

社会基盤整備のなかで下水道の普及は、環境問題への関心の高まりと相まって重要な位置付けにあり、下水道施設の整備・拡充は現在も進められている。また、すでに建設された施設の有効活用が求められている。このような状況のなかで、当社は、著しく進歩しかつ標準化も進められたコンピュータやネットワーク技術を適用し、広域的に点在する設備を有機的に結びつけた質の高い広域システムの構築技術を確立した。このシステムは、一部の自治体ですでに導入されているが、さらなるシステムの有効活用が今後の課題である。

The diffusion of sewage facilities is continuing to progress, reflecting the importance of such systems in the development of social infrastructure as well as the rising interest in environmental issues. Moreover, the effective utilization of facilities that have already been constructed is being called for. In this situation, the question is which types of system construction are required.

This paper introduces the technologies for a high-quality wide-area network system constructed utilizing sewer pipes. The system is highly effective due to the combination of highly advanced and standardized computer and network technologies adopted.

1 まえがき

下水道の本来の社会的責務は、大きく分けて環境保全のための汚水の浄化と、市民とその財産の安全確保のための雨水の排除の二つである。近年では、これらに加えて処理水や汚泥などの生成物と、処理場やポンプ場さらには管渠(きよ)などの施設を含めた資源の有効活用の試みも多くなされている。

都市の発展に伴い、インフラとしての下水道施設もしいに大がかりとなり、この有効な運用のためには情報処理システムの機能が不可欠になっている。その基幹となるものが広域ネットワークシステムである。広域ネットワークシステムは、一部の自治体ですでに導入されているが、さらにネットワークを有効に活用していくためには、活用方法の明確化と汎(はん)用性の高いネットワークシステムの導入が必要である。

ここでは、これらを実現するための適用システムおよび広域伝送技術について紹介する。

2 下水道システムの広域化

下水道システムは、ネットワーク技術の整備に伴い、機能的・地理的に広範囲なつながりを前提としたシステムの構築が図られてきた。

以下に下水道システムの近年のトレンドと広域情報システムの必要性を述べる。

2.1 汚水処理における広域化

都市部では下水道の普及率が90%を超え、河川や海域の水質はかなり改善されてきている。しかしながら、閉鎖水域での富栄養化の問題などまだまだ改善すべき点も多い。このように、管渠整備による下水道の面的拡大の次の課題は、施設のきめ細かい運用・管理などの水処理の質的な向上である。主な課題と対応手法を次に述べる。

2.1.1 施設の効率的運用 現在の主な下水処理手法である活性汚泥法は、生物反応を基本とするためにその処理の安定には均一の負荷を与えることが望ましい。一方、汚水の発生は市民の生活に依存するため、季節・時間変動を伴う。単一の施設ではこの汚濁負荷の平準化はできないが、広域に配置された処理場・ポンプ場群では人工的な調整地などの施設に加え、ポンプ場上流の管渠を含め多くの汚水バッファを活用し、汚水のダイナミックな“融通”が可能となる。

このような広域汚水処理システムを運用するためには、情報の一元管理とその情報による意志決定機構が不可欠となる。

2.1.2 合流幹線での処理改善 下水道では生活排水と雨水を分けて収集する“分流式”と集水系を共用する“合流式”がある。もちろん合理的な処理、運用の容易さなどの面では分流式のほうが望ましいが、建設費の制約や普及拡大の優先から合流式下水道が数多く運用されている。合流幹線では、雨天時の流入量の増大による越流により雨水が分離されるが、降雨初期の“雨水”には道路や管渠内に

滞留した汚濁物が多く含まれる。

これを積極的に貯留し処理するための雨水滞水池が整備されつつあるが、これも施設数、貯留量ともに制約があるため、処理区域内で有効に活用する必要がある。このためにも処理区域内での降雨や汚水・雨水の挙動を知り、運用のための判断を行う情報ネットワークの構築が重要な技術要件となる。

2.1.3 汚濁の源流管理・水域管理 さらにきめ細かい処理を行うには、処理区域内の主な工場などの特定の事業者の排水、すなわち汚濁の源流からその質・量を知ることが有効になる。また、水域での異常をいち早くとらえ、有効な対策を行うには河川や海域での水質監視を行うことも有効である。

このように従来下水道の枠を超えた管理、運用を図るためには広域情報システムとともに質的センサの技術整備も望まれるところである。

2.2 汚泥処理における広域化

汚水処理の副産物である汚泥については、従来はその減容化のために、濃縮→(消化)→脱水→焼却といった処理を行うことが一般的な処理手法であった。しかしながら、最終処分地の確保がますます困難になったことと、さらに積極的に汚泥を“資源”として見直そうという動きが活発化している。

このような汚泥への付加価値付与の手法としては溶融スラグ化ののちレンガやブロックにしたり、コンポストや土質改良材にするなどの多くの技術が開発されているが、その処理・加工のための汚泥処理プラントは複雑化する傾向にある。

また、汚泥のもつエネルギーの有効利用を図る意味でも汚泥を広域に散在する処理場から集約し、一括処理する大規模な汚泥処理プラントのもつスケールメリットが有効である。このため、エースプランをはじめとする広域汚泥処理システムが全国各地で構築されるようになってきている。

このような集約汚泥処理の運用については、汚泥の発生源、送泥側である下水処理場と、受泥処理を行う汚泥処理プラントの密接な連携が不可欠であり、そのための情報ネットワークが各地で構築されている。

2.3 雨水排水における広域化

都市化により道路の舗装率が向上するとともに逆に地面の保水能力が低下し、下水道管渠に流入する雨水量は急激に増大化している。そのため都市型水害の発生頻度が増加しつつある。

このような情勢のなかで雨水対策の水準を高めるため、都市部では貯留管、滞水池、地下河川の建設やレーダ雨量計、地上雨量計、管渠水位計などの情報を活用し施設の有効利用を図っている。

しかし、施設単体での能力には限界があり、特に都市型

水害として問題となっている集中豪雨では対応しきれない場合が発生しているのが実状である。集中豪雨では排水施設に急激かつ大量に雨水が流入するが、その範囲は狭く継続時間も比較的短い。そこで複数の排水施設で連携をとり、一つの施設でまかなえない分をほかの施設で補足する方法が有効となる。

このような方法を実現するためには、広域(他施設)の情報が必要となり、広域通信ネットワークが重要となる。

2.4 高付加価値下水道

先に汚泥の資源化について触れたが、汚水を浄化したあとの処理水も貴重な水源であることは言うまでもなく、トイレの洗浄水などの中水道利用も下水道としての付加価値として重要な課題である。

このような生成物の資源化のほかに、下水道のもつ施設の有効活用も高付加価値下水道のキーポイントになる。下水処理場などの施設の上部空間は従来から公園やスポーツ施設として活用され、親しまれる下水道の一翼を担っているが、もう一つの下水道のもつ資産として広域に張りめぐらされた管渠を挙げることができる。管渠網は主要な下水道施設はもちろん、公共施設から一般家庭にまで達する地中の配管網である。

近年、この管渠に光ファイバケーブルを敷設し情報ネットワークを構築する試みが主として大都市圏で進められている。情報化が進むとともに光ファイバケーブルによる通信は“情報ハイウェイ”の幹線となる媒体として整備されつつあるが、地中に新たな光ファイバケーブルを埋設することに比較すると、既存の下水管渠に通線するほうがはるかに安いコストで光ファイバケーブル網が構築できる。光ファイバケーブルネットワーク活用の試みが、主に下水道施設の遠隔制御用の情報媒体としてかねてから一部で利用されているが、マルチメディア通信の媒体が求められるなかで、本格的な実用化を前提に進められつつある。

この光ファイバケーブルネットワークを活用して伝える情報の種類としては次のようなものが考えられる。

- (1) 下水道プラント運転・制御のための情報
- (2) 下水道施設の維持管理のための情報
- (3) 自治体全体の運用のための情報
- (4) 下水道運用のために必要であり、かつ一般市民にとっても有効な情報(市民サービスのための情報)
- (5) その他の情報(自治体外部の機関、市民のための情報媒体サービス)

上述の(3)以降については法制面での規制緩和が必要な面もあるが、いずれも大きな可能性をもっている。

また、後述するように光ファイバケーブルの活用により、高速な通信が可能となるため、従来のようにコード化された情報の枠にとらわれずに音声・画像のようなマルチメディア情報の通信媒体としての活用が期待できる。

3 下水道における通信ネットワーク

下水道に利用している通信ネットワークは大きく LAN (ローカルエリアネットワーク) と WAN (ワイドエリアネットワーク) の二つに分けることができる。これまでは LAN では比較的高速 (5~10 Mbps 程度) のネットワークが、WAN では低速 (200~9,600 bps 程度) のネットワークが主に制御用および情報処理用に活用されてきたが、情報の多様化に伴い変革しつつある。

ここでは、特に機能的・地理的に広範囲なつながりをもつために必要となる WAN について述べる。

3.1 環境変化

これまでの下水道における通信ネットワークは監視制御を中心としたものであり、コード情報がその中心となっている。このコード情報では、監視制御のために必要となる情報を数値データに集約して表現することになるため、情報量を軽減できる反面、その内容は制約を受ける。また、このように制約された情報であっても伝送時間が長く、操作性に十分な満足が得られない場合もあるのが実状であった。しかし、近年のコンピュータの処理能力、伝送機器能力やデジタル処理技術の著しい向上により、高速伝送やマルチメディア利用を前提としたこれまでは実現できなかった機能の実現が可能になりつつある。

これらの機能を実現するには、コード情報を充実するだけでなく音声や画像情報を取り込むことが必要である。このような技術進歩が機能面においてどのような改善をもたらすかを次に記す。

- (1) システムの統合化 これまで単独システムとして個別に導入していた ITV システム、監視制御システムなどを統合し、操作性の向上が図れる。
- (2) 情報の共有化 これまで種々の制約により制限しなければならなかった情報を多地点で共有化と同時性が図れる。
- (3) 新たな機能の創出 これまで個別に表示していたものを同一媒体に同時に表示したり重ね合わせて表示することにより、新たな機能を創出できる。

このような技術進歩や機能改善に対する要求が下水道における通信ネットワークにも大きな影響を与えようとしている。

3.2 現状のサービス・手段

現在、下水道の広域通信ネットワークとして主に使用されている回線を表 1 に示す。

これらの回線のうち、もっとも利用されているのが専用回線である。専用回線は呼の設定が不要であり、料金体系がデータ量に左右されないため即時性やデータ量が多く、常時データ伝送を行う必要があるシステムに向いている。一方、一般回線は使用頻度の少ないシステムに向いている。

表 1. 広域ネットワーク回線

Wide-area network circuit

種 別		回線速度 (bps)
一般専用回線	帯域品目	~28.8 K
	符号品目	50~9,600
高速デジタル専用回線		64 K~6 M
加入電話回線		~28.8 K
ISDN 回線 (INS64)		~64 K

このため専用回線は主に監視制御システムに、一般回線は情報管理システムに適用されている。

これらの回線で主に使用されている回線速度は費用の面から 64 kbps 程度であり、また個別のシステム単位で複数の回線を使用している。そこで、これらの回線を統合するとともに、多目的な高度利用が可能になるように下水道管渠内に光ファイバケーブルを敷設して自営の高速通信ネットワーク網を構築する方法が 1980 年代後半から行われるようになってきた。

当時は各メーカー独自の通信機器が適用されたが、現在は次世代のネットワーク技術として種々の標準化機関で仕様の規格化が進められている ATM (非同期転送モード) が本命視されている。

基幹ネットワーク用 ATM の弊社製品仕様を表 2 に示す。

ATM は固定長 (53 バイト) のセルを用い、あらかじめ決

表 2. 基幹ネットワーク用 ATM (AX-4100) の仕様

ATM specifications for backbone network

項 目	仕 様
交換・処理方式	ATM 方式 VP/VC 交換可能
スイッチ規格	16×16(バックプレッシャ付き共通バッファ方式)
スループット	2.5 Gbps : ノンブロッキング
外形寸法 (幅×奥行×高さ)	430 mm×585 mm×760 mm
收容インタフェース	150 M ATM インタフェース
	広域網收容では ITU-TS 1.610 あるいは ATM フォーラム UNI v3.0 仕様に準拠した OAM(保守運用)セルによる警報転送機能実施。
收容ポート数	最大 14 ポート/シェルフ
バス設定方式	PVC(保守端末から設定)
信頼性設計	制御、セルスイッチ、クロック各基板は二重化可能。障害時には個別系切換えによる再開。
	クロック/セルスイッチ基板二重化時の系切換えによるサービス中断(セル廃棄)なし。
	電源、ファンは N+1 重冗長化
網クロック同期方式	広域網クロック従属方式
	マスタクロック障害時の代替マスタ切換え
トラフィック情報収集	パッケージ/回線/VPC/VCC 単位のセル流量、廃棄原因別の廃棄セル数。
ネットワーク管理	SNMP エージェント (ATM フォーラム UNI v3.0)

VP: Virtual Path VC: Virtual Channel
VPC: Virtual Path Connection
VCC: Virtual Channel Connection

められた通信経路をハードウェアによって選択することにより高速スイッチングを可能としている。また、効率が良く品質の高いネットワークを実現するために各種のトラフィック制御を行うこともでき、これらの機能をうまく活用することにより多くのシステムで共有するネットワークとしての信頼性を向上させることもできる。

4 広域情報システムの構築手法

下水道システムでは、施設の効率的な運用や総合的な管理、また各システムの質的向上や情報の有効利用が求められるようになってきている。そのため、既存のシステムを活用しながらどのように広域（自営）ネットワークへ移行していくかが重要なかぎとなる。

4.1 ネットワーク構成

ネットワーク構成は、情報の流れや下水道システムの管理区分に合わせて構築する方法が伝送トラフィックの点からよい。一般的に、下水道システムは階層状に構成される

場合が多いため、ネットワークも同様の構成とすることが要求される。

ネットワーク構成例を図1に示す。

これらの構成を決定するためには、各システムにおける情報量や既存システムの伝送方法などを十分に検討したうえで詳細構成を決定する必要がある。また、ネットワーク形態や伝送機器自体の二重化などを全体の運用形態に合わせて決定し、信頼性の高いシステムを構築する。

4.2 プラント運転・管理システム

広域ネットワークを利用したプラント運転・管理システムには、雨水排水系、水処理系、汚泥処理系がある。これらのシステムはリアルタイム処理の色彩が強く、情報の伝送としては定期的に行うものが主となる。

このシステムの論理構成を図2に示す。

図は情報の流れを簡便に表したもので、必ずしも実際（物理的）のネットワークを表していない。これらのシステムの構築には、既存システムの実状や各地域で必要となる情報を十分に検討・整理し、また、各機能と情報量の関係を明

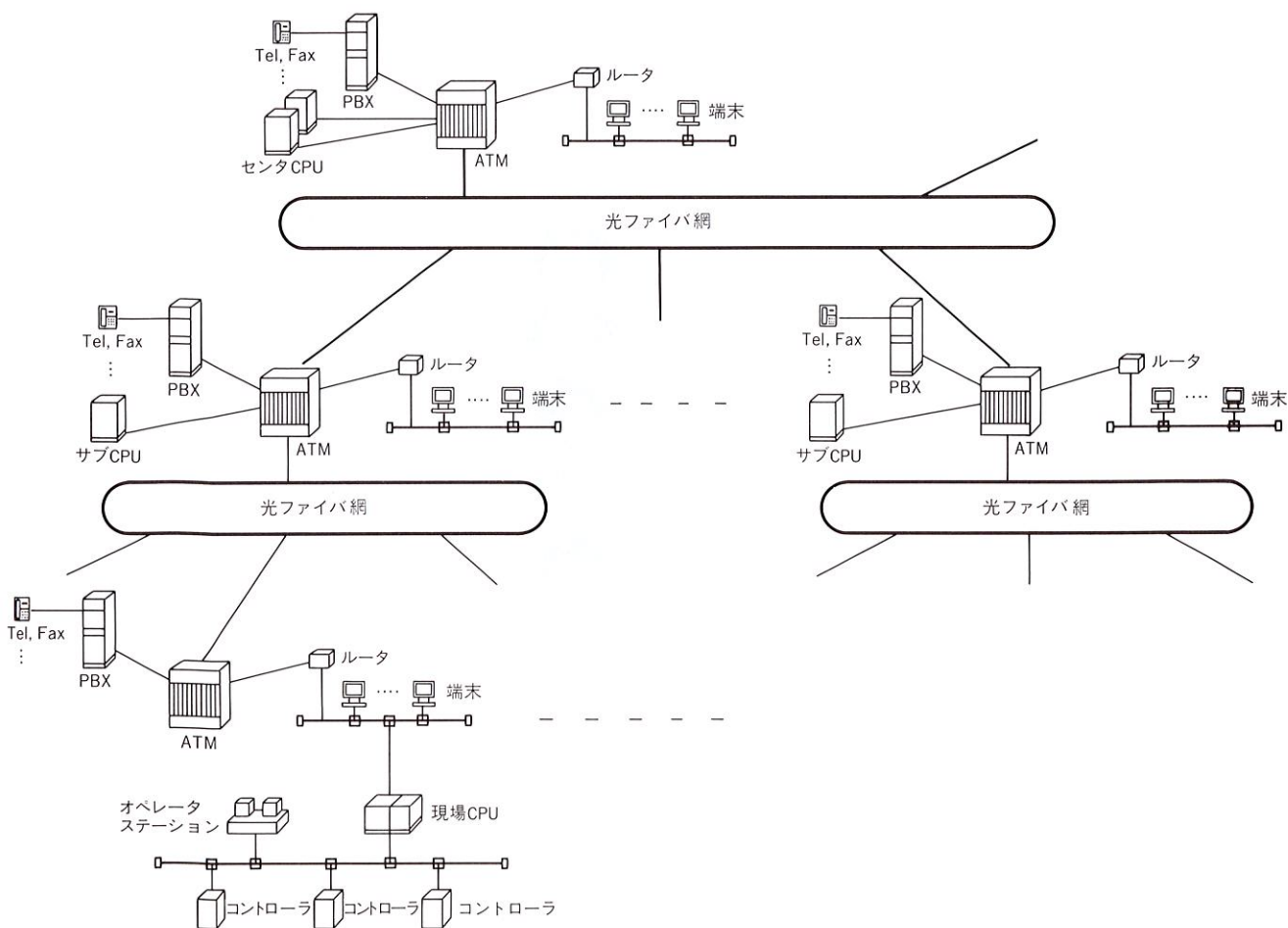


図1. ネットワーク構成例 この例では、階層状の大規模なネットワークの構成を示している。

Example of network topology

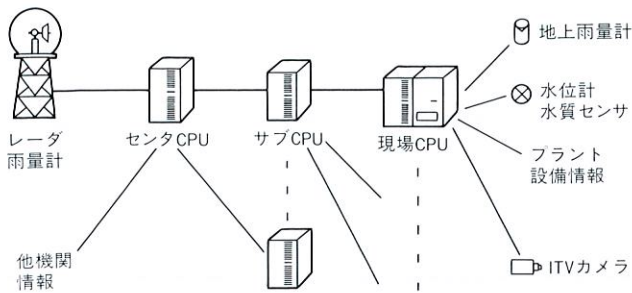


図2. プラント運転・管理システムの論理構成 各所に分散された情報を上位の装置で収集し、用途により分類加工したうえで、必要とする部所へ配信する。

Logical configuration of plant operation and management system

確にしたうえで実際のネットワークを決定する必要がある。

4.3 維持管理・設計支援システム

これまで主に単独システムとして導入してきたこのシステムを広域ネットワークを介して統合することにより、業務の迅速化および分散化が可能となる。

このシステムの論理構成を図3に示す。

このシステムではネットワーク上でデータを共有し、必

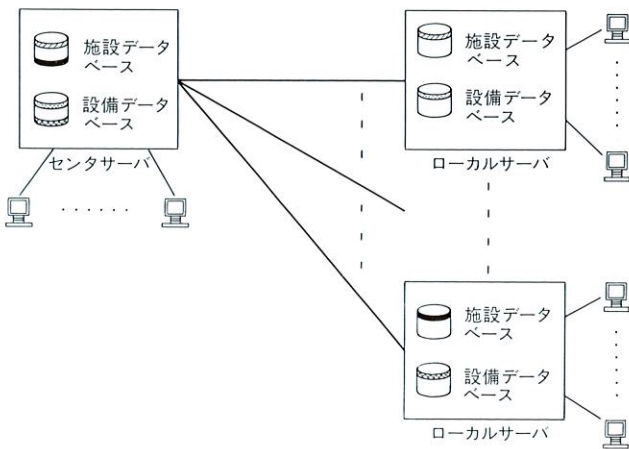


図3. 維持管理・設計支援システムの論理構成 データベースは用途に応じて分散管理し、ネットワーク負荷の軽減を図り、操作性を向上させている。

Logical configuration of management and design support system

要なときにそのデータを開放・利用するクライアント/サーバ型の形態となる。これらのシステムの構築には既存システムの実状や各部署で必要となる情報を十分に検討・整理し、特に情報の入力はいこれまでの業務の延長という程度になるように考慮したうえで決定する必要がある。また、サーバ間の情報更新方法もネットワークにとって過大な負荷とならないようにする必要がある。

4.4 その他

広域ネットワークシステムは、業務を円滑に進めるうえで有効なメールシステムやテレビ会議システムの構築が容易となり、各所の連絡を密にとり情報の共有化、意志の疎通が図りやすくなる。また、電話・ファクスなどの内線化も可能となる。

5 あとがき

コンピュータの処理能力の急激な進歩や伝送装置における世界的な標準化は、多くの施設を有効に接続するためマルチベンダとなる広域ネットワークを実現しつつある。しかし、この急激な進歩に社会の仕組みが追いついていけないという側面もある。このシステムの構築においては、運用・管理面において無理なく段階的に、かつ有効に導入が進められるようなシステム構築技術の提供に努める所存である。



仲田 雅司郎 Masajiro Nakada

官公システム事業部公共システム技術第二部主務。
下水道プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.



篠原 哲哉 Tetsuya Shinohara

官公システム事業部公共システム技術第二部主務。
下水道プラントのシステムエンジニアリング業務に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.



杉野 寿治 Toshiharu Sugino

東京システムセンター応用システム部。
計算機応用システムのエンジニアリング業務に従事。
Tokyo System Center