置される形態が想定される。また、維持管理技術者の確保が困難なこともあります、中大規模処理場と同様の常駐管理を行うことは、非効率的であり実現性も低い。これを解決する方法としては、複数の小規模処理場を広域的に運転管理できるシステム、すなわち群管理システムの必要性が検討され、技術開発が進められている。

(4) 維持管理支援技術の確立

下水道の維持管理は、勘や経験で行うことも多く、また各職種の要員で行われている。中小市町村では、維持管理技術者を確保するのが容易ではなく、また財政上の負担も大きいので維持管理に必要な業務を整理し、システム化して技術支援する方策が各方面で検討されている。

3.2 小規模下水道の処理方式

表2. 小規模下水道の処理方式

処理方式	計画処理水量(m³/日)
標準活性汚泥法	3,000~5,000
回分式活性汚泥法	5,000以下
OD(オキシデーションディッチ)法	5,000以下
プレハブOD法	300~1,200
酸素活性汚泥法	5,000以下
長時間ばつき法	5,000以下
回転生物接触法	5,000以下
好気性ろ床法	5,000以下
単槽式嫌気好気法	5,000以下
接触酸化法	5,000以下
担体投入型活性汚泥法	5,000以下

表3. OD法と回分法の概要と特徴

項目	OD法 (オキシデーションディッチ法)	回分法 (回分式活性汚泥法)
処理フロー	流入 → オキシデーションディッチ (U字型) → 最終沈殿池 → 流出 返送汚泥	下水 (流入) → (曝気) → (沈殿) → (排出) → 処理水
処理方式	機械式ばつ(曝)気装置をもつ反応槽で活性汚泥処理を行い、最終沈殿池で固液分離を行う。	単一の反応槽で流入・曝気・沈殿排出の各工程を時間的に連続させて処理を行う。
処理特性	(1) 流入下水量・質の時間的変動があっても汚泥滞留時間(SRT)が長いため、安定した有機物除去を行うことができる。 (2) 汚泥発生量が少ない。	(1) 流入下水量・質の時間的変動があっても流入工程で平均化されるので、安定した有機物除去を行うことができる。 (2) 汚泥発生量が低負荷運転の場合少ない。
管理特性	(1) 発生汚泥の貯留ができるため、汚泥管理を容易に行うことができる。	(1) 発生汚泥の貯留ができるため、汚泥管理を容易に行うことができ、有機物負荷の調節が容易にできる。 (2) 各工程の設定時間を変えることにより、柔軟な運転を行なうことができる。
建設特性 (用地)	(1) 反応槽が浅く、曝気時間が長いため、広い処理場用地を必要とする。	(1) 最終沈殿池がなく、水深の深い反応槽を用いる場合、小さい処理場用地で建設できる。
実績	稼働中 42か所 (昭和63年度末)	稼働中及び建設中 9か所 (昭和63年度末)

小規模下水道では、流入下水の量と質の変動の影響が大きいので、放流水質を常時監視し、適切に対応しなければならない。それだけに、経済性と維持管理の容易性を考慮した処理方式とする必要がある。

小規模下水道の処理方式として研究開発されているものを表2に示す。これらの処理方式の中でも実績があり、今後とも発展性のある処理方式は、OD法(オキシデーションディッチ法)と回分法(回分式活性汚泥法)である。その概要と特徴は表3に示すとおりである。

3.3 小規模処理場の維持管理

下水処理場の維持管理業務を大別すると人的作業を伴う保守・保全業務と、人間が情報から判断して行動する運転管理業務がある。その概念を図5に示す。

これに対し、少数の維持管理技術者で効率的な維持管理を行っていく方法としては、次のことが考えられる。

(1) 処理場は常時無人とし、人的作業を伴う現場での保守・保全業務は、定期的な巡回又は異常時の緊急対応のみとする。

一方、運転管理業務については、維持管理技術者の常駐する管理センターを設け、複数の処理場を広域的に管理する。これにより、複数の処理場を少数の維持管理技術者で管理していくことが可能となる。

(2) 適切な運転管理を行うためには、プラントの様々な情報に対して、維持管理に必要な知識と補助的な図面や資料を駆使して、運転状況を判断し、対処方法を決定していくことが必要である。必要な知識を整理し適切な意志決定を下すことは、維持管理技術者にとって最大の業務であり、これをAI的な手法でシステム化することによって負担を軽減できる。

3.4 小規模処理場の群管理システム

群管理システムとは、維持管理技術者の常駐する管理センターに運転管理を行うのに必要十分な情報を集約し、また運転管理を支援するシステムを構築して、複数の処理場を広域的に管理するシステムである。その構成と機能を以下に示す。

3.4.1 システム構成

群管理システムの構成を図6に示す。このシステムの主な特長は以下に示すとおりである。

(1) プロセスコントローラは、“MACTUSシリーズ”より小規模向けの機種を用いている。このコントローラは、シーケンス制御を主体としているが、計測値の処理や管理センターからの各種設定に対応した演算処理などが並行して行えるよ

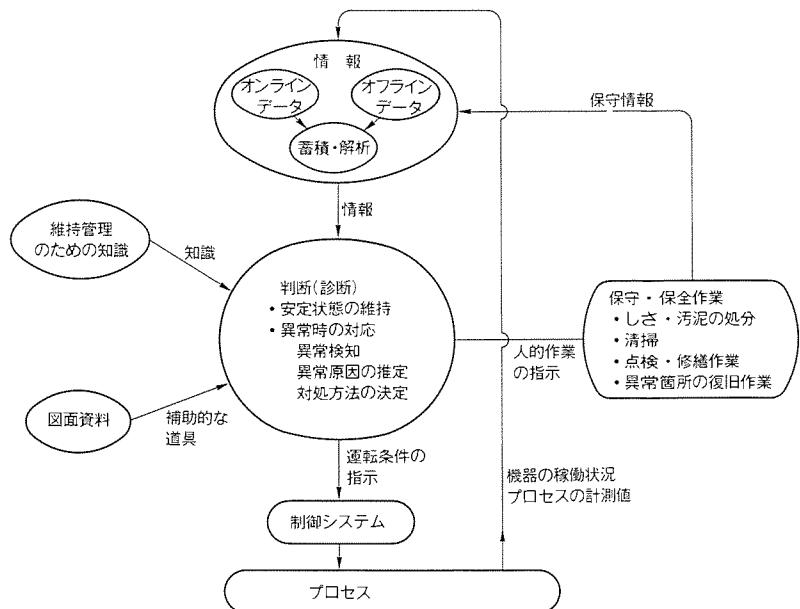


図5. 下水処理場の維持管理概念

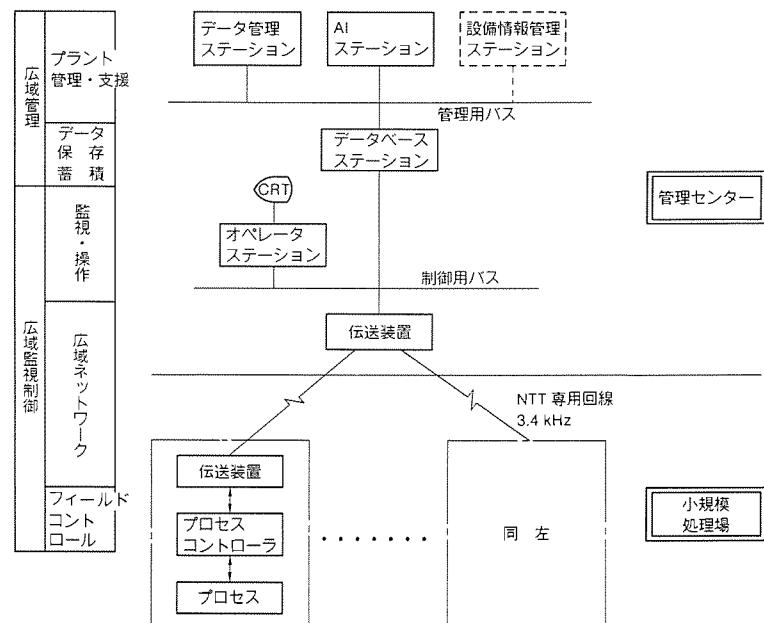


図6. 群管理システムの構成

う高機能化を図っている。

- (2) 伝送装置は経済性を加味して、小規模コントローラとモジュールを組み合わせた簡易伝送方式としている。
- (3) 管理センターにおける監視操作は、管理対象となる処理場の数と規模に対応して、“MACTUSシリーズ”より小規模ないし中規模オペレータステーションを適宜選定できるよう考慮している。
- (4) プラント管理・支援装置は、管理センターの中枢機能をつかさどるものである。支援機能については、維持管理技術者の量と質によって、ニーズが多岐にわたることを想定し、機能ごとに装置を分散している。また、各装置は低価格化と高機能化を図るため、EWS(エンジニアリングワークステ

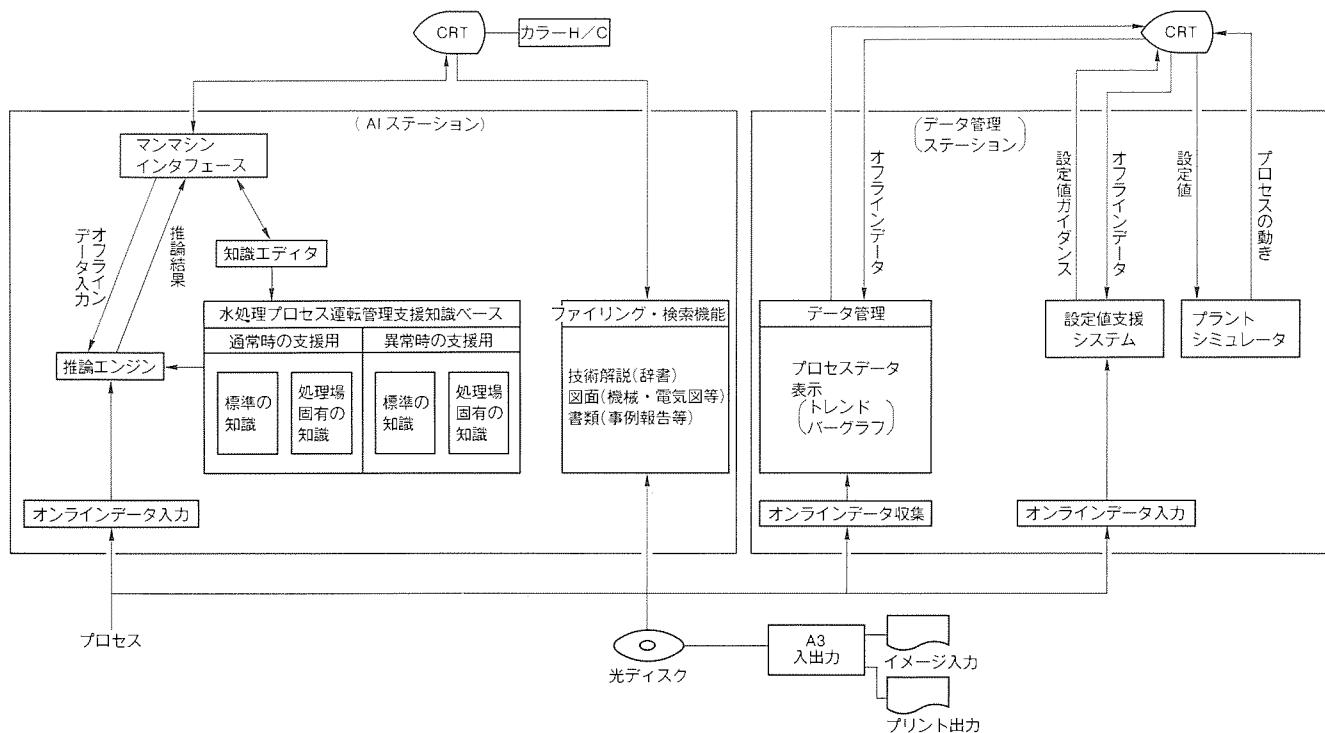


図7. 運転管理支援システムの機能構成

ーション)を用いている。

3.4.2 運転管理支援システム

運転管理支援システムの機能構成を図7に示す。このシステムの特長は以下に示すとおりである。

- (1) データ管理ステーションは、処理プロセスの性能を短期的及び長期的に把握するためのデータ管理機能と運転条件を決定するための設定値支援機能及び設定値を変更したときのプロセスの状況があらかじめ確認できるプラントシミュレータによって構成される。
- (2) 設定値を決定する方法には、定量的な経験式を用いる方法と理論に基づいたモデル式を用いる方法があるが、生物処理である現行の水処理プロセスでは、理論によるモデル化が大変難しい上に、処理装置も大がかりなものが必要となるので、設定値の決定方法は、定量的な機能の経験式から求めることを基調としている。
- (3) 設定値を変更する場合には、事前に変化するプロセスの状況を予測できることが理想であるが、実際には定量的なシミュレーション結果を得ることは不可能に近い。そこで、プラントシミュレータは、定性的な結果が得られる程度の性能の簡易シミュレータとしている。
- (4) AIステーションは、プラントの各種情報をもとに、プロセスの状況又は設備の診断を行い、対処方法を導くエキスパートシステムと、図面・資料等を必要に応じて引き出せるファイリングシステムによって構成される。
- (5) 維持管理に必要な知識は、下水処理理論又は処理方式全般に共通な普遍的知識と個々の処理場に保有する個別な知識とに分類される。特に、後者の知識は経験によって蓄積され

ていくものであるから、知識ベースはユーザー側で自由に追加・変更できること、すなわち成長できるシステムであることが重要であり、このために知識エディタを付加している。

(6) ファイリングシステムは、単独の検索機能に加え、エキスパートシステムの推論結果を辞書的に補うなど、有機的なリンクを配慮している。

4. む　す　び

以上、昨今の下水道事業で、大都市及び中小市町村から要望されるようになってきたシステム技術について述べた。

これまでの下水道は施設単位のシステムを重点に、しかも施設の高度化を主体にしてきたが、これからシステム技術は大都市における下水道の付加価値化と中小市町村における普及率向上を推進するために、広域運用又は広域管理という概念をもって発展していくものと予想される。

アメニティ社会を目指して、使いやすく、価値のある下水道システムを構築すべく、なお一層努力する所存である。

参考文献

- (1) 日本下水道事業団：オキシデーションディッチ法設計指針(案) (1987-11)
- (2) 日本下水道事業団：回分式活性汚泥法設計指針(案) (1990-10)
- (3) 日本下水道事業団：季刊水すまし, 3.1, No. 63, (1991-1)
- (4) 日本下水道事業団：季刊水すまし, 3.4, No. 64, (1991-4)

上下水道の監視制御システムと計装機器

古屋鍵司* 畠辺 健*
森 俊吾* 佐野光俊*
成原弘修*

1. まえがき

分散型制御システム DCS (Distributed Control System) は、1970 年代に発表されて以来、マイクロエレクトロニクスの技術革新とあいまって、急速に進歩し続けている。特に、CRT オペレーションによるパネルレス化と、EIC (Electric · Instrumentation · Computer) の統合化は革新的な潮流であったが、これらは危険分散化を始め、省資・省エネ・省力化、高精度化、高信頼度化等の多様なニーズにこたえ、さらにシングルウインドウ化、オープン化等の指向により、DCS を CIM (Computer Integrated Manufacturing) 化システム構築のためのシステム要素とするよう考慮されている。

こうした社会情勢と業界動向を見据え、総合計装制御システム “MACTUS” は、経営管理・設備管理等の情報システムとの結合と同時に、現場に設置されるセンサ、アクチュエータ等のレベルのフィールドネットワークシステムとも結合し、様々な情報の統合化を可能とするシステムの実現を目指している。

本稿では、“MACTUS シリーズ” のシステム構成と主要機器を説明するとともに、新たに開発した三菱計装機器と、これらを接続するフィールドネットワークについて紹介する。

2. “MACTUS シリーズ” 一覧

上下水道プラント向け DCS として進化してきた総合計装制御システム “MACTUS” は、システム規模に応じて、“MACTUS 700／500／300” なるシリーズ化が図られており、各規模のシステムで、ネットワーク化・分散化・階層化を実現している。

また、プラント特性によっては、分散化・階層化された中に、複数のプラント管理システムが導入される場合もあり、これらに対して各 “MACTUS シリーズ” を、効率良く接続することにより、整合性のとれたシステムを構築することができる。

さらに、設備情報管理システム等と有機的に結合することで、CIM 化システムへの発展が容易である。

2.1 システムコンポーネント

“MACTUS シリーズ” のシステムコンポーネントを、それぞれの機能とプラントの規模

別に整理したものを表 1 に示す。

CRT 監視装置・ロガー装置・コントローラは、各規模ごとに独立した機種を用意し、中小規模向けに対しても上位系の水平分散思想を取り入れて、プラント規模の大小によることなく、最適なシステム構築を可能としている。

2.2 全体構成

“MACTUS シリーズ” の全体構成を図 1 に示す。大規模では、機能ごとに分散された中央監視システム群が、上位バスを介して各コントローラ群と接続され、大規模・水平分散システムを構築する。

また、設備情報管理システムとは、監視システムを介して汎用 LAN によって接続でき、総合システムへの発展が図れる。

中規模では、信号処理規模に見合ったコストパフォーマンスの良いシステムコンポーネントでシステムが構築できることが重要であるが、中規模であっても更に高い機能実現への発展性がなければならない。

そこで、GW (Gate Way) 及び PNA (Peripheral Network Adapter) を用意し、中位バスと上位バス又は汎用 LAN との接続を可能としている。

小規模においても、大・中規模の思想をそのまま踏襲して、監視システムを水平分散指向している。下位バスとしては、“MELSEC-NET” を使用し、コストパフォーマンス重視のシステムを構築できる。

各規模のシステムは、すべてフィールドバスを介して、センサ・リミットスイッチ・コントロールセンター等と効率良く接続でき、さらにフィールド機器のインテリジェント化で可能となった精度の良いプロセスデータ、メンテナンスデータ

表 1. MACTUS の製品系列

機能	用途	大規模監視制御システム	中規模監視制御システム	小規模監視制御システム
アドバンストコントローラ	MACTUS790	MACTUS590	—	—
C R T 監 視	MACTUS770	MACTUS570	MACTUS370	—
	MACTUS560	MACTUS360	—	—
ロガーア 装 置	MACTUS750	MACTUS550	MACTUS350	—
プロセスコントローラ	MACTUS730	MACTUS530	—	—
グループシーケンサ			MACTUS330	—
1ユニットシーケンサ		MACTUS320		
1ループコントローラ		MACTUS211／210		
ループインターフェース		MACTUS130		

タ等を上位の制御システムで活用し、より高度な運用を実現する。

また、広域化への対応として、遠隔装置の接続も可能とな

っており、遠方のポンプ場・排水池等の情報も監視・制御できる。

2.3 今後の動向

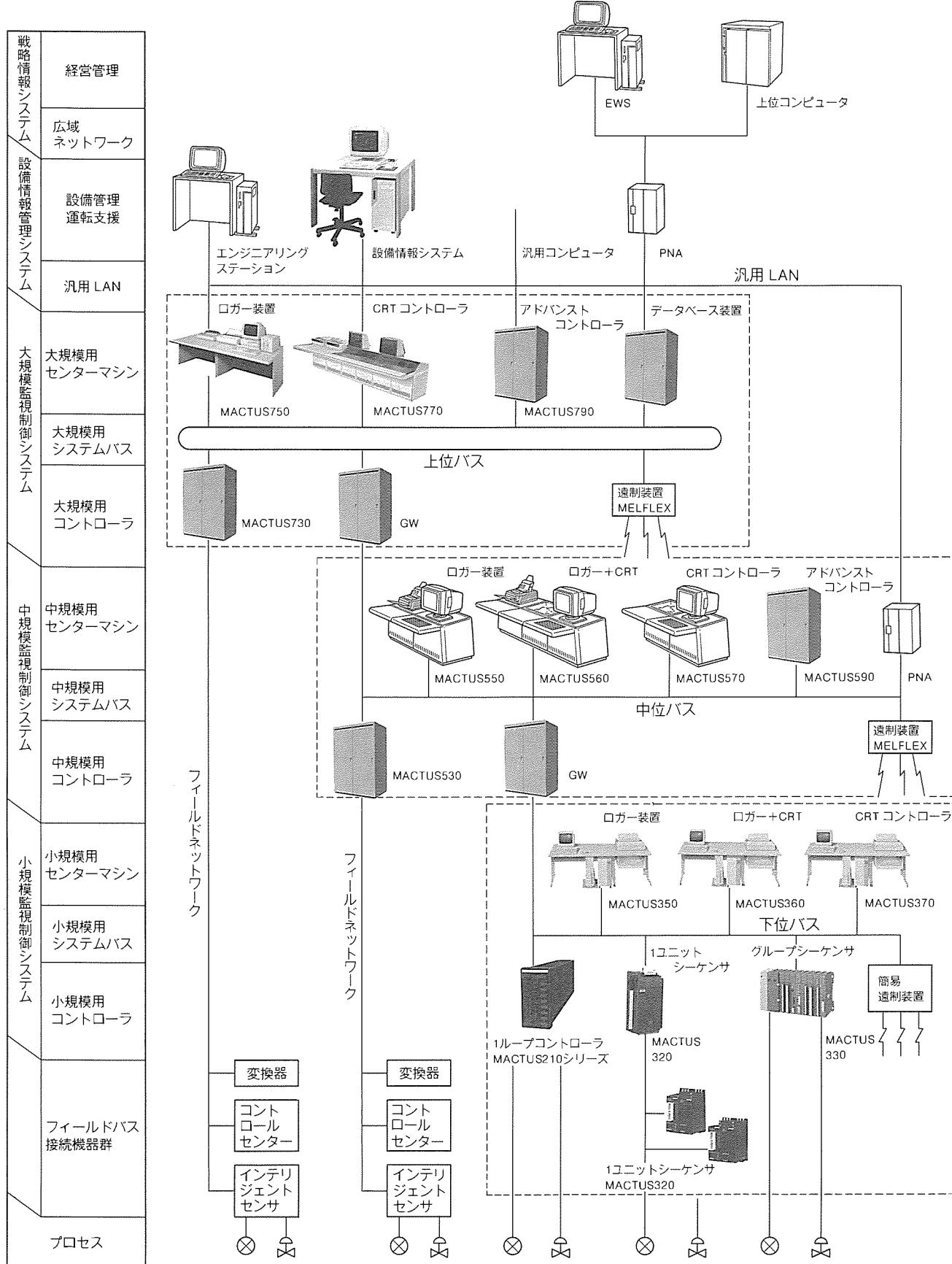


図1. "MACTUSシリーズ"の全体構成

上下水道システムでは、高機能化・高性能化がますます要求されている一方、それをハンドリングする専門技術者の確保は過去に比べて困難な状況になっている。

したがって、限られた技術者で施設を運用するために、維持管理の容易なシステムが強く望まれており、そのためにはプラントの運用管理から保全に至るまでの各フェーズで、オープン化・統合化・ネットワーク化を目的としたバランスのとれた機能強化が必ず(須)と考えている。

そこで、“MACTUS シリーズ”は、

- (1) ダウンサイ징の潮流の中、EWS を用いたオープンな水平分散システム。
- (2) FDDI 準拠の 100 Mbps LAN により、高速化・大容量化・長距離化を可能とし、音声・画像等のマルチメディアへの対応も考慮したシステムネットワーク。
- (3) クライアント／サーバ方式によるデータベースの共有化、エンジニアリングを含むマンマシンインターフェースの統合化を更に追求した未来型ステーション。
等を指向し、パワフルでかつ人に優しいシステムとして、21世紀へ向けて発展していくとしている。

3. EIC 統合化システム

中規模プラントへの適用を目的とした“MACTUS 500 シリーズ”は、公共プラントの制御に必要な電気制御(E), 計装制御(I), 計算機制御(C)の三つの制御機能とこれらに共通なCRTオペレーションを実現したEIC統合化システムである。

このシステムは、当初から今後の継続的なシステム開発を進めるためにシングルアーキテクチャの思想のもとにネットワークインターフェース、マンマシンインターフェース、アプリケーションインターフェース、ハードウェアインターフェース等共通インターフェースの標準化を強力に行って開発してきたもので、システムの親和性が高く、高性能・高機能を実現し、遠制装置との接続、フィールド機器群との接続等の形で、現

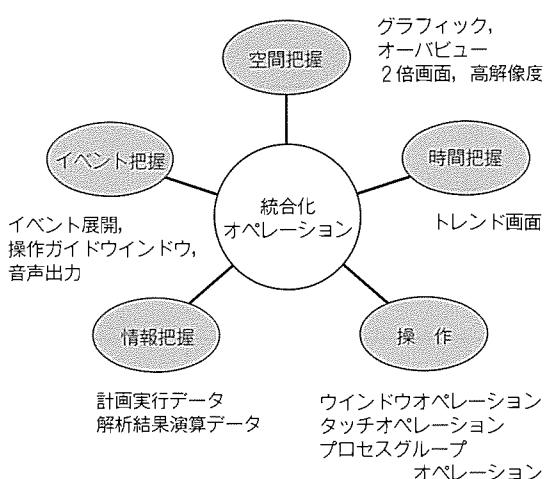


図2. マンマシンインターフェースの統合化

在も発展を続けている。

3.1 マンマシンインターフェースの統合化

マンマシンシステムとしては、従来の監視機能に加えて運転管理、運転支援を容易に行えるシステムが要求されており、図2に示すオペレーション機能の統合化が不可欠である。このシステムのマンマシンは以下の機能と特長を備えている。

(1) プラントの全体監視から詳細監視までを提供

プロセス状態を概略的に把握できるオーバビュー画面から詳細情報をつかめるポイント操作画面まで階層的に網羅し、グラフィック画面間の画面展開、アラームメッセージからの画面展開など豊富な画面展開機能を備え、無理なく状況の把握ができるものとしている。また、2倍サイズの大画面サポートやマルチCRT、プロジェクト接続等により、従来のグラフィックパネル相当の全体監視、多人数監視も可能としている。

(2) 異常状態の迅速、的確な伝達

アラーム、ガイダンスなどイベントが発生した場合、画面上部に最新の情報が表示され、多色プリンタに印字される。イベントは、表示色・警報音・印字色によって重要度、種別が区別でき、容易に異常箇所を認識・対応できるものとしている。

(3) 簡単操作

操作性を向上するために、タッチオペレーションとウインドウオペレーションをサポートしている。タッチオペレーションは、制御機器指令の選択操作及び画面展開に使用、ウンドウオペレーションは、画面を切り替えないで操作の継続が行えるものとしている。

(4) データ解析機能の充実

データの履歴を記録する機能として、長時間トレンド、帳票機能、イベント履歴機能に加えて、帳票データのグラフ、図形、表などによる多様な表現を可能にするとともに、汎用パソコンへのデータ転送機能を備えユーザー独自の考え方も組み込めるシステムとしている。

3.2 プロセス制御機能の統合化

プロセスコントローラは、図3に示すように電気・計装制

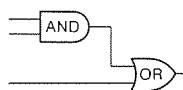
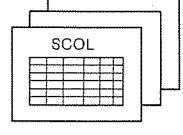
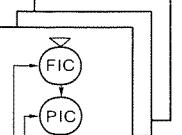
電気制御(E), 計装制御(I)		
シーケンス制御		フィードバック制御
POL	SCOL	DDC
シーケンスノ演算制御を自由かつ簡単に記述	工程遷移制御を自由かつ簡単に記述するテーブル式言語	計装に必要な標準機能を簡単に記述
16Kstep 	384テーブル 	32ループ 
データ容量 64Kワード		

図3. プロセス制御機能の統合化

御を同時に処理できるマルチコントローラで、以下の機能と特長を備えている。

(1) ソフトウェアの構造化・階層化

ハードウェアの物理アドレスを意識しない、グローバル変数・コモン変数・ローカル変数といった階層構造をもつ論理変数の導入により、ソフトウェアの標準化・部品化・分割製作を可能としている。

(2) 用途別の最適言語

言語は、コントロール用マルチ言語を用意している。シーケンス制御、演算制御に適したPOL、工程遷移型制御に適したSCOL、計装制御に適したDDCミクロファンクション及びその組合せであるマクロファンクションを備えている。

3.3 ネットワーク

このシステムのバスの機能と特長は以下のとおりである。

(1) 豊富な通信方式

伝送速度は、10 Mbpsでサイクリック型・会話型・同報通信型のサポートによって各種データ伝送に対して最適な方式を適用できる。

(2) 柔軟なシステム

マスタスレーブ関係がなく、各機器の自律性・独立性の高いシステムが構成でき、二重化によるバックアップも可能である。

3.4 信頼性・保守性向上対策

信頼性・保守性向上対策としては、以下の対応を考慮している。

(1) プロセスコントローラは、CPU・電源等ユニット単位の二重化構成を基本とする。

(2) プロセス入出力部は、入出力カードの活線挿抜や、アナログ入出力カードの二重化により、一部の故障が全体に影響せず復旧できるように配慮した。

4. フィールドネットワーク化

上位の“MACTUSシリーズ”によるDCS機器と計装機器類、センサ類、アクチュエータ類とをデジタル通信で結ぶフィールドネットワーク化は、フィールドレベルの情報を統合し、併せてフィールド機器の高精度化・多機能化・インテリジェント化を推進するものである。

計装機器のフィールドバス接続によるフィールドネットワーク化については、米国のISA-SP50委員会の中で、世界的な規格化が進められており、我が国でもIFC実証試験委員会で討議され、近い将来、規格は統一されることになると考えている。インテリジェントなフィールド機器と上位のDCS機器をデジタル通信網で結合するメリットとして、以下の点が挙げられる。

(1) フィールド機器群の情報収集の容易化

フィールド機器群とはデジタルデータでの通信が可能であり、フィールド機器群の自己診断や上位でのフィールドデ

ータの監視が容易に行える。

(2) フィールド機器群のデータによる精度の向上

フィールド機器のプロセス値、パラメータ類がデジタル伝送されることにより、制御精度が向上し、高精度の制御が可能となる。

(3) フィールド機器のデータベースの上位管理機能

フィールド機器のデータが、現場からのデジタル通信でデータ転送できることから、フィールド機器群のデータ収集が容易になるとともに、データベース化についても容易に構築可能となる。

(4) フィールド機器のメンテナンス性の向上

計器類のスパン変更やパラメータセッティングが上位系から可能となり、機器の設備保守管理時間が削減される。

(5) ケーブル工事の簡素化

従来、各フィールド機器群に個別に信号線を布設していたものが、通信ケーブルを共用化できることで、ケーブル工事費の削減が期待できる。

(6) 増設・変更への対応性(信頼性の向上)

増設・改造等に対して、ソフトウェアでの対応が可能で、ケーブルの追加布設の低減につながり、プラント全体としてのシステムの信頼性向上が図れる。

以上のメリットを考慮し、将来のフィールドバスの規格化に対する配慮をしつつ、高速伝送可能なシリアルバスをベースとして高速制御向きのバスを構築しており、そのシステム構成を図4に示す。

5. 計装機器のシリーズ化

フィールドバスの規格化の波の中、計装機器に求められる機能もより高度化・多機能化・インテリジェント化の方向に進んでいる。このたび、1ループコントローラ“MACTUS 210シリーズ”に続き、バックアップ操作器、比率設定器、

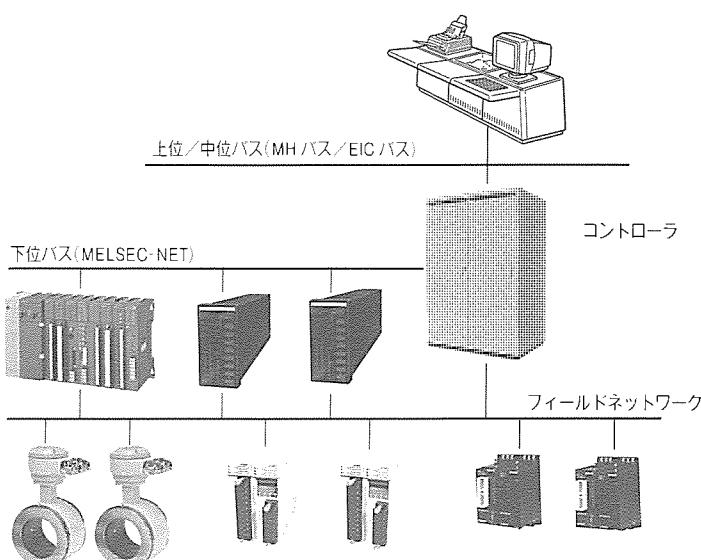


図4. フィールドネットワーク構成

手動操作器、縦形指示計、及びハイブリッド記録計を開発し、シリーズ化した。また、演算機能をプログラマブルとしたソフトスペックの計装用変換器類、さらに検出器として差圧伝送器を開発し、メニューとして加えた。これらシリーズ化した計装機器を図5に示す。

5.1 パネル計器のシリーズ化

今回、シリーズ化した各機種の主な仕様を表2及び表3に示す。シリーズ化の特長は次のとおりである。

- (1) 小型化(DINサイズ化)
- (2) インテリジェント化(マイクロプロセッサによるフレキシブル化)
- (3) 多機能化
- (4) 信頼性の向上

バックアップ操作器、比率設定器、手動操作器の外観・構造は、いずれも1ループコントローラ“MACTUS 210シリーズ”と同一で、パネル形状は144mm×72mmに統一している。これら3機種は共通仕様として、プロセス入力のリニアライズ機能、任意条件成立でのアラーム出力機能、及び通

信インターフェース機能を搭載しており、従来機器と比べて大幅な機能向上を図っている。縦形指示計についても144mm×36mmの寸法で、パネル計器のメニューの一つとして加えた。

また、ハイブリッド記録計は、パネル形状が144mm×144mmのものと288mm×288mmのものの2機種を用意した。アナログ・ディジタル表示が共に可能なほか、リスト印字、メッセージ印字、部分圧縮拡大、ペン位相補正等を特長的機能としている。なお、ペン系にリニアモータを採用し、ペン駆動用張糸やブーリをなくしたこと、また位置検出に非接触ポテンショメータを採用したこと、高信頼度化についても

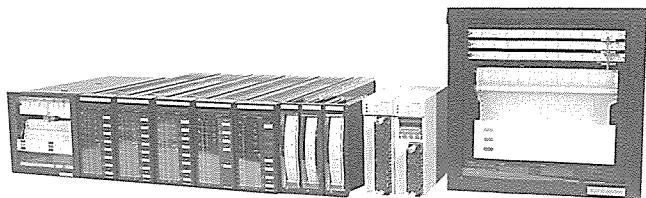


図5. 三菱新型計装機器

表2. パネル計器の主な仕様

機種	1ループコントローラ	バックアップ操作器	比率設定器	手動操作器	指示計
型名	MACTUS211 MACTUS210	MACTUS130	PA3001	PB3001	PM3001
入出力	アナログ入力	5点		2点	1点
	アナログ出力	4点		2点	—
	デジタル入力		6点		—
	デジタル出力		7点		—
PID制御機能	パルス出力	2点	—	2点	—
		あり	なし	なし	なし
エンジニアリングサポートツール	プログラミングユニット		チューニングパネル操作		不要
入力補正処理	プログラマブル		折線、開閉、一次遅れ		なし
通信インターフェース	MELSEC-NET	専用	MELSEC-NET		なし
パネル形状		144mm×72mm			144mm×36mm

表3. ハイブリッド記録計の主な仕様

項目	PR3010	PR3018
入力信号	直流電圧 mV: ±10~±200 V: ±1~±20 DC	
	熱電対 TC: R, S, B, K, E, J, T, G, C, N, PR40-20	
	測温抵抗体 RTD: Pt 100Ω (JIS, DIN), Ni 120Ω, Cu 10Ω (センサ電流: 0.1mA)	
	直流電流 mA: 4~20 DC	
指示精度	±0.5% (アナログ指示確度)	
測定点数	1~4ペン, 6, 12打点	1~4ペン, 6, 12, 18, 24, 30打点
測定期間	60ms(ペン式) 5s/ch(打点)	60ms(ペン式) 2.5s/ch(打点)
記録方式	ディスポーザルフェルトペン, ワイヤドット方式	ディスポーザルフェルトペン, ワイヤドット方式
有効記録幅	100mm	180mm
記録紙送り速度	1~3,600(1,800)mm/h ():打点	1~3,600(1,800)mm/h ():打点
外形寸法(mm) (W×H×D)	144×144×320(328) ():オプション付き	288×288×290(340) ():18~30打点
標準機能	測定値表示(AUTO時), 時計表示, チャート送り表示, ログ印字, リスト印字, 警報	
オプション機能	バーンアウト, ゾーン記録, 部分圧縮, 拡大記録, ペンギャップ補正, スケール印字, 警報印字, 警報復帰印字, 応答時定数, ファイル機能, 演算(和・差), DIオプション, 通信機能	

配慮した。

5.2 計装用変換器のシリーズ化

従来の変換器は、ハードウェア的に固定された入出力仕様で、演算仕様も固定されたものが多く、短納期対応が難しかったり、仕様変更時に再手配が必要となる等の欠点があった。

今回の新型計装用変換器は、上記問題点に着目し開発したもので、特長は次のとおりである。

- (1) フレキシブルな入出力仕様・各種演算・複合演算が可能
- (2) 高精度・高速演算の実施
- (3) 多機能・使用頻度の高い機能のメニュー化
- (4) 小型化・保守性の向上
- (5) 日本語対話方式のコミュニケータでのパラメータ設定
- (6) 各種用途にあった取付構造
- (7) 通信機能(通信アダプタの接続により、上位系との通信、データの共有が可能)

表4に三菱新型計装用変換器のシリーズ一覧と機能一覧を示す。複合演算器は、加減算器、乗除算器等、34種類の各種機能から18ステップの範囲内で選択使用できる。1入力演算器は、検出信号に応じた一時遅れ等の機能を指定でき、2入力演算器は、DI条件でAI入力のセレクタ機能等を実現できる。警報設定器はプロセス値及び警報設定値が前面のディジタル表示器で確認でき、また設定押しボタンによるディジタル設定が可能で、高精度な設定ができる(工学値でも逆工学値でも設定可能)。

また、変換器は50~100msの高速サンプリング周期で、精度は±0.1%FS以下の高精度演算を実現している。外形寸法も従来の約3/5(当社比)を実現した。

計装用変換器は、日本語の対話方式によるハンドヘルドコミュニケータによって基本型式、TAG No.を確認できる。システム設定、演算設定によって演算の機能、演算式、パラメータを設定できるほか、入出力データを工学値で確認でき、また演算途中データも計測可能である等の特長をもつ。

ラック取付型の変換器では、前面に着脱方式の端子台を採用し、メンテナンス、保守性を重視した設計としている。

通信機能としては、通信アダプタへの接続によりフィールドネットワークに接続し、上位システムとの通信が可能である。

5.3 検出器のシリーズ化

インテリジェントセンサとしては、既に電磁流量計を用意しているが、今回、差圧伝送器もメニュー

表4. 計装用変換器一覧

(1) シリーズ一覧

	名 称	型 名	入出力点数			
			A/I	A/O	D/I	D/O
1	複合演算器	QM7001	3	1	1	2
2	加減算器	QA7111	4	1		
3	乗除算器	QE7121	3	1		
4	温压補正演算器	QH7131	3	1		
5	2入力演算器	QK7151	2	1	1	2
6	開平演算器	QB7211	1	1		
7	特性演算器	QF7221	1	1		
8	1入力演算器	QK7261	1	1		
9	ディストリビュータ	QD7531	1	1		
10	ディストリビュータ(演算付き)	QD7541	1	1		
11	すべり抵抗変換器	QP7561	1	1		
12	DC/DC 変換器	QG7571	1	1		
13	アイソレータ(1入力)	QX7581	1	1		
14	アイソレータ(2入力)	QX7591	1	2		
15	警報設定器	QC7701	2			2
16	警報設定器(設定器付き)	QC7711	2			2
17	信号発生器	QV7721			1	
18	信号発生器(設定器付き)	QV7731			1	
19	パルス変換器	QS7921	1			2
20	起電力伝送器	QT7721	1	1		

(2) 演算器の機能一覧

	機 能	複合演算器	2入力演算器	1入力演算器
1	一次遅れ	○		○
2	一次進み	○		○
3	無駄時間	○		○
4	開平	○		○
5	関数発生	○		○
6	警報	○		
7	偏差警報	○	○	
8	個別偏差警報	○		
9	信号制限(リミッタ)	○	○	○
10	信号選択高(ハイセレクト)	○	○	
11	信号選択低(ローセレクト)	○	○	
12	積 分	○		
13	ゲイン	○		
14	信号発生	○		
15	加減算	○	○	
16	乗 算	○	○	
17	除 算	○	○	
18	移動平均	○		○
19	パンプレス切替え	○		
20	変化率警報	○	○	
21	変化率設定	○		○
22	信号切替え	○		
23	限時動作	○		
24	限時復帰	○		
25	論理積	○		
26	論理和	○		
27	フリップフロップ	○		
28	故障検出	○	○	
29	アナログホールド	○	○	
30	アナログプリセット	○	○	
31	ピークホールダ	○	○	
32	平 均	○	○	
33	リバーシングリレー	○		○
34	多数決フィルタ	○		○

表5. 差圧伝送器の主な仕様

項目	圧力伝送器 DP710G	差圧伝送器 DP720D
測定範囲	19.6kPa～1.96MPa (0.2～20kgf/cm ²) 98kPa～9.8MPa (1～100kgf/cm ²)	98Pa～7.8kPa (10～800mmH ₂ O) 0.78～78kPa (80～8,000mmH ₂ O) 19.6～392kPa (2,000～40,000mmH ₂ O)
検出部	接液部材質 ダイヤフラム:SUS316L その他接液部:SUS316 フランジガスケット:4ふっ化エチレン樹脂(PTFE)	
	封入液 シリコン油	
出力	DC 4～20mA 負荷抵抗250～600Ω	
精度	±0.1%	
温度範囲	周囲温度:-40～+85°C 接液温度:-40～+120°C	
塗装色	5Y8/0.3(ポリウレタン樹脂耐食塗装) 5Y7/1(ポリウレタン樹脂耐食塗装)	
機能	静圧・温度補正 開平出力機能	

化した。特長は次のとおりである。

- (1) 高精度化
- (2) 豊富な機能の標準装備(開平演算, 静圧・温度補正機能)
- (3) 日本語対話方式のコミュニケーションによるリモート操作
- (4) フィールドバス接続機能

メニュー化した差圧伝送器の主な仕様を表5に示す。±0.1%の高精度で温圧補正, 開平演算が可能であるほか, 日本語対話方式によるハンドヘルドコミュニケーションの採用により, 従来の電磁流量計と同様に, 保守・校正・点検が離れた場所から可能な設計である。

以上のように, 優れたマンマシン機能と高性能化により, 新設プラントはいうに及ばないが, 既設プラントでもリプレースや増設時に, 順次インテリジェントセンサ, 変換器類が採用されていくものと考えている。

また, フィールドネットワークの規格化が実現すれば, 加速度的にそのネットワーク化が広がっていくものと考える。

6. む す び

今後のシステムとして, 更に重要なのはオープン化と統合化であると考えている。

オープン化については, 現在の技術レベルでの実現を意図すると, 汎用性は高まるものの, 性能・機能面では劣ってしまうのが実状であるが, 強いニーズがあるので, 最大の技術課題として実現すべく取り組んでいきたい。

また, 統合化については, プロセス制御システム全体が, 高度情報化社会に融合される存在として位置付けられるよう発展させていきたい。

以上, "MACTUS シリーズ" 及び三菱計装機器の最新情報について述べたが, 今後ともユーザー各位の御意見を反映し, 21世紀へ向けたより良いシステムを提供していく所存である。

吉原秀樹*
中島弘善*
前永敏郎*

上下水道における情報伝送システム

1. まえがき

水は生命の母体である。今日、世界的な問題となっている地球環境保全と、上下水道事業とは、深いつながりがある。水道は水質汚染の進む中、いかに安全な飲料水を供給するかが任務であり、他方、下水道は生活排水等をいかに浄化し、自然にな（馴）染ませるかが課題である。

水は生活の基盤である。21世紀に向け、豊かでゆとりある社会生活を実現させるため、社会基盤整備が進められている。上下水道の拡充は、その中で最も重要なものである。水道の普及率は、94.4%を超えており（1989年度）、今後更に普及促進・災害に強い水道施設整備・水質確保等の施策が進められる。また、下水道の普及率は、44%（1991年度）まだまだ低いが、平成3年度からスタートした第7次下水道整備五ヶ年計画によれば、普及率の向上・高度処理の推進・

下水道の資源やエネルギーの有効利用等が図られようとしている。

上下水道は情報によって制御される。上下水道の普及率向上・水の高度処理・効率運用の推進は、上下水道事業の広域化・高度化・高効率化を必要とし、情報源、情報量及び伝送距離の増加が余儀なくされ、高度な情報伝送と情報処理が必要となる。本稿では、上下水道事業に用いられる情報伝送システムの技術動向と構成要素について述べる。

2. 上下水道における高度情報システム

上下水道事業では、これまで事業体を構成する組織ごとに業務の効率化策として、PA（Plant Automation）化、EA（Engineering Automation）化及びOA（Office Automation）化が進められてきた。それぞれのシステムは、各々、広域化・高度化が図られてきたが、今後は各々の情報ネットワークを

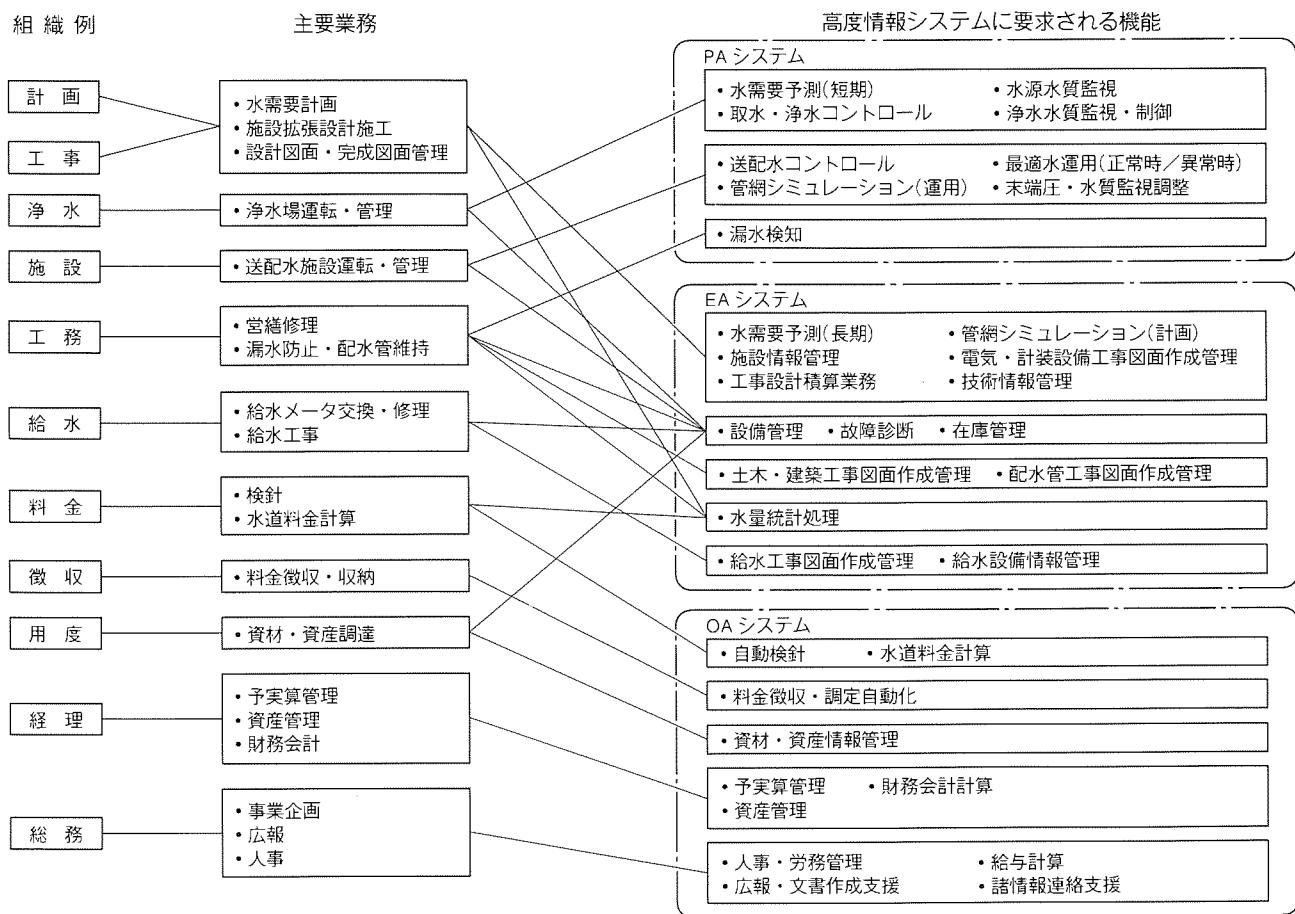


図1. 水道事業の組織例と代表的業務及び高度情報システムでの要求機能

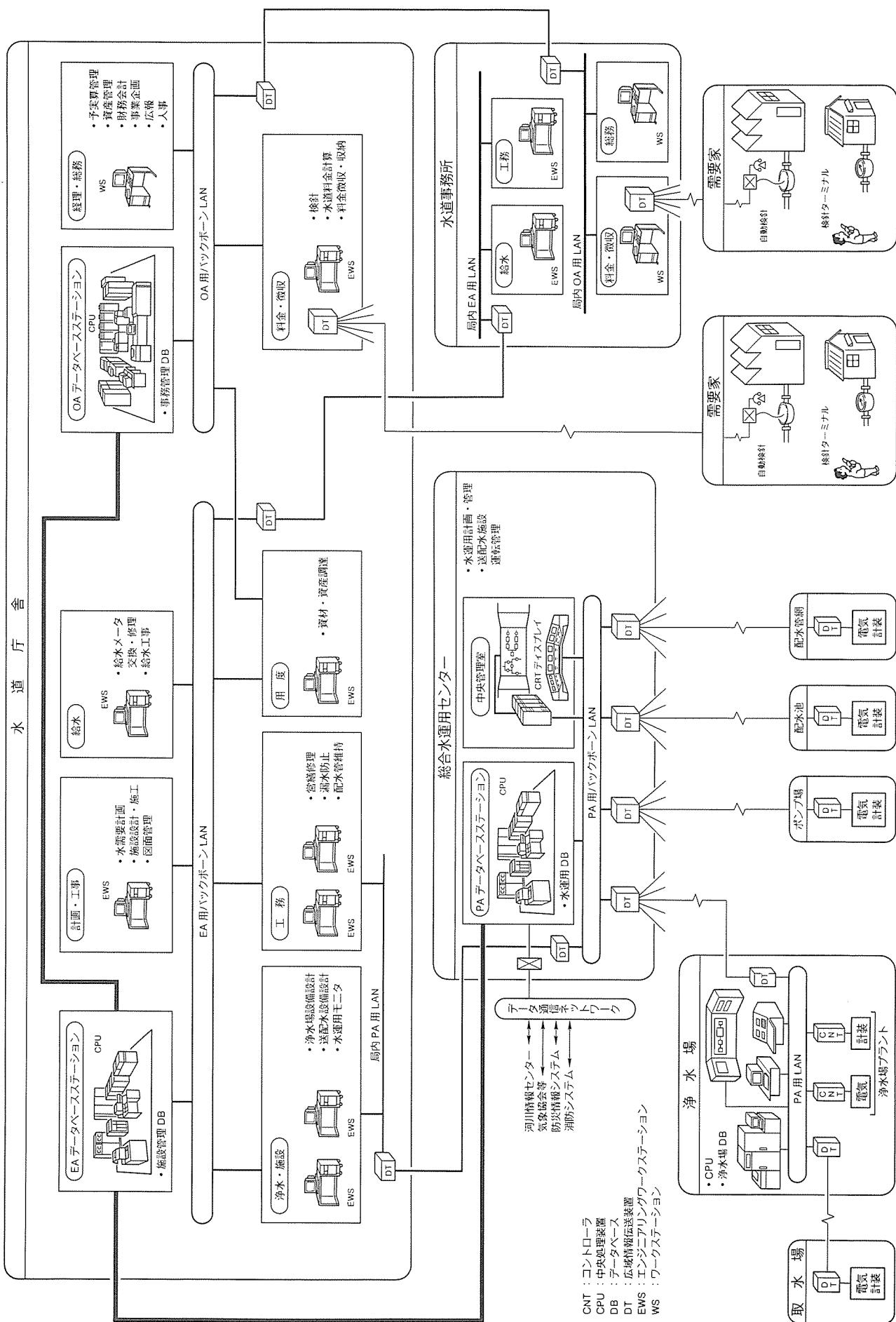


図2. 水道事業高度情報システムの概念

結合し、一つの事業体としての効率化が求められる。図1は水道事業の組織例と代表的業務及び高度情報システムでの要求機能を示す。図2に水道事業高度情報システムの概念を示す。

図1及び図2からも理解できるように、全体システムがPA・EA・OAの三つのサブシステムから構成される。各サブシステムは、高度処理用計算機によるデータベースステーションと、局内LAN (Local Area Network) と広域情報伝送装置からなる情報ネットワークを中心として構築される。ただし、局内LANは、伝送データフォーマットや要求性能及び使用条件に応じて使い分けられている。PAでは制御系LAN (リアルタイム系LAN) が、EA・OAでは情報系LAN (パッチ処理系LAN) が用いられる。各サブシステムの結合は、データベースステーションを接続することにより、LANの負荷を上げることなく、必要なデータを無理のないフォーマットで効率良く授受できる。このデータベースステーション間のデータ通信は、OSI (Open Systems Interconnection : 開放形システム間相互接続) プロトコルによって行われる。

以上、水道事業を例として、高度情報システムの概略構成を述べたが、下水道事業におけるシステムも類似しており、説明を省略する。

3. 情報伝送システム

3.1 情報伝送システムの変遷

情報伝送装置は、まず1960年代の初め、水道事業の遠隔監視に導入され、水道の普及・高度化とともに発展してきた。導入当初は、施設(配水池等)の無人化・監視の一元化が目的であった。その後、情報処理装置の導入、マイクロプロセッサの普及、運用ソフトウェアの開発等により、システムの高度化が図られた。今後は、設備情報管理や業務合理化システムと融合し、高度情報システムとして発展していくものと思われる。

一方、下水道事業では、1970年代、河川・湖沼・海洋の汚染が社会問題となり、下水処理場の建設が活発になり、それに伴って情報伝送装置も導入されてきた。また、近年、東京都下水道局のSOFT PLAN (Sewer Optical Fiber Teleway Network PLAN in Tokyo) にみられるように、下水管

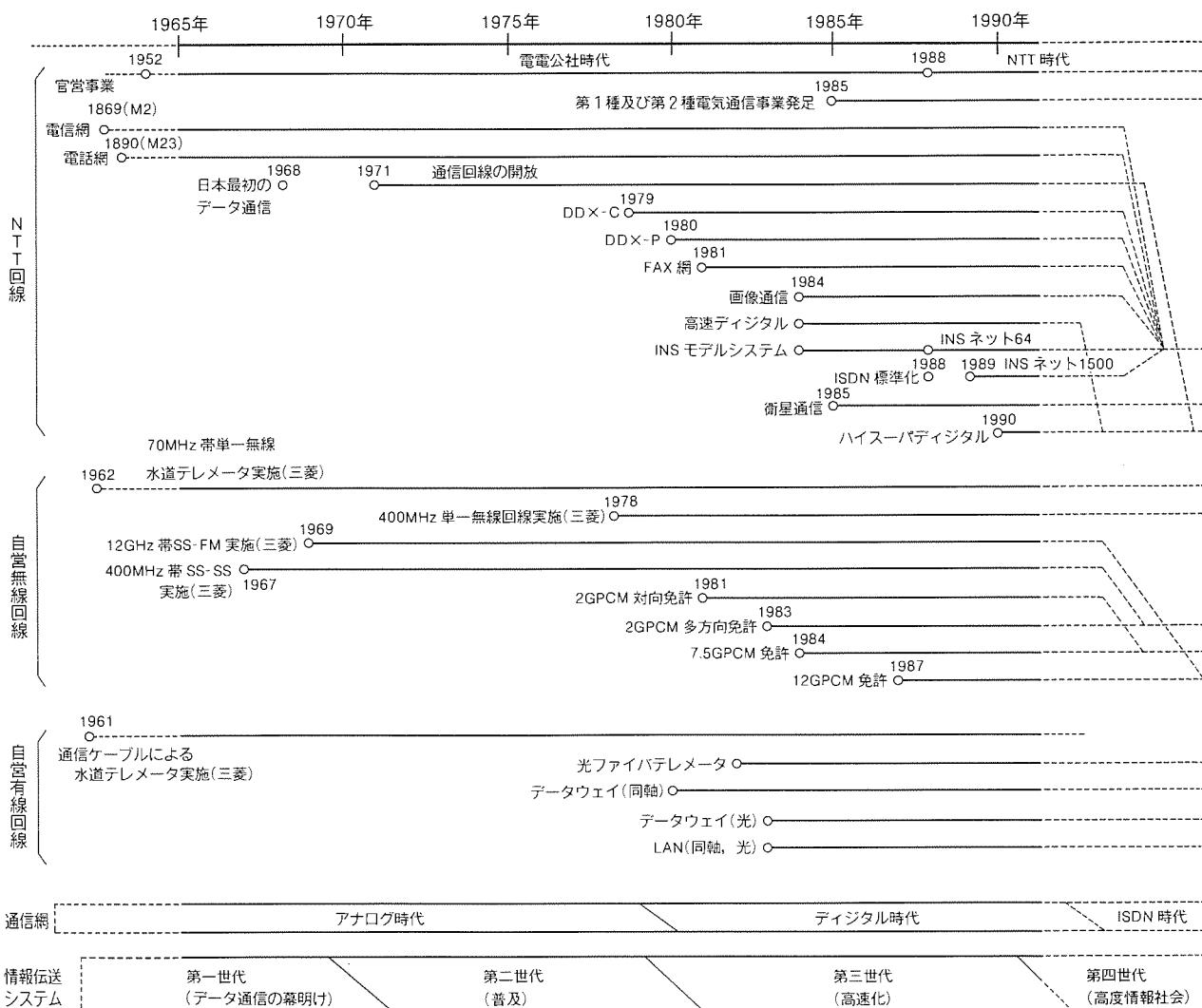


図3. 通信技術と情報伝送システムの変遷

よ(渠)に光ファイバケーブルを布設し、光通信ネットワークを構築して、高度情報化社会の通信インフラを整備する計画もスタートしている。

これら情報伝送システムの発展は、通信技術の発展に負うところが大きい。図3に通信技術と情報伝送システムの変遷を示す。表1に情報伝送システムの各世代の主要技術を示す。

3.2 情報伝送システムの構成

情報伝送システムは図4に示すように、情報を情報源から情報受領部へ情報伝送装置及び伝送路を使って送るシステムである。その用途・データの内容・対向方式・伝送路等により、種々のものが用意されている。情報伝送装置選択の主要アイテムを表2にまとめる。

3.3 インタフェースの標準化

3.3.1 広域用情報伝送装置

装置間のインターフェース(接続)方式は、信頼性・拡張性・経済性・保守性等あらゆる面で、標準化が不可欠である。

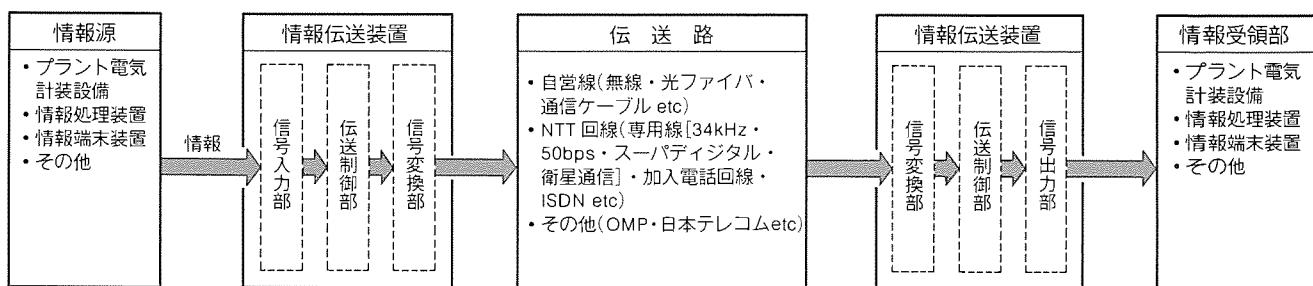
PA用の広域情報伝送装置としては、昭和44年電気学会通信専門委員会によるサイクリック・デジタル情報伝送装置仕様基準の上下水道分野への適用やJEM(日本電機工業会

標準規格)によって標準化がなされてきた。しかし、最近の高速化・大容量化のニーズにこたえ、平成3年、電気協同研究会からHDLC(High Level Data Link Control Procedures)型発電所遠方監視制御装置の標準仕様が提言され、今後上下水道にも適用されていくだろう。また、情報処理装置や情報端末装置とのインターフェースについていえば、BSC(Binary Synchronous Communications)からLAPB(Link Access Protocol Balanced)やTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)が一般化しつつある。

一方、EA用・OA用の広域情報伝送装置は、計算機や端末装置が伝送路と直結できない場合に、プロトコル変換装置として設置されてきた。しかし、最近では、情報通信ネットワークの発展と異機種間通信の必要性から、OSIプロトコルの国際標準化が進み、計算機や端末装置に伝送機能が取り込まれるようになった。データ通信やISDN(Integrated Services Digital Network)等のプロトコルはCCITT(国際電信電話諮詢委員会)が、ファイル転送やデータベースアクセスなどのコンピュータ間のプロトコルはISO(国際標準化機構)が中心となって、その標準化を進めている。

表1. 情報伝送システムの各世代の主要技術

世代	時代	媒体	コンピュータ通信技術	テレメータテレコン伝送技術	CPUとの結合	運用管理機能	監視制御の主体
第一世代	データ通信の幕明け (1960~)	単一無線 メタリック回線 (自営線)	専用	サイクリックデジタルTM (専用フォーマット) アナログ搬送TM	PIO	職場の無人化	主 監視盤 従 一
第二世代	普及 (1970~)	多重無線 メタリック回線 (NTT回線)	JIS-BASIC BSC	サイクリック デジタルTM	DI/DO (JEM 1352) CPU内部バス延伸	監視制御の自動化	主 監視盤 従 CPU
第三世代	高速化 (1980~)	光ファイバ 多重無線 メタリック回線 (NTT回線)	X25パケット HDLC BSC	汎用通信I/F [HDLC準拠] [BSC準拠] CDT	汎用通信I/F 専用バス (データウェイ)	広域化 需要予測 管網シミュレーション エネルギー最小化 エキスパートシステム	主 CPU 従 監視盤
第四世代	ISDN 高度情報社会	衛星通信 光ファイバ 多重無線 メタリック回線	ISDN準拠 OSI準拠	汎用通信I/F	OSI準拠 汎用通信I/F	プラント運営 設備管理 事務処理	主 CPU 従 CPU



注 (1) ISDN : 総合ディジタル通信網
(2) OMP : 大阪メディアポート(株)

図4. 情報伝送システムの構成

表2. 情報伝送装置選択の主要アイテム

アイテム	種別
用途 (通信データ)	PA用 (プランデータ) EA用 (施設情報等) OA用 (業務データ)
通信形態	広域通信・LAN
対向方式	1:1方式・1:N方式・M:N方式・N:N方式
接続機器	電気計装設備・情報処理装置・情報端末装置
伝送路	自営線 NTT等第一種通信事業者回線の使用 専用線 電話回線 ISDN回線 衛星通信回線 その他
通信方向	全二重・半二重・単向
伝送容量	大容量・中容量・小容量・極小容量
伝送速度	50・200・300・600・1.2k・2.4k・4.8k・9.6k・48k・64k・384k・1.5M・6M...bps

表3に当社の広域情報伝送装置“MELFLEXシリーズ”的主要諸元を示す。MELFLEXシリーズの特長は次のとおりである。

- (1) MELFLEX 120(極小規模)からMELFLEX 440(大規模)まで、HDLC符号による9.6 kbpsの伝送に対応できる。
- (2) ソフトウェアはすべて機能単位の階層的パッケージ構成になっており、ユーザーニーズへの対応力や拡張性・保守性が優れている。
- (3) パソコン等から容易にシステム生成・変更ができる。
- (4) 汎用インターフェースやOSIプロトコルを装備し、異機種間結合が容易である。
- (5) プロセス入出力ユニットは、シリーズで統一されており、上位互換によるシステム拡張・更新が容易である。

3.3.2 LAN用情報伝送装置

PAに用いられるLAN(制御用LAN)については、国際規格での標準化は余り進んでいない。したがって、異機種間接続の要求に対しては、図2に示したようなデータベース間の結合か、PA用LANに標準プロトコルバスをインターフェー

表3.“MELFLEXシリーズ”的主要諸元

項目	MELFLEX120	MELFLEX220	MELFLEX320	MELFLEX420	MELFLEX440
適用	極小容量伝送	小容量伝送	中容量伝送	大容量伝送	
対向方式	1:1方式・1:N方式(子局側)		1:1方式・1:N方式・M:N方式・N:N方式		
伝送路	NTT専用線 帯域品目3.4kHz/符号品目50bps又は同等他社回線及び自営線 無線回線(70MHz/400MHz 単一回線及び 2G/7.5G/12GHzPCM多重回線) 光ファイバケーブル		NTT加入電話回線 同軸ケーブル		
通信方式	単向		単向/半二重/全二重		
伝送速度	50/200/600/1.2k/2.4k/4.8k/9.6kbps		50/200/600/1.2k/2.4k/4.8k/9.6kbps 9.6k/48k/64kbps		
符号方式	電気学会方式・電気協同研究会方式 HDLC方式・隣接位相反転方式		電気学会方式・電気協同研究会方式・HDLC方式 隣接位相反転方式・JISベーシック方式		
汎用インターフェース	RS-232C		RS-232C・イーサネット		
汎用プロトコル			BSC・LAPB・LLC	BSC・LAPB・LLC・TCP/IP	

表4. 上下水道PA用LANの主要諸元

項目	SE-BUS1	MHバス	EiCバス
伝送速度	100Mbps	6Mbps	10Mbps
伝送路形状	リング		バス
伝送媒体	光ファイバ(50/125GI)	光ファイバ(50/125GI)・同軸ケーブル	
使用光波長	1.3μm		0.85μm
伝送路総延長	64km	128km	20km(光リピータでの延長時)
ステーション数	64	128	64
ステーション間距離	4km max(1バイパス時)	光:3km max(1バイパス時) 同軸:2km max()	20km(光リピータでの延長時)
RAS	二重化/ループバック/バイパス		二重化

表5. EA・OA用リング形 LAN の主要諸元

項目	機種	MELNET R-32	MELNET R-32-F	MELNET R-100
伝送速度		32.064Mbps		100Mbps
伝送路形状		リング		
伝送路媒体	光ファイバ(50/125GI)	光ファイバ(50/125GI, 10/125SM)	光ファイバ(50/125GI)	
使用光波長	0.8 μm		1.3 μm	
伝送路総延長	128km	256km		100km
ノード数	64		128	
ステーション間距離	4km max(1バイパス時) 15km max(電気バイパス時)	4km max(1バイパス時) 15km max(電気バイパス時)	4km max(1バイパス時) 20km max(リピータ使用時)	
RAS		二重化/ループバック/バイパス		

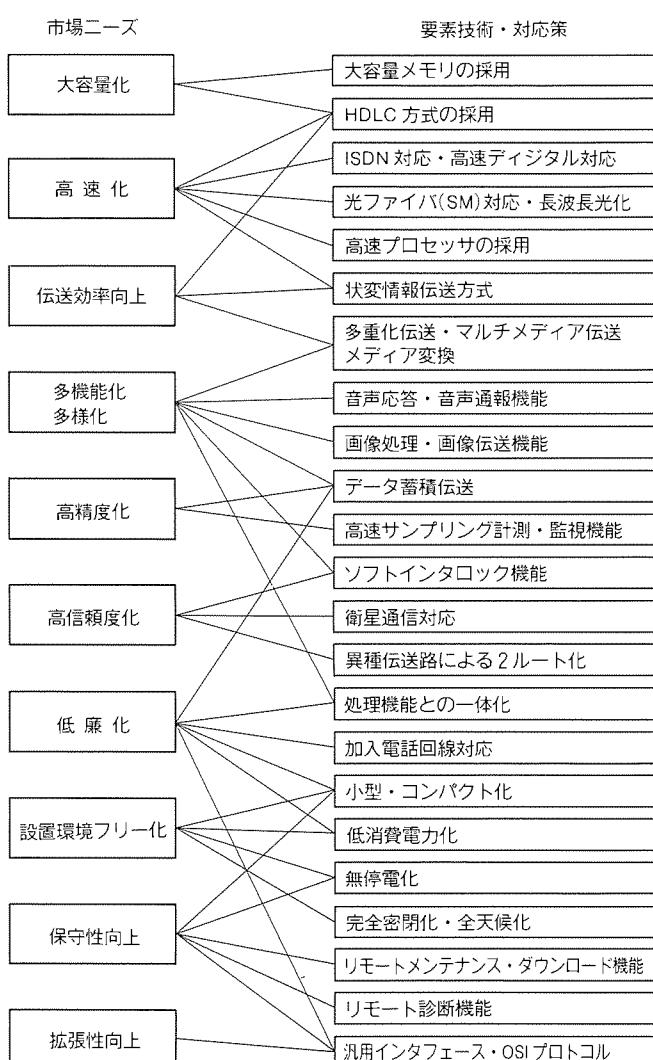


図5. 情報伝送システムの今後の動向

スすることにより、オープン化している。表4に当社の代表的上下水道用 LAN の主要諸元を示す。水処理プラントとでは、6~10Mクラスの LAN を標準としているが、今後、大規模プラント向け LAN は、SE-BUS1 のような 100M LAN に切り替わっていくものと考えられる。

EA・OA に用いられる LAN の標準化は、IEEE (米国電

気電子技術者協会) がプロトコル規定を勧告し、ISO が国際標準化することで進められている。現在最も普及しているイーサネットも、そのうちの一つである。表5に当社の代表的リング形 LAN の主要諸元を示す。

3.4 情報伝送装置の今後の動向

EA・OA 用としては、OSI プロトコルに準拠した形で発展していくと考えられる。

PA 用としては種々の市場ニーズにこたえ、図5のように進化するものと思われる。なお、近年完成した大阪府水道部の送水管理システムや、愛知県企業庁東三河水道の無線テレメータ設備は、その先駆的システムである。図6に愛知県企業庁東三河水道無線テレメータ設備のシステム構成を示す。

4. むすび

上下水道事業における情報伝送システムについて、技術動向と構成要素の概要を述べた。高度情報化社会に向け、情報伝送システムの役割はますます重要となってきた。最適な情報伝送システムとは、画一的なものではない。上下水道事業の組織や施設が千差万別であるのと同じく、最適システムも千差万別である。我々は、顧客優先の精神にのっとり、最適システムを提供し続けることが、社会の発展につながるものと考える。

参考文献

- (1) 柏木雅彦、臼井正和：上下水道システムの現況と新しい概念、電気学会誌、111, No. 3, 211~218 (1991)
- (2) 中里卓治、岡崎 登、五十嵐一裕：下水道光ファイバネットワークについて、電気学会研究会資料、91, No.18, 53~62 (1991)
- (3) 吉原秀樹：水道広域管理システムについて、電気学会研究会資料、91, No.17, 43~52 (1991)
- (4) 電気協同研究会：発電所遠方監視制御—HDLC型遠方監視制御装置—、電気協同研究、47, No. 2, (1991)
- (5) 鈴木健二、小花貞夫：通信プロトコルの標準化動向、電気学会誌、110, No. 6, 422~447 (1990)

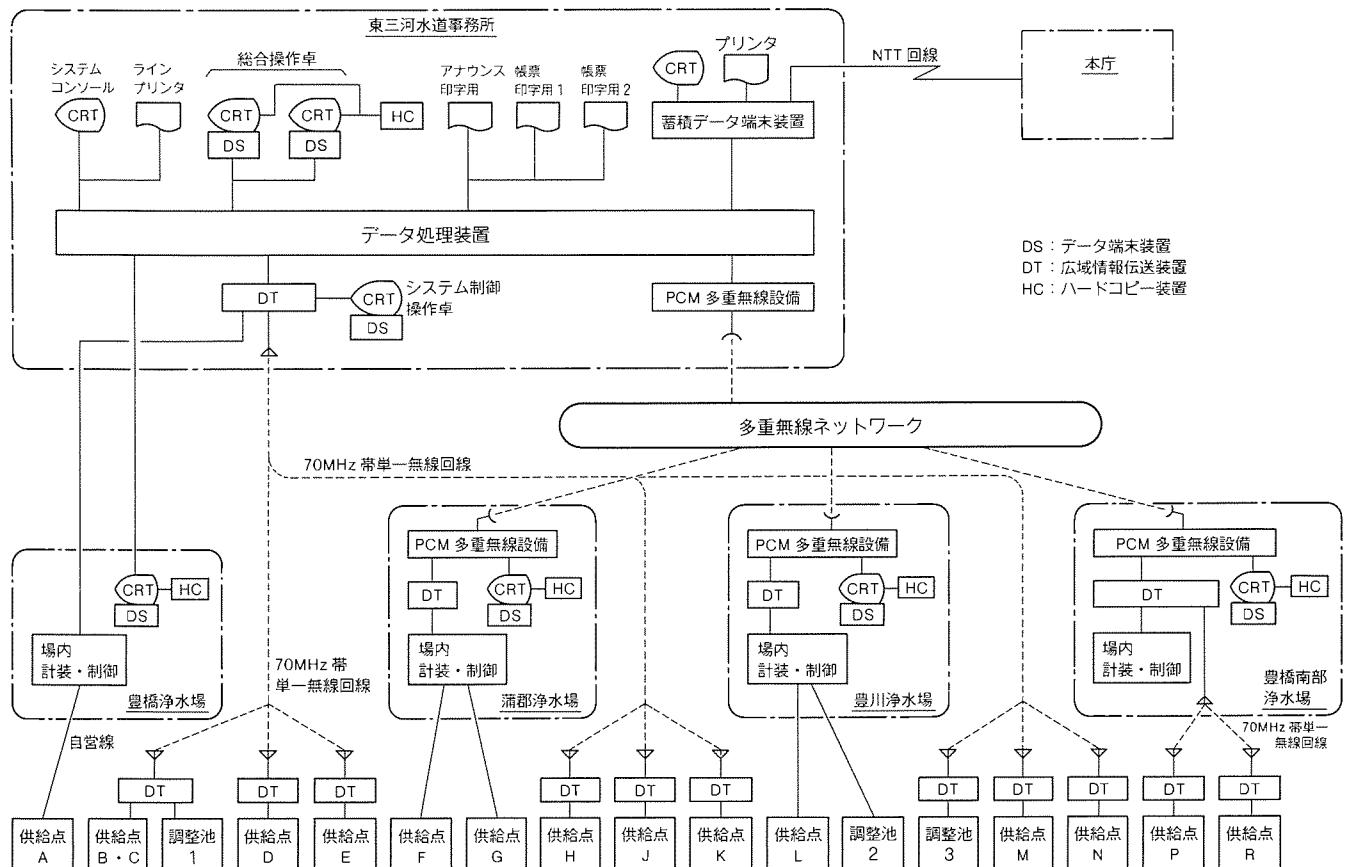


図6. 愛知県企業庁東三河水道無線テレメータ設備システムの構成

(6) 吉原秀樹, 小数賀嘉男, 野中忠彦, 後藤隆久: 大阪府水道部納め送水管理システム, 三菱電機技報, 65, No.11, 1118~1124 (1991)

(7) 鈴木敏明, 吉原秀樹, 内藤茂之, 三木次美: 愛知県企業庁納め東三河水道事務所無線テレメータ設備, 三菱電機技報, 66, No. 4, 459~466 (1992)

レーダ降雨情報システム

井上省三*
浜津享助**
今井靖泰***

1. まえがき

近年の都市化の進展により、住宅やビルの建設及び道路の舗装など不浸透面積が拡大したため、地上に降った雨は大地に浸透することなく河川や下水道に流入する。

この結果、雨水ポンプ場や下水処理場へ流入する雨水は、短い時間の間に急激に増加するので、下水道が普及した都市では、その施設能力を上回り浸水に至る、いわゆる都市型水害の発生が報告されている。

この対策として雨水ポンプ場、貯留管、雨水調整池等の浸水対策施設の整備が進められている。これらの施設を的確に制御するためには、早く正確な降雨情報の入手が不可欠である。

降雨情報としては、特定の地点の雨量ではなく、流入する流域の雨量(面積雨量)が必要である。水害の原因となる集中豪雨は局地的であり、かつ、かなりの速度で移動することが分かっている。従来の地上雨量計では降雨量を点でしか補そくすることができないので、雨域の分布を正確に補そくすることができず、また雨域の移動及び盛衰を予測することができなかった。このような降雨観測の問題点を解決するために、狭域レーダ雨量計が注目されている。

レーダ降雨情報システムは狭域レーダ雨量計を中心として、降雨の現況観測、移動予測及び雨水流入量予測を行い、河川水位、管きょ(渠)水位、地上雨量計データ及び雨水ポンプ施設の情報を総合して提供するシステムである。

本稿では、狭域レーダ雨量計の原理・特徴を述べるとともに下水道におけるレーダ降雨情報システムについて紹介する。

2. 狹域レーダ雨量計

建設省及び気象庁が設置しているレーダ雨量計は、観測範囲が200km以上と広域である。これに対して、雨水排除のために使用するレーダ雨量計の観測範囲は半径100km程度である。観測範囲が100km程度のものを狭域レーダ雨量計と呼ぶ。

2.1 レーダ雨量計の概要

レーダ雨量計とは、降っている雨に電波を照射し、その降雨の強さに応じて反射してきた電波を受信し、降雨の強さと位置を計測するシステムである。図1にレーダ雨量計の概念を示す。

レーダから発射された電波は、雨滴などの反射目標に当た

り反射波(エコー)として返ってくる。エコーの時間遅れによってレーダからの距離を、アンテナの回転角から方向を計測し、降雨の位置を特定する。また、エコー強度と雨量強度の間に一定の関係式が成り立つので、測定された受信電力から雨量強度を算出することができる。この関係式をレーダ方程式と呼び、以下に示す。

$$\bar{P}_r = C \cdot F \frac{B \cdot R^\beta}{r^2}$$

ここで、 \bar{P}_r ：平均受信電力

C ：レーダのハードウェア諸元で決まる定数

F ：補正係数

r ：レーダからの距離

B, β ：雨の種類による定数

R ：雨量強度(mm/h)

ここで B, β は降雨の種類によって異なる定数で、この値を最適値で運用することが高精度の観測を行う上で重要である。

2.2 狹域レーダ雨量計の主要諸元

表1に狭域レーダ雨量計の主要諸元を示す。観測範囲の大小によってタイプ1～3に分けている。次に諸元を決定するに当たっての考え方を説明する。

(1) 観測範囲

観測範囲はレーダを設置するユーザーが観測を必要とするエリアによって決定されるものである。狭く設定すると高速で移動する雨域を余裕をもって観測することができない。逆に広くすると設備が大きくなる。時速40kmで移動する降雨を3時間前から把握するためには、半径120kmが必要であり、これを狭域レーダ雨量計の最大観測範囲とする。

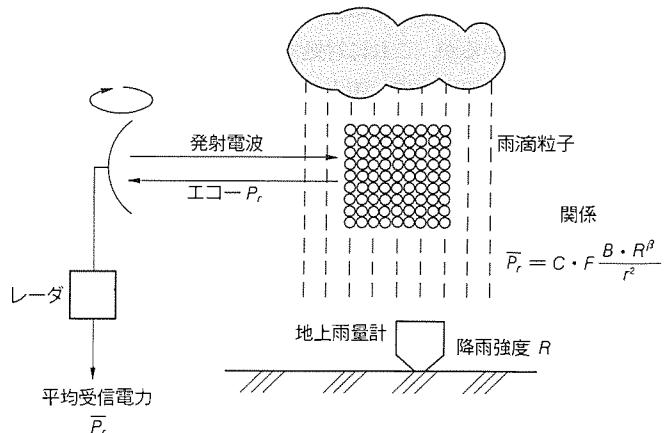


図1. レーダ雨量計の概念

レーダビームは雨雲より下にあり、かつ地表に近いほど観測精度は高くなる。図2に観測範囲設定概念を示す。

(2) 観測メッシュサイズ

メッシュとはレーダアンテナを中心とした同心円を放射状に区切ってできる扇型のことである。このメッシュが降雨を観測する最小単位である。つまりメッシュ単位ごとに地上雨量計を設置しているかのような観測が行える。

降雨の状況を詳細に観測するためには、メッシュサイズを小さくすることが望ましい。レーダ雨量計の精度は電波のビーム幅と発信パルス幅で決定され、レーダから遠くなるに従ってビームが広がるため分解能は悪くなる。狭域レーダ雨量計の分解能とデータ量を考慮し、0~20kmの範囲では分解能の限界である250m四方とする。以下、図3に示すようにメッシュサイズを決定した。なお、メッシュの形は扇型であるがCRTに表示する場合は、見やすくするために正方形に変換して表示する。

(3) 観測周期

レーダアンテナの回転数は4~10r/min程度であるので、全方向を1回観測するためには6~15秒間必要である。しかし、1回転の観測ではデータにはらつきがあるので数回転の平均を行っている。

短時間に高速で移動する豪雨を観測するためには、観測周期は早い方がよい。観測周期を決定する要因は、平均化の回数、データの伝送に要する時間及び情報処理装置の処理に要する時間である。アンテナの回転数を4r/minとし、平均化を5回とすると観測周期は1.25分となる。したがって、1.25分以内にデータの伝送と処理が完了するシステムが要求される。一方、1.25分周期であれば時速50kmで移動する雨域は、1,000m程度の移動で補そく可能となる。また、10回転分のデータを平均化すれば2.5分周期となる。

狭域レーダ雨量計は、観測範囲は半径100km程度と狭いが、最小250m四方の細かいメッシュでかつ最小1.25分の周期で降雨の観測が可能である。

3. レーダ降雨情報システム

1章で述べたように、近年の都市化の進展によって都市型水害が発生しているが、これに対処するために下水道施設の充実とともに、河川の整備、雨水の貯留及び浸透施設の整備、公園や緑地の増加など、総合的な治水対策が行われている。レーダ降雨情報システムはこれらの浸水対策施設を効率的に運用するための情報を提供し、支援する役割をもつものである。

3.1 システムの構成

レーダ降雨情報システムの構成例を図4に示す。例では、伝送路に自営の光ファイバ回線を使用しているが、このほかNTT回線や無線回線を使用した構成も可能である。

(1) レーダサイトの構成

レーダサイトは降雨観測のセンサの位置付けである。設置場所は観測範囲内では雨雲の下をレーダビームが通過するような高い場所で、かつ見通しの良い場所を選択することが重要である。通常は無人であり、降雨監視室から遠隔監視制御を行う。レーダサイトの機器及び機能を表2に示す。

表1. 狹域レーダ雨量計の主要諸元

項目	基 本 仕 様	タ イ プ 1			タ イ プ 2		タ イ プ 3	
1 観 测 範 囲 (km)	半径40				半径80			半径120
2 アンテナ直 径(m)	2	3	2	3	2	3	2	3
3 レドーム直 径(m)	5	5.5	5	5.5	5	5.5	5	5.5
4 送 信 出 力(kW)	70		90	70		90		
5 観測メッシュ	0~20km (m)	250×250	250×250	250×250				
	20~40km (m)	500×500	500×500	500×500				
	40~80km (km)	—	1×1	1×1				
	80~120km (km)	—	—	—	2×2			
6 観 测 周 期(min)					1.25又は2.5			
7 アンテナ回転数(r/min)						標準4		
8 データ平均化回数(回)						標準5又は10		
9 送 信 周 波 数 帯					Cバンド(5,300MHz)帯			
10 観 测 降 雨 強 度(mm/h)					上限250, 下限0.25			
11 アンテナ仰角					仰角固定観測時1.5°程度(可変)			
12 グラウンドクラッタ除去					MTI方式			

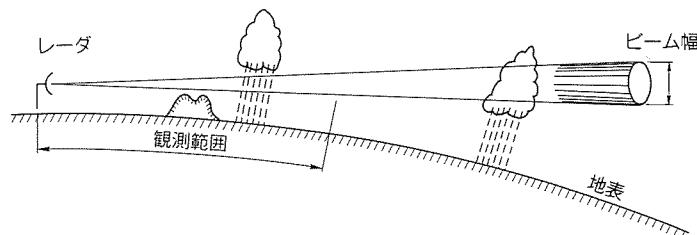


図2. 観測範囲設定の概念

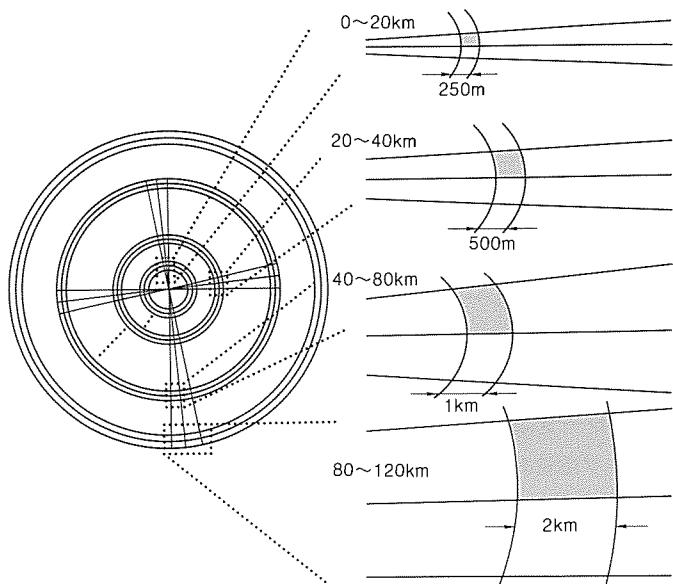


図3. メッシュサイズ

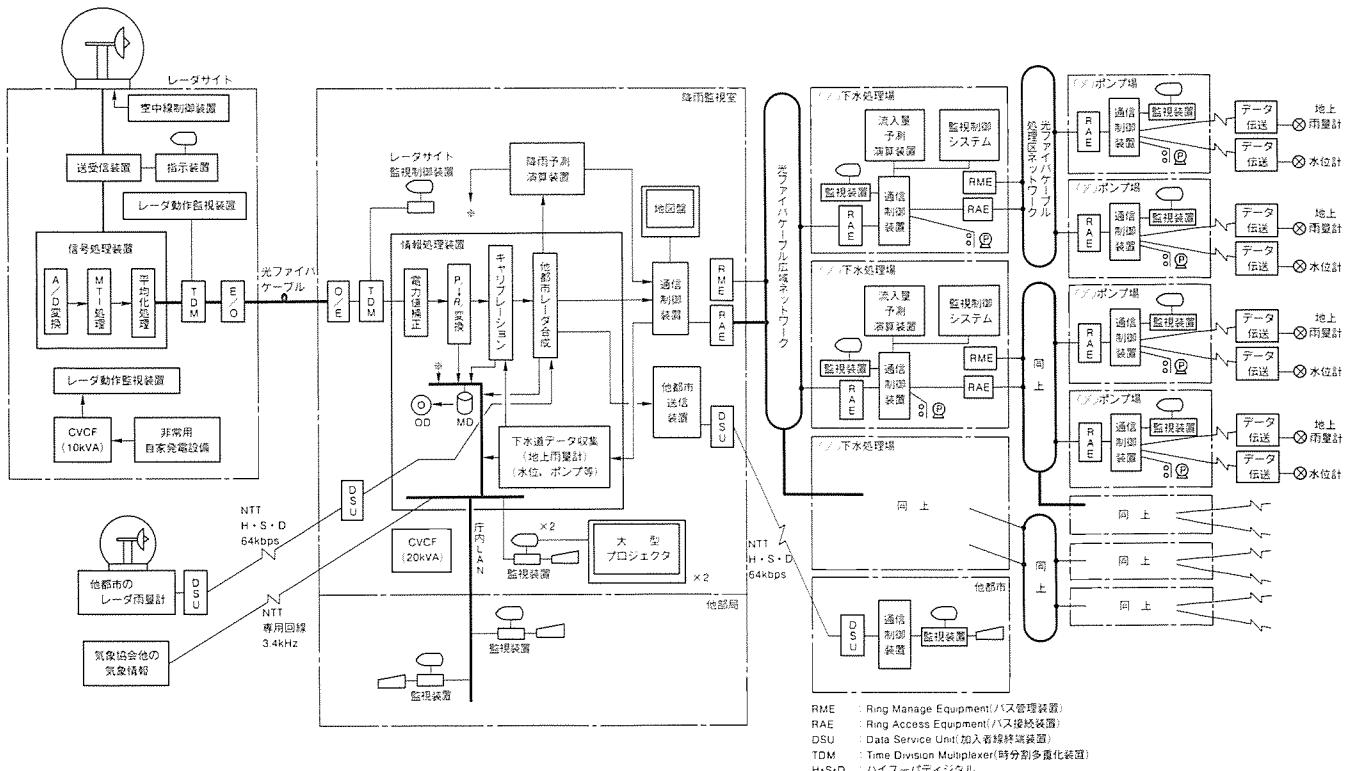


図4 システム構成例(自営光ファイバ回線の場合)

(2) 降雨監視室の構成

降雨監視室では、災害発生時又は災害の発生が予想されるときに、降雨量、管渠・河川水位、雨水ポンプ運転状況などの情報をリアルタイムに把握する。また、降雨データの加工を行い、降雨の移動方向や降雨量の予測を行う。降雨監視室の機器及び機能を表3に示す。降雨予測については3.4節で説明する。

(3) 下水処理場(ポンプ場)の構成

処理区域内の降雨状況の監視を行うとともに、観測された降雨データから流入してくる雨水の量を予測し、雨水ポンプの制御を行う。下水処理場の機器及び機能を表4に示す。

3.2 情報通信の方式

図4のシステム構成例では光ファイバ回線による通信システムを示している。システムを高速ディジタルネットワークを用いて構築する方法として次の3案がある。

(1) NTT等の回線の利用

NTT等では、高速ディジタル回線のサービスを開始しており、これに対応して加入者側の機器の開発が積極的に行われている。

(2) 無線回線の利用

防災行政無線などのような自営のディジタル無線ネットワークを利用する。従来はアナログ方式が主流であったが、近年の情報量の増加に伴ってディジタル化が進展している。

(3) 下水管渠光ファイバ回線の利用

第7次下水道五ヶ年計画では下水道管渠を利用した光ファイバ通信網の整備がうたわれており、一部の都市では光ファ

表2 レーダサイトの機器と機能

	機器名称	機能
レーダサイト	空中線装置	アンテナから電波を発射し、雨滴からのエコーを受信する。風・雨による影響を避けるためにレドーム内に収納し、レーダアンテナの水平回転・仰角変更を制御する。
	送受信装置	大電力のマグネットロンによって、パルス状の電波を発生させレーダアンテナに送る。また、エコーを受信し、指示装置及び信号処理装置へビデオ信号を送信する。
	信号処理装置	ビデオ信号をデジタル信号に変換した後、山岳・建物などからの反射信号(グラウンドクラッタ)をMTI処理で除去し、平均化処理を行う。

表3 降雨監視室の機器と機能

	機器名称	機能
降雨監視室	情報処理装置	受信電力値を大気や途中降雨による減衰の補正を行ったのち、レーダ方程式によって雨量強度に変換する。 地上雨量計のデータによる補正(キャリブレーション)や他の自治体の雨量レーダとの合成を行う。観測データや各種係数の保存を行う。
	降雨監視装置	降雨データをイメージ地図及びベクトル地図の上に重ね合わせて表示する。 降雨データを保存し、積算値の表示・降雨帳票の作成及び履歴再生表示を行う。
	信号処理装置	1~2時間程度先の降雨の移動方向、速度の予測を行う。結果は降雨監視装置のCRTに表示する。

イバケーブルが敷設され、実用に供されている。

3.3 下水道での利用

レーダ降雨情報システムは、現在の降雨強度、場所の情報

提供だけでなく、降雨の移動予測及び雨水流入量予測が可能であり、次の利用方法が考えられる。

(1) 人員配備体制への情報提供

最大120km先の降雨の状況をリアルタイムで把握することができ、またその移動予測を行うことにより、降雨時の人員配備体制の発令と解除への情報を提供する。

(2) 雨水排水ポンプと貯留施設の制御

降雨現況データ、移動予測及び管渠水位などから貯留管などの貯留施設を効率的に運用して、雨水ポンプ施設への流入を制御し、また流入量を予測することによって雨水排水ポンプを効率的に制御する。図5に制御概念を示す。

(3) 水質保全

降雨の予測を行うことにより、初期降雨による汚濁水を一時貯留するなどして放流水の水質保全を行う。

(4) 現有施設の評価

細かいメッシュの降雨データ、ポンプ運転状況及び管渠水位などのデータを蓄積し、解析することによって排水区のより正確な流出モデルを作成し、雨水流出シミュレーションを行うことによって現有施設の処理能力の評価を行い、増設・更新の参考とする。

3.4 降雨移動予測

雨水ポンプ場への流入量を予測するためには、現時刻までの降雨量を正確に把握するだけでは不十分である。

雨水ポンプ場への流達時間は、距離が離れるに従って長くなるが、ポンプ場の近くの降雨はごく短時間のうちに流入すると考えられる。したがって、10分後の流入量を予測しようすれば10分先までの降雨量を予測する必要がある。

流入量予測に必要な降雨の予測は、現時刻から数時間先の短時間の降雨量である。現在、レーダ雨量計を利用する短時間降雨予測モデルが多数提案されている。このうち、土木研究所・筑後川ダム統合管理事務所が開発した雨域追跡法と、京都大学が開発した移流モデルの適用例が多い。

雨域追跡法は Δt 時間離れたエコーカラーパターンを比較して、雨域の移動ベクトルを求める方式である。移流モデルはメッシュ単位の降雨強度の変化を移流方程式で表し、雨域の回転、せん断的ひずみ、膨脹などを予測する手法である。

予測の精度についてはIshizakiら⁽¹⁾によると建設省の赤城山レーダのデータ

表4. 下水処理場(ポンプ場)の機器と機能

機器名称		機能
下水処理場 (ポンプ場)	降雨監視装置	降雨データをイメージ地図及びベクトル地図の上に重ね合わせて表示する。 降雨データを保存し、積算値の表示・降雨帳票の作成及び履歴再生表示を行う。
	流入量予測演算装置	降雨データ、管渠水位データをもとに処理場・ポンプ場への流入雨水量の予測を行う。その結果から、最適な雨水ポンプの制御方法のガイダンスを行う。
	監視制御システム	下水処理場(ポンプ場)の監視制御を行うシステムであり、流入量予測演算装置のガイダンスをもとに雨水排水ポンプの制御を行う。

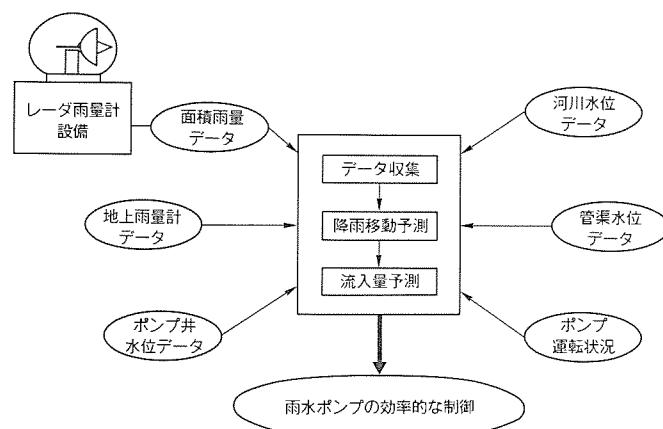


図5. 制御概念

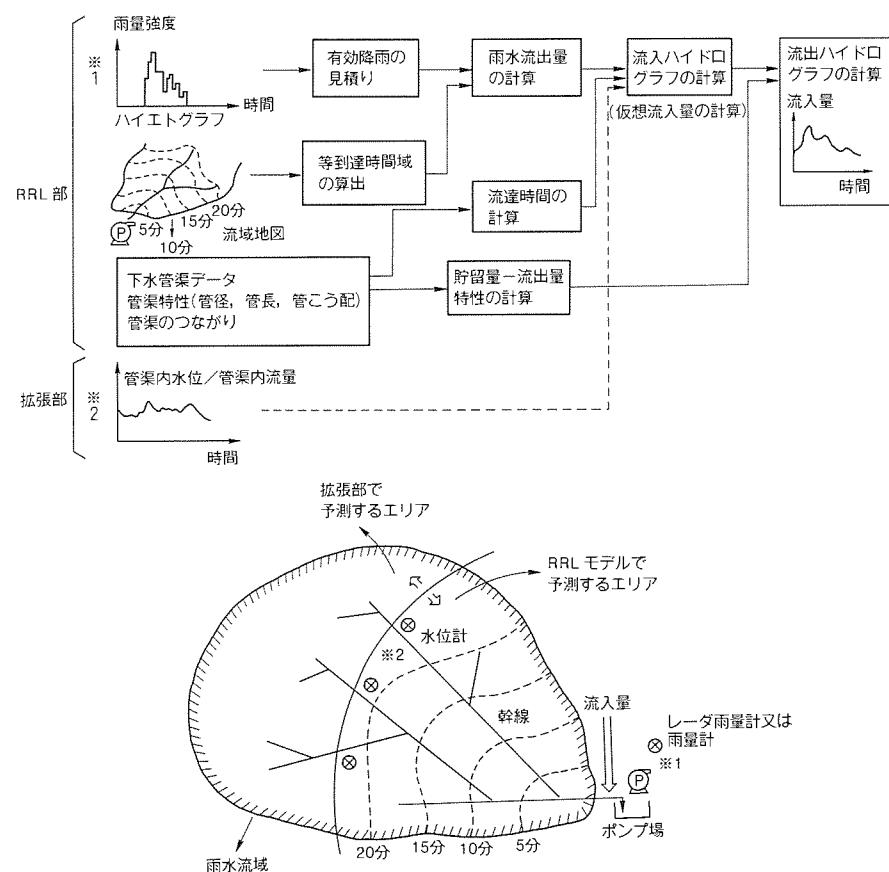


図6. 拡張 RRL モデルの概要

タを用いて雨域追跡法によって予測した結果、1時間予測では相関係数0.6~0.9と安定した結果が得られるが、2~3時間予測では相関係数0.2~0.6にとどまっている。

また、1982年7月に長崎県を中心に生じた長崎豪雨を対象に建設省积迎岳のレーダデータを使用して雨域追跡法と移流モデルを適用し、予測の特性を比較した結果、両方とも1時間予測では安定した予測が行われており、予測精度は同程度であると報告されている。

3.5 雨水流入量予測

都市部での雨水流入量を予測する手法として、都市域における雨水の流出現象と下水管渠における流下のプロセスをモデル化した都市流出モデルが提案されている。これには合理法、RRL法、拡張RRL法、貯留関数法などがある。この中でRRL法に管渠水位データを組み込んで流域面積の拡張に対応できる拡張RRL法が実際に適用されている。その概要を図6に示す。

RRL法では、降雨データから等流達区域ごとに時刻と雨量強度の関係を表したハイエトグラフを作成し、流入量予測の基本データとする。地上雨量計では設置している地点の雨量は計測できるが流域の降雨量を代表しているとは限らない。狭域レーダ雨量計では250mメッシュのデータが流域全体で得られるため、より正確なハイエトグラフの作成が可能になり、流入量予測の精度向上が期待できる。

3.6 監視装置の高機能化

高機能ワークステーションの採用によって大量のデータの高速な処理が可能となり、以下の機能を実現した。

- (1) イメージ地図と降雨データの重ね合わせ表示
- (2) ベクトル地図と降雨データの重ね合わせ表示
- (3) 自由な方向へのスクロール、及び拡大、縮小表示
- (4) 降雨データのトレンドグラフ表示と帳票の作成
- (5) 降雨データによるアナウンスメントの表示
- (6) 降雨の簡易移動予測
- (7) ポンプ運転状況、ポンプ井水位、河川水位等の表示

この監視装置を利用して作成したCRT画面例を図7に示す。

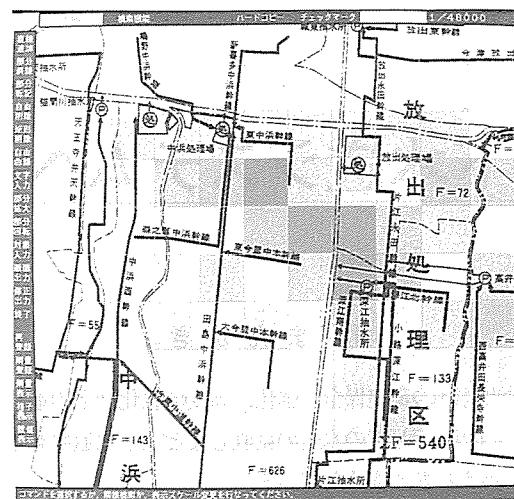


図7. CRT画面例(250mメッシュ)

4. むすび

上水道事業に加え、下水道事業でも本格的な維持管理時代を迎え、効率的な運営が望まれており、高度情報技術を導入した広域管理システムの実現が待たれている。

レーダ降雨情報システムは、下水道の総合運用に必要なデータを提供するシステムであると位置付けることができ、下水道広域管理システムの一環を成すものである。

本稿では、レーダ雨量計の概要とこれを利用した雨水排除システムについて当社の考え方を述べた。

都市化がますます進行する中で、レーダ降雨情報システムは雨水排水施設の最適運転、ひいては都市型水害の防止に非常に有効なシステムである。降雨移動予測の手法及びレーダ雨量計データを利用した雨水流入量予測の手法については、更に精度を向上させるため一層の開発を進める所存である。

参考文献

- (1) Ishizaki, K., et al. : A Study of Short-Term Rainfall Prediction by Radar Raingauge. New Directions for Surface Water Modeling, Proceedings of the Baltimore Symposium, IAHS Publ., No. 181 (1989)

上下水道システムへのAI応用

築山 誠* 前田和男***
泉井良夫* 野々山めぐみ***
中村泰明**

1. まえがき

地球的規模の環境保全の強化、高度情報化社会の進展、アメニティの場としての水辺の見直しなど上下水道事業を取り巻く環境は大きく変化している。

上下水道システムの監視制御の分野でも、①安全でおいしい上水、触れることのできる処理水など水質の更なる向上、②維持管理の充実と高度化、③運転の自動化・作業のロボット化、④事務処理の効率化、⑤住民サービスの向上、など新しい課題が掲げられている。

これらの課題の解決法として、最適化を目指した従来のシステム技術に加えて、情報化やヒューマンファクターを十分考慮した“やわらかなシステムズアプローチ”とりわけエキスパートシステムを始めファジー制御、ニューラルネットなどAI(Artificial Intelligence:人工知能)応用技術が注目を集めている。対象業務としては、監視制御システムを支援するオンライン系とエンジニアリングOAなどのオフライン系に大別される。システム構成としては、最近急速に発展しつつあるエンジニアリングワークステーション(EWS)の高速演算機能、音声・画像などのマルチメディア機能、ネットワーク機能及び豊富なソフトウェア開発環境を活用したものが多い。

本稿では、上下水道分野へのAI応用例を中心に、最近の適用事例及び新しい技術動向について述べる。

2. 上下水道分野における技術動向

2.1 AI応用によるシステム化の背景

システムズアプローチは、第一世代の数理的手法による最適化を目指した定型処理から、第二世代のエキスパートシステム、ニューラル、ファジーなどAIを応用し知能化を目指した非定型処理、第三世代のより人間との交流を深めるヒューマンコンピュータ協調処理へと高度情報処理に向けて発展しようとしている⁽¹⁾。

上下水道プラントにおける計画・運用・管理・教育・訓練の各システム技術では、①状況に応じた関連情報の取り出し、②プラン異常状況の把握と対応支援、③深いプラン理解の支援、④未経験の事態に対する能力の向上など高度なテーマが掲げられ始めた。

2.2 上水道分野における動向⁽²⁾

オンライン型エキスパート制御は、送水系統運用計画、配

水制御などを中心に12年前から始めている。現在、①浄水場の自動化、②広域送配水計画、③配水圧力制御、④設備診断と復旧支援、⑤台帳管理、⑥研修システム、等に応用されつつあり、将来的には、上水道事業向け戦略情報システム(SIS)、コンピュータ統合製造システム(CIM)の構築にも意志決定支援の中核部として適用を考えている。

また、ニューラルネットを用いた設備診断や記憶に基づく学習法を応用した需要予測など多方面に展開している。

2.3 下水道分野における動向⁽²⁾

エキスパートシステムでは、水処理制御、電力制御、雨水ポンプ制御のガイドスに始まり、排水機場や下水処理場の設備診断、発電機予防保全雨水ポンプ制御の各システムへ適用され、現場で順調に稼働している。将来的には、雨量レーダーを用いた雨水ポンプ制御、小規模処理場群管理、受送泥スケジュール制御、泥トータル管理、処理場総合管理、台帳管理への応用が見込まれている。

また、その他のAI応用として事例データベースを用いた設備診断、ファジー推論を応用したオートチューニングコントローラ、ニューラルネットを応用した雨水ポンプ制御など活発に開発されている。将来的には、ポンプ場や処理場と本局とをつなぎ統合型情報ネットワークの中核の一つとして意志決定支援や設備管理支援などのAI応用システムを考えている。表1に上下水道分野のAI応用の一覧を示す。

3. 最近の適用事例

3.1 送水運用支援システム⁽³⁾

3.1.1 全体システム構成

ソフトウェアシステムは、知識ベース・推論エンジン・作業エリア・データベース・数理的ツール・推論履歴エリアか

表1. 上下水道分野におけるAI応用例

業務内容	上 水 道	下 水 道
計 画	需要予測(NN) 送配水運用計画支援(ES)	送泥スケジュール(ES) 揚水ポンプ計画(ES)
運 用	圧力制御支援(ES) 管網解析支援(ES) 薬注プロセス診断(ES)	雨水ポンプ制御(ES) 水処理制御(ES) 活性汚泥プロセス診断(ES)
管 理	設備診断支援(ES) GIS予防保全(NN)	事例ベースによる 設備診断(ES) 発電機予防保全支援(ES)
教育・訓練	訓練センター(ES)	研修システム(ES)

注 NN: Neural Net

ES: Expert System

ら構成される。数理的ツールには、送水系統シミュレータや需要予測プログラムなどのツールが含まれる。また、ハードウェアは通常の工業用計算機システムである。

3.1.2 運用計画支援過程

1日の運用計画案を作成していく途中経過を図1に示す。まず、第1のサブゴールは、必要な情報を確認し、作業エリアにもつくることである。第2のサブゴールは全域の総需要の時刻ごとの需要予測値を確認することである。このサブゴールを達成させるために需要予測プログラムを走らせ、作業エリアのデータに基づき結果を得る。そして予測結果をオペレータに示し、オペレータがその結果に不満ならば値を修正する。

ポンプ送水量を得るサブゴールでも、推論過程は基本的に同じである。そのサブゴールに関係する知識を使用することによって、システムはポンプの送水量変化曲線を与え、池の水位曲線などをオペレータに示す。オペレータがその結果に不満足なとき、システムに代替案を求めるように要請し、結果としてより好ましい案を得る。このポンプ送水量の選択はオペレータの評価基準に基づいて行われる。もし、満足のいく解が発見できなければ、すなわちそのサブゴールを達成できなければ、推論エンジンは知識に従って、以前のサブゴー

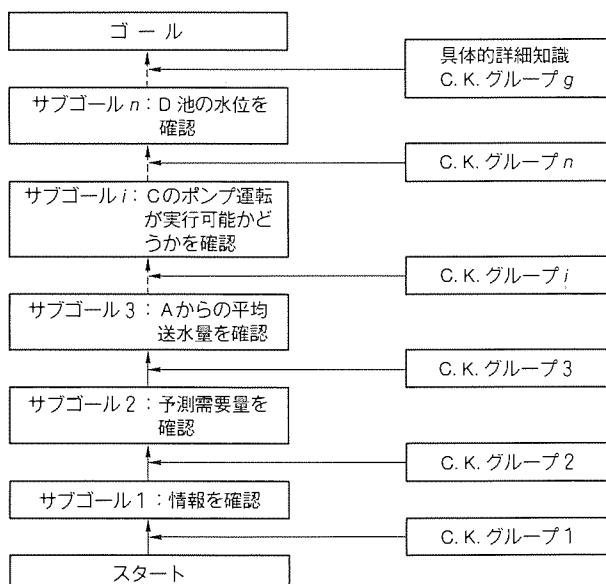
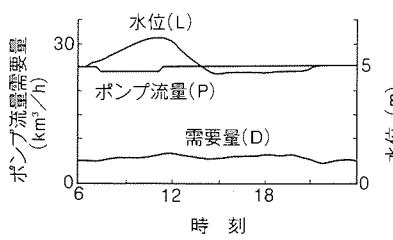
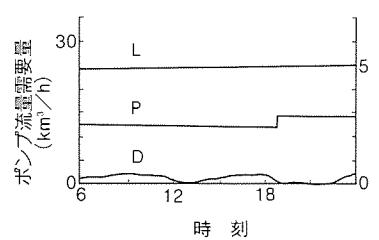


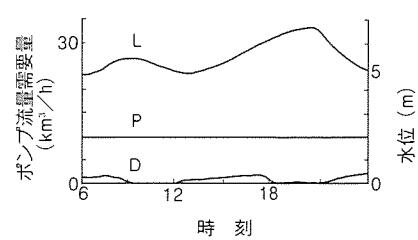
図1. 送水運用支援システムにおける支援過程⁽³⁾



(a)



(b)



(c)

図2. 運用計画結果の一例⁽³⁾

ルに戻り、やり直しを行う。日運用案は1日に1度立てられる。この運用案は実行時の毎時刻にチェックされる。

3.1.3 支援システムの評価

このシステムの評価は、計画案の評価関数に基づく最適性とオペレータの使いやすさ、理解しやすさの二面から行われる。計画案は知識ベース内のヒューリスティクスに依存しているため、客観性をもった最適性は保証されていない。次に実送水系統のヒューリスティクス知識によるこの支援システムの結果とオペレータの評価を述べる。

運用計画結果の一例を図2に示す。数理計画法による従来の結果とヒューリスティック法の比較表を表2にまとめる。新システムによって作成された運用計画案はオペレータの知識に基づくので違和感がなくオペレータにそのまま受け入れられた。現在順調に現場で稼働中であり、オペレータから理解しやすく、使いやすいとの評価を得ている。

3.2 雨水ポンプエキスパート制御システム⁽⁴⁾

3.2.1 システム開発の背景

雨水ポンプ設備の大規模・複雑化に伴い、その運転操作業務で、①緊急時の適切な判断と迅速な対応、②プラント動作の透明化、③ユーザーの経験則の制御論理への反映、④運転ノウハウや知識の伝承と共有化、⑤ソフトウェア改修の容易化、など高度な自動化の要請が一段と強まった。

3.2.2 システムの特長

- (1) リアルタイムの高速推論ができる。
- (2) 自動的に制御を実行するとともに、その状況の説明や背景的知識の解説を示すことができる。
- (3) 階層型の表形式の推論ルール及び関連する図面や映像による解説も含め、知識の追加・変更がユーザー自身ができる。

3.2.3 システム構成

システム構成は、図3に示すように主コンピュータ(M60/200)エキスパートワークステーション(GX-7000)、コントローラ(M710)からなる階層分散型をとっている。ソフト

表2. ヒューリスティック法と数理計画法との比較⁽³⁾

	サンプリングタイム(h)	必要メモリ(Kバイト)	計算時間(min)	得られた運用案
数理計画法	6	64	30	修正が必要
ヒューリスティック法	1	32	10	実用的

ウェアシステム及びハードウェア写真をそれぞれ図4、図5に示す。同図の32ビットエキスパートワークステーションのCRT、キーボード及びマウスを用いたマンマシンインターフェースによって、専門家の知識に基づく推論が分かりやすく表示される。また、光ディスクによる電子ファイル機能を付加し、説明用の出力としてイメージ図面を表示し、オペレータの理解を容易にする工夫をしている。

3.2.4 システム評価

現場で順調に稼働しており、従来システムに比べて運転性や保守性を飛躍的に高めたとの評価を得ている。なお、このシステムは受電・発電・ポンプ設備の重故障時の緊急対応と診断にも適用されている⁽⁵⁾。

4. 最近の話題

エキスパートシステムに始まり、ファジー、ニューラルネットと知能情報処理技術が注目を集め、次第に実用的かつ洗練された手法及び応用例も現れてきた。当社でも従来のエキスパートのあらかじめ想定された状況にのみ対応策を推論するテンプレートマッチング方式を改め、類推機能をもつ事例データベースの導入、帰納的な推論と演えき(繹)的推論を併用し、不都合を検出して対話型で知識を獲得する新しい知識獲得支援システム、学習機能をもつニューラルネットによる設備予防保全システム、自己組織化機能をもつデータベースによる配水量予測など盛んに新しい試みがなされている。以下に幾つかの例を紹介する。

4.1 事例ベース推論による設備診断⁽⁶⁾

4.1.1 概要

この診断システムは、異常・処置の報告書作成を事例ベースシステムによって支援すると同時に、この報告書を事例とする事例ベースに基づいて異常診断を行う。

このシステムでは、①症状の入力、②類似事例の検索、③異常原因の入力、④処置の入力、⑤所見の入力を支援する。各入力項目に関するインデックスを基に②の類似検索を行う。検索された事例は新しい問題に適合するように利用者と対話型で修正され、新たな事例としてこのシステムに追加される。

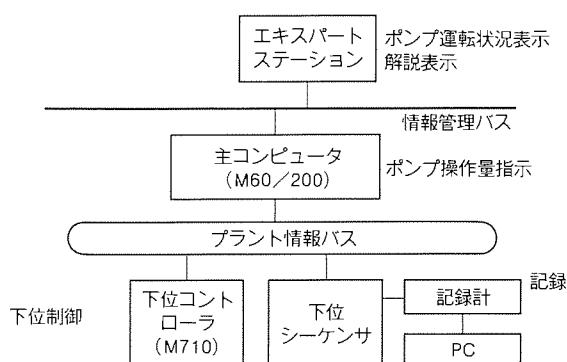


図3. 雨水ポンプエキスパート制御システム構成

事例は、属性、属性値の組によって表現され、補足資料としてメモや画像ファイルがリンクされている。事故報告書の作成は、類似事例を参照、コピーしながらシステムが用意している入力用フォーマットに情報を書き込むことによって行える。

4.1.2 システム構成

ソフトウェア構成を図6に示す。なお、ハードウェアはEWSを用いている。

(1) 手続き的知識 DB

手続き的に表現される知識を記憶する。診断手続き知識と類似事例探索知識からなり、前者は診断の流れを制御する知識であり、後者は類似事例を探索するための知識である。

(2) 事例ベース

過去の診断事例の症状、原因、処置、所見及びそれらに関する固有のメモを記入する。

(3) シソーラス

このシステムで使用する用語を定義・記憶するもので、対象領域に特有な概念構造に従って関係づけられており、この構造をもとに類似検索を行う。

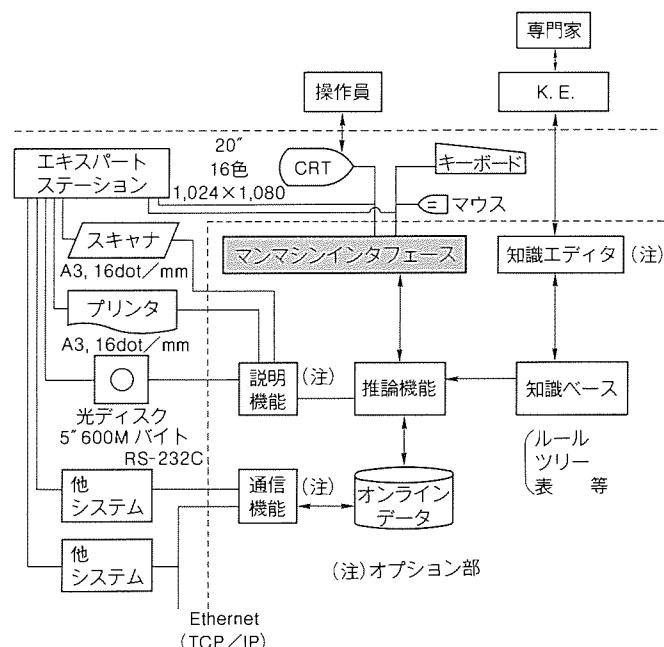


図4. 雨水ポンプエキスパート制御システムのソフトウェアシステム構成

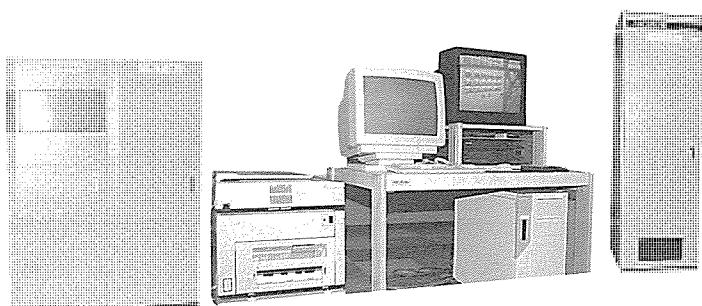


図5. 雨水ポンプエキスパート制御システムのハードウェア構成

診断プロセスの原因指定支援のCRT画面例を図7に示す。

4.2 ニューラルネットの電力機器予防保全への応用⁽⁷⁾

4.2.1 概 要

このシステムは、ニューラルネットの学習機能を利用して、電力機器の一種であるガス絶縁型開閉装置(GIS)の予防保全を行う。

GISのタンク内部に金属破片などの異物が混入していたとすると部分放電が発生し、内部の絶縁ガスがタンクを振動させる。この振動が加速度の変化として加速度センサに検知される。このときの出力のスペクトル分布から逆にタンク内部の異常を検知しようとするものである。

4.2.2 システム構成と異常原因推定

異常の原因の推定は、図8に示すように階層的に行われる。まず、モジュール1で正常か異常かの判定を行う。もし、異常と判定されれば、モジュール2で異物混入か接触不良かが判定される。もし、異物混入に対応するニューラルネットの出力が大きければモジュール3を起動し、異物の位置を同定する。この場合は、異物が中心導体又はタンク内壁に付着、若しくは浮遊している場合の3種類を判定する。

正常か異常かの判定すなわちモジュール1の正答率は、未学習データに対しておおよそ90~100%である。また、異常

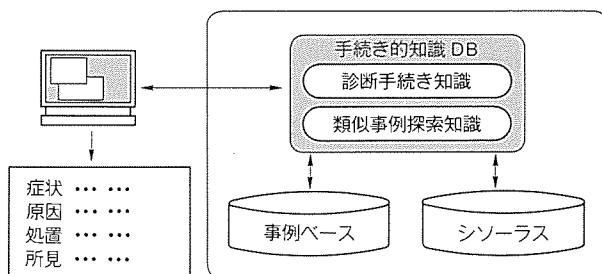


図6. 事例ベース推論のソフトウェア構成⁽⁶⁾

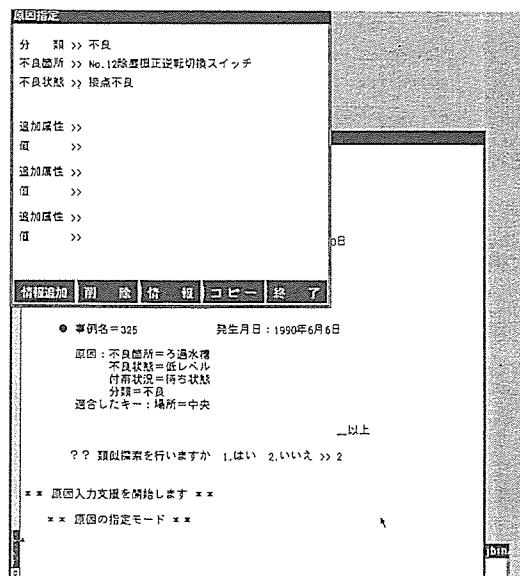


図7. 原因指定支援画面の表示例⁽⁶⁾

原因を詳細に分類したときの正答率は、おおよそ80~90%となっている。なお、ニューラルネットワークは多層型で、学習としてバックプロパゲーションを用いている。

4.3 Memory-Based Learningによる配水量予測⁽⁸⁾

(1) 概 要

このシステムは、構造が明らかでない非線形な関係を高速に近似する自己組織化情報ベースであるMemory-Based Learningを用い配水量需要予測を行う。

この手法は、従来の重回帰分析の限界すなわち需要量と要因間の非線形な関係の近似、また最近盛んに試みられつつあるニューラルネットの限界すなわち学習時間が長いとかパラメータの意味が不明確なため、性能改善に難点がある点を克服しようとするものである。

(2) Memory-Based Learning

曜日・天候・気温・湿度などの入力量と配水需要量を出力とすると、サンプルデータベースには入出力例が記憶され、この記憶空間上に適切な距離を定義しておく。予測用の入力データは、記憶空間上で距離が近いサンプルデータを用いて予測を行う。また、多次元の予測データを構造化して管理するため木構造を用いる。図9にMemory-Based Learningのイメージを示す。

(3) システム構成

システム構成を図10に示す。サンプルデータベースには過去の入出力例が記憶され、サブデータベースでは、曜日・

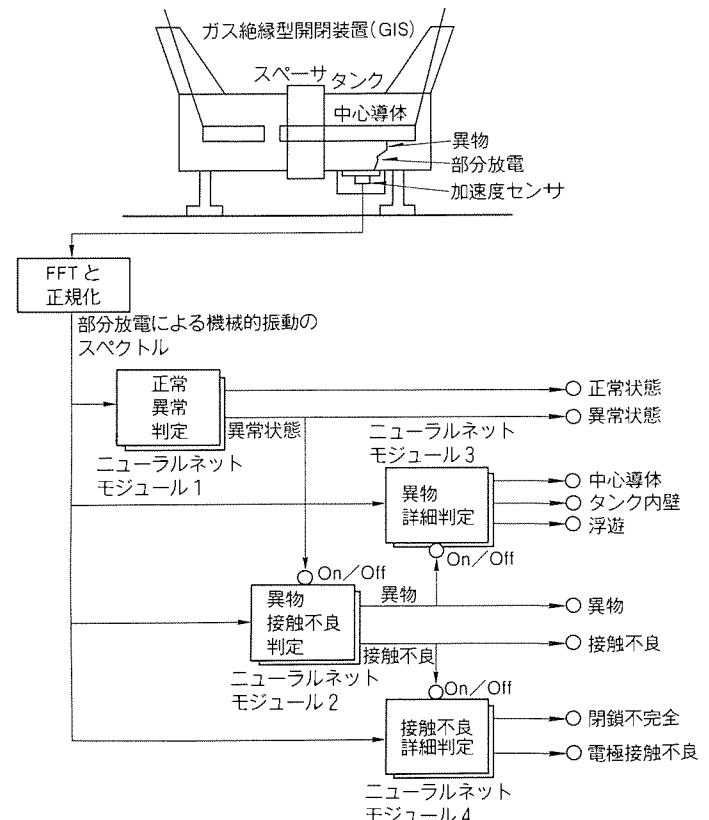
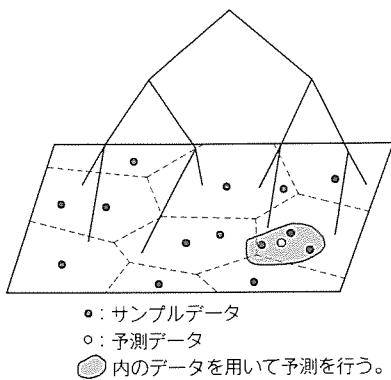
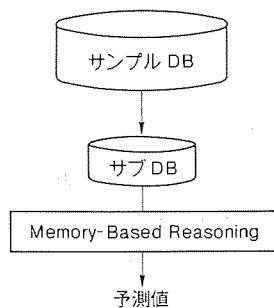
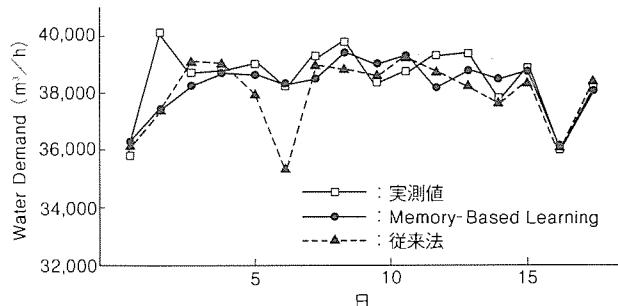


図8. モジュール化ニューラルネットワークによる
GISの異常状態の木構造分類⁽⁷⁾

図9. Memory-Based Learning⁽⁸⁾図10. 配水量予測システムの概略構成⁽⁸⁾図11. 配水量の予測結果⁽⁸⁾

天候などの種別によって分類されている。また、サンプルDBはサブDBの抽出を高速化するために多次元の木構造で管理する。

(4) システム評価

図11に予測結果を示す。この手法での予測平均誤差は1.2%となり、従来法の1.9%に比べて良好な結果である。

5. む す び

上下水道分野へのAI応用例として、エスキパートシステムの最近の適用事例及び今後の知能情報制御システムへと発展するほう(萌)芽となる事例データベース、ニューラルネット、Memory-Based Learningなど幾つかの新しい試みも紹介した。

今後の知能情報制御技術も、従来の制御・ファジー・AIに加えニューロ・マルチメディア技術の各々協調がとれた交流が強くなり、全体として統合のとれた体系が実現するであ

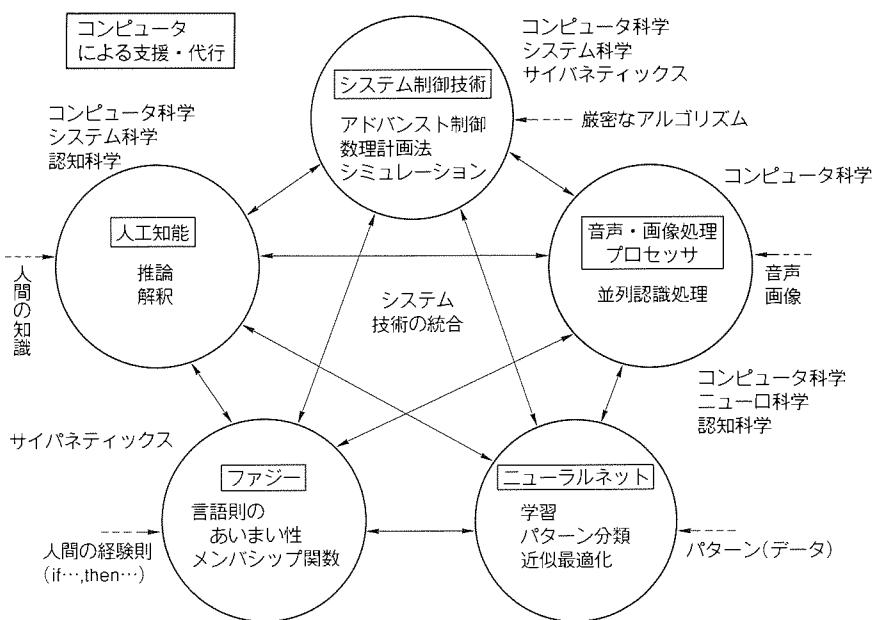


図12. 知能情報処理技術の将来

ろう。図12にその将来像を示す。

我々は、常に最新の知能情報処理技術を適用し、ユーザーへ最適なソリューションを提供し、調和のとれた上下水道システムづくりを実現するシステムインテグレータの役割に一層の磨きをかける所存である。今後とも関係各位の御指導御鞭撻を賜りたい。

参考文献

- 西田正吾, 佐伯 育: ヒューマン・コンピュータ交流技術, 11~31, オーム社 (1991)
- 前田和男, 井上省三, 綾 信吾, 築山 誠, 広辻淳二: 上下水道プラントにおけるエキスパートシステム, 三菱電機技報, 62, No. 12, 1046~1051 (1988)
- 小沢純一郎, 築山 誠: 知識ベースによる送水系統運用計画支援法, 電気学会論文誌D, 109-D, No. 5, 318~324 (1989)
- 渡辺 充, 渡辺昭男: 運転管理における知的支援システムの運用について, 下水道研究発表会講演集 (1989)
- 前田和男, 野々山めぐみ: 下水道設備管理支援エキスパートシステム, 第27回下水道研究発表会講演集 (1990)
- 仲谷善男, 築山 誠, 福田豊生: 設備診断への事例ベース推論の応用: CADIAS 第15回知能シンポ, SICE (1992)
- 荻 宏美, 田中秀雄, 穂本能彬, 泉井良夫, 田岡久雄, 坂口敏明: ニューラルネットワークのガス絶縁遮断器の故障診断への適用, 第13回知能シンポ (1991)
- 玉田隆史, 丸山 稔, 中村泰明, 阿部 茂: Memory-Based Learningによる配水量予測, 電気学会全国大会 (1992)

上下水道における設備情報管理システム

若月秀樹* 米本孝二*
石崎 貴*
森 研一*

1. まえがき

上水道及び下水道の水処理プラント分野では、浄水場や下水処理場などのプラント運用に供する機場での監視制御システムと、上水の配水管線システムや下水のポンプ所の遠隔システムなど遠隔装置を主体とする広域監視制御システムが存在する。

最近は、それらのプラントの機場監視制御システムと広域監視制御システムを融合して高度で効率的な運用を図るために、それらのシステムを有機的な情報ネットワークによって結合した統合管理が進展している。

一方、従来の機場監視制御や広域監視制御と少し離れた局面での都市のライフラインとしての上下水道施設管理への情報通信技術の導入が進展している。

上下水道分野ではより良い運転管理を目指して、各種データ分析・解析・運転計画の立案が行われている。また、設備や施設を常に良い状態に保つため、事故や故障に対する対応や維持管理、改良、改善等の、設備の更新計画も行われている。こうした業務に対して各種データの保管や検索、シミュレーション、及び台帳や図面の作成・編集が可能な設備情報管理システムが求められており、これまで汎用コンピュータによるデータベース管理や電子ファイリング、パソコン等のOA機器などの個別の機器での導入が行われてきた。

今後、こうした設備情報管理システムは、いわゆる従来の機場及び広域の監視制御システムと統一的な考えのもとに、統合化されたシステムへと展開していくと考えられる。

本稿では、こうした動向をふまえ、設備及び施設の維持・運用管理を目的とした当社の設備情報管理システムについて紹介する。

2. 設備情報管理のシステム概念

2.1 維持管理の分類

上下水道分野の維持管理では設備されている施設を使用して、安全かつ効率良く上下水道の運用目的を達成すべく運転する。そのために、施設を長期的な目的にそって運用を可能ならしめるよう必要な点検・整備を通じて保全を行い、施設の円滑な運営を行う。

上下水道分野での維持管理は、概念を図1に示すとおり、監視制御システムと同様、機場内と機場外(管路)に関する管理業務に分類して分けて考えることができる。

2.2 広域施設管理システム

広域施設管理システムでは、上水道における配水管・給水管や下水道における管きょ(渠)など管路に関する情報の管理・活用を目的とし、地下に埋設されている管路を施設時(更新時)の施設状況を示す台帳・図面等と属性情報を基に維持管理がなされる。

ある地域内の各所に散在する各種管路を管理する場合、地図を利用して地図上から目的の台帳・図面等を関連付けて探すことが有効である。具体的には、

- (1) 地図や台帳、図面等をイメージデータとして入力・保存する。
- (2) 地図上の該当箇所(位置)にリンクされた台帳・図面等を地図上に重ね合せ表示する。
- (3) 必要な管路をベクトルデータで作成し、地図上に重ね合せ表示したり、その管路にリンクされた台帳・図面等を表示する。

このように、地図を利用することで、地図と台帳、図面等を同時に扱うことで検索を容易にし、既存の台帳・図面等の活用、ひいては保管スペースの省スペース化が可能となる。

2.3 プラント設備管理システム

プラント設備管理システムは、機場に設備されている各種機器(装置)に関する情報の管理・活用を目的としたもので、機場の設備に関する電気・機械・建築等の設備図面や台帳等を基に維持管理を行う。

プラント設備の場合、更にプラントの監視制御システムと連携させることにより、故障診断や機器の保全計画の支援等

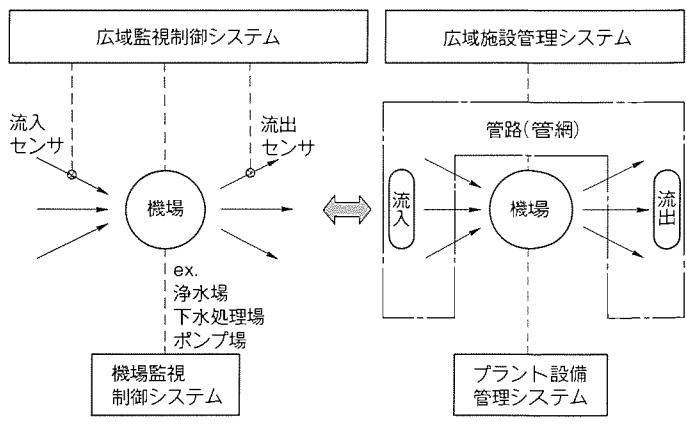


図1. 設備情報管理のシステム概念

へ拡張される。

プラントにおける設備の維持管理は以下の三つに大別される。

(1) 運転管理

管理日報・月報・年報や管理速報、また装置やプラントの異常時の被害速報等、施設の運用に関する各種報告書の作成を行う。

(2) 水質管理

水質管理のための管理月報・年報作成のためにデータを収集・蓄積し、水質試験資料や統計データ(表・グラフ)の随時作成を行い各種報告書を作成する。

(3) 設備管理

設備の導入・増強・交換などの設備仕様、工事履歴管理や電気設備・機械設備の台帳管理を行う。

また、機器の定期点検時期、交換時期、オーバホール等の保守点検・実施管理や現場からの故障報告書による故障履歴管理、各設備の備品、薬品等の在庫管理を行う。

これらは、図2に概念を示すように各々個別に存在するとともに、システム的に統合化することにより、各分野の情報を有機的に結合し、情報の相互活用、設備に関する総合的な

情報収集・判断を可能とする。

3. 維持管理システムに要求される機能

維持管理業務の効率化を図る重要な要素は、設備が設置されたときのしゅん(竣)工図や業務上作成される各種台帳や報告書などの紙で存在する図面や資料をいかに有効活用するか、さらにそれらとともににより多様な情報を付加することができるようになることである。すなわち、各種図面・資料データとそれらの関連支援情報データによって設備の維持や運用管理を可能とする必要がある。

維持管理システムでは、上述の図面・資料データと支援情報データを次のように取り扱う。

(1) 図面・資料データは見た目の情報(背景情報)と考え、図庫のように図面・資料をイメージデータとして保存管理し、使用者が必要な時に検索・参照を行う。

(2) 支援情報データは、必要によって後々、データの加工・編集等利用する情報として、テキストデータやベクトルデータで保管し、コード入力、ソート検索、データ集計等の処理を可能とする。

(3) 更に、維持管理システムとして、これら保管されたデータを有効に利用するためには、これらイメージデータ、テキストデータ、ベクトルデータを関連付けて統一的に管理・処理することが必要となる。

その他、維持管理システムを構築する面から見て大切なこととしては、安価な初期投資と初期入力の容易さでシステムの運用開始を早い時期に可能とし、かつ年次を追ってデータ入力の追加が可能であり、また運用開始後も利用者のニーズに応じて必要な時に必要な機能向上が容易に図れることなどが挙げられる。

4. システム構築

4.1 構築思想

今まで、上下水道プラントの監視制御の領域にコンピュ

設備情報管理システム

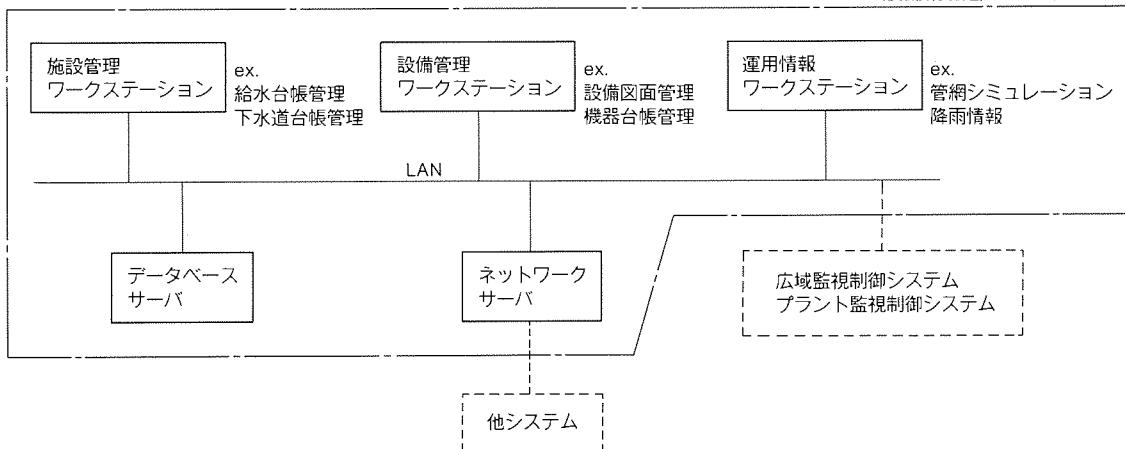


図3. 設備情報管理システム例

ータが導入され、業務の効率化が図られてきた。監視制御領域でのコンピュータの場合、その導入対象がプラントの運転業務を主としているため、プラントの機器やプロセスの情報、またオペレータの制御応答をリアルタイムに大量に処理するよう設計されており、かつ多くの場合、監視制御システムへの入力／出力データが明確で処理も一義的に規定されている必要がある。

このことは、システム上、違った性質のデータの取扱いや、規定された以外のデータを利用者が任意に加工・編集する、又は編集したデータ入手することには、システム上、多くの制約が存在することを意味している。

維持管理システムでは、利用者が様々な性質のデータを対象にデータ利用の自由度が大きく、データを基に利用者（人間）が判断・処理することができるシステムが求められている。

当社の設備情報管理システムでは、こうしたニーズにこたえるべく、ワークステーションと LAN による分散システムを開発した。システム構成を図 3 に示す。

4.2 要素技術（システムコンポーネント）と特長

設備情報管理システム “GX-5000” を基本コンポーネントとして、EWS、パソコン等を組み合わせ、LAN による分散システムを構成する。また、データ管理では分散データベース管理、イメージ／テキスト管理などがサポートされる。

一方、機能面では、維持管理及び保守業務などに対するシステムインテグレーションが柔軟に対応できる。

このシステムの特長は次のとおりである。

- (1) 維持管理・保守データは、統計・集計処理を行うためのキーボードから入力するテキストデータと、コピー感覚で迅速・簡単に入力できるイメージデータで取り扱うことができ、コードデータとイメージデータの統合的管理をすることができる。
- (2) 維持管理・保守データのテキスト及びイメージデータなどは、同一 CRT 画面上で検索・表示することができ、効率的な管理業務ができる。
- (3) LAN による分散システム構成で必要な業務対応の最小システムから最終形へ段階施工が容易に実現できる。データ面は、分散データベースの指向により、同様に段階施工が可能である。

システム構成例を図 4 に示す。

4.3 広域施設管理の例

配・給水設備台帳管理例を図 5 に示す。日常作業の効率化・高度化の推進ということで、住宅地図、配給水管管理図、配水管竣工図、給水台帳の有機的結合と電子ファイリング化を行い、その効果として、

- (1) 配水管の維持管理の効率化

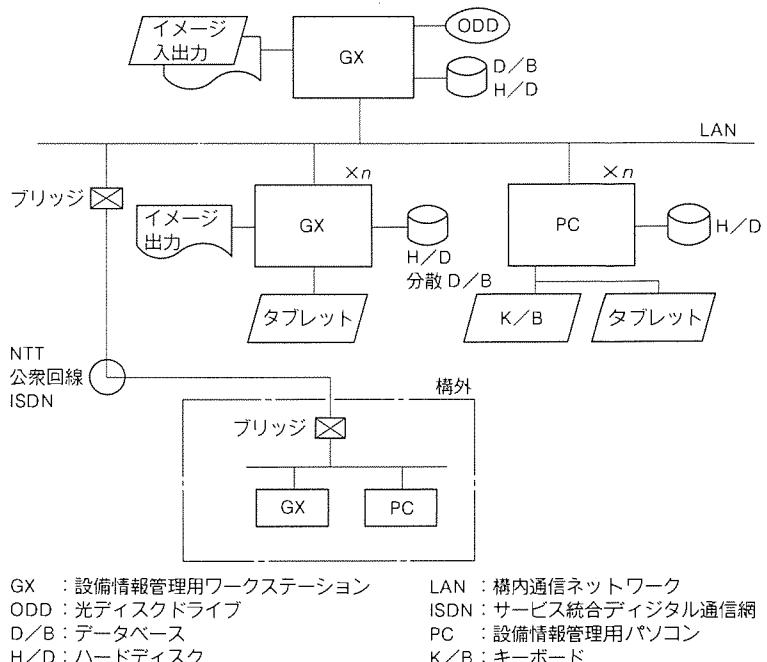


図 4. 設備情報管理(GX-5000)システム構成例

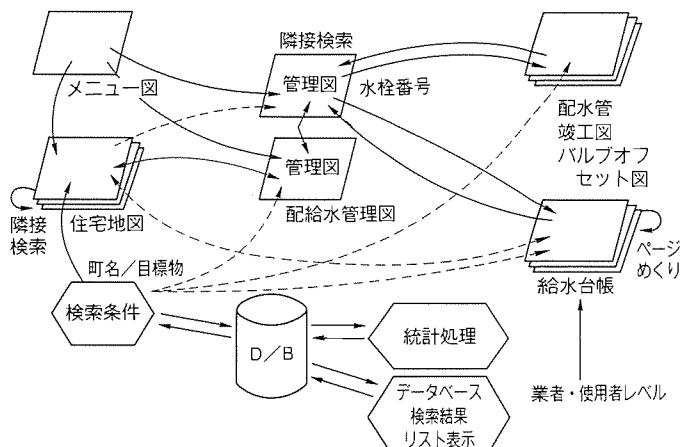


図 5. 配・給水設備台帳管理例

- (2) 有収率の向上を目指した業務支援
- (3) 給水サービスの向上
- (4) 台帳・図面類の汚損・破損・紛失の防止

が挙げられている。CRT 画面例を図 6 に示す。

下水道設備台帳の管理についても、下水道流域図、住宅地図、管渠竣工図、工事施設平面図等により、同様の管理を行うことができる。

4.4 プラント設備管理の例

プラント設備管理例を図 7 に示す。機場内の施設平面図、スケルトン、機器配列図、機器台帳、点検報告書等の電子ファイリング化を行い、それら資料を関連付けて容易に検索することで機場での保全管理の合理化、運用の効率化を行うことができる。

さらに、プラントの異常項目内容とそれに必要な図面・資

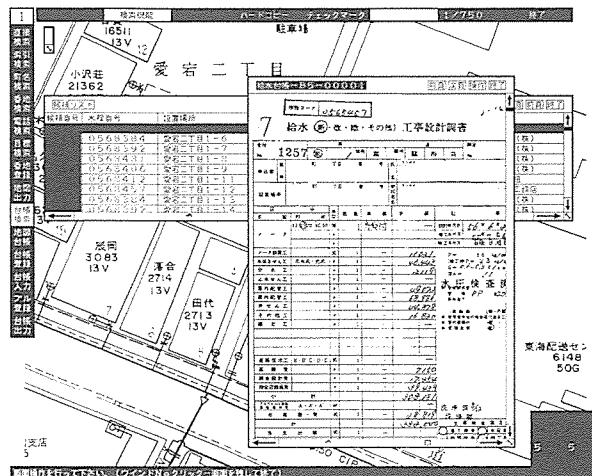


図6. 管理図から給水台帳を検索した場合のCRT画面例

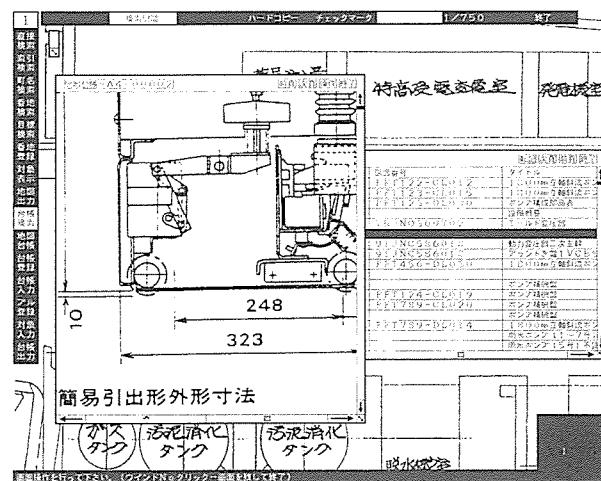


図8. 配置図から機器台帳を検索した場合のCRT画面例

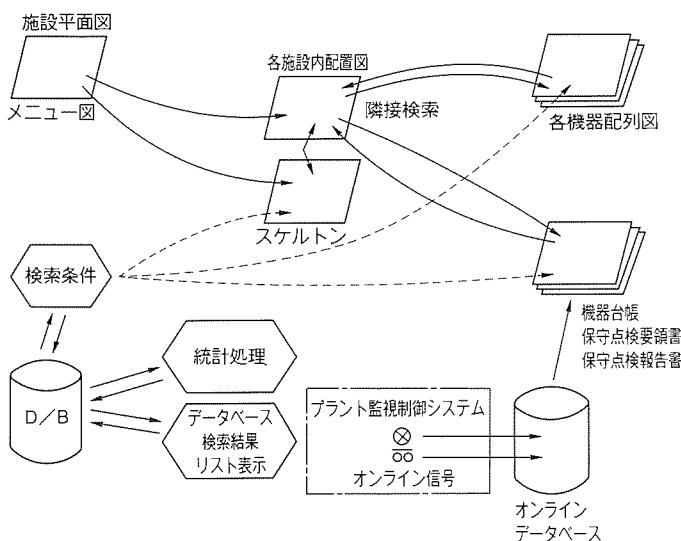


図7. プラント設備管理例

料類をあらかじめ関連付けておけば、異常発生とともに必要な図面・資料類を検索することができる。CRT画面例を図8に示す。

5. むすび

維持管理の効率化・高度化のため、電子ファイリングされた各種資料類の効果的な利用を目指してイメージデータ、ベクトルデータ、テキストデータをワークステーション上で統合的に利用する当社の設備情報管理システムを紹介した。

今回、設備情報管理システムの一部を紹介したが、基本機能は実用化レベルで確立したと考えられる。今後、シミュレーション技術やエキスパート技術まで含めたシステムへと展開される。

今後、更に上下水道分野の維持管理業務のニーズにマッチし、実用性の高い設備情報管理システムの開発・製品化に取り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) 中島敏博、森 研一、渡辺秀雄：設備情報管理システム、三菱電機技報、63、No. 9、704～708 (1989)
- (2) 中崎勝一、渡辺秀雄：公共プラントへの図面管理システムの適用、三菱電機技報、62、No. 12、1052～1055 (1988)

オゾン高度処理の設備計画と技術動向

久川義隆* 田村哲也*
納庄貞宏* 池田彰**
江崎徳光*

1. まえがき

昭和20年代後半から始まった経済の成長は、大気汚染や河川・湖沼の水質汚濁を招いた。その後、排水規制の強化や下水道の普及などによって水質は一部改善されたものの、河川などの自浄機能の低下及び通常の下水処理方法では処理不十分な物質の残留、また水の大量使用に対処するためのダムでの水の貯留などにより、水道水源が悪化している。

このような現状の中、人はより快適で安全な生活を希望し、水道では“よりおい(美味)しく、より安全な水”が、また下水では清流の復活や下水処理水の有効利用及び放流水質の改善などが求められている。

オゾン処理はこの要求に対応できる有力な処理方法であり、既に国内の上水道でのオゾン処理設備は現在18か所で、また下水道でも17か所で稼働又は建設中である。

当社では、昭和46年工業用オゾン発生装置の製品化・販売を開始し、これまでの納入台数は約1,000台に達し、当業界で最大のシェアである。この間、オゾン発生装置の消費電力は当初の50~60%と省エネ化も進められた。また、オゾン処理プラントメーカーとして、染色排水処理設備を皮切りに、上下水高度処理、し尿処理、空気脱臭、排水処理、プール・水族館の浄化などにオゾン処理設備を数多く納入している。これらの実績をもとに上下水道分野にオゾン処理設備を納入してきているが、ここではオゾンの水質改善効果や他の処理方法との比較、オゾン高度処理設備での計画留意点及び実施例などを紹介する。

2. オゾンによる水質改善効果

オゾンによる代表的な水質改善効果としては、異臭味の除去、トリハロメタン生成能の低減、色度の除去、殺菌などがある。

2.1 異臭味の除去

水道では、湖沼・ダムの富栄養化による藻類の異常発生を原因とする臭気被害が起きている。図1にオゾンによるダム湖水の脱臭効果例を示すが、少量のオゾンで臭気が低減されている。また、下水処理水の修景用水などへの再利用の場合にも臭気低減が必要であ

るが、この分野でもオゾン処理の有効性が認識されて、既に利用されている。

2.2 トリハロメタン生成能の低減

水中の有機物とハロゲン(塩素など)によって生成されるトリハロメタンについて厚生省は制御目標値を100 ppbとしている。水中の有機物は、泥炭や腐葉土など自然界に起因するものと活性汚泥処理の生物代謝物に起因するものがある。図2に地下水に対してオゾン処理試験を実施した結果を示すが、オゾン処理によってトリハロメタン生成能が低減される。

2.3 色度の除去

自然界に存在する色度は腐植質によるフミン質が主体であり、また人工的なものの色度としては染色工場排水や、トリハロメタンと同様活性汚泥処理の生物代謝物に起因するものがある。分子量が1,000以上のフミン質やコロイド状や分散状態の色度成分は凝集沈殿処理によって除去、また分子量が1,000以下のフルボ酸類は活性炭処理によって除去できるが、オゾン処理では溶解性のフミン質とフルボ酸類が同時に除去できる。図3には、下水二次処理水に対してオゾン処理試験を実施した結果を示した。

2.4 殺菌

水中に大腸菌を分散し、オゾン処理試験を実施した場合、初期菌数が 10^6 個/mLのものをほぼ完全に殺菌するのに必要なオゾンの量は、0.25 mg/Lと極めて少ない⁽²⁾。一方、図4には、下水二次処理水に対してオゾン処理試験を実施した結果を示したが、大腸菌をほぼ0とするのに必要なオゾン

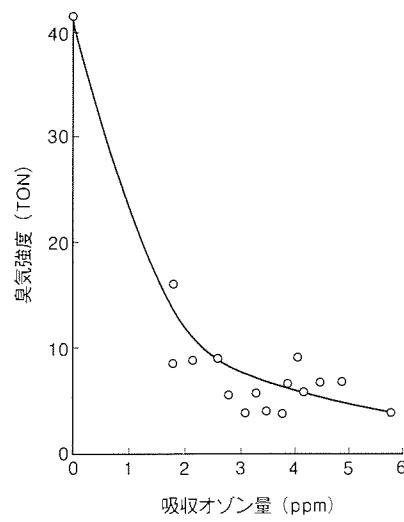


図1. ダム湖水のオゾン脱臭⁽¹⁾

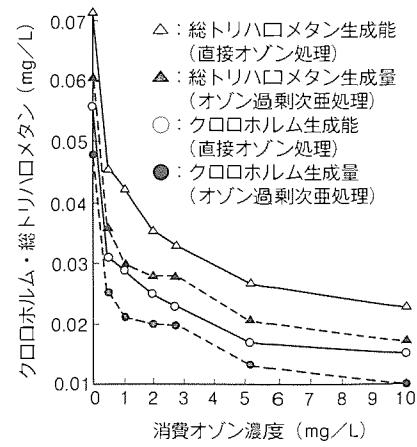


図2. オゾンによるトリハロメタン抑制効果

の量は数 mg/L と多くなっている。これはオゾンが汚濁物質と反応したためであり、オゾン処理で殺菌をする場合、汚濁物質が多いとオゾン量が増大する。

3. オゾン処理と他の処理法との比較

オゾン処理は水質改善効果と殺菌効果があり、オゾン処理方法と他の処理方法との比較をする場合、目的によって対象処理方法を検討する必要がある。すなわち、

(1) 水質改善では、活性炭処理との比較

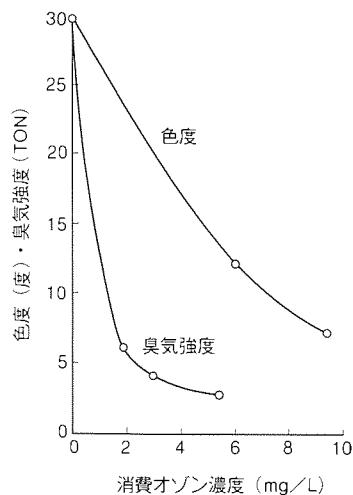


図3. オゾンによる下水二次処理水の脱色・脱臭例

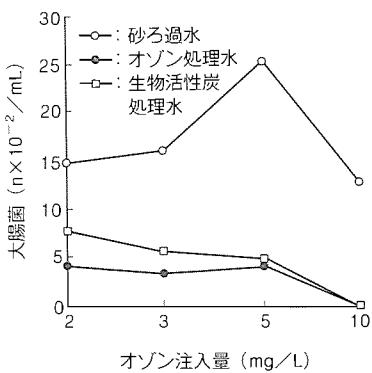


図4. オゾンによる下水二次処理水の大腸菌処理結果⁽³⁾

表1. オゾン酸化法、活性炭吸着法の比較

処理方式	オゾン酸化法	活性炭吸着法
処理原理	オゾンの酸化力で酸化・開裂低分子化して脱色・脱臭する。細胞膜の溶解によって消毒する。	活性炭の細孔の中に物質を吸着して、脱色・脱臭する。
処理特性	安定した処理水質が得られる。濁質が多いと処理効果が低減する。	処理水量増大とともに処理効果が悪化し、活性炭の交換・再生が必要となる。
処理条件	オゾン注入率…約15mg/L	SV…4
主要構成機器	オゾン発生装置 オゾン反応塔 排オゾン分解塔	粒状活性炭設備 洗浄設備
水質改善効果	色 度 ○ 臭 気 ○ 大腸菌群数 ○ BOD × pH やや上昇 濁 度 △ 発泡性物質 ○	○ ○ × ○ 初期通水時上昇 ○ ○
維持管理(比率)	1回／年の保守点検が必要	数回／年の活性炭交換が必要
設置面積(比率)	小(100)	大(400)
建設費(比率)	中(100)	大(200)
維持費(比率)	小(100)	大(400)
総合評価	○ 設置面積、建設費、維持費、維持管理の点で優れている。	× BOD、発泡性物質に対する処理効果が優れているが設置面積、建設費、維持費、維持管理の点で劣る。

(2) 殺菌では、次亜塩素酸ナトリウム処理、紫外線処理との比較である。

3.1 活性炭処理との比較

水道の場合、オゾン処理と活性炭処理は競合するものではなく、逆に併用処理が主体であるために、ここでは下水二次処理水に対する比較をする。オゾン処理、活性炭処理ともに色度・臭気・COD・界面活性剤などの低減のほかに、

(1) オゾン処理は殺菌及び溶存酸素の増加

(2) 活性炭処理はBODの低減

などの効果が期待できる。

表1にオゾン処理、活性炭処理の比較を示したが、水質項目では両者一長一短あるが多くの場合に

問題となる色度・臭気は両者とも改善効果が期待でき、しかもオゾン処理は殺菌効果があり、設置面積・建設費・維持費が安価であること、処理水質の経時変化がないことから、下水二次処理水へはオゾン処理が一般的には適している。

3.2 次亜塩素酸ナトリウム処理の比較

次亜塩素酸ナトリウム処理(次亜処理)取扱いが容易・安価で、殺菌の持続性があるために上下水を問わず多くの分野で利用されている。これに対し、オゾン処理は殺菌以外に多くの複合効果が期待でき、塩素系の殺菌剤に比べ、細菌に対する殺菌力、ウイルスの不活性化力が強いことや、次亜処理の場合、トリハロメタンが生成されるが、オゾン処理では低減できるなど、オゾン処理の優位性が明らかになっている。今後は、オゾンの特徴を生かしたオゾン主殺菌に、殺菌効果の持続が必要な場合にはトリハロメタンなどの生成力の少ない塩素系殺菌剤との複合利用なども検討されるであろう。

3.3 紫外線処理との比較

紫外線処理は汚れが少ない清澄水や空気の殺菌には、設置が容易なことから多く利用されている。しかしながら、紫外線処理の場合、ランプの汚れで処理効果が低減することや照射深度が浅く多量のランプを設置する必要があること、ランプ寿命が半年から1年と短くしかも不確定であることやランプ交換費用が高いことなどの問題をもっている。これに対し、オゾン処理は処理効果が安定しており、

小水量から大水量まで対応が可能であり、ランニングコストも安価なことから、紫外線処理に比べて一般的な処理方法といえる。

4. オゾン高度処理設備計画

4.1 オゾン発生装置(オゾナイザ)

オゾンは、自然界では落雷や紫外線などによって微量に生成されており、低濃度のオゾンは転地療法などに利用されるなど健康に良く、地球上の生物は基本的に耐オゾン性をもっている。なお、身近なところではゼロックスや電気溶接などでも生成されるが、オゾン発生装置は気中放電現象を利用したものであり、絶縁物を介した無声放電法によって効率を上げたものである。

オゾン発生装置は、電源・制御装置、原料空気供給装置、冷却水供給装置、オゾン発生器などの機器から構成されており、これらが効率的に構成されて初めて、オゾン発生が良好に行える。図5にオゾン発生装置のフロー図を示す。

4.2 オゾン反応装置

オゾン発生装置で生成されたオゾンは、対象物質と反応させるために、オゾン反応装置が必要である。効率的にオゾンと対象物質とを反応させるためには、下記のこととに注意する必要があるが、オゾン吸収効率は下記条件を考慮し80~90%になるように設計する。

(1) ガス空塔速度

ガス空塔速度とはオゾン化空気量をオゾン反応装置の断面積で割ったものをいい、一般的には小さいほどオゾン吸収効率(オゾン利用効率)は良くなり、排オゾン量が少なくなる。しかしながら、ガス空塔速度を小さくすると反応装置が大きくなるが、水道でのガス空塔速度は5m/h前後、下水でのガス空塔速度は25m/h前後としている。

(2) 供給オゾン濃度

供給オゾン濃度が高いほど、同一オゾン発生量の場合、オゾン化空気量が小さくなるために、ガス空塔速度を小さくされ、オゾン吸収効率は良くなる。供給オゾン濃度は、15~20g/Nm³のメーカーが多い。

(3) 水深

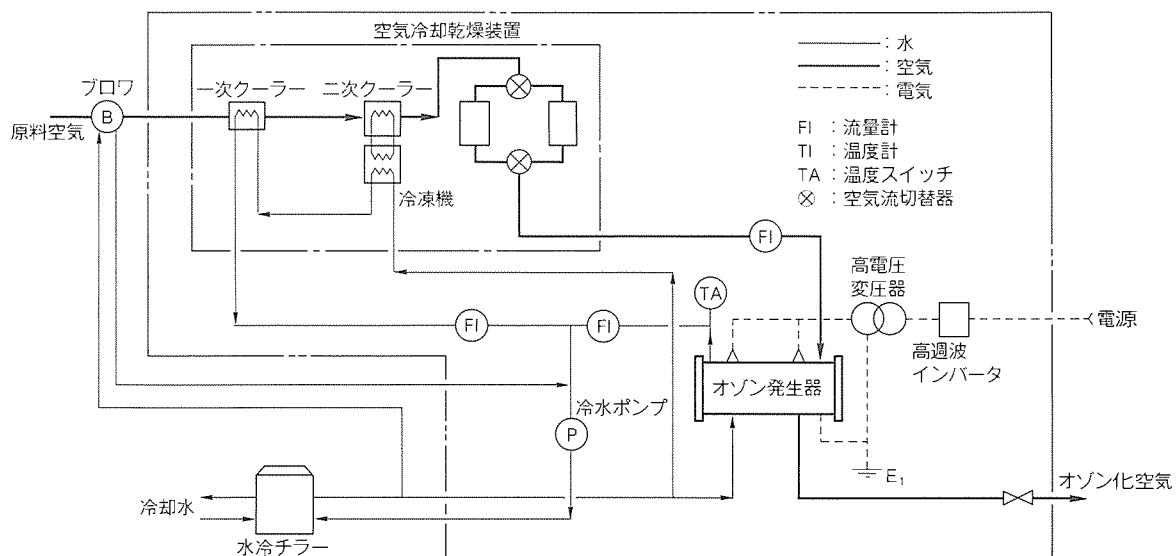


図5. オゾン発生装置概略フロー図

表2. 三菱オゾン高度浄水処理設備納入実績

水道事業体	浄水場	水 源	処理目的	設備能力 (m ³ /日)	オゾン発生量 (kg/h)	納 入 設 備
札幌市清掃工場	篠路	地下水	色 度	1,000	2.5	オゾン処理設備・活性炭処理設備
千葉県成田市	豊住	地下水	色 度	2,000	0.22	オゾン発生装置
日 光 市	丸山	湖沼水	カビ臭	3,500	0.36	オゾン処理設備・活性炭処理設備
日 光 市	二荒	湖沼水	カビ臭	2,000	0.36	オゾン処理設備・活性炭処理設備
千葉県成田市	豊住	地下水	色 度	2,000	0.22	オゾン発生装置(増設)
千 葉 県	福 増	ダム水	カビ臭	90,000	8.0×2台	オゾン発生装置 *
稚 内 市	大規模草地	河川水	色 度	10	0.006	オゾン処理装置
飯 山 町	楠見池	湖沼水	臭 気	2,250	0.36	オゾン処理設備
沖 繩 県	北 谷	ダム水ほか	THM ほか	97,000	8.1×2台	オゾン処理設備(IV)
大 阪 府	村 野	河川水	高度処理	275,000	6.25×5台	オゾン処理装置 *

注：*は現在製作中

水深が深いほど、オゾンの水への溶解性が上がり、オゾン吸収効率は改善される。ただし、オゾン発生装置出口のオゾン化空気の圧力は $6.86 \times 10^4 \text{ Pa}$ { $0.7 \text{ kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ } であるため、通常の水深は 4~5 m が多い。

(4) 気泡径

気泡径が小さいほど、オゾンの水への溶解性が上がり、オゾン吸収効率は改善される。しかしながら、気泡径を小さくするためには、散気管の気孔径を小さくする必要があり、それとともに圧力損失が大きくなるために、一般的には気泡径は 3 mm 程度としている。

(5) 散気設備

散気設備は、散気管と分配管と配管で構成されているが、水と効率的に接触させ、しかも全散気管から均一にオゾン化ガスを散気させる必要がある。特に、水道の場合、水に対してオゾン化ガス量が小さく、しかも季節によってオゾン注入量が大きく変動するために、散気管の本数、ブロック分け、配置方法など設計に当たっては詳細な検討が必要である。

4.3 残存オゾン処理

オゾン処理を実施する場合、オゾン処理水中の残留オゾンと、反

応に使用されず余剰オゾンとしてガス中に残った排オゾン(未反応オゾン)の処理の必要がある。

(1) 残留オゾン

高濃度・大水量の残留オゾンがある場合には、水中から大気中にオゾンが出て強いにおいがするのでファン等で換気し、排オゾン処理を実施する。なお、水中の残留オゾンの分解時間は早いので、次工程への影響などを考慮し、場合によって

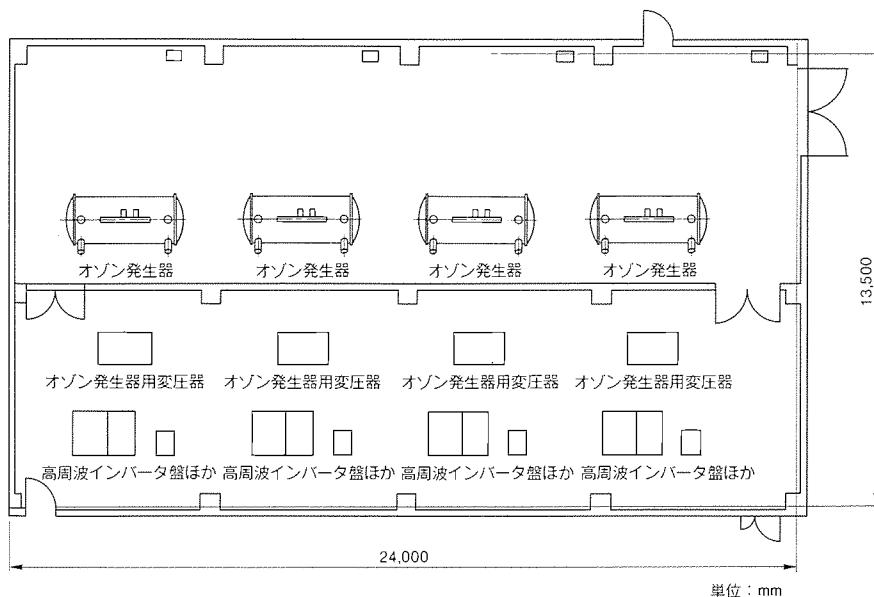


図 6. オゾン処理設備配置図(1)

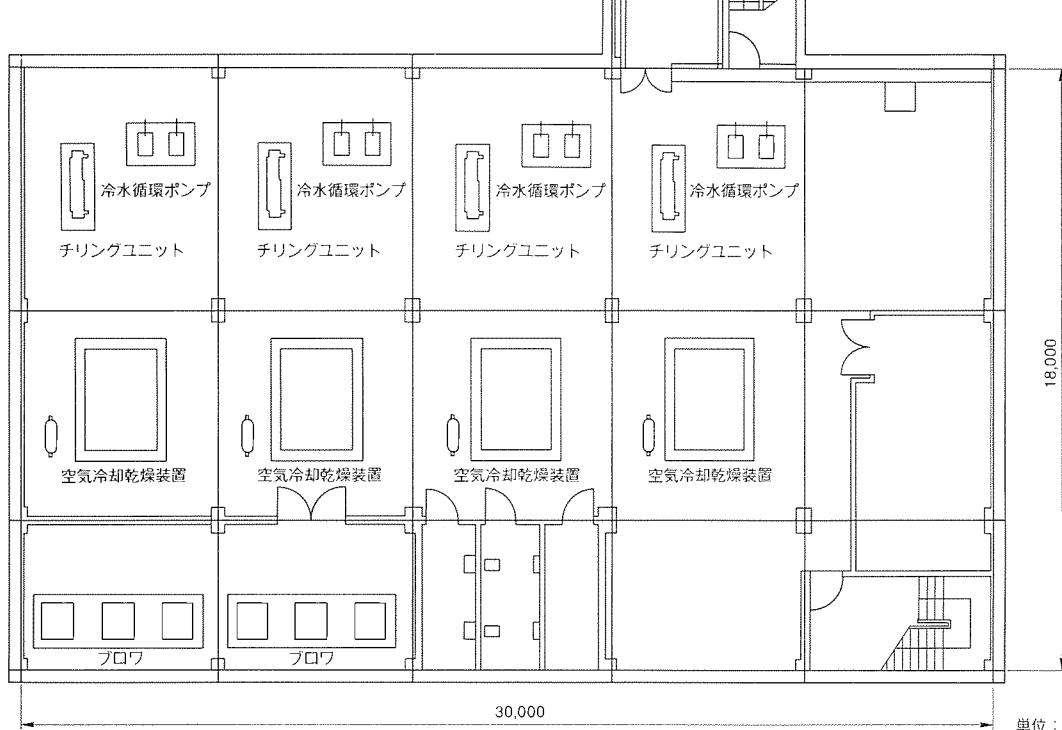


図 7. オゾン処理設備配置図(2)

は滞留槽などで滞留時間をとって自己分解させる。

(2) 排オゾン処理

反応に使用されず余剰オゾンとしてガス中に残った排オゾン(未反応オゾン)の処理は必ず実施しなければならない。もし、実施をしない場合は、周辺に高濃度のオゾンの臭気が漂い、また周辺の電気品を主体として機器を酸化させさび(錆)付かせるとともに、高濃度の場合には人体に悪影響を与える。排オゾン処理で一般的に用いられるのは活性炭であり、排オゾン分解塔に充てん(填)し、3~4か月ごとに交換する。活性炭1gのオゾン分解能力は、下水の場合でオゾン2g程度で、上水の場合でオゾン4g程度である。排オゾン分解塔出口のオゾン濃度は0.1ppm以下の安全な濃度として大気中に放出する。なお、排オゾン処理としては大型の処理設備の場合、マンガン系の触媒と活性炭を併用使用する場合もある。

4.4 計装・制御

計装・制御はオゾン処理設備の中で仕様のグレードが一番大きく変わる余地がある。ただし、オゾン処理は他の処理方法と違い、過剰注入によるトラブルはないために設備規模、他処理との関連、人員などを考慮し、計装・制御について検討する必要がある。

4.5 耐オゾン性材料

オゾンは腐食性が強く、使用材料は十分検討する必要があるが、下記に耐オゾン性材料を示す⁽⁵⁾。

一般的には、オゾン注入配管(散気管を含む。)はSUS304、オゾン反応槽はコンクリート・SUS304・塩ビライニングなど、排オゾン配管はSUS304・塩ビなど、また測定用のオゾン

配管はSUS304・テフロンなどが多く使用されている。なお、水中で塩素イオン濃度が高くSUS304仕様が困難な場合のみSUS304L、SUS316が使用されている。

4.5.1 耐オゾン性材料

(1) 金属

SUS304、SUS304L、SUS316、SUS316L

(2) 樹脂

硬質塩ビ(乾燥オゾンには不可)、軟質塩ビ(パッキンとしてのみ。定期的交換が必要)、テフロン

(3) 無機質

コンクリート、ガラス

4.5.2 条件付き耐オゾン性材料

(1) 金属

SS41(乾燥オゾンのみ使用可)



図8. オゾン発生器(オゾン発生量 8.1kg/h)

表3. オゾンによる下水高度処理・再利用実例設計諸元一覧表

項目	A	B	C	D	E	F	G	H
処理水量	標準: 6,000m ³ /日 最大: 9,000m ³ /日 (将来4,200m ³ /日) (将来2,500m ³ /日)	2,100m ³ /日 (将来4,200m ³ /日)	1,600m ³ /日 (将来2,500m ³ /日)	2,600m ³ /日	1,300m ³ /日	10,000m ³ /日	11,800m ³ /日 (8.2m ³ /min)	120m ³ /h(8h系) 及び 32m ³ /h(24h系)
オゾン発生量 形名: 台数	4,000g/h OT-4F: 1台 (将来5,000g/h) (将来OT-2.5F: 2台)	2,500g/h OT-2.5F: 1台 (将来5,000g/h) (将来OT-2.5F: 2台)	1,200g/h OS-700N: 2台 (将来1,800g/h) (将来OS-700N: 3台)	1,500g/h OT-1.5F: 1台	700g/h OS-700N: 1台	4,000g/h OT-4F: 1台 (将来8,000g/h) (将来OT-4F: 2台)	150g/回・日 SP-150: 1台 (将来間欠オゾン発生装置) (将来間欠オゾン発生装置)	12.5g/回 1回/日 4.0g/回 1回/日 SP-16.5: 1台 (将来間欠オゾン発生装置)
設計オゾン注入率 標準水量時: 最大水量時:	25mg/L 15mg/L 10mg/L	15mg/L	13.8mg/L	10mg/L	9.6mg/L (将来19.2mg/L)	3.66g/m ³ 5 min 2回/日	1.25g/m ³ 1.5g/m ³ 5 min	
目的	お堀の浄化 色度除去	中水、散水 せせらぎ用水 色度除去	中水 色度除去	せせらぎ用水 色度除去 脱臭	修景用水 水質向上	放流水水質改善 色度除去 COD低減	スライム付着防止	スライム付着防止
色度目標値	10度以下	10度以下	5度以下	10度以下				
処理フロー	下水終沈水 ↓ 砂ろ過 (上向流式) ↓ オゾン処理 ↓ 塩素処理 ↓ お堀	下水終沈水 ↓ 砂ろ過 ↓ オゾン処理 ↓ 塩素処理 ↓ 中水道	下水終沈水 ↓ 砂ろ過 (上向流式) ↓ オゾン処理 ↓ 塩素処理 ↓ 中水道	下水終沈水 ↓ ろ布フィルタ (回転ドラム式) ↓ オゾン処理 ↓ 塩素処理 ↓ せせらぎ用水	下水終沈水 ↓ 砂ろ過 ↓ オゾン処理 ↓ 修景用水	下水終沈水 ↓ オゾン処理 ↓ 放流 (一部再利用)	下水終沈水 ↓ フィルタ ↓ 間欠オゾン注入 ↓ ヒートポンプ (熱源利用)	下水終沈水 ↓ フィルタ ↓ 間欠オゾン注入 ↓ ヒートポンプ (熱源利用)

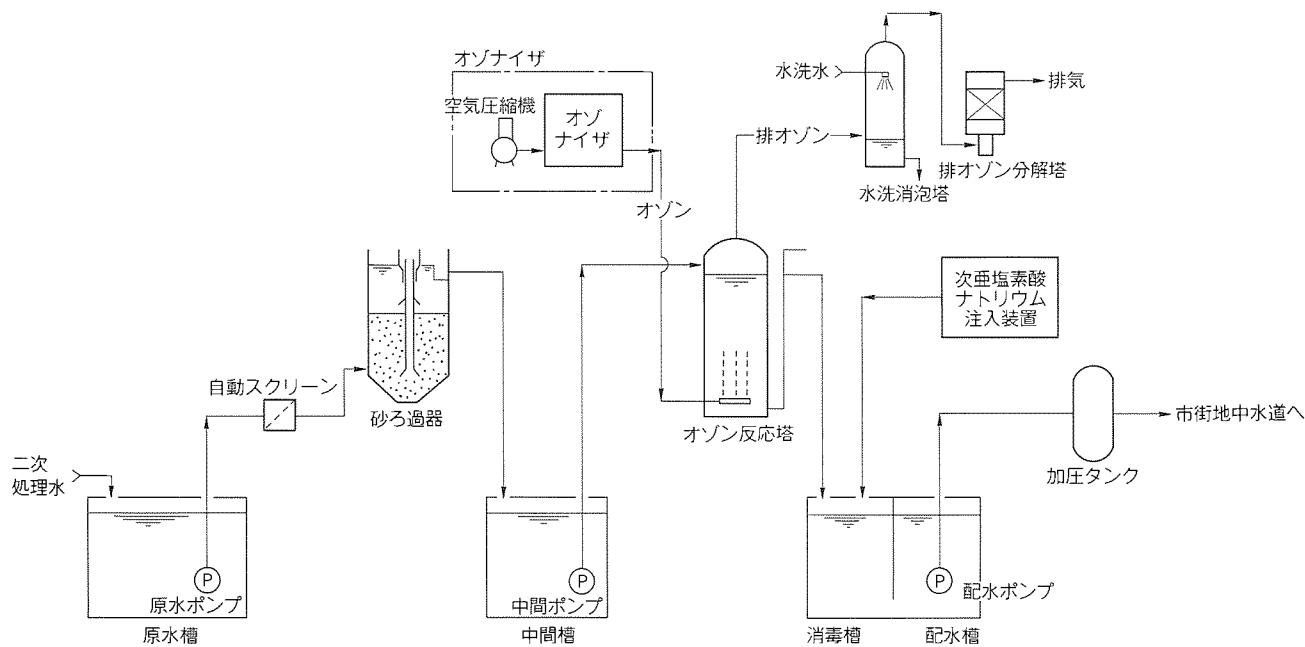


図9. 下水高度処理フロー図

(2) 樹脂

ビニールエスティル系FRP(排オゾン程度の濃度のみ使用可)

(3) ゴム

エチレンプロピレンゴム、ふっ素ゴム(両者とも乾燥オゾンに接触する場合で、かつ定期的に交換する場合のみ使用可)

5. オゾン高度処理設備実施例

オゾン処理設備の建設に当たっては、オゾンによる水質改善効果の調査から始まり、詳細な設備計画を経て設備建設が実施される。上下水道分野においても稼働及び建設中の設備が多く、さらに多くの場所で建設が計画されている。国内の水道でのオゾン処理設備は現在21か所で稼働又は建設中であるが、そのうち当社は表2に示すように10か所にオゾン発生装置を納入し、しかも、そのうち7か所ではオゾン処理設備や活性炭処理設備を納入している。また、国内の下水道でのオゾン処理設備でも現在17か所で稼働又は建設中であるが、当社は表3に示すように既に8か所に納入している。

(1) 高度浄水処理設備

高度浄水処理設備の実施例について、処理水量19,400 m³/日、オゾン注入率3 mg/Lの場合、図6、図7にオゾン処理設備配置図を、また図8にオゾン発生器を示す。この設備はトリハロメタンの低減などを目的にオゾン処理、粒状活性炭処理を、平成4年度に運転を開始している。

(2) 下水高度処理設備

表3に下水高度処理設備の実施例を示したが、この中のC処理場の処理フロー例を図9に示す。下水高度処理は修景用

水、親水用水、中水道などへの利用が多いが、水質保全の点から、今後はF処理場のような放流水の水質改善へのオゾン利用の用途の増加が予想される。

6. むすび

海外でのオゾン処理設備の実績は既に100年近くの歴史をもっているが、国内では高々二十数年程度である。当社のオゾンの歴史は、即、国内のオゾンの歴史であり、常時、オゾン発生装置及びオゾン処理設備に関してトップメーカーとして、他の模範となってきた。今後、オゾンの適用分野が上下水にとどまらず、製造分野への更なる展開が予想される中、今後とも関係者一同、トップメーカーとして技術開発・研究に励む所存である。

参考文献

- (1) 本多敏一、久川義隆、江崎徳光：オゾン高度浄水処理設備計画例、平成3年度 上下水道システム研究会、三菱電機(株)、175 (1991)
- (2) 久川義隆、高原博文：オゾンの利用—水処理を中心として(I)、空気調和・衛生工学、62, No. 8, 25~32 (1988)
- (3) 難波敬典：上下水道プロセスへのオゾンの応用、昭和59年度 上下水道システム研究会、三菱電機(株)、3-2-10 (1984)
- (4) 造水促進センター：オゾンを利用した廃水再生利用技術開発報告書 (1986)
- (5) 出口富雄：オゾンを中心とした高度浄水処理技術、サンユー書房、181~182 (1991)

農業水利施設総合管理システム

花田吉男* 島原幸邦**
長尾健史** 北原貞守**
橋本秀樹**

1. まえがき

近年、農業用水の需要拡大に対処するために、土地改良事業の一環として、農業水利施設の建設・改修等が国及び都道府県によって継続的に推進されてきている。これらの事業が完了した段階で、土地改良区等が委託を受けて農業水利施設の維持・管理を行うことになる（施設によって国、県が管理することもある。）が、最近の管理対象施設の増加、大規模化、高度化、広域化、さらに河川の安全管理強化、管理技術者の不足、管理費用の抑制等の進む中で、適正かつ合理的な管理の在り方が重要な課題になっている。その対応策の一つとして、電気・通信、情報処理・制御等の技術を活用した“農業水利施設総合管理システム（以下“水管理システム”という。）”が有効な手段として導入・適用されている。

水管理システムは、ダム・頭首工、揚排水機場、ため池、用水路等の基幹水利施設を対象に、水利情報や施設情報を中央管理所で集中監視・制御、記録、表示等を行うことにより、水系統及び施設全体の把握と一貫した管理をねらったもので、具体的には次のような目的を実現するものである。

- (1) 無効放水の抑制と水資源の有効活用
- (2) 渇水時の公平な水配分
- (3) 施設異常の早期発見と適切な対応による被害極少化
- (4) 管理費用の削減等

ところで、これらのシステムは、主として一つの事業等で建設され、他地区との水利上の競合の少ない農業水利施設を対象としたいわゆる地区（施設）対応形のシステムといえる。

これに対し、最近は同一の水系に複数の事業によって建設された多数の施設群が管理・運用されるケースが増えている。

農林水産省等では、このような状況に対応するために、“広域農業水利施設総合管理事業”をスタートさせた（平成元年～）。この事業は、一つの水系を管理対象として、従来の個別の地区対応形システムの上に新たに水系全体を総合的に管理する機構を開拓するもので、例えば、渴水時の地区間の水利調整や洪水時の安全管理の向上等が期待できる。

本稿では、近畿農政局加古川水系を対象に農業水利施設総合管理システムの概要を報告する。

2. 農業水利施設総合管理システム

2.1 このシステムの位置付け

同一水系内で複数の国営土地改良事業が実施され、多数の

基幹農業水利施設が建設されている場合は、水系全体での合理的な利水運用、洪水時の安全管理等、高度な技術的配慮に基づいた管理を行うことが重要であり、水系を単位とした広域的、総合的な管理が必要となっている。このために、このような水系について、基幹農業水利施設の一元的な広域総合管理を行う“広域農業水利施設総合管理事業”を新たに実施する（事業計画から）。

このシステムは、上記事業計画に基づく業務を支援する情報管理システムである。すなわち、地区単位に設置された複数の水管理システムと総合管理所間をネットワーク化し、水利情報の収集・蓄積処理、及び水系の運用ルールに基づいた総合判断・指示等を行い、施設間の水利調整に資するものである。

2.2 システムの導入目的

このシステムの具体的な導入目的は次のとおりである。

(1) 適正かつ効果的な河川からの取水

河川の基準点の流量を確保し、かつ施設ごとの取水の優先順位を守っての効果的な取水が行えるよう、一元的に管理する。

(2) 用水の効率的かつ効果的運用

取水量と、各地区・各施設での必要水量を基に、ダム貯留量、ダム放流量、揚水機場送水量及び各種分水流量等に関する目標値を求め、施設全体の効率的かつ効果的な運用が行えるよう、総合的な管理を行う。

(3) 情報の広域ネットワーク化

総合管理所と水管理システム中央（ダム管理所及び農業用水管理所）、建設省、他利水事業者（上水管理所及び工水管理所）等との間にオンラインネットワークを構築し、水系全体のタイムリーな情報交換を実現する。

(4) 管理費の節減（合理化、省力化）

管理データの自動記録、主要水利施設の総合管理所からの遠方制御などにより、合理化・省力化を図る。

(5) データの蓄積

河川流域の雨量・水位・流量データ及び用水施設の水位・流量・貯水量データ等を、磁気テープ装置に蓄積し、研究機関等で解析できるようにする。

3. 実施例の紹介

ここで紹介する加古川水系総合管理システムは、加古川水系に点在する多数の基幹水利施設の情報を中央で総合的に管

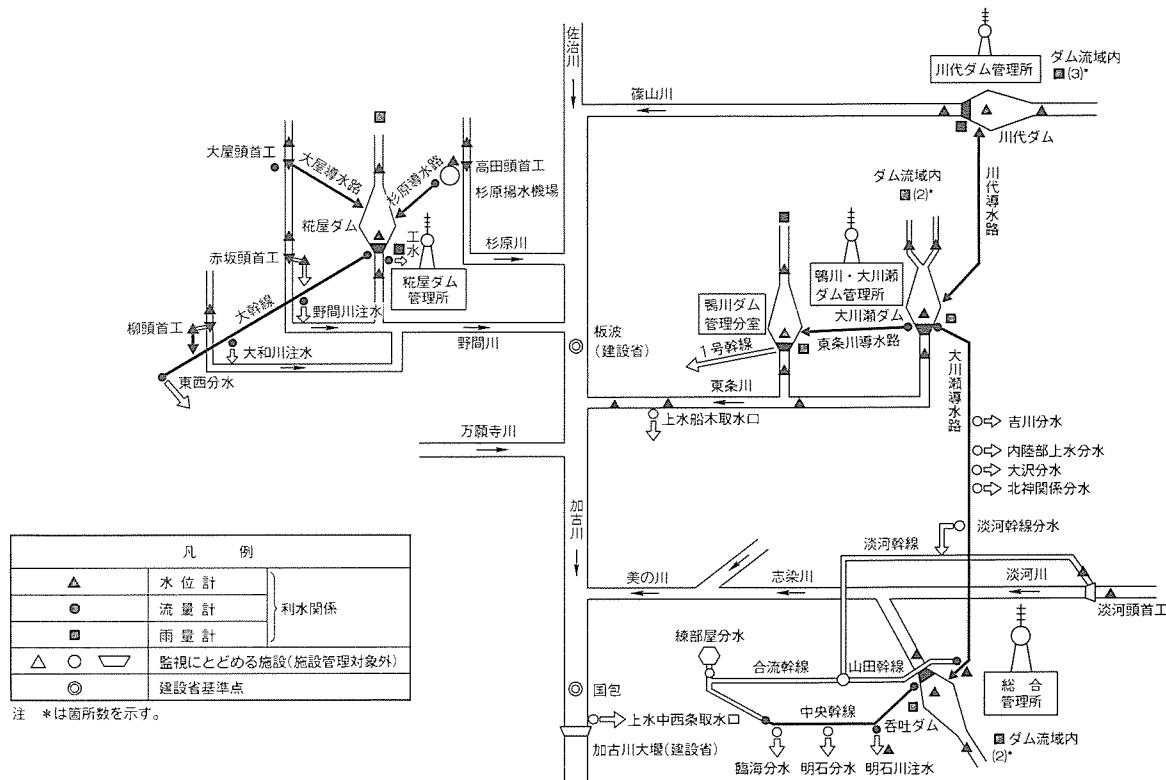


図1. 加古川水系事業概要

理することにより、渴水河川である加古川からの効果的な用水取水と限られた水資源の有効利用を目的として全国に先駆けて導入されたものである。

3.1 加古川水系広域農業水利事業の概要

加古川水系には、近畿農政局施工の利水ダム5か所（兵庫県上水道及び工業用水との共同事業）、頭首工4か所、揚水機場1か所の主要水利施設と、これらの間を接続する導水路、用水を各農地に配水するための送水路及び分水工等が設置されている。加古川水系における主要水利施設の概要は図1のとおりである。

3.2 システム化の考え方

総合管理システムは、次の考え方で構築した。

(1) 監視対象施設

総合管理システムにおける監視対象は、加古川水系におけるダム・頭首工・揚水機場、主要分水工、上工水取水施設、河川及びその流域とし、加古川水系における降雨～河川流出～取水～貯留～送配水等の一連のプロセスの状況が把握できるようにする。

(2) 制御対象施設

総合管理システムからの制御対象は、ダム・頭首工・揚水機場等主要利水制御設備とし、用水の取水～貯留～送水等の一連のプロセスのコントロールを行えるようにする。

(3) 運用計画処理

ダム、河川及び用水施設等からの収集データと、農水・上水・工水の各地点要求水量を基に、加古川基準点流量を確保しつつ最適な操作量を算出し、操作支援を行う。

表1. 配信場所とタイミング

配信場所	タイミング
ダム管理所	常時
用水管理所	常時
建設省(加古川大堰)	定時
上水管理所	常時
工水管理所	常時
土地改良技術事務所	毎週

(4) データの配信処理

総合管理所で収集・処理したデータから必要な項目を関連する機関へ配信する。配信場所とタイミングは表1のとおりである。

(5) 収集データの表示・記録

収集・処理したデータを、グラフィックパネル及びCRT装置に表示し、加古川水系全体の監視ができるようにする。また、利水運用に必要なデータを操作記録、日報記録、月報記録の形で自動作成し、記録作成の正確化、省力化を図る。

(6) 計画の留意事項

その他システム構築に当たっては下記事項について特に配慮した。

- (a) 加古川水系全体の把握を容易に行えること。
- (b) 総合管理所からの制御と、各管理所での制御に親和性のあること。
- (c) 維持管理費が低いこと。
- (d) 信頼性のあること。

3.3 管理設備

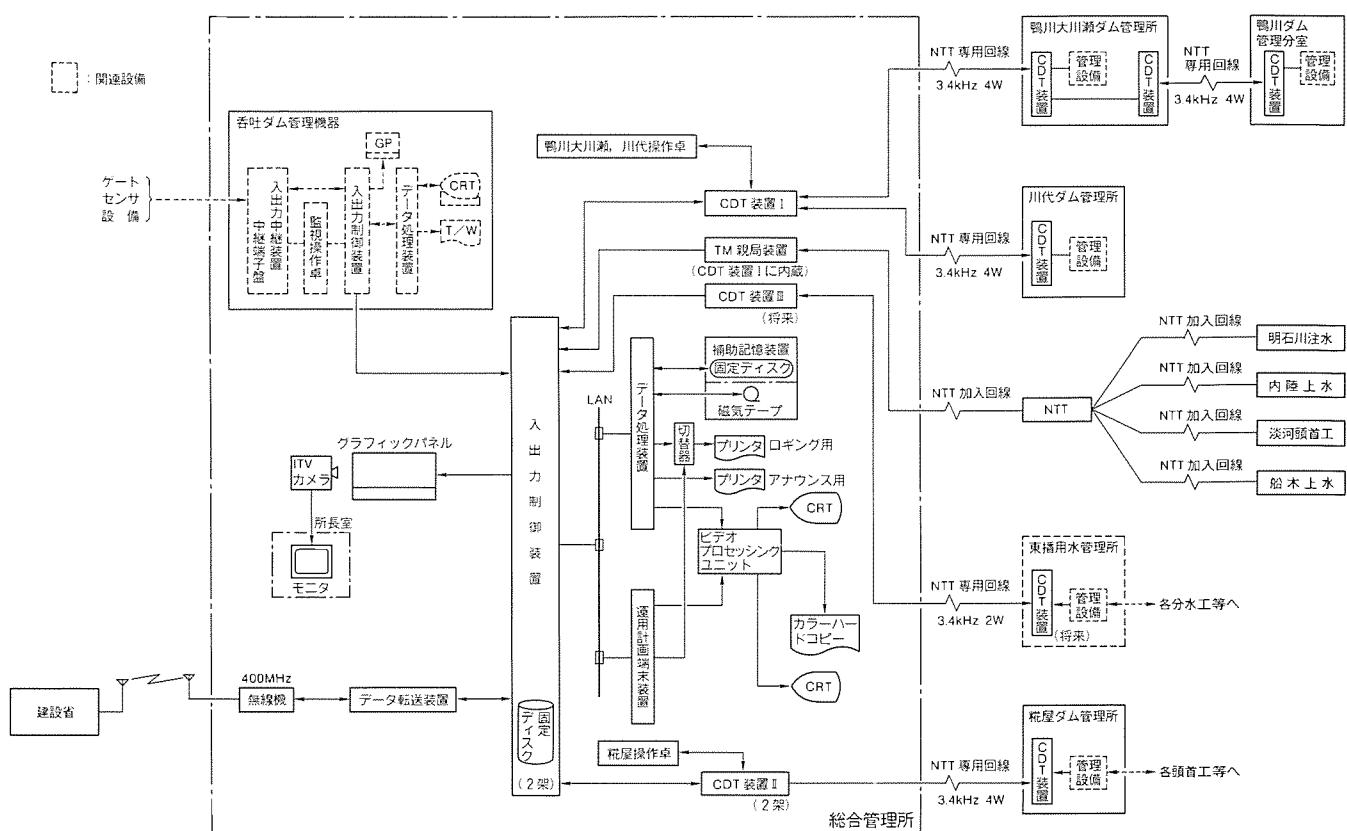


図2. システム構成

3.3.1 システム構成

このシステムの系統は次のとおりである。

- (1) 総合管理所 1か所
- (2) ダム管理所 5か所
- (3) 用水管理所 3か所 (将来)
- (4) 工水管理所 1か所 (将来)
- (5) 上水取水点 3か所 (将来)
- (6) 建設省(加古川大堰) 1か所
- (7) 土地改良技術事務所 1か所 (将来)

図2にシステムの構成を示す。

3.3.2 情報伝送回線

伝送回線は、総合管理所と数多くの施設間を結び情報を伝達するという重要な役目をもっている。

このシステムでは、下記事項を考慮し、表2のように伝送回線を選定した。

- (1) 伝達情報量、許容伝送時間、信頼性等システムとして必要となる回線条件
- (2) 施設費及び維持費
- (3) 経済性

3.3.3 各施設の遠方制御

総合管理所から、ダム、頭首工、揚水機場及び分水工等主要利水施設を遠方制御する。各施設の制御の概要は表3のとおりである。

3.3.4 情報処理

表2. 伝送回線一覧

伝送区間	伝送路	選定理由
総合管理所—各ダム管理所	NTT専用線 3.4kHz 4W	利水施設の監視制御をレスポンス良く行うため。
総合管理所—用水管理所 ダム管理所—用水管理所 ダム管理所—工水管理所	NTT専用線 3.4kHz 2W	当時データ転送を行う必要があるため。
総合管理所—上水取水点 総合管理所—土地改良技術事務所	NTT 加入回線	データ伝送頻度が少ないため。
総合管理所—建設省	無線回線 (400MHz 単一)	既設回線を流用するため。

総合管理所にデータ処理装置及び入出力制御装置を設置し、次の処理を行う。

- (1) 収集データの監視・処理
- (2) 収集データのバックアップ(蓄積)
- (3) 関連機関との集配信処理
- (4) 建設省との情報交換処理
- (5) データ編集・演算・日報・月報処理
- (6) データ蓄積・出力
- (7) データの表示・警報処理
- (8) 記録処理
- (9) CRT表示処理

3.3.5 運用計画処理

運用計画処理は、操作の支援を行うもので、その演算の方

法は、図3のフローチャートのとおりである。

3.3.6 構成機器とその特徴

システムを構成する主要機器の特長を以下に示すとともにその概略仕様を表4に示す。また、総合管理所の全景を図4に、機器の施工状況を図5、図6、図7に示す。

(1) CDT 装置

総合管理所と各ダム管理所との間で施設の監視、制御及びデータ転送を行う。伝送データ数が非常に多いこと、経済性を考慮して伝送回線を少なくすること、及び信頼性を向上させるために次のような設計としている。

- (a) 上位入出力制御装置とのインターフェースは汎用高速パラレルインターフェース通信(CLA-R通信)を適用し、10 kbpsの高速通信を実現している。
- (b) 操作卓をCDT装置に直結する構成とすることにより、上位処理系が停止した場合でも施設の監視・制御を可能とし、信頼性の向上を図った。
- (c) 伝送方式を系統ごとに検討し、NTT専用回線(3.4kHz 4W)1回線データ転送と監視・制御を実現している。

(2) データ転送装置

建設省とデータ交換を行う。無線方式で

表3. 各施設と制御方式

施設	制御対象	制御方式		
		手動制御	開度設定	流量設定
ダム	河川放流バルブ	○		○
	用水取水バルブ	○		○
頭首工	取水ゲート	○		○
	揚水ポンプ	○		○
分水工	用水分水バルブ	○	○	○
	河川放流ゲート	○		

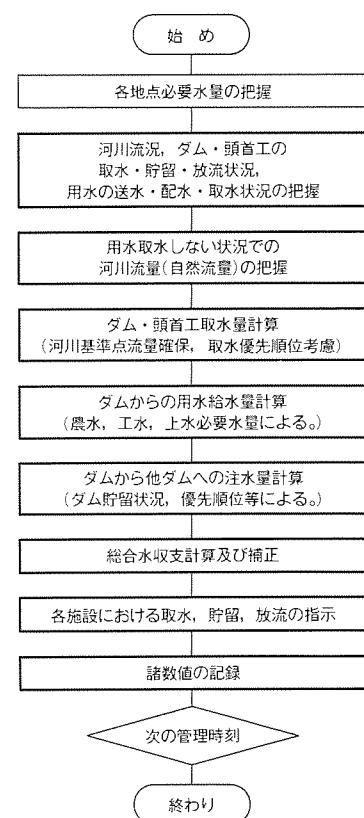


図3. 運用計画演算フローチャート

表4. 構成機器一覧

機器名	仕様	機器名	仕様
CDT 装置	型式：MELFLEX320 (1)大川瀬ダム向けCDT 伝送回線：NTT専用回線3.4kHz 規格 伝送速度：1,200bps 伝送方式：1:1常時伝送 隣接位相反転58ビット方式 データ量：95量 (2)川代ダム向けCDT 伝送回線：NTT専用回線3.4kHz 規格 伝送速度：1,200bps 伝送方式：1:1常時伝送 電気学会44ビット方式 データ量：48量 (3)荒屋ダム向けCDT 伝送回線：NTT専用回線3.4kHz 規格 伝送速度：2,400bps 伝送方式：1:1常時伝送 HDLC LAPB方式 データ量：220量 (4)地区内向けテレメータ 伝送回線：NTT専用回線3.4kHz 規格 伝送速度：1,200bps 伝送方式：1:Nボーリング 隣接位相反転52ビット方式 データ量：7量	入出力制御装置 グラフィックパネル データ処理装置	型式：MELFLEX 320 構成：装置間接続部 • CLA-R通信 • RS-232C簡易手順通信 • ワードシリアルビットパラレル通信 • LAN(TCP/IP)通信 データバックアップ用固定ディスク 20Mバイト 形状：自立型 構成：模式表示部(モザイク) データ表示部(鋼板) 表示：月日時刻 雨量 ダム貯水位・貯水量・放流量・取水量 頭首工水位・放流量・取水量 揚水機場揚水量 幹線水位・流量 水位・流量上下限 尺寸：幅7,530×高さ2,350×奥行800(mm)
データ転送装置	型式：MELFLEX380 (1)建設省加古川大堰向け 伝送回線：400MHz帯無線回線 伝送速度：200bps 伝送方式：1:Nボーリング HDLC方式 データ量：38量	データ処理装置	型式：ME400 機能：演算処理 集計処理 表示処理 印字処理 周辺機器： 固定ディスク 640Mバイト 磁気テープ装置 1/2インチオープンリール CRT装置 20インチ (ハードコピー装置付き) プリンタ 2台
操作卓	形状：コントロールデスクタイプ 構成：4面構成 データ表示部 ゲート制御操作部 テレメータ制御部 CRT操作部 尺寸：幅5,600×高さ1,092×奥行1,100(mm)	運用計画端末装置	型式：ME250 機能：演算処理 表示処理 印字処理 周辺機器： 固定ディスク 200Mバイト CRT装置 20インチ

双方向・多量データの伝送を行うために次のような設計としている。

- (a) 伝送方式に HDLC 方式を適用し、高速通信を実現している。
- (b) テレメータ呼出し時にデータ送出を行うことによって高速化を図っている。

(3) 入出力制御装置

総合管理所と各ダム管理所・建設省・上水・工水管理所等とのデータ集配信を行う。データ数が非常に多いこと(408データ), 高信頼性確保のために次のような設計としている。

- (a) 高性能伝送装置である MELFLEX シリーズをこのシステム専用に設計し、高速化・高信頼性を実現している。
- (b) 上位処理系停止時のデータ欠落を防止するため、この装置内にオンラインデータを約50日分バックアップする。

(4) データ処理装置

収集したデータの演算・CRT表示・記録処理・蓄積処理等を行うもので、下記の点からエンジニアリングワークステーション(ME 400)を適用している。

- (a) グラフィックエンジンを活用しての、多量のデータの高速・高精細描画
- (b) ウィンドウ機能の活用による容易な操作環境の実現
- (c) 運用計画ワークステーションとのハードウェア、ソフトウェア環境の親和性の実現
- (d) 小型、省電力化

(5) 運用計画ワークステーション

データ処理装置から収集・処理データを入力して、各種ゲート・バルブの目標流量を演算し、CRT表示・記録出力等を行うもので、エンジニアリングワークステーション(ME 250)を適用している。取り扱うデータの量は次のとおり。

- (a) 入力データ数：102 データ
- (b) 設定定数 : 27 データ
- (c) 演算種類 : 約 100 種
- (d) 出力データ数 : 23 データ
(23 とおりのゲート、バルブ目標流量出力)



図 4. 総合管理所全景



図 5. 操作室全景

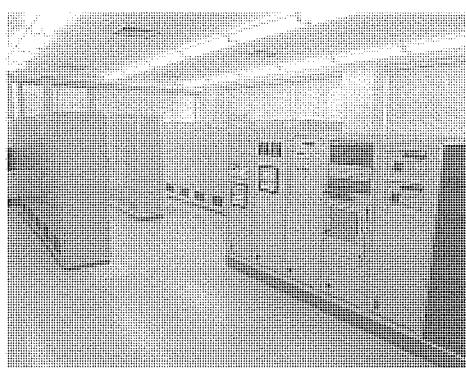


図 6. 機器室全景



図 7. 運用計画端末装置ほか

4. む す び

以上、加古川水系総合管理システムの概要を述べたが、水系全体を管理する広域的な情報管理システムの導入はまだ全国的に実施例がなく、このシステムについても導入の評価はまだ十分になされていない状況である。

水資源のひっ(逼)迫、特に渇水時における的確な対応が求められている今日、今後もこういった用水を広域で運用管理するシステムの導入が増加するものと考えられ、今回の経験をふまえ、更にシステムの質的向上を図っていきたい。

終わりにこのシステムの計画・施工に御指導、御協力をいただいた近畿農政局、近畿農政局土地改良技術事務所、東播用水農業水利事業所、加古川西部農業水利事業所、呑吐ダム管理事務所その他関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献

- (1) 宮本 宏：土地改良施設管理の現状と課題、農業土木の機械化, 7, No. 8, (1989)

三菱高速光 LAN “MELNET R100” システム技術

多々良浩司* 佐藤浩之** 馬場義昌** 森木嘉宏** 板垣寛二*

1. まえがき

ローカルエリアネットワーク (LAN) の普及は目覚ましいものがある。LAN システム数の増加とともに、個々の LAN システムの大規模化と複雑化が加速しており、技術的／システム的な対応が求められている。

当社ではこうした要求に対する解決として、三菱高速光 LAN “MELNET R100” を提供してきた。本稿では、“MELNET R100”で使用された最新の LAN システム技術を紹介する。

2. “MELNET R100” システム構成

“MELNET R100”はFDDI (Fiber Distributed Data Interface) 方式^{(1)～(4)}を採用した高速光バックボーン LAN である。FDDI にはパケット交換を行う FDDI-I とパケット交換／回線交換を行う FDDI-II があり、“MELNET R100”はその両方に応じている。図 1 にベーシックシステム (FDDI-I)

I-I), 図 2 にハイブリッドシステム (FDDI-II) を示す。

“MELNET R100”に導入された最新システム技術のうち、特長的な技術は以下のものである。

(1) ハイブリッドシステム技術

ハイブリッドシステム技術は、光ファイバ幹線上にパケット交換 (支線 LAN の間を接続するバックボーン) と回線交換とを同時に通す技術である。幹線上のプロトコルとしては、FDDI-II を採用した。この技術により、支線 LAN 系と回線系を同一の幹線 LAN に収容することができるようになり、企業内通信システムの導入／運用コストを大幅に低減することができる。

(2) トーケンリング (ソース ルーティング) 技術

支線系 LAN として普及しているものには、CSMA/CD⁽⁵⁾とトーケンリング⁽⁶⁾がある。トーケンリングを特徴付けるものとして、“ソース ルーティング技術”がある。“MELNET R100”はこの技術にも対応しており、大規模なトーケンリングネットワークの構築を可能としている。

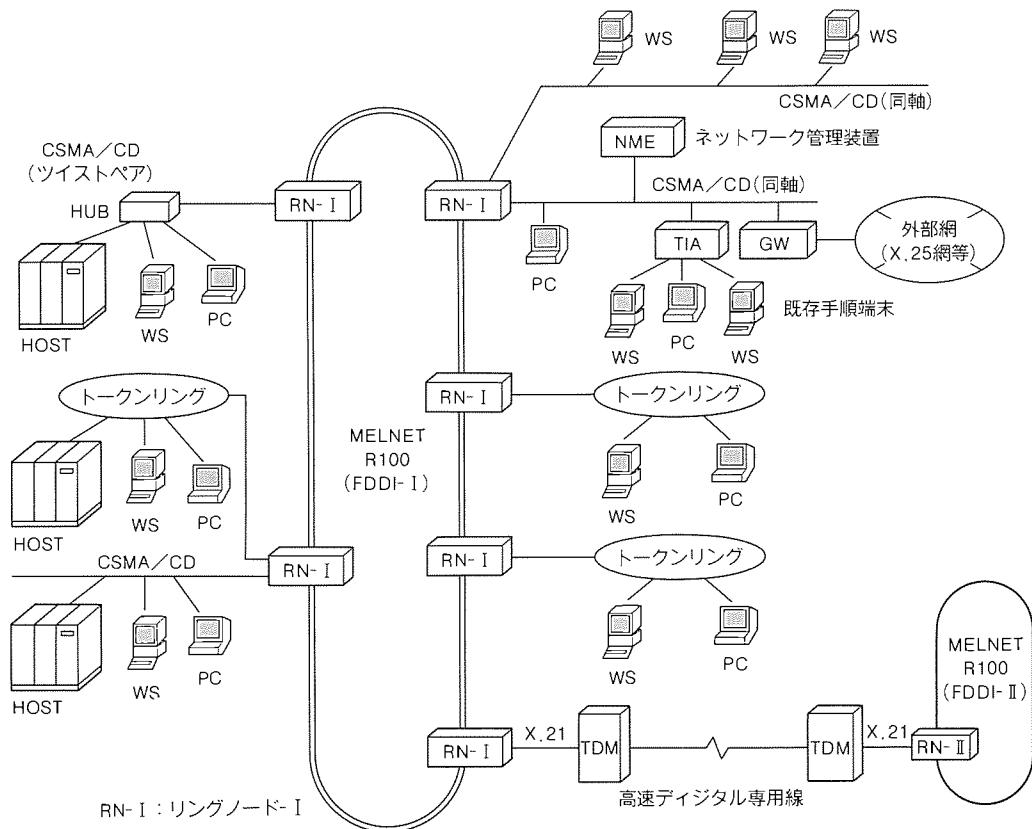


図 1. ベーシックシステム

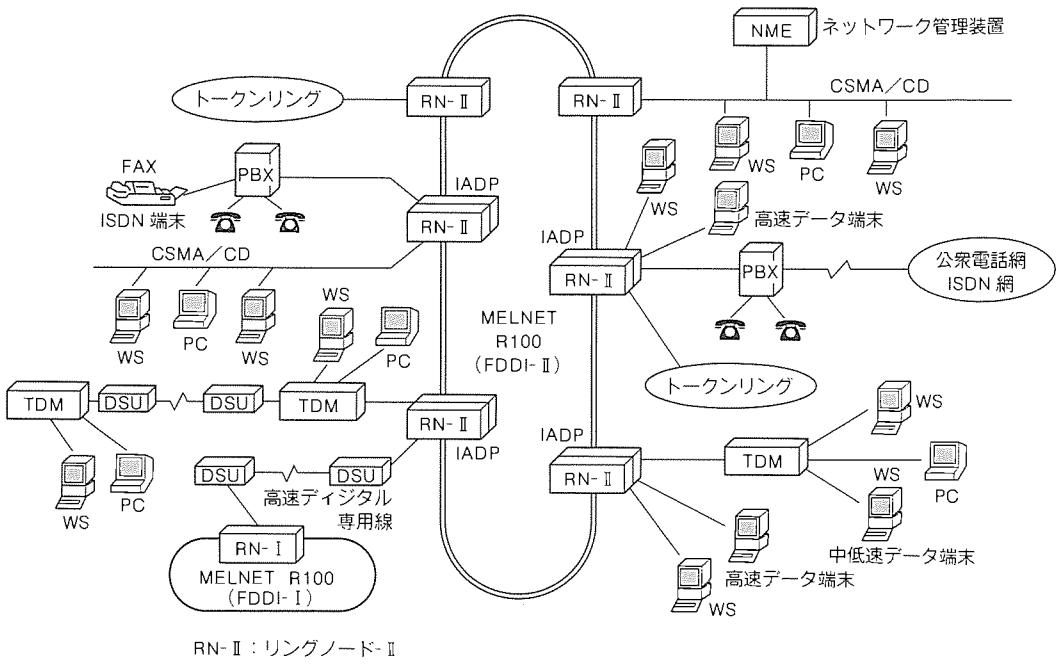


図 2. ハイブリッドシステム

(3) ルータ技術

ネットワークが大規模化／複雑化してくると、障害の局所化／トラフィックの局所化／運用保守の容易性等が必要になる。“MELNET R 100”はルータ技術の採用により、この要求にこたえている。

(4) 高速 LAN 間接続技術

LAN を複数の事業所等、遠隔地をも含めたインフラストラクチャとしているという要求が出てきている。“MELNET R100”は“高速 LAN 間接続技術”により、これにこたえている。

以下、これらの要素技術を中心に、“MELNET R100”システム技術を述べる。

3. 要素技術

3.1 ハイブリッドシステム技術

(1) ハイブリッドシステム概要

ハイブリッドシステムにおけるデータ転送は、FDDI-IIに準拠した125 μsの長さのサイクル単位で行われる。サイクルは図3に示すフォーマットとなっている。サイクルヘッダは、サイクルの同期制御、順序制御、パケット交換データと回線交換データの分離・多重化等のサイクル制御に使われる。情報部はパケット交換データのみを伝送する専用パケットデータグループ(DPG: 0.768 Mbps)と、パケット交換データ及び回線交換データを混在して伝送する16の広帯域チャネル(WBC: 1チャネル 6.144 Mbps)からなる。WBCは、サイクルヘッダ内のテンプレート値(TEMP)に従い、WBC単位でパケット交換／回線交換の分離・多重化が行われる

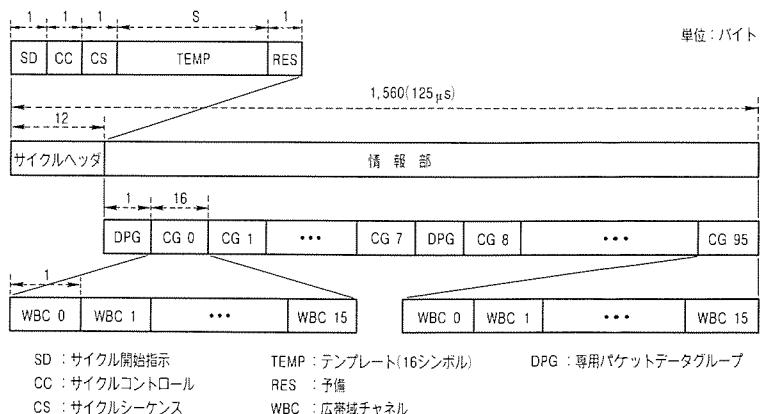


図 3. サイクルフォーマット

(図4参照)。なお、TEMP値については、ネットワーク管理装置からその値を任意に変更することができる。

回線交換に割り当てられたWBCは、各々64 kbpsのタイムスロット単位で任意の帯域に細分化し、回線設定することができる。一方、パケット交換に割り当てられたWBC及びDPGは連続した領域として使われる。

(2) 実現方式

“MELNET R100”ハイブリッドシステムの基本ノード構成を図5に示す。図でHRC(Hybrid Ring Control)はハイブリッドシステムを実現するためのモジュールであり、サイクルの同期制御、パケット交換／回線交換の分離・多重化等を行うH-MUX(Hybrid Multiplexer)と、回線設定等を行うI-MAC(Isochronous Media Access control)から構成されている。ハイブリッドシステム実現上、回線交換機器を収容するノードは、H-MUX及びI-MAC共に必ず(須)である。

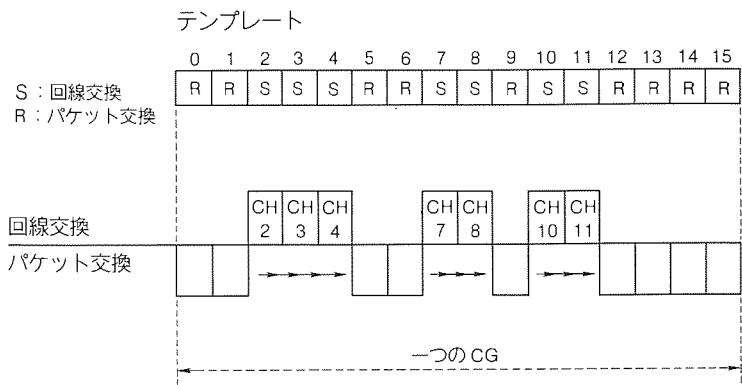


図4. 分離・多重化方式

り、回線交換機器を収容しないノードはH-MUXのみを必要とする。

また、ハイブリッドシステムはFDDI-I準拠のパケット交換のみを提供するベーシックシステムを包含しており、ハイブリッドシステム動作及びベーシックシステム動作を任意選択可能である。

3.2 トーケンリング(ソース ルーティング)技術

(1) 概要

トーケンリングは、トーケンと呼ばれる送信権を獲得したステーションのみがデータを送信できるトーケンパッシングアクセス方式を採用したリング型のLANである。伝送速度は4Mbps及び16Mbpsが標準化されており、データ衝突がないため高負荷時でも高スループットが実現できる。

トーケンリングLANを相互接続するときに用いられるブリッジ技術が以下に記述するソース ルーティング技術である。“MELNET R100”では、FDDIとトーケンリングの接続で、ソース ルーティング技術を適用し、大規模なトーケンリングネットワークの構築を可能にした。

(2) ソース ルーティング

ソース ルーティングは、送信元が設定したフレーム内のルーティング情報フィールド(図6参照)に従って経路制御を行うブリッジ方式である。経路指示フィールドには、送信先までのフレームを中継するブリッジのリストが含まれている。各ブリッジは、“リング番号-ブリッジ番号-リング番号”的組合せにより、一意に識別される。

通信を開始する際、送信局と受信局は特別な検索フレーム(表1参照)を送受信する。各ブリッジは、上記フレームを受信すると、ルーティング情報フィールドにブリッジ番号とリング番号を追加し、必要があれば中継可能な最大フレーム長を更新し、送信する。経路が複数存在する場合、送信局は通常最初に受信したフレームのルーティング情報によって以下の通信を行う。

上記のように、ソース ルーティングは複数の経路が存在しても最適な経路を選択し、最適なフレーム長によって通信を行うことができる。また、送信元が経路を指定するため、

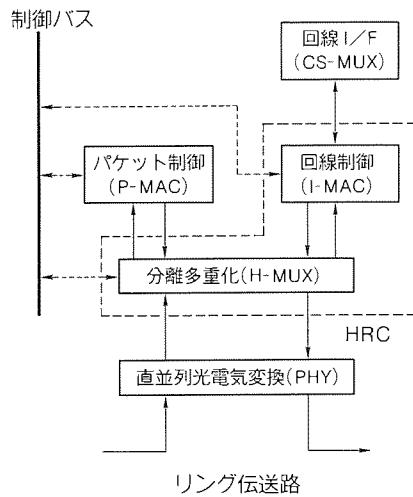


図5. ハイブリッドシステム基本ノード構成

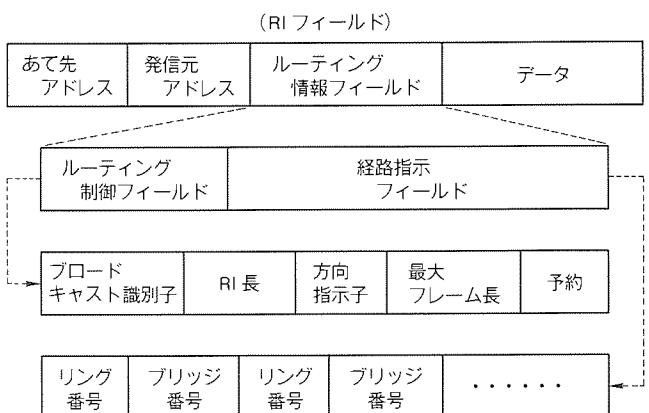


図6. ルーティング情報フォーマット

表1. 経路探索フレーム種別

フレーム種別	意味
全経路探索フレーム	すべての経路を通過し、すべてのリングに少なくとも1回は送信されるフレーム。
単一経路探索フレーム	指定されたブリッジのみ中継を行い、すべてのリングにただ一度だけ送信されるフレーム。

ブリッジによるルーティング処理が軽減される。

(3) その他の特長

- ◎トーケンリング上でのスパンニングツリーをサポートしている。
- ◎同一H/W(ハードウェア)により4, 16Mbpsのトーケンリングに対応可能である。
- ◎トーケンリング管理装置からソース ルーティングブリッジ、及びトーケンリングの管理が可能である。

3.3 ルータ技術

ルータ技術の概略仕様を表2に示す。以下に代表的な特長を紹介する。

(1) IP ルータ機能⁽⁸⁾

この機能は、WSやPCなどで代表的に使用されるプロト

コレである IP プロトコルのアドレスに基づいてデータグラムの中継を行うものであり、システムを複数のサブネットワークに分割することで、各ネットワークトラフィックを必要最小限に抑えたり（トラフィックの局所化）、システム内で発生した障害をそのサブネットワークに限定させること（障害の局所化）ができる。図 7(a)にルータの基本動作を示す。

また、IP のルーティングプロトコルとして業界標準の RIP を採用することで、ネットワークトポロジーの変更に対してダイナミックに対応することができる。さらに、“MELNET R100”特有の機能として、各サブネットワークへの中継を制限する IP フィルタリング機能により、セキュリティの向上も図っている。

(2) トランスペアレントブリッジ機能⁽⁷⁾

この機能は、OSI のデータリンク層のメディアアクセス制御 (MAC) におけるアドレス情報に基づいてフレーム中継を行うものであり、MAC より上位のプロトコル情報をトランスペアレントに中継するため、OSI 標準や各種の業界標準 (TCP/IP, IPX, XNS など) のフレーム中継ができる。図 7(b)にブリッジの基本動作を示す。また、スパニングツリーアルゴリズムの採用により、ネットワークの信頼性と効率を確実にしている。その他、“MELNET R100”特有の機能として、LAN をグループ分けし、同一グループ内においてのみ通信を可能とする閉域通信機能がある。

(3) ブルータ機能

上記二つの機能を同時に動作させることにより、“MELNET R100”をTCP/IP に対してはルータ、他のプロトコルに対してはトランスペアレントブリッジとすることができる。これにより、マルチプロトコル環境に対応した柔軟なネットワークを構築することが可能である。

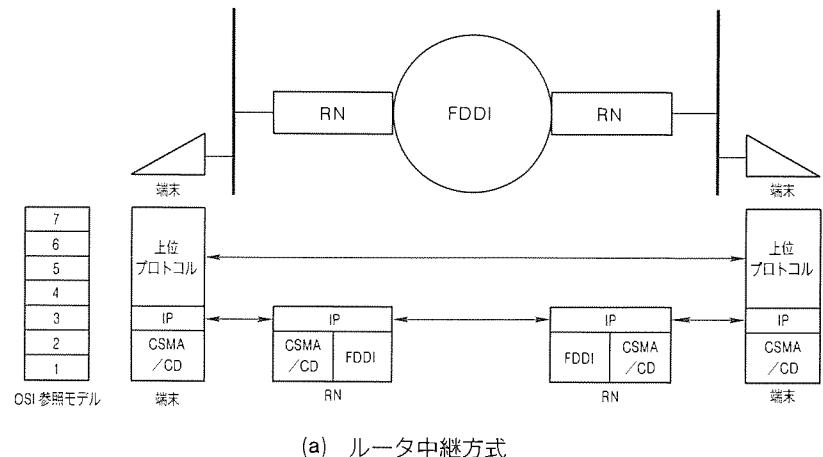
(4) ネットワーク管理機能

NME (ネットワーク管理装置) により、きめ細かい監視・診断・制御・運用管理ができる。これに加えて業界標準の SNMP の採用により、マルチベンダ環境におけるネットワーク管理にも対応している。

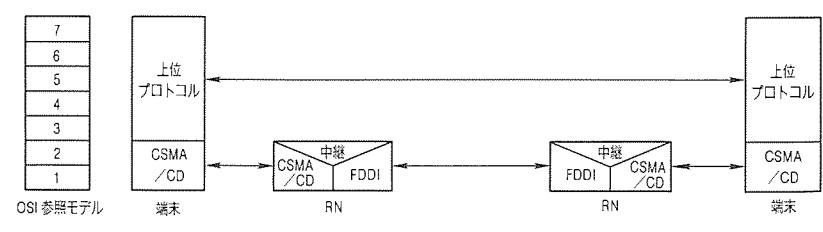
(5) マルチポート機能

表 2. ルータ概略仕様

機能	仕様
ルータ	対応プロトコル
	• IP (RFC 791) • ARP (RFC 826) • UDP (RFC 768) • ICMP (RFC 792) • RIP (RFC 1058)
	ルーティング方式
ブリッジ	セキュリティ
	• スタティックルーティング • ダイナミックルーティング (RIP)
	• IP フィルタリング
その他の機能	ブリッジ
	• トランスペアレントブリッジ (IEEE 802.1d/D9) • トランスレーション (RFC 1042, RFC 1188)
	フィルタリングアドレス設定
経路制御	• スタティックエンントリー方式 • ダイナミックエンントリー方式 (学習機能)
	セキュリティ
	• スパニングツリー
その他の機能	セキュリティ
	• 閉域接続
	ネットワーク管理
LAN インタフェース	• 独自プロトコル • SNMP (RFC 1157) • 標準 MIB (RFC 1156)
	• CSMA/CD (2 ポート) • FDDI (1 ポート)
装置障害発生時の対処	• 自動的に復旧する



(a) ルータ中継方式



(b) ブリッジ中継方式

図 7. ルータ動作概要

表 3. リモートブリッジの仕様概要

回線インターフェース	DSU 直結 (I インタフェース一次群速度、回線速度 192~1,536 kbps) 又は、TDM 接続 (X.21/V.11, 回線速度 48~1,536 kbps)
中継方式	トランスペアレントブリッジ及びソースルーティングをサポート。 リモートブリッジであるため任意のプロトコルに対し使用可能。
ネットワーク管理	NME によってローカル及びリモートの MELNET R100 の管理が可能。
スパニングツリー	ネットワークのループ構成を自動で単一ルートに再構成する (IEEE 802.1d 準拠)。

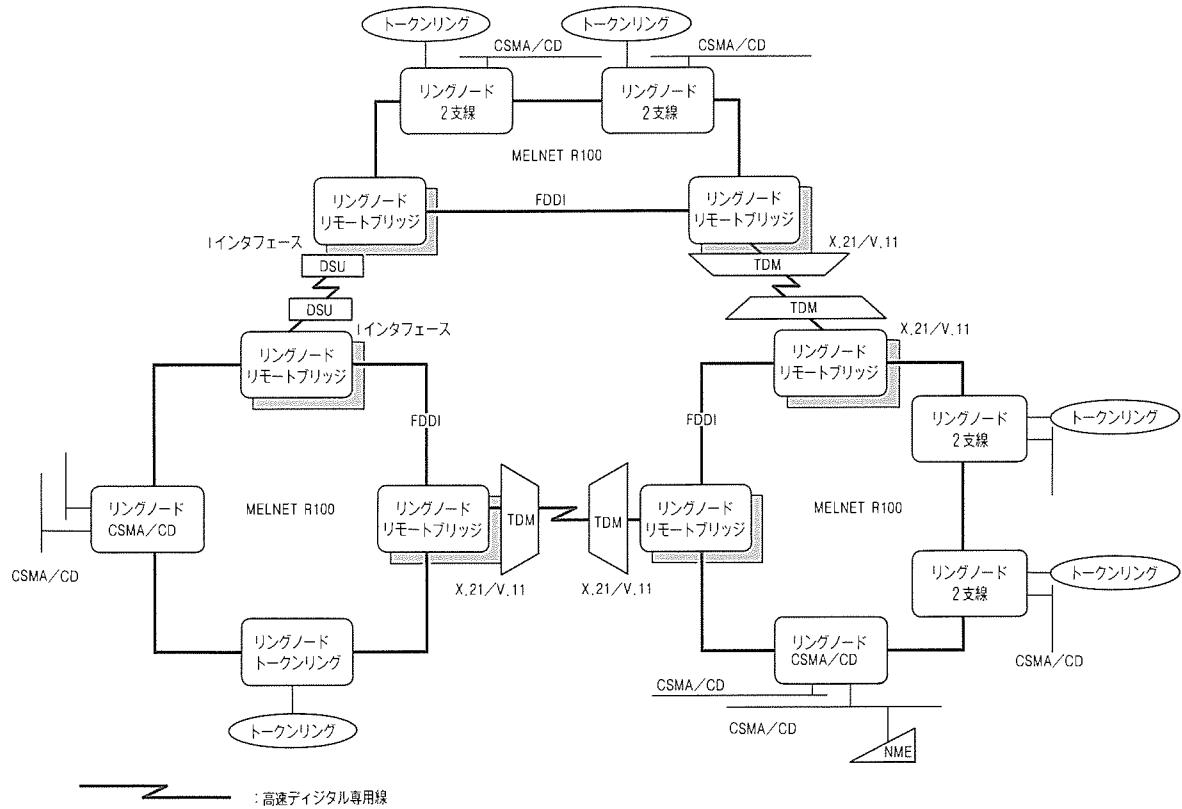


図8. リモートと接続した“MELNET R100”システム構成例

1台のリングノードに複数のCSMA/CD LANの収容が可能であり、低価格で大規模なネットワークを構築できる。

3.4 高速 LAN 間接続技術

(1) 概要

“MELNET R100”リモートブリッジは、高速ディジタル専用線を介した複数の“MELNET R100”どうしの高速 LAN 間接続を実現する。表3にリモートブリッジの仕様概要を示す。リモートブリッジの回線インターフェースは、DSU 接続のための I インタフェース又は TDM 接続のための X.21/V.11 が使用できる。

(2) ブリッジ方式

リモートブリッジは、トランスペアレントブリッジ機能とソース ルーティングブリッジ機能を合わせもっている。トランスペアレントブリッジ機能は、CSMA/CD 支線間の通信フレームに対して働くブリッジ方式である。ソース ルーティングブリッジ機能は、トーカンリング支線間の通信フレームに対して働くブリッジ方式である。トランスペアレントブリッジ機能のフィルタリングテーブルの生成は、学習によるダイナミックエンタリー方式及びNME からあらかじめ設定するスタティックエンタリー方式の両方をサポートしている。スタティックエンタリー方式により、任意の宛先 MAC アドレスの中継を禁止することができる。

(3) スパニングツリー

リモートブリッジは、IEEE 802.1d/D9に準拠したスパニングツリーをサポートしている。図8に“MELNET R

100”的リモートブリッジを用いたネットワーク構成例を示す。スパニングツリーにより、リモートブリッジがネットワークのループ構成を自動的に検出し、ループ構成を排除するためにリモートブリッジにおけるポートをバックアップ状態にする。これにより、ネットワーク構成を常時、単一経路に保つことができる。また、障害が発生して経路が断たれた場合、リモートブリッジが自動的にバックアップ状態のポートを運用開始して通信経路を確保することができる。スパニングツリー機能により、ネットワークの障害に対する信頼性の向上を実現できる。

(4) ネットワーク管理

NME により、リモートブリッジの監視・診断・制御・運用管理ができる。さらに、1台のNME により、リモート接続した複数の“MELNET R100”を一元管理することができる。

(5) 閉域通信の広域化

閉域通信は、“MELNET R100”を論理的に通信可能領域にグループ化して、他グループからのアクセスを防ぎ、セキュリティを確保する機能である。閉域通信の広域化について図9に示す。閉域通信のグループ番号は、重複して設定可能である。閉域通信機能は、ブロードキャストやマルチキャストフレームもグループをまたがって中継しない。リモートブリッジにより、閉域通信の機能を遠隔に広げることができる。

4. むすび

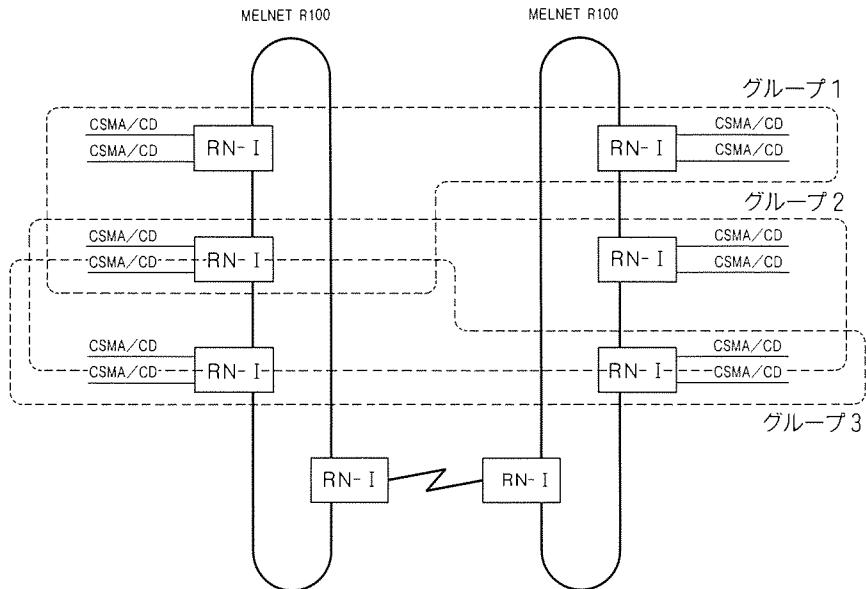


図9. 閉域通信の広域化

LANの普及に伴うシステムの大規模化／複雑化に対して，“MELNET R100”の最新技術を中心に、当社が提供しているシステム的解決を述べた。

LANの普及は今後も速いスピードで進展することが予想される。当社は、“MELNET R100”的更なる強化とともに、システムインテグレータとしてユーザーの抱える課題に最適な解を提供すべく、努力を続けていく所存である。

参考文献

- (1) ISO 9314-1 : Fiber Distributed Data Interface (FDDI)
-Part 1 : Token Ring Physical Layer Protocol (PHY)
(1989-04-15)
- (2) ISO 9314-2 : Fiber Distributed Data Interface (FDDI)
-Part 2 : Token Ring Media Access Control (MAC)

(1989-05-01)
- (3) ISO 9314-3 : Fiber Distributed Data Interface (FDDI)
-Part 3 : Token Ring Physical Layer, 1990 Medium
Dependent (PMD)
- (4) ANSI X3T9 / 90-078 Rev. 6.2 : Fiber Distributed
Data Interface (FDDI) -Station Management (SMT)
Rev. 6.2 (1990-08)
- (5) IEEE 802.3 : Local Area Network-Carrier Sence
Multiple Access with Colision Detection (CSMA /
CD) Access Method and Physical Specification
- (6) IEEE 802.5 : Local Area Network-Token Passing
Ring Access Method and Physical Specification
- (7) IEEE 802.1d / D9 : MAC Bridges
- (8) RFCs : SRI NIC Request For Comments

ISDN ネットワーク接続サポート

黒畠幸雄* 吉尾智誓* 吉崎正幸* 浜田 敬*

1. まえがき

ISDN (Integrated Services Digital Network) は、その高い経済性・高速・高品質、国際標準による高い相互接続性により、高度情報化社会におけるインフラストラクチャとして本格的な実用期を迎えたと言ってよい。

当社のコンピュータにおける ISDN インタフェースサポート開発は、新三菱電機統合ネットワーク体系である MNA-III (Multi-shared Network Architecture-phase III) を基本方針として行った。

この論文では、まず当社コンピュータの ISDN サポート状況について述べ、次にホストコンピュータの EX 800 シリーズ (Global Operating System : GOS)，パーソナルコンピュータの MAXY における ISDN インタフェースの開発方針と具体的なシステム導入事例について紹介する。なお、M 80 GR ファミリー、MX シリーズにおける実装や通信ボード上のファームウェア (以下 "F/W" という。) の実現方式については、本誌に掲載⁽¹⁾済みであり、ここでは割愛する。

2. 当社の ISDN サポート状況

2.1 基本方針

新三菱電機統合ネットワーク体系 MNA-III は“オープン仕様の採用により、マルチベンダ環境におけるネットワークシステムの構築を可能とする。”ことを基本方針とし、ネットワーク体系の統合・統一を目指すものである (図 1)。

また、MNA-III では ISDN を今後の WAN (Wide Area Network) における中心的な通信網と位置付け、市場の要求に応じて ISDN のサービスを段階的にサポートする (LAN 系のプロトコルである TCP/IP, PC-LAN については、インターネットワークであるゲートウェイ及びルータを介してサポートする。)。ISDN のサービスは大きく基本インターフェースと一次群速度インターフェースに分けられるが、MNA-III ではまず基本インターフェースをサポートする。その第一ステップとしてパケット交換モードをサポートし、ユーザー要求に合わせて MNA-P, OSI, SNA^(注1) での

接続を可能とする。第二ステップでは、機種の必要に応じ回線交換モードをサポートする。次の段階として、一次群速度インターフェースをサポートしていく。

2.2 サポート状況

ISDN インタフェース機能をもつ当社コンピュータの各機種における ISDN サポート状況は表 1, 表 2 のとおりである。EX, MX, M 80 では、回線交換モードを最初からサポートしている。

また、OSI のサポートを各機種で進めているが、特に端末系ではテレコム推進財団推奨版 API 準拠製品の開発を行っている。

2.3 テレコム推進財団推奨版 API 準拠製品

(財)テレコム高度利用推進センターでは、ユーザー、メーカー、キャリア等の約 120 社が参加している“テレコム高度利用推進協議会”で、ISDN を始めとする電気通信の高度利

(注 1) SNA (Systems Network Architecture) は米国 IBM 社の提唱する方式である。

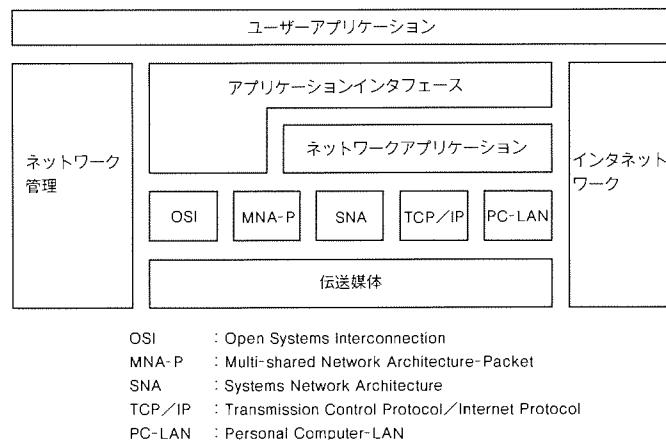


図 1. 新三菱電機統合ネットワーク体系 MNA-III の構成要素

表 1. ISDN パケット交換サービス接続条件一覧

項目	ISDN 直結 ボード	B チャネル 64(kbps)	機種				
			MNA-P	EX (GOS)	MX	M80	MAXY
ISDN 直結ボード	64	SNA/X.25	○	○	△	△	
		OSI	△	○	○		
		MNA-P					○
		D チャネル 16(kbps)			×		○
		OSI					△
		INS ネット 1500				×	

注 ○：開発済、△：開発中、×：未サポート

用についてユーザーのニーズを吸収・集約し、その実現を図る活動を行っている。この協議会の中のテレコム技術委員会では、1990年8月にコンピュータ・ターミナル通信部会を設置し、ISDNを利用したパソコン間又はパソコン-ホストコンピュータ間通信において現在ボードメーカー間で異なっているアプリケーションプログラムインターフェース(API)の統一化を図る検討を進めており、当社も積極的にこれに参加してきた。なお、コンピュータ間通信のデータストリームは、(社)電信電話技術委員会(Telecommunication Technology Committee: TTC)で既に標準化されている“ISDNを利用するアプリケーションのためのOSIプロファイル(JT-PD 00シリーズ)”に準拠するものである。

APIとは、データストリームを規定するものではなく、実際の発呼・着呼・送信・受信といった、システムへ要求する各種関数名や引数等の具体的な共通プログラミング条件を規定するものである。つまり、このテレコム推進財団推奨版APIを使用してプログラミングしたものは、ISDN通信の部分に限って、異種メーカー間であってもポータビリティ性が保証されるメリットがある。

1991年5月に、OSIプロファイルの7層のうち、3層(ネットワーク層)部分までを扱えるAPI(これを“FRAPI-A”と呼んでいる。)の仕様書化⁽²⁾がほぼ終了したため、その仕様に沿った製品を1992年4月から販売開始している。表3にその製品概要を示す。

3. EX800シリーズ(GOS)での実装

この章では、当社のホストコンピュータであるEX800シリーズ(GOS)におけるISDNインターフェースの開発方針及びシステム導入事例を紹介する。

3.1 開発方針

前述の基本方針に加え、ホストコンピュータの特性を考慮した以下に示す方針を設けた。

(1) パケット交換/回線交換の両モードのサポート

ホストコンピュータの業務としては、主に端末とのTSS(Time Sharing System)処理やトランザクション処理、またホスト-ホスト間のファイル転送等がありそれらを同時に、また安いコストで実行できる機能が必要となる。具体的には、TSS処理やトランザクション処理のようなデータ量の少ない業務に適したパケット交換モードと、ファイル転送のような一度に多量のデータを送受信する業務に適した回線交換モ

表2. ISDN回線交換サービス接続条件一覧

項目	INSネット64	機種	EX(GOS)	MX	M80	MAXY
		MNA-P	○	○	○	△
		OSI	△	○	△	△
		SNA/X.25		×		△
		SNA/SDLC一次局	○			×
		SNA/SDLC二次局	○			
		SNA/IDLC		×		
		INSネット1500		×		

注(1) SNA/X.25, SNA/SDLC(Synchronous Data Link Control)及びSNA/IDLC(ISDN Data Link Control)は、米国IBM社の提唱する方式である。

(2) ○:開発済、△:開発中、×:未サポート

表3. テレコム推進財団推奨版API準拠製品概要

サポート機種	MAXY(MAXYNOTE, apricotは除く)(OSはMS-DOS*)
製品名称	端末通信管理プログラム
サポート通信属性	Dチャネルパケット(JT-PD12準拠)
通信ボード(別売)	B8890通信制御装置
サポート言語の種類	MS-C* V5.1以降
サービスプログラム	ファイル転送(メッセージ送受信も可)

注* MS-DOS, MS-C(Microsoft C Optimizing Compiler)は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

ードがあるが、これを自在に使い分ける機能を装備した。

(2) 64 kbps以下の通信速度のサポート

回線交換モードでISDN直結機能をもたない端末との通信は、端末側にターミナルアダプタ(TA)が必要となるが、既存の端末は64 kbps以下の通信速度が一般的である。この相互接続性を実現するためにCCITT勧告V.110及びX.30に準拠した速度整合方式を採用した。これにより、融通性のある通信速度(2,400 bps~64 kbps)で相互通信を可能としている。

(3) 既存アプリケーションプログラムとの互換性維持

通信機能を使用する既存のアプリケーションプログラムを、全くISDNを意識することなく、従来どおり使用することができる。

3.2 システム導入例

システム導入事例として、当社姫路製作所における生産管理システムについて紹介する。

(1) ネットワーク構成

姫路製作所では、図2で示すようにCIM(Computer Integrated Manufacturing)推進に伴い、取引先とのネットワーク環境を完備するためにISDNを導入した。

(2) 効果

従来、取引先への生産計画はホストコンピュータ(COSM O)から電話網を介し、各取引先に転送されていた。各取引先では、その生産計画に従って製品を製作し、姫路製作所に納品するという業務を行っていた。

新システムでは、姫路製作所から生産計画データを提供するだけでなく、ISDNを利用して取引先から納品予告データの伝送を受けるとともに、納品伝票をバーコード化することによって次のような効果をねらいとしている。

- 物と情報の一元化
- 納品確認業務の一元化
- 通信コストの削減
- データ通信の信頼性の向上
- 業務のリアルタイム性の実現
- 人工費の削減
- システム拡張の容易性

ISDN直結機能を使用することにより、従来、電話網では2,400 bpsで通信していたものが、64 kbpsで通信することが可能となる。この機能を使用することによって通信コストの削減と通信の信頼性の向上を図っている。また、一部TAを用いてISDNとコンピュータを接続することによって9,600 bpsで通信し、同様の効果を実現している。さらに、ホストコンピュータとISDNパケット交換網経由で各取引先のMAXYとを接続し、業務のリアルタイム性、人工費の削減、システム拡張の容易性という効果を生んでいる。

今後の検討課題としては、このシステムの適用取引先の拡大である。また、オンライン上でやり取りしているデータの内容を拡大し、より一層業務の効率化を図ることである。

4. MAXYでの実装

4.1 サポートS/W製品

三菱AXパーソナルコンピュータのMAXYでは、ISDN直結通信をサポートする製品として、以下に示すものがある。

- 端末エミュレータ“5370JS”(SNA接続用)
- 端末エミュレータ“M4374AX”(MNA-P接続用)
- 端末通信管理プログラム(テレコム推進財団推奨版API機能とMS-Windows^(注2)V3.0上で動作する“5370JS”)

4.2 開発方針

(1) B8890通信制御ボード上のF/W開発効率向上

MAXY用のISDN通信制御ボード(B8890)上で動作するF/Wの開発は、ミニコンピュータ及びオフィスコンピュータ用に既に開発を終了しているISDN通信制御装置(ICCP)のF/Wを大部分流用することで、開発効率や信頼性を向上させた。

(2) 既存X.25F/W・インターフェースの保持

(注2) MS-Windowsは米国マイクロソフト社の登録商標である。

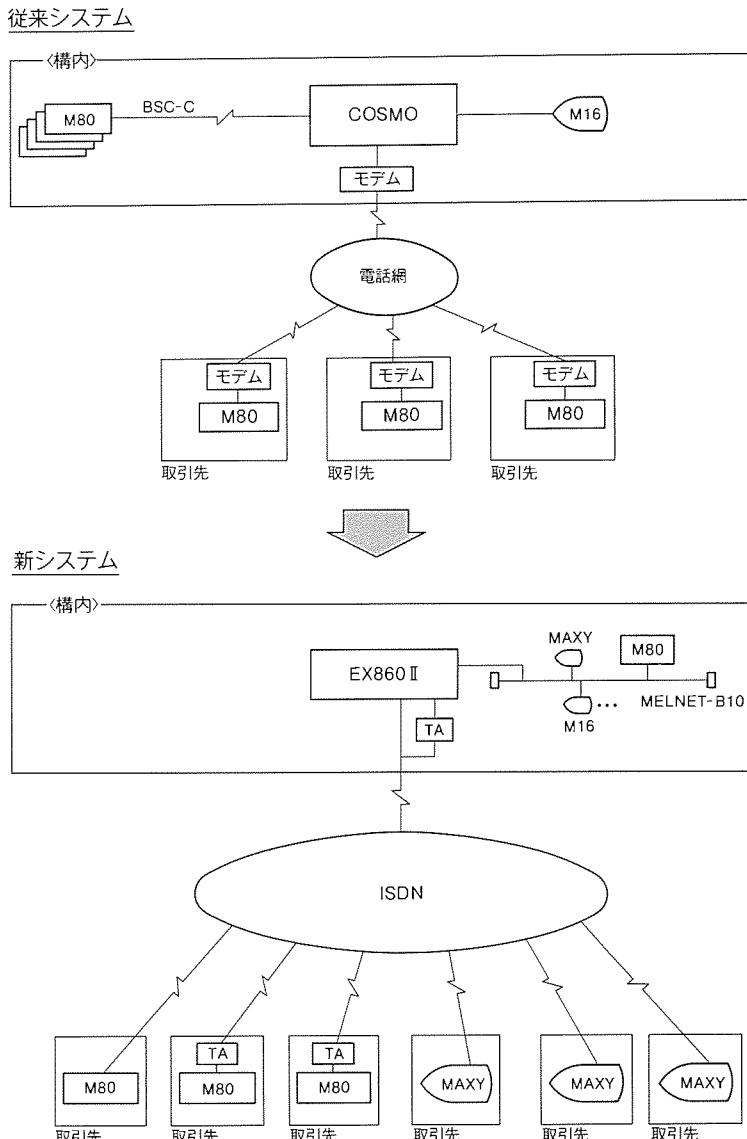


図2. 当社姫路製作所の新生産管理システム

既存のV及びXインターフェースをサポートしているB8862通信制御ボード上のX.25F/Wとソフトウェア(以下“S/W”という。)との接点インターフェースを極力合わせることで、S/Wの開発量を減らした。なお、このためのF/W構造を図3に示す。

(3) Dチャネルパケット交換をまずサポート

同一加入者線上で最大8台まで同時通信ができるDチャネルパケットサービスが端末エミュレータ使用に最適との判断に立ち、まずは、Dチャネルパケット交換からサポートした。ただし、順を追ってBチャネル回線交換、Bチャネルパケット交換のサポートも実施していく。

(4) 最低限の初期設定パラメータ

INSネットサービスへの加入条件や運用条件をある程度固定化することにより、ISDN固有のパラメータ設定を最低限にし、利用者にとって分かりやすいものとした。なお、テレコム推進財団推奨版API機能実現に当たっては、各種ISDN固有パラメータも設定可能な拡張をしている。

4.3 システム導入事例

ここでは前節の方針に従って開発したMAXYのISDN製品の導入事例として、三菱自動車工業(株)の販社情報システムセンターのネットワークを紹介する。

(1) 現行ネットワーク構成

三菱自動車工業の販売会社(ディーラー)は、その業務運用形態に応じて、汎用機利用販社(EX 800シリーズ, COSMOシリーズ, IBM汎用機等を利用)と、オフコン利用販社(M 80シリーズ等を利用)及び端末機利用販社(マルチワークステーション(MWS)等を利用)があり、三菱自動車工業のホストコンピュータ(EX 870Ⅱ及びIBM 3090)との間で、車両や部品の照会/注文等の通信業務を電話網を中心としたネットワークで行っていた。また、一部の販売会社では、最寄りのアクセスポイントまでTA経由でISDNの回線交換によって接続し、アクセスポイントから三菱自動車工業のホストコンピュータまで高速デジタル回線で多重化して接続することで、通信業務のスピードアップを実現していた。

(2) 新ネットワーク構成

新ネットワークでは端末機利用販社のうち、従来、電話網で接続していた約300台のMWSを、MAXY約800台に拡張し、かつISDNパケット交換網に直結する形態をとっている。この部分を販社情報システムセンターと呼び、構成を図4に示す。各販社は、1本のINSネット加入者線で複数台のMAXYが接続でき、かつ同時に通信ができるようになった(MAXYはDチャネルパケット接続ができるため、1本の回線で最大8台まで同時通信ができる)。また、従来の照会/注文等の業務に加え、販社内の経理や顧客管理等の業務拡大を実施しても、従来の電話網接続に比べてスピーディかつ費用低減が実現できている。

(3) 効果

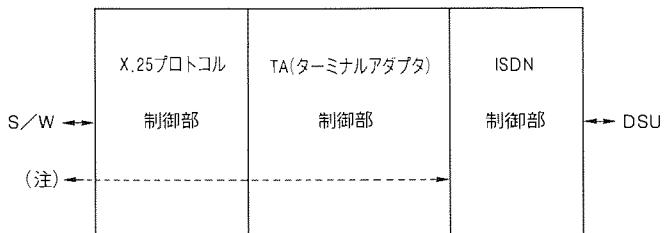
上記(2)に示した新システムにより、次の効果が出ている。

- 顧客サービスの向上
- 販売業務/管理業務の効率向上
- 端末一ホスト間の通信費用削減
- 販売から生産ラインへの情報スピードアップ
- 車両・部品の納期短縮

なお、新システムのMAXYは、現在ホストとの通信だけを行っているが、ホストを介さない販社拠点間のメッセージ送受信機能(テレコム推進財團推奨版APIを使用したMAXY間の通信)を行うことも、今後の検討課題としている。

5. むすび

以上、当社の統合ネットワーク体系MNA-ⅢにおけるISDN接続サポートの考え方、ホストコンピュータ及びパーソナルコンピュータにおける開発方針及び導入事例を紹介した。今後は電話網やTAを用いた従来型の接続から、ISDN直結型の接続に変更ができるため、費用面及び機能面とも



(注) テレコム推進財團推奨版 API機能の実現に当たっては、ISDN制御部固有のインターフェース(I/F)であるJT-Q931を上位アプリケーションに一部提供する必要があるため、点線部分に示すI/Fの拡張を実施。

図3. B8890 F/Wの構造

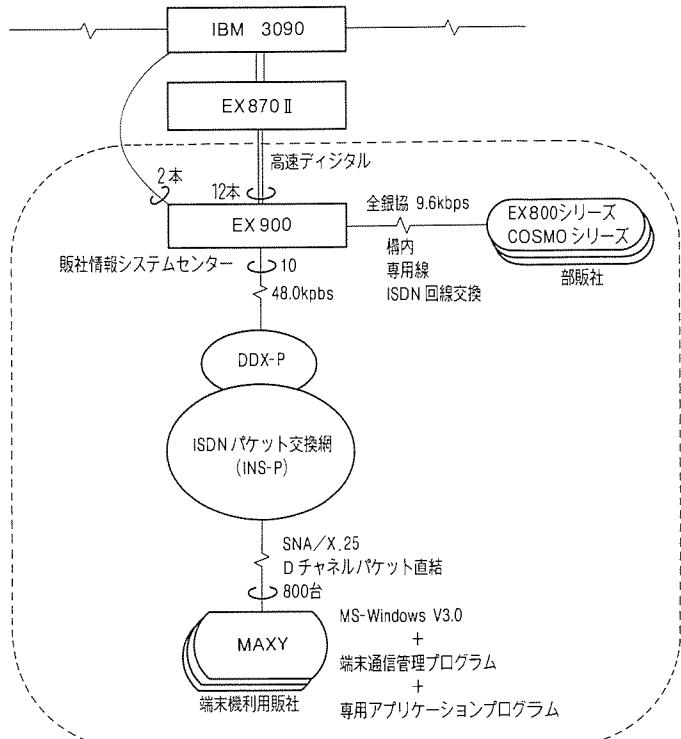


図4. 三菱自動車工業(株)の販社情報システムセンターのネットワーク

ユーザーの要求が満足されるものと思われる。なお、パソコン用コンピュータでは、パケット交換機能を先にサポートすることを基本方針としてきたが、ISDNの高速性を生かした回線交換や複合的な音声通信も今後サポートしていく必要がある。さらに、ホストコンピュータでは、INSネット1500サービスのサポート、広帯域ISDNに向けた製品試作、評価も行っていく必要がある。

参考文献

- (1) 齋藤 譲, 三屋 誉一郎, 赤津慎二, 板尾 実, 永井 敏 : コンピュータ用ISDNインターフェースボード, 三菱電機技報, 65, No.7, 651~656 (1991)
- (2) テレコム推進財團推奨版API・レイヤ3対応・ISDN通信制御のためのパソコン用API, (財)テレコム高度利用推進センター (1991)

カラービデオプリンタ CP-11

小池 清* 中川邦彦* 渡部一喜* 加納公生** 梶野一樹**

1. まえがき

家庭用カラービデオプリンタは、ムービーの普及とともに需要が高まっている次世代 AV 製品の一つである。当社では、家庭用機種としてカラー画像を A 6 サイズ（はがき大）の記録紙に手軽にプリントできる高機能・高画質・薄形の昇華形熱転写プリンタ CP-11 を開発した。

本機は新開発の 1 チップ約 3 万ゲートの LSI とフレームメモリにより、画像の記憶、モニターへの表示、画像処理ができるようになった。さらに、画質・色などに対して各種の自動補正機能、調整機能を開発し、256 階調、1,670 万色の高画質を実現した。また、熱転写メカニズムにはキャプスタン・ピンチローラ機構で記録紙をグリップするストレートパス紙搬送スイング方式を採用し、業界一^(注1) の薄形化(82 mm)を実現した。標準紙のほかに官製はがき、シール紙、OHP 紙にもプリント可能で、画面サイズは 110 mm × 88 mm で業界最大^(注1) である。

本稿では、これらの高画質・高機能を達成したデジタル信号処理技術と熱転写メカニズム技術について述べる。

2. CP-11 の構成

本機の外観を図 1 に、内部構成を図 2 に示す。

本機は、

- (1) 映像入力信号の復調処理部
- (2) A/D 変換部
- (3) 4 M ビットのフレームメモリ
- (4) メモリ制御と画像処理、及び印画処理を実行するデジタル信号処理部
- (5) D/A 変換部
- (6) モニター信号を生成する変調処理部

(注1) 1991 年10月製品発売時点

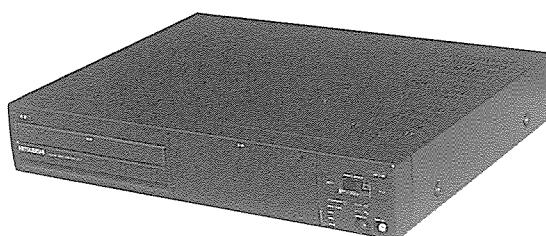


図 1. カラービデオプリンタ CP-11 の外観

(7) スイング方式によって順次印画を行う熱転写メカニズム部

(8) 機器の動作を制御するシーケンス制御部

(9) 電源部

から構成されている。

本機の基本仕様を表 1 に、また主な機能を表 2 に示す。

3. デジタル信号処理

図 2 に示すようにデジタル信号処理部は、メモリ制御、画像処理、及び印画処理の三つのブロックから構成されている。

3.1 メモリ制御

メモリ制御部は、

- (1) 入力画像データをフレームメモリに記憶する記憶モード
 - (2) モニター用の画像データを出力する表示モード
 - (3) 印画用の画像データを出力する印画モード
- の三つのモードを備え、表 2 に示すマルチ画面、コメント挿入などの特殊機能に応じた制御を行う。

3.2 画像処理

画像処理部は、表 2 に示す、

- (1) 輝度信号の適応型走査線補間
- (2) 色信号の適応型画素補間
- (3) 自動コントラスト補正と明るさ調整
- (4) 彩度調整
- (5) 色相調整
- (6) アパーチャ補正

の 6 つの高画質化機能を備えている。(1)と(2)の機能には、画像の変化方向を考慮した補間法を採用し、(3)の機能は、輝度データの階調分布を解析して補正する。(4)に関しては R, G, B のデータから色データの差を変化させることによって色相を調整する。(1)～(4)が今回開発した高画質化画像

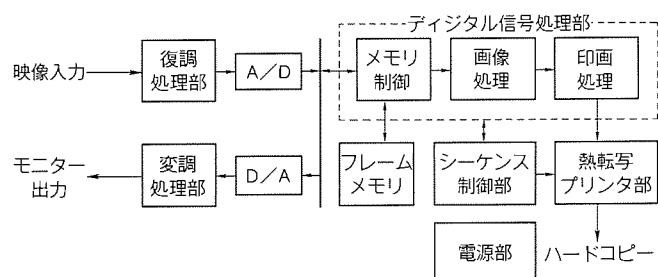


図 2. CP-11 の構成

表1. CP-11の基本仕様

映像入力	NTSC コンポジット信号 2 系統 Y/C コンポーネント信号 2 系統
映像出力	NTSC コンポジット信号 1 系統 Y/C コンポーネント信号 1 系統
印画方法	昇華染料熱転写方式
印画時間	約60s
印画性能	画素数 680(ドット)×464(ライン) 階調数 256階調
記録紙	カット寸法 140mm×100mm 画面寸法 110mm×88mm
外形寸法	424(W)×82(H)×342(D)(mm)
質量	7.6kg

処理技術である。なお、(5)と(6)は従来機種である CP-10 の技術⁽¹⁾を踏襲した。

3.3 印画処理

印画処理部は、画像データを ROM に記憶している変換テーブルを用いてインクデータに色変換するとともに、このインクデータから 256 階調を実現する階調データを生成して高速にサーマルヘッドに転送することにより、短時間での印画を可能にした。また、印画率の変動で発生する濃度むらを補正している。

3.4 1チップLSI化

従来は複数の LSI でデジタル信号処理部を構成していたが⁽²⁾、今回 1チップ LSI に集積した。この 1チップ化により、デジタル信号処理を、この LSI と 512 KROM 及び 4 MDRAM の 3チップで実現できるようになった。この 1チップ信号処理 LSI の概要を表3に示す⁽³⁾。

4. 热転写メカニズム

4.1 メカニズムの構成と動作

開発したメカニズムの外観を図3に、断面とその構成を図4、図5に示す。このメカニズムでは、小型サーマルヘッドと小径プラテンローラの採用によって薄形化を図り、さらに高摩擦キャプスタンローラとピンチローラによる紙搬送と、搬送抵抗が小さい水平スイング方式の採用より、精密紙搬送と高速印画を実現している。

次に給紙動作について図4で説明する。記録紙収納カセットの上方に待機している紙押えレバーが破線に示す位置まで降下して記録紙を給紙ローラに圧接した後、給紙ローラが回転し、カセットに積層された記録紙の中から 1枚だけが分離されて、矢印で示すように給紙される。記録紙がキャプスタンローラとピンチローラに到達すると紙押えレバーは上方へ退避し、給紙ローラへの圧接が解除される。以後の動作における紙搬送はキャプスタンローラとピンチローラの摩擦駆動によって行われる。記録紙の後端がキャプスタンローラ近傍に到達したところで記録紙の搬送を停止し、印画開始位置となる。

表2. CP-11の主な機能

機能	内 容	
高画質化機能	輝度信号の適応型走査線補間	
	色信号の適応型画素補間	
	自動コントラスト補正と明るさ調整	
	彩度調整	
	色相調整	
	アバーチャ補正	
	ロックアップテーブル型色変換	
	濃度むら補正	
印画処理	高速印画処理	
	官製はがきへの普通紙プリント	
	同一画面(4, 16分割)	
	マルチ画面	異画面(4, 16, 25分割)
		縦長画面(1, 2, 6, 24分割)
	コメント挿入	
	マルチストロボ	
	ディジタルインボーズ	
特殊機能	マトリクス	
	メモリ制御	
	コマンド挿入	
	マルチストロボ	
	ディジタルインボーズ	
	マトリクス	
	マトリクス	
	マトリクス	

表3. 1チップLSIの概要

プロセス	CMOS 1.2 μm ルール
ゲート数	約29,000ゲート
チップサイズ	13.6mm×13.6mm
パッケージ	160ピンフラットパッケージ

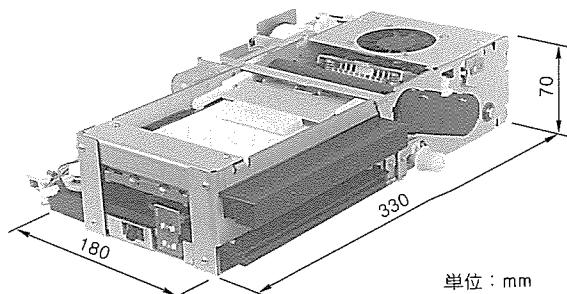


図3. メカニズムの外観

印画動作は、図5に示すようにサーマルヘッドが降下してインクシートと記録紙を間に介し、プラテンローラに圧接して行われる。キャプスタンローラは給紙動作のときとは逆方向に回転し、記録紙を図5に矢印で示す方向に搬送する。同時にサーマルヘッドにより、熱転写記録が行われる。1色目の印画が終了するとサーマルヘッドが給紙動作の位置まで上昇してプラテンへの圧接状態が解除され、キャプスタンローラが印画動作中とは逆方向に回転して記録紙を印画開始位置まで戻す。カラー画像はイエロー、マゼンタ、シアンの3原色の重ね合わせによって形成されるので、記録紙を3回往復運動(スイング)させる。

印画終了後に記録紙は、排出ローラによって排出部へ搬送され、さらに排出メカニズムによって装置外部に排出される。

4.2 薄形紙搬送機構

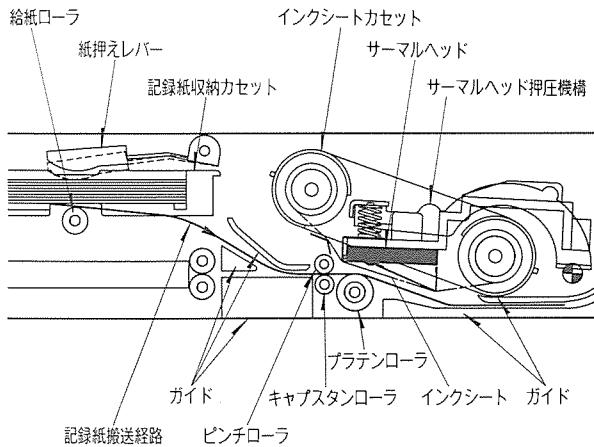


図4. メカニズムの構成と動作(給紙モード)

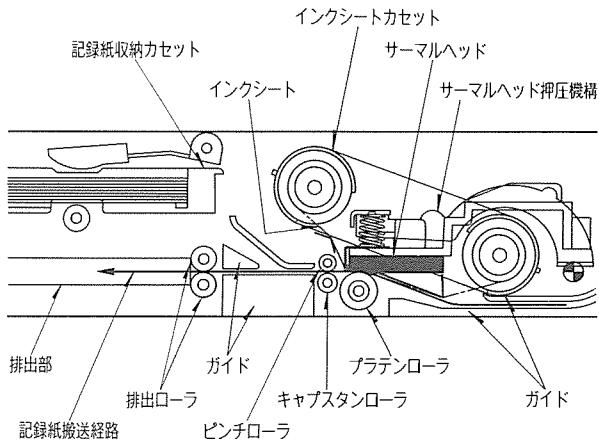


図5. メカニズムの構成と動作(印画モード)

当社の従来機種では、表4に示すプラテン巻付け方式のメカニズムを採用していた⁽¹⁾。この方式は、記録紙先端をプラテンローラに固定して巻き付け、プラテンローラを一方向に回転させて印画を行うために精密紙搬送や高速印画などの特徴をもつ優れた方式であるが、プラテンローラの直径が大きいためにメカニズムの薄形化には不利な方式であった。

一方、スイング方式はプラテンローラやサーマルヘッドの小型化が可能であり、メカニズムの薄形化とコスト低減に効果がある。しかし、1色の印画が終了するごとに、記録紙を印画開始位置に戻すために印画所要時間が長くなることと、記録紙の位置ずれが発生しやすいために、各色の重ね合わせ精度が劣化するという問題がある。これらの問題を解決する事が開発のブレークスルーポイントとなる。そこで図6に示すように、金属製のローラの表面に微小突起を格子状に多数配置した高摩擦キャブスタンローラを記録紙の記録面とは反対側に配置し、記録面側にはピンチローラを配置し、微小突起を記録紙の裏側表面に食い込ませて搬送する機構を採用了。

この機構では、図6に示すローラの圧接荷重Pを大きくするほど記録紙をグリップする力が大きくなり、精密な搬送ができる反面、荷重Pが過大になると微小突起の記録紙への食い込みが大きくなってしまって記録紙が損傷する。記録紙を3回往復させたときの記録紙の位置ずれとローラの圧接荷重の関係を図7に示す。ここで、記録紙の位置ずれは、3色で同一のドットを印画し、ドットの位置ずれを顕微鏡で計測することによって求めた。荷重Pが大きくなるにつれて位置ずれ量は減少するが、ある荷重以上になると微小突起による記録紙への損傷が目立つようになる。解像度の低下を防ぐには、記録紙の位置精度を100 μm以下に抑える必要がある⁽⁴⁾。今回の開発では、高画質を達成するために記録紙位置ずれ80 μm以下を目標とし、圧接荷重Pを30~40Nに設定した。以上により、記録紙とローラに滑りのない精密な紙搬送が可能となった。

表4. 紙搬送方式比較

項目	方式	スイング方式
装置構成	 インクシート サーマルヘッド プラテン 記録紙	 インクシート サーマルヘッド プラテン 記録紙 キャブスタンローラ
紙搬送精度	高	低
印画速度	速	遅
サーマルヘッド	大 高価	小 安価
装置サイズ	大	小
装置コスト	高価	安価

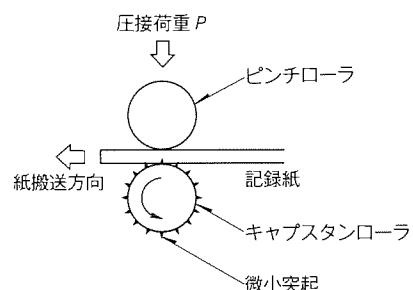


図6. キャブスタンローラによる紙搬送

紙搬送パスについては、記録紙の搬送抵抗を小さくするために、印画中の記録紙に曲率を与えない水平ストレートパスとした。これにより、駆動モータのトルクに余裕が生じて、搬送速度を速くすることができた。スイング方式の課題である記録紙の戻し時間をも含めて印画時間の短縮が可能となつた。また、紙搬送パスの短縮に関しては、従来記録紙をカセットの上側から取り出していたのを下側から取り出す機構とし、カセットとキャブスタンローラの間の距離を短縮した。

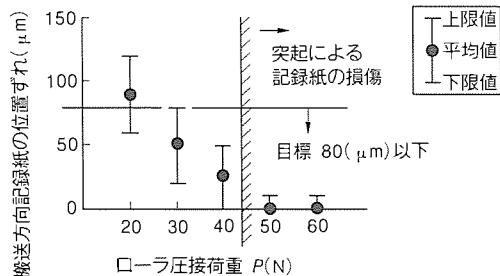


図7. 口一ラ圧接荷重と記録紙位置ずれの関係

以上の技術開発により、メカニズムの厚さは従来機種の70%以下で70mmを達成した。また、印画時間は従来機種の70秒に対して60秒となり約15%短縮した。

4.3 はがきプリント

従来の昇華形プリント方式では、官製はがきや一般のコピー用紙などの普通紙にはプリントできなかった。昇華形プリント方式では特殊な昇華性インクを使用しており、このインクは普通紙の表面に定着させることができなかつたからである。したがって、プリントには昇華性インクを定着させるための受像層と呼ばれるプラスチック層が表面にコーティングされた特殊紙が必要であった。図8に昇華形プリント方式の概念を、図9にインクシートを示す。

表面に受像層がコーティングされている特殊紙にプリントする場合には、イエロー、マゼンタ、シアンの3原色が面順次に配列しているインクシートを用いて、従来どおりのプリント動作を行う。はがきにプリントする場合には、受像層と3原色のインクが面順次に配列しているインクシートを用いて、まず最初に熱転写によってはがきの表面に受像層を形成する。この受像層に3原色のインクを定着させて、カラーの画像を形成する。メカニズムの動作としては、受像層の転写工程が増えたことにより、4.1節で説明したスイング動作を4回繰り返すことになる。

はがきプリントを可能にするための技術課題としては、
 (1) はがきは弾力性に乏しく屈曲させると復元しにくいため、紙搬送バスの曲率を小さくすること。
 (2) スイング動作を4回繰り返すことによるプリント時間の増加分のプリント速度の向上。
 (3) はがきは表面粗度が粗いのでサーマルヘッドの押圧を均一にすることが困難であり、サーマルヘッドを均一に押圧する機構の必要性。
 などが挙げられる。

これらの課題に対して今回開発したメカニズムは、記録紙を直線的に搬送させるのではなく、はがきを屈曲させず、また搬送速度が速くなっていることから、はがきへのプリントに対しても有利な構造になっている。また、サーマルヘッドの昇降機構にサーマルヘッドとプラテンの相対位置及び押圧の自動調整機構を採用したことにより、押圧及び機械的な位置決めに対する精度を向上させている。

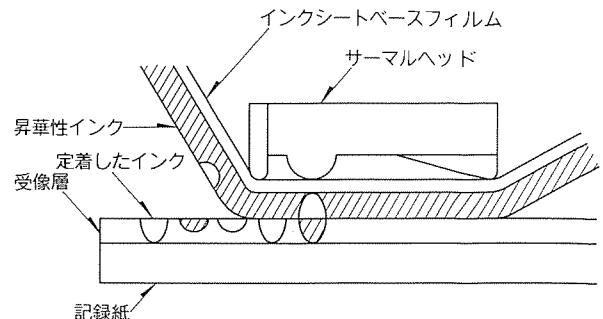
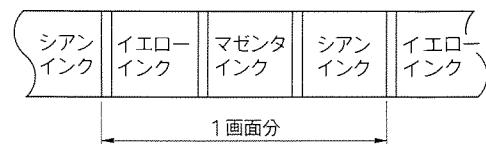


図8. 升華形熱転写方式の概念



(a) 特殊紙用インクシート



(b) 普通紙用インクシート

図9. CP-11 インクシート

上記のように今回開発したメカニズムでは、昇華形プリンタとしては業界で初めて普通紙へのプリントが可能となった。

5. むすび

家庭用カラービデオプリンタの要素技術として、

- (1) 高画質画像処理手法
 - (2) ストレートバス紙搬送スイング方式を採用した薄形メカニズム
 - (3) 普通紙印画条件の最適化
 - (4) 高速・高階調印画手法
- などを開発した。今後も、より一層の性能向上を目指して開発を進めていきたい。

参考文献

- (1) 中川邦彦、馬場典子、渡部一喜、石郷岡博和、佐藤尚宏：家庭用カラービデオプリンタ CP-10、三菱電機技報、65, No. 4, 376~379 (1991)
- (2) 染谷潤、千葉和弘、東吉彦、内田篤志：ビデオプリンタの高画質化画像処理、電子情報通信学会技報、IE 91-70, 271, 57~63 (1991)
- (3) 渡部一喜、染谷潤、千葉和弘：カラービデオプリンタ用1チップLSI、電子情報通信学会春季大会 (1992)
- (4) 日経メカニカル：6.26, 40 (1989)

VTR の可動ヘッド用小型アクチュエータ

中津公秀* 古石喜郎* 金川裕志* 岡田克巳**

1. まえがき

デジタルVTR等の次世代VTRでは、膨大な情報を小型カセットテープに長時間記録するために高密度磁気記録技術が不可欠である。その手段の一つが、磁気テープの記録トラック幅を狭くすることである。しかし、トラック幅を狭くしていくと、図1に示すようにトラック曲がりの影響が顕著となり、従来の固定ヘッドで再生すると、トラック外れによって、再生信号出力が大きく変動して画質が劣化する。このような場合に、DTF(Dynamic Track Following)システムを用いれば、ヘッドのオントラックによって出力変動がない良好な再生信号が得られる⁽¹⁾。

DTFシステムとは、図2に示すように回転ドラムに搭載したアクチュエータに取り付けた磁気ヘッド(可動ヘッド)を上下動させて、1本の記録トラックに追随させるシステムである。従来、DTFシステムは、特殊再生時のノイズ除去に用いられてきた⁽²⁾。これを通常再生に用いて高画質を得るために、アクチュエータの電流感度や振動特性の改善が必要である。

そこで、次世代VTRの狭トラック化に有用で、ムービー(カメラ一体型VTR)のような小型VTRの小径ドラムにも、適用が可能なDTFシステム用小型アクチュエータを開発した。本稿では、このアクチュエータの特長及び開発途上で解決した主要な技術課題について述べる。

2. DTFシステムの課題

(1) 磁気ヘッドの姿勢安定性

可動ヘッドをドラム回転軸に平行に上下動させ、磁気ヘッドの姿勢変化(あおり)を発生させないことが必要である。

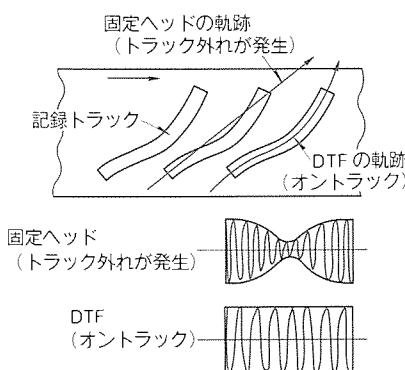


図1. DTFシステムの概観

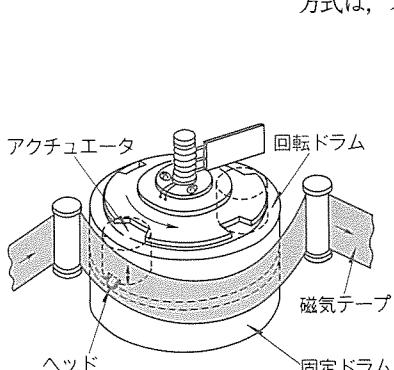


図2. DTFとエンベロープ波形の関係

こうすれば、磁気ヘッドとテープの接触状態が常に安定に保たれ、ヘッドの可動量が大きくても安定した再生出力が得られる。

(2) 電流感度

電流感度を高めることで、VTRの各種モータ用電源と同程度の電圧でアクチュエータを駆動でき、消費電力もVTRの各種モータと同程度に抑えることができる。こうすれば、バッテリを使用するために省電力化の要求が強い、ムービーのような小型VTRにもDTFシステムを適用できる。

(3) 振動特性

急しゅん(峻)なトラック曲がりに追随させるには、磁気ヘッドに高い応答性が要求され、広帯域な制御系が必要となる。そのためには、アクチュエータの振動特性を改善して、共振ピークを低減することが必要である。

(4) 可動範囲

高速再生時のノイズを除去する特殊再生用DTFシステムも考慮すると、高速再生の倍速(通常再生に対する倍速)を高めるためには、可動範囲は大きい方が望ましい。

(5) ヒステリシス

ヒステリシスは小さい方が制御性が良好で、トラック曲がりにも正確に追随できる。

以上の課題を解決するために設定したアクチュエータの目標仕様を表1に示す。

3. アクチュエータ

3.1 アクチュエータの構造

開発したアクチュエータの外観を図3に、断面を図4に示す。外形寸法は、民生用VTRのアクチュエータとしては世界最小寸法の外径10mm×高さ10mmを実現した。

方式は、スピーカーのボイスコイルで知られている電磁駆動方式を採用している。また、可動部の質量を小さくし、共振周波数を高めるために、ムービングコイル方式を採用している⁽³⁾。

表1. 目標仕様

寸 法	外径10×高さ10(mm)
可動範囲	±0.1mm
電流感度	1.5mm/A
一次共振周波数	500Hz以上
Q 値	0 dB

構造は、外周に駆動コイルが形成されたボビンの上下端が、板ばねの最内周に形成されたリングを介して、2枚の板ばねで各々支持されている。板ばねは、ベリリウム銅製で、CDの光ピックアップにも用いられているジンバルばね構造である。また、下側のジンバルばねに形成された延在部の先端には磁気ヘッドが接着される。そして、2枚のジンバルばねの最外周は、全周がコアに挟まれ支持されている。

磁石は、アクチュエータの小型化及び電流感度を高めるため、エネルギー積の高い Nd-Fe-B 系焼結磁石を使用した。そして、ラジアル方向に着磁した円筒形のものを、駆動コイルの外側に配置した外磁構造をとっている。磁気回路は、図 4 の破線のように、円筒形磁石、駆動コイルの内周に配置したセンターポール及びコアで構成される。このように構成することによって、磁石の体積占有率を大きくとれ、しかも外部への漏えい磁束を少なくできる。

以上の構成で、駆動コイルに駆動電流を流すと駆動コイルが駆動され、磁気ヘッドもドラム回転軸方向(図4の矢印A方向)に振動する。

しかし、電磁駆動方式ではジンバルばねのドラム回転軸方向の剛性が低い。そのため、バイモルフ型圧電素子駆動方式よりも共振周波数が低く、制御帯域を広くとれない等の問題点がある。そのため、広帯域な制御系を実現するためには、

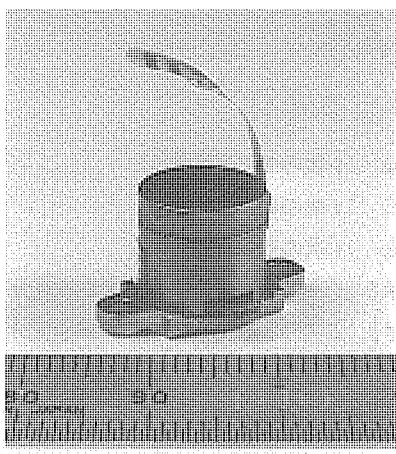


図3. アクチュエータの外観

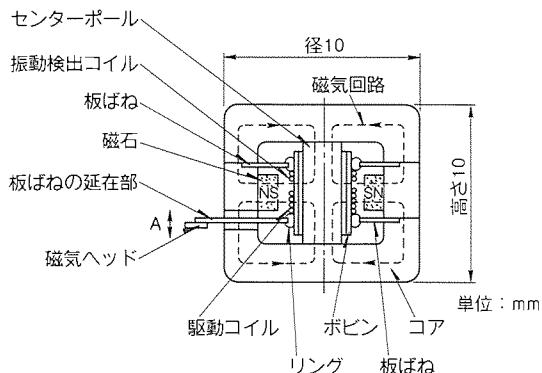


図4. アクチュエータの断面

磁気ヘッド・駆動コイル・ボビン等からなる可動部の振動を検出し、フィードバック制御を行う等の方法で振動特性を改善する必要がある。

3.2 磁気回路の最適化⁽⁴⁾

空けき(隙)の磁束密度 B_g , 磁石寸法等の基本性能は次式で与えられる。

ここで、 L_m ：磁石の長さ

A_m : 磁石の断面積

H_d : 動作点での磁石の磁界の強さ

B_d : 動作点での磁石の磁束密度

L_a : 空隙の長さ

A_s : 空隙の断面積

H_{\perp} : 空隙での磁界の強さ

B : 空隙での磁束密度

x : 起磁力損失係數

f : 漏れ係数

アクチュエータの基本設計は、式(1)及び式(2)を用いて行った。これによって得られた磁気回路の詳細な磁束分布を把握するため、有限要素法による磁界解析プログラムを用いて、

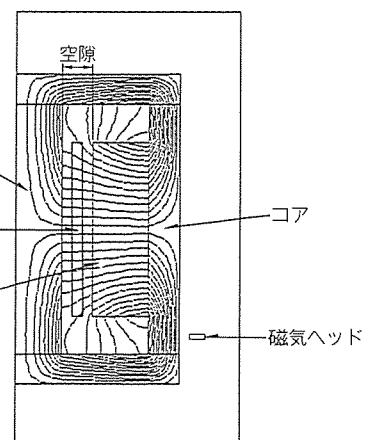


図5. 磁界解析結果

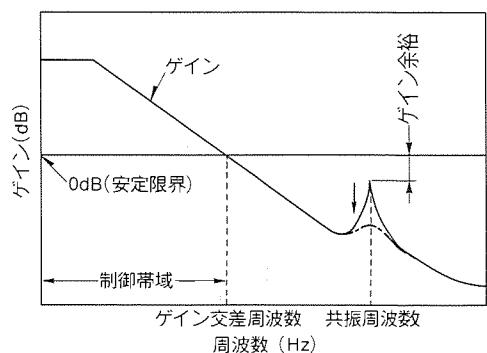


図6. アクチュエータの振動特性を含んだ制御系の特性

シミュレーションを行った。結果を図5に示す。

磁界解析から、空隙での磁束密度は、 $0.62\sim0.66\text{ T}$ ($\text{テスラ} = 10^4 \text{ G}$ (ガウス)) であり、後述するように、目標電流感度を確保できることが分かる。また、磁気ヘッド近傍での漏れ磁束密度は、 $0.65\times10^{-3}\sim0.87\times10^{-3}\text{ T}$ であることが分かる。これは、市販されている VHS-VTR 用磁気テープを磁化するために必要な磁束密度 $0.7\times10^{-1}\text{ T}$ よりも 2 けた小さい値であり、磁気テープに記録されたトラックを消去するおそれの大きさである。

このようにして、磁気回路の最適化を図り、アクチュエータ全容積に占める磁石の割合を 25 % に高めたので、小型化を図りつつ、電流感度を高めることができた。

3.3 電流感度

ジンバルばねのばね定数を K_b 、駆動コイルの有効コイル長を l とすると、駆動コイルに供給される電流 i に対する磁気ヘッドの変位 x 、すなわち電流感度は次式で与えられる。

$$\frac{x}{i} = \frac{B_g \cdot l}{K_b} \quad \dots \dots \dots (3)$$

一般に、このアクチュエータのような電磁駆動方式ではジンバルばねのドラム回転軸方向の剛性が低いため、高い電流感度を得ることが容易である。

式(3)に、 l 、 K_b 及び 3.2 節で求めた B_g を代入すれば、電流感度は、 1.9 mm/A となり、ほぼ目標電流感度を確保できることが分かる。

3.4 振動特性

アクチュエータの振動特性を含んだ制御系の特性を模式的に図6に示す。広帯域な DTF システムの制御系を構成しようとすると、記録トラックのトラック曲がり周波数での系のループゲインを高める必要がある。このとき、アクチュエー

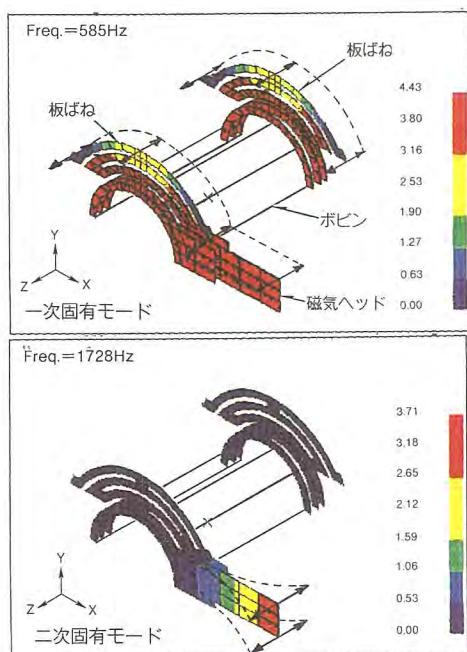


図7. 固有モード解析結果

タの機械的な共振のためにゲイン余裕が減少し、安定した制御系を構成できない。この問題を解決するには、共振ピークの低減を行う必要がある。

ここでは、速度フィードバック制御を適用し、電気的にダンピングを付与して機械的ダンピング不足を補い、共振ピークの低減を行った。

そのために、図4に示したように、駆動コイルとは別に振動検出コイルをボビンに併設した。このコイルには、ボビンの振動速度に比例した誘起電圧が発生するので、可動部の振動速度の検出が可能になる。そして、検出する速度に基づいてフィードバック制御を行う。

3.4.1 アクチュエータの振動解析

アクチュエータの振動系は多自由度振動系である。これにモード解析法を適用すれば、振動特性は等価な一自由度振動系の応答の重ね合わせで記述できる。

駆動点 a (ボビン) に駆動力 U が作用したときの b 点 (ヘッド) の変位 X_b は次式で与えられる⁽⁵⁾。

$$\frac{X_b}{U} = \sum_{i=1}^N \frac{\phi_i^a \phi_i^b}{-\omega m_i^2 + j \omega c_i + k_i} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$G_i(\omega) = \frac{1/k_i}{1 - (\omega/\varOmega_i)^2 + j(2\zeta_i\omega/\varOmega_i)} \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$\varOmega_i = \sqrt{k_i/m_i}$$

$$\zeta_i = c_i/(2\sqrt{m_i k_i})$$

ここで、 m_i : i 次のモード質量

c_i : i 次のモード減衰

k_i : i 次のモード剛性

ϕ_i^a : i 次の a 点での固有ベクトル成分

ϕ_i^b : i 次の b 点での固有ベクトル成分

$G_i(\omega)$: i 次振動モードの伝達関数

次に、式(4)の特性値を求めるために、構造解析プログラ

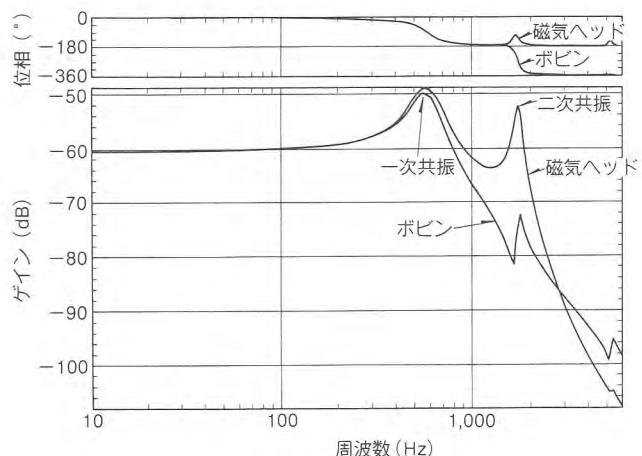


図8. 周波数特性解析結果

ムを用いて振動解析を行った。アクチュエータの一次、二次固有モード解析結果を図7及び図8に示す。

図7から、一次固定モードでは、ジンバルばね内周と一体になったボビンが剛体として挙動し、可動部の剛性は、ほぼジンバルばねのばね定数 K_b で定まるモードであることが分かる。

二次固有モードではジンバルばねの磁気ヘッド取付部(延在部)が片持ちはり(梁)状に変形するモードで、ボビンはほとんど動かない。そして、可動部の剛性が、ジンバルばねの延在部のドラム回転軸方向特性で定まるモードであることが分かる。

図8から、アクチュエータの一次、二次共振周波数は、各々 585 Hz, 1,728 Hz であることが分かる。

3.4.2 速度フィードバック制御

速度フィードバック制御のブロック線図を図9に示す。

振動検出コイルで検出したボビンの振動速度に基づいて速度フィードバック制御を行えば、制御力がダンピング効果として作用し、共振ピークが低減される。速度フィードバック制御を行ったときのアクチュエータのダンピング ξ_i は次式で与えられる。

$$\hat{\zeta}_i = \frac{1}{Q_i} K_z \phi_i^a \phi_i^b + \zeta_i \\ = \zeta_v + \zeta_i \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

ここで、 K_z ：速度フィードバックゲイン

ζ_v : 速度フィードバック制御で付与されるアクティブダンピング

ζ_i : アクチュエータが本来もっている構造ダンピング

また、一次モードの伝達関数 $G_1(\omega)$ は式(5)及び式(6)から、次式で与えられる。

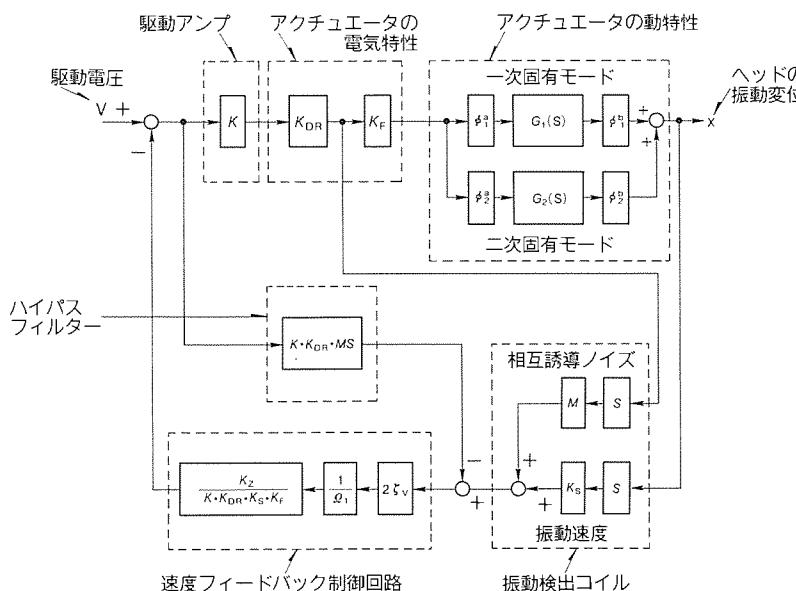


図9. 速度フィードバック制御のブロック線図

$$G_1(\omega) = \frac{1/k_1}{1 - (\omega/\Omega_1)^2 + j(2(\xi_v + \xi_1)\omega/\Omega_1)} \dots \quad (7)$$

ところで、振動検出コイルの出力には、ボビンの振動速度に比例した誘起電圧に加えて、駆動コイルとの相互誘導による誘起電圧がノイズとして重畠されることが予想される。そこで、HPF(ハイパスフィルター)を用いて、相互誘導ノイズを除去する回路を構成した。

4. 特性試驗結果

4.1 電流感度

アクチュエータに、 $\pm 100\text{ mA}$ までの直流電流を流したときの磁気ヘッドの変位を実体顕微鏡で測定し、そのグラフの傾きから電流感度を求めた。測定結果を図10に示す。

図から、電流感度は 1.6 mm/A であり、表1の目標仕様を満足することが分かる。また、可動範囲内($\pm 0.1\text{ mm}$)ではリニアリティが良好で、ヒステリシスがほとんどないことが分かる。

4.2 周波数特性

アクチュエータの周波数特性測定システムを図11に示す。ファンクションジェネレータからの交流駆動信号が、制御回路内のアンプを介して駆動コイルに入力される。そして、駆動コイルと一体になって、磁気ヘッドが上下に振動駆動される。このとき、磁気ヘッドの振動変位を、光学式の非接触変位計で測定する。この交流駆動信号、振動変位を2chFFTアナライザに入力して変位応答の周波数特性を測定する。

速度フィードバック制御は、振動検出コイルで検出したボビンの振動速度を、制御回路及びアンプを介して駆動コイル

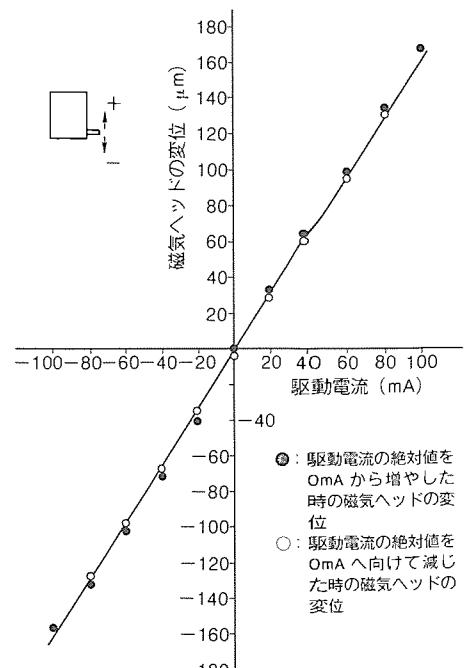


図10. 電流感度測定結果

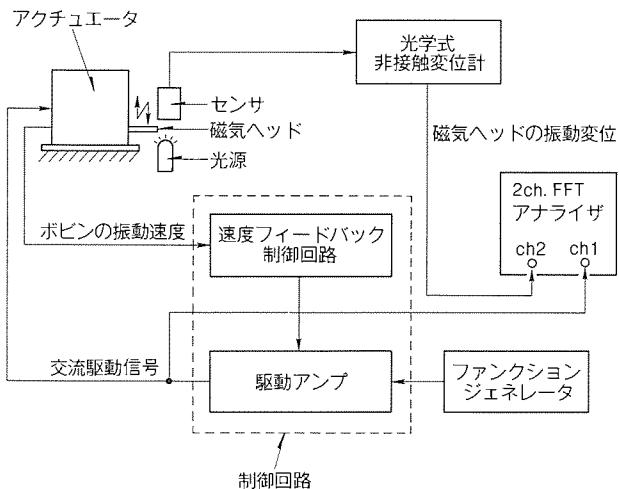


図11. 周波数特性測定システム

に入力して行う。付与するアクティブダンピング ζ_v の大きさはアンプのゲインを調節して行う。

アンプのゲインを変化させたときの周波数特性測定結果を図12に示す。

図では、制御を行わない場合を基準として、アクティブダンピング $\zeta_v=0.5, 1.0$ に設定した場合を示している。

この結果から、一次共振周波数は 530 Hz であり、表1の目標仕様を満足することが分かる。

また、速度フィードバック制御を適用すると、付与するアクティブダンピング ζ_v によって、一次共振ピークは大幅に低減されることが分かる。特に、 $\zeta_v=1.0$ の場合には一次共振ピークは 0 dB に低減される。これは、式(4)及び式(7)から計算される結果と一致する。このとき、トラック曲がり周波数が 60 Hz のトラックに追随可能な制御帯域が得られる。

一方、二次共振ピークは、アクティブダンピング ζ_v を付与しても変化しない。これは、図7からも分かるように、二次共振は、ジンバルばねの磁気ヘッド取付部が片持ち梁状に変形するモードだからである。つまり、アクティブダンピングの制御信号が入力される駆動コイルはほとんど動かず、磁気ヘッド取付部が制御不能になるからである。

5. む す び

VTR の回転ドラムに搭載する、可動ヘッド用小型アクチュエータを開発した。このアクチュエータでは、電磁駆動方式を採用し、磁気回路の最適化、速度フィードバック制御による振動特性改善等の要素技術開発により、以下の特長を実現した。

(1) 民生用 VTR のアクチュエータとしては世界最小寸法、外径 10 mm × 高さ 10 mm であり、電流感度 1.6 mm/A、可

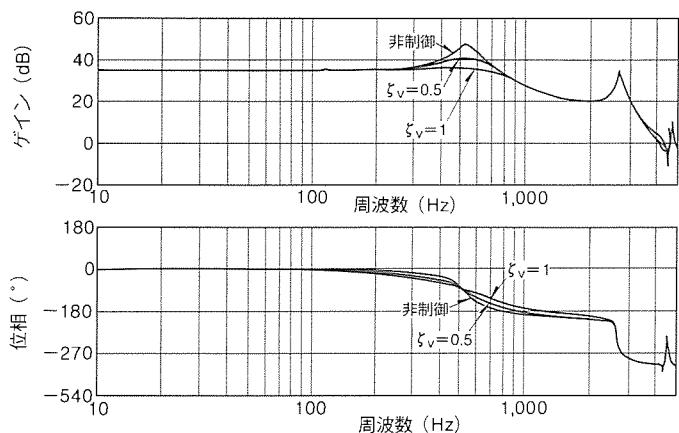


図12. 周波数特性測定結果

動範囲 ±0.1 mm と高性能である。

(2) 固有振動数 530 Hz で、速度フィードバック制御を適用することで、一次共振ピークを 0 dB に低減できた。このとき、6 μm 幅の狭トラックで、トラック曲がり周波数が 60 Hz のトラックに追随可能な広制御帯域が得られる。

今回開発したアクチュエータによって、広帯域で高性能な DTF システムの構成が可能になり、狭トラック化による高密度磁気記録を一層進展させることができ期待できる。

参考文献

- (1) 長沢雅人、横山英二、井戸喜平、石田禎宣、森 一夫、中川邦彦：家庭用ディジタル VTR におけるサーボ方式の検討、テレビジョン学会技術報告、14, No. 41, VTR 90-43, 1~6 (1990-8)
- (2) 小島正典、岡田克巳、塙原敏郎、北澤健一、増田隆広、佐野 彰：VTR のオートトラッキング技術、三菱電機技報、64, No. 8, 631~634 (1990)
- (3) 森 一夫、中川邦彦、栗原信純、長沢雅人、横山英二、中村恵司：家庭用ディジタル VTR における可動ヘッド機構の開発、テレビジョン学会技術報告、15, No. 36, VTR 91-26, 19~24 (1990-6)
- (4) 中津公秀、金川裕志、古石喜郎、岡田克巳：VTR のヘッド可動用小型アクチュエータ、第 68 期日本機械学会通常総会講演論文集、C, No. 910-17, 431~433 (1990-3)
- (5) 背戸一登、梶原逸朗、長松昭男、森藤浩明：制御性を考慮した構造最適化法による光サーボ系の設計（第 1 報、制御系と構造系の一体化設計法）、日本機械学会論文集 C 編、55, No. 516, 2029~2036 (1989)

高速・高精度換気シミュレータ

野沢栄治* 池島 薫* 古藤 悟**

1. まえがき

近年、マンションやオフィスビル等の高層化に伴い、居住環境は急速に高断熱・高気密化へと変化しつつある。これまで多くの建物は気密性が低かったため、居住環境の問題は温熱環境に関するものが主体であった。しかし最近では、建物の高断熱・高気密化という状況の変化に伴い、IAQ (Indoor Air Quality) という言葉で代表される、空気の清浄度を含めた室内の空気の質そのものが問われるようになっている。IAQ は温熱、湿度、じんあい(塵埃)、CO₂、におい、などの幅広い項目にわたる環境を意味する。IAQ には空調や換気が重要な役割を果たすが、今後の快適な居住環境の実現に当たっては、適切な換気量で省エネルギー性を兼ね備えた効率的な換気システムの構築が強く望まれている。

このような高性能の換気システムでは、たばこの煙などに代表される空気の汚染源をいかに効率的に排除し、適切な換気量によって室内空気を清浄に保つかが大きな課題となる。このため、室内に発生する換気流れと、室内の汚染物質の分布変化をコンピュータ上で高速・高精度に解析できる換気シミュレータを開発した。本稿では、この換気シミュレータの概要とその適用事例について述べる。

2. 換気シミュレータのねらい

室内空気質の問題は大きく注目されているにもかかわらず、空気の汚染状態は目に見えないということもある。これまでの居住空間に対する換気の評価は、換気回数というマクロなレベルでの検討が主体であった。このため、換気機器の設置位置により、居住空間の換気効率はどのように変化するかといった問題を詳細に検討するのは困難であった。

しかし、省エネルギー性を強く意識した、より効率の高い換気システムを構築するためには、①居住空間の形態と換気機器の設置位置の関係、②人間の活動ゾーンと汚染空気の分布変化の関係、③エアコン等に代表される他の空調機器と換気機器との相互関連による影響、等を詳細に検討する必要がある。ところが実際にはその設置形態や使用条件は非常に多岐にわたるため、それぞれの状況を実験によって検討するのは不可能に近い状況になってきている。

当社では、このような状況に迅速に対応し、今後ますます多様化する居住環境のもとで、それに対応した最適な換気システムを構築していくためのツールとして、最新の解析手法

による高精度・高速計算性能をもつ独自の換気シミュレータを開発した。図1に換気システムの開発で、シミュレーション技術を用いることのメリットを簡単にまとめている。換気シミュレータを活用することにより、室内空気の汚染状態の変化そのものを視覚的に認識することが可能になる。したがって解析結果は、汚染物質の分布と居住空間における人間の活動ゾーンとの相互関係を意識した、効率的な換気システムの開発に結びつけることが可能になる。また、シミュレーションでは、今後ますます多様化するライフスタイルの変化に対応し、様々な状況に応じた最適な換気システムの検討も迅速に行うことが可能である。

3. 換気シミュレータの特徴

居住空間の空気質分布を厳密に取り扱うには、①調理器具やストーブなどによって排出される有害燃焼生成物や人体から排出されるCO₂等に代表される異種成分ガスと空気との分子量差によって生じる密度対流の影響、②たばこの煙などに代表される微粒子のブラウン拡散運動の影響、③衣服から発生するふんじん(粉塵)など比較的大きな塵埃にみられる重力沈降の影響、などを考慮する必要がある。

しかし、現状では汚染物の発生メカニズムがそれほど定かではない上、発生源そのものを特定するのさえ困難な状態である。また、一般の居住空間を対象とする限りでは、異種成分ガスの成分割合は通常、数 ppm のオーダーと希薄であることから密度差の対流への影響は極めて小さいと考えられる。しかも、室内の流れ場は完全に乱流化しており、多くの場合この乱流拡散の効果は上述の様々な影響効果よりも卓越していると考えられる。したがって、今回開発した換気シミュレータでは汚染物質が対流と乱流拡散の相互影響で室内に広がるとして計算を行うこととした。

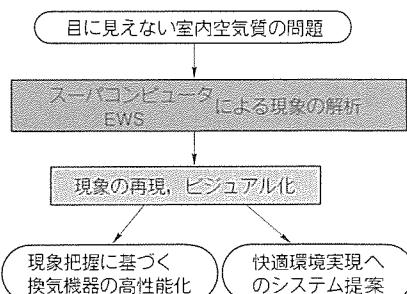


図1. 換気シミュレータのねらい

開発した換気シミュレータは、開発・設計段階における各種の検討に用いることができるよう、①設計的観点から見た技術的課題に対応しうる高精度性、②パラメータスタディを考えた解析の経済性と高速性、③ツールとしての扱いやすさ、等の特長をもっている。

3.1 解析手法

解析では、基礎式として連続の式、レイノルズ平均 Navier-Stokes 方程式、エネルギー保存式、及び濃度の移流拡散方程式を用い、これらの式をコントロールボリューム法によって離散化した後、数値解析によって解くことで室内における気流の流れや汚染物質の分布状況を求める。乱流モデルとしては $k - \epsilon$ 二方程式モデル⁽¹⁾ を用いる。これらの式はすべて同じ形で書くことができ、次式のような一般形をもつ。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial (\rho \bar{v})}{\partial y} + \frac{\partial (\rho \bar{w})}{\partial z} = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial (\rho \phi)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \bar{u} \phi)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho \bar{v} \phi)}{\partial y} + \frac{\partial (\rho \bar{w} \phi)}{\partial z} \\ = \frac{\partial}{\partial x} (\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (\Gamma \frac{\partial \phi}{\partial z}) + S_\phi \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで ρ は密度であり、 u, v, w は各々 x, y, z 方向に対する速度成分、 ϕ は従属変数として u, v, w の値やエンタルピ h 、拡散物質濃度 C 、及び乱流エネルギー k とその散逸速度 ϵ を示している。また、 u, v, w 等に付した $\bar{\cdot}$ はアンサンブル平均をとった値であることを示している。各 ϕ に対する Γ, S を表1に示す。表において、 P ：圧力、 g ：重力加速度、 P_r ：プラントル数、 S_c ：シュミット数、 μ_L, μ_t はそれぞれ層流粘性係数と乱流粘性係数を示している。 σ は乱流シュミット数である。 μ_t は式(3)により、 G_k は式(4)で示される。

$$\mu_t = C_D \rho k^2 / \epsilon \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\begin{aligned} G_k = \mu_t [2 \{(\frac{\partial \bar{u}}{\partial x})^2 + (\frac{\partial \bar{v}}{\partial y})^2 + (\frac{\partial \bar{w}}{\partial z})^2\} \\ + (\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x})^2 + (\frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{\partial \bar{w}}{\partial y})^2 \\ + (\frac{\partial \bar{w}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{u}}{\partial z})^2] \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (4)$$

3.2 解析の高精度・高速化

3.2.1 高精度化

空調や換気流れを伴う実際の問題を数値解析によって解く場合、室内に発生する気流の流れと空間分割を行う格子の方向は必ずしも一致せず、むしろ大きな角度で交差している場合が多い。しかも、コンピュータのメモリの容量制約から格子間隔は粗くなるため、セルペクレ数は通常大きくなる。このような状況下で

は偽拡散と呼ばれる数値解析上の誤差が発生するため、結果として得られる値は不正確になることが知られている⁽²⁾。特に傾斜吹出し流れは、居住空間を対象とした解析によく現れる問題であるが、解析を行う際のスキームの精度によって全体の特性が大きく変化することが知られている。

二次元傾斜流れに対しては Raithby による傾斜風上差分スキーム (SUDS)⁽²⁾ の精度の良さが報告されている。しかし、実際上の問題としては三次元を対象とする場合がほとんどである。そこで、開発した換気シミュレータでは精度の高い解析を行うために、独自に開発した高精度の三次元傾斜風上差分スキーム (SUDS-3D)⁽³⁾ を用いた。このスキームはコ

表1. 各 ϕ に対する Γ, S_ϕ

ϕ	Γ	S_ϕ
\bar{u}	$\mu_L + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial x} + \rho g_x$
\bar{v}	$\mu_L + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial y} + \rho g_y$
\bar{w}	$\mu_L + \mu_t$	$-\frac{\partial P}{\partial z} + \rho g_z$
\bar{h}	$\frac{\mu_L}{P_r} + \frac{\mu_t}{\sigma_h}$	S_h
\bar{C}	$\frac{\mu_L}{S_c} + \frac{\mu_t}{\sigma_c}$	S_{cv}
k	$\mu_L + \frac{\mu_t}{\sigma_k}$	$G_k - \rho \epsilon$
ϵ	$\mu_L + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon}$	$C_1 G_k \frac{\epsilon}{K} - C_2 \rho \frac{\epsilon^2}{k}$

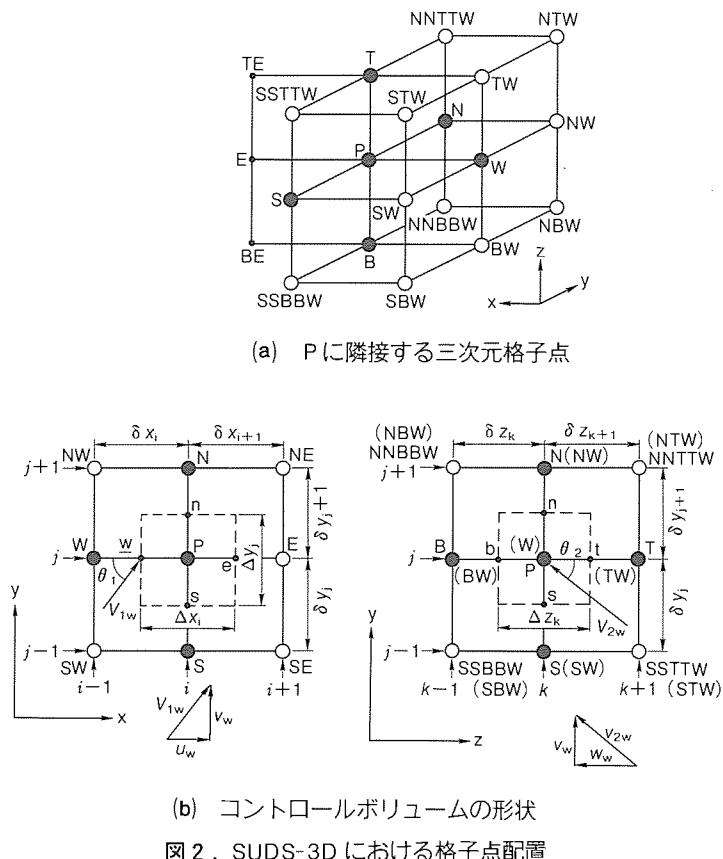


図2. SUDS-3D における格子点配置

ントロールボリューム界面における対流流束の評価を、図2に示すように三次元的な変数配置を考慮することによって、精度の高い解析が行えるようにしたものである。図2で点Pを囲むコントロールボリュームのP-W間における境界面wを通る対流流束は次式で示される。

$$J_w = (C_w - K_{1U}) \phi_{mw} + (K_{1U} - K_{2U}) \phi_{rw} + K_{2U} \phi_{qw} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで、例えば $|w_w/v_w| \leq 1$ のとき、式(5)における K_{1U} 及び K_{2U} は各々次式のように表せる。

$$K_{1U} = S_{uw} \cdot \min \left[|C_w|, \rho_w \frac{\Delta y_j \Delta z_k}{\delta y_{kw}} \cdot |v_w| \frac{\delta x_i}{2} \right] \quad \dots \dots \dots (6)$$

$$K_{2U} = S_{uw} \cdot \min \left[|K_{1U}|, \rho_w \frac{\Delta y_j \Delta z_k}{\delta z_{iw}} \cdot |w_w| \frac{\delta x_i}{2} \right] \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 C_w は $C_w = \rho_w \cdot u_w \cdot \Delta y_j \cdot \Delta z_k$ と表される値で、 S_{uw} 、 S_{vw} 、 S_{ww} は絶対値が1で各々 u_w 、 v_w 、 w_w と符号であり、添字は $kw=j+1/2(1-S_{vw})$ 、 $iw=k+1/2(1-S_{ww})$ である。 ϕ_{mw} 、 ϕ_{qw} 、 ϕ_{rw} は u_w 、 v_w 、 w_w の符号とそれらの相対的大さによって、点Pの周りに三次元的に配置されたφの中から選択される。

3.2.2 解析の高速化

シミュレーションによって室内の換気状態を詳細に検討するためには、数万から数十万に及ぶ非線形な大規模連立方程式を解く必要がある。また、その強い非線形性から計算は不安定になりやすく、一つの予測を行うにも多大な時間を必要としている。それゆえ、これまで通常の開発設計で、パラメータスタディ的にシミュレーションを行うには困難なことが多かった。そこで、開発した換気シミュレータでは、ICCG法⁽⁴⁾（不完全コレスキー分解前処理による共役こう（勾）配法）と速度-圧力のカップリング手法である SIMPLEC 法⁽⁵⁾、及び SIMPLER 法⁽⁶⁾を最適に組み合わせ、収束安定性を大

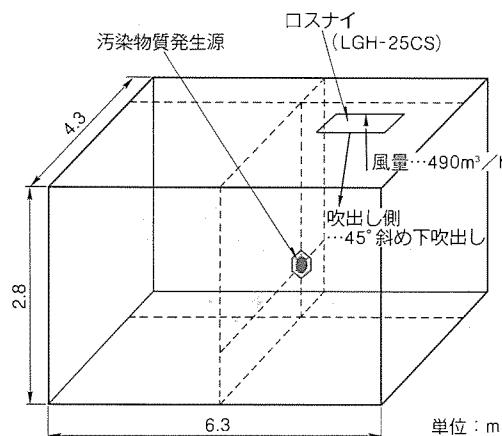


図3. 口スナイ設置の室内モデル

きく向上させた独自のアルゴリズムを開発することによって、解析速度を大幅に向上せている。

3.3 解析結果の三次元ビジュアル化

居住空間に広がる汚染物質の拡散現象は、三次元的に変化するため、解析結果を二次元断面における等高線表示等の方法で表すだけでは、本来の三次元構造とその変化の状況を正確に把握することは難しい。このため、これまで解析結果の評価についても多大な労力を必要としていた。開発した換気シミュレータでは、室内の気流の流れや汚染物質の拡散状況の変化を三次元的にビジュアル化することで、解析結果を効果的に設計・開発に結びつけることを可能にしている。

4. 適用事例

ここでは、当社の“ロスナイ”⁽⁷⁾、及びレンジフードファンを例にとって、今回開発したシミュレータの適用事例について紹介する。

4.1 ロスナイ設置室内における汚染物質の分布変化

ロスナイは当社が開発した全熱交換形の空調換気装置であり、換気による熱エネルギーのロスを最小限に抑えることを可能にしたものである。ロスナイには図3に示すように、居室室内の汚染物質を排出するための排気口と、排出空気からの熱回収によって居住空間の温度に近づけられた新鮮な外気を室内へ供給する吹出しが備わっている。ここでは、居室内的ある一点から汚染物質が発生した場合に、ロスナイの運転によって居室内的汚染濃度の分布がどのように変化していくかを調べる。

図4は解析によって求めた10分間の無次元室内平均汚染濃度分布の変化を示したものである。初期の1分間では、ロスナイを運転した場合と運転しなかった場合の室内平均汚染濃度分布が一致しているが、これは発生した汚染物質がまだ排気口にまで到達していないことを示すものである。10分後

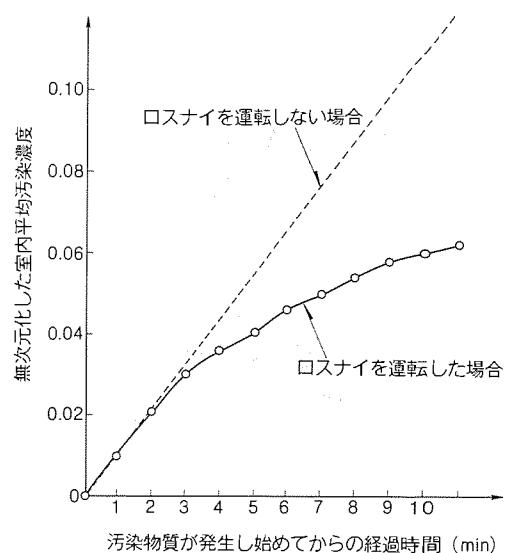
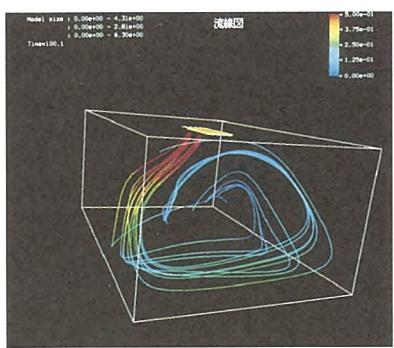
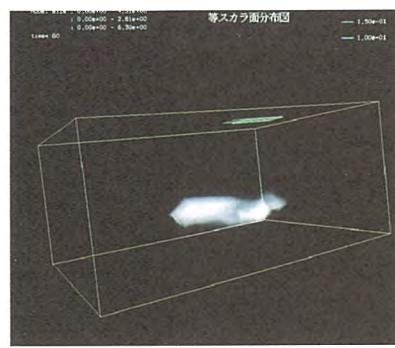


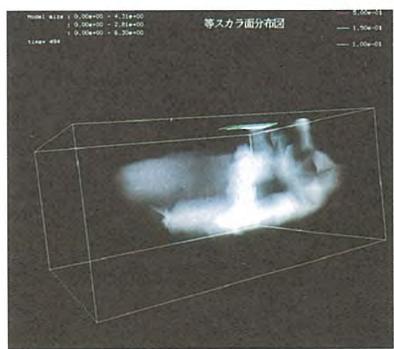
図4. 室内平均汚染濃度分布の変化



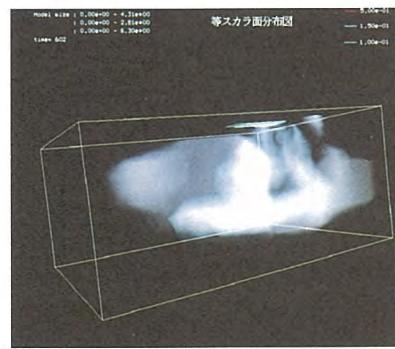
(a) 吹出し流れの流線図



(b) 発塵から約1分後の室内



(c) 発塵から約8分後の室内



(d) 発塵から約10分後の室内

図5. 口スナイによる換気シミュレーション

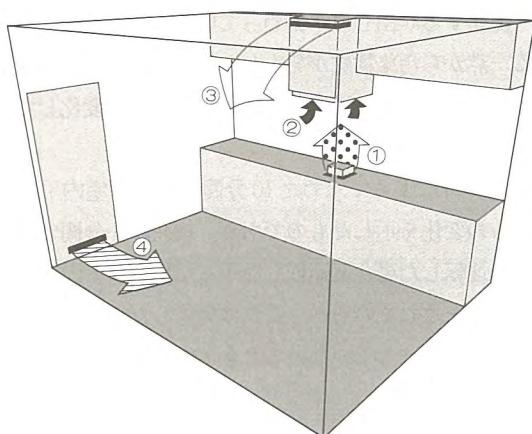


図6. レンジフードファン解析の室内モデル

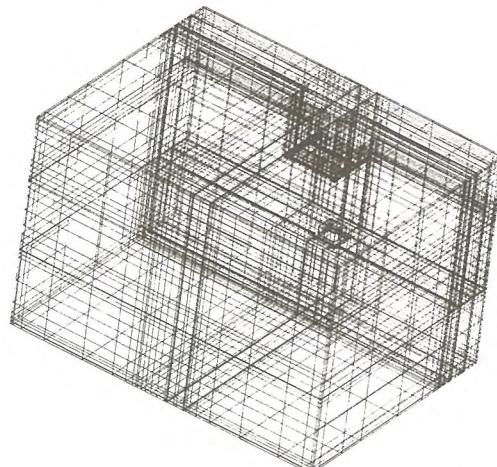
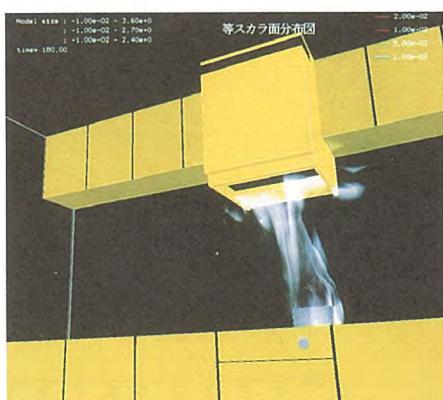
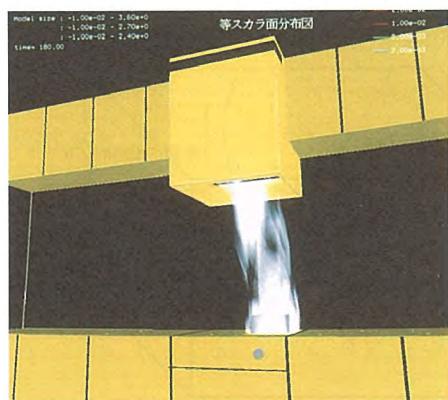


図7. レンジフードファン解析の解析メッシュ



(a) 従来型レンジフード



(b) ハイキャッチ型

図8. 捕集効率予測のシミュレーション

表2. レンジフードファンの捕集効率予測
単位: %

	従来型	ハイキャッチ型
実験による測定結果	93	100
シミュレータによる解析結果	91	100

ではロスナイの運転効果により、運転しなかった場合に比べて平均汚染濃度は半減しているのが分かる。この解析結果を図5に示す。機器の設置位置が換気効率に大きな影響を及ぼすことは、我々が日常経験するところである。このシミュレータでは、そのような影響を定量的に検討することが可能である。

4.2 レンジフードファンの捕集効率解析

レンジフードファンはシステムキッチンなどの普及とともに需要が伸びているが、従来のタイプでは調理器具で燃焼によって発生するガス成分等の汚染物質を完全に捕集することは難しく、その一部は室内に漏れ広がってしまうことがあった。ここでは、吸込口をスリット状にして吸込速度を上げることにより、従来よりもレンジフードファンの捕集効率を大きく高めた当社製のハイキャッチ型レンジフードファン⁽⁸⁾と従来型レンジフードファンとの捕集性能比較を行った例を示す。

図6は解析モデルである。図において、①は発生するガス成分を含んだ高温の上昇流、②はレンジフードファンによる吸込流れ、③はレンジフード上部からの吹出し流れ、④はドアのギャラリー部分から室内に流入する流れ、を各々示している。図7はこの場合の解析に用いた解析メッシュを示したものである。表2には、換気シミュレータによって求めた二つのタイプのレンジフードファンの捕集効率を、実験による測定結果と比較した結果を示している。この場合の捕集効率は式(8)で示される。

レンジフードによって捕集された

$$\text{捕集効率} = \frac{\text{ガス成分の総量}}{\text{コンロ部から発生させたガス成分の総量}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

換気シミュレータによる解析結果と実験による測定結果は、よく一致していることが分かる。図8にこの解析結果を示す。

5. むすび

高精度・高速計算性能をもった換気シミュレータを開発することにより、様々な状況に対応した検討をコンピュータ上で実施できることを示した。開発したシミュレータの活用により、従来は困難であった室内汚染物質の分布変化も容易に視覚化することができるため、これまで換気回数というマクロな概念で評価されてきた居住空間の換気性能を、より詳細に検討していくことが可能になった。今後は、開発した換気シミュレータを効果的に活用することで、居住空間における汚染物質の拡散状況と人間の活動ゾーンとの相関関係を意識した効率的な空調換気システムを構築していきたい。

参考文献

- (1) Launder, B. E., Spalding, D. B. : Mathematical Models of Turbulence, Academic Press (1972)
- (2) Raithby, G. D. : Skew Upstream Differencing Schemes for Problems Involving Fluid Flow, Comput. Methods Appl. Mech. Eng., 9, 153 (1976)
- (3) 古藤 悟, 山中悟郎 :三次元傾斜差分スキームの研究, 機論, 56-530, B, 3120 (1990)
- (4) 村田健郎, 小国 力, 唐木幸比古 :スーパーコンピュータ, 丸善 (1985)
- (5) Doormal, J. P., Raithby, G. D. : Enhancements of the SIMPLE Method for Predicting Incompressible Fluid Flows, Numer. Heat. Transfer, 7, 147~163 (1984)
- (6) Patankar, S. V. : Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, McGrawhill Book Company (1980)
- (7) 吉野昌孝 :透過式全熱交換機(ロスナイ)の新開発, 三菱電機技報, 44, No. 10, 1412~1422 (1970)
- (8) 毛笠明志, 矢合克之, 大塚哲二 :高性能レンジフードの開発, 空調・衛生学会誌, 65-13, 84~86 (1990)

ファクシミリ用サーマルヘッド F, Q シリーズの量産技術

臼井義博* 浦崎貴実* 上崎勝人* 會田一男* 依田博樹*

1. まえがき

情報化時代の到来と OA 化の進展に伴い、ファクシミリの普及は著しく、さらにホームファクシミリへと市場が拡大しつつある。そのキーデバイスとしてのサーマルヘッドは、ファクシミリの小型軽量化、低価格化とともに要求される高機能化に対応した技術開発を進めてきた。本稿では、従来の N シリーズで培った実績を基に顧客のより一層の高印字品質の要求、性能向上、信頼性向上を達成し、かつ低価格を実現した新型サーマルヘッド F, Q シリーズの製造プロセス、量産技術について述べる。

2. 三菱サーマルヘッド F, Q シリーズの特長

三菱サーマルヘッド(図1)は、発熱抵抗体として優れた特性をもち、信頼性・量産性に評価の高い厚膜抵抗体材料を使用し、独自の厚膜技術、高精度の写真製版技術及び高密度実装技術を駆使して量産化を行ってきた。新型サーマルヘッド F, Q シリーズは、これら基盤技術に加えて、新材料や新プロセス及び高精度アセンブリ技術を開発導入し、ファクシミリやハンディプリンタ用として製品化したもので、次に示す特長をもっている。

(1) 高印字品質

抵抗体直接描画プロセス、抵抗ペーストの開発により、発熱抵抗体高さを従来比 50 % の薄肉化に成功し、さらに熱によるそりが極めて少ない軟体構造によって確実な印字ドットを再現する。

(2) 小型化、高精度化

コモンレスパターンの採用により、A4 サイズで幅 20 mm、長さ 230 mm、厚さ 9.5 mm、重さ 65 g の小型、軽量化を実現した。また、印字機構部へのサーマルヘッドの取付けを容易にするため、発熱抵抗体の位置精度を ±0.1 mm に抑えた。

(3) 高信頼性

保護ガラス面での静電気の発生を抑制する帯電防止膜プロセスを確立した。これにより、更に信頼性の向上を図っている。

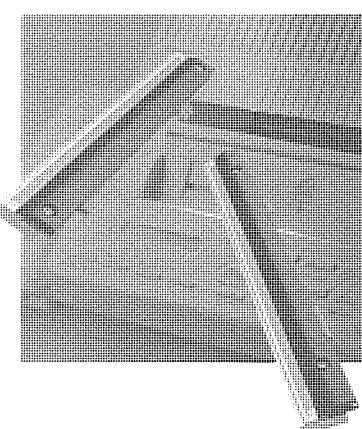


図1. 三菱サーマルヘッドの外観

3. サーマルヘッド F, Q シリーズの 製造プロセスと量産化の推進

3.1 製造プロセスの概要

三菱サーマルヘッドは厚膜プロセスをベースとした基板工程と、IC を搭載して機構部品と組み立てる実装工程で製作される。まず、基板工程ではセラミック基板全面に約 0.5 μm 厚の均一なメタルオーガニック金膜を印刷焼成で成膜し、これを写真製版によって導体パターンを形成する。発熱抵抗体は直接描画によって形成している。保護ガラス、帯電防止膜の形成はスクリーン印刷で行っている。抵抗値測定は抵抗焼成後と帯電防止膜焼成後の 2 回実施しており、前者の測定は抵抗形成プロセスの管理と全ドット検査であり、後者は全ドットトリミングによる抵抗値の均一化を兼ねている。

当社では実装方式として、フレキシビリティに優れ、技術的にも信頼性の高いワイヤボンディング方式を選択している。IC を搭載するダイボンドはマルチ取りの大型基板で搬送され、ダイボンド後、個々に分割される。次に実装基板とプリント配線板(以下“PWB”という。)をヒートシンクに位置決めし張り付けるサブアセンブリの後、IC の電極と実装基板

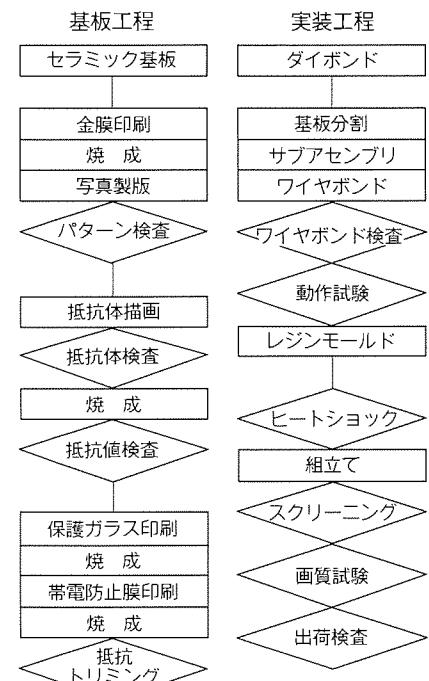


図2. サーマルヘッドの製造プロセス

及びPWBの導体パターンとを径25 μmのAuワイヤで接続するワイヤボンドを行う。ワイヤボンド後、全数ワイヤボンド検査が行われ、実機と同一条件の動作試験が実施されて、シリコーンレジンによるモールディング、信頼性確保のためヒートショックが行われる。その後、組立て、スクリーニングを経て画質検査を行い、出荷検査に至る(図2)。

3.2 量産化の推進

サーマルヘッドFシリーズでは標準仕様として19機種を準備しているが、ユーザーからの要求によって平均抵抗値の変更、外形の変更、取付ねじ穴の変更及び追加、回路の変更等に対応しなければならない。チップオンセラミック型サーマルヘッドF、Qシリーズでは、これらをフレキシブルに受け入れられるユーザーフレンドリーな製品設計を基本方針とした。一方、製造ラインについても、サーマルヘッドの開発と同時に製造全工程にわたり、製造プロセス及び製造設備の開発・改造の検討をスタートした。Work Break Down Structure (WBS) によって三者が有機的に同調しながら推進し、短期間で高性能なサーマルヘッドの開発、量産化を実現した。

4. 量産技術の内容

4.1 基板工程

4.1.1 コモンレスパターン

従来のサーマルヘッドでは、発熱基板の両側からコモン電源を供給しているためコモン強化が必要であり、そのスペースのため発熱基板の小型化が困難であった。

Qシリーズサーマルヘッドでは、コモン電極を複数ビットごとにリード電極側に折り返して、IC直下の二次コモンパターンに接続し、さらに64ビットごとにICの間から、PWBの三次コモン電極にAuワイヤで接続するパターン方式を開発し、採用した。

以上の構成により、コモン強化が不要となるため、コモン強化材料の省略によるコスト低減、また省スペースにより、発熱基板幅をFシリーズの10mmから7.5mmへと小型化を実現した。コモン電極の折り返し周期は、コモン電極の導体抵抗によるドロップ電圧を考慮し、4ビットごとに折り返

している(図3)。

4.1.2 抵抗体直接描画

サーマルヘッドに要求される高画質化とは、印字ドットの均一化と副走査方向の高密度化すなわちファクシミリのスーパーファインモードへの対応である。印字ドットの均一化に対し、スクリーン印刷法では、スクリーンの伸び・たわみ・メッシュのこん(痕)跡等により、発熱抵抗体のミクロな形状均一性に問題が生じやすく、対応しにくい。また、副走査方向の高密度化のための発熱抵抗体幅を均一に狭く形成することについても同様である。

そこで、スクリーン印刷法に替わる量産技術として、微細ノズルからペーストを吐出してセラミック基板上へ発熱抵抗体を形成する直接描画プロセスを開発した。抵抗体直接描画を量産化するための開発項目は次のようなものであった。

(1) 抵抗体ペーストと直接描画条件

(2) 抵抗体直接描画装置

上記(1)は、抵抗体ペーストの粘度と吐出ノズル径と、吐出ノズルとセラミック基板とのギャップ及び吐出圧力との組み合わせによって最適条件を設定し、80~250 μmの発熱抵抗体幅の直接描画を可能にした。さらに、膜厚も従来のスクリーン印刷に比べて約半分程度の薄肉化を可能にした。(2)は超低振動構造の描画ステージと高精度変位計による吐出ノズルと、セラミック基板間のギャップを高精度で保持する制御系により、安定した直接描画が得られる自動機を開発した(図4)。図5に直接描画法とスクリーン印刷法でそれぞれ形成した発熱抵抗体を示す。直接描画法が発熱抵抗体の形状均一性に非常に優れていることが分かる。

4.1.3 抵抗体薄肉化

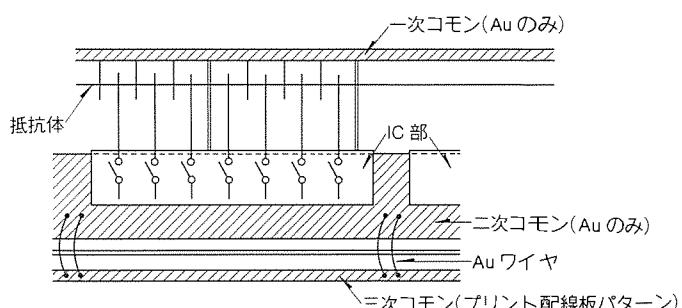


図3. コモンレスパターン

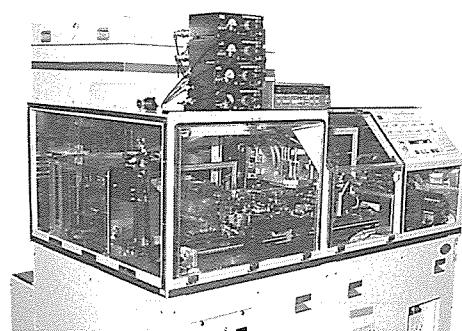
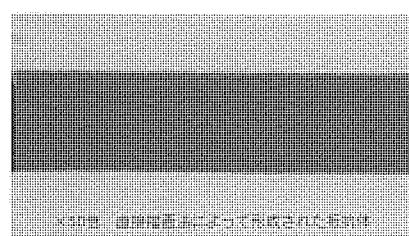
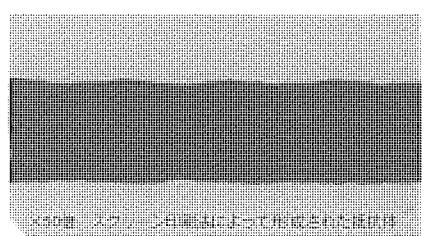


図4. 抵抗体直接描画装置



(a)



(b)

図5. サーマルヘッドの発熱抵抗体

印字時の低騒音化、スティッキングの低減のためには、発熱抵抗体膜厚の薄肉化が有効である。そこで直接描画法により、達成した数 μm の発熱抵抗体膜厚を更に薄肉化し、量産化するために次の2項目について開発を進めた。

(1) 抵抗体ペースト材料の開発

(2) 焼成条件の確立

上記(1)については、抵抗体ペースト中の揮発成分を増量し、ペースト中の Ru_2O の粒径を微細化することによって極薄肉化を達成した。(2)については、抵抗体ペースト中の有機分が分解しやすく、また(緻密な構造に焼成できるような焼成プロファイルを採用した。この焼成プロファイルと前述の抵抗体ペーストの組合せにより、気泡の少ない緻密な構造の極薄肉の発熱抵抗体形成プロセスを確立した。この極薄肉発熱抵抗体の採用により、印字時の騒音レベルを約14%低減することが可能となった(当社比)。

4.1.4 帯電防止膜

印字中のサーマルヘッドと感熱紙は絶えず接しており、摩擦によって静電気が発生する。通常、サーマルヘッドの発熱抵抗体上の保護膜は絶縁物であるため、発生した静電気は保護膜に帯電する。この静電気が発熱抵抗体、又は、ICを介して放電されると発熱抵抗体やICが破壊される場合がある。

F, Qシリーズサーマルヘッドではこの静電破壊を防止するため、帯電防止膜(Chargeless Glass, 以下“CLG”という。)を形成するプロセスを開発した(図6)。

CLGは、従来の保護ガラス上に厚膜方式で形成する。CLGペーストをスクリーン印刷で保護ガラス上に印刷・焼成することにより、保護ガラス上に高抵抗の導電性膜が形成される。焼成後の表面抵抗は $10\text{ M}\Omega$ 以下であれば、模擬的な評価方法として保護ガラス表面上にプラテンを直接装てん(墳)させた紙なし走行試験評価で、走行距離13kmまで破壊せず実用上十分な性能を満足させることができる(図7)。

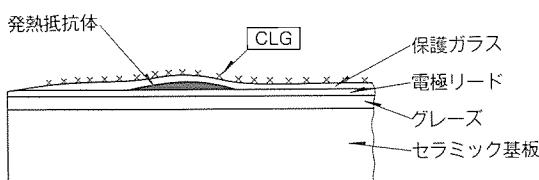


図6. 帯電防止膜(CLG)断面

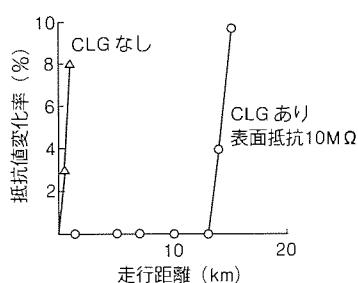


図7. 紙なし走行試験

4.1.5 パルストリミング

抵抗値均一化のため、電圧パルスを印加するパルストリミングを実施している。パルストリミングのシーケンスは図8に示すとおりである。まず、複数のサンプルドットに低いパルス電圧から、順次パルス電圧を印加して、初期抵抗に対する抵抗変化率曲線を算出する(図9)。次に、トリミングしようとするドットの初期抵抗値を測定し、目標抵抗値との差を抵抗変化率曲線から演算し、印加パルス電圧を決定する。最初のパルス電圧は、決定した値より低めのパルス電圧を印加し、目標抵抗値になるまで、順次パルス電圧を増加させて高精度のトリミングを行う。これにより、±3%以下の平均抵抗値を実現している。

4.2 実装工程

4.2.1 サブアセンブリ

この工程では、ICがダイボンド、ワイヤボンドされた発熱基板と、PWBをヒートシンク上へ高精度に位置決めし、固定しなければならない。精度は、ヒートシンク端面と発熱基板上の発熱抵抗体位置を±0.1mm以内にする必要がある。この実現のため、発熱基板とPWBを、X, Y方向に正確に位置決めた状態で、ステージにセットしたヒートシンク上に移送し、発熱基板上の発熱抵抗体を固体カメラで認識し、ヒートシンク端面に対し、X, Y, θ方向の位置決めコントローラによって位置制御を行い、最後にプレス機構によって正確に圧着固定する高精度自動組立装置を開発し、実用化した。この装置のシーケンスを図10に示す。

4.2.2 ダイボンド、ワイヤボンド

サーマルヘッドの高信頼性及び量産性を決定する重要な工程である。ダイボンド工程では、以下の項目についての開発を行い、実用化している。

- (1) 0.8s/ダイの高速、かつ高精度ボンディングの実現
- (2) 回転テーブル・ストック＆エンドレス方式によるICの大量供給及び長時間無人運転
- (3) 高速ボンディング、かつ長時間無人運転に対応した粘度

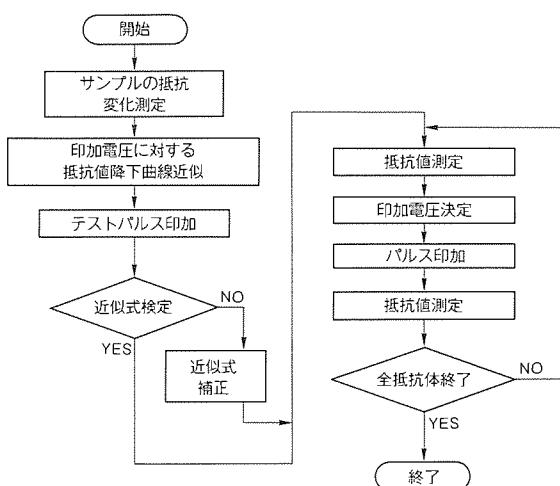


図8. 高速パルストリミングのシーケンス

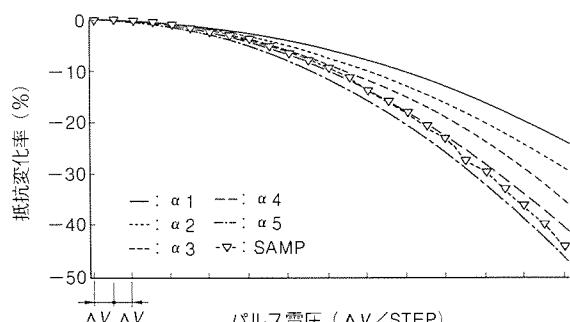


図9. 抵抗変化率曲線

安定性をもつダイボンド樹脂の開発

- (4) 高速ボンディングにおける樹脂転写の安定化を実現した転写ピン構造の採用
- (5) 高速ボンディングとマッチングしたヒータブロック方式の連結型短時間自動キュア装置の開発
また、ワイヤボンドでも、
- (6) PWBに対応した高信頼低温ボンディングの確立
- (7) サーマルヘッドサブアセンブリ後の外形寸法の変化に対応可能なダイレクト搬送機構
- (8) ボンディング中のワイヤ切れに対する、自動ボール形成続行機能によるチョコ停の撲滅
- (9) 学習機能による認識率の向上
- (10) ICの縮小化に対応したツール及びトーチ電源
- (11) 特殊ツール軌跡制御によるセカンドワイヤボンド強度の向上と安定化
- (12) 热影響を受けないボンディングヘッド構成等を実現し、量産技術を確立した。

4.2.3 動作試験、レジンモールド

全数ワイヤボンド検査が完了したアセンブリ品の性能保証を行うため、実機と同一条件での各種電気試験、及びICの保護を行うためのレジンモールドを行う工程で、電気試験部とモールド部の専用処理部をもち、それぞれのコントローラの連絡によって連続化した自動装置を開発した。電気試験部では、検査品に対して、PWBのコネクタ端子部と電気コンタクトを行い、ICの動作試験、発熱抵抗体の抵抗値測定等の試験をすべて一括して行う。モールド部では、電気試験で良品となったものを、比較的粘性の高い樹脂でモールド領域の境界部を形成し、比較的粘性の低い樹脂で内側を満たす2液同時吐出シーケンスを採用している。樹脂吐出部は、スループットを上げるため、マルチヘッド構造となっており、複数のモールディングが安定して寸法精度良く実施される。

開発した装置の外観を図11に示す。

4.2.4 組立て、画質試験

この工程は、はんだ付け、カバー取付け、スクリーニング、画質試験、出荷検査の一貫ライン化を図っている。組立方式が異なっても、2機種まで混合生産することができる。スクリーニング及び画質試験では、高温印字試験、常温印字試験

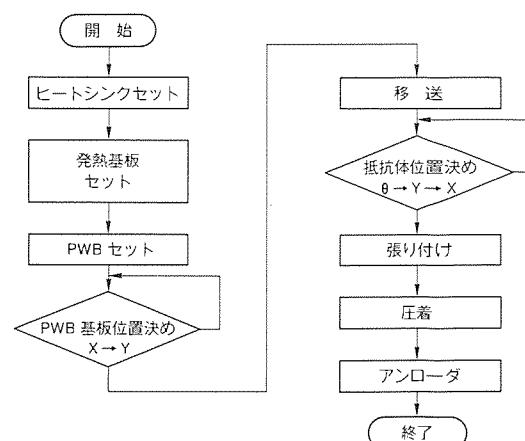


図10. サブアセンブリのシーケンス

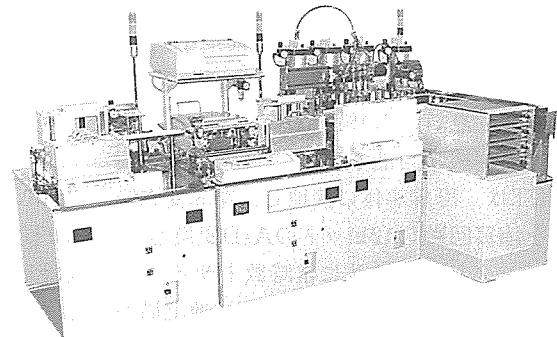


図11. 試験モールド装置の外観

を実施し、品質を完全に保証している。また、この画質試験機は、全機種適用可能な汎用自動機であり、機種切替時の段取り換えは、機種モード切替え及びサーマルヘッド接続ケーブルの交換のみで多機種生産に対応できるようにしている。

5. む す び

以上、新シリーズサーマルヘッドのF、Qシリーズの量産技術について紹介した。サーマルヘッドはメンテナンスフリー、ノンインパクトという特長に加え、高画質・高信頼性・高性能・低価格が技術開発によって実現されており、ファクシミリ及びプリンタ等のキーデバイスとして今後更に大きな需要が見込まれている。需要の拡大とともに更に進展するであろう高品質化・高機能化・カスタム化に対応すべく、材料、製造プロセス、自動化等の新技術、量産技術の開発を絶えまなく継続し、顧客のニーズに適合したサーマルヘッドを市場に送りだしていきたい。

参 考 文 献

- (1) 飛田敏男、畠部悦生、遠藤孝文、仁木憲一、大西洋一郎：高解像度・高印字品質サーマルヘッド、三菱電機技報, 60, No. 3, 202~204 (1986)
- (2) 山中隆司、臼井義博、尾崎裕、坂上義和、小林廣：ファクシミリ用サーマルヘッド製造における自動化技術、三菱電機技報, 62, No. 7, 634~637 (1988)

スポットライ 気中変電所故障点標定システム

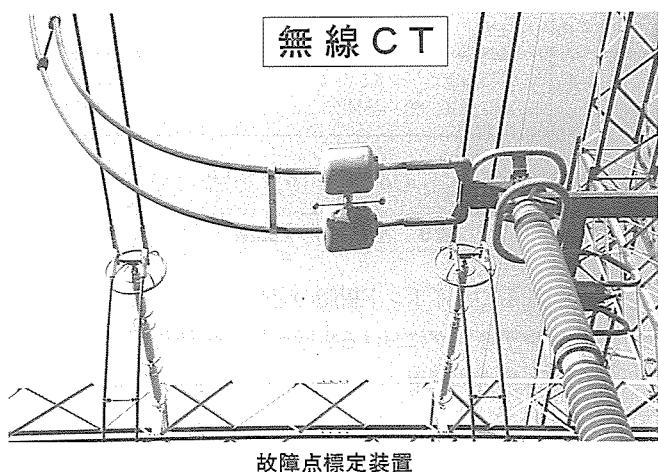
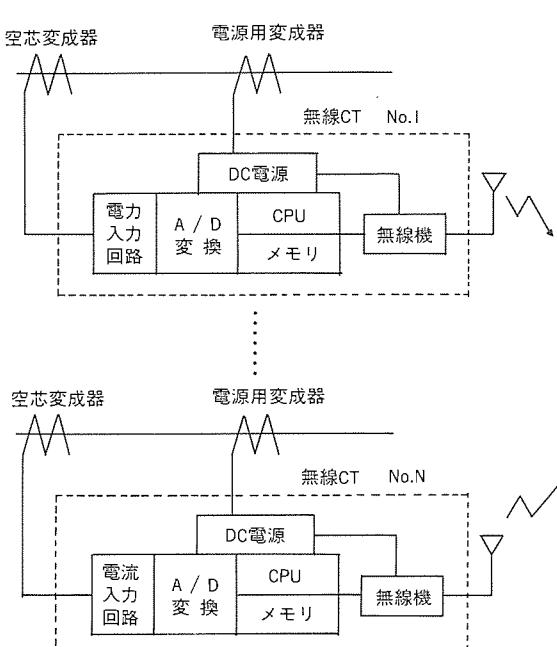
現在、変電所の母線で万一故障が発生すると、母線保護リレーにより故障母線を判別し、除去されます。この時、故障母線の健全区間も停止するために、早期復旧して停電時間を短縮する必要があります。しかし現状は、現地に出向し目視により故障点を確認するため、復旧するのに長時間をしています。そこで今回、気中変電所を対象とし、通電電流を検出する装置（以下“無線CT”という）を母線に取り付け、無線によりデータ伝送し故障点を標定するシステムの開発の見通しを得ました。なお、この開発は中部電力(株)殿の御指導を受け、共同研究によって行ったものです。

装置構成は、下図の〈構成〉に示すように、変電所の母線故障発生時、母線に流れる電流を検出する無線CT及びその検出データに基づいて故障点を標定する地上局からなります。なお、無線CTの検出電流としては、直接接地系の最大故障電流が検出可能です。

無線CTは、母線導体に接地し、空芯変成器で検出した電流信号を演算回路の12ビットのA/D変換器により30°間隔でサンプリングし、メモリに常時数十サイクル分最新データを格納します。万一の母線故障時は、地上局が母線保護リレーからの信号入力をトリガにして無線CTに対して指令を送信し、サンプリングを停止させて故障時のデータを地上局へ送信します。地上局は、無線CTから送信されてきたデータに基づいて電流差動方式により演算処理を行い、故障点を標定します。

本装置は、工場において高電圧課電試験、定格電流通電試験、短時間電流通電試験（気中アーカ試験を含む）などの検証試験を実施後、平成3年10月から中部電力(株)駿遠変電所の275kV1回線に設置し、耐環境性、安定性検証のためフィールド試験中です。

構成



特長

- 検出方式として、母線故障時に発生する光、音及び電磁波ではなく母線に流れる故障電流を直接検出するため、確実な標定が可能です。
- 無線CTは二分割構造をとっているため、主回路を改造することなく取付けが容易です。
- 検出した電流情報を無線で課電部から地上側へ送るので、支持碍子などを使用しないため対地絶縁が不要となり、絶縁劣化の心配がありません。

仕様

行	部 位	仕 様
1	電 源 部	・電源用変成器により一次電流(母線)から供給 ・充電式バッテリ内蔵(母線故障時使用)
2	電流検出部	・空芯変成器を使用 ・自相(他導体)、他相の影響に対するシールド構造
3	演 算 部	・電流情報を30°サンプリングし、常時最新データをメモリに格納 ・低消費電力化
4	無 線 部	・電力保安用通信周波数及び他の無線局使用周波数の空き周波数を使用 ・微弱電波を使用 ・混信対策として再送方式を使用
5	アンテナ	・電界強度緩和を考慮した形状
5	多導体母線への取付け	・複数の空芯変成器を合成して電流検出する ・演算部、無線部は、1セット/I相とする
6	地 上 部 演 算 部	・標定アルゴリズムは、回線ごとに検出電流のベクトル和をとり、電流差動方式で判定

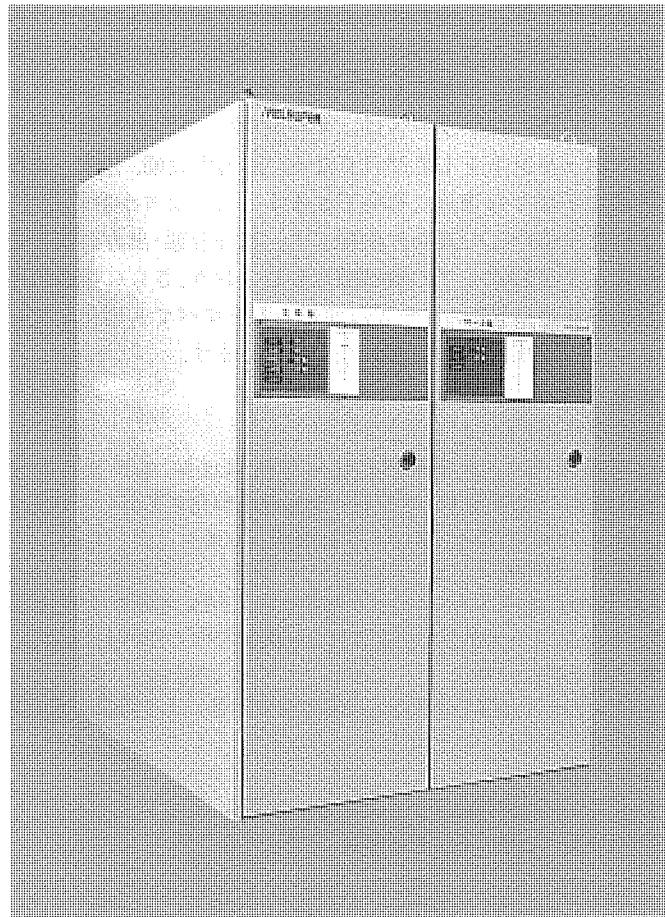
特別高圧用C-GIS GX-20V

スポットライト (キュービカル形ガス絶縁開閉装置)

最近のインテリジェントビル納入品に代表されるように、特別高圧受配電設備については、高い安全性、OA・FA対策としての高信頼性、地価・増設更新対策としての有スペース性、人手不足・人件費対策としての省メンテナンス性がますます強く求められています。従来の空気絶縁閉鎖配電盤に比べ、C-GISは上記のニーズをより満たしており広く使用されるようになってきていますが、三菱電機ではこのたび、さらに信頼性を向上させるとともに多様な受配電設備電気室に合わせて構成を最適とすることができる新型C-GISを開発しました。

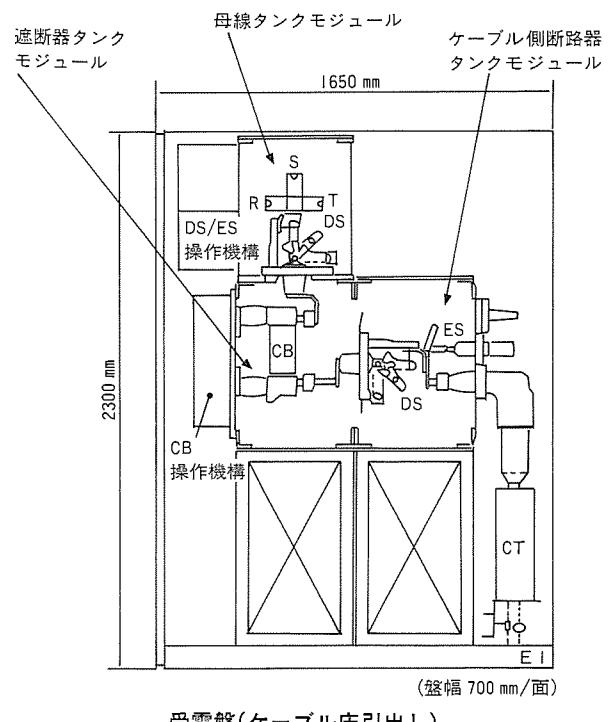
特長

- 断路器・ガス区画を機能統合、一体注型絶縁物にて構成。主回路を単純化し、信頼性を向上しました。
- 標準化したタンクモジュールの組み合わせによりC-GISの構成をフレキシビリティに富んだものとし、設備構成の最適化と省スペース化を可能としました。
- 断路器・接地開閉器操作機構を単純化し、動作信頼性を向上しました。
- 小型軽量・長寿命の真空遮断器（VCB）を搭載しました。



仕様

形名	GX-20V
準拠規格	JEM 1425
定格電圧	24kV
絶縁階級	20号B
商用周波耐電圧(1分)	50kV
雷インパルス耐電圧	125kV
定格ガス圧力(20°C)	0.15Mpa {0.5kg/cm ² -g}
定格周波数	50/60Hz
定格電流	630A
定格短時間耐電流	25kA(1s)
使用条件	標準仕様状態



スポットライ 超小形シーケンサ FXoシリーズ

三菱電機では、このたびマイクロシーケンサFXシリーズの最小形機種としてFXoシリーズを発売し、特に入出力点数の少ない分野での幅広いニーズに対応できるようになりました。このFXoシリーズは、リレー・タイマ代わりの手軽なコンポーネントとしてだけでなく、工場内設備、空調、遊技施設など様々な用途に対応できるように、より小形化して、手軽さを追求した最新鋭機種です。電源形態・出力形態の違いにより全12タイプの機種揃えをしており、さらに現在の主力機種であるFXシリーズの周辺装置をすべて共用化しているなど、互換性への配慮がなされています。

特長

●超コンパクト

従来機種「F1」シリーズに比べ容積率はAC電源タイプで39~42%、DC電源タイプで24~26%の小形化を実現しています。寸法上の制約で使えなかった小形機械にも適用可能です。

●豊富な機種揃え

14/20/30点基本ユニットと、それぞれにAC/DC電源タイプ、リレー/トランジスタ出力が用意され全12機種を揃えています。

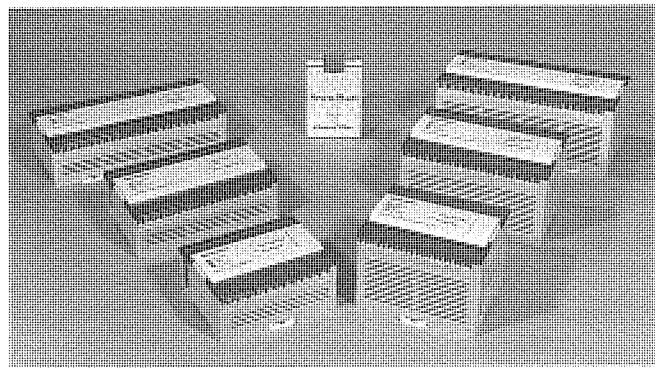
●シリーズの一貫性

上位シリーズ(FX1、FX2)と共に命令体系により周辺装置の共用が図れます。

●操作性の向上

1)ボリューム操作のアナログタイマを装備

2)RUN/STOPスイッチを内蔵



●メンテナンスフリーの実現

停電時のデータキープができる停電保持メモリを採用していますので、可搬式のメンテナンスが困難な機械にも使用できます。

●SFC言語をサポート

機械動作をそのままプログラムしたり、モニタできるSFC言語を内蔵しており、面倒なシーケンス設計から解放されます。

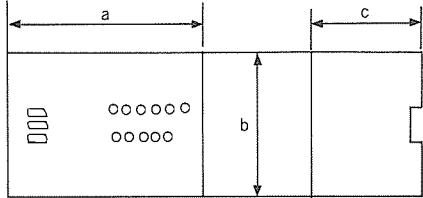
●高速・多機能

- 1)入力フィルタ調整、パルス取り込み、入力割り込み機能内蔵
- 2)多点高速カウンタを内蔵
- 3)パルス列出力機能内蔵
- 4)パルス幅変調出力機能内蔵

機種および一般仕様

機種	AC電源タイプ			DC電源タイプ			
	リレー出力	FXo-14MR	FXo-20MR	FXo-30MR	FXo-14MR	FXo-20MR	FXo-30MR
名	トランジスタ出力	FXo-14MT	FXo-20MT	FXo-30MT	FXo-14MT-D	FXo-20MT-D	FXo-30MT-D
入力/出力点数	8点/6点	12点/8点	16点/14点	8点/6点	12点/8点	16点/14点	
電源電圧	AC100~240V +10% -15% 50/60Hz			DC24V +10% -15% (リップルを含む)			
DC24Vサービス電流		100mA					
最停許容時間	10msに対し運転継続			5msに対し運転継続			
消費電力	20VA	25VA	30VA	10W	15W	20W	

外形寸法



性能仕様(全機種共通)

項目	仕様	備考
演算制御方式	ストアードプログラム・繰返し演算方式	
入出力制御方式	一括処理方式(END命令実行時)	入出力リフレッシュ命令あり
演算処理速度	基本命令1.6~3.6μs	応用命令数 数10~数100μs
プログラム言語	リレーシンボル方式+ステップラダー方式	SFC表現可
プログラム容量	800ステップ	内蔵EEPROMメモリによる
命令数	シーケンス命令20個 ステップラダー命令2個	応用命令35種(50個)
補助リレー	一般/キーブ 496/16点	M0~M495/M496~M511
特殊用	56点	M8000~M8254中の56点
ステート	イニシャル/一般 10/54点	S0~S9/S10~S63
タイマ	デジタル 56点(0~3,276.7s) 24点10msベース可	T0~T55 100msベース
アノログ	1点(0~25.5s)	特殊データレジスタD8013の間接指定による
一般/キーブ	14/2点(16ビットアップカウンタ)	C0~C13/C14、C15(1~32,767カウント)
カウンタ	高速用(一部キーブ) 1相5kHz4点までは2相2kHz1点 32ビットアップ/ダウン(合計5kHz以下)	C235~C254中の4点(1相)または1点(2相) -2,147,483,648~+2,147,483,647カウント
データレジスタ	一般/キーブ 30/2点(16ビット)	D0~D29/D30、D31
特殊用	27点(16ビット)	D8000~D8069中の27点
インデックス	2点(16ビット)	V、Z
ポイント	分歧用 64点	P0~P63
割込み用	4点	I00□~I30□(立上り時□=1、立下り時□=0)
ネットティング	8点(マスクコントロール用)	N0~N7
定数	10進数K 16ビット:-32,768~+32,767	32ビット:-2,147,483,648~+2,147,483,647
16進数H	16ビット:0000~FFFF	32ビット:00000000~FFFFFF

寸法(mm)	a	b	c	
			AC電源タイプ	DC電源タイプ
FXo-14M	100	80	75	47
FXo-20M	130	80	75	47
FXo-30M	170	80	75	47



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

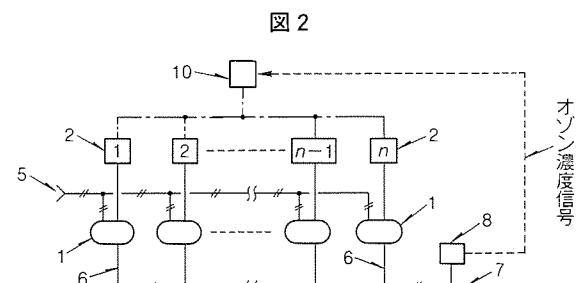
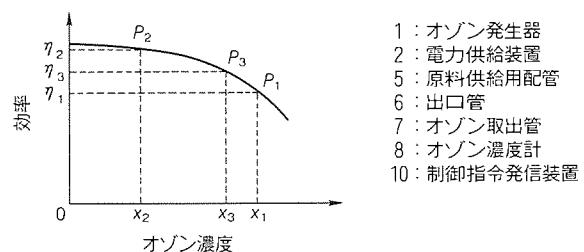
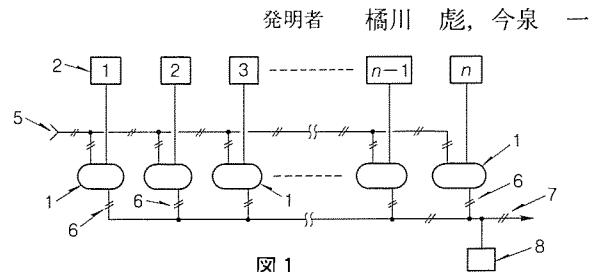
有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産専門部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

オゾナイザの制御方式 (特許 第1455906号)

この発明は、多数のオゾン発生器からなるオゾナイザにおいて、オゾン発生量を最適に制御する方式に関するものである。

従来のオゾナイザの制御方式は、図1のように構成され、複数台のオゾン発生器(1)のうち1台又は数台を無作為に選定して電力供給量を制御するか、あるいは全台数のオゾン発生器(1)の何割かを運転停止して、全体としてオゾン取出管(7)からのオゾン発生量を調整していた。ここで、図2に示すように、オゾン濃度 x が増大するとオゾン発生効率 η が悪化することが知られており、従来の方式ではオゾン発生効率の良くない P_1 点で運転される台数が残るため、全体として不経済となる欠点があった。

この発明は、図3に示すように、オゾン取出管(7)に設けられたオゾン濃度計(8)からの信号を制御指令発信装置(10)に送り、オゾン濃度計からの信号とオゾン発生量の指令値との偏差から必要な増減電力量を求め、この電力量を各オゾン発生器(1)の定格能力と同一割合で増減するように分配制御するものである。その結果、例えば全体のオゾン発生量を低減する時では、図2の曲線に沿ってすべてのオゾン発生器の効率を高めることができ、簡易な制御方式で高い経済性を達成できるという効果がある。



水処理における凝集剤注入制御装置 (特許 第1456692号)

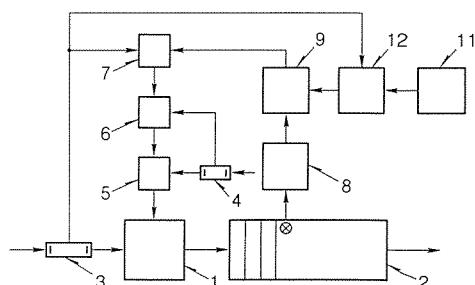
この発明は、水処理における凝集剤の注入制御に関するものである。

従来の凝集剤注入制御装置は、処理水濁度演算に原水流量の信号が入力されないため、原水量が変わると沈殿池出口濁度と処理水濁度の関数式が変化することに追従できなくなり、常に一定原水流量の場合しか運用できないという欠点があった。

この発明はこのような欠点を改良するためになされたもので、図の実施例に示すように本発明の凝集剤注入制御装置においては、運転員が沈殿池(2)の出口濁度を設定器(11)によって設定すると、その信号は処理水設定濁度演算器(12)に送られ、原水流量計(3)の値と設定値から制御対象の処理水濁度を関数式によって計算し、比率演算器(9)で処理水濁度計(8)の値と比較することにより凝集剤注入率を算出して注入量演算器(7)に送り、原水流量計(3)の値と凝集剤注入率から凝集

剤注入量を求め、注入量制御器(6)と凝集剤流量計(4)の信号及び操作器(5)によって適切な凝集剤を急速攪拌池(1)に注入し、原水と混合するように構成されている。

以上のようにこの発明によれば、原水流量信号を処理水設定濁度演算器に入力したので、原水量が変わっても、容易に沈殿池出口濁度を設定値に制御できる凝集剤注入制御装置を提供できる。





特許と新案*

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産専門部
特許営業グループ Tel(03)3218-2137

この発明は、半導体ウェーハを化学処理した後のウェーハの水洗・乾燥器に関するものである。

従来のウェーハ水洗乾燥器は、ターンテーブルに取り付けられたキャリヤにシリコンウェーハを挿入し、ターンテーブルを回転させ散水シャワーによってシリコンウェーハを洗浄していた。しかしこの方法では、回転によってキャリヤが静電気を帯びるためシリコンウェーハに塵埃が付着し、成膜生成に不都合があった。

この発明はこのような欠点を改良するためになされたもので、図の実施例に示すように本発明のウェーハ水洗乾燥器は、温水・水洗槽(22)からキャリヤ移動用ロボット(24)を用いてクリーンベンチ(17)に移動されたキャリヤ(14)内のシリコンウェーハ(15)の表面に、プレフィルタ(19)・最終フィルタ(18)から吐出する乾燥用空気をほぼ平行に当て、吸着している水分を瞬間に乾燥させ、また、水滴吸収手段により、ウェーハの下部にたまつた残留水滴を吸着するように構成されている。

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 66 No. 9 カーエレクトロニクス／化合物半導体特集

特集論文（カーエレクトロニクス）

- カーエレクトロニクス特集に寄せて
- カーエレクトロニクス技術の展望
- 自動車用エアフローセンサ
- 光学式燃料性状センサ
- 自動車用電子制御ユニットの信頼性保証
- 電動パワーステアリングシステム
- 半導体加速度センサ
- 移動体通信の動向
- 車載用音声認識装置

●地磁気センサの応用

- 空気清浄システム
- 特集論文（化合物半導体）
- 半導体レーザの現状と動向
- MOCVD/LPE成長法による $1.3\mu\text{m}$ Fabry-Perot レーザ
- ファイバアンプ励起用 $1.48\mu\text{m}$ 高出力レーザ
- 光周波数分割多重(FDM)用レーザアレー
- 光ディスク用可視光レーザ
- 量子効果デバイス用材料技術
- BSコンバータ用超低雑音 HEMT

〈訂正のお知らせ〉 次のとおり訂正するとともにお詫びいたします。

Vol. 66 No. 7 p. 2 誤「(現在、多田電機社長)」→ 正「(現在、多田電機(株)常務取締役)」

三菱電機技報編集委員 委員長 山田 郁夫 委員 永田 譲蔵 ↗ 福岡 正安 ↗ 谷 豊文 ↗ 風呂 功 ↗ 大原 啓治 ↗ 松村 恒男 ↗ 名取 直幸 ↗ 吉岡 猛 ↗ 鳥取 浩 ↗ 岡田 久雄 幹事 長崎 忠一 8月号特集担当 寺沢 昭夫	三菱電機技報 66巻8号 (無断転載を禁ず) 1992年8月22日 印刷 1992年8月25日 発行 编集兼発行人 長崎 忠一 印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地(〒272-01) 菊電印刷株式会社 発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号 北海ビル新橋(〒105) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」 Tel.(03) 3437局2692 発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 3233局0641代、振替口座東京6-20018 定価 1部 721円(本体700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)
--	---

総合計装制御システム

スポットライト

計装用変換器

最近のプラントの計装制御システムはより高度化し、計装用変換器として求められる機能も多種多様、高機能化してきており、限られたスペースの中でもよりフレキシブルな仕様で、かつ高精度化、高速演算の変換器が求められています。新形計装用変換器は小形、高精度でインテリジェント化した変換器により上下水道プラントに必要な各種演算機能のメニュー化を行っています。複合演算器等では各種の演算機能をフレキシブルに実現可能で増設、改造時に容易に対応可能な形となっています。また将来は、フィールドネットワークに接続し、上位システムとの通信を行うことにより変換器のパラメータ類が上位監視系での監視・保守管理可能となり、また、制御系でのデータの活用等により信号ケーブルの削減による経済的で増設に容易に対応可能なシステム構成が可能となります。

特長

- フレキシブルな入出力仕様で各種演算、複合演算等が可能（プログラマブルスペック）
- 高精度、高速演算で出力信号はすべて絶縁
- 小形化（外形寸法、従来形当社比約3/5）
- 多機能化（各種の機能を実現可能）、豊富なメニュー化
- ハンドヘルドコミュニケーションによるゼロ、スパン校正、パラメータの変更が可能
- 係数変更等の改造、変更等に容易に対応可能
- 端子部はコネクタ構造をとっており、メンテナンスが容易
- 各種用途にあった取付け構造（ラック、壁取付け）

演算器の機能

	機能	複合演算器	2入力演算器	1入力演算器
1	一次遅れ	○		○
2	一求進み	○		○
3	無駄時間	○		○
4	開平	○		○
5	閾値発生	○		○
6	警報	○		
7	偏差警報	○	○	
8	個別偏差警報	○		
9	信号制限(リミッタ)	○	○	○
10	信号選択高(ハイセレクト)	○	○	
11	信号選択低(ローセレクト)	○	○	
12	積分	○		
13	ゲイン	○		
14	信号発生	○		
15	加減算	○	○	
16	乗算	○	○	
17	除算	○	○	
18	移動平均	○		○
19	パンプレス切替	○		
20	変化率警報	○	○	
21	変化率設定	○		○
22	信号切替	○		
23	限時動作	○		
24	限時復帰	○		
25	論理積	○		
26	論理和	○		
27	フリップフロップ	○		
28	故障検出	○	○	
29	アナログホールド	○	○	
30	アナログプリセット	○	○	
31	ピークホールダ	○	○	
32	平均	○	○	
33	リバーシングリレー	○		○
34	多数決フィルタ	○		○



計装用変換器ハンドヘルドコミュニケーション操作体系



計装用変換器

	名 称	型 名	入出力点数			
			A/I	A/O	D/I	D/O
1	複合演算器	QM7001	3	1	1	2
2	加減算器	QA7111	4	1		
3	乗除算器	QE7121	3	1		
4	温圧補正演算器	QH7131	3	1		
5	2入力演算器	QK7151	2	1	1	2
6	開平演算器	QB7211	1	1		
7	特性演算器	QF7221	1	1		
8	I入力演算器	QK7261	1	1		
9	ディストリビュータ	QD7531	1	1		
10	ディストリビュータ(演算付)	QD7541	1	1		
11	すべり抵抗変換器	QP7561	1	1		
12	DC/DC変換器	QG7571	1	1		
13	アイソレータ(I入力)	QX7581	1	1		
14	アイソレータ(2入力)	QX7591	1	2		
15	警報設定器	QC7701	2			2
16	警報設定器(設定器付)	QC7711	2			2
17	信号発生器	QV7721		1		
18	信号発生器(設定器付)	QV7731		1		
19	パルス変換器	QS7921	1			2
20	起電力伝送器	QT7721	1	1		

上水ポンプ場向け 広域監視映像伝送システム

[大阪府水道改良事業 監視制御設備改良工事(IVT)]

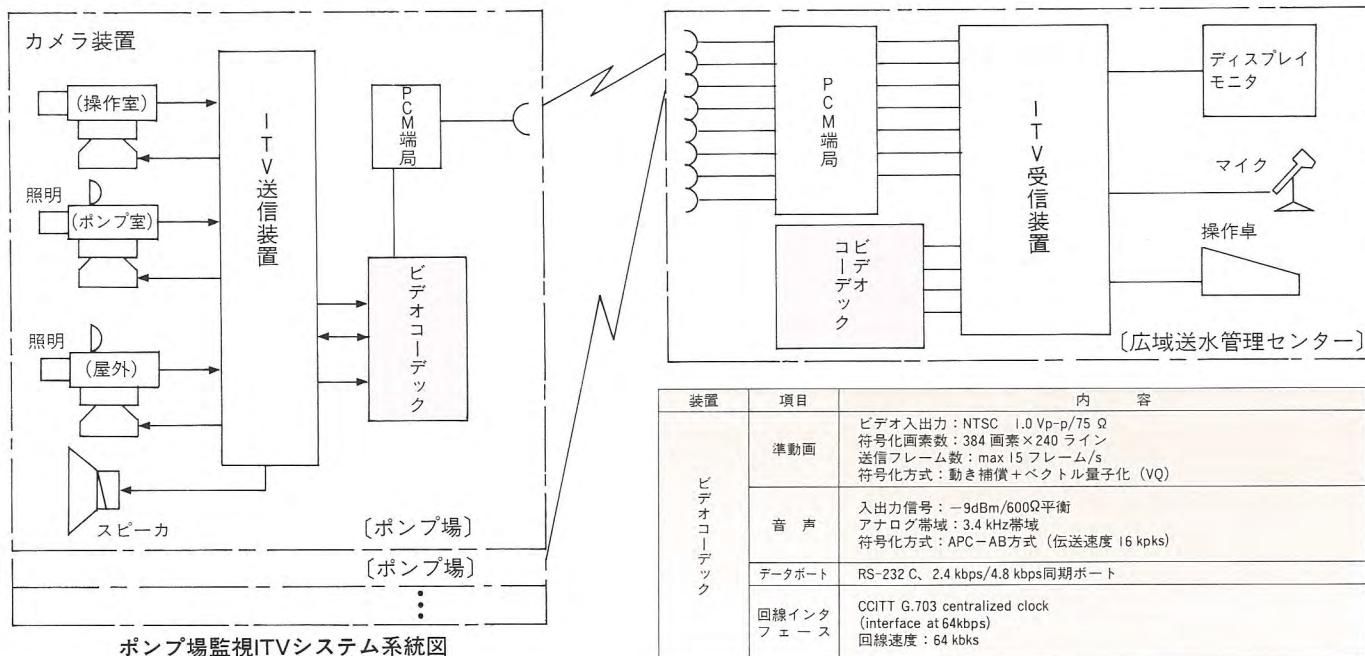
スポットライ

近年の通信技術の発達により、帯域圧縮技術を利用して、比較的安価に広域映像監視を行なうことが可能となっていました。従来、上下水道施設の監視はテレメータ、音声が主体で、映像による監視は浄水場内、ポンプ場内に限定されていましたが、給排水地域の高域化、ポンプ場等施設の無人化により、給水設備の安全運用を確保するための映像による広域監視が強く要望されていました。これに対し、最近では帯域圧縮技術を利用してビデオコーデックを用いることで64 kbpsの回線で、準動画伝送による広域映像伝送が可能になってきており、今後、これらの上下道施設への準動画伝送を主体とする広域映像監視システムの導入が広がることが予想されます。

平成3年度、当社が納入した「大阪府水道改良事業 監視制御設備改良工事(IVT)」では、既設の当社製PCM無線設備の音声用チャネル(64 kbps/1チャネル)を利用して、準動画伝送による広域映像監視システムを実現しています。上記工事は、大阪府水道部が保有する無人ポンプ場施設を、村野浄水場内の広域送水管理センターより視覚的監視及び制御を行なうための工事であり、大阪府下8ポンプ場を監視対象施設としています。このシステムは工業用監視カメラ、ビデオコーデック、送受信装置等で構成され、村野浄水場と各ポンプ場間は、既設のPCM無線設備にて映像・音声・データを伝送しています。

特長

- 管理センターからの遠隔操作により、各ポンプ場施設のカメラ選択、カメラの回転・ズーム機能、照明・ワイパー機能等を制御が可能です。
- 各種カメラ装置の使用により、屋内/屋外、昼/夜を問わず、あらゆる環境下での映像監視が可能です。
- 画像に連動させた、音声によるページングおよび警告灯の点滅制御が可能です。



スポットライトパイプ内面形状センサ

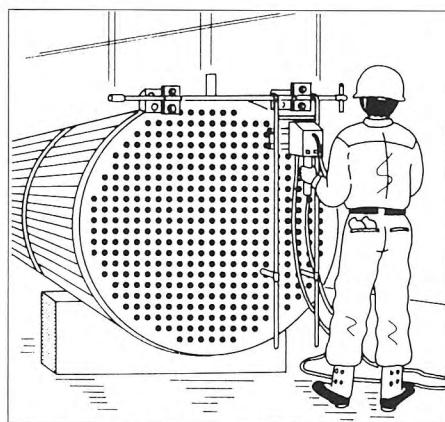
三菱パイプ内面形状センサは、各種プラントで使用されている熱交換器パイプの内面劣化状態を高精度で検査するものです。石油精製や化学プラントで多用されているパイプ類は、使用しているうちに内部が腐食したり、付着物が堆積し劣化を起こすため、劣化による事故を防止するため定期的な検査が必要とされています。従来方式である超音波や渦電流を利用したセンサによる検査では、水などの媒体の必要性や感度が低い等の問題が指摘されていました。三菱パイプ内面形状センサはこれらの問題点を解決するために東燃(株)と共同開発したもので、レーザ光によるサークルパターン方式と呼ぶ新しい光学式センサです。

原理

直径13.4mm(3/4インチパイプ用)のセンシングヘッド内に、半導体レーザと超小型テレビカメラ及び特殊光学系を埋め込み、半導体レーザからの光束をリング状のスリットパターン(サークルパターン)にしてパイプ内壁全周に投影します。この投影像を超小型テレビカメラで撮像してパイプ内壁全周のプロフィールをビデオ画像としてとらえます。このビデオ画像を専用の画像解析ユニットにより数値化してパイプ内面腐食状態を見やすく定量的に表示します。

特長

- 光のリングでパイプ内面プロフィールを高精度計測
- 高速画像処理で1mmごとの高分解能計測
- パイプ内面腐食状況を定量的に画面表示
- 独自の発射メカによるスムーズな送り込み
- 現場に適した操作性



多管式熱交換器検査例

仕様

	1インチ用	3/4インチ用
計測範囲	$\phi 18.0 \sim \phi 25.4$	$\phi 14.5 \sim \phi 19.0$
分解能	$\pm 0.1\text{mm}$	
計測ピッチ	円周方向、長さ方向共1mm	
計測時間	30mm/s	

サークルパターン発生ユニット



パイプ内面プロフィール



サークルパターン像 内視鏡による観察像



センサヘッド

画像解析ユニット



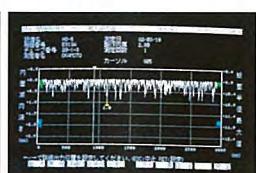
3次元腐食分布グラフ



腐食分布疑似カラーグラフ

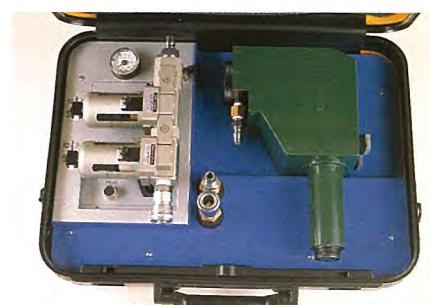
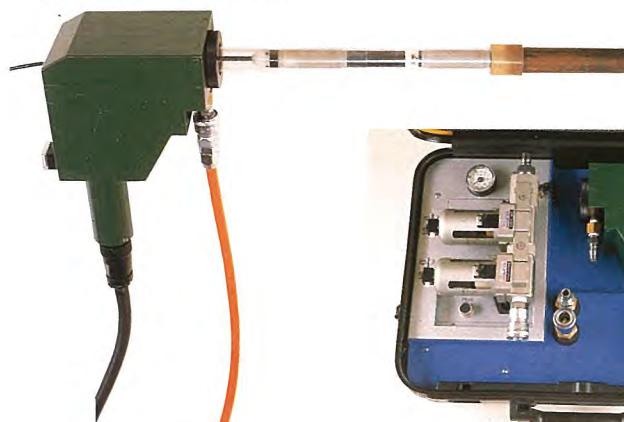


任意断面腐食分布グラフ



最大減肉値グラフ

センサ発射メカユニット



ユニット	外形寸法(幅×高さ×奥行)	重量
サークルパターン発生ユニット	360×290×160mm	3kg
画像解析ユニット	510×420×260mm	17kg
センサ発射メカユニット	450×360×180mm	6kg