昭和40年6月3日　第三種郵便物認可　平成18年11月10日発行（年6回1，3，5，7，9，11月の10日発行）富士時報　第79巻　第6号（通巻第841号）　ISSN 0367-3332

e-Front runners

富士時報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

11
Nov. 2006
Vol. 79 No. 6

特集 新水環境ブランド「GENESEED」

富士電機グループ

富士時報
FUJI ELECTRIC JOURNAL

11
Nov. 2006
VOL. 79 NO. 6

特集 新水環境ブランド「GENESEED」

目　次

少子化・高齢化の波と環境からの生活規範　413（1）
宗宮　功

新水環境ブランド「GENESEED」の現状と展望　414（2）
多田　弘・中村　靖・生駒　雅一

「GENESEED system」監視制御システム　421（9）
高城　正文・荒川　恒弘・石橋　等

「GENESEED system」水処理プラントへの適用事例　425（13）
秋元　省吾・浅野　隆幸・折茂　義文

「GENESEED system」監視制御機能　431（19）
中島　稔・岡部　太・梅木　聖己

「GENESEED system」監視制御機能のエンジニアリング　435（23）
乳井　直樹・小島　博・脇本　雅也

「GENESEED system」エンジニアリングサポートツール　439（27）
金子　昌幸・南　正純・蓬田　登

「GENESEED system」中小規模監視制御システム　444（32）
清水　浩・吉田　昭

「GENESEED system」テレメータ・テレコントローラ　447（35）
泉田　明男・佐藤　隆道・小林　茂洋

「GENESEED system」HMI デザインコンセプト　452（40）
塩　哲二・田村　正博

「GENESEED system」エコロジー配電盤　456（44）
山本総一郎・鈴木　伸夫・増田　昌彦

「GENESEED system」高信頼配線技術の検証　461（49）
一戸　均・中村　靖

「GENESEED system」水の安全・安心をサポートする水質計測システム　465（53）
田中　良春・横山　勝治・金川　直樹

「GENESEED solution」データ連携機能と応用　469（57）
園村　泰彦・八代　一伸・喜多村　卓

「GENESEED solution」下水処理場機能評価システム　473（61）
上野　隆史・福嶋　俊貴・古屋　勇治

「GENESEED solution」省エネルギーシミュレータ　477（65）
小林　憲徳・安久津信也・福山　良和

「GENESEED solution」木質バイオマスガス化発電　481（69）
横幕　宏幸・長倉　善則・村山　光弘

「GENESEED service」水管理サービスの基幹技術　486（74）
上野　健郎・桐野　秀明・秋山　浩秀

富士時報　VOL.79　2006（平成 18 年）総目次　（巻末 3 ページ）

表紙写真

日本の上下水道設備は世界のトップレベルの機能と信頼性を有しているが，今後も社会の基礎インフラとして社会環境と自然環境を調和させていかなければならない。設備の機能改良･増強や更新を行い，水に対する「安全，安心，安定」の要求と「量」から「質」への期待に応えていく必要がある。

一方，上下水道事業を取り巻く水環境には課題が山積しており，これらの課題を解決する技術進歩が期待されている。

富士電機では上下水道をはじめ水環境にかかわる技術遺伝子を継承し，21 世紀の循環型社会における水環境インフラのライフサイクルサポートを目指した製品群「GENESEED」（ジェネシード）を提供していく。

表紙写真は，GENESEED のシステム，ソリューション，サービスの製品カテゴリーをイメージとして表現している。

少子化・高齢化の波と環境からの生活規範

宗宮　　功（そうみや　いさお）
龍谷大学理工学部教授 工学博士
京都大学名誉教授

2005年の出生率は1.25と例年になく大幅な低下がみられ，最低を競ってきたイタリアの値すら下回ってしまった。一方で，65歳以上を高齢人口とする区分の中で，2005年10月現在，高齢人口は2,560万人に達し，総人口に占める割合は約20％（前年19.5％），過去最高となったという。また，2007年には，団塊の世代といわれる多数の方々が60歳の定年を迎えられる。長年企業で率先して活躍されたベテランが引退することになり，今までの技術やノウハウなどの継承が不十分で，技術レベルの維持が困難になるのではないかと懸念されている。1980年代初頭，EC（現EU）の報告書に「日本の住宅はウサギ小屋同然だ」と書かれ，ウサギ小屋論議が賑やかであったが，その小屋がヤギ小屋へと少しずつ改善されてきた。なけなしの資金で購入した自宅が，少子化の波の中でどちらかの親の家が空き家になる運命にある。また，自然災害のたびに建築基準が強化されてきた。が，建物の設計者自体が順法精神に欠け，検査組織にチェック機能が効かないのでは，拝金思想が蔓延し，金儲けのためには何でもするといった風潮が高まるだけで，社会正義や倫理観はどこへ消えたのかと疑いたくなる。若者には，衣・食・住に事欠くことがなくなり，安心で安全な社会を，あって当たり前で，享受する対象であって，もり立て汗を流す対象ではなく，社会保障の中で生活するのが当然の権利のように映っているのであろうか。このような姿は，日本文化を継承し，生活規範や社会規範を指導してこられた方々には文化の高揚と映っているのだろうか。ウサギ小屋論議から約25年が過ぎ，意識する・しないにかかわらず，少しずつ生活の質改善は進んできている。個人が過去に直接原体験として感知してきたものと，いま肌身に感ずる季節の異常さとに差を感じ，結果的に人の価値観が変わろうとしている。また，持続可能な社会の構築が唱えられてから既に久しい。御題目だけで，何をどうすればいいのかという処方箋が明確に示されないまま時間が経過して行くだけで，個人の生活行動を縛らねば持続可能な社会など出来ないことを周知徹底し，広報する必要がある。人の生活行動に環境規範の箍（たが）をはめねばならない時期が近づいて来ていることを意味する。

オゾン層の破壊や海面上昇などをテレビやラジオの報道を通して見聞きし，警鐘を聞いても，実感としてわが身に影響が直接及ばない限りほとんど行動に移すことはなく，目の前の趣味・興味に時間を費やす行動へと没頭するだけである。その意味で，極端ではあるが，水道の出ない日，電気が来ない時間・日を各都市が月1回ないし2回設定し，自分で事態に対処する術，自分が社会の構成員であることの自覚を会得して貰わねば，緊急時にすべての人を援助する方策を公共事業体が準備することなどほとんど不可能であろう。ヒートアイランド現象の発生は，少なくとも都市住民の生活パターンや事業体の活動の中で放出エネルギーが主因となっているのであり，また便利な道具や生活場の確保のために都市内水辺や緑地の消失・低減したことで増幅されたところが大である。高齢化は人の活動能力の顕著な低下を伴うため，私を含め高齢者にとって一層都会生活は窮屈で不便なものとなるのかもしれない。可能なら早々に都会から脱出し，晴耕雨読三昧のために緑豊かな場へ，都会的便利さに欠けるが自然を満喫できる場へ引っ越した方が人間的なのかもしれない。

現実に，大都市の生活基盤を形成する電気，ガス，水道，下水道などは建設後30年～40年近くになり，機能不全を起こし始める時期に至っている。早急な改善・改良が望まれているが，これらは公害の時代の基準や価値観で建設された施設であることを想起する必要がある。改修を旧来と同じ発想で実施しても，「都市域から水が消えた」という命題に答えを与えられないままで進歩がない。街中の地下水や表流水は如何にあるべきか？　1haあたりに水辺はいくら必要で，どの程度の流量が望ましいか？　などに答えを与えつつ，新しい水質的安心・安全目標を掲げ，「GENESEED」（ジェネシード）で代表される新機能と技術を率先して適用できることが望ましい。100年も継続利用が可能な容器は利用するが，現代の価値観に対応する省エネ，資源再利用，循環利用が可能な施設やプロセスの追加設置，より快適な生活空間を形成することを目指す工夫を取り入れ，都市内水利用体系を大胆に変革する必要がある。都市内水利用システムは決してローマ以来の固定的な概念に固執することなく，時代毎の人の豊かな都市生活環境に相応しい場を提供できるように日々変化成長していくことが望まれる。

新水環境ブランド「GENESEED」の現状と展望

特集

多田　弘（ただ　ひろし）　中村　靖（なかむら　やすし）　生駒　雅一（いこま　まさかず）

1　まえがき

太古から水は地球的規模の循環を通して，生命を育んできた。また，水はすべての生命の源であり，社会を支える重要な資源でもある。狭い日本の国土においても大自然の水循環は繰り返されてきたが，わが国はやがて明治維新以降の国力増強，戦後の目覚ましい復興，幾度もの経済の浮沈を繰り返し，発展してきた。この半世紀間は，経済活動そのものが大自然の水循環に大きく影響を与えるようになってきたと言える。

現在，日本は世界でもトップクラスの上下水道設備を抱え，人々の営みが水循環の中で可能な限り親和性を保てるよう日々邁進（まいしん）している。しかし，水環境に対する課題は山積し，今後もさまざまな形で設備の増強・改良を必要としている。また，老朽化が進み，更新時期を迎えている上下水道設備も多い。

ここにきて日本経済は長年の低迷をくぐり抜け，回復傾向を示してはきたが，核家族化，ニートの増加，晩婚化，少子高齢化，団塊の世代のリタイア，人口減少などの社会的変化が，今や国や地方の税収入減，公営企業の収益低下を招いている。

これらの状況下，巨額のストックを抱えた上下水道事業者には，設備の運営維持，やがては迎える償却，更新を考えたとき，従来とは異なる対応が求められる。

富士電機の新水環境ブランド「GENESEED」（ジェネシード）は，21世紀の水環境や上下水道の経営環境を見据え，水環境プラントの計画，設計，建設，運営，維持，更新というプラントライフサイクルのすべてのステージで，さまざまな課題を抱える水処理・水環境事業をサポートする。

2　国内上下水道事業の状況

2.1　上下水道の現状と動向

2004年度の国内の上水道普及率は，97％を超える高普及率である。[1]

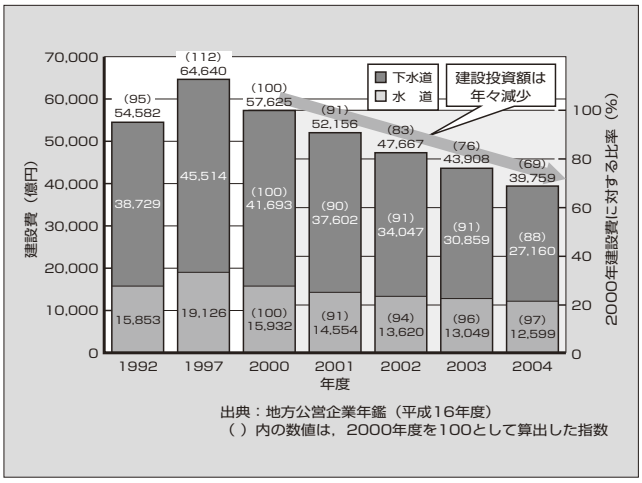
しかしながら，高度成長を支えた浄水施設の中には今後10年以内に更新時期を迎えるものが多く，さらに人口の減少などから水需要の伸びは期待できず，水道事業体の経営に大きな影響を及ぼしている。また，今後15年程度で水道事業に携わる人口の半数以上が退職する見込みで，技術継承，省力化・効率化が課題となっている。

また，2004年度の下水道普及率は全体として68％を超えるにとどまり，地域で異なっている。すなわち，都市部の下水道普及率としては，100万人都市で98.4％，県庁所在地都市で89.1％と高率である。一方，人口5万人未満の市町村の下水道普及率は36.3％，町村に限った下水道普及率も35.2％と低く，大都市と中小市町村の間に大きな格差が存在している。[2]

一方，上下水道の建設投資は総務省から発表された2004年度の地方公営企業年鑑によると，**図1**に示すように右肩下がりとなっている。[3]

2000年度を基準として，それ以降の上下水道建設費の対前年伸長比は下水道建設費の減少率が－10％前後と著しく減少している。上水道建設費は－10％から－3％と若干減少傾向が弱まったとはいえ，1％を超える減少率であり，上下水道事業者にとって厳しいものである。

図1　上下水道建設費



多田　弘

上下水道の電気・計装システム設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部長。電気学会会員，日本水環境学会会員，環境システム計測制御学会会員。

中村　靖

水処理部門のプロジェクト管理業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部長。

生駒　雅一

上下水道電気・計装システムの設計・開発業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部次長。電気学会会員，計測自動制御学会会員。

2.2　事業者の目から見たビジョン

(1)　水道ビジョン[4]

2004年6月，水道のあるべき将来像についてすべての水道関係者が共通目標を持って，その実現のための具体的な施策や工程を提示することを目的として，厚生労働省から「水道ビジョン」が示された。おおむね10年間の長期的施策として以下の政策目標が掲げられている。

(a)　安心：すべての国民が安心しておいしく飲める水道水の供給

(b)　安定：いつでもどこでも安定的に生活用水を確保

(c)　持続：地域特性にあった運営基盤強化，水道文化・技術の継承と発展，需要者ニーズを踏まえた給水サービスの充実

(d)　環境：環境保全への貢献

(e)　国際：わが国の経験の海外移転による国際貢献

水道ビジョンではわが国の社会状況と水道事業の現状と将来見通しに関する種々のデータを示し，客観的にこれらを分析・評価している。

この分析・評価で注目すべきは，2001年時点で37.3兆円と言われる水道資産の更新額のシミュレーションである。将来の投資額が2000年度実績に対して年間1％ずつ減少すると仮定したケースでは2025年には1兆円の更新が必要となるが，この時点で投資額に占める更新費の割合が100％と拮抗（きっこう）する。これ以降，除却額を投資額で補填（ほてん）できない状況になるという結果が示されている。

前述したとおり，上水道建設費は若干弱まったとはいえ1％を超える減少傾向である。この数値そのものが水道ビジョンのストックシミュレーションと一致するものではないが，その傾向は楽観視できないものであることが分かる。

厚生労働省では，「各水道事業者等が自らの事業を取り巻く環境を総合的に分析した上で，経営戦略を策定し，それを計画的に実行していく」という観点から，2005年10月，「地域水道ビジョンの作成について」を示した。これを受け，2006年10月現在で90を超える上水道事業者および水道用水供給事業者が「地域水道ビジョン」を策定している。

この水道ビジョンは，その後の厚生労働省の施策にも大きな方向性を示すと同時に，下水道事業にも大きな影響を与えた。

(2)　下水道ビジョン2100[5]

2005年9月，国土交通省下水道部は，下水道のこれからの100年の将来像と，それを実現するさまざまなアイデアを示した「下水道ビジョン2100」を発表した。下水道ビジョン2100では，健全な水循環と資源循環を創出する21世紀型下水道を実現するため，「循環のみち」を基本コンセプトとしている。

すなわち，20世紀型下水道の「排除・処理」から「活用・再生」へ，「依存」から「自立」への転換がポイントとなっており，以下の三つの施策が打ち出された。

(a)　「水のみち」：水循環の健全化

(b)　「資源のみち」：資源エネルギーを回収し再生・供給

(c)　「施設再生」：「循環のみち」を実現する「施設の維持・再生」

下水道ビジョン2100では，雨水・再生水・湧水（ゆうすい）の100％活用，施設配置・構造，処理場のエネルギー100％自立，新エネルギー活用，地域へのエネルギー供給など「みち」に対する基本的な考えからさらに詳細施策が示されている。

一方，「施設再生」では，安全確保，施設活用，機能向上などの実現が示されている。

2003年の下水道統計によれば，処理開始から15年以上が経過し，機電設備更新の対象となる処理場は，累積で600か所を超えており，これらの更新が急がれる。

2.3　上下水道事業を取り巻く動向

(1)　水道事業ガイドラインとISO/TC224[6]

2005年1月，社団法人日本水道協会は「水道事業ガイドライン（JWWA Q 100：2005）」を規格として制定した。この規格は，ISO/TC224国際規格の基本理念に基づき，水道事業を業務指標（PI：Performance Indicator）で定量的に評価・判断し，サービスを向上することを目的としている。ISO/TC224は2007年の発効を目指し，ISOメンバー国の投票など最終段階に入っている。

水道事業ガイドラインの業務指標は，水道ビジョンの「長期的な政策目標」で掲げられている「安心・安定・持続・環境・国際」に「管理」を加えた六つの指標群から成る137項目があげられている。

すでに全国の水道事業体で，この業務指標が計算されて公表されている。2001年に改正された「水道法」で，民間への業務委託，PFI（Private Finance Initiative）の道が示されたが，このガイドラインの業務指標は客観的な業務評価として委託後の事業評価にも有効である。

(2)　下水道法の改正

2005年6月，「下水道法」の改正，ならびに同年10月，「下水道法施行令」の改正が行われた。主な改正点は以下のとおりである。

(a)　流域別下水道整備総合計画に終末処理場ごとに放流水中の窒素またはリンの削減目標量および削減方法の設定を義務化

(b)　高度処理可能な終末処理場の管理自治体が，管理費一部負担を条件に他自治体の窒素削減目標を担うことが可能

(c)　雨水流域下水道制度が創設され，「雨水流域下水道」の設置が可能（条件付）

(d)　カドミウムなど26種類，ダイオキシン類などの有害物質，原油など7種類の油を対象に，これらの公共下水道への流入事故発生時の事業主に対する措置，報告の義務化

(e)　排水施設および処理施設における覆い，さくの設置義務化，地震対策の推進

これらの改正に対しては，事業者主導の対応が必要ではあるが，窒素，リンをはじめ，有害物資に対する備え，流域雨水排除への技術的なアプローチが欠かせない。

(3)　省エネ法の改正

第二次オイルショックの起こった1979年に制定された「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）は，1999年，2002年と改正され，さらに2006年4月に改正施行された。

最新の改正では，従来，一定規模以上の熱の使用者および一定規模以上の電気の使用者を規制対象としていた区分を廃止し，熱と電気を合算した一定規模以上のエネルギーの使用者をすべて規制対象とすることになった。

これにより，第二種エネルギー管理指定工場であった下水処理場が第一種エネルギー管理指定工場になり，エネルギー管理員の選任，中長期計画の作成・提出，中長期計画作成時のエネルギー管理士の参画，定期報告が義務づけられる。また，無指定だった下水処理場も第一種エネルギー管理指定工場となり，エネルギー管理員の選任，定期報告が義務づけられる可能性が出てきた。

2.4　水環境メーカーの果たすべき役割

上下水道は社会の重要なインフラとして，安全・安心・安定に運営されなければならないが，すでに述べてきたように課題は山積し，取り巻く状況は日々変わっている。

図2に示すように上下水道事業の国策である水道ビジョン，下水道ビジョン2100での課題に対して，水環境メーカーの果たすべき役割は従来以上に多岐にわたっている。

上下水道事業者への要求事項の中には相互に干渉し合うものがあり，従来型の単機能製品やシステム製品だけでは，これらの多岐で複雑なニーズには対応しきれない。

今や水環境メーカーは大きく飛躍することが望まれており，システム偏重の製品から，今後はソリューション，サービスなどトータルソリューションへの対応が求められる。

3　GENESEEDの誕生と役割

3.1　水環境メーカーとしての変革

すでに述べてきたとおり，水環境メーカーとしては，あらゆる角度から上下水道事業者をサポートしていく必要がある。

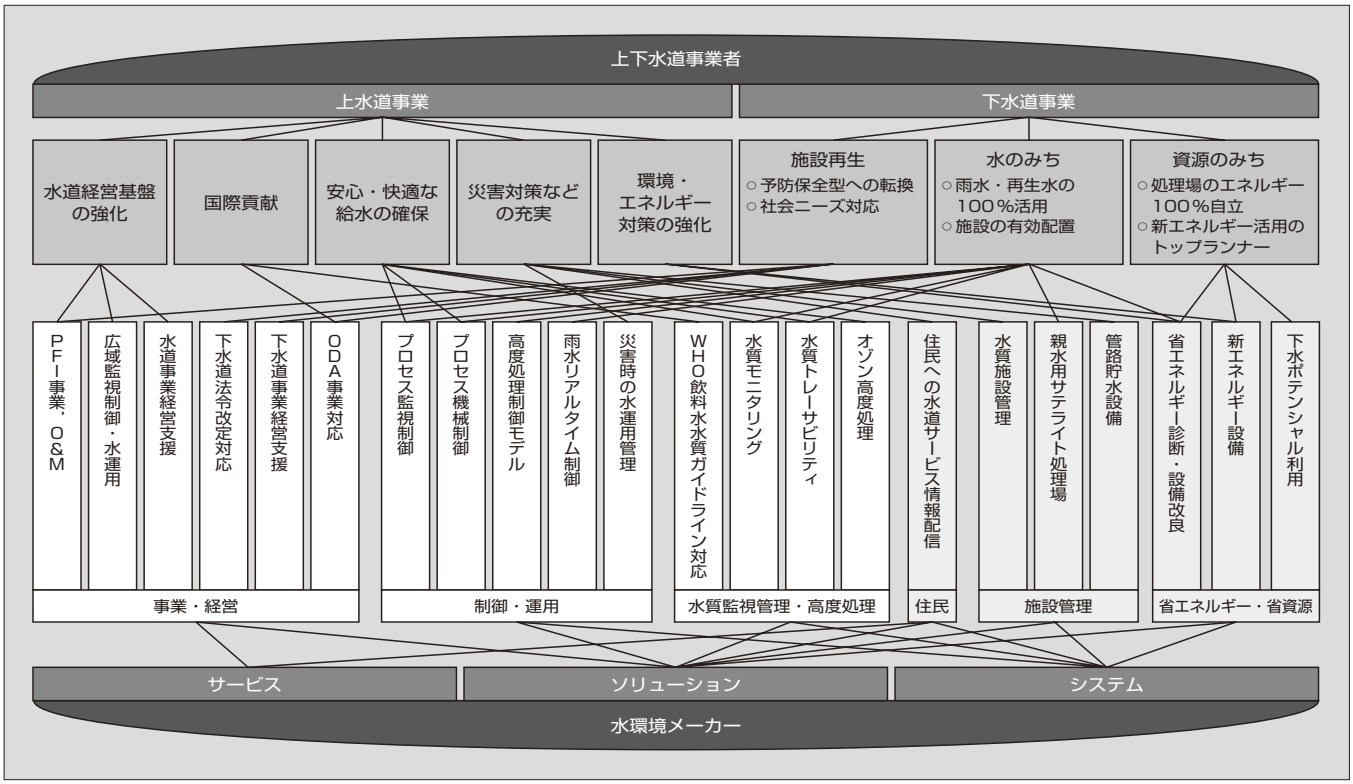
このような状況の中，富士電機では従来から水処理，水環境の分野で培ってきた技術および製品の再編を行うと同時に，水処理EIC（電気・計装・コンピュータ）関連プロジェクトの効率向上と品質向上を追求した製品戦略の立案と推進を行ってきた。

2005年7月，富士電機では，その中核となる新水環境ブランド「GENESEED」を立ち上げた。また，2006年8月，同ブランド戦略を強固なものとするため，プロジェクト対応のGENESEED技術部と，地方公営企業体への柔軟な対応を目指す，東技術部，西技術部を中核とする体制を整えた。

3.2　GENESEEDの概要

1984年，上下水プラントの監視制御システムとして「FAINS」（ファインズ：Fuji Aqua INformation System）

図2　上下水道事業での水環境メーカーの果たすべき役割



が誕生したが，GENESEED はこの FAINS を継承し包含する水環境の新ブランドであり，製品群の総称である。

GENESEED の由来は,「遺伝子」の意味である「GENE」と「種」の意味である「SEED」である。

すなわち，富士電機の歴代の監視制御システムや数多くの実績を誇る技術遺伝子のすべてを受け継ぎ，次世代に向けた種として植え育てるという意味を持っている。また，GENESEED は上下水プラントの監視制御システム製品だけでなく，水処理，汚泥処理，エネルギーなどの設備技術をシステム製品として位置づけ，さらにソフトウェアを中心としたソリューション製品，形のない製品とも言えるサービス製品を含め，三つの製品カテゴリーがある。

図 3 に GENESEED の概念を示す。

3.3　GENESEED の基本コンセプト

21 世紀の循環型社会で，上下水道事業者は施設の長期安定運用，高度処理による安全強化，施設の再生，地球環境への配慮などさまざまな社会的要請に応えていく責務がある。

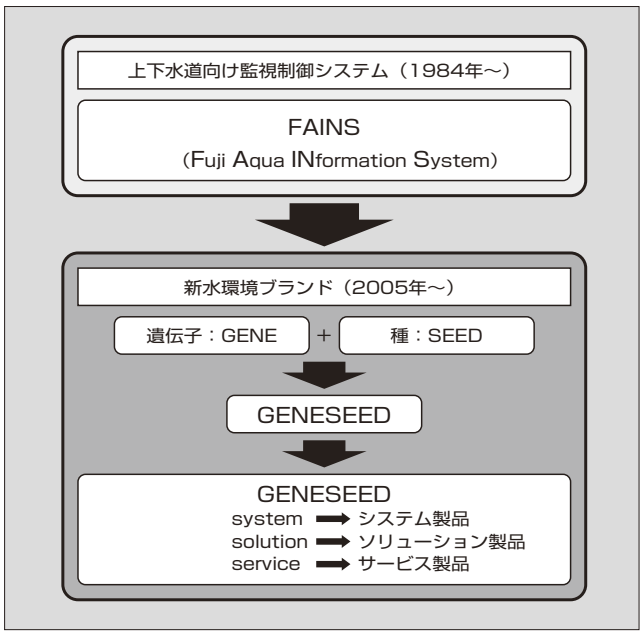
GENESEED は水処理をはじめすべての水環境事業の計画，設計，建設，運営，維持，更新というプラントや事業のすべてのステージでサポートする「ライフサイクルサポート」を基本コンセプトとしている。

電子部品市場では製品ライフサイクルの短い製品が増え，コストダウンを目的とした限界設計技術で寿命マージンを切り詰めた製品が増えつつある。

GENESEED では，プラント向け製品を開発，設計，選定する一方，これらの電子部品市場動向を見据えたライフサイクルプランにより，ライフサイクルコストを最適化する LCA（Life Cycle Assessment）を基本としている。

同時に，GENESEED は「安全」「安心」「安定」を強力にサポートするべく，確かな技術と革新の提供を継続していくことを目指している。

図 3　GENESEED の概念



4　GENESEED の現状

GENESEED は三つのカテゴリーで順次製品を市場に投入していくが，まずはシステムのカテゴリーである監視制御システムの製品整備を先行している。なお，すでにソリューション，サービスの製品も整備中であり，近日中に提供を開始する製品もある。

水処理 EIC 監視制御システムは，従来の FAINS の領域をカバーし，システム規模や機能に応じ，製品をラインアップしている。

図 4 に水処理 EIC 監視制御システムの変遷と位置づけを示す。

(1)　GENESEED system

GENESEED のマイグレーション（Migration：移行）コンセプトにより,「GENESEED system」の監視制御システムは従来の FAINS システムを継承している。

この監視制御システムでは「安全」「安心」「安定」と「資産の有効活用」を基本コンセプトにしている。より安定したシステム，将来への維持持続，ソフトウェア資産の有効利用を可能とする先進アーキテクチャを採用している。さらに富士電機の豊富な水処理プラント向けのソフトウェアライブラリを搭載し，アプリケーションの高度化と品質の向上を目指している。

プラントの特性に応じて，コントローラ，サーバ，制御 LAN（プラントバス）など，あらゆる階層で冗長化構成が可能である。クライアントとサーバを接続する情報 LAN（ターミナルバス）もリング構成をとることができ，一般的なバス構成の情報 LAN よりも高い信頼性を確保できる。

(2)　GENESEED solution

GENESEED system では高機能な GENESEED アプリケーションサーバを用意しており，監視制御システムと連携し,「GENESEED solution」の各種ソフトウェアを実行できる。

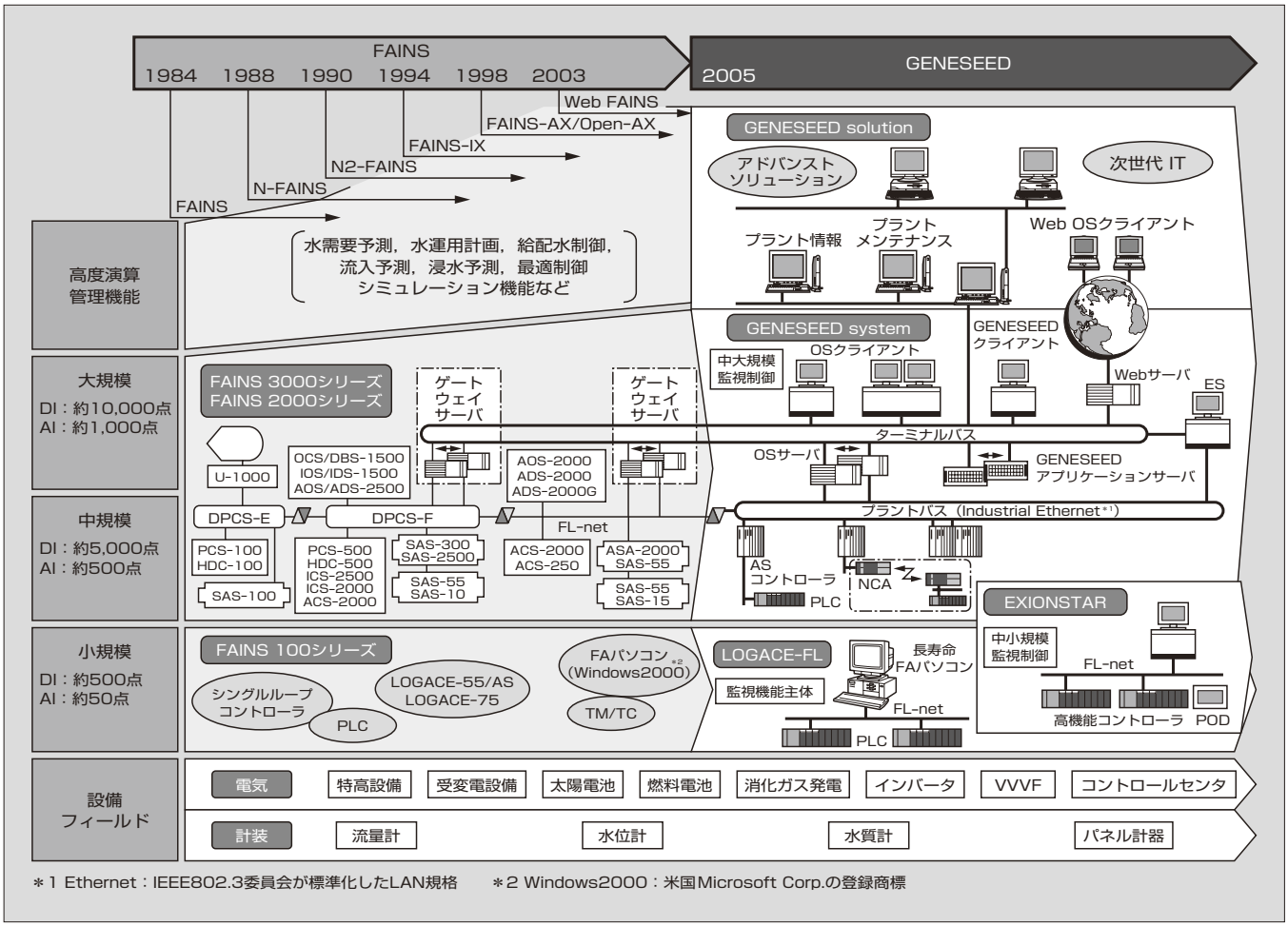
(3)　LOGACE-FL（ログエース・エフエル）

LOGACE-FL は監視主体のロガーシステムである。長寿命パソコンと高機能水処理 PLC（Programmable Logic Controller）によるコンパクトなシステムである。グラフィカルな監視操作画面と帳票機能，シーケンス制御機能により，水処理プラントの運転が行える。

(4)　EXIONSTAR（エクシオンスター）

EXIONSTAR は中小規模監視制御システムであり，長寿命パソコンと高機能小型コントローラで構成される。ループ制御機能を持つコントローラは二重化構成が可能であり，コンパクトな DCS（Distributed Control System）ではあるが，高信頼化システムが構築できる。また，計装盤にプログラマブル操作表示器（POD）を装備することで，POD により調節計と同等の監視操作，タイマ設定などが可能なフレキシブルで高信頼なシステムである。

図 4　水処理 EIC 監視制御システムの変遷と位置づけ



5　GENESEED の展望

5.1　三つの GENESEED カテゴリーの展開

今後の GENESEED は，system から solution，solution から service に展開していく。

図 5 に GENESEED の展開を示す。

(1)　GENESEED system の展開

GENESEED system は基本となるハードウェアコンポーネントを必要に応じて，最適マッチングが可能なものを選定し，統合していく。その基本コンセプトとしては長寿命，ライフサイクルサポートであり，構築した資産の有効活用，機能延命をサポートする。

次の三つの基本方針を持っている。

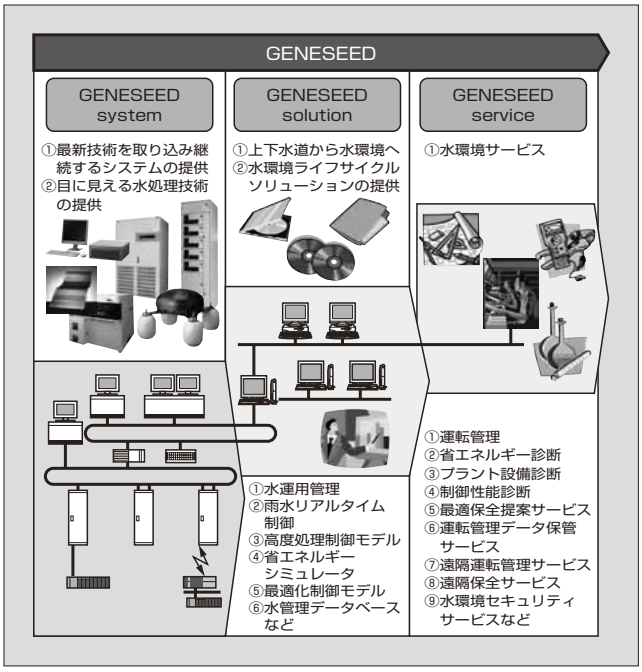
(a)　最新技術を取り込み継続するシステムの提供

(b)　目に見える水処理技術の提供

(c)　水環境分野専用，ロングライフサポート

このシステム製品としては，テレメータ・テレコントローラ，PLC，水質計などのシステムコンポーネント，高圧 VVVF（Variable Voltage, Variable Frequency）などの省エネルギー製品，エコロジー配電盤などの環境配慮型製品，高度水処理関連製品，先端 IT 応用製品など多岐にわたる製品を提供していく予定である。

図 5　GENESEED の展開



(2)　GENESEED solution の展開

GENESEED solution は，ソフトウェアを中心とした製品であるが，そのプラットフォームとしては GENESEED

system のハードウェアに依存しない製品展開を行うことでポータビリティのよい製品を目指していく。

GENESEED solution には単独で動作するシミュレータや他のシステム製品に組み込まれるソフトウェア製品などがある。以下の基本方針をもって推進している。

(a)　上下水道から水環境へ

(b)　水環境ライフサイクルソリューションの提供

ソリューションの例としては，電力分野では馴染みのある潮流計算の手法を用いた省エネルギーシミュレータや，龍谷大学宗宮教授（京都大学名誉教授）が提唱された下水処理場機能評価表（PET：Performance Evaluation Table）をベースとする下水処理場機能評価システムなどのソリューション開発を行っている。

今後は上下水道だけでなく，食品・薬品工場や各種化学工場の排水処理，清流復活事業，CO_2 抑制による地球温暖化防止に寄与する製品を順次整備し，市場に投入していく予定である。

(3)　GENESEED service の展開

「GENESEED service」は，サービス製品である。すでに実績のある水管理サービスを核として，水環境プラントの遠隔診断，日常の保守点検を通して，プラントの延命，最適な更新計画を立案し，資産の有効活用を推進し，LCC（Life Cycle Cost）の圧縮を進めていく。今後は以下のような製品をラインアップしていく所存である。

(a)　運転管理，プラント設備診断，制御性能診断，最適保全提案など従来型サービス

(b)　運転管理データ保管サービス，遠隔運転管理サービス，遠隔保全サービス

(c)　水のセキュリティサービスなど

5.2　GENESEED トータルソリューション

上下水道事業者ならびに水環境事業にかかわる事業者に関しては，法的規制や遵守義務が従来にも増して増えつつある。一方では膨大なストックを抱えながら，さらに設備投資を必要としている実態がある。

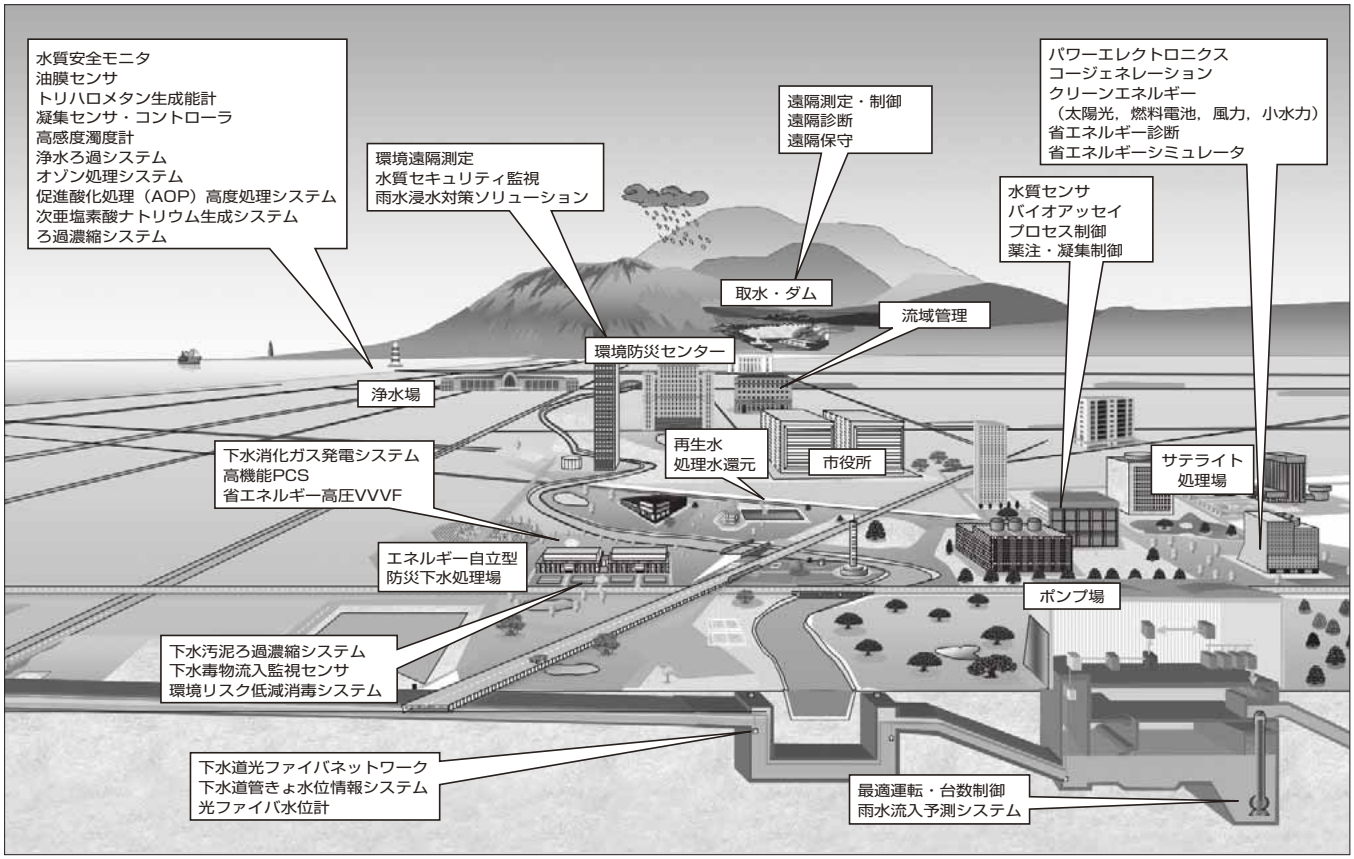
従来の手法によるコストダウンや効率化ではおのずと限界が予想される。また，個別要求項目だけを見た単独機能製品は，必ずしも総合的な最適解を提供できるものではない。現実には省エネルギーを追求し同時に水質を適切に維持しながら，プラント運転におけるトータルコストを最適にしたいという複合的要求がある。

最適化するべき対象は多く，それらは相互干渉があり，単一の製品だけでは最適解は容易には求めることはできない。

すでに述べたように GENESEED は，水道ビジョン，下水道ビジョン 2100 をはじめとして，上下水道事業での各課題に対応した system，solution，service の三つのカテゴリー製品を用意している。

富士電機では，これらのカテゴリー製品を統合した GENESEED トータルソリューションにより，プラントラ

図 6　GENESEED トータルソリューションの例



イフサイクルのすべてのステージで，相互に干渉し合う課題の最適解を提供できると考えている。

図 6 に GENESEED のトータルソリューション例を示す。

6　あとがき

21 世紀の循環型社会において，資産の有効活用，運転から維持管理，その先の更新に至るまでのライフサイクルを見つめ，次の世代への橋渡しをすることが肝要と考えられている。

本特集号で紹介している system，solution，service のさまざまな製品や技術は，その解決策の第一歩である。

GENESEED はあらゆる資産とノウハウを有効に活用しながら，水環境分野の一助となる製品群を提供していく所存である。

参考文献

(1)　厚生労働省．http://www.mhlw.go.jp/

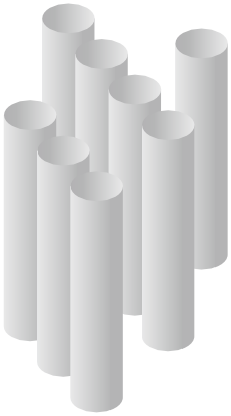
(2)　国土交通省．http://www.mlit.go.jp/

(3)　総務省．地方公営企業年鑑（平成 16 年度）．

(4)　厚生労働省健康局．水道ビジョン．2004–6.

(5)　下水道ビジョン研究会．未来を拓く「下水道ビジョン 2100」．水道産業新聞社．2005.

(6)　日本水道協会．http://www.jwwa.or.jp/



「GENESEED system」監視制御システム

高城　正文（たき　まさふみ）　荒川　恒弘（あらかわ　つねひろ）　石橋　等（いしばし　ひとし）

1　まえがき

現在，上下水道事業では施設の老朽化に伴う「更新の時代」を迎えている。しかし，どの自治体も資金不足問題を抱えており，長期的な維持運営費用の削減や，資産のより有効な活用が重要になってきた。また，市町村合併や近郊市町村との施設共同・共有化の動きにより監視制御対象は広域化・大規模化し，監視制御システムも複雑化する傾向にある。

さらにパソコンや携帯電話の高性能・高機能化に伴い，電子機器の処理能力が近年急速に高まっており，メーカー間の開発競争激化に拍車をかけている。これに伴い中長期的に継続供給可能な電子部品が減少し，ライフサイクルは2～4年へと短命化してきている。

このような状況下でも，上下水道プラントにはこれまで以上に安全・安心・安定が求められている。

本稿では，以上の背景を踏まえて開発を行った「GENESEED」監視制御システム（**図1**）について紹介する。

図1　GENESEED監視制御システムの外観

2　開発コンセプト

2.1　安全・安心・安定の実現

GENESEEDの中核を担う本監視制御システムでは，何よりも信頼性に重点を置き開発を行った。

まず，システムの信頼性向上のためにハードウェアとしては，コアコンポーネントであるコントローラの耐環境性能を引き上げた。さらにネットワーク，HMI（Human Machine Interface）などのシステム構成機器についても冗長化を可能とし，多重故障時にもプラント停止に至らない高い信頼性を確保している。

ソフトウェアについては，富士電機が長年にわたり培ってきたノウハウを完成度の高い水処理のプログラムライブラリとして整備した。ライブラリは制御機能とGUI（Graphic User Interface）のパーツをモジュールとして一体にしたものである。この制御機能とGUIのモジュールは，それぞれが接続検証された信頼性の高いプログラムである。このライブラリを組み合わせてエンジニアリングを行うため，コントローラとHMIの接続試験時間を短縮でき，その時間をモジュール相互，コントローラ相互，電気設備や機械設備と監視制御システムの組合せ検証時間に充てることで，従来以上に質の高いシステムを提供できる。

また，本システムのエンジニアリング環境はプラントシミュレーション機能を有し，増設や設備変更においても信頼性の高いシステムを構築することができる。

2.2　永続的な変化への対応

自治体を取り巻く社会経済情勢は依然として厳しく，今まで日本の高度成長を支えてきた上下水道設備は逐次老朽化してきている。このため，従来は大規模な水処理プラントの更新事業を執行していた自治体でも，近年はプラントの延命を目的とした小規模な増改築や部分更新などが増加している。

また，熟練した運転員や保守技術者の大量退職期を迎える一方，市町村合併によるプラントの運転，維持管理などの日常業務の拡大は無視できない。散在する施設に対する監視や維持管理の広域化，ISO/TC224を見据えた水道事

高城　正文

上下水道設備の電気・計装・コンピュータの企画・設計・とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部マネージャー。

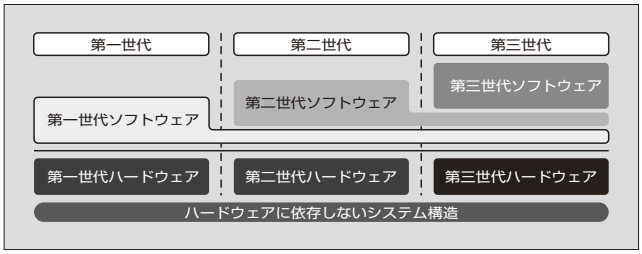
荒川　恒弘

上下水道電気・計装・監視設備の企画・設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部課長補佐。

石橋　等

上下水道設備の電気・計装・監視設備の設計および手配とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部。

図2　ソフトウェア資産の継承



業ガイドラインへの対応など，従来以上にきめ細かな業務指標への対応で管理項目が増大する傾向にある。今後，監視制御設備にはプラント運転だけでなく，維持管理業務や事業運営に至る情報を取り扱うなど，より高い柔軟性が求められてくると考えられる。

GENESEED のマイグレーション（Migration：移行）コンセプトにより，本監視制御システムでは「構築した資産の有効活用」の実現を第一に考えている。すなわち，本監視制御システムでは，富士電機の従来システムである「FAINS システム」を継承するためのマイグレーション技術とコンポーネントを用意している。

一例として，HMI のシステム構成としてクライアントサーバ方式を採用し，サーバにより HMI 系と制御系の二つの階層にシステムを分離することで，将来の技術革新への対応と制御系の安定持続の実現を目指している。

すなわち，一般的には HMI 系は急速な IT 発展の影響で更新周期が短く，制御系は長期安定操業を目的とした緩やかな更新周期である。これら異なる更新周期と技術的な差異をサーバシステムで吸収することを思想としている。

このシステムアーキテクチャにより，段階的な増設に柔軟に対応しながら，システムの永続的な進化を実現する。

2.3　ライフサイクルコストの低減

従来の監視制御システムはハードウェアを更新するたびに，施設に対応した監視制御ソフトウェアも新規に構築していたため，ライフサイクルコストの低減が難しかった。

GENESEED 監視制御システムでは，ハードウェアに依存しないシステムを目標に開発を行い，ハードウェアの世代が変わっても，極力，お客様のソフトウェア資産を再構築して使用することを考慮している。将来，この監視制御システムを更新する場合，プラントや施設の変更が少なければ，従来のソフトウェア資産を有効に活用し，比較的少ない労力で新しいシステムへ移行できる。

このように，本監視制御システムでは，操作性や保守性の向上とライフサイクルコストの低減を実現している（**図2**）。

3　システムの概要

以下に，GENESEED 監視制御システムを構成するコンポーネントについて紹介する。

本監視制御システムを構成する装置の台数は OS（Operator Station）サーバが 4 台（冗長化の場合はペア数），OS クライアントが 12台/サーバ（ペア），AS（Automation System）コントローラが 30 台まで増設可能である。従来の FAINS システムと比べると，複数のサーバが利用でき，HMI である OS クライアントの台数が飛躍的に増えている。このため，将来，設備の増加にも十分対応できる柔軟なシステム構成となっている（**図3**）。

(1)　高性能コントローラ（AS コントローラ）

AS コントローラはイベント同期型の冗長化が可能な高信頼コントローラである。シングル専用タイプと冗長化タイプの 2 種類がある。冗長化タイプはホットスタンバイ方式を採用しており，I/O へのアクセスや割込み，制御演算など 2 台の AS コントローラ間で状態が異なるすべてのタイミングで同期を行う（**図4**）。

水処理プラントではプロセスの制御周期は 1 秒程度でも十分な性能であるが，より安全で安定なプラント運転のためには，今後，より高速な制御を必要とすることも考えられる。AS コントローラの冗長化技術は，コントローラのあらゆるタイミングでの等値化が保証されており，より高速な制御が求められる場合にも，信頼性が高いシステムを提供できる。

コントローラのシステム管理機能は強力であり，実際の運用においては少ないと思われるが，コントローラの動作中に I/O ステーションや I/O モジュールの追加，PROFIBUS-DP/PA 機器の追加作業が可能である。

また，冗長化 AS コントローラでは，稼動系コントローラに異常が発生した場合，待機系コントローラへの切換は 100 ms 以下（通常 30 ms 程度）と高速で行われる。このため，制御への影響がなく，情報・アラームの欠落もないため，プラントの安定稼動が実現できる。

さらに冗長化 AS コントローラでは，障害発生したモジュールは自動的に切り離され，CPU，I/O モジュールの交換が可能となる。CPU 交換後は稼動系の CPU から交換した CPU に対しプログラムや各種パラメータ，プロセス状態などが転送され，両コントローラの内部状態が自動的に等値化される。したがって，モジュールの交換は確実に速やかに行うことができ，保守作業は容易である。

(2)　リモート I/O（ET200M）

ET200M はフィールドネットワークである PROFIBUS-DP 経由で AS コントローラに接続されるプロセス入出力装置である。ET200M の入出力モジュールは種々のタイプがあり，自己診断機能付きのタイプを使用することで，プロセスの隅々まで診断可能なシステムを実現できる。

ET200M ではラックまたは入出力モジュール単位で冗長化でき，設備の重要度に応じて局所的に信頼性を高めることが可能である。

PROFIBUS-DP は伝送媒体としてシールド付きツイストペアケーブルを使用する。その伝送速度はケーブル長が 100 m 以内では 12 Mbits/s と高速であるが，ケーブル長に反比例して伝送速度は遅くなり，200 m では 1.5 Mbits/s

図 3　GENESEED 監視制御システムの構成

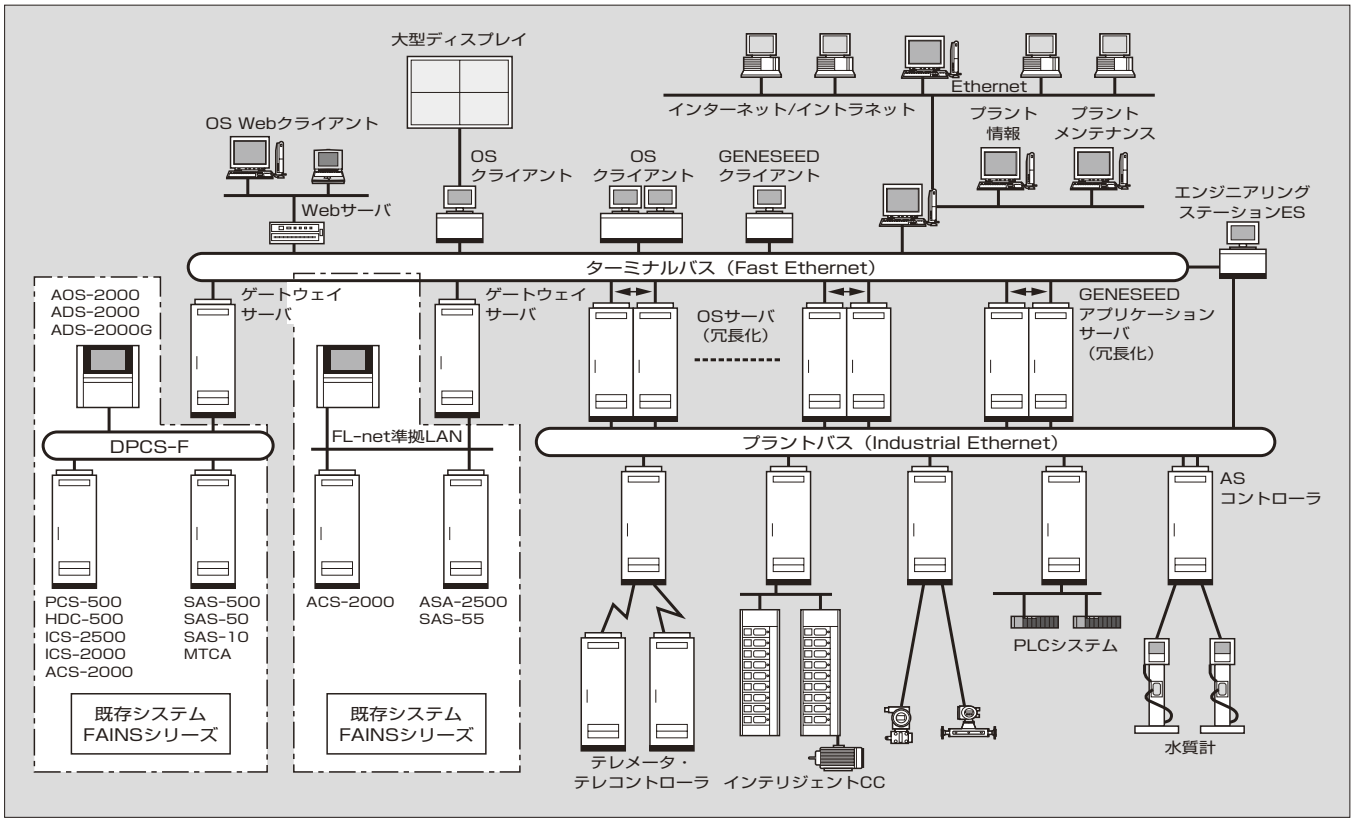
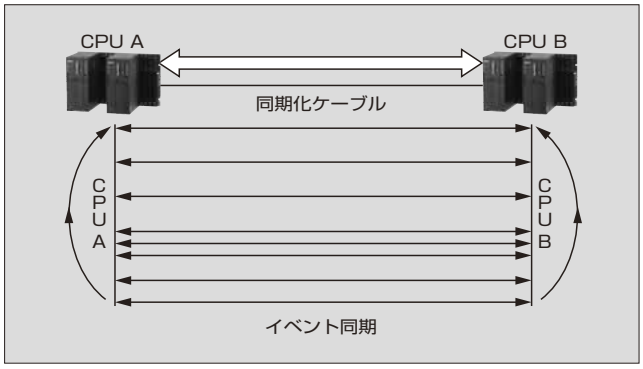


図 4　高性能コントローラ（冗長化タイプ）



になる。しかしながら，伝送速度を制限することで，ツイストペアケーブルでも AS コントローラと ET200M の間を最大 1 km まで離して設置することが可能である。

ET200M と AS コントローラの接続に光変換器と光ケーブルを使用することで，PROFIBUS-DP 伝送路の耐ノイズ性を高め，AS コントローラと ET200M の間を最大 15 km まで延長できる。このため，光ケーブルが布設可能な場合には，ET200M を利用してテレメータ・テレコントローラなしで，広域の監視制御を行うことが可能である。

(3)　HMI

HMI はプラントコンピュータにより構成されるクライアントサーバシステムである。OS サーバは冗長化されており高い信頼性を実現する。監視制御規模に応じて，サーバを増設できるスケーラブルなシステムであり，柔軟な構築・拡張が可能である。

OS クライアントはセキュリティ管理機能を有し，操作にはログオンが必要である。ログオンするユーザーに応じたセキュリティレベルを設定することで，運転員，保守員など個々に操作権限を変更することができる。

また，OS クライアントのハードウェアとして最大 4 系統の RGB（Red, Green, Blue）信号を出力する仕様が選択でき，マルチモニタや外部のプロジェクタなどに出力することができる。これにより詳細なプラント情報を提供でき，複数の運転員によるプラント情報の共有化が行える。

(4)　帳票サーバ

帳票サーバは長期保守が可能なアーキテクチャであり，監視操作用サーバと同様に冗長化することで高い信頼性を実現する。また，帳票サーバは監視操作用サーバと同一の筐体（きょうたい）（盤）に収納が可能である。

この帳票サーバの帳票機能は，富士電機の上下水道プラントでの経験を踏まえ，一般的な運転管理業務に必要十分な帳票機能を標準化しており，帳票データの保存期間は日報 2 か月，月報 1 年間，年報 2 年間を標準としている。

(5)　アプリケーションサーバ

アプリケーションサーバは帳票サーバ同様に長期保守が可能なアーキテクチャである。実行する高度アプリケーションの一例を以下に記す。

(a)　水需要予測機能：過去の実績に基づき天候データを用いて配水量の予測を行う。

(b)　配水計画機能：最新の最適化手法により配水ポンプの最適運転パターンを計画する。

(c)　薬品注入制御機能：ファジィ理論に基づく薬品注入

表1　プラントバスの仕様

	電気（メタル）	光
伝送速度	100 Mbits/s	100 Mbits/s
トポロジー	リング/二重リング	リング/二重リング
局間距離	ESM間：最大100 m	OSM間：最大3 km
総延長距離	5 km以下	150 km以下

率演算を行う。

また，このアプリケーションサーバを利用して，プラント情報やメンテナンス情報を管理するデータベースサーバとして事業所内の事務系LANと接続することができる。これにより，運転係だけでなく，水質係，保全係など複数の部門間でプラント運転情報や維持管理情報の有効利用や情報共有化が可能となる。

(6)　高信頼制御LAN（プラントバス）

プラントバスはIEEE802.3に基づくIndustrial Ethernetであり，メタルケーブル，光ケーブルともに100 Mbits/sの高速通信が可能である。トポロジー（形態）はバス型，リング型，二重リング型から選択できる。このため，施設の配置状況やネットワークケーブル布設ルート状況，設備の重要度などさまざまな現場の状況に応じて最適なネットワークを構築できる。

プラントバスの仕様を**表1**に示す。

プラントバスを構成する機器は冗長化機能を持つ専用のスイッチングハブ（OSM，ESM）を使用しており，バス構成より信頼性の高いリング構成のLANを構築できる。

(7)　高信頼情報LAN（ターミナルバス）

ターミナルバスはOSサーバとOSクライアント，アプリケーションサーバなどを接続するHMI系の中核LANである。ターミナルバスはEthernetベースのLANであるが，プラントバス同様，専用のスイッチングハブ（OSM，ESM）を使用することで，バス型より信頼性の高いリング型LANの構築も可能である。

(8)　光および電気スイッチングハブ（OSM，ESM）

OSMおよびESMはプラントバス，ターミナルバスに各コンポーネントを接続するスイッチングハブである。

一般的なLANではネットワーク管理専用の装置でネットワークを監視する。このOSMおよびESMでは自己診断アラームのデジタル出力端子を持っており，内部回路に異常が発生した場合に外部に通報できるため，前述のようなネットワーク監視専用の装置が不要である。

リング型LANの場合，OSMおよびESMによるネットワーク異常時の切換時間は30 ms以内と高速であり，プラントの監視制御機能への影響はない。

(9)　エンジニアリングステーション（ES）

ESはソフトウェアの設計，製作や画面作製，各種システム定義などに用い，オンラインモニタ機能によってリアルタイムでコントローラの動作状況を確認できる。

ESは同一システムを構成する各装置（OSクライアント，OSサーバ，コントローラ）のエンジニアリング情報を管理している。ASコントローラやOSサーバ，OSクライアントなどの装置へのプログラムや各種定義データのローディングは，このESで遠隔から行うことができる。

ESではプラントシミュレータ機能を搭載することができ，ASコントローラやOSサーバなどの実機がない状態でも，制御機能や監視操作画面のASコントローラ単体の試験を行うことができる。このため，設備の改造，増設の際に該当部分のソフトウェアを運転中の実コントローラを使用することなく十分な単体機能試験を行うことで，これに続く実機検証までに高いソフトウェア品質を確保しておくことが可能である。

(10)　ゲートウェイサーバ（GWサーバ）

富士電機の制御LANであるDPCS-F，JIS規格であるFL-netおよび富士電機が独自に拡張したFL-net準拠LANをプラントバスに接続するGWサーバである。

このGWサーバにより，富士電機の監視制御システム「FAINSシステム」との統合を行うことが可能である。すなわち，既設システムに対する増設，あるいは部分的更新に際し，本GWサーバを使用することで，両者のデータ交換が行える。さらには，最新のHMI環境で既存システムの運転操作を実現することが可能である。

(11)　リンクデバイス

富士電機のプロセッサ間リンクであるPリンク，PEリンクは「MICREX-SX」や「MICREX-F」などのPLC（Programmable Logic Controller）との接続に用いられる。ASコントローラとPリンク，PEリンクの機器との接続にはP/PEリンク用リンクデバイスを用意している。

また，富士電機のFAINSシステムでは，コントローラとそのプロセス入出力ユニットのI/O間リンクであるTリンクを用いている。これら既存のTリンクに接続された機器を有効に利用するため，ASコントローラにはTリンク用リンクデバイスを用意している。

これらのリンクデバイスを利用することで，既設PLC盤，コントロールセンタ，現場盤などを残したままで中央のコントローラ部分のみを部分更新することが可能となる。

4　あとがき

「GENESEED system」の核となる監視制御システムの開発コンセプトと概要について紹介した。

富士電機では今後も安全・安心・安定かつライフサイクルコストに配慮したGENESEEDコンセプトを守りながら，「GENESEED system」「GENESEED solution」「GENESEED service」の，トータルソリューションの提案を行っていく所存である。

参考文献

(1)　酒井敏ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.404-408.

「GENESEED system」水処理プラントへの適用事例

秋元　省吾（あきもと　しょうご）　浅野　隆幸（あさの　たかゆき）　折茂　義文（おりも　よしふみ）

1　まえがき

上下水道プラントにおける工事は，新設工事であっても既設の系列との関係や既設現場設備との信号取合い，統括管理などの将来構想を踏まえての構築を考える必要がある。

本稿では上水道，下水道のそれぞれ新設設備へ「GENESEED」監視制御システムを適用した事例を紹介する。これらのプラントにおいては，既設設備との取合いが多く，GENESEED のマイグレーションコンセプトにより既設設備への影響を最小にとどめ，監視制御装置のリニューアルを実現している。また，最新技術のプラント運転への適用内容について紹介する。

2　上水道プラントへの適用事例

富士電機が納入した浄水場向けの「GENESEED system」適用事例を以下に紹介する。

2.1　プラントの概要

(1)　受変電設備

66 kV 2 回線受電，3 kV 配電，4 バンク構成

(2)　発電設備

常用発電，水力発電，太陽光発電，風力発電

(3)　浄水設備

急速ろ過方式（沈殿池数 20 池，ろ過池数 84 池）

(4)　送配水設備

送水ポンプ　315 kW × 4 台

配水ポンプ　2,200 kW × 2 台，560 kW × 3 台

2.2　GENESEED 監視制御システムの構成

(1)　設備の概要

この浄水場向けシステムは，プラント全体を監視している中央監視制御システム（CRT 監視装置，コンピュータ，コントローラ，I/O 盤など）の更新を目的としている。従来のシステムでは，設備ごと，系統ごとにコントローラが分けられ，14 台の構成となっていたが，設備区分が見直され，コントローラ（AS：Automation System）6 台の構成となった。また，これまで監視の中心は，大規模なグラフィックパネルで行われてきたが，今回それに替わり，監視スクリーンを導入した。

図 1 に更新後のシステム構成を示す。

(2)　高信頼性システム

従来のシステムでは，コントローラはシングルシステムであったが，更新後は，冗長化システムとなった。また，コントローラだけでなく，OS（Operator Station）サーバとそれらを結ぶプラントバスおよび電源系統までもすべて冗長化し，信頼性の高いシステムを提供した。

(3)　現場側監視制御システムとの接続

本浄水場では，各設備に独立した監視制御システムが設置されている。今回，現場側の監視と同等な監視を中央側で行うために，現場側の監視制御システムと GENESEED 監視制御システムを接続する必要があった。この接続には富士電機独自のネットワークである P リンク，PE リンクおよびオープンネットワークである FL-net 準拠 LAN，Ethernet〈注〉を使用している。

(4)　場外システム（センター）との接続

本浄水場とセンターは，伝送サーバで接続されている。この伝送サーバを経由して，GENESEED 監視制御システムでは浄水場の機器状態・計測値などのデータをセンターに送信し，センターから受信した運用計画値を，浄水場の水運用に使用している。

2.3　GENESEED 監視制御システムコンポーネント

(1)　マルチサーバシステム

監視する機器や計測値の点数が多く，サーバの処理能力が不足した場合，複数台のサーバを設置してシステムを分けることになる。従来の監視制御システムでは，一つのクライアントで異なるサーバのデータを監視することは不可能であった。

GENESEED 監視制御システムにおいては，一つの OS

〈注〉Ethernet：IEEE 802.3 委員会が標準化した LAN 規格

秋元　省吾

水処理分野のプラント制御システムの企画・設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部。

浅野　隆幸

水処理分野のプラント制御システムの企画・設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部。

折茂　義文

水処理分野のプラント制御システムの企画・設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部。

図1　GENESEED システムの構成

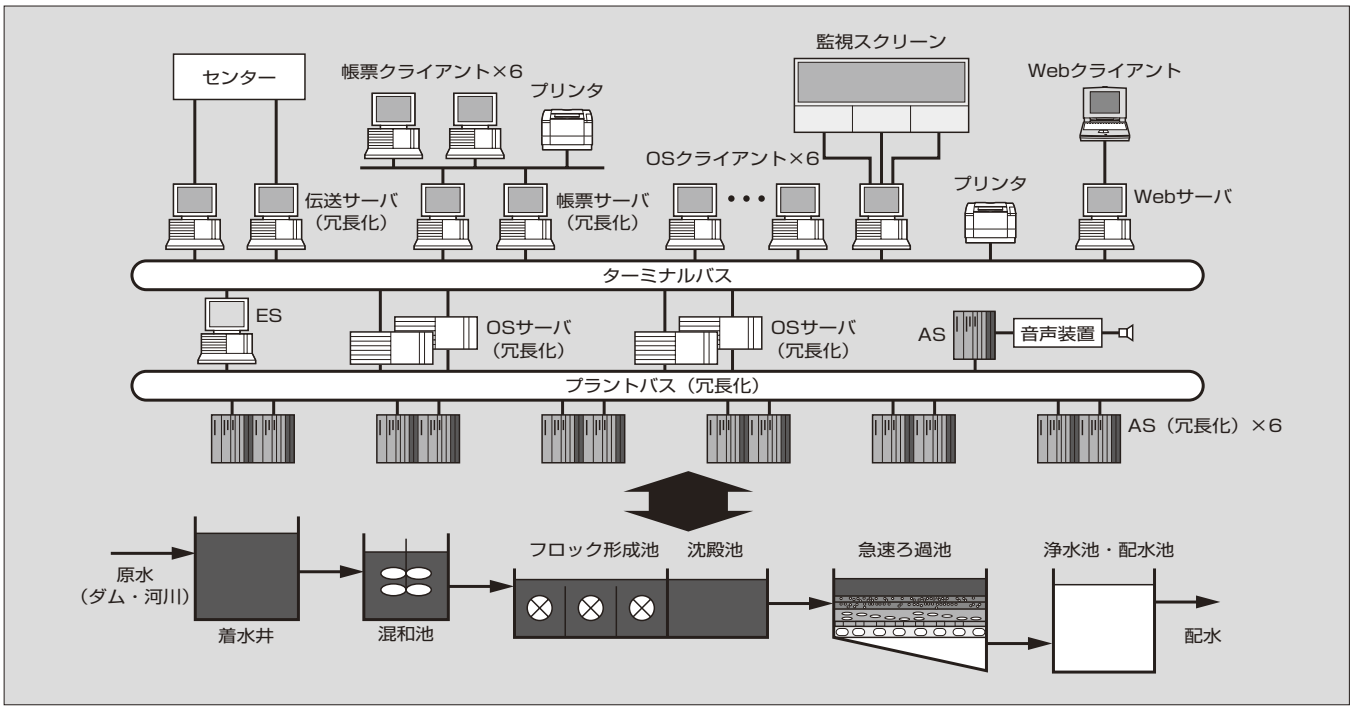


図2　マルチサーバシステムの仕様

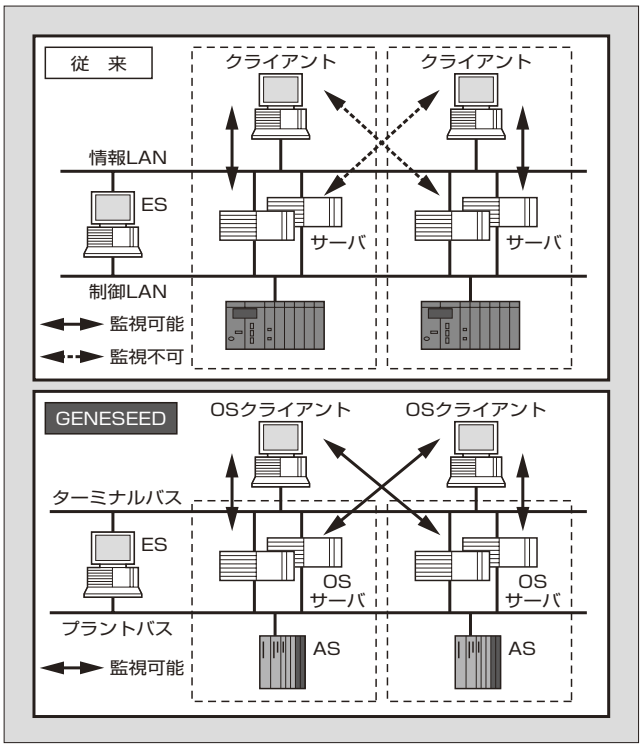
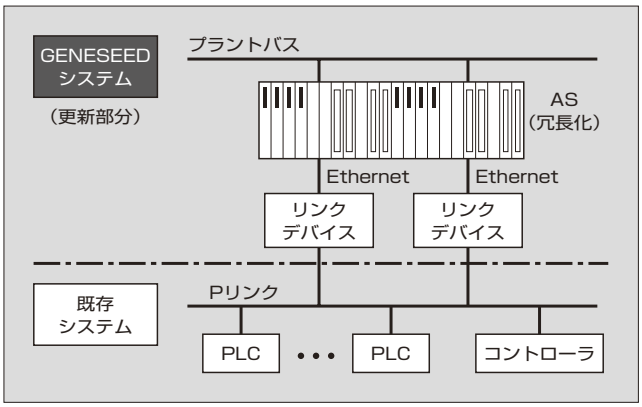


図3　P リンクデバイスによるシステムの構成例



クライアントで異なる OS サーバのデータ監視が可能となり，サーバで区分された設備を意識せず，オペレーションすることが可能となった。また，設備増設時においてもサーバの処理能力を意識する必要がなくなるため，拡張性のあるシステムの構築が可能となった。

図 2 にマルチサーバシステムでの監視仕様を示す。

(2)　Web システム

近年，IT の発達に伴い，プラントの監視制御においてもインターネットやイントラネット経由での監視制御が可能となってきている。GENESEED 監視制御システムにおいても Web サーバを使用することで，汎用パソコンのブラウザ機能を利用して，OS クライアントと同等な監視が可能となっている。以下に Web システムの特長を記す。

(a)　専用ツールを使用して，クライアント画面を Web に直接変換することが可能である。

(b)　Web クライアントは，ネットワークを経由した，リモートインストールが可能である。

(c)　OS クライアントと同様にユーザー権限（ログイン機能）を装備しており，セキュリティ機能が充実している。

(3)　P/PE リンク用リンクデバイス

P リンク，PE リンクは，コントローラ間だけでなく，富士電機の PLC（Programmable Logic Controller）との接続のネットワークとして，多数のプラントで稼動している。本浄水場においても自家発設備に P リンクが稼動

している。今回の設備は，現場側のシステムを継承しつつ，中央側の監視制御システムを更新するため，P リンクデバイスを提供し，GENESEED 監視制御システムと既存システムとのデータハンドリングを可能としている。そのほか，RAS 監視機能，冗長化機能などの P リンクが持つ機能を GENESEED 監視制御システムのアーキテクチャの中に標準として統合している。

図 3 に P リンクデバイスによるシステム構成例を示す。

2.4　監視画面の機能と特長

(1)　監視スクリーンの特長

プラント全体の監視を一目で行うために，従来は大規模なグラフィックパネルで監視を行っていた。中規模・大規模のプラントにおいては，それに替わるものとして，監視（大型）スクリーンの需要が増えている。

従来の監視制御システムでは，クライアントに表示しているプラント画面をそのまま外部出力するか，スクリーンコントローラを使用して表示する方法がほとんどであった。GENESEED 監視制御システムにおいては，OS クライアントに表示しているプラント画面にとらわれることなく，また，スクリーンコントローラなしで，外部出力する画像を自由に作成することが可能となっている。

図 4 に監視スクリーンのシステム構成と仕組みを示す。

(2)　プラント画面の監視機能と特長

大規模プラントにおいては，信号系統が複雑で信号点数も多く，監視システムで監視していながらも現場の状況が瞬時に判断できないことがある。「分かりやすいオペレーション」を実現するために以下の機能を提供している。

(a)　ライン照光

電気系統や配管系統が複雑なプラントでは，機器の状態表示だけで，プラントの運用状態を判断するのは難しい。そこで，電気・配管系統のライン照光を行い，運用状態を容易に判断できるようにしている。

電気設備のプラント画面では，遮断器や断路器などの機器状態により電気ラインを，原水および送配水設備のプラント画面では，ポンプや弁などの機器状態により配管ラインを照光表示している。

送配水設備および薬注設備のプラント画面では，PID などの制御ブロック画面を用意し，その中で制御モードにより，制御ラインを照光表示している。

(b)　機器の操作ガイダンスウィンドウ

電気設備の機器については，複雑なインタロック条件が組まれており，操作できない場合の条件を判断するのは困難である。そこで，操作のガイダンスウィンドウを用意し，操作できない場合の条件を容易に判断できるようにしている。

図 5 に機器の操作ガイダンスウィンドウの画面例を示す。

(c)　アラーム画面の特長

GENESEED 監視制御システムの標準機能である「ループインアラーム機能」は，発生したアラームのプ

図 5　機器の操作ガイダンスウィンドウの画面例

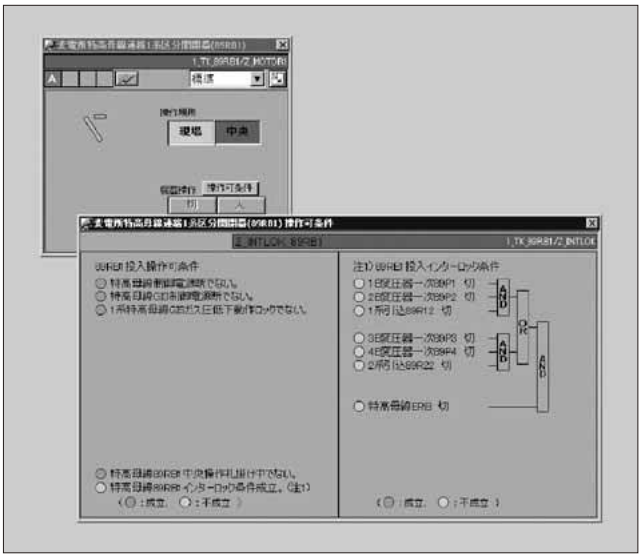
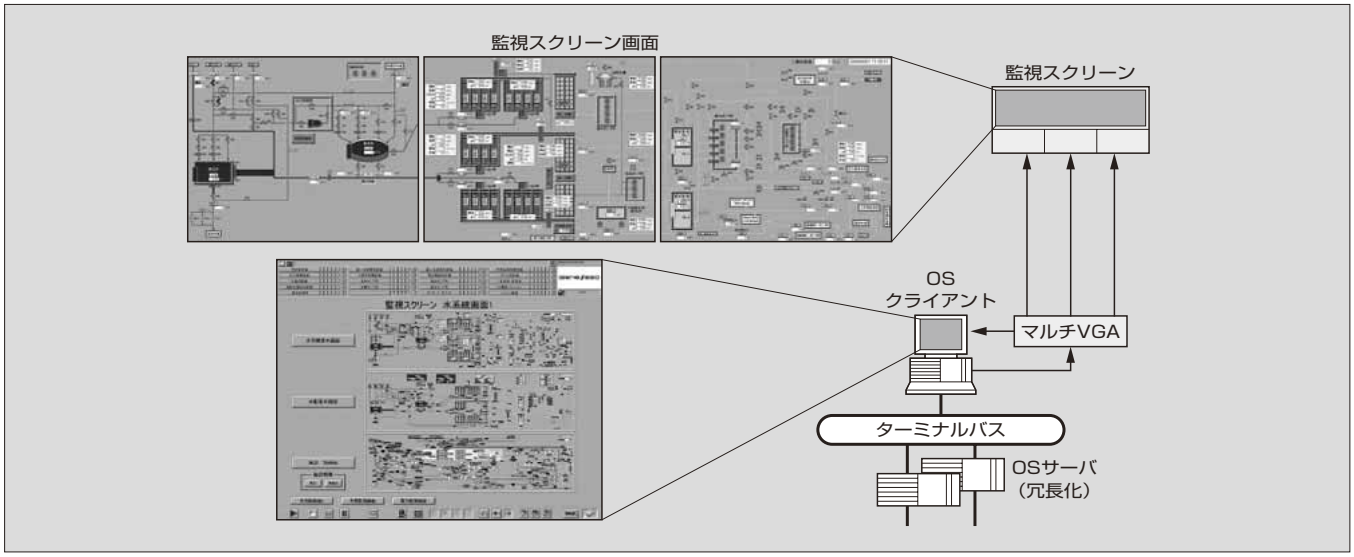


図 4　監視スクリーンのシステム構成と仕組み



ラント画面をワンタッチで切り換えることが可能である。プラントにシンボルがないアラームについては，詳細アラーム画面を用意し，発生源を容易に判断できるようにしている。

3　下水道プラントへの適用事例

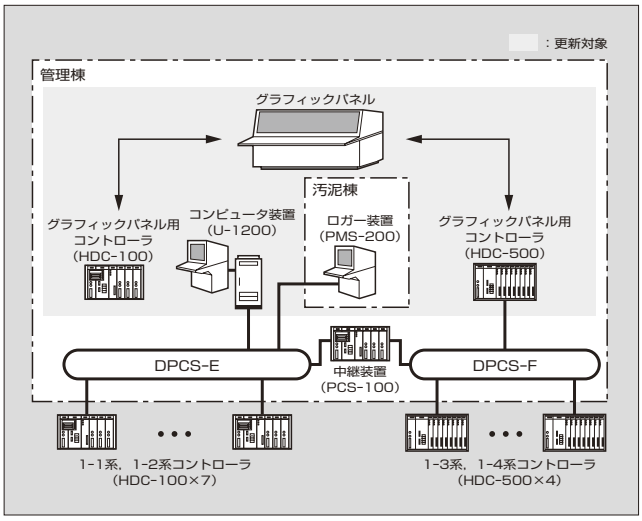
富士電機が納入した広島県東部浄化センター向けのGENESEED監視制御システムの事例を以下に紹介する。

3.1　東部浄化センターのプラント概要

東部浄化センターは，1988年10月から稼動し，広島市の東部・府中町・海田町・熊野町・坂町の1市4町から発生する下水を処理するための分流式処理施設である。また，処理能力としては現状日最大115,060（m^3/日），全体日最大208,090（m^3/日）で計画されている処理施設である。

本施設は1系水処理設備（標準活性汚泥法＋急速砂ろ過法）に加え，2005年度に2系水処理設備（凝集剤併用型循環式硝化脱窒法＋急速砂ろ過法）が新設された。

図6　更新工事前の1系監視制御システムの構成



3.2　GENESEEDマイグレーションシステムの構成

2系水処理設備の新設に伴い，シングルコントローラ（AS）7台と冗長化OSサーバおよびOSクライアントで構成した2系監視制御システムを新規導入した。

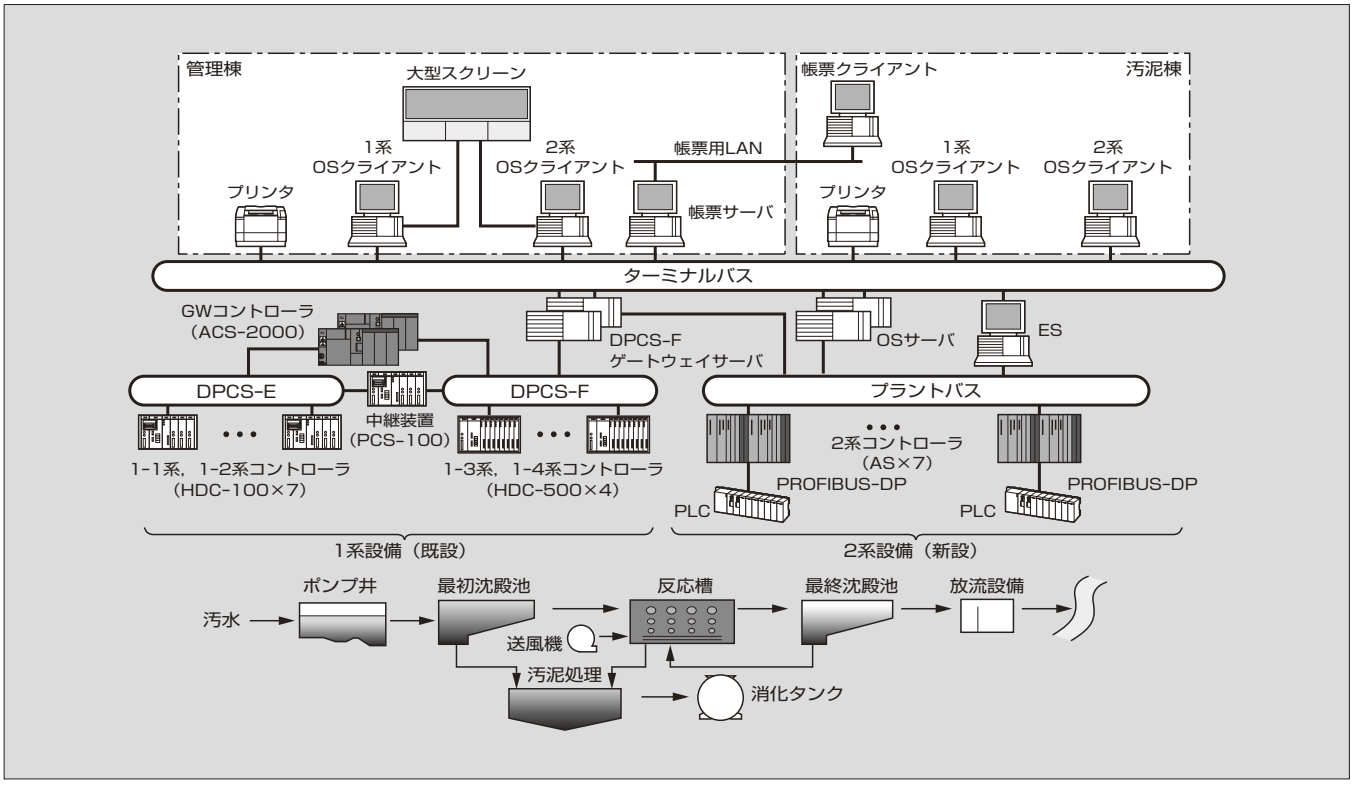
また，**図6**に示す1系監視制御システムは，「N-FAINS」（MICREX-PⅡ）と「N2-FAINS」（MICREX-PⅢ）の混在システムで構成されており，既存コントローラを継承したままでHMI（Human Machine Interface）装置のみ更新することを目的として，「ゲートウェイ（GW）コントローラ」と「DPCS-Fゲートウェイサーバ」を採用したGENESEEDマイグレーションシステムを導入した。**図7**にGENESEEDマイグレーションのシステム構成を示す。

3.3　マイグレーション（HMI装置の先行移行）の特長

(1)　GWコントローラによるデータ統合

2系監視制御システムで導入するASコントローラには，内部計器用のファンクションブロックが標準で搭載されており，HMIのOSクライアントのプラント監視素材である内部計器用ブロックアイコンとの連携によって，プラント監視制御のオペレーションが実施しやすくなってい

図7　GENESEEDマイグレーションのシステム構成



る。しかしながら，1系監視制御システムに接続されているN-FAINSのコントローラは内部計器を搭載できないため，機能統一を図るために既設を統括する内部計器ソフトウェアが搭載可能なGWコントローラ（ACS-2000）を採用した。これにより，1系監視制御システムの新HMIからのオペレーションは，既設コントローラの制約をオペレーターに意識させない運用が可能となった。**図8**にGWコントローラによる機能統一のイメージを示す。

またGWコントローラは，既設コントローラのさまざまなインタフェース仕様を吸収してGENESEED監視制御システムに必要なデータ構造に編集したことにより，既設コントローラのソフトウェア改造量を軽減した。さらにHMI更新過程では，新旧のHMIを並列設置し，更新切換中も旧HMIの監視制御機能に影響を与えないようにしたことで，HMI更新過程での品質・信頼性を向上させ，プラント運用への支障を最小限に抑えてシステム提供した。

(2)　ゲートウェイサーバによる新旧ネットワークの接続

既設の基幹ネットワークの一つであったDPCS-FとGENESEEDとを接続するためにDPCS-Fゲートウェイサーバを適用し，OSクライアントから既設コントローラへのデータアクセスを可能にした。DPCS-Fゲートウェイサーバは，OSサーバにDPCS-Fと物理的に接続するインタフェースカードが実装されており，DPCS-Fのサービスであるブロードキャスト（BC）通信やファイルアクセス（IJFアクセス）機能が使用できる。既設コントローラへの実データアクセス処理機能とHMI処理機能が1台のゲートウェイサーバで実現可能となり，機器分散が不要となることで高性能・高信頼性を確立させた。**図9**にDPCS-Fゲートウェイサーバの機能構造を示す。

(3)　HMIオペレーションの統一

1系OSクライアントの監視制御で使用する機器ブロックアイコンとその他すべての共通オペレーションを並列設置で運用される2系OSクライアントと仕様を統一させ，違和感のない運用形態を実現させた。

図10にHMIオペレーションの統一例を示す。

3.4　システムの垂直統合

「GENESEED solution」はGENESEED systemとOPC通信によるデータ連携をシステムとして確立し，水運用計画や運転支援をGENESEED systemへ提供しているが，電機システムの中核となるPLCとの連携に課題があった。

そこで，GENESEED systemのコントローラ（AS）と電機システムPLCとのインタフェースに，国際規格対応のオープンなフィールドバスPROFIBUS-DPを適用し，さらにASとPLC間のデータ連携機能をシステム化することで，GENESEED solutionからフィールドに最も近い電機システムへのシームレス接続を確立し，GENESEEDレポートとGENESEEDバンキングを提供している。

フィールドバス通信にPROFIBUS-DPを採用したこと

図8　ゲートウェイサーバによる機能統一

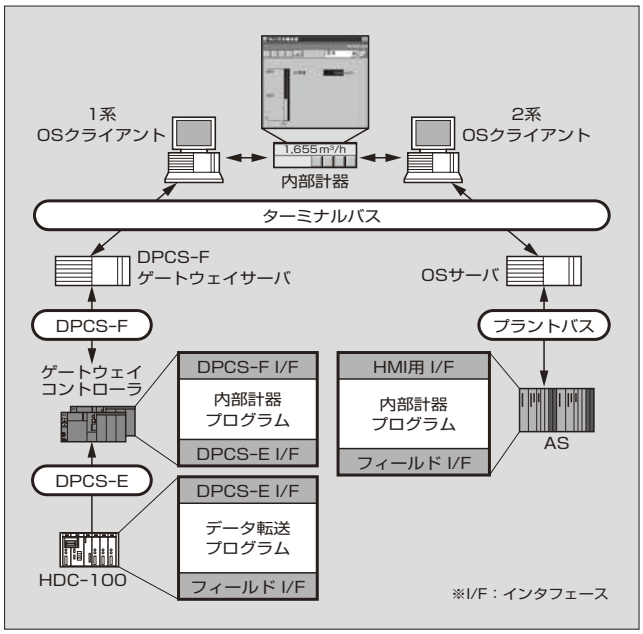


図9　DPCS-Fゲートウェイサーバの機能構造

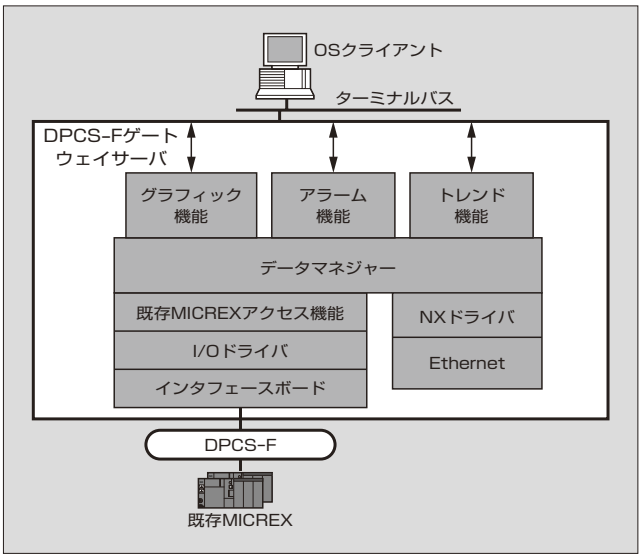


図10　HMIオペレーションの統一例

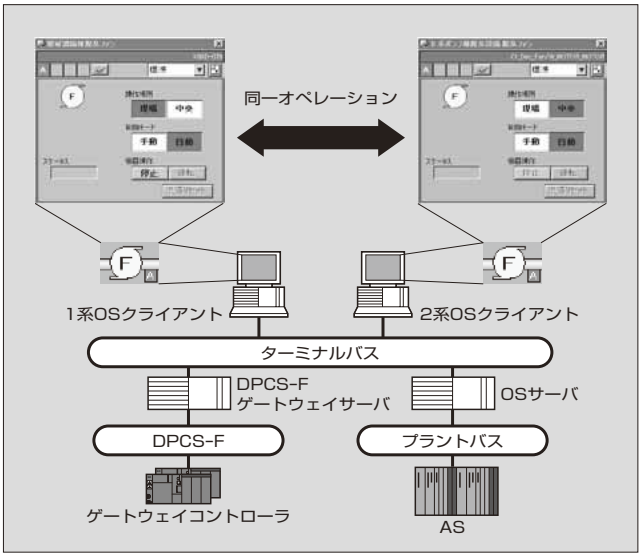


図 11　システムの垂直統合構成

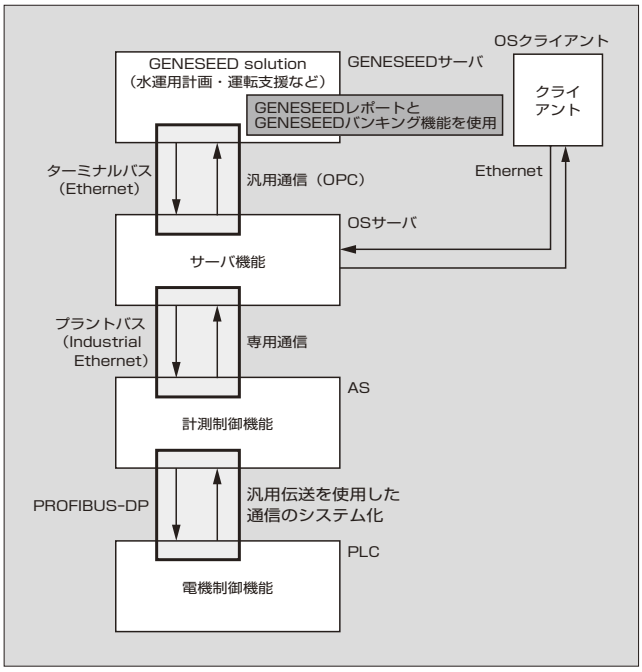
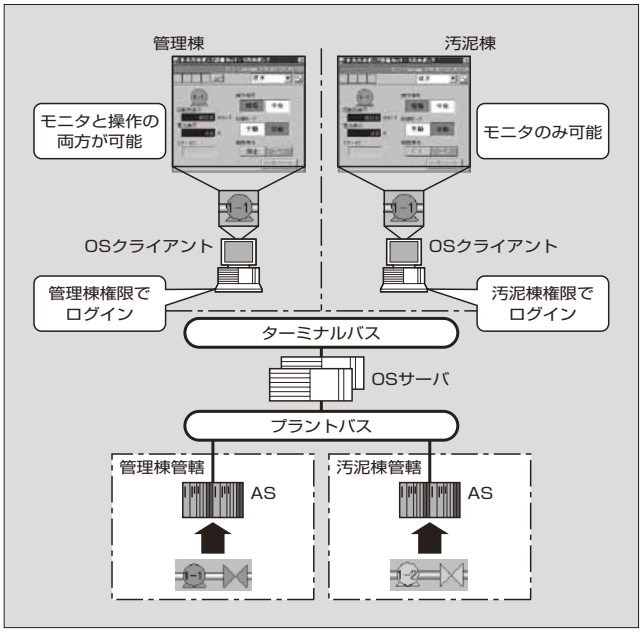


図 12　ユーザー権限によるセキュリティ機能



で，今後のフィールドシステムの機能増設や更新に対し，ハードウェアに依存しないシステム構築が可能となる。

GENESEED solution から計装・電機システムまで一貫した垂直統合を行い，高機能・高信頼性を提供している。

将来の GENESEED solution の機能追加に対しても，柔軟な仕様展開が可能である。**図11**にシステムの垂直統合構成を示す。

図 13　中央監視室の外観

3.5　オペレーションセキュリティの応用

OS クライアントは管理棟と汚泥棟の 2 か所に設置され，それぞれのロケーションで管轄する制御設定可能な対象機器が異なっていた。そこで，従来の設計では行われていなかった各ロケーションに沿った階層設計を実施し，ユーザー権限機能（ログイン機能）によって制御設定可能な機器を制限した。

階層設計により，オペレーションが分割されることでのむだな HMI エンジニアリングを省き，また階層に合わせたユーザー権限機能を組み込んだことによりオペレーションの誤操作を防止し，セキュリティの強化を図った。**図12**にユーザー権限機能によるセキュリティ機能を示す。

3.6　納入システムの中央監視室

納入後の管理棟中央監視制御システムの外観を**図13**に示す。

4　あとがき

今後は GENESEED システムの維持管理の提案，また更新を控えているシステムには信頼性の高いマイグレーションの提案を顧客の多様なニーズと先進技術を取り入れ，最適システムを提供していく所存である。

参考文献

(1)　山田隆雄，藤田史彦．新情報制御システム「MICREX-NX」のマイグレーション方法．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.413-417.

「GENESEED system」監視制御機能

中島　稔（なかしま　みのる）　岡部　太（おかべ　ふとし）　梅木　聖己（うめき　まさみ）

1　まえがき

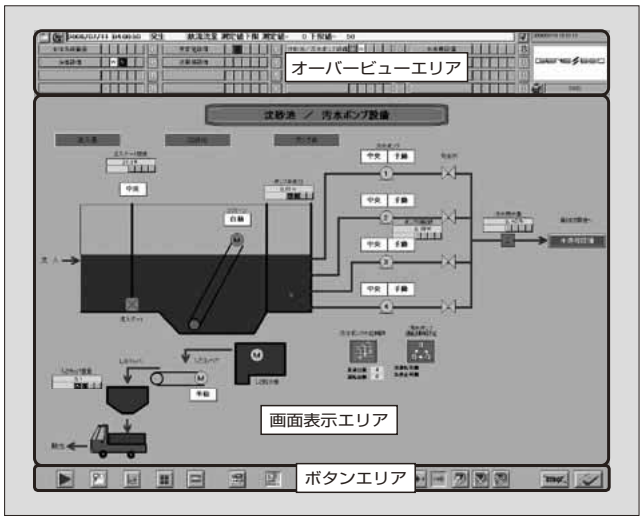
監視制御の機能は，プラントの運用に大きな影響を与えており，監視操作機能，自動制御機能の仕様決定，設計，検証に多くの人的資源を投入してきた。

「GENESEED」監視制御システムでは，ユーザーフレンドリーな画面（GENESEED デザイン）と，豊富なソフトウェアライブラリ（GENESEED ライブラリ）により，高度で高品質な監視制御機能を提供できる。

GENESEED 監視制御システムは，富士電機の最新 DCS（Distributed Control System）である「MICREX-NX」をベースとして開発しているが，水処理システムの維持管理が安全かつ効率的に行えるように，水処理監視制御用の標準画面を用意し，GENESEED デザインとして提供している。

「GENESEED system」ソフトウェアライブラリは，水処理プラント向けに特化して開発している。そのために，水処理プラントの機械設備仕様や運転操作・保守方法を徹底的に調査し，顧客にとっての使いやすさと高品質のソフトウェア設計を両方実現可能なように配慮している。

図 1　GENESEED デザインの画面構成



2　GENESEED デザイン

2.1　画面構成

監視制御システムの OS（Operator Station）クライアントに表示する画面は，GENESEED デザインによりすべて統一されたデザインになっている。

すべての監視制御用画面の構成は同一であり，オーバービューエリア，画面表示エリア，ボタンエリアの三つのエリアで構成されている。

図 1 に GENESEED デザインの画面構成を示す。

(1)　オーバービューエリア

このエリアには，階層化されたプラント画面を選択表示するためのボタンと，プラント画面に配置された機器の異常を集約して通知する表示アイコンが対になってレイアウトされている。設備に異常が発生した場合，表示アイコンに従って操作することにより，現在発生している異常がどの設備で発生しているかを瞬時に知ることができ，目的のプラント画面を迅速に表示することができる。

(2)　画面表示エリア

このエリアには，設備の稼動状態をリアルタイムに通知するプラント画面，計測値の傾向を示すトレンド画面，故障の履歴画面などが表示される。

(3)　ボタンエリア

プラント画面以外の画面の表示や警報停止などの指令は，このエリアにレイアウトされたボタンをマウスカーソルで選択し，マウスボタンのワンタッチ操作で行える。

2.2　画面表示エリアに表示される画面

表 1 に画面表示エリアに表示される画面名称と機能の一覧を示す。

(1)　履歴画面

履歴画面は，監視制御対象の異常や機器の状態，およびオペレーターの操作を時系列に一覧表示した画面で，GENESEED デザインでは，警報履歴，動作履歴，操作履歴の 3 種類を提供している。**表 2** に履歴画面の種類と表示内容を示す。

中島　稔

水処理分野向け監視制御システムの開発業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部マネージャー。

岡部　太

水処理分野向け監視制御システムの設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部主任。

梅木　聖己

水処理分野向け監視制御システムの設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部主任。電気学会会員。

(2)　計測値画面

設備を最適な状態で運用するためには，プラント画面に分散した計測値などの相互比較により，上下限値や，PID制御のパラメータなどを設定することが必要となる。

GENESEEDデザインでは，関連する計測値や設定値などをバーグラフで一覧表示し，PID制御のパラメータ値や設定値などが指定できる計測値画面を用意している。**図2**に計測値画面の例を示す。

(3)　運転記録集約画面

運転記録集約画面は，主要な機器・設備に関する運転時間などのデータを一覧表示した画面である。設備を安全かつ長期的に運用するためには，機器の均等稼動と，定期的な保守による予防保全が重要となる。

GENESEED監視制御システムでは，ポンプなどの機器の運転時間を管理し，設定した運転時間を超えると警報を発し保守を促す運転記録集約画面を提供している。**図3**に運転記録集約画面の例を示す。

表1　画面表示エリアに表示される画面

画面名称	機　能
プラント画面	制御対象設備とその状態をグラフィカルに模擬した画面。この画面で機器の状態監視，プロセス監視を行い，設備が良好に運用されているか確認する。
履歴画面	制御対象の異常やオペレーターの操作を時系列に表示した画面。
システム状態画面	監視制御システムのシステム構成図を表示し，システムの状態を監視する画面。システム構成図はES（Engineering Station）により自動生成される。
トレンド画面	過去の計測値を基に時間を横軸に取りグラフ表示した画面。関連する複数のアナログ信号を同一画面上にグラフ表示し，プロセスの傾向解析・異常解析を行うことができる。
計測値画面	複数のプラント画面に散在する計測値を一覧表示して監視する画面。関連する設備のデータを比較しプロセスが良好に行われているかを判断することができる。
運転記録集約画面	複数のプラント画面に散在する機器の運転時間などを一覧表示し，機器の稼動状況を表示する画面。

ES：GENESEED監視制御システムのエンジニリング用ワークステーション

表2　履歴画面の種類と表示内容

種　類	画面名称	機　能
警報履歴	発生中リスト	現在発生中の警報を時系列に一覧表示した画面
	確認済リスト	オペレーターがすでに確認済の警報を，時系列に一覧表示した画面
	未確認復帰済リスト	オペレーターが未確認でかつ復帰済の警報を，時系列に一覧表示した画面
	警報一覧リスト	発生中リスト，確認済リスト，未確認復帰済リストを時系列に一覧表示した画面
動作履歴	運転履歴リスト	運転・停止などの機器の動作を，時系列に一覧表示した画面
操作履歴	オペレーター入力リスト	オペレーターの操作を時系列に一覧表示した画面

図2　測定値画面の例

図3　運転記録集約画面の例

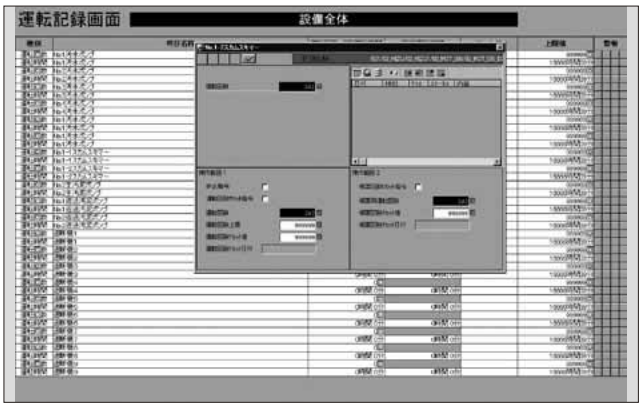
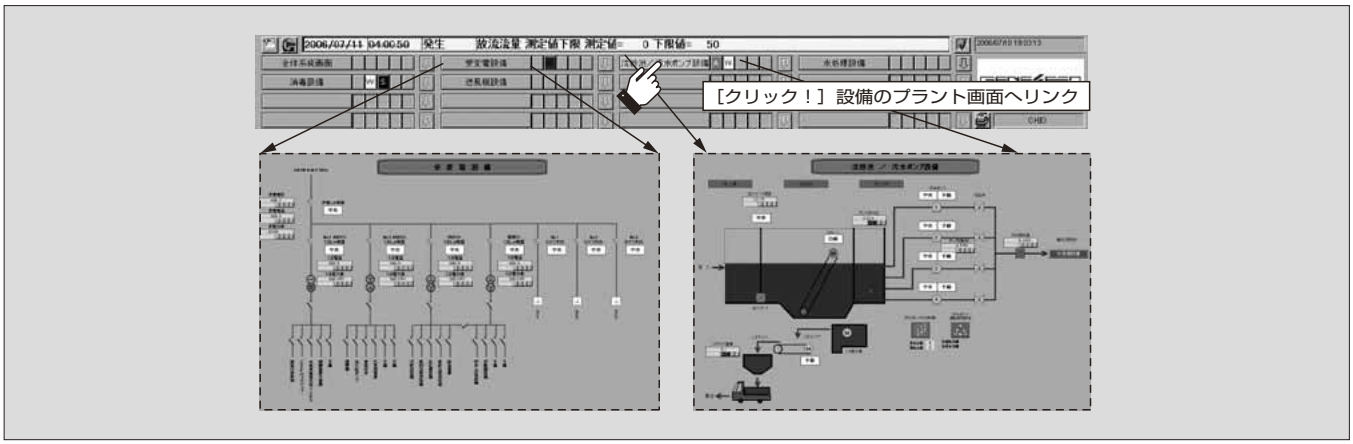


図4　プラント画面呼出し方法



3　オペレーション

画面の中に配置されている画面の呼出しボタンをマウスカーソルで選択し，マウスボタンをクリックすることで，画面を呼び出せる。

図 4 はプラント画面を呼び出す方法を示したものである。すべての画面に表示されているオーバービューエリアの該当する設備に対応したボタンをクリックすることで，その設備に対応したプラント画面が呼び出せる。

図 5 はトレンドウィンドウの呼出し方法である。ボタンエリアに配置されているトレンド呼出しボタンをクリックすることで，トレンドウィンドウを呼び出せる。

図 6 はアラーム画面を呼び出す方法で，ボタンエリアのアラーム画面呼出しボタンをクリックすることで，アラーム画面を呼び出すことができる。

4　ライブラリ

4.1　標準ライブラリ

従来の監視制御システムでは，コントローラの制御機能と HMI（Human Machine Interface）の監視操作機能は別々に標準化されていた。

GENESEED 監視制御システムでは制御機能と監視操作機能を一体としたライブラリを整備できる。

エンジニアリング効率の向上とソフトウェア品質の向上を図るため，GENESEED 監視制御システムでは，基本の監視制御機能，演算機能に加え，水処理分野特有の監視制御機能をライブラリとして整備している。

設計者は目的のプラントにマッチしたライブラリを選択し，これらを組み合わせることで，効率よく信頼性の高いアプリケーションを作成することができる。

実際のプラントでは必要な機能をすべて標準化することはできないが，標準ライブラリの適用率が向上すれば，効率と品質は確実に向上できる。

標準ライブラリは，FB（Function Block），FC（Function Chart）およびプロセスタグタイプの各種パッケージプログラムで構成されている。

これら標準ライブラリを開発するうえで考慮した内容は次のとおりである。

(1)　統一性

ライブラリ管理規定を作成して，統一した思想の下で仕様書類，プログラムを製作した。

(2)　透明性

ライブラリ仕様書を作成して，ライブラリのプログラム内部を解析することなく，ライブラリの機能を把握して活用できるように配慮した。

(3)　保守性

プログラム仕様書，テスト仕様書を作成して，ライブラリの版数アップにおいて，容易に修正可能とした。

4.2　豊富なブロックアイコンとフェースプレート

プラント画面を構成する機器の形状や操作方法は設備ごとに異なるが，GENESEED ライブラリではこれに対応す

図 5　トレンドウィンドウ呼出し方法

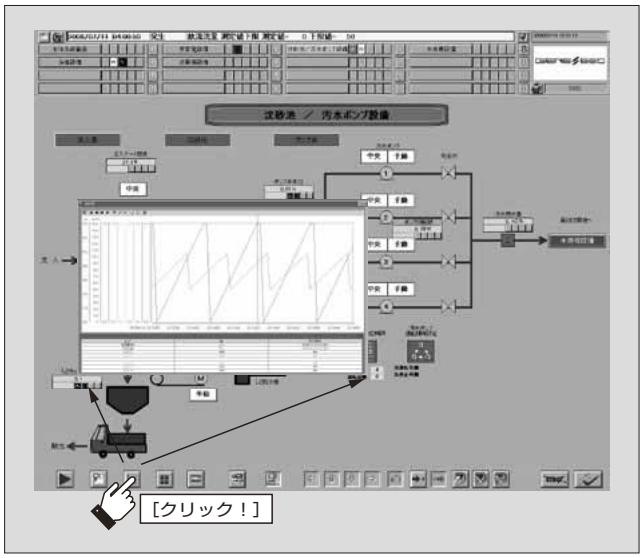


図 6　アラーム画面呼出し方法

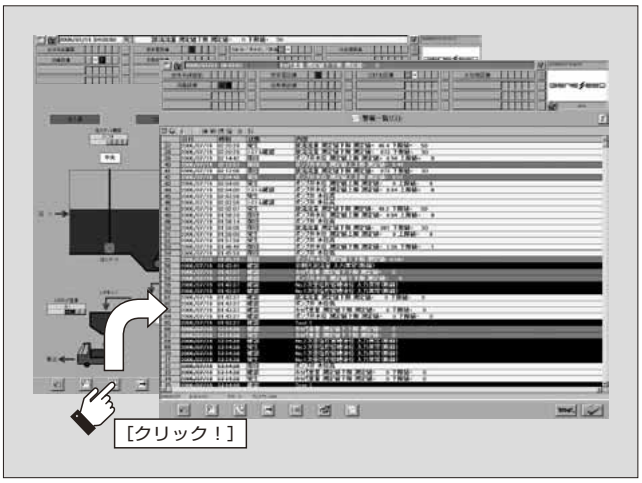


図 7　ブロックアイコンとフェースプレートの例

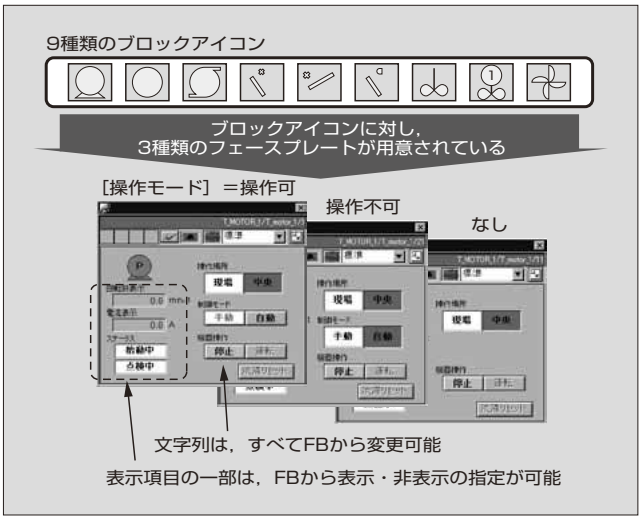
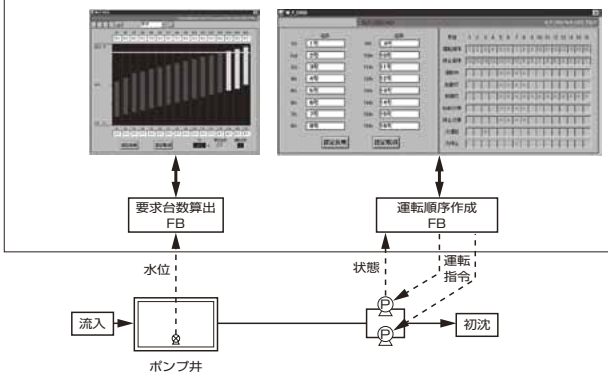
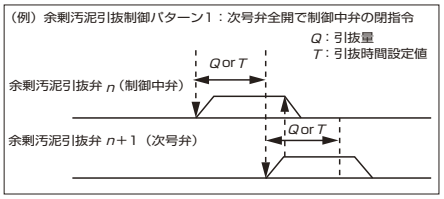
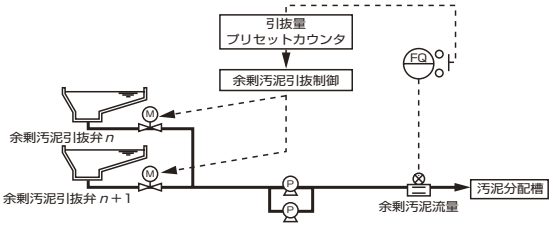


表３　自動制御標準ライブラリ例

ライブラリ		機　能	特　長	説明図
電力制御	力率制御	進み力率の制限値，および遅れ力率の制限値の範囲内で，電力系統の監視点の力率を最も目標力率に近づけることができる進相コンデンサの投入組合せを検出し，投入・遮断を行う制御である。	①最大８台の異なる容量の進相コンデンサの制御を行う。 ②アプリケーション設計者は，進相コンデンサの容量を指定するだけで，最適な制御を行うことができる。	力率制御フェースプレート
台数制御	運転順序作成	フェースプレートからの順序設定，あるいは自動サイクリックにてポンプの運転する順序を決定する機能を持つ。各種ポンプの台数制御の機能の一部として使用される。	①ポンプが故障したときに，次ポンプを運転させる。 ②ポンプの運転順序，停止順序状態を監視することができる。 ③ポンプの運転などの状態を監視することができる。	台数制御パッケージ 
	要求台数演算	ポンプを運転する台数を決めるためのものであり，水位などの計測値とフェースプレートから設定した運転基準値と停止基準値との比較により要求台数を決定する機能を持つ。運転順序作成と同じように，各種ポンプの台数制御の機能の一部として使用される。	①要求台数決定基準値の整合性のチェックを自動的に行うことができる。 ②計測値と要求決定台数基準値の関係を視覚的に確認できる。	
バルブ制御	引抜制御	24時間タイマなどの引抜開始指令により，複数の弁を順次，１台ずつ開閉制御する。	①最大１６台までの弁の制御を行うことができる。 ②サイクリック回数を指定することができる。 ③次弁への移行条件には，引抜量による移行と引抜時間による移行を選択することができる。 ④制御中のモード変更時や異常発生時の動作パターンを指定することができる。 ⑤引抜量および引抜時間のカウント条件（寸開か全開か）を指定することができる。	 

るために，種々の仕様のブロックアイコンとフェースプレートを提供している。

図７に一例として，モータの運転停止のブロックアイコンおよびフェースプレートを示す。

モータやポンプの運転停止制御を実現するFBには，9種類の形状のブロックアイコンを用意しており，個々のブロックアイコンに対して，操作仕様の異なる３種類のフェースプレートを用意している。さらに，エンジニアリング設計時に，各フェースプレート上の文字列を自由に指定でき，また項目の一部はその機能を選択できるようにしている。

4.3　自動制御用標準ライブラリ

表３は，水処理システムでよく使用される自動制御用標準ライブラリである。

自動制御用ライブラリは適切な規模のFBやFCを複数用意し，FBやFCの組合せとそれらの間の信号を結線することによって，さまざまな要求仕様に対して柔軟に対応できるよう考慮した。

5　あとがき

GENESEED systemの監視制御機能を実現しているGENESEEDデザインとGENESEEDライブラリについて述べた。

今後も，HMIの表現，操作性，ならびにライブラリの拡充とエンジニアリング方法の改善を行い，使いやすく信頼性が高い水処理プラント制御の実現を目指していく所存である。

参考文献

(1)　酒井敏ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.404-408.

(2)　竹内良友ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.418-422.

「GENESEED system」監視制御機能のエンジニアリング

乳井　直樹（にゅうい　なおき）　小島　博（こじま　ひろし）　脇本　雅也（わきもと　まさや）

1　まえがき

水処理設備における監視制御システムの役割は年々増大してきており，要求される監視制御機能は高度化かつ複雑化してきている。このため，これを実現するためのエンジニアリングの増大およびその品質の確保が問題となってきている。

従来のエンジニアリングでは，設備の制御を行う制御プログラムと，監視を行う画面などの設計は別々に行っていたが，「GENESEED」監視制御システムではこれを一体化して実施することを特長としている。

本稿では，「GENESEED system」の監視制御機能とそのエンジニアリングの概要について説明する。

2　GENESEED system の監視制御システム構成

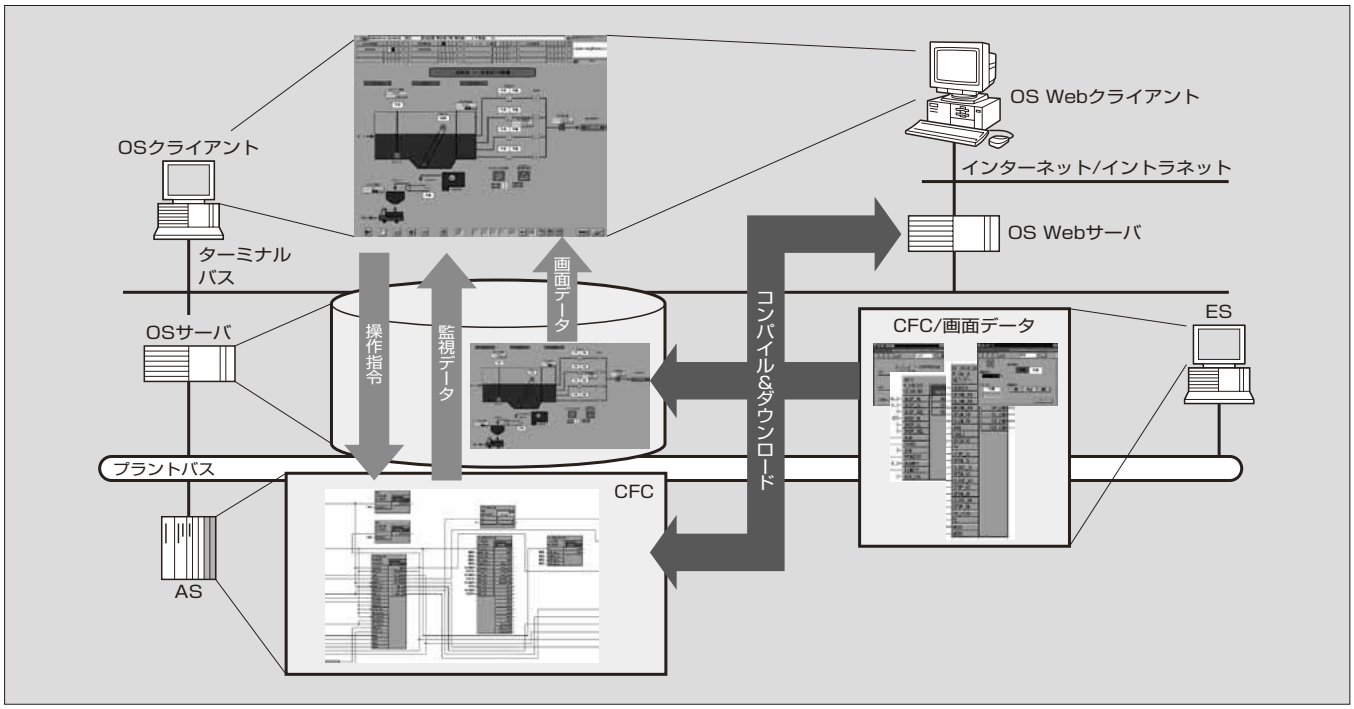
図 1 に GENESEED system の監視制御システム基本構成を示す。

2.1　エンジニアリングステーション

エンジニアリングステーション（ES）は，システム構成，制御機能，監視機能，データ処理機能，各種パラメータ設定など，監視制御システムに必要なアプケーション構築を行う重要なステーションである。

プラントの監視および制御に必要な種々のエンジニアリングデータは，すべて ES 内のデータベースで一元管理される。このため，設計者は必要最小限のデータを入力また

図 1　GENESEED system の監視制御システム基本構成



乳井　直樹

水処理分野向け監視制御システムの開発業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社産業プラント本部技術センター担当部長。

小島　博

水処理分野向け監視制御システムの設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部。

脇本　雅也

水処理分野向け監視制御システムの開発業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部。

は修正するだけで，関連するすべてのデータを自動生成・変更することができる。これにより，入力作業が効率化され，入力ミスなどのヒューマンエラーを原因とするデータの不整合を防ぐことができ，ソフトウェアの品質を向上させることができる。また，生成されたデータはコンパイル処理を通して，コントローラや HMI（Human Machine Interface）などの各コンポーネントが必要なデータに自動分割されダウンロードされる。

2.2　オペレータステーション

HMI 機能を実現するオペレータステーション（OS）はクライアントサーバ構成となっており，監視制御対象の規模に応じて，複数設置することができる。ES で作成したエンジニアリングデータの中で，プラントの監視操作に必要なデータは OS サーバにダウンロードされる。

OS サーバは監視に必要なプロセス値などのデータを AS（Automation System）コントローラに対して要求し，返送されたデータを OS クライアントに送信すると同時に，必要なものは帳票データとして保存する。さらに，AS コントローラから通知される故障信号などを OS クライアントに警報メッセージとして伝え，それらを警報履歴データとして保存する。一方，オペレーターによる操作指令などは，OS クライアントから OS サーバを経由して AS コントローラに伝えると同時に，操作履歴として OS サーバ内に保存される。

このように，OS サーバで監視制御データが一元管理されていることにより，共通のデータを複数の OS クライアントで同時に管理・監視・操作することができる。

2.3　Web クライアントと Web サーバ

GENESEED system では，Web による監視制御を行うことができる。OS サーバ用に作成した画面データを，専用のツールを用いてコンパイルすることにより，Web 監視用の画面データが自動生成され，これを Web サーバにダウンロードするだけで，OS クライアントと同等の画面が Web 上に公開される。これにより，インターネット上あるいはイントラネット上の汎用パソコン（Web クライアント）が，ブラウザ機能を利用して，OS クライアントと同等の監視操作を遠隔で行うことを可能としている。

Web サーバは OS サーバと同様にユーザー認証機能などを装備しており，Web サーバへのアクセスを制限することにより，高度なセキュリティを実現している。

2.4　オートメーションシステム

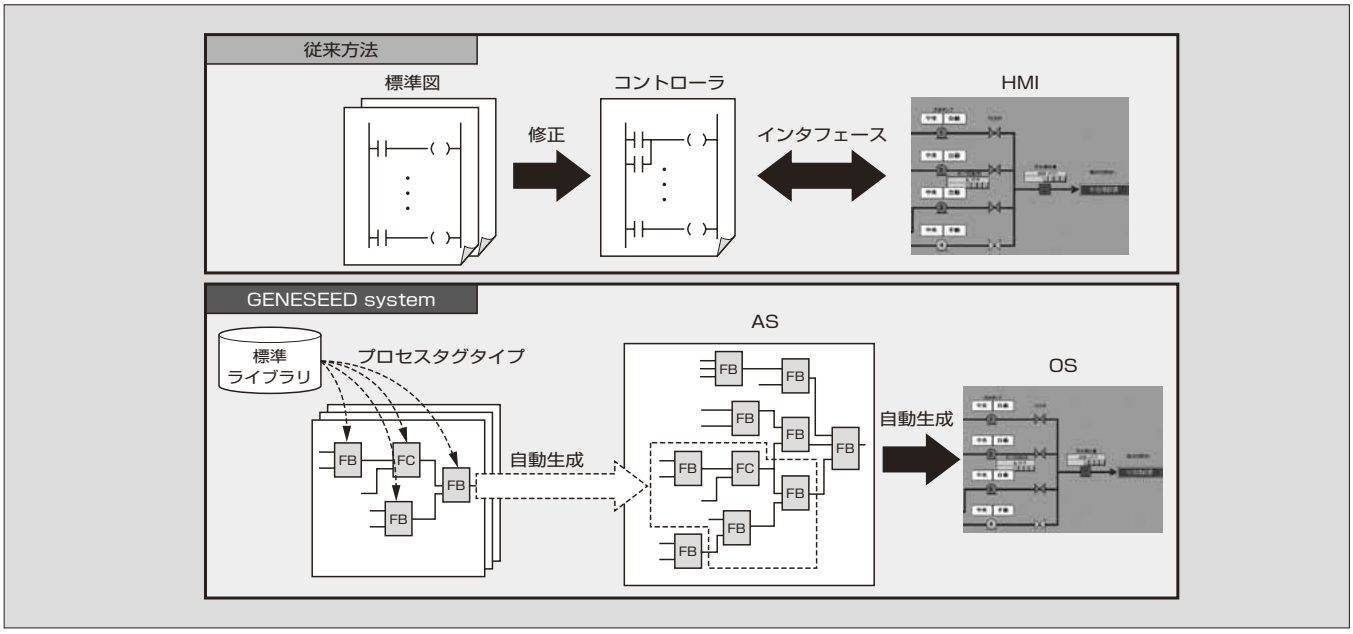
AS は，ES から格納される IEC61131（443 ページの「解説」参照）の FBD（Function Block Diagram）に準拠した CFC（Continuous Function Chart）形式の制御プログラムを実行する。CFC 中の FB（Function Block）と呼ばれるソフトウェア部品が OS サーバと AS とのインタフェースとなり，要求されたデータを OS サーバに対して渡すとともに，OS サーバからの操作指令が FB を通して AS から制御対象に出力される。

3　エンジニアリング方法

GENESEED system では，水処理設備の監視制御に特化した FB をソフトウェアライブラリ（GENESEED ライブラリ）として提供している。GENESEED ライブラリの FB は機器や設備の運転制御機能と HMI 機能が一体化した部品となっており，両者の相互接続はライブラリの開発段階でテスト済みとなっている。

以下に，従来のエンジニアリング方法と，GENESEED ライブラリの特長を生かしたエンジニアリングの方法を説明する。

図 2　従来方法と GENESEED system とのエンジニアリングの比較



3.1　従来のエンジニアリングとの比較

従来のエンジニアリングと GENESEED system のエンジニアリングの違いを**図 2** に示す。

(1)　従来のエンジニアリング方法

従来のエンジニアリングでは，要求仕様に類似した標準図（標準ライブラリ）を仕様に適合するように修正し，それを手作業で増幅して制御プログラムを作成していた。すなわち，設計品質を向上させるためには，高度な要求仕様分析能力とプログラミングのスキル，さらにはその検証能力が必要であった。

また，制御プログラムと HMI の設計者は通常は別々であり，両者のインタフェースは共通メモリを通して行っていた。このため，メモリの割付けミスを原因としたインタフェースの不一致を防止するための確認試験を実施していた。

(2)　GENESEED system のエンジニアリング方法

従来のエンジニアリングとは異なる GENESEED system のエンジニアリング方法について説明する。

(a)　GENESEED ライブラリでは，一般的な監視制御プログラムがあらかじめ組み込まれた標準ひな型プログラムパッケージ（プロセスタグタイプ）を用意している。

プロセスタグタイプは，さまざまな要求仕様に柔軟に対応できるように変更可能となっており，設計者はプロセスタグタイプと表計算ソフトウェアを利用することにより，容易に複数セットの監視制御プログラムを自動生成することができる。

(b)　GENESEED ライブラリは制御機能と HMI 機能が一体となっているため，制御機能のエンジニアリング時に HMI のエンジニアリングに必要な内容を一部定義し，ES 上でコンパイルするだけで，OS の表示画面の可変部分であるブロックアイコンや，警報メッセージなどのデータが自動的に生成される。

3.2　エンジニアリングの特長

GENESEED system のエンジニアリングの特長は以下のとおりである。

(1)　インタフェース品質の向上

GENESEED system のエンジニアリングでは，制御プログラムと HMI 間のインタフェースが保証されている GENESEED ライブラリを使用し，かつ HMI データが自動で展開されるため，インタフェースの品質が格段に向上すると同時に，確認試験が不要となるため，エンジニアリングの効率も向上する。

(2)　メモリ割付けミスの解消

GENESEED system の CFC に記述されるプログラムにはメモリが存在せず，プログラム間の通信は FB に実装されている接続端子を，グラフィカルな実線で結合することにより行われる。このため，メモリの割付けミスが完全になくなるだけでなく，信号の伝達がすべて結線で行われることにより，プログラムの可読性も向上する。

(3)　冗長化システムを意識しないプログラム設計

従来の機種における冗長化システムのエンジニアリングでは，データの等値化を意識したアプリケーションプログラムを構築しなければならないため，設計，検証に非常に多くの時間を要していた。

GENESEED system では，シングルシステムと冗長化システムのアプリケーションプログラムの違いは一切なく，設計者の簡単な定義のみで，冗長化システムを構築することができる。このため，エンジニアリング時間の大幅な短縮が可能となるだけでなく，シングルシステムから冗長化システム移行時のソフトウェアの継承が可能となる。

4　エンジニアリング機能の概要

4.1　階層設計とオーバービューエリア

プラント画面は，実際の設備を模擬して階層的に構成されるが，GENESEED system ではプラント画面の階層構造を，ツリー表現を利用して構築することができる。

このツリーの各レベルには，該当する階層のプラント画面のデータがエンジニアリングの作業を通して構築され，さらにその画面に関係する制御プログラム（CFC）も同じレベルに複数配置される。

設計完了後にコンパイル処理を実行することにより，プラント画面の選択表示ボタンと，異常を集約して通知する異常表示アイコンが，プラント画面の階層構造を反映して，オーバービューエリアに自動生成される。

このように，GENESEED system では階層的なプラント画面と，階層のレベルに対応した異常表示が自動で生成されるため，良質な監視制御機能を容易に構築することが

図 3　階層設計の概念図

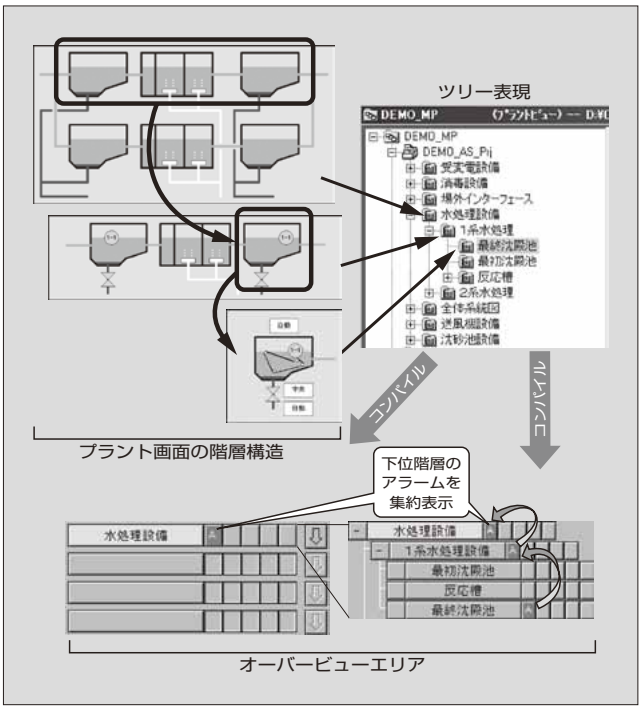


図 4　プロセスタグタイプによる増幅エンジニアリング

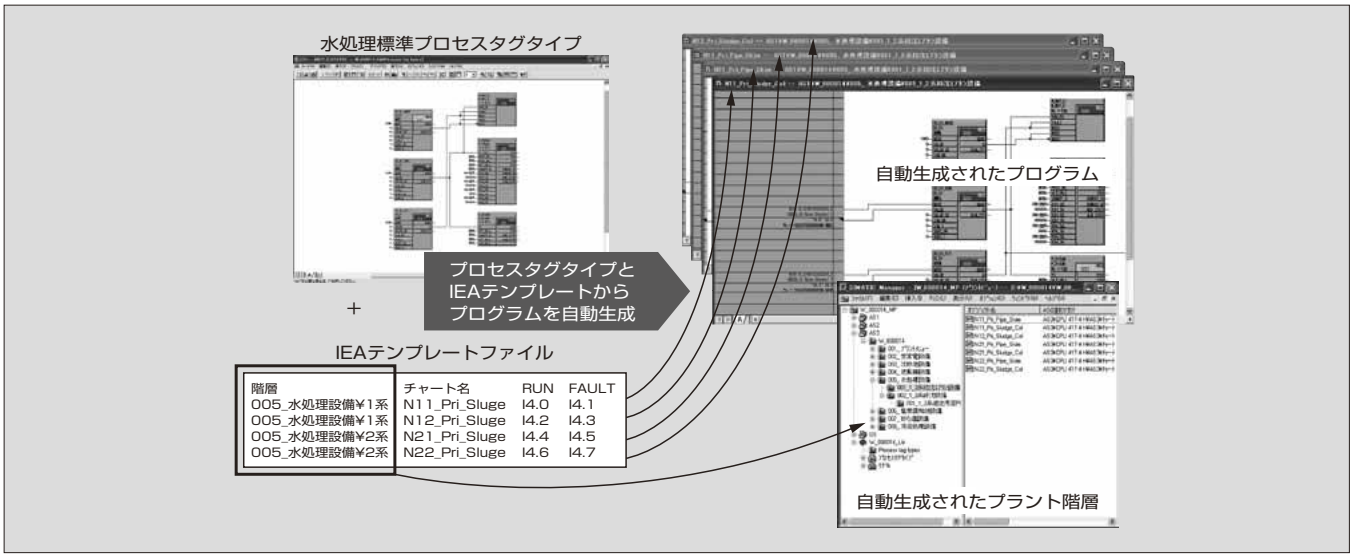
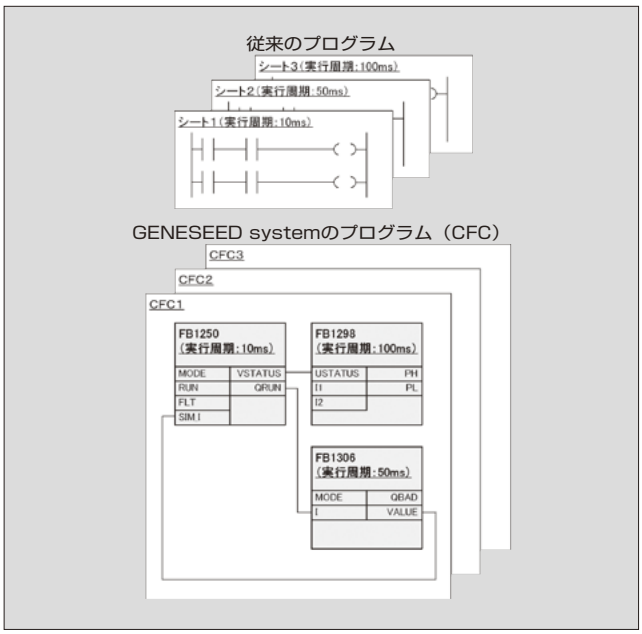


図 5　FB 単位の実行周期指定



できる。**図 3** に階層設計の概念図を示す。

4. 2　プロセスタグタイプによる増幅エンジニアリング

GENESEED system では，制御内容に応じた種々のプロセスタグタイプを用意している。**図 4** に示すように，制御対象機器ごとに異なる，入出力パラメータ，ブロックアイコンの種類，出力メッセージの内容，制御プログラム（CFC）の作成先などを，IEA（Import Export Assistant）テンプレートファイルに入力し，これを自動展開することにより，指定したプロセスタグタイプをひな型とした，複数のプログラムが瞬時に一括生成される。

4. 3　ブロック単位の実行順序指定

従来機種におけるプログラムの実行周期は，プログラムシート単位で指定され，シート内の各命令はすべてそのシートの実行周期で演算されていた。このため，異なる周期で実行される連続した制御内容を，同一のシートにまとめて記述することができず，このことがプログラムの可読性を阻害し，設計や検証の障壁となっていた。

図 5 に示すように，GENESEED system では同一の CFC 内の各 FB に対して，個別に実行周期を指定することができる。このことにより，異なる周期で実行しなければならない連続した制御プログラムを，同一の CFC 上で表現することができ，制御仕様書と対応した可読性に優れたプログラムが容易に実現可能となっている。

5　あとがき

GENESEED system の監視制御機能と，そのエンジニアリングの概要について説明した。

今後も，これまで培ってきた水処理プラントのノウハウを十分に活用し，市場の要求を取り込み，GENESEED system の監視制御機能を向上させていく所存である。

参考文献

(1)　竹内良友ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.418-422.

「GENESEED system」エンジニアリングサポートツール

金子　昌幸（かねこ　まさゆき）　南　正純（みなみ　まさずみ）　蓬田　登（よもぎだ のぼる）

1　まえがき

「GENESEED」監視制御システムでは，標準化され検証済みのソフトウェアを繰り返し使用できることで，複雑なソフトウェアを高品質で提供できる。しかし，いくら高度な機能を持った装置であっても，プラントに適用するにあたっては，要求機能を確実に実行できるか否かを第三者的な視点で確認し，その証拠を残すことが必要である。

富士電機は，水処理システムの第一人者として長年培ってきた技術とノウハウにより，GENESEED 監視制御システムを上下水道のプラントにフィッティングさせ，品質保証できるように改善を行っている。本稿では，その一部を紹介する。

2　エンジニアリング方式の変革

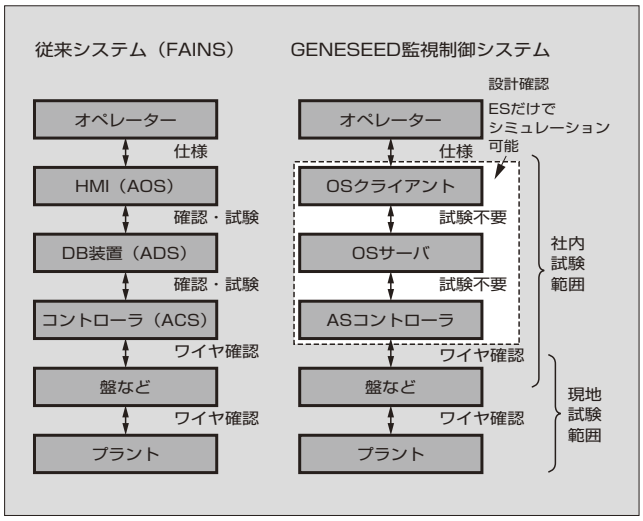
従来の監視制御システムのエンジニアリングでは，**図1**のように，各装置間のインタフェース確認作業を必要とした。

GENESEED 監視制御システムでは，従来のエンジニアリングと違い，「コントローラ ↔ データベース装置 ↔ HMI（Human Machine Interface）」間でのデータの連携が保証されている。したがって，この部分についてのインタフェース確認は一切不要である。これはシステム全体の品質を飛躍的に向上させるとともに，システム構築時の作業効率アップを実現している。

また，GENESEED 監視制御システムでは ES（Engineering Station：ソフトウェア設計を行う装置）上で仮想的にコントローラ，データベース装置，HMI を構築し，接続することができる。そして，その仮想的なシステム上でシミュレーションを実現することが可能となった。

これにより，従来はすべてのソフトウェア設計が完了した後に，その確認試験などを実際のシステムを模擬した環境を整え実施していたことが，ソフトウェア設計と同時に確認できるようになった。そして，この機能は，設計と確認試験を行う部門の壁をなくすことへとつながり，設計部門から試験部門へと中継してソフトウェアを完成させていく従来のエンジニアリング方式を，一つのソフトウェアを完成させるためにその都度編成されるチーム方式（プロジェクト制）へと発展させた。

図1　従来システムとのエンジニアリング方式の違い



3　さらなる品質向上と効率アップツール

前述したように，GENESEED 監視制御システムのエンジニアリング方式は，従来のソフトウェア製作に比べて品質と作業効率が飛躍的に向上したが，それでもなお，次のような課題については改善の余地が残されている。

3.1　設計支援とドキュメント作成

ES の外側でエンジニアリングしている仕様書情報の展開や試験ドキュメント作成は，従来システムと同様に効率化のネックになっており，設計の支援やドキュメント作成の補助システムとしてのサポートツールが必要である。

3.2　ソフトウェアの水処理プラント適合性の向上

システム全体のプラント適合性を評価・向上させるため

金子　昌幸

水処理プラント用制御システムの品質保証業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部品質保証部マネージャー。

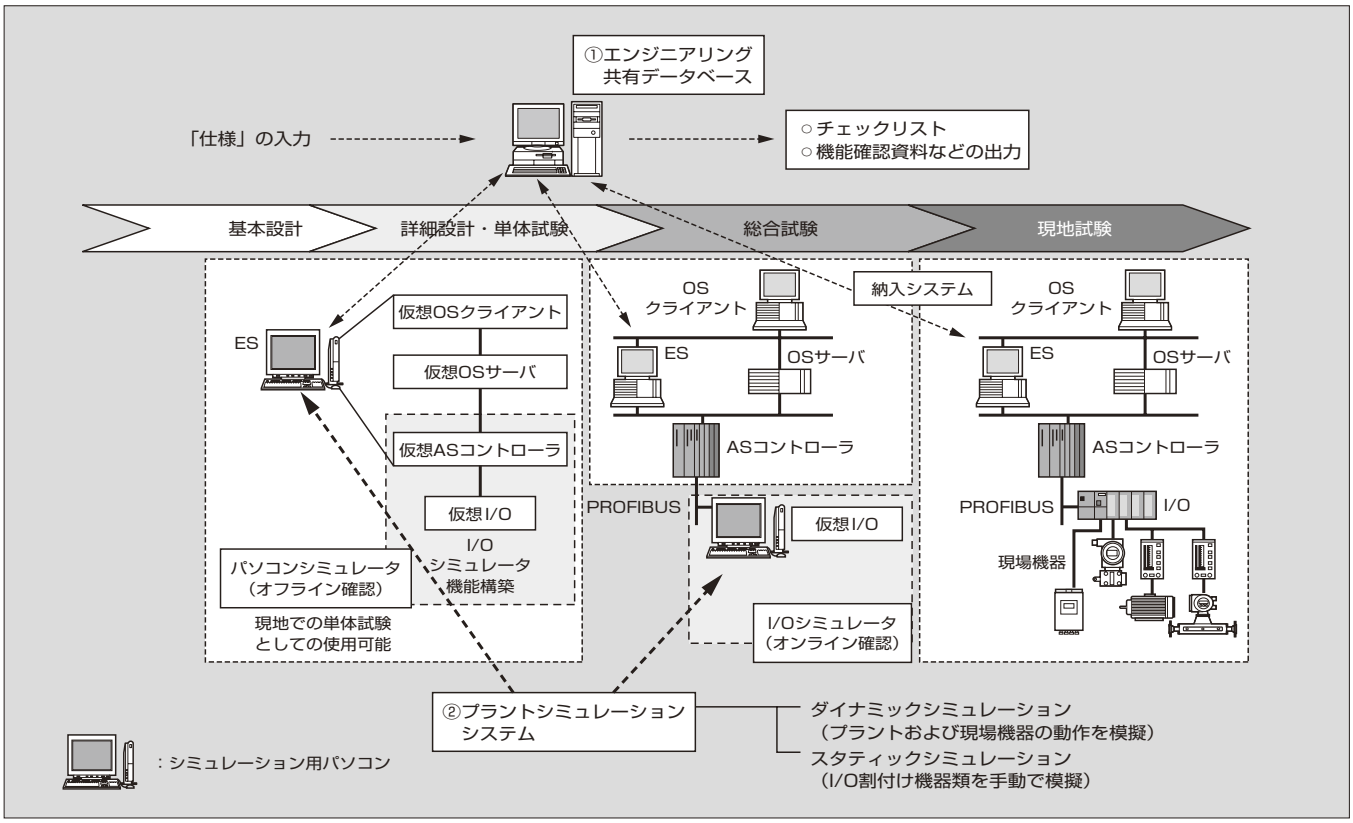
南　正純

水処理プラント用制御システムの品質保証業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部品質保証部課長補佐。

蓬田　登

水処理プラント用制御システムの品質保証業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部品質保証部課長補佐。

図 2　サポートツールの全体概要



に，ES の持っている機能に加え，従来から保有しているシミュレーション技術を見直し，移植・再製作することにより，水処理特有のシミュレーションを実現するツールを構築する必要がある。

今回，前述の課題対策として，二つのサポートツールの開発を実施した。**図 2** に，その全体概要を示す。①のエンジニアリング共有データベースは，設計・試験の効率化を支援し，②のプラントシミュレーションシステムは，ES で設計した各種アプリケーションプログラム類の効率的な機能確認を実現する。本システムは，ダイナミックおよびスタティックシミュレーション機能を持ち，各フェーズの異なるハードウェア環境でも機能確認できるように，2 種類のツール（I/O シミュレータ，パソコンシミュレータ）で動作する。以下に，開発したサポートツールの機能を紹介する。

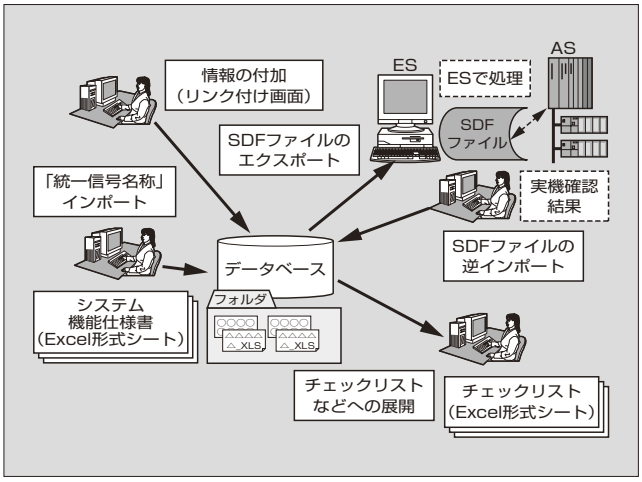
4　設計支援とドキュメント作成ツール

設計支援と試験用ドキュメント作成のためのツールとして開発した，エンジニアリングデータベースの機能概要を **図 3** に示し，以下に各フェーズでの機能を説明する。

4. 1　設計作業の効率化

データベースでは仕様書の設備情報から，ES 上で設計する際に必要となる信号名称や補助情報などの基本情報を加工・編集し，コントローラ単位で SDF ファイル〈注 1〉形式で取り出すことができる。このファイルを ES にエクスポートすることにより，設計の初期情報設定作業を大幅に短縮することができる。また，ES 上で変更・修正した内容は仕様書にもフォローされるため，情報の統一管理が容易にできるようになる。

図 3　エンジニアリングデータベースの機能概要



4. 2　ドキュメント作成の自動展開

SDF ファイル情報は，設計段階における I/O 割付け

〈注 1〉SDF ファイル：ES 内にて使用される補助情報定義ファイル（SDF：System Data Format）

情報としてドキュメント化される。試験では，仕様書やESで設計されたデータベース情報を基に，試験確認用のチェックリストとして加工・編集され，最終段階では成績書として出力できる。

データベース上では，チェックリスト（Excel〈注2〉形式）編集時に付加情報として編集された内容もあわせて，仕様書に自動展開される。これらの機能により，ドキュメント作成の大幅な効率化が実現できる。

4.3　警告機能と掲示板

実際の運用では，仕様の変更や機器の追加などが発生して，何度も仕様書からの読込みやSDFファイルのインポート，エクスポートが繰り返される。

再登録，変更・修正・追加などの作業において，修正漏れなどで，データベース内の仕様書とSDFファイルが不一致となることがある。このような場合には，一覧表による不一致情報の表示と，データの色替えによる警告表示を行っている。これにより，作業に対する注意を促すことができ，データベースの不一致を防止することができる。

掲示板機能は，作業日時，作業時の注意書きや申し送り事項などを自由記述できる。記述した内容は，データベースを使用するクライアントの開始時に画面に表示され，注意を促すことができ，さまざまな場面で活用できる。

4.4　ユーザー機場管理

増設，改造あるいは書類作成などでプロジェクト検索する場合，県や郵便番号などの「地域」をキーに，納入時の製造番号に関係なく迅速に検索できるよう，データベースを浄水場や処理場単位とし，下位に各機場のプロジェクトで構成するようにした。

機場単位のパスワード管理も準備しているので，機場内で作業する担当者のみ，公開可とする設定も行える。

〈注2〉Excel：米国Microsoft Corp.の登録商標

表1　プラントシミュレーションシステムの特長

		パソコンシミュレータ		I/Oシミュレータ	
動作概要		ES単独にて動作可能なシミュレータ		ASのI/Oと同等機能をパソコンで実現	
今回開発	スタティック	○		○	
	ダイナミック		○		○
	特　長	①AS単位の試験 ②I/Oエリア書換え可 ③AS側への介入不要	①ASレスでプラント動作確認可能 ②豊富なモジュール	①I/Oレスでの試験が可能 ②信号名称表示（補助情報表示） ③ランダム選択表示	①I/Oレスでプラント動作確認可能 ②豊富なモジュール
導入前	現状機能	①ESでプログラムごとでシミュレーションモード設定 ②プログラム単位の確認主体	―	①信号名称表示なし	―

5　プラントシミュレーションシステム

今回開発したプラントシミュレーションシステムは，それを搭載する2種類のツールと組み合わせることにより，導入前のESにて行っていたプログラム単位での機能確認を，より実体に近いコントローラ単位として，構築・確認ができる。また，プラント動作確認のためのシミュレーション構築が容易になるなどの機能充実を図っている。**表1**にその特長を記載し，詳細については後述する。

5.1　ダイナミックシミュレーションの機能と特長

ダイナミックシミュレーションは，AS（Automation System）コントローラの総合機能確認を支援するために，水処理プラントに特化して作成されたモジュールである。システム内にモータやバルブなど全33種類のモジュールを用意し，ライブラリとして登録してある。**図4**には，そのモジュールの一部を抜粋して表示した。

これらのモジュールを自由に組み合わせることにより，フィールドに近い環境でのシミュレーションが実行可能と

図4　動作モジュール一覧（抜粋）

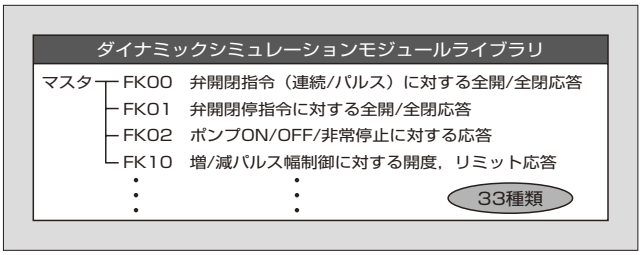


図5　ダイナミックシミュレーションの動作例

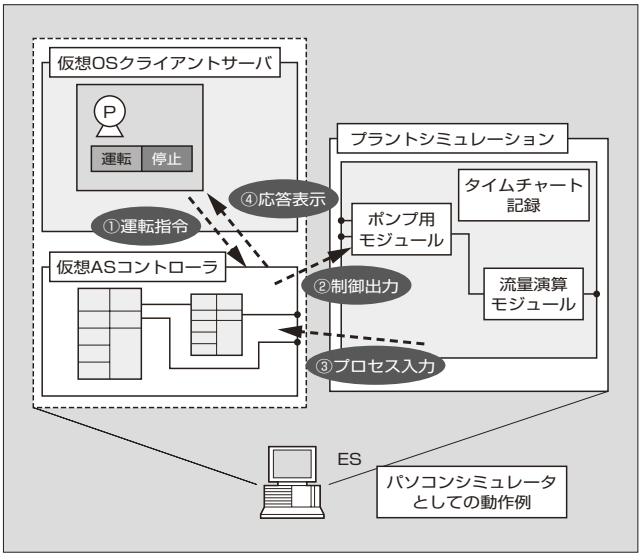
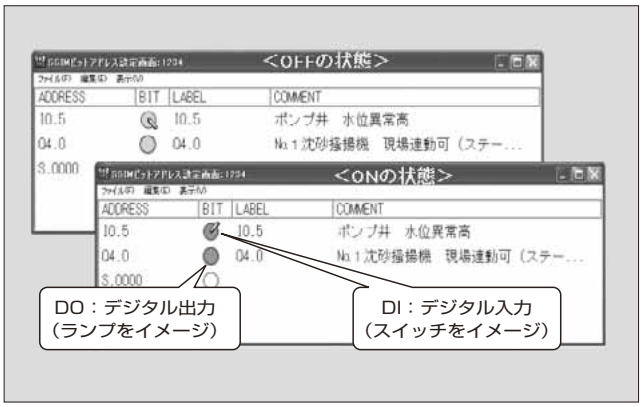


図6　スタティックシミュレーションの表示例



なる。これによりアプリケーションソフトウェアのプラント適合性の評価などを行うことができ，高品質を確保できる。

図5に機能確認時の動作例を示す。左側はOSの確認画面や，コントローラ内に作成されたプログラムなどであり，右側は実際に構築するダイナミックシミュレーションの例である。OS画面からのポンプ運転指令①に対して，ASコントローラのプログラムを介し，制御出力②としてプラントシミュレーションシステムに通知される。構築したポンプモジュール・流量演算モジュールでは，現場機器およびプロセス状態をシミュレーションし，動作情報をコントローラにプロセス入力③として，応答するものである。

導入効果として，下記のような内容を期待できる。

(1)　評価品質の均一化

ライブラリ使用により，構築者のスキルに影響されずにシステム構築ができるため，確認時の品質のばらつきを抑えることができる。

(2)　ユーザープロジェクト管理と再利用

ダイナミック機能で作成した，モデルプラントおよびプラントパラメータ（弁のフルストローク時間など）を，試験完了時点で納入する浄水場や処理場のプロジェクトごとに保管でき，再利用による効率化が図れる。

(3)　設定データ・情報の共有化

設定したパラメータや情報は，I/Oシミュレータとパソコンシミュレータで共有でき，設計確認段階から現地調整までの各場面で活用できる。

5.2　スタティックシミュレーションの機能と特長

スタティックシミュレーションは，OS（Operator Station）の画面やASコントローラのロジック図などの単体機能確認，動作確認時の条件入力（故障信号など）に活用できる。**図6**に，その表示例を示す。

操作として，DIのオンオフ機能は画面上のスイッチの絵をクリックすることで実現し，DOはランプに見立てたシンボルの色替えにより，状態を表現している。また，データベースで展開した設備情報（信号名称）を，コメントとして表示することにより，操作・確認ミスの防止や効率的な試験が行える。

6　プラントシミュレーションの適用

本章では，プラントシミュレーションシステムが搭載できる，2種類のシミュレータの機能と特長を紹介する。

6.1　I/Oシミュレータの機能と特長

I/Oシミュレータは，Windows〈注3〉パソコンにPROFIBUS（プロフィバス）ボードを実装し，上記のシミュレーションシステムソフトウェアをインストールすることにより，ASコントローラに接続されるI/Oカードと同様の，仮想I/Oでの動作確認が可能となる。

ASコントローラとOSサーバ・クライアントを組み合わせた状態での，プラント制御プログラムの確認やOSクライアントでの画面確認など，システム全体を組み合わせた総合試験時に機能を発揮する。

導入効果として，下記のような内容も期待できる。

(1)　配線レスによる効率的な構築

ASコントローラの，I/O外部端子からハードシミュレータへの配線レス化が図れる。また，配線ケーブルなどの試験設備保有の合理化も図れる。

(2)　I/O点数の制約なし

ASコントローラ1台ごとの入出力信号すべてをパソコンでカバーしているため，システム全体の動作確認ができる。

(3)　コントローラと分離した動作環境

動作確認のために実施していた，コントローラへのシミュレーションソフトウェア構築などが不要のため，プログラム動作への影響を防止することができる。

6.2　パソコンシミュレータの機能と特長

パソコンシミュレータは，ESにプラントシミュレーションシステムソフトウェアをインストールすることにより，I/Oシミュレータと同様の仮想I/O空間が構築でき，実入出力同等の動作確認が可能である。これにより，ASコントローラ単位のソフトウェアの確認がパソコン上で実現できる。

プラント制御プログラムの確認やOSでの画面確認など，設計段階での単体試験時に機能を発揮する。早い段階でのエラー検出，除去が行え，結果として低コストで高品質なプログラムを作り込むことができる。

これにより従来以上の確認品質の向上が期待できる。

導入効果として，下記のような内容も期待できる。

(1)　実機レスによるマシン構築

現地における改造・修正時の機能確認が実機レスで実行可能となり，工場返却によるマシン構築・確認作業を省力化できる。

(2)　訓練用マシンとしての活用

〈注3〉Windows：米国Microsoft Corp.の登録商標

プラント異常時における対処方法や運転操作などのオペレーター訓練にも活用できる。

7　あとがき

GENESEED 監視制御システムにおけるエンジニアリングサポートツールについて紹介してきた。

全体エンジニアリングの中で，設計の単体試験を含めた試験にかかわるコスト割合は非常に高く，スリム化が大きな課題であることには変わりがない。

高効率で高品質なエンジニアリングを支えるツールの開発やエンジニアリング環境改善をさらに進めることにより，「水処理技術の富士電機」としてユーザーに信頼される「GENESEED system」を提供していくよう，活動を継続していく所存である。

参考文献

(1)　竹内良友ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」のエンジニアリング支援ツール．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.418-422.

解　説　IEC61131【関連論文：p.435-438】

IEC（International Electrotechnical Commission）では，1979 年に作業部会を設置し，プログラマブルコントローラのハードウェア設計，インストール，テスト，ドキュメンテーション，プログラミング，通信から成るプログラマブルコントローラの仕様の標準化を行った。仕様は以下のとおり，五つの Part に分かれる。

○Part 1：General information（一般情報）
○Part 2：Equipment and test requirements（機器要求事項および試験）
○Part 3：Programming languages（プログラム言語）
○Part 4：User guidelines（使用者の手引）
○Part 5：Communications（通信）

このうち，Part 3 がプログラム言語に関する規定であり，次の 5 言語が規定されている。

(1)　SFC（Sequential Function Chart）
(2)　IL（Instruction List）
(3)　ST（Structured Text）
(4)　LD（Ladder Diagram）
(5)　FBD（Function Block Diagram）

「GENESEED system」には，SFC，ST および FBD に準拠したプログラミング言語があり，ユーザーは制御内容に応じて，適した言語を使い分けることができる。

「GENESEED system」中小規模監視制御システム

特集

清水　浩（しみず　ひろし）　　吉田　昭（よしだ　あきら）

1　まえがき

大規模水処理施設では，監視制御システムに高機能・高信頼性・長期保守可能な分散型制御システム（DCS）が多く使われている。一方，中小規模水処理施設の監視制御システムへのニーズは，規模に適合した経済性である。経済性重視のシステムは，FA 分野で進化を遂げてきた汎用 PLC（Programmable Logic Controller）と計装技術を統合した，いわゆる PLC 計装システムが適していると思われるが，DCS に比べ耐環境性・機能・長期保守性に課題が残されている。

富士電機は，豊富な DCS 技術をベースとして，重要な機能・性能・保守性を維持しつつ PLC 計装の持つ経済性を実現した水処理専用の中小規模監視制御システム「EXIONSTAR〈注1〉」（エクシオンスター）を開発した。

2　開発コンセプト

EXIONSTAR は中小規模水処理施設に求められている経済性を，機能や能力を施設規模に合わせてスリム化することで実現した。具体的には以下のとおりである。

2.1　経済性

水処理施設向けに開発した小型コントローラにループ制御機能を搭載することで経済的な DCS を実現した。

2.2　耐環境性

JEIDA〈注2〉63（2003 年）規格の S3 クラスを目標にコントローラの CPU 部，電源部および通信部の基板をコーティングし，水処理施設で使用する際の耐環境性を向上させた。

2.3　柔軟性・拡張性

HMI（Human Machine Interface）に Windows〈注3〉環境をベースにしたオープン素材を活用することで柔軟にカスタマイズができ，拡張性に優れたシステムとしている。

2.4　信頼性・保守性

コントローラの二重化を可能としたことで信頼性の向上を図り，また HMI には耐環境性に優れた産業用製品を採用し，10 年間の長期保守として高い保守性を実現した。

3　システムの概要

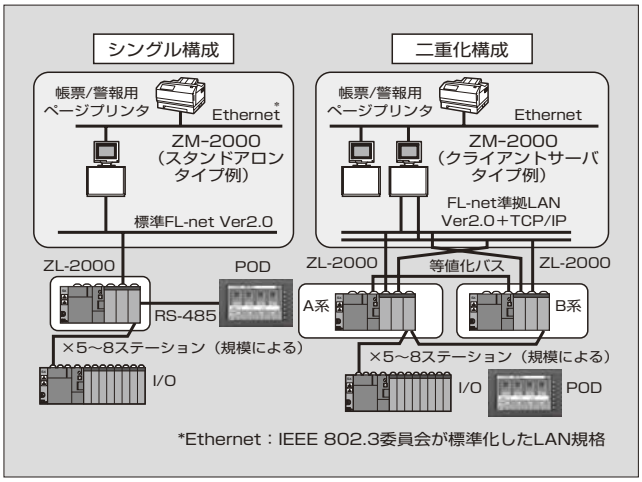
EXIONSTAR は，DCS である「FAINS-AX」のシステム構築手法と産業用 HMI 製品をベース技術とし，水処理施設向けに開発した新しいタイプの DCS である。シングル構成のハードウェアを流用して二重化構成に拡張できるなど柔軟性を備えたシステムである。

〈注1〉EXIONSTAR：富士電機システムズ株式会社の登録商標（出願中）

〈注2〉JEIDA：日本電子工業振興協会

〈注3〉Windows：米国 Microsoft 社の登録商標

図1　EXSIONSTAR のシステム構成



清水　浩

上下水道電気・計装システムの設計・とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部事業企画部課長。

吉田　昭

上下水道電気・計装システムの設計・とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部東技術部課長。

3.1　ハードウェア構成

図 1 に EXIONSTAR のシステム構成，**表 1** に EXION STAR の基本仕様を示す。

(1)　制御 LAN

シングル構成の制御 LAN には標準 FL-net〈注 4〉 Ver.2.0 を採用し，二重化構成には，FL-net 準拠 LAN を採用した。

〈注 4〉FL-net：財団法人製造科学技術センターが標準化した通信規格

表 1　EXIONSTARの基本仕様

ZM-2000仕様			
形　式	スタンドアロン	クライアントサーバ	
		サーバ	クライアント
OS	Windows Server 2003	Windows Server 2003	Windows XP
CPU	Pentium* 4 2.6 GHz	Pentium 4 2.6 GHz	Pentium M 1.8 GHz
制御LAN	標準FL-net Ver.2		
コントローラ数	5～8台以上（点数規模による）		
ループ制御数	32ループ/一次・二次カスケード		
オプション	データバンキング，Webリモート監視，POD		
ZL-2000仕様			
CPU	256kステップ		
メモリ容量	2Mワード		
外部メモリ	コンパクトフラッシュメモリ		
ループ制御数	8～32ループ（条件による）		
制御LAN	シングル構成時：FL-net Ver.2.0（100 Mbits/s） 二重化構成時：FL-net準拠LAN（100 Mbits/s）		
フィールドLAN	シングル構成時：Tリンク 二重化構成時：LE-netloop2		
エンジニアリングツール	D300WIN		
耐環境性（目標）	JEIDA 63 S3クラス（CPU部，電源部，通信部）による周囲温度－25～70℃，湿度5～100％RH，温度変化±15℃において硫化水素濃度0.1 ppm，塩素濃度0.1 ppmへの対応		
拡張性	シングル版から二重化版へは，システムソフトウェアの入換えおよび一部ハードウェアの入換えのみであり，アプリケーションソフトウェア資産は移行できる。		
二重化仕様			
スタート方式	ウォームスタンバイ		
同期方式	非同期		
等値化実行タイミング	イニシャル時，定周期		
等値化周期	200 ms定周期		
等値化時間	ハードウェア能力320kワード/700 ms （設計能力70kワード/50 ms）		
等値化容量	ハードウェア能力320kワード（設計能力70kワード）		
切換時間	130 ms（最大1 s）		
切換条件	稼動系MPU重故障，ストップ・リセット操作		
I/Oリフレッシュ性能	512ワード/40 ms		

＊Pentium：米国Intel社の登録商標

(2)　HMI（ZM-2000）

ZM-2000 では，システム規模に応じてスタンドアロンとクライアントサーバを選択してシステム構築できる。

(3)　コントローラ（ZL-2000）

ZL-2000 は，JIS B 3501 ～ 3 に準拠したアーキテクチャを採用している。さらに，ウォームスタンバイ方式によるコントローラの二重化で信頼性を向上させている。

3.2　ソフトウェア構成

ZM-2000 では，ループ制御モジュールを標準装備した。一次調節計と二次調節計のループ画面を固定化してソフトウェア設計からデバッグまでのエンジニアリングの効率と品質を向上させ，経済的で品質の高いシステムを実現した。

3.3　ソフトウェアコンテンツ

(1)　ループ画面および設定画面

ZM-2000 では，ループ画面および設定画面を標準装備し，DCS と同等の機能を持ちながらこのクラスに必要な最大 32 ループまでサポートしている。

図 2 および**図 3** にループ画面を示す。

(2)　POD オプション

EXIONSTAR では，富士電機のプログラマブル操作表示器（POD）との接続をサポートしている。中央に設置

図 2　ZM-2000 調節計のループ画面

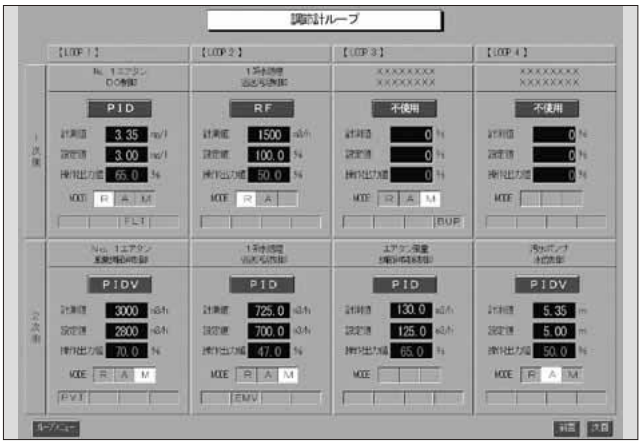


図 3　ZM-2000 一次側および二次側ループ制御画面

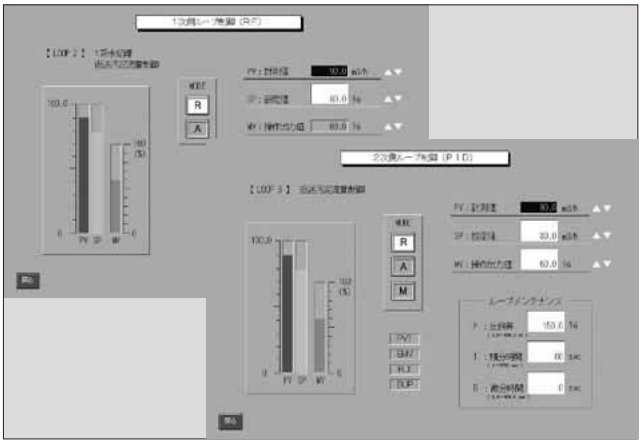


図 4　POD タイマ設定画面

されたHMIの異常時には，PODで調節計と同等なバックアップが経済的に実現できる。特にニーズの高いタイマ設定画面は標準装備で，カスタマイズによりループ画面なども用意できる。**図 4** にPODのタイマ設定画面を示す。

(3)　Webリモート監視オプション

ZM-2000では，情報系にWeb監視が可能なシステムを提供している。これにより，インターネット経由でリモート監視が可能になる。

4　あとがき

年々高度化するセキュリティへのニーズは，情報系に限らず下位のフィールド制御システムにまで及んでいる。今後はオープン性の追求と同時にアクセスレベルに合わせたセキュリティの強化を実施することで，EXIONSTARを継続的に進化させていく所存である。

「GENESEED system」テレメータ・テレコントローラ

泉田　明男（せんだ　あきお）　佐藤　隆道（さとう　たかみち）　小林　茂洋（こばやし　しげひろ）

1　まえがき

上下水道事業を取り巻く環境は大きく変化しており，より一層効率的な事業運営が求められている。その中で，遠方監視制御システムは配水池やポンプ場など，広域に点在した管理対象施設の効率的運用の実現に不可欠な構成要素であった。

近年，通信インフラ整備に伴い，通信手段の多様化が進み，広域ネットワーク（インターネット，携帯電話，公衆回線など）を活用したシステムやIP（Internet Protocol）通信技術を用いたシステム構築例が増えており，目的，用途，規模などによる通信手段の選択肢が広がってきた。富士電機でも，従来のテレメータ・テレコントローラでは実現が難しい広域ネットワーク対応のシステムの実現にも対応してきている。

しかしながら，「安全・安心・安定」に示される上下水道施設の使命を考えたとき，テレメータ・テレコントローラは伝送速度や情報量に制約はあるものの，高い信頼性を持ち，多くの実績を残している通信手段として，上下水道システム構築上，今後も重要な装置である。「GENESEED system」においても遠方監視制御システムを支える技術として，小容量から大容量までの製品ラインアップをそろえている。

本稿では，GENESEED systemにおけるテレメータ・テレコントローラを適用した遠方監視制御システムの機能を紹介する。

2　上下水道施設に求められる遠方監視制御システムの要件

上下水道施設は，公共ライフラインの基幹をなすものであり，安全・安心・安定に運用されることが不可欠である。遠方監視制御システムもその構成要素として，単なる通信装置だけではない機能が必要であり，以下にその要件について述べる。

2.1　高信頼性

上下水道施設は，災害発生のような緊急時にも安全・確実にその機能を発揮することが求められる。遠方監視制御システムも，「情報伝送」および「装置固有」の両面で高い信頼性を有するものでなければならない。

また，近年，監視制御システムが開かれたネットワークに接続される機会が増えているが，セキュリティ強化の点からも伝送回線は専用化とすることが望ましい。

2.2　拡張性

施設の拡張に加えて，市町村合併による施設統合など，広域なネットワーク構築の要求は今後も増えると考えられる。管理対象施設の増減に対して柔軟に対応し，フレキシブルにシステムを構築できることが必要である。

2.3　維持管理性

上下水道は維持管理の時代に入っており，各自治体においては，普及率の向上に伴う収入増が見込めない状況である。したがって，保守の手間および維持費の低減を図るシステムを構築することが強く求められている。

3　テレメータ・テレコントローラの構成と特徴

3.1　フレキシブルなシステム構成

テレメータ・テレコントローラシステムは，GENESEED systemの遠方監視・制御部分であり，主に制御局（親局）と被制御局（子局）で接続構成される（**図1**）。

(1)　回線の接続構成

テレメータ・テレコントローラシステムとして一般的に使用される回線の接続構成は，1：1構成である（**図2**）。

そのほかに広域・集中監視制御に向いている1：1×N構成（**図3**）と広域，分散監視制御システム時の子局中継局（親局↔子局↔孫局）構成（**図4**）もでき，多様な形態の水処理施設にも適用が可能である。

(2)　システム稼動率の確保

設備の連続運転・運用，稼動率の向上として二重化

泉田　明男

上下水道電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部課長。

佐藤　隆道

水処理分野のプラント制御システムの企画・設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部東技術部。

小林　茂洋

テレメータ・テレコントローラの開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場開発設計部主任。

図1　テレメータ・テレコントローラの外観

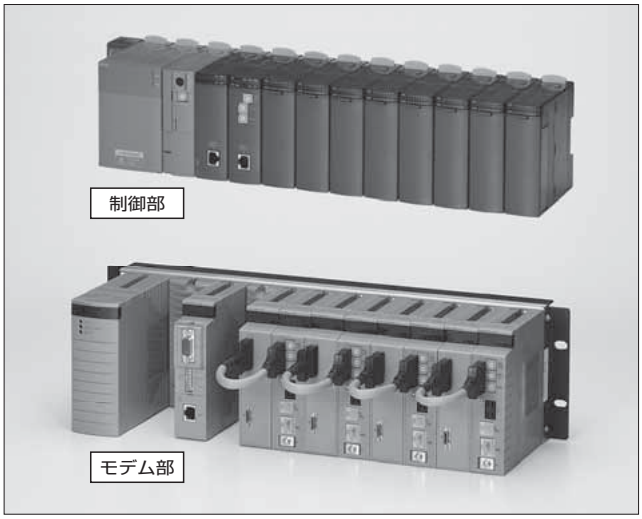


図2　1：1 システムの構成

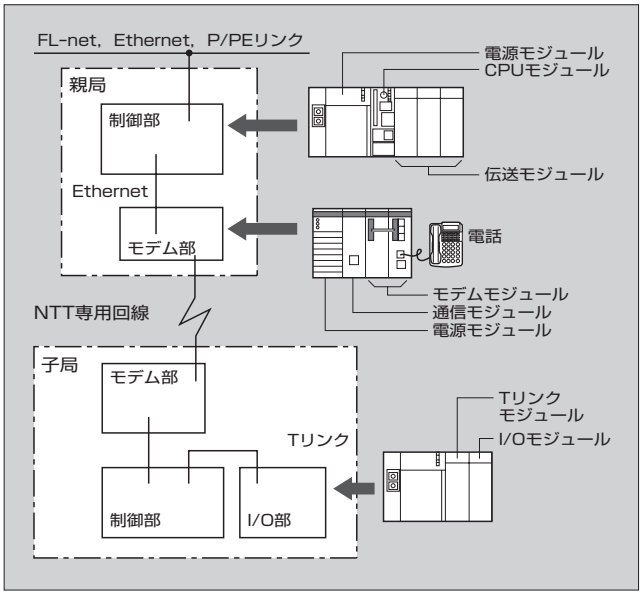


図3　1：1 × N システムの構成

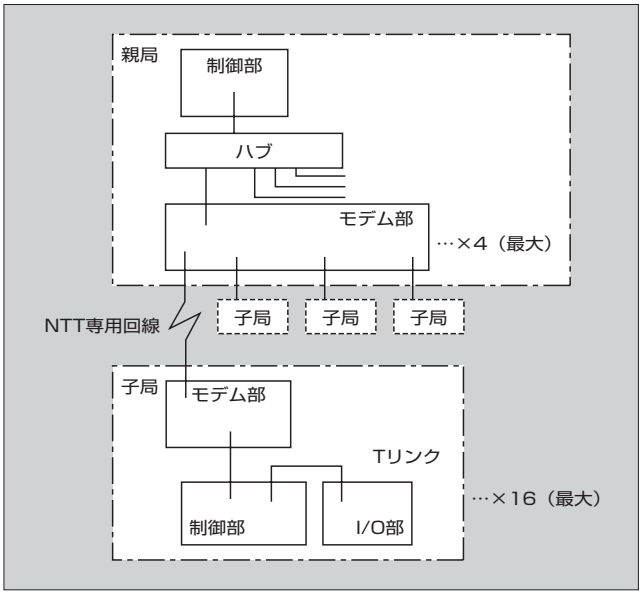
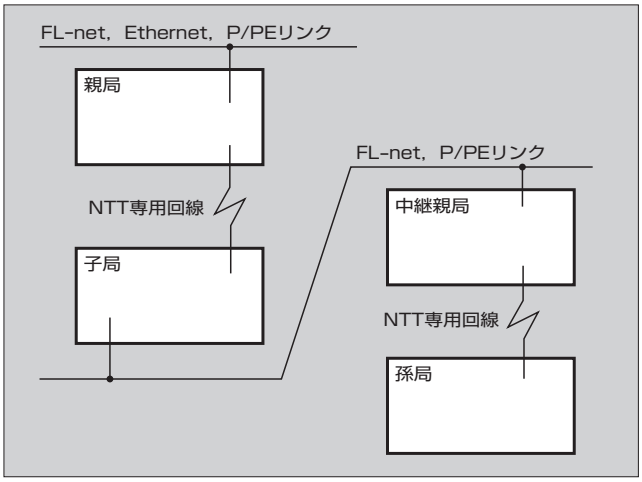


図4　中継局システムの構成



機能（**図5**），縮退機能，RAS（Reliability，Availability，Serviceability）機能の充実を図る。

(3)　ネットワーク

親局－子局間との伝送のほか，他 PLC（Programmable Logic Controller）間の通信や上位との HMI（Human Machine Interface）の通信は，富士電機の P/PE リンクや標準 LAN の FL-net，Ethernet〈注1〉をサポートしている。これにより，単独設置だけでなく，さまざまな構成のシステムにも接続ができ，遠方監視制御システムの構築が容易となった。

PIO（Process Input Output）を接続するネットワークは，富士電機の T リンクを採用した。

(4)　アーキテクチャの統一

従来，富士電機のテレメータ・テレコントローラは，システム規模により適用機種の使い分けをしていた。今回，アーキテクチャの統一を図り，システムの増設や拡張に対しても最小限の投資での対応を可能とした。

3.2　処理能力

テレメータ・テレコントローラの適用回線は，日本電信電話株式会社（NTT）専用線（帯域品目，符号品目），私設専用線があり，IP 網末整備地域に対しても導入が容易である。

伝送方式（**表1**）は，公共施設に求められる品質を確保するため，実績のある HDLC-NRM（High Level Data Link-Normal Response Mode）方式と CDT（Cyclic Digital Telemeter）方式（電気協同研究会で標準化された 44 ビットフォーマットの伝送方式）を採用している。

3.3　信頼性の確保

(1)　誤り検定

伝送回線路上の途中でビット誤りがあった場合，それを検出するためにパリティチェック，反転連送照合，定マー

〈注1〉Ethernet：IEEE 802.3 委員会が標準化した LAN 規格

図5　冗長化システム

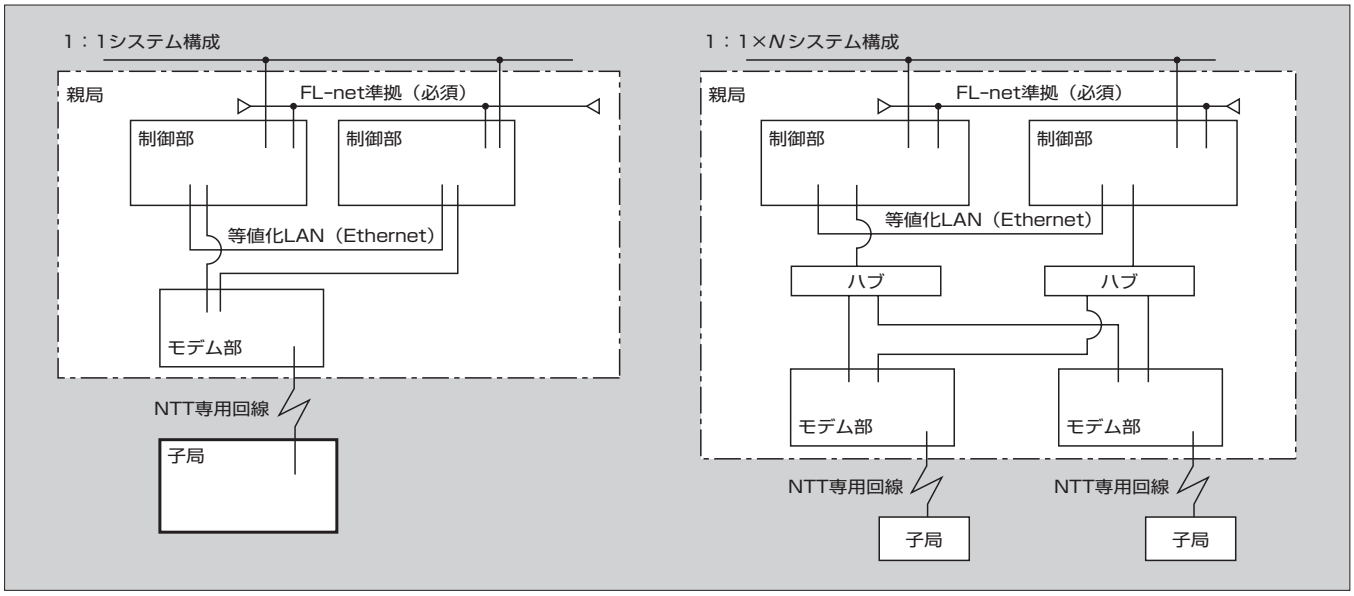


表1　CDTとHDLCの1局あたりの比較

項　目		CDT		HDLC
伝送速度		50，200，1,200，2,400（bits/s）		1,200，2,400（bits/s）
上り	表　示	32語（384点）	合計最大62語	64語（1,024点）
	アナログ計測	62点		128点
	BCD3けた計測	32項目		64項目
	BCD6けた計測	16項目		32項目
下り	制　御	100項目		100項目
	設定値制御	8点		32点
	表　示	4語（48点）		32語（512点）
	アナログ計測	8点		64点
	BCD3けた計測	4項目		32項目
	BCD6けた計測	―		16項目

ク検定，CRC（Cyclic Redundancy Check）を組み合わせることでビット誤り符号が除去される。さらに，情報フレームの中に富士電機独自のチェック用のヘッダを付加し，信頼性を確保した。

また，操作制御出力・設定値出力は，ハンドシェーク（折り返しチェック）機能を持ち，伝送が正常に終了するまでの確認ができ，また，回線異常時，想定外の操作におけるバックアップ（制御シーケンスの強制終了処理とオペレーターへの通知）もサポートしている。

(2)　伝送パッケージ

テレメータ・テレコントローラシステムは，伝送パッケージ化を図り，伝送パッケージのパラメータ設定は，ポジション表ツールで行う。伝送パッケージは，伝送部，通信部，PIO とのインタフェース，データ変換機能，制御・設定のハンドシェーク機能と RAS 収集，保存などを行うものである。

(3)　セキュリティ

CPU のプログラムは，パスワード機能により権限を持った者だけがメンテナンスできるようサポートしている。

伝送回線においては専用・私設回線を用い，また，制御 LAN，PIO は専用プロトコルを用いることで通信回線を経由した外部からのアクセス，侵入を防止できる。

(4)　縮退機能

PIO 異常発生時，残りの正常な PIO で運用しながら，プラント監視制御を最小限維持することができる。

また，1：1 × N 構成の場合は，1 子局との伝送回線が途切れても（回線異常，モデム故障など）そのほかの子局は，引き続き監視制御可能である。

(5)　冗長化機能

冗長化機能は，二重化システムを用意し，二重化方式はウォームスタンバイ方式を採用している。

データ等値化機能・等値化範囲設定は，システムであらかじめ決められているが，アプリケーションの定義により変更可能としている。

3.4　既設システムとの融合と拡張性

テレメータ・テレコントローラシステムは，既設テレメータ・テレコントローラを維持しつつ，設備増設や子局増設ができる。

また，既設監視制御システムとの接続もでき，最小限の投資で設備や機能を継承することができる。

(1)　既存システムとの融合

中規模システムの既存機種（SAS-50，SAS-55）との接続（**図 6**），大規模システムの既存機種（SAS-2500，ASA-2000，ASA-2500）との接続（**図 7**）も行えるため，親局－子局の設置時期を意識せずに，既存システムの更新が実現できる。

(2)　拡張性

オプション機能により小規模システムの SAS-15 との接続（**図 8**）が，T リンク接続により行える。

3.5　保守とエンジニアリング環境

テレメータ・テレコントローラシステムは，故障時におけるメンテナンスが容易にできる。

(1)　モジュールの活線着脱

PIO などの故障時のほか，CPU，通信モジュールをはじめ，伝送部のモデムなどの活線・着脱ができ，PIO など故障時のプラント復旧作業で設備停止を避けることができる。

(2)　I/O モジュールの交換

結線が集中し，交換作業が困難な I/O 部は，ねじ端子とコネクタの分離構成で PIO 故障時の交換作業迅速化に努める。

(3)　システム監視機能

テレメータ・テレコントローラのシステム監視を行うシステム DO を標準装備し，自局，伝送ステータスなどの監視ができる。このシステム DO は，外部接点出力ができ，監視盤などへの直接出力ができる。

(4)　停電時の通報とプログラムの保護

子局で停電発生時，親局へ通知，オペレーターへの通報ができる。

子局は，停電時のデータ保持機能にバッテリーレス機能を採用した。保持されなければならないデータをシステム立上り時に，内部メモリへ展開する仕組みとした。

(5)　エンジニアリング機能

図 6　中規模既設システムとの接続

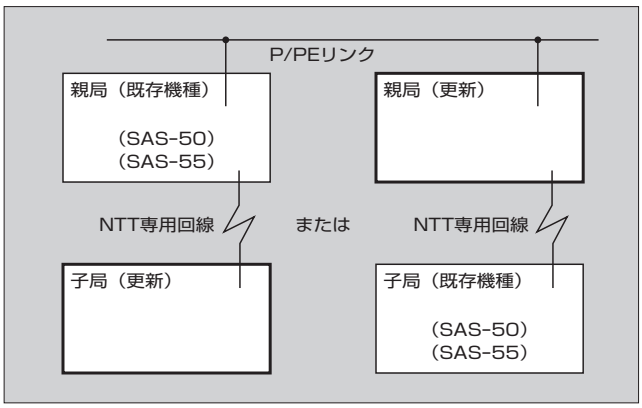
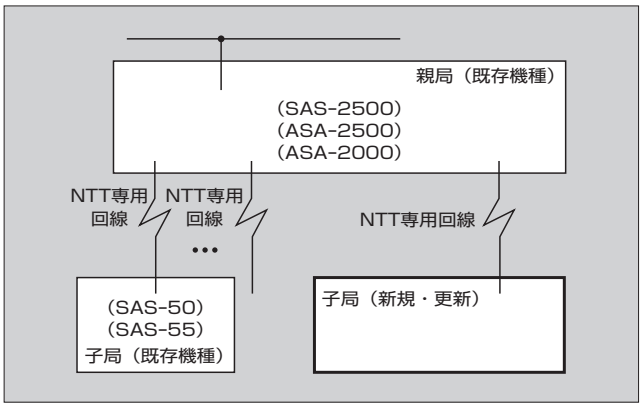


図 7　大規模既設システムとの接続



エンジニアリングは，汎用性の高い Excel〈注 2〉ベースのサポートツールを採用し，伝送パッケージの選択，ポジション表パラメータ設定のほか，障害時における RAS 解析機能の充実を図った。

RAS 解析機能は，CPU 内に蓄積されたデータの参照ほか，CPU データの外部パソコンへの出力，データ選定によるトレース機能を兼ね備え，障害時の解析迅速化を図る。

(6)　シミュレーション機能

シミュレーション機能は，PIO・通信モジュールの未実装状態，他 PLC の未接続状態でも模擬入力と表示により対向・インタフェース確認ができる。

〈注 2〉Excel：米国 Microsoft Corp. の登録商標

図 8　小型テレメータ・テレコントローラとの接続

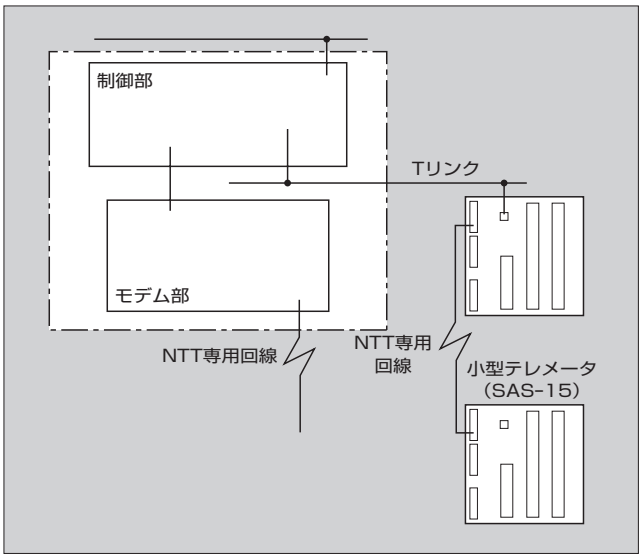
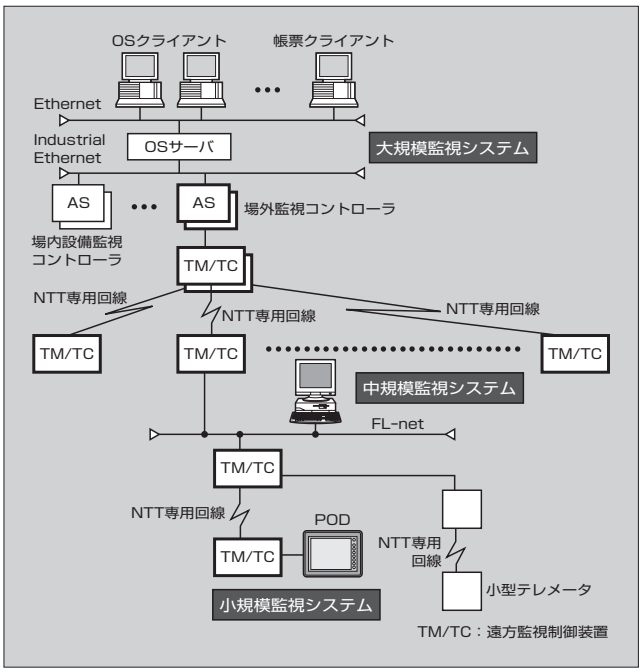


図 9　監視システムとの融合



3.6　監視システムとの融合

テレメータ・テレコントローラシステムは，大規模監視システムから小規模監視システムまで接続が可能であり，GENESEED system の遠方監視制御装置として，柔軟にシステムが構築できる。

ここで紹介する監視システム（**図 9**）は，小規模から大規模までの監視システムを表したものである。

(1)　大規模監視システム

大規模監視システムは，GENESEED system の AS（Automation System）コントローラと，AS コントローラに接続される OS（Operator Station）サーバ・OS クライアントで基本的に構成される。

テレメータ・テレコントローラシステムは，AS コントローラと接続することで DCS（Distributed Control System）機能を兼ね備えた装置となる。

(2)　中小規模監視システム

中小規模監視システムには，パソコンロガーを使用し，いずれの構成もテレメータ・テレコントローラとの接続は FL-net となる。

(3)　現場監視制御システム

現場監視制御システムは，オプション機能によりプログラマブル操作表示器（POD）との接続ができる。

3.7　アプリケーション機能

テレメータ・テレコントローラシステムでは，IEC61131-3〔International Electrotechnical Commission（国際電気標準会議）〕に規定されているプログラミング言語準拠品を採用した。これらのプログラミング言語をサポートし，用途別に使い分けることでより使い勝手のよいシステム構築ができる。

CPU の演算速度の向上，データ量の増加により，POU（Program Organization Unit），FB（Function Block），FCT（Function）を用いたシーケンス制御の追加ができる。

また，既存の汎用 PLC の持つ POU やユーザー FB，FCT のプログラミング言語も継承しているため，制御などを移植・再利用することもできる。

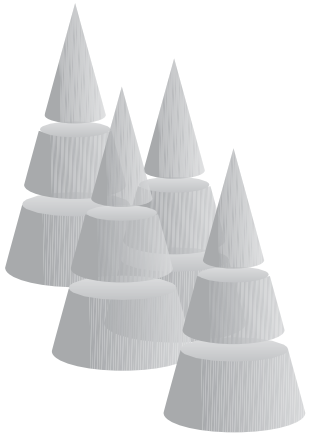
4　あとがき

GENESEED system テレメータ・テレコントローラの機能について紹介した。

上下水道事業体では，より一層の効率化を目指して，今後ますます広域システムの構築が求められる。今後も，目的，用途，規模に合わせて最適な遠方監視制御システムの提供に努める所存である。

参考文献

(1)　小高秀之ほか．シーケンス制御とデータ処理とを融合させる新 CPU「SPH-2000」．富士時報．vol.78, no.5, 2005, p.328-332.



「GENESEED system」HMI デザインコンセプト

特集

塩　哲二（しお　てつじ）　田村　正博（たむら　まさひろ）

1　まえがき

富士電機は，水処理向け監視制御システムにおいて，世代ごとに，システムの顔となる監視操作卓（デスク）を提供してきた。従来，これらのデスクは，主に専用の監視制御室に設置することを前提とし開発していた。近年，監視制御システムは自動化が進み，専任の監視操作員が減少するとともに，業務効率化のため，監視制御室のオフィス化が進んでいる。

「GENESEED system」においては，これらを踏まえ，監視制御 HMI（Human Machine Interface）用として，最適環境を提供できる新型デスク「Vario（ヴァリオ）」を開発した。Vario とは，「多様」を意味するイタリア語で，自由に拡張構成できることをイメージし名付けた。

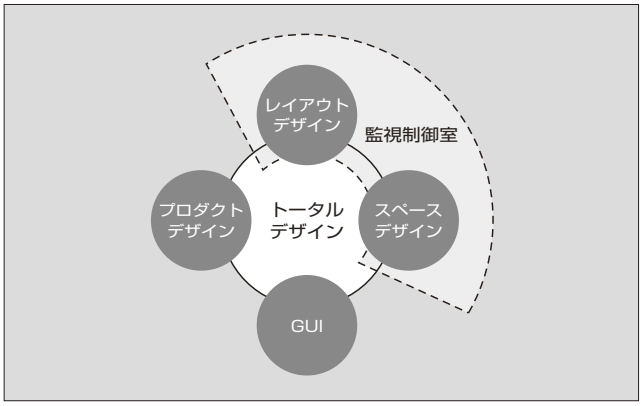
このデスクおよび開発の基本となったトータルデザインのコンセプトを紹介する。

2　トータルデザイン

トータルデザインとは，「監視制御システムのハードウェアとソフトウェアの整合を図り，機能性を基軸に，快適性に優れた空間を作り出すこと」と考える。

図 1 に，トータルデザインのイメージを示す。

図 1　トータルデザインのイメージ



(1)　スペースデザインとレイアウトデザイン

監視制御システムは，一つの部屋（監視制御室）に居ながらにして，複数の離れた設備や機器の遠隔操作や，その状況を把握することができる。近年，システム・設備の信頼性・機能性の向上に伴い，監視制御の操作が容易となった。そのため，監視操作員の業務に余裕ができ，隣接する事務室などで行ってきた業務を監視制御室内で処理することができるようになった。

このことから，監視制御室と事務室での業務の切分けがあいまいとなり，「監視制御室のオフィス化」と呼ばれる一体化現象が進んでいる。その背景には，パソコンの普及があげられる。一般業務で使用するパソコンはノート型が主流であり，ネットワーク環境が整備されていれば，パソコンの移動のみで業務が可能となる。「監視制御室のオフィス化」からさらに「オフィスの監視制御室化」へ進むことで，監視制御室が追求してきた「快適さ」だけでなく「効率化」「合理化」「経済性」も要求される。

(2)　GUI（Graphical User Interface）

パソコンを使う操作では，GUI と呼ばれる考え方が広く普及している。監視制御画面にも同様に視認性，操作性に優れた直感的な画面デザインが要求される。

例えば，現場操作をイメージし，現場の状況をどのようにして，ありのままに読み取れる画面をデザインするかである。監視や制御のスピードはもちろん，現場機器のイメージを直感的に理解できるデザインを基本に，レイアウト・配色などさまざまな要素を加味し，見やすく分かりやすい画面作りが要求される。

(3)　プロダクトデザイン

監視制御機能には，プラント・監視体制・監視方法・監視スペースなどを考慮した最適なプロダクトデザインが要求される。

監視操作業務を続けながら，一般業務もできる机上スペースを確保することが大切なポイントである。豪華主義より，多目的に使える空間・デスク，慣れ親しんだインタフェースにより，業務の効率化を図ることができる。

塩　哲二

情報制御システムの制御盤設計，周辺装置設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場盤装置部課長補佐。

田村　正博

情報制御システムの制御盤設計，周辺装置設計を経て，見積りおよび技術支援業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場盤装置部主任。

3　監視制御室デザイン

3.1　背　景

(1)　監視制御室に求められる機能性

人と機器とのインタフェースや居住空間を最適化し，業務環境の向上が求められる。

(2)　監視制御室の現状

近年，公共事業の経営基盤を強化するため，民間の活力を公共事業に生かす目的で，運転管理を民間委託するケースが増加している。

一方，業務の効率化のため，一般職員が監視操作員を兼ねるケースが増えているが，システムの機能向上により，一般業務と監視操作業務の同時対応が可能になってきている。

(3)　施設見学の現状

従来，上下水道施設においては，多くの見学者が訪れていた。見学来場者に対しては，大型スクリーンを使用してビデオなどによる処理工程の紹介や，監視制御室・処理施設の紹介をしていた。

しかしながら，このような見学者は減少傾向にあり，小規模処理場の場合，見学回数も少なく，PR 効果を促す大型スクリーンなどの採用が頭打ちとなっている。

(4)　システムの更新状況

設備の更新を行う場合，監視制御室スペースの有効活用，監視操作のしやすさが求められている。

図 2　監視制御室のスペースイメージ

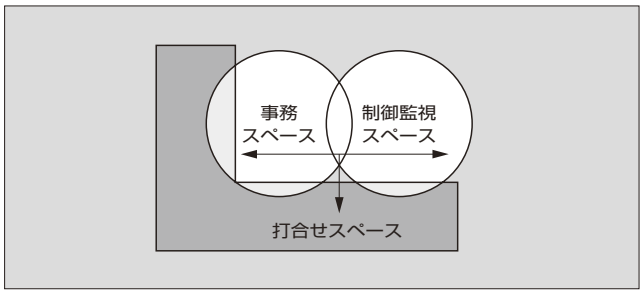
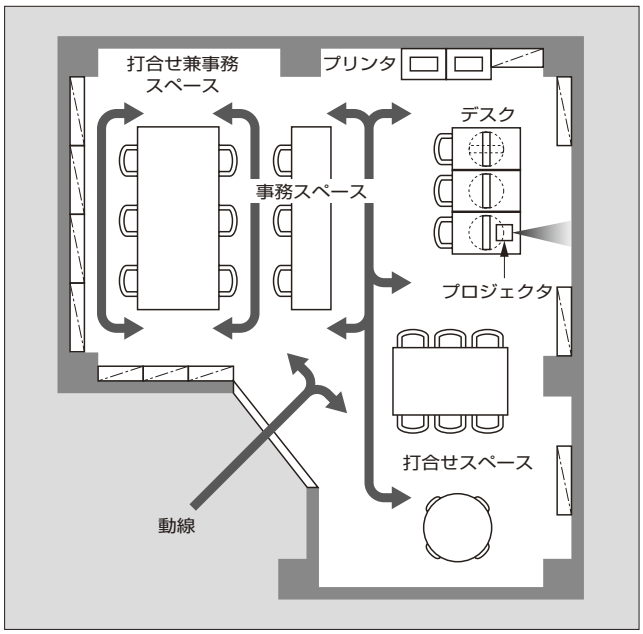


図 3　監視制御室のレイアウト例



3.2　空間コンセプト

(1)　指向性空間

従来の監視形態は，デスクに向かう方向が，機器のレイアウトによって固定されていた。また，そのほかの周辺機器もデスクを取り巻く形でレイアウトされていた。限られた方向性で業務にあたる場合，監視操作員の動線は緊急時を想定したゆとりある空間が必要となった。

しかし，システムの信頼性・機能性の向上に伴い，監視操作員は多様な業務を行うようになった。そのため，働きやすい多目的な作業空間としては，部屋そのものの広さでなく，ゆとりある作業空間であり，さまざまな業務を並行して進めることができる空間である。動きにむだを生じない最適な機器レイアウトが，業務の向上につながる。

(2)　無指向性空間

GENESEED system は，情報処理技術と監視制御技術の融合によって幅広いソリューションを提供するシステムである。

監視制御空間に対して，「自由度」と「広がり」を持つ空間の演出である。「自由度」は多目的に使えるスペースであること，「広がり」は動きが限られた方向からでなく，あらゆる方向性を持つことが求められる。

「自由度」と「広がり」は，情報の共有，業務の共有，監視操作の集中化，緊急時の自然な動き（流れ）を実現する。これらにより導き出された「GENESEED」の監視制御コンセプトは，「無指向性空間」である。

(3)　緊急時の対応

緊急時の監視操作で重要なことは，平常業務と同様な行動ができることである。つまり，操作など慌ただしくなる状況の中で決して特別な行動をさせないことが重要である。緊急時の対応を考慮した空間を確保することにより，緊急時も同等の監視操作が可能となり，速やかな対応ができる。

(4)　スペースデザインとレイアウトデザイン

図 2 および**図 3** に，GENESEED が提案するレイアウトの一例を示す。

事務室と監視制御室を仕切らず，オープンスペースとして，同等のエリアを確保した。小さなスペースを意識させることがないように，開放感を意識したレイアウトとした。近くに共有（打合せ）スペースを作ることで，業務の共有化が容易となる。

4　デスク開発コンセプト

表示装置が CRT（ブラウン管）から LCD（液晶ディスプレイ）に替わり，デスクのテーブル面にはゆとりができた。

一方，監視操作としての専用デスクから，作業・会議な

どにも使用可能な多目的化への要望が増えてきている。

Vario デスクは，これらを反映し「WORK から LIFE（監視操作空間から生活空間へ）」を基本コンセプトとした。

5　Vario デスクの特長と構成

5.1　監視性（視向性）の向上

従来は，耐震対策として，LCD の位置を決め，耐震器具で固定していたため，移動が困難であった。

今回，監視操作員の体型や監視体制の変化に対応するため，複数の関節で構成されたアームスタンドを用い，耐震性を保ちながら，スムーズに最適位置への移動を可能とした。

5.2　自由度のあるレイアウト

デスクフレーム構造を，テーブル部・ジョイント部・収納部の 3 モジュールとし，おのおの任意の組合せができる。特にテーブル部は，鋼板製・樹脂製・化粧合板製の中から作業・会議などの目的に応じた最適な材質を選択することができる。それにより，自由度が向上し，列面構成時には思いのままのレイアウトを可能とした。

5.3　オフィス環境への適合

仕上り色に関しては，事務機器の色との調和を考慮し，清潔感のあるオフホワイトをベースにして配色した。

デスクの奥行を短く見せる工夫として，テーブル部を 3 分割にし，中央部にステンレス鋼の素材を使用し併せて上質感も出した。側面カバーについても，中央部にディンプル加工，または，異なった素材（例：レザーシート）・配色でアクセントを付けた。

5.4　アクセサリの強化

(1)　クリップボードの設置〔メモ貼付（ちょうふ）スペースの確保〕

(2)　LAN 用モジュラコネクタ，AC コンセント，電話用モジュラコネクタの設置（オフィス化への対応強化）

(3)　キーボード収納ボックスの設置（不使用時の収納に対応）

(4)　ビデオプロジェクタ収納ボックスの設置〔複数監視や会議（緊急時）対応〕

(5)　外部音声警報用出力装置の内蔵（宿直室などへの出力）

(6)　GENESEED ブランドマウスパッドの提供（光学式マウス対応）

図 4　Vario デスク（OD800）の外観

5.5　外観・寸法およびデスクレイアウト応用例

図 4 に Vario デスク（OD800）の外観を示す。**表 1** に形状・寸法の一覧を示す。また，**図 5**，**図 6** に Vario デスクのレイアウト応用例を示す。

図 5 は，デスクの左側に作業スペースを大きく設けた例である。監視業務を行いながら会議，一般業務などができる。

図 6 は，デスクの背面にワークスペースを設けた例である。左側のテーブル部および背面のテーブル部のスペースにて，会議などが行える。さらに，資料・メモを貼付可能なクリップボード（中央デスク），複数人員による監視が行えるプロジェクタ（右側デスク）を設置することも可能である。

表 1　Varioデスクの形状・寸法一覧

用途およびシリーズ名	形状・幅および高さ
OSクライアントデスク 帳票クライアントデスク OD80＊ OD10＊ OD12＊	700　W　W=800，1000，1200
ESデスク ED800	700　800
プリンタデスク PD800 PD100 PD120	700　W　W=800，1000，1200
プリンタ置台 PB80＊ PB10＊	H=500，700　H　W　W=800，1000

図 5　Vario デスクのレイアウト応用例 1

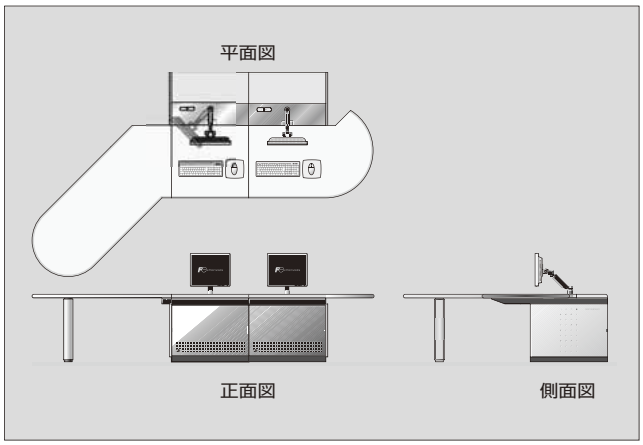
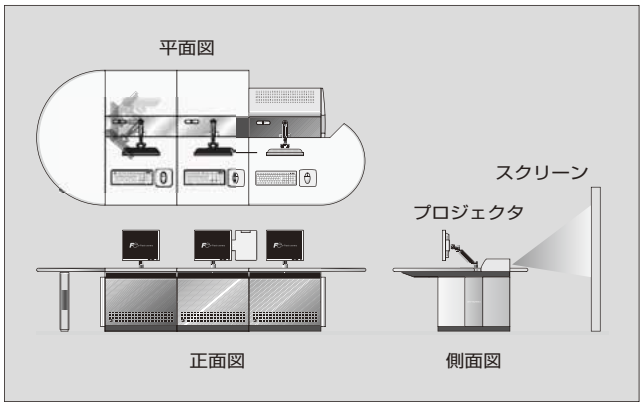


図 6　Vario デスクのレイアウト応用例 2



6　Vario デスクの環境対応

6.1　生産過程における環境配慮

(1)　めっき鋼板の多用による，めっき溶液の使用量削減（めっき鋼板に比べて，鋼板を加工後にめっき処理するほうが，めっき溶液の使用量が多い）

(2)　めっき仕上げ処理の改良（従来使用の六価クロムから三価クロムへ変更）

6.2　解体の容易性

フレームをモジュール構成とし（5.2 節参照），各モジュールをボルト・ねじなどで固定し，解体を容易とした。

6.3　騒音の低下

収納部の吸気孔・排気孔，内部レイアウトを最適化し，デスク冷却ファンレスにより，騒音による不快感を低減させた。

6.4　既設対応

既存の「FAINS シリーズ」にて納入したデスクと設置寸法を共通にしたため，更新工事時の期間を短縮できる。

7　あとがき

GENESEED におけるトータルデザイン・監視制御室デザインおよび Vario デスクについて紹介した。

Vario デスクについては，「監視制御室のオフィス化」をテーマとした。従来の操作方向が 1 方向に対し，無指向性空間を目標として開発を進めた。

また，従来の設計思想が残る状況下，1 方向に対しても対応可能なように配慮した。

近年，「監視制御室のオフィス化」さらに「オフィスの監視制御室化」との考えが浸透する中，Vario の特長が生かされてくることを確信している。

さらにハードウェア全体の「省エネルギー化」「エコロジー化」「長寿命化」などの環境配慮を推進し，社会に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　野呂影勇ほか．図説エルゴノミクス．日本規格協会．1990-2.

「GENESEED system」エコロジー配電盤

特集

山本 総一郎（やまもと　そういちろう）　鈴木　伸夫（すずき　のぶお）　増田　昌彦（ますだ　まさひこ）

1　まえがき

2001年の循環型社会形成推進基本法の施行や2005年の京都議定書の発効を受けて，各分野での環境配慮への取組みが進んでいる。上下水道事業体においてもISO14000の取得，LCA（Life Cycle Assessment）評価の導入など「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の施行を契機に，単なる省エネルギーだけでない環境負荷低減の取組みがなされている（**図1**，**図2**）。

上下水道施設の建設から廃棄までのライフサイクルにおいて環境負荷をCO_2排出量で評価した結果（LCA評価）では運転段階と建設段階が大部分を占めているとの報告があるなか，今後さらにLCAを重視した，導入設備の選択，建設工法の選定，施設の運用方法の改善などがなされていくものと考えられる。

上下水道施設の運転段階でのCO_2排出量の大半は上下水道施設の動力源である電気エネルギーの消費であり，それを扱っている電気機器も損失を低減し，運転段階でのCO_2排出量を低減するだけでなく，ライフサイクル全般において環境負荷を低減した製品が求められている。

電気機器の一部である配電盤はさまざまな部品を組み立てて製品としているため，部品材料の選定，部品形状・仕様の選択，組立方法などの工夫によってLCA評価のCO_2排出量を低減できる余地が多い。また，欧州連合（EU）のRoHS〈注1〉規制の影響を受け，国内でも鉛，六価クロムなどの有害物質規制の動きがあり，RoHS規制物質の削減とそのほかの廃棄物の発生抑制を合わせたReduce，製品の一部を再使用するReuse，製品を材料やエネルギーとして再資源化するRecycleの三つのRを取った3Rに対応した環境配慮型製品のニーズが高まっている。

富士電機でも2000年から環境配慮型製品としてのエコロジー配電盤の開発・製品化に着手し，すでに製品として納入している（**図3**）。本稿では，これまでの開発の経緯

〈注1〉RoHS：電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限

図1　水道事業におけるCO_2の排出割合

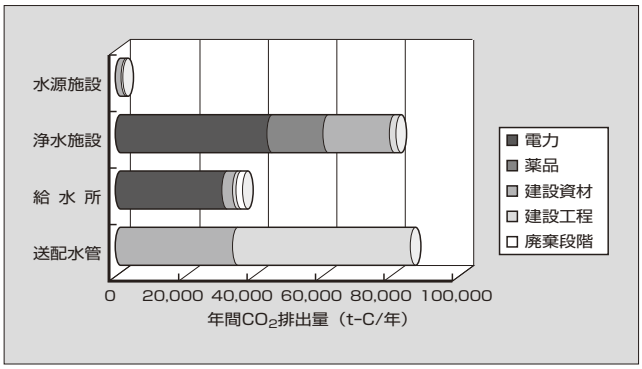


図2　下水道システムのLCA評価に関する調査

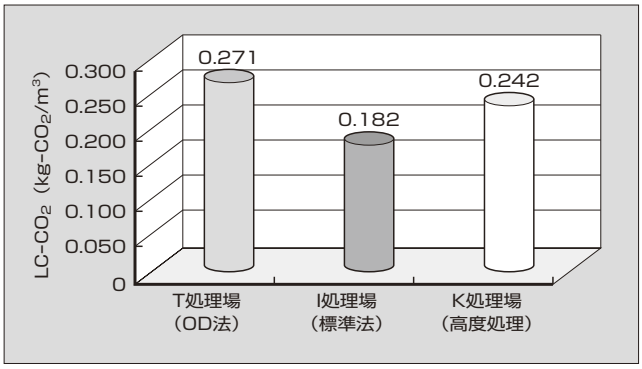


図3　高圧エコロジー配電盤の外観

山本 総一郎

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部副統括部長。電気学会会員。

鈴木　伸夫

開閉装置，特高・高圧盤，モータコントロールセンタの開発・設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部配電盤統括室主任。

増田　昌彦

プリント基板，センサの製造技術，配電盤の設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部配電盤統括室主任。電気学会会員。

と現状，そして今後の取組みについて紹介する。

2　環境配慮型製品の動向

2.1　環境適合設計と環境ラベル

環境配慮型製品の設計手法は環境適合設計と呼ばれ，ISO/TR14062，JIS/TRQ0007で規定している。また環境配慮型製品の特徴をお客様に示す環境ラベルの種類は，ISO14020シリーズ，JISQ14020シリーズで規定されている（**表1**）。最近の環境配慮型製品は，これらの規格をベースに製品化されている。

環境ラベルにはタイプⅠ，タイプⅡ，タイプⅢの3種類があり，それぞれ**表2**に示す特徴や製品分野がある。環境ラベルの名称に付く番号は取得の難易度などの順番を表すものでなく，それぞれ個々の性格を持つラベルの名称を示すものである。

表2の3Rは経済産業省の提唱する循環型経済システムを構築する「3R政策」の基本概念である。タイプⅠ，タイプⅡの環境ラベルでは3Rが評価項目とされている。

LCAとは製品の素材製造，製品製造，物流，使用，廃棄・リサイクルの各段階における環境負荷を算出する手法である。京都議定書で進める地球温暖化防止はこの手法の一部である「温暖化負荷（CO_2換算）」を用いて評価するため，環境配慮型製品の評価として多く用いられる。今までは複写機やパソコンなどの民生品で多く適用され，LCAデータの第三者認証を行うタイプⅢの環境ラベルを取得している。最近では配電盤などの産業システム機器でもLCAを計算する機種が現れてきている。

表1　ISOによる環境ラベルと環境適合設計の規定

規格名	タイトル	ラベル名	特　徴
ISO 14020	環境ラベルおよび宣言：一般原則	―	―
ISO 14021	環境ラベル：自己宣言による環境主張	タイプⅡ	自己宣言
ISO 14024	環境ラベル：第三者認定による原則と手順	タイプⅠ	第三者認証
ISO 14025	タイプⅢ環境宣言	タイプⅢ	LCAによる環境情報開示
ISO/TR 14062	環境適合設計	―	環境適合設計に関する概念およびその実施

表2　環境ラベルと関連のある環境配慮項目

ラベル名	環境配慮事項		取得製品分野
	3R	LCA	
タイプⅠ	○	△	事務用品，日用品
タイプⅡ	○	△	家電品，複写機，配電盤・制御装置
タイプⅢ	△	◎	複写機，パソコン，低圧モータコントロールセンタ

◎：必須　○：評価項目　△：参考項目

富士電機のエコロジー配電盤は2001年にタイプⅡ（自己宣言）の環境ラベルを適用した低圧盤を開発納入し，2003年には適用機種を特高盤，高圧盤まで拡大した。また，2004年にはLCAデータの第三者認証を行うタイプⅢ（エコリーフ）の環境ラベルを，低圧モータコントロールセンタ2機種で取得した。これらの活動は社団法人日本電機工業会から「業界初のエコロジー配電盤の開発」として平成17年度（第54回）電機工業技術功績者表彰発達賞を受賞するなど先端的な取組みとして評価されている。

2.2　富士電機グループの環境配慮型製品への取組み

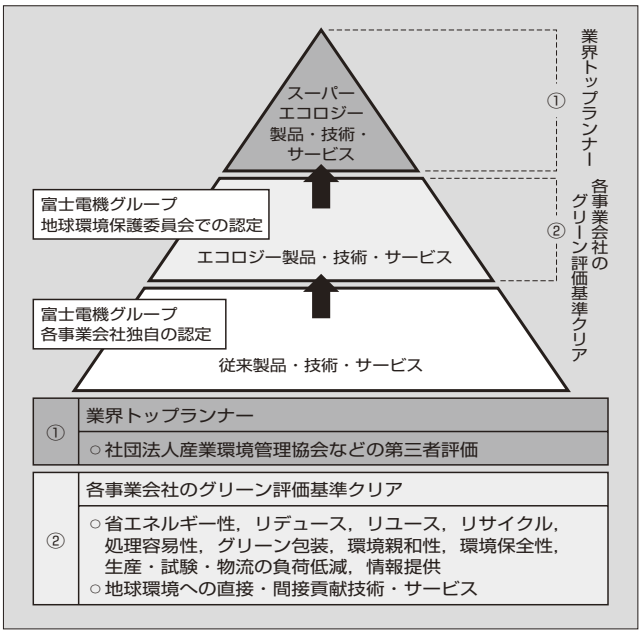
2004年度から富士電機グループの環境に配慮した製品，技術，サービスについて**図4**に示す認定制度を設けた。全体の製品・技術・サービスを，従来の仕様，エコロジー仕様，スーパーエコロジー仕様の3段階に分類している。エコロジー製品は各事業会社独自の認定，例えば自主基準で認定したタイプⅡ（自己宣言）の環境ラベル適用製品が相当し，スーパーエコロジー製品は業界トップランナーまたは第三者評価を受けたもので，タイプⅢ（エコリーフ）の環境ラベル適用製品などが相当する。

エコロジー配電盤はISO14020シリーズの規格や富士電機グループの認定制度を踏まえたうえで，3R，省エネルギー，LCA手法などを取り入れ，多様に変化する環境配慮型製品への要求事項に対応してEUのRoHS規制またはREACH[注2]規制，EuP指令[注3]への対応を進めるなど今後も進化させる考えである。

〈注2〉REACH：化学物質の登録，評価，認可制度で，EUが提案している新しい化学物質規制案システム

〈注3〉EuP指令：エコデザイン（環境配慮設計）に関する新しいEU指令

図4　富士電機の環境配慮製品の認定制度（概要）



特集

3　エコロジー配電盤における環境ラベル実施例

3.1　タイプⅡ（自己宣言）の環境ラベル適用配電盤

3R や省エネルギーへの対応を目的としたタイプⅡの環境ラベル適用配電盤における環境配慮事項を**表 3** に示す。また，**表 4** にタイプⅡ（自己宣言）の環境ラベルが適用可能な配電盤の例を示す。

2000 年のエコロジー配電盤開発当初は電線，端子カバー，ふさぎ板のハロゲンフリー化，取っ手のクロムフリー化，筐体（きょうたい）のリベットファスナ構造などを採用していた。

その後，EU の RoHS 規制対応の影響で国内でも 2003 年ごろから家電製品などで鉛，六価クロム，カドミウム，水銀などの規制が始まった。配電盤は監視制御装置に分類され，現在 RoHS 規制の対象外ではあるが，コスト・品質上問題のないものについては対応した器具，材料を積極的に採用していく方針である。

2005 年には従来の高圧盤に比べ奥行が半分以下になった縮小高圧盤を開発し使用部材の削減を図った。これらのアイテムを盛り込んだ最近の実施例として富士電機の太陽電池新工場に納入した高圧盤がある。

従来の高圧盤の奥行 2,000 mm に対し奥行 1,000 mm とし，質量を 35 %，消費電力を 10 % 削減している。そのほか，電線，保護カバー，ふさぎ板のハロゲンフリー化，取っ手のクロムフリー化，ブレーカなど一部の電気機器を鉛フリー化している。（**図 5**）

3.2　タイプⅢ（エコリーフ）の環境ラベルの認証取得

富士電機では 2004 年 9 月に低圧モータコントロールセンタの新機種を開発した。その時点で**図 6** の新旧機種の環境負荷を比較するため，**図 7** のエコリーフ環境ラベルを取得した。新機種は**図 8** に示すように，旧機種に比べ温暖化

表 3　環境配慮事項

環境配慮項目		目　的	環境配慮適用事項
3R	廃棄物の発生抑制（Reduce）	ハロゲンフリー化	○電線，ダクト，端子カバー，ふさぎ板などに非塩化ビニル材質を使用
		クロムフリー化	○取っ手のクロムめっきの代替に塗装取っ手使用
		鉛フリー化	○リレー，ブレーカなどの一部の機器に鉛フリーはんだを適用
		使用部材削減	○盤寸法縮小化，質量軽量化
	再使用（Reuse）	筐体部材の再使用	○リベットファスナ構造の筐体で柱，コーナー片，側板の再利用が可能
	再資源化（Recycle）	銅再利用の容易化	○EM（エコ）電線を使用
		分別処理容易化	○プラスチックの分別処理名板を表示
			○筐体には解体容易なリベットファスナ構造を適用
省エネルギー		CO_2削減（温暖化防止）	○表示灯，リレーなどに省電力タイプを使用 ○盤縮小化による導体長短縮効果で諸費電力低減
情報公開		環境情報開示	○盤製作仕様書に製品廃棄時の処理情報を記載

表 4　タイプⅡの環境ラベル適用盤での環境配慮実施事項

分　類		低圧エコロジー配電盤			特高・高圧エコロジー配電盤	
適用盤種類		制御盤	計装盤	コントロールセンタ	C-GIS	特高・高圧盤
環境配慮適用項目	EM電線	○	○	○	○	○
	エコダクト	○	○	○	○	○
	保護カバー	○	○	○	○	○
	ふさぎ板	○	○	○	○	○
	鉛フリーはんだ適用機器使用	○	○	○	○	○
	筐体リベットファスナ構造	○	○	−	○	△
	SF_6絶縁ガス代替	−	−	−	○	−
	情報開示	○	○	○	○	○

○：適用　−：適用せず　△：開発予定

図 5　太陽電池新工場向け縮小高圧盤

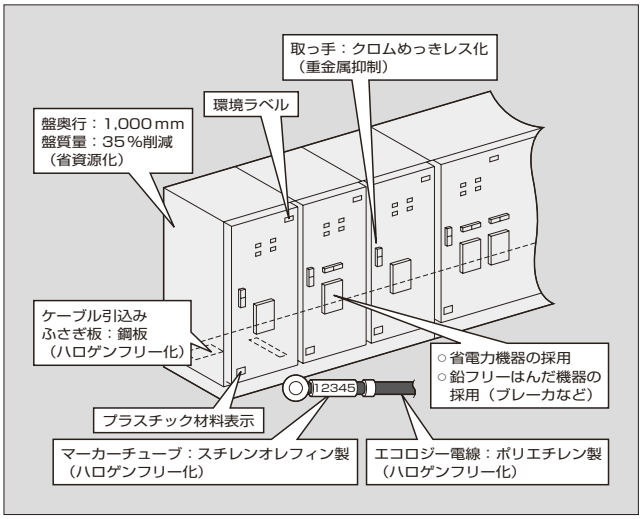
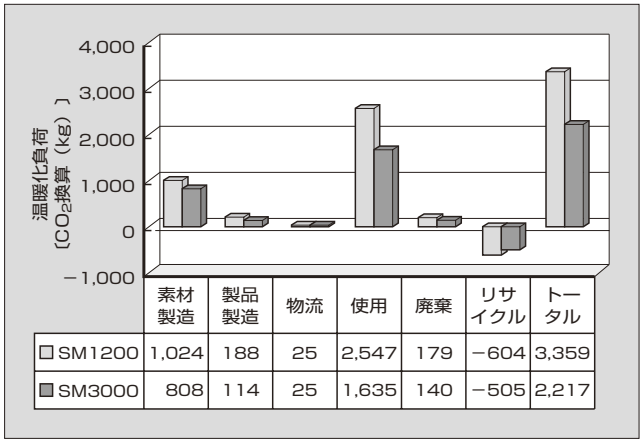


図 6　低圧モータコントロールセンタの外観

図7　エコリーフ環境ラベルマーク

図8　低圧モータコントロールセンタの新旧機種温暖化負荷比較



	素材製造	製品製造	物流	使用	廃棄	リサイクル	トータル
SM1200	1,024	188	25	2,547	179	−604	3,359
SM3000	808	114	25	1,635	140	−505	2,217

負荷ではトータルで34％，使用段階では35.8％削減できた。

使用段階の温暖化負荷は消費電力に比例するため，このケースではきわめて良好な省エネルギー効果が期待される。

タイプⅢ（エコリーフ）の環境ラベルは**表1**にあるようにLCAによる環境情報開示を特徴にしている。LCAの概念が出てしばらくは計算手法や原単位と呼ばれるデータベースの値が各国の研究者によって異なり，データの信頼性に疑問が持たれていた。それを回避するためISO14040シリーズでLCAが規定された。日本では当時の通商産業省（現経済産業省）が主導して社団法人産業環境管理協会が主催する「JEMAIプログラム」で，タイプⅢ（エコリーフ）の環境ラベルを試行してきた。その後，「エコリーフ」環境ラベルプログラムとして運用開始された。これは日本国内では唯一のタイプⅢの環境ラベルである。

この認証を受けるためには各製品に「製品分類別基準」（PSC：Product Specification Criteria）を制定する必要があり，基準制定を目的に参加の意思を示した企業が集まり，原案作成とその審議が行われる。これにより，各製品のLCA計算ルールの基準が決定される。富士電機は提案元として業界をリードし，2005年は高圧盤についてのPSCの制定を推進した。

今後，高圧盤，縮小高圧盤でのエコリーフ環境ラベルの取得を行い，さらに認証取得機種の拡大を狙っていく。

表5　LCA関連用語解説

略　称	正式名称	特　徴	用　途
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクル全体における温暖化，酸性化などの環境負荷を評価する。	製品・サービスの環境影響を物理化学的指標で評価する。
LCCA	Life Cycle Cost Assessment	ライフサイクル全体におけるコストを投資効果などを評価する。	製品・サービスの経済効果をライフサイクル全体で評価する。
LCT	Life Cycle Thinking	製品設計などでライフサイクル全体にわたり考慮する思考方法。	製品・サービスの価値をライフサイクル全体で思考し意思決定する。

4　ライフサイクルサポートとLCA，LCCA，LCT

「GENESEED」はライフサイクルサポートを基本的概念として持っている。それに関連するLCA，LCCA，LCTについて**表5**にまとめる。LCTはLCAやLCCAを包括的に含んだ概念であり，LCAでは温暖化負荷など，評価結果を定量的に示す必要があるが，LCTは各ライフステージの環境配慮事項（タイプⅠの環境ラベルなど）を定性的に示してもよい。従来の製品設計・開発では製品を顧客に納入する時点までの性能・品質・コストを関心の対象にしていたが，環境配慮が定着してきた最近の傾向はLCTで製品の開発・設計をすることが増えている。ライフサイクルサポートはLCTにのっとり，配電盤をお客様に納入した時点で終わるのではなく，お客様の使用段階，廃棄・リサイクル段階，更新時期まで考えて環境負荷と経済性を最適化してサポートするシステムであり，循環型社会実現のために必要な考え方である。

5　あとがき

エコロジー配電盤の開発経緯と現状について述べてきた。LCAをさらに発展させた考え方として，製品・サービスを価値/環境負荷の比（環境効率）で評価する方法や新旧の製品・サービスの環境効率の比（ファクタ）で評価する方法がある。

従来は環境負荷のみで製品を選別するネガティブスクリーニングが主流であったが，製品の価値を評価項目に入れるポジティブスクリーニングの考え方が，これらの手法の特徴である。現在は民生品や情報機器などのように製品寿命が短く開発速度が速いものの評価に使われている。将来は，配電盤などの重電・産業システム機器の評価にも使われると予想される。その際に環境負荷としてLCAやLCCAが使われることが多いため，重電・産業システム機器の分野でもLCA，LCCA，LCTの概念が普及することが重要である。

富士電機は今後，「GENESEED system」エコロジー配電盤でエコリーフ認証取得機種を拡大し，常にこの分野でのフロントランナーとして循環型社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　水道事業におけるライフサイクルアセスメント（LCA）に関する調査 ―水道施設を対象とした LC-CO_2 による評価―．水道協会雑誌．vol.70, no.11（no.806）.

(2)　下水道システムの LCA 評価に関する調査．国際研 下水道研究部 下水道研究室．

(3)「わが社の環境配慮製品」総括．電機．日本電機工業会刊．

(4)　増田昌彦．電気設備のエコロジー化．電気学会産業応用部門大会．2-S16-6. 2004.

(5)　経済産業省 ホームページ．
http://www.meti.go.jp/policy/recycle/index.html
（2006-11 現在）

(6)　産業環境管理協会 ホームページ．
http://www.jemai.or.jp/ecoleaf/index.cfm（2006-11 現在）

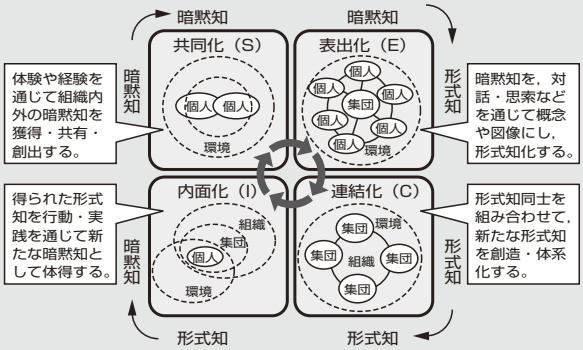
(7)　NEDO 3R 技術データベース ホームページ．
http://www.nedo3r.com/index.html（2006-11 現在）

(8)　産業環境管理協会刊．平成 17 年度 情報通信技術（ICT）の環境効率評価ガイドライン．日本環境効率フォーラム事務局．

解　説　知識創造における SECI モデル【関連論文：p.486-489】

野中郁次郎氏と竹内弘高氏が提唱する組織的知識創造プロセスの基礎理論である。知識が，異なる知，特に暗黙知と形式知の社会的相互作用を通じて創造されるという前提に基づき，認識論的次元と存在論的次元に分けて論じたものである。認識的次元では，四つの知識変換モード（共同化，表出化，連結化，内面化）に，五つの組織的要件（意図，自立性，ゆらぎと創造的カオス，冗長性，最小有効多様性）が作用することにより知識スパイラルが生まれる。一方，存在論的次元では，五つのフェーズ（暗黙知の共有，コンセプトの創造，コンセプトの正当化，原型の構築，知識の移転）により，もう一つのスパイラルが生まれる。組織は知識をそれ自体でつくることはできないが，これら二つの次元のスパイラルが相互に絡み合うことにより大規模な組織的知識創造が行われる。

知識創造の一般原理 SECI モデル



出典：野中郁次郎ほか．知的創造の方法論．東洋経済新報社．2003.

「GENESEED system」高信頼配線技術の検証

一戸　均（いちのへ　ひとし）　　中村　靖（なかむら　やすし）

1　まえがき

近年，ダウンサイジングを目的とした高密度実装が盤製作の場面でも課題となってきており，その高密度設計の切り札的存在が押締端子である。また，ダウンサイジングとは別に盤内機器調達のグローバル化により海外メーカーの部品を採用することも多くなっている。さらに，国内メーカーも押締端子の適用が増えている。すなわち，ものづくりの立場からは今後は押締端子を採用せざるを得ない状況といえる。

一方，ユーザーの立場からすれば，押締端子に対する情報が少ないことによる不安があるのも事実である。不安の中でも最も大きいものはその構造から連想される端子の脱落であり，棒状の端子をねじで挟み込む方式は不安を感じて当然である。

「GENESEED system」では盤内部の配線に押締端子を採用するのに際してメーカーから提出された資料の確認評価だけではなく，実際にJIS規格と同様の評価試験を実施したうえでその信頼性を確認している。

ねじ締め締結体のトラブルの主要因は，締付け不良43％，ゆるみ20％，疲れ破壊12％であり，75％が締付けにかかわる原因との調査がある（日本ねじ研究協会）。したがって，調査・確認試験においては，締付けの構造，ゆるみの対策にポイントを置いて実施した。

確認の結果，押締端子の機能は，ねじ端子と同等，かつ，ゆるみに関しては，より考慮した設計になっていることが分かった。ここではその内容について報告する。

2　押締端子と棒状端子（スリーブ端子）の構造

押締端子の構造は端子メーカーそれぞれが独自の特許構造をとるなどで業界内の競争を展開している。

ここでは代表例としてJIS C 2811で定義されている押締端子と，それとは構造の異なる例を紹介する。

2.1　クランプケージ方式（かかえこみ方式）

図1において，①締付けねじを締めると②クランプケージが上昇し，③接触導体とで挟み込むことで端子を固定する方式である。

〈ゆるみ防止の工夫〉

箱形の②クランプケージは，焼入れした鉄や高品位銅合金製であり，それ自体がばね性を持つ。箱体がねじの締付けによって上下に引かれるとき，箱側面がわずかに収縮し，ばねの反発でねじ溝を押す力が生まれ，ゆるみ防止となる。

また，クランプケージのばね性は温度変動による電線径の変動も吸収する。

図1　クランプケージ方式押締端子の例

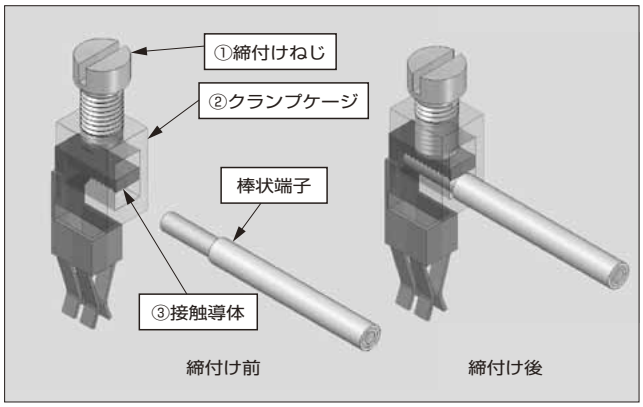
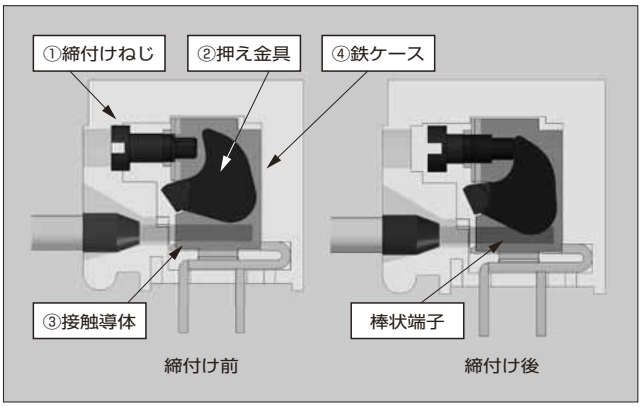


図2　押え金具方式押締端子の例



一戸　均

情報制御システムの電源・周辺装置およびキャビネット設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社生産本部東京工場品質管理部担当課長。

中村　靖

水処理部門のプロジェクト管理業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部長。

表１　押締端子の材質

部品名	素　材	表面処理	腐食試験規格
締付けねじ	鉄	青色クロメート 三価クロメート 銅＋ニッケル	DIN50018 DIN VDE 0627 IEC60068-2-42 IEC60068-2-46 IEC60068-2-52
押え金具・クランプ	鉄	三価クロメート	
接触導体	銅合金 CuSn CuZn0.5 CuZn39Pb2	スズめっき 銅＋ニッケル	
スリーブ端子	銅	スズめっき	

この方式の派生としてクランプケージの箱の天井部分を閉じずに，より箱体がばね性を持つようにしたものがある。また，②接触導体をリン青銅合金としばね性を持たせ，ねじ締付け時にねじの先端部を押し上げる方向に反発する構造にしてゆるみを防止するものもある。

2.2　押え金具方式

図 2 は押え金具方式における押締端子の配線前と配線後の状態を表したものである。この方式は樹脂ハウジングの中に，④鉄ケースがあり，③接触導体は④鉄ケースに固定されている。①締付けねじを締めると②押え金具により，てこの原理で端子を③接触導体に押え付ける。

ケース部分はクランプケージと同様にねじの締め込みに対してばね性を持って変形し，ゆるみを防ぐ。

2.3　棒状端子（スリーブ端子）

棒状端子とは，筒状・棒状の端子で，電線（より線）のばらけ・過度の応力による断線防止，外気遮断による環境対策となる。電線の被覆をはぎ，筒状の端子をかぶせ，専用圧着器でかしめて固定する。（**図 1**，**図 2** 参照）

2.4　素材および表面処理

今後，プラントへの適用の場面で耐腐食性を考え，試験対象の素材および表面処理について調査を実施しまとめたものが**表 1** である。適合する腐食試験の規格によると，亜硫酸ガス，二酸化硫黄，硫化水素，塩水噴霧などの評価をしていることが分かる。

3　押締端子とねじ端子の比較

電子装置において端子台の目的は，電線を確実に固定し，安全に電気を流すこと，信号を伝えることである。そのため，ねじのゆるみがなく，長期接続が安定していること。また，経済的な観点から，小型，軽量，集積度，部品コストが検討される。

3.1　押締端子のメリットとデメリット

〈メリット〉

(a)　高密度実装に適する。

(b)　ねじが樹脂ハウジング内にあり，ねじ脱落がない。

表２　ねじのゆるみの要因と対策比較

ボルト・ナットの例			電子装置の端子台とケーブルの関連		
緩みの要因と解説		対策例	要因の有無	ねじ端子	押締端子
ナットが回転しないで生じるゆるみ	**接触部の小さな凹凸のへたり** 圧接している接合部表面の微小な凹凸が締付け後の外力変動などでへたった場合。	ばね座金	あり 共通要因	ばね座金	締付けクランプの変形によるばね性反発力
	締付け部材への陥没 対象が軟らかい場合に接触部の面圧で対象面が変形陥没する。	平座金	少ない 対象が金属	対象は丸端子のアルミ素材	対象は押え金具の鉄素材
	ガスケットなどのへたり	増し締め	なし	－	－
	接触部の微動摩耗 接触部，特に締付け部材の接合面が外力によってすべり，摩耗してへたる。	締付け力の強化	あり 装置，建屋の振動	締付け力	締付け力
	温度変化の繰返し ボルトと締付け部材の膨張係数が違う場合，温度により締付け力が低下する。	締付け力の強化	あり 周囲温度の変化，電流による発熱	締付け力	クランプのばね性で吸収
	高温に加熱（500℃前後） 炭素鋼が再結晶し，残留応力が消失。	規定外	規定外	－	－
	過大外力が加わる ボルトの弾性限界を超える過大な外力による降伏。	規定外	規定外	－	－
ナットが回転して生じるゆるみ	**軸回り回転の繰返し** はさみの軸，めがねのつるなどの回転モーメント。	フランジ付きナット	線材がねじと直角な面で回転する場合	線材に力がかからないよう拘束	ねじと線材は接触しないため影響なし
	軸直角方向の外力繰返し ボルト軸直角方向の外力により接合部，ボルト/ナット頭部座面がすべり戻り回転する。	ダブルナット・ナイロンナット・接着材	線材がねじと直角方向に引っ張られる場合		
	軸直角方向の衝撃力繰返し		なし	締付け力 ばね座金	締付け力 クランプのばね性
	軸方向の外力繰返し		装置の振動		
	軸方向の衝撃力繰返し		なし		
	慣性トルクによるゆるみ 扇風機の羽根固定部など回転停止による回転モーメント。	左ねじ	なし	－	－

[表の解説]
ボルト・ナットを例にして部材を締め付けたときのゆるみの要因と対策例である。これら要因と，電子装置に使用する端子台と電線を締め付けた場合の関連をあげ，ねじ端子と押締端子の差異を示す。

(c)　カバーがなくても金属部分に人が直接触れにくい。

(d)　ばね性がある構造でありゆるみが少ない。

(e)　電線と締付けねじが直接接していないため，電線に外力が加わった場合でもねじには外力が伝わらずゆるみの要因が減る。

〈デメリット〉

(a)　締付け状態確認を目視で行いにくい。

（クランプケージ方式の場合：ねじを締めた場合でも

ねじの位置が変わらないので締付け状態が見えない）

(b)　JIS と異なるレベルのトルク管理が必要である。

(c)　電線番号の表示チューブ脱落止めが必要である。

3.2　ねじのゆるみに対する比較

ねじを締め付けるとき，締付けトルクとねじに掛かる力は次の関係（概略の配分）で表せる。

締付けトルク（100％）＝ねじ張力（10％）＋ねじ面の摩擦（40％）＋座面の摩擦（50％）

ここで，ねじ張力は被締付け材の圧縮力（反発）とつり合い，2 か所の摩擦はねじがゆるまないよう固定する力となる。

なお，座面とは，ねじ頭が被締付け材と接する面をいう。

初期のねじ張力が，低下することを「ゆるみ」という。ゆるみに対する最善策は，初期締付け力を高く設定し，適切な締付け管理の下に，設定された高い締付け力を与えることである。ねじゆるみの要因を**表 2** にまとめる。

端子台を想定した場合，「ナットが回転しないで生じるゆるみ」は，初期締付け力を高く設定して対策できる。

「ナットが回転して生じるゆるみ」の分類で，「軸回りの回転の繰返し」，「軸直角方向の外力繰返し」については，被締付け材である電線が外部から引かれる張力，回転方向（ねじを戻す方向）の力に相当する。

従来のねじ端子は，電線を圧着した丸型端子を，ねじで直接締め込むため電線にかかる張力，回転力が直接ねじに伝わりゆるみの要因となる。構造設計で電線を固定するように配慮するが，部品自体には構造的なゆるみの要因が存在する。

一方，押締端子は，2章の構造で見たとおり，ねじと電線が直接接触しない。接触導体を介して力をかける，または押え金具を介して電線を押さえるため，電線にかかる外力は，ねじゆるみに対して影響が小さいことが分かる。

振動，衝撃については共通する問題であるが，押締端子はクランプ構造体がばね性を持ち，ねじを押さえ込むため，ねじ摩擦を保持する。一方，従来の端子台ではばね座金は，ゆるみ止めに効果がないといわれる。ばね座金の効用は，ゆるんだ後に，ナットの空回りを防ぎ，ナットや座金の脱落・紛失を防止することにある。

以上から，ねじゆるみについては，従来のねじ端子に比べ，押締端子のほうがよく研究され，構造・機構として対策が施されている。また，構造を見ると，押締端子は，ねじ座面の摩擦を利用していない。座面摩擦を利用せず，ねじ摩擦と，ねじ張力＝材料の反発力＋クランプ構造のばね性，の分担を増やす設計となっている。

4　評価試験項目と評価対象の選択

日本国内では，端子台に関する規格として JIS C 2811「工業用端子台」（1995）があり，形式検査として，次の 13 項目の試験を決めている。

「①構造　②温度上昇　③絶縁抵抗　④商用周波耐電圧　⑤インパルス耐電圧　⑥短時間耐電流　⑦ヒートサイクル　⑧電圧降下　⑨強度　⑩耐振動性　⑪耐衝撃性　⑫耐寒及び耐熱性　⑬耐湿性」

これに対応する国際規格は次の二つである。

表 3　規格と評価試験の対応

試験項目	JIS規格	IEC規格
温度上昇	C 2811	60999
ヒートサイクル		60512-2 60068-2-2
電圧降下（接触抵抗）		60512-2 60999
締付け強度		60512-10-4 60999
引張強度		60512-10-4 60999
耐振動		60068-2-6

図 3　トルクドライバ

表 4　押締端子の試験サンプル

No.	サンプル装置名称	端子形式	極数	ねじサイズ	端子規定トルク（Nm）	JIS規定トルク（Nm）
1	IM153	FRONT 2,5-H/SA5	5	M2.5	0.5～0.8	0.4
2	電源モジュール	FRONT 2,5-V/SA5	8	M2.5	0.5～0.8	0.4
3	プロフィーバス　ターミネータ	LMT5.08/180	5	M2.5	0.5～0.8	0.4
4	ESM-ITP80	Type 13	6	M3.0	0.5～0.8	0.5
5	S7-300フロントコネクタ　20Pin	6ES7 392-1AJ00-0AA0	20	M3.0	0.4～0.7	0.5
6	S7-300フロントコネクタ　40Pin	6ES7 392-1AM00-0AA0	40	M2.5	0.4～0.7	0.4
7	S7-400フロントコネクタ　48Pin	6ES7 492-1AL00-0AA0	48	M2.5	0.6～0.8	0.4

表 5　試験結果

試験項目	方　法	条　件	判定基準	結　果
温度上昇	試験電流を流し，温度一定となるときの中央極の電線接続部に近い部分の温度上昇値を測定する。	試験電流：サンプルNo.6は 7 A，その他は 16 A	温度上昇分45℃以下	合格：サンプルNo.1と4が最大で42℃，他は34℃以下。 7品種7端子の平均温度上昇は35.57℃
ヒートサイクル	試験電流を規定条件にて断続通電し，導電金具の電線接続部に近い部分の温度上昇値を測定する。	試験電流：サンプルNo.6は 11 A，その他は 30 A 通電/通電休止時間：45分/45分	125回後の温度上昇値が25回後の温度上昇値に対して+8℃以下	合格：温度差の順に，No.2が6.7℃，No.1，3が5.1℃，No.4が4.9℃ 7品種38端子の平均温度は，25サイクル後73.74℃，125サイクル後76.30℃，その差2.56℃
電圧降下	試験電流を規定条件にて通電し，導電金具の電線接続部に近い部分の電圧値を測定する。	試験電流：サンプルNo.6は 0.7 A，その他は 1.6 A	①試験前の電圧降下3.2 mV以下 ②試験後の電圧降下が，試験前に対して150％以下	合格：サンプルNo.6が最大で， ①試験前電圧降下は，2.02 mV ②試験前後の増加割合は，2.97％ 7品種34端子の平均電圧降下は試験前1.236 mV，試験後1.2378 mV，その差は0.001 mV
締付け強度	規定条件にてねじ締め，緩めた後に各部の変形，破損などを確認する。	締付けトルク：No.5，6が0.4 Nm，No.7が0.6 Nm，他は0.8 Nm	各部の変形，破損なきこと	合格：変形破損なし
引張強度	端子台に接続した電線に引張力を加え，各部の変形，破損などを確認する。	締付けトルク：No.5，6が0.4 Nm，No.7が0.6 Nm，他は0.5 Nm 引張力50 Nを ①電線の挿入方向と逆方向， ②機構的に弱い方向にかける。 引張力が規定値に達した後1分間保持する。	各部の変形，破損なきこと	合格：変形破損なし
耐振動性	端子台を加振し，ねじのゆるみ，絶縁体の破損の有無を確認する。	締付けトルク：No.5，6が0.4Nm，No.7が0.6Nm，他は0.5 Nm 振動：周波数10～55 Hz， 振幅1.5 mm，掃引時間1分/往復， 3軸方向，各2時間 端子台の反対側電線は振動による張力が加わらないよう固定する。	各部の変形，破損なきこと，およびねじのゆるみなきこと	合格：変形破損なし

共通条件，使用電線径：サンプルNo.6は0.5 mm^2，その他は1.25 mm^2

(1)　IEC60947-1（1988）：低電圧開閉装置および制御装置－第 1 部：一般規則

(2)　IEC60947-7-1（1989）：低電圧開閉装置および制御装置－第 7-1 部：補助機器－銅線用端子台

しかし，IEC 規格制定以前の製品，製品形体（端子台・コネクタ）の違い，また，試験項目に応じて，端子メーカーは各社さまざまな規格を採用している。試験に関する規格の対応表を**表 3** に示す。

富士電機では，前項で比較した端子台の確認評価として，6 項目の試験項目を決め，4 社 7 種の押締端子に対して試験を実施した。試験対象とした押締端子サンプル 7 種の形式と仕様を**表 4** に示す。押締端子は，規定トルクを JIS より大きく設定していることが分かる。**図 3** に規定トルクでねじ締めするトルクドライバを示す。

5　評価試験の結果

試験結果を**表 5** に示す。

結果を総括すると，押締端子に適合する電線の径に応じて JIS C 2811 に従った条件では，すべての試験項目で判定は「合格」であった。引張試験で限界を試したところ，押締端子が外れずに線材が切れた。

温度上昇に関しては，基準を満たしたものの上昇値が大きかったものもある。構造から見て，金属部分の形状が小さく，樹脂モールドに包まれているため，放熱面で不利だと考える。大電流を流す用途には注意を要する。

6　あとがき

富士電機では，構造・素材の調査，評価試験を通じて，押締端子の特性を評価し，十分に水処理プラントに適用可能であることを確認した。また，トルク管理，適した道具の使用が重要であることを認識し，作業基準を作成し，製造現場での品質向上を図っている。

現在，GENESEED system では盤内部の配線に押締端子を採用しているが，今回の検証を基に，今後さらなるダウンサイジングを要望するプラントについては，外部との接続部分にも押締端子の採用を拡大していく所存である。

参考文献

(1)　山本晃．ねじ締結の原理と設計．養賢堂．1995.

(2)　山本晃．ねじのゆるみ機構について　日本機械学会論文集 C. vol.81, no.716, 1978, p.617-622.

(3)　佐瀬直樹ほか．ねじ締結体のゆるみ機構の解析とゆるみ試験法の開発．日本機械学会論文集 C. vol.62, no.596, 1996, p.1527-1532.

(4)　林雅彦．最近のゆるみ止めナットと適用のポイント．機械設計．vol.50, no.1, 2006, p.46-49.

「GENESEED system」水の安全・安心をサポートする水質計測システム

田中　良春（たなか　よしはる）　横山　勝治（よこやま　しょうじ）　金川　直樹（かねかわ　なおき）

特集

1　まえがき

世界保健機関（WHO：World Health Organization）では，2004年度に飲料水水質ガイドラインを改定（第3版）し，水質安全計画（WSPs：Water Safety Plans）の考え方を加え，食品のHACCP（Hazard Analysis Critical Control Point，危害分析・重要管理点）システムの衛生管理手法の考え方を取り入れた水源から給水までの浄水プロセス管理を推奨している[1]。わが国でもWHOのガイドライン改定を踏まえた水質基準の改定が2004年度に行われ，水道水源や浄水処理方法に応じた効率的な水質管理が望まれている[2]。

わが国の水道は，7割以上が河川，湖沼，ダムを水源としている[3]。特に国土の狭いわが国においては，河川の上流域から下流域まで水が繰り返し循環利用される場合が多い。

水道水質の安全・安心を確保するためには下記の水質の監視と管理が重要と考える。

(1)　水源や水道取水点では有害化学物質や油類，かび臭物質〔2-MIB（メチルイソボルネオール）やジェオスミン〕，消毒副生成物の原因物質となるフミンなど有機物の監視

(2)　凝集沈殿・ろ過プロセスでは適切な凝集剤の注入管理や，ろ過池の濁度を指標とした日常的な運転管理によるクリプトスポリジウムなどの耐塩素性病原虫汚染リスクの監視

(3)　給配水のプロセスにおいては消毒副生成物の監視による塩素注入率の制御

富士電機は，上記の視点から，重要度が高く，特長ある水質計をこれまで鋭意開発・販売してきた。**図1**に一般的な浄水処理プロセスのフローと，それに対応する富士電機独自の水質計のラインアップを示す。

安全・安心・安定を目指す「GENESEED」の思想に基づくこれら製品のラインアップをプロセス順に紹介し，特に2006年10月に発売した新型水質安全モニタ，2007年3月に発売予定の新型トリハロメタン計を中心に紹介する。

2　水源・取水水質監視

2.1　油膜センサ

河川の水質事故のうち，油類による水質汚染事故は6割以上を占める[4]。

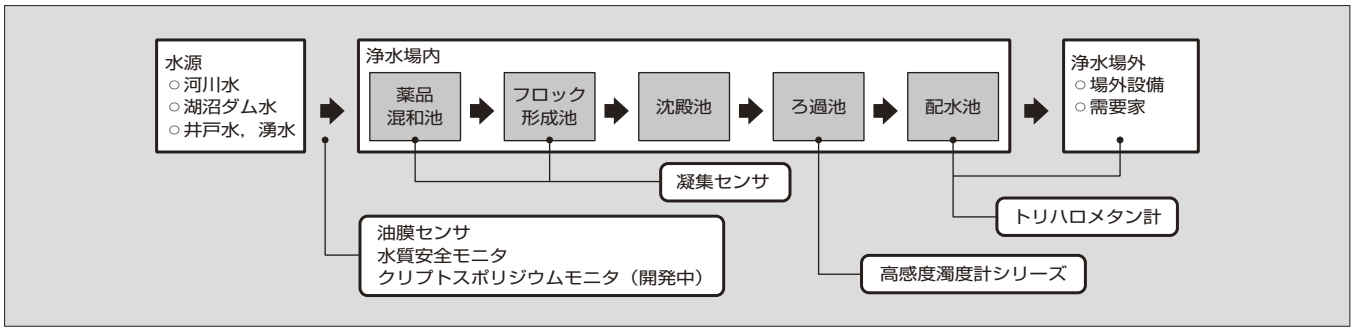
油膜センサは，沈砂池や着水井の入口付近に設置し，水面を浮遊して流入してくる油類を油膜として検知する装置である。外観を**図2**に示す。

測定原理は富士電機が独自に開発した「偏光解析法[5]」を用い，高感度かつ安定な監視が可能である。主な特長として以下の5点がある。

(1)　フロートにより水面に浮上設置できるため，監視したいポイントに直接設置でき迅速な検知が可能

(2)　最短10秒での目視を上回る感度で検出が可能

図1　一般的な浄水処理プロセスのフローと水質計



田中　良春

上下水道における水質計の研究開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部開発室担当部長。博士（薬学）。日本水環境学会会員，電気学会会員。

横山　勝治

水質計の研究開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社生産技術センター機器技術研究所主席研究員。精密工学会会員。

金川　直樹

上下水道における電気・計装設備の設計・開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社水処理統括部GENESEED技術部。環境システム計測制御学会会員。

(3)　偏光解析法の採用により，木の葉など油以外の浮遊物による誤検知が少ない

(4)　フロートによる浮上設置と偏光比の測定により，波立ちの影響を受けない測定が可能

(5)　非接触光学系のため，汚れの影響が少なく，メンテナンスが容易

2.2　水質安全モニタ（MKⅡ）[6]

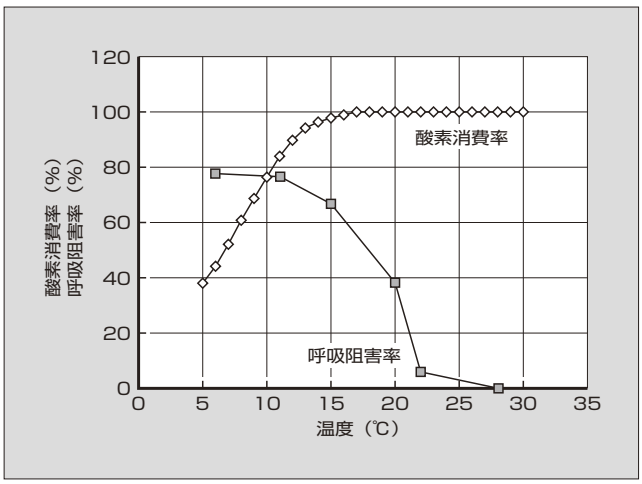
環境中に排出される可能性のある化学物質は多種類に及び，それぞれを個別に測定，監視することは技術的にも経済的にもきわめて難しい。そこで化学物質を生物への毒性作用として総括的に検知するバイオアッセイ法（生物学的監視法）が水質の安全性確認には有効と考えた。

水質安全モニタは有害化学物質に対して鋭敏な反応を示す硝化細菌を利用したバイオアッセイシステムであり，硝化菌の呼吸活性を常時モニタリングし，急性毒性物質混入の有無を検出する装置である。水質安全モニタは化学物質の量を測定するものではなく，毒性作用量（呼吸活性の低下）から毒性物質の有無を判定，出力する点が一般的な水質計器と異なる。

一般にバイオセンサは，使用する生物材料の長期安定性を保つために，至適 pH 条件，至適温度条件にて使用する。

図 2　油膜センサの外観

図 3　温度と酸素消費率と呼吸阻害率の関係



しかしながら，原水水質によっては，水質安全モニタの検出部である微生物膜内の硝化菌の活性や菌数が，水中に含まれる微量栄養成分によって変動し，毒物検知感度が変動する場合があることが分かってきた。

図 3 に温度を変化させたときのセンサ部に固定化されている硝化菌の酸素消費率と，0.3％アセトン溶液（シアン 0.05 mg/L 注入時の阻害率に相当）を与えたときのバイオセンサの呼吸阻害率との関係を示す。

従来，水質安全モニタの運転条件としていた至適温度条件（30℃）一定では，酸素消費量率は見かけ上 100％（溶存酸素電極出力 0 mV）で飽和しているが，実際の硝化菌の活性はさらに上昇している場合もあると考えられる。一方，温度 15℃付近以下の低温領域では，酸素消費率が低下し，同時に呼吸阻害率が上昇傾向を示していることから，温度を下げることにより硝化菌の活性を抑制し，毒物検知感度を高められることが分かる。

そこで，より安定した毒物検知感度を確保することを目的とし，温度変動制御によって微生物活性度を一定範囲にコントロールする方法を採用し，さらにメンテナンス性を向上させるフルモデルチェンジを行った。

2.3　活性度コントロールのフィールドでの性能確認

微生物活性度制御システムを搭載した水質安全モニタ（MK Ⅱ）の性能確認を，財団法人水道技術研究センターの実施した環境影響低減化浄水技術開発研究（e-Water[6]）（2004 年 1 月～ 2005 年 3 月）の持込み研究にて実施した。結果を**図 4** に示す。本実験では 0.1 ～ 0.3％のアセトン水溶液を模擬毒物として使用した。

図中，水質異常警報レベルは，微生物の呼吸阻害率がしきい値（10％）以上になったときに毒物の混入があったと判断する呼吸阻害率のレベルを示す。実験期間中は常に毒物検知レベル以上の毒物検知感度を安定的に維持していることが確認できた。

水質安全モニタ MK Ⅱの外観を**図 5** に，水質安全モニタ MK Ⅱと従来器の比較を**表 1** に示す。

2.4　クリプトスポリジウムモニタの開発[7]

水道事業体ではクリプトスポリジウムなどの耐塩素性病原虫の検査が行われているが，その検査は大量の試料水

図 4　水質安全モニタ（MK Ⅱ）のフィールド実験結果

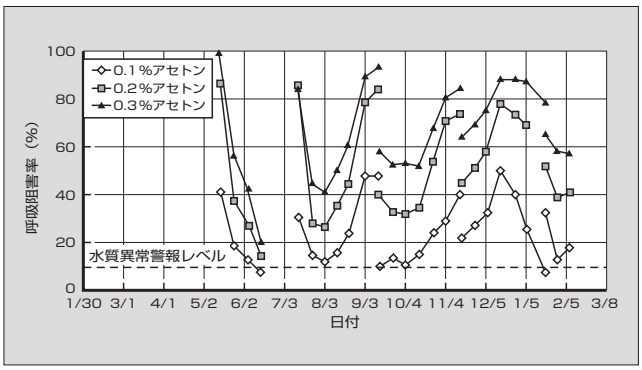


図5　水質安全モニタ MKⅡの外観

表1　水質安全モニタMKⅡと従来器の比較

項　目		MKⅡ	従来器
微生物活性制御		あり	なし
操　　作		POD	専用キーボード
ヘルプ機能		あり	なし
出力	アナログ/接点	4～20mA×1 水質異常ほか10点	4～20mA×1 水質異常ほか10点
	プリンタ	RS-232C	RS-232C
	メモリ	CFカード	なし
標準保守周期		2か月ごと	1か月ごと

表2　クリプトスポリジウムモニタ開発目標仕様

項　目		目標仕様
分離濃縮	方　式	クリプトスポリジウムオーシストを 炭酸カルシウム析出物とし凝集沈殿分離
	処理量	原水　20L/回/h
	処理時間	1時間以内
	回収率	90%以上
測定	測定方式	クリプトスポリジウムオーシストに選択的な 蛍光抗体標識・フローサイトメトリ法
	測定時間	2時間以内
	検出能力	1個/100mL

を用い，煩雑な操作で測定に時間がかかり，熟練を要する方法である。そこで，原水中のクリプトスポリジウムの個数濃度レベルを迅速に把握できれば浄水プロセスの凝集沈殿ろ過プロセスの運転管理に反映させることが可能であると考え，クリプトスポリジウムモニタの開発を進めている。開発目標仕様を**表2**に示す。

3　凝集沈殿・ろ過プロセス

3.1　高感度濁度計シリーズ

埼玉県越生町で1995年に発生した耐塩素性病原虫クリプトスポリジウムよる集団感染事故を契機に1996年，厚生労働省から「クリプトスポリジウム対策暫定指針」（以下，暫定指針と記す）が通知された[8]。

この暫定指針では凝集沈殿・ろ過プロセスにおいて，ろ過水濁度を指標として適正に運転管理することを定め，ろ過池出口水濁度を0.1度以下に維持するよう求めており，これに対応すべく高感度濁度計を開発，製品化した。

3.2　高感度濁度計シリーズの特長

測定原理は富士電機独自の「前方散乱光微粒子カウント方式[9]」であり，指針対策のための高感度濁度計（ZYU）の発売以来，現在では標準器である高感度濁度計（ZYU-MKⅡ）ハイエンドモデルであるハイブリッド微粒子カウンタ（ZVL），水質試験室用に卓上型ハイブリッド微粒子カウンタ（ZVM）の3機種をそろえている。

本シリーズの最大の特長は，微粒子の平均個数濃度を濁度と同時に測定できることである。濁度だけではなく原虫相当である3μm以上の微粒子の平均個数濃度を管理することで，より信頼性の高いろ過池の管理が可能となる。現在までに700台以上の出荷実績がある。

このほかにもメンテナンスが簡単，マスフローコントローラ搭載により安定した測定が可能などの特長がある。

4　浄水・配水プロセス

4.1　トリハロメタン計

塩素消毒の副生成物であるトリハロメタンについて，2004年に改正された水道法では，総トリハロメタンに関して，省略ができない項目とされ，3か月ごとの検査を義務づけられており，測定法としては一般に，パージトラップ－ガスクロマトグラフ－質量分析法（PT-GC-MS法）が用いられている[2]。この測定法は，測定作業が煩雑で結果を得るまでに時間を要し，作業に熟練が必要で分析精度に個人差が生じるため，プロセス管理へ迅速に反映させることが難しい。

このため富士電機は，膜分離-蛍光計測を測定原理とし，簡単な操作で自動計測可能なトリハロメタン計を開発し，水道向けに展開してきた[10]。

近年，水道水質への一般消費者の関心が高まっていることから，浄水場での水質を管理する用途にとどまらず，水道水を原料として利用する飲料工業などへの用途の拡大を目指し，より低価格で使いやすい新型器の開発を進めている。

4.2　トリハロメタン計の課題と主な改良点

トリハロメタン計は，試料水からトリハロメタンを揮発させて分離する分離部と，分離したトリハロメタンとアルカリ性ニコチン酸アミドを反応させる反応部および反応部で生成した蛍光物質の蛍光強度を測定し，トリハロメタン濃度を求める測定部から構成される。トリハロメタン計の測定フローを**図6**に示す。

図6　トリハロメタン計の測定フロー

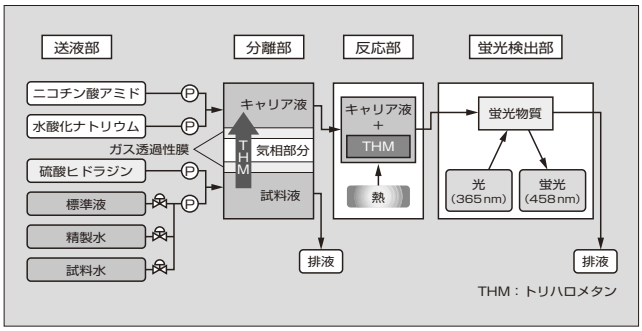


表3　新型トリハロメタン計と従来器の比較

項　目		新型器	従来器
操　作		タッチパネル	専用キーボード
本体構成		ユニット構成	一体構成
保守	試薬濃度	12.5％	25％
	試薬流量	0.4 mL/min	0.5 mL/min
	光源寿命	1年	2か月
	校正周期	2週間ごと	2週間ごと
	試薬補充期間（最大）	約2か月	約1か月

今回の改良目的の一つはメンテナンスコスト削減であり，このため検出部の光源の見直しによる長寿命化，分離部のガス透過性膜長寿命化，試薬使用量の削減を開発課題とした。以下に検出部の開発について述べる。

4.3　検出部の開発

現行器では，測定波長365 nmの励起光を得るためにHg-Xe（水銀－キセノン）ランプを使用している。初期開発時（1988年ごろ）は，他に当該波長の紫外線を出力できる発光デバイスがなかった。Hg-Xeランプは励起波長が広帯域であり，さらに発熱量も多かったことから，高圧電源および大型放熱フィンや波長選択，熱遮へい光学フィルタなどが必要で部品点数も多く構造が複雑であった。また，励起光強度安定化のためには連続点灯仕様である必要があり，このためランプ寿命が短く，トリハロメタンの連続計測を行う場合，光源ランプ交換が頻繁に必要となった。

近年，紫外ダイオード（以下，紫外LEDと記す）が開発されたので，これを新たな光源として採用した。紫外LEDは長寿命・小型・低コストであるうえに，従来光源以上の輝度（4倍）を持ち，発熱量がきわめて少なく（1/20倍），励起波長帯域の選択性が高い，光源の面積が小さいなどの特長を持つ。これにより，光学系に熱遮へい光学フィルタや波長選択性フィルタを必要としない比較的簡単な構造となった。

この結果，検出部は，容積比で1/5，寿命で6倍以上であり，光源部のメンテナンスコストは1/6以下と大幅に低下した。

4.4　新型トリハロメタン計と従来器の比較

表3に新型トリハロメタン計と従来器との比較を示す。検出部のほか，分離反応部に使用する分離膜に複合構造の新素材を採用し，物理的強度を向上させつつ，膜面積を広く取る構造となるよう見直し，高感度化を可能とした。

試薬濃度を従来の1/2としても従来器と同等以上の感度を得ることができるようになり，試薬消費量を削減することができた。

4.5　トリハロメタン計の具体的用途

トリハロメタン計は規制対象となっているトリハロメタン量の確認だけではなく，得られた測定値から以下のような用途や制御に適用でき，管理費の低減に実績をあげている。

(1)　塩素注入の適正化
(2)　粉末活性炭の投入量の適正化
(3)　粒状活性炭の性能評価

5　あとがき

新製品を中心に富士電機の特徴ある水質計を紹介した。

今後も新たな水質計の開発を目指し，浄水設備や飲料工場などの水質管理に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　WHO（世界保健機構）. Guidelines for Drinking-Water Quality（3rd edition）. 2003.
(2)　厚生労働省健康局水道課．新しい水質基準等の制度の制定・改正．http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/seido.html
(3)　日本水道協会．日本の水道の現状（水道水源の状況）．http://www.jwwa.or.jp/frame02.html
(4)　日本水道協会．突発性水質汚染の監視対策指針．2002, p.33-37.
(5)　金川直樹ほか．油膜センサを用いた浄水場沈砂池における油流入の連続自動監視．EICA. vol.7, no.2, 2002, p.187-190.
(6)　横山勝治ほか．バイオセンサを用いた水質監視装置の開発．第56回全国水道研究発表会講演集．2002, p.560-561.
(7)　田中良春ほか．クリプトスポリジウムの自動測定に関する基礎研究．第57回全国水道研究発表会講演集．2006, p.658-659.
(8)　厚生労働省健康局水道課．水質関係情報（水道におけるクリプトスポリジウムの暫定対策指針）．http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/jouhou/suisitu/c2.html
(9)　山口太秀ほか．上水用ワイドレンジ微粒子粒径分布の計測技術．第52回全国水道研究発表会講演要旨集．2001, p.650-651.
(10)　多田弘，大戸時喜雄．トリハロメタンの検出と低減化技術．富士時報．vol.71, no.6, 1998, p.342-346.

「GENESEED solution」データ連携機能と応用

園村　泰彦（そのむら　やすひこ）　八代　一伸（やしろ　かずのぶ）　喜多村　卓（きたむら　たかし）

1　まえがき

富士電機は，水処理向け監視制御システムにおいて，現在のプラント状態を把握し適切な運転を行える「監視制御機能」をベースとした各種ソリューションシステムを構築・提供してきた。これらのソリューションシステムには，時系列データの解析を行う「データ収集・解析機能」，需要予測による水運用制御に代表される「アドバンスト制御機能」，IT を応用した「Web 連携機能」などがある。

一方，近年では，ネットワーク技術が発展し，パソコン，インターネットの普及が急速に進んでいる。これらの技術進化を背景に，富士電機のソリューションシステムは，クライアントサーバ構成をとることが可能となり，Web 技術の導入，汎用表計算ソフトウェアとの連携などの進化をしてきた。この過程での課題は，各ソリューションシステムが，監視制御システムの構成に依存することなくデータ連携を行い，その機能を発揮することであった。

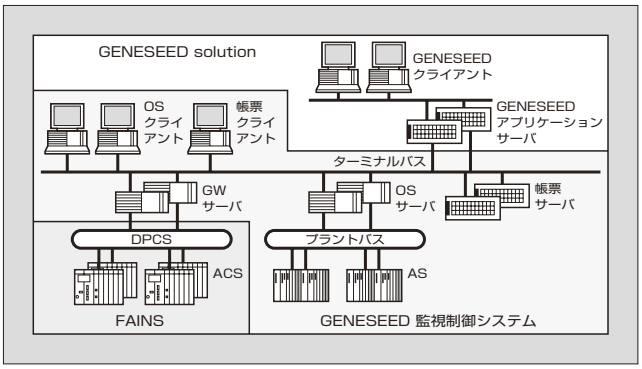
「GENESEED」においては，この課題を解決するために，GENESEED 監視制御システムと各種ソリューションシステムとの間にデータ連携機能を構築し，そのデータ連携インタフェースを用いてソリューションシステムを構築する構造となっている。

本稿では，「GENESEED solution」のシステム構成の概要を説明し，データ連携機能である「GENESEED コネクト」と，ソリューションシステムである「GENESEED レポート」「GENESEED バンキング」などの各パッケージを紹介する。また，帳票データの高度利用や，IT 応用などのソリューションシステム例も併せて紹介する。

2　GENESEED solution のシステム構成

GENESEED solution は，「GENESEED system」のターミナルバス上に GENESEED アプリケーションサーバを接続する形態となっている。サーバ単独の構成から必要に応じ，冗長化構成やクライアントサーバ構成などを構築することができる。システム構成の概要を**図 1** に示す。

図 1　GENESEED solution のシステム構成



2.1　監視制御システム構成との依存性

ソリューションパッケージやソリューションシステムは GENESEED アプリケーションサーバを中心に動作し，必要なデータは，データ連携機能である GENESEED コネクトを利用して入出力を行う構造となっている。GENESEED 監視制御システムとの接続は，プラントバスやフィールドバスなどの制御系の LAN と直接接続せず，OS（Operator Station）サーバや，ゲートウェイサーバ，帳票サーバからデータの入出力を行う。

GENESEED 監視制御システムは，ハードウェアやオペレーティングシステムのグレードアップに柔軟に対応できるコンセプトで構成されている。GENESEED solution においても，監視制御機能とのデータ連携を集約することにより，監視制御システムの構成に依存することなくソリューションシステムがその機能を発揮できるようになっている。

2.2　FAINS システムのマイグレーション

富士電機は，水処理監視制御システムとして FAINS（Fuji Aqua INformation System）シリーズを，20 年以上にわたり提供してきた。GENESEED solution は，FAINS シリーズ上のゲートウェイサーバと接続することが可能であり，FAINS と GENESEED の併設システムにおいても

園村　泰彦

鉄鋼，電力，水処理分野のプラント監視制御システムの企画・設計および監視制御装置の開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部担当課長。

八代　一伸

水処理向け監視制御システムの開発・設計に従事。現在，株式会社エフ・エフ・シー社会基盤ビジネス本部社会基盤ソリューション統括部公共ソリューション部課長。

喜多村　卓

水処理向け監視制御システムの開発・設計に従事。現在，株式会社エフ・エフ・シー社会基盤ビジネス本部社会基盤ソリューション統括部公共ソリューション部。

同一のソリューションシステムを GENESEED system と同様に構築することができる。

2.3　ソリューションシステムの柔軟性

GENESEED アプリケーションサーバは，単独での動作が可能であるが，搭載するソリューション機能，扱うデータ量，運用形態により，冗長化が可能で，クライアントサーバ化，Web 対応化など，システム構成を柔軟に構築できる。

(1)　垂直統合と拡張

アドバンスト制御などの統合制御レベルや，データ収集・解析機能による水の生産管理，経営管理レベルへのデータ提供を，IT を利用して行うなど，垂直方向の統合と拡張が可能である。

(2)　水平統合と拡張

複数のプラントを統合監視する広域監視システムの構築や，新旧混在システムなどの水平方向の統合と拡張が可能である。

3　GENESEED コネクト

GENESEED コネクトは，GENESEED 監視制御システムと GENESEED solution 機能とのデータ受渡しを行うパッケージである。

3.1　入出力インタフェースの統一

GENESEED 上に構築される各ソリューションシステムは，GENESEED コネクトを介して監視制御システムとのデータの入出力を行う。このため，各ソリューションシステムのデータ入出力処理は統一された方式となり，監視制御システムの構成や伝送方式に依存せずに構築することが可能となった。

3.2　コントローラとの入出力

GENESEED コネクトは，各ソリューションシステムから AS（Automation System）コントローラ上のプラントデータの入出力を要求されたとき，OS サーバを経由してデータ入出力を行う構造となっている。入出力に用いるキーは，GENESEED 全体を通して統一されたタグ名称によって行われる。FAINS マイグレーションの場合もゲートウェイサーバを経由して富士電機の従来のコントローラ（ACS や ICS など）との入出力を行っている。

表 1　データ連携の種類

データ種類	方　式	入出力先
AI，DI	OPC	AS（OSサーバ経由） ACS/ICS（ゲートウェイサーバ経由）
AO，DO	OPC	
トレンド	SQL	OSサーバ ゲートウェイサーバ
メッセージ	SQL	
帳　　票	SQL	帳票サーバ

3.3　汎用インタフェースの採用

GENESEED コネクトでは，瞬時データの入出力に OPC〔OLE（Object Linking and Embedding）for Process Control〕，時系列データの入出力に SQL（Structured Query Language）を採用している。一般的に制御データ向けの専用のプロトコルは，処理性能に優れているが，メーカー間での互換性がなく，専用の処理装置を必要とするなどの課題がある。一方，OPC や SQL などに代表される汎用インタフェースは，世界的に標準化されており，メーカー間の互換性が高く，特殊な伝送装置は不要である。大容量伝送装置の一般化と CPU の高速化により，処理性能に関する課題も解決している。

3.4　データ連携の種類

GENESEED コネクトがサポートしているデータ連携の種類を**表 1** に示す。

4　GENESEED solution パッケージ

GENESEED solution としてのパッケージソフトウェアを以下に紹介する。

4.1　GENESEED レポート

GENESEED レポートは，GENESEED system に搭載される帳票パッケージである。監視制御システムからのデータ収集には，GENESEED コネクトを使用しており，帳票機能として独立が可能な構造をとっている。従来の帳票システムは，独自の制御 LAN から専用プロトコルを用いていたが，GENESEED レポートは OPC をサポートする装置であれば接続が可能であり，よりオープンな環境での帳票システムを提供できるようになった。データは，汎用のデータベースに格納されており，表計算ソフトウェアや他のシステムとの連携が容易な構造となっている。**図 2** に GENESEED レポートの画面表示例を示す。

図 2　GENESEED レポートの画面表示例

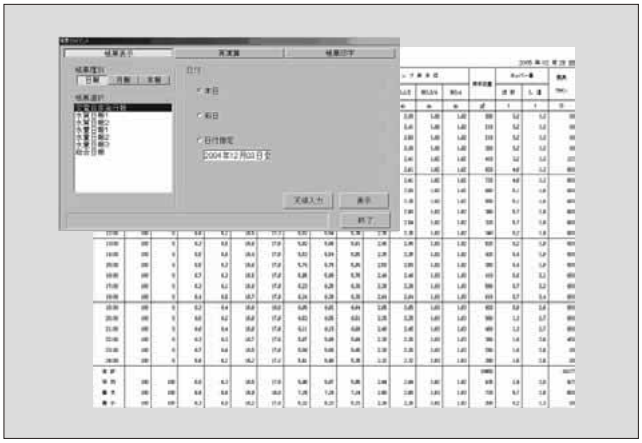
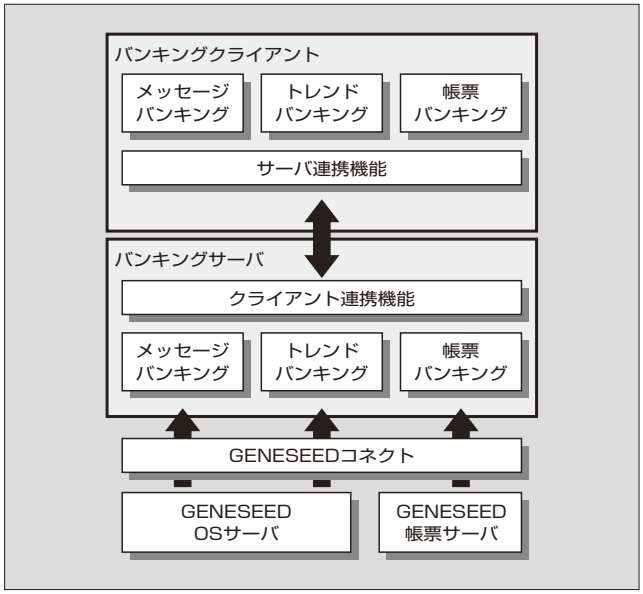


図 3　GENESEED バンキング機能の構成



4.2　GENESEED バンキング

GENESEED バンキングは，帳票データ，トレンドデータ，警報，機器動作メッセージを外部記憶媒体に退避・保存する機能である。保存されるデータは，CSV（Comma Separated Value）形式を採用し，表計算ソフトウェアや汎用データベースとの連携が容易である。帳票データに関しては，GENESEED レポートで使用している表計算ソフトウェアの様式そのままのシート形式での保存も可能である。利用可能な外部媒体は，外付けハードディスクや CD-R（Compact Disk Recordable），DVD-R（Digital Versatile Disk Recordable）などである。

図 3 に機能構成を示す。

4.3　GENESEED 上水ソリューション

富士電機は，上水ソリューションとして，水需要予測や送配水計画制御，薬品注入制御などのソリューションを提供してきた。GENESEED においてもこれらの機能を搭載し，さらに機能の改善を行っている。**図 4** に需要予測と配水計画の概要を示す。

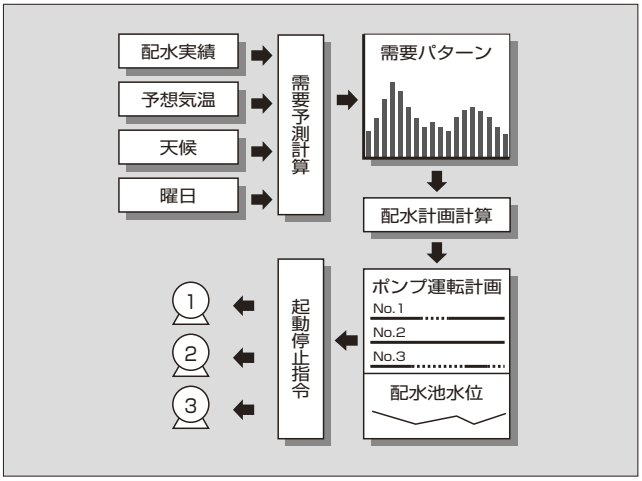
(1)　水需要予測機能

過去の配水量実績から，曜日・天候・予想最高気温などのパラメータによるカルマンフィルタを用いた演算を行い，翌日の配水量を予測する機能である。富士電機は，さらに予測精度が向上し，需要特性の変動に自動的に追従する，構造化ニューラルネットによる予測理論を実現しているが，GENESEED においても，本方式による配水量予測に取り組んでいる。

(2)　送配水計画機能

配水量の予測時間パターンに基づいて配水池の水位をシミュレーションすることにより，配水ポンプの適切な運転台数と稼動時間パターンを計画する機能である。配水計画演算には，動的計画（DP）法を採用しているが，運転

図 4　需要予測と配水計画の概要



パターンの単位時間を細分化すると計算時間が指数関数的に増加するという課題があった。この課題を解決するため，GENESEED では PSO（Particle Swarm Optimization）手法や，非線形システムの安定性に基づく最適化手法を取り入れている。

(3)　薬品注入制御機能

PAC（Poly Aluminum Chloride），次亜塩素酸ナトリウムなどの薬品注入率の決定には，水温，pH，濁度，日射量などの多数の入力値を基に演算を行う必要がある。演算式の作成にあたっては，膨大な過去の実績データや実験結果が必要となるため，富士電機はファジィ理論に基づいた薬品注入率演算を提供してきた。GENESEED では，ファジィ理論で使用するメンバシップ関数のパラメータの自動調整に取り組んでいる。

4.4　GENESEED 下水ソリューション

富士電機は，GENESEED solution 下水処理場機能評価システム（PES：Performance Evaluation System）に取り組んでいる。本システムにより，処理場全体の浄化能力を把握でき，下水処理プロセスを処理水質と使用電力で総合的に評価を行うことができる。

5　GENESEED ソリューションシステム

GENESEED コネクトを利用したソリューションシステムの例を以下に紹介する。

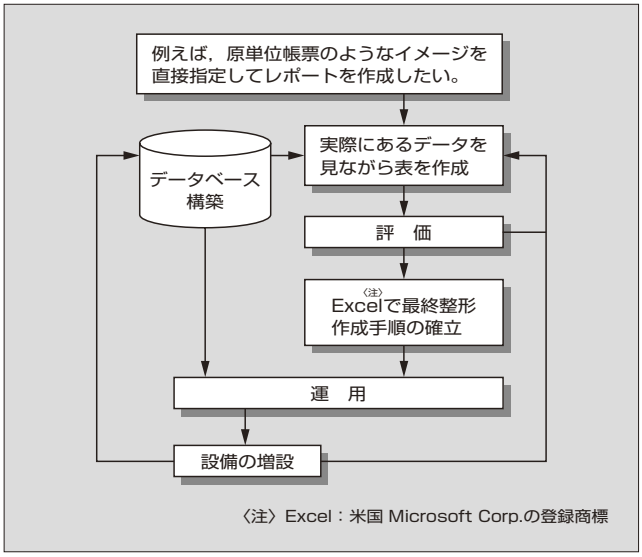
5.1　帳票データの高度利用

GENESEED レポートの機能により，帳票データが豊富に収集・蓄積されるが，これらのデータの分析手法について以下に述べる。

(1)　OLAP ツールによるデータの分析

GENESEED レポート機能では，収集した帳票データをあらかじめ決められた様式で表示・印字を行うが，OLAP（OnLine Analytical Processing ）ツールを利用することにより，時系列や場所，データの種別により，作成される

図5　OLAP ツールによる帳票作成の概要



帳票をイメージしながらデータの集計を行うことができるようになる。**図5** に帳票作成の概要を示す。

(2)　データマイニング

データマイニングとは，大量のデータの中に隠れている価値のある情報を探し出すという意味である。取水濁度とPAC 使用量の関係や，降雨量とポンプ電力量の関係には相関があるのは明らかである。しかし，データマイニング手法を用いて多量のデータの解析を行うことにより，未知の相関関係が検出できる可能性がある。

例えば，気温と相関関係があるデータを探し出すことで夏季の省エネルギー対策の立案，処理水質と相関関係があるデータを探し出すことで運転方式の改善策を検討するといった利用方法が考えられる。

5.2　IT の応用ソリューション

IT を利用した応用ソリューションの例を以下に紹介する。

(1)　Web 技術応用ソリューション

GENESEED system は，Web 監視機能が可能であるが，GENESEED solution においても，HMI（Human Machine Interface）機能を Web 提供することが可能である。

帳票 Web 提供機能は，帳票データを一覧表にして提供し，データを CSV 形式でダウンロードできる。水運用制御の HMI も Web 提供が可能であり，事務室や庁舎からのデータ利用を行うことができるようになっている。

(2)　インターネット応用ソリューション

Web 応用により，インターネットを通じて情報を取得するソリューションである。プラント画面の概略表示，警報の電子メール通知，ITV 画像の遠方での監視などが可能となる。なお，回線の使用量を考慮する必要があるが，携帯電話を使用することも可能であり，警報の電子メール通知機能とプラントの運転状態の概要をモバイル環境で入手できる。

(3)　データサービス

市町村合併などを背景に，施設の広域監視が広がっている。GENESEED においても，情報セキュリティ対策を考慮したうえで，監視制御機能から得られるデータをセンターで集中管理し，帳票データやトレンドデータを，IT を利用して配信する機能を備えている。

6　あとがき

IT と高速通信インフラの整備が今後ますます進んでいくことが予想される。水処理監視制御の分野においても，これらの技術を利用した，データ処理のアウトソーシング（外部委託）などによるさまざまなソリューションが期待されている。これらの IT を導入し，インターネットとアウトソーシングを活用した水処理システムソリューションとしての GENESEED を完成させるべく，努力していく所存である。

参考文献

(1)　奥田昇ほか．ネットワークコンピューティングによる計装システムの高度化．水道協会誌．vol.70, no.10, 2001.

(2)　福山良和ほか．構造化ニューラルネットワークの新しい学習法と最大電力需要予測への適用エネルギープラント最適運用ツール．電気学会論文誌 B．vol.124, no.3, 2004.

(3)　福山良和ほか．工場ユーティリティ設備の IT 活用による最適運転．電気設備学会誌．vol.26, no.5, 2006.

「GENESEED solution」下水処理場機能評価システム

上野　隆史（うえの　たかし）　福嶋　俊貴（ふくしま　としき）　古屋　勇治（ふるや　ゆうじ）

1　まえがき

下水処理場に対する社会的な期待は「水処理工程の高度化」や「汚泥資源の有効利用」を中心に高まりつつある。富士電機は下水処理場の運用ソリューションとして「下水道のまるごと最適化」に取り組んできた。この取組みは要求レベルが高まりつつある処理水質の向上と地球温暖化防止にも関係するエネルギー使用量削減や汚泥燃料化によるエネルギー回収といった複数項目を最適化するためのシミュレーション技術の開発である。

これまで下水処理場のモデル化は国際水協会（IWA：International Water Association）活性汚泥モデルに代表される水処理設備に対するものがほとんどであった。富士電機では，龍谷大学の宗宮教授（京都大学名誉教授）が提唱された①下水処理場機能評価表（PET：Performance Evaluation Table）をベースとする下水処理場機能評価システム（PES：Performance Evaluation System）を開発し②「GENESEED solution」のメニューとしてシステム化を行っている。PES では下水処理場の水処理設備と汚泥処理設備を統合して，処理場全体として浄化機能を把握し，下水処理プロセスを処理水質と使用電力量で総合的に評価した。

富士電機では，PES の機能概要と下水処理場の実データによる適用性の検証，PES を使った既存処理場の高度処理化への適応性について評価したので紹介する。

2　PES の概要

2.1　PET の概要

PES の水質モデルのベースである PET においては，水質は BOD（Biochemical Oxygen Demand：生物化学的酸素要求量），SS（Suspended Solids：浮遊物質），窒素，リンを対象としており，概略，以下の構成となっている。

(1)　水処理工程

(a)　BOD：微生物反応を一次式で表現

除去率＝ $1-\exp(-k\times \mathrm{MLSS}\times t)$

MLSS〔Mixed Liquor Suspended Solids：活性汚泥浮遊物質濃度（mg/L）〕

t：反応タンク滞留時間（h）

溶解性と固形性で反応速度〔k（L/mg・h）〕を変えている。

(b)　SS：固形性有機物の分解と自己分解，BOD から汚泥への転換をモデル化

(c)　窒素：硝化率・脱窒率で表現

標準パラメータでは硝化率 99.9％，脱窒率 97％

(d)　リン：リン含有率で表現

生物学的リン除去法の汚泥では 5％

なお，沈殿池も一次式で表現し，最初沈殿池と最終沈殿池で沈降係数を変えている。

(2)　汚泥処理工程

(a)　対象設備：分離濃縮（重力濃縮槽＋機械濃縮機）～嫌気性消化～脱水機～焼却炉

(b)　モデル化：汚泥処理のアウトプットである出口濃度と物質の回収率を標準仕様として設定し，次工程の物質量を算出する。未回収分が水処理工程へ返流する。

PET では実際の処理場へ容易に適用できるように非常に簡単なモデルを採用しているのが特長で，Excel〈注1〉のワークシートで計算している。

48,000 m^3/日の処理能力を持つ処理場をモデルとして標準活性汚泥法（標準法）の反応槽を高度処理法（循環式硝化脱窒法：循環法や嫌気無酸素好気法：A2O 法）へ改築する場合のシミュレーションを行った。簡単な改築で実現できる循環法へ改造することが，高度処理化に対する当面の一つの解決策であることを明確に提示し，結果として窒素除去率 60 ～ 70％，処理・処分を要する汚泥発生量を約 3 分の 2 まで減少できることを示している[(1)]。

2.2　PES としての拡張機能

(1)　GUI（Graphical User Interface）の充実

運転管理者や水質管理者による PET の利用をさらに容

〈注 1〉Excel：米国 Microsoft Corp. の登録商標

上野　隆史

上下水道電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部東技術部グループマネージャー。

福嶋　俊貴

水環境情報ソリューションの開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部 GENESEED 技術部担当課長。日本水環境学会会員，環境システム計測制御学会会員。

古屋　勇治

水処理プロセスのシミュレーション技術の開発に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部開発室課長補佐。

易とするため，PES では GUI の充実を図った。メニュー画面の順番に情報を入力することによりシミュレーション実行を可能とした。

処理場固有情報である処理施設容積と計算条件である流入水量・流入水質を画面から入力することにより処理水質が計算でき，**図 1** のように結果がプラントフロー上に処理の流れも含めて表示できる。返送汚泥率や循環率といった制御条件も入力可能であり，制御設定値の評価や運転計画支援も可能となっている。

循環法の SS のケースで行った PES のプラントシミュレータ機能の結果を**図 1** に示す。

水処理工程と汚泥処理工程を 1 枚のフロー図上に表示し，流入水中の SS（6.0 t）が各槽で沈殿・分解といった処理を受け，結果として放流水（0.4 t）と焼却灰（1.5 t）へ移行する様子がフローから理解できる。下水処理の中心である反応槽での分解量を反応槽と終沈まわりでの物質収支により計算すると，流入量（初沈流出水：4.5 t）と流出量（処理水：0.4 t，余剰汚泥量：2.4 t）の差分は 1.7 t となる。これは流入水中の SS 6.0 t の 3 割以下にすぎない。もう一つの分解である燃焼量は，焼却炉まわりでの物質収支により脱水ケーキ投入量 3.7 t と焼却灰量 1.5 t の差分から 2.2 t と計算され，流入水の 4 割近くを占めている。一方，重力濃縮槽を中心に 0.9 t の返流水負荷（水処理への戻り負荷）があり流入負荷の 15 % を占めている。

このことから水処理での運転管理に汚泥処理状況も配慮する必要があることも分かる。

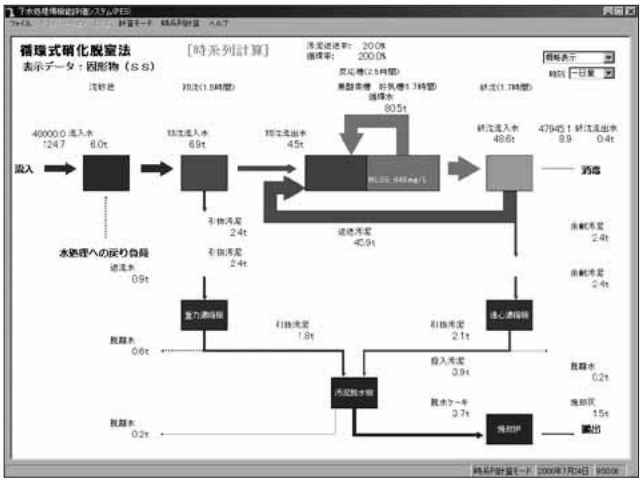
なお，シミュレーション結果は処理水質のみでなく，必要空気量や使用電力量も計算し送風倍率・電力量原単位といった指標による他処理場との比較も可能とした。

(2)　簡易電力量モデルの開発

処理水質と使用電力量を総合的に評価するために PET にはない簡易電力量モデルを開発した。

水処理設備ではブロワや返送汚泥ポンプ，循環水ポンプのように運転状況に応じて変化する電力量と固定的に発生する共通電力量の合計として算出した。ここでは標準的なデータとして社団法人下水道施設業協会発行の「エネルギー自立型処理場の研究」を利用した。

図 1　物質フロー表示画面（SS の例）



また，汚泥処理設備は既存処理場の実績データ調査から運転台数とベース電力量の合計で算出し，焼却炉に関しても同様に焼却炉投入時間とベース電力量の合計で算出した。

なお，下水処理場の使用電力量の半分近くを占めるブロワ電力量に関しては「下水道設計計画・設計指針と解説 2001 年版」に準拠し，有機物酸化・硝化・内生呼吸・DO 維持から必要酸素量を計算し，ばっ気方式を微細気泡の旋回流方式を仮定し酸素溶解効率を与えることにより必要空気量を計算し，ブロワ電力量を簡易に算出した。

(3)　総合評価指標の設定

循環法は窒素除去を目指している。高度処理化の効果を評価するために窒素除去原単位という指標を設定し，処理水質と使用電力量とを総合的に評価した。窒素除去原単位は窒素除去負荷量と使用電力量を使用して以下の式で計算する。

窒素除去原単位（kWh/kg）＝

使用電力量（kWh)/窒素除去負荷量（kg）……(1)

3　PES の適用事例の紹介

3.1　A 処理場（標準法）での検証

PES を標準法 3 系列，約 10 万 m^3/日の処理能力を持つ A 処理場に適用し，返送汚泥率の低減による電力量削減効果をシミュレーションした。

PES の A 処理場への適応性について水質年報を入手して事前評価した。標準パラメータをまったく変更することなく処理水質を計算すると BOD の実測値が 1.9 ～ 3.3 mg/L であるのに対して，PES の計算結果は 1.1 ～ 3.3 mg/L と，系列によりばらつきはあるものの，ほぼ処理状況を再現できた。SS に関しても同様に実測値が 1.1 ～ 2.9 mg/L であるのに対して，PES の計算結果は 2.6 ～ 3.2 mg/L と処理状況を再現できた。このことから有機物処理を目標とする標準法である A 処理場に PES が適応できると判断した。

次に PES による省エネルギー効果を検討する。A 処理場では現状の返送汚泥率が 63 % と，標準的な値である 20 ～ 40 % より高めで運転されていた。標準法の処理水質自主目標の厳しい数値である BOD 濃度 10 mg/L を確保したうえで返送汚泥率低減による省エネルギー効果（電力量削減）を評価した。返送汚泥率の評価結果を**表 1** に示す。

例えば，BOD 濃度を 10 mg/L 以下にするための制御目標値は処理水 BOD9.8 mg/L が確保できる汚泥返送率 30 % と求めることができた。シミュレーションの簡易電力量モデルにより返送汚泥ポンプ電力量として 1,190 kWh から 547 kWh に半分以下までの削減につながる結果を得た。

なお，返送汚泥率を 30 % に低減させた効果として MLSS の低下（1,889 mg/L から 1,189 mg/L）による SS の処理水質の向上（1.1 mg/L から 0.1 mg/L）や，内生呼吸の減少に伴う送風量の低下による電力量削減といった付加的な効果も PES により評価できた。

3.2　B処理場（循環法）での検証

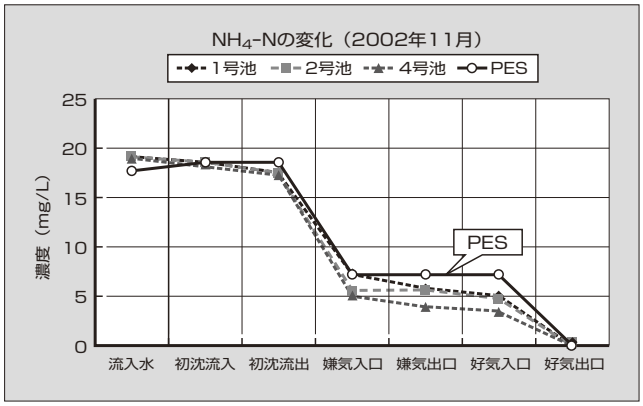
PESを高度処理が導入されている約5万 m^3/日の処理能力を持つB処理場の循環法に適用し高度処理（特に窒素除去）を評価した。パラメータの調整は維持管理年報の流量・水質データを入力して行った。MLSSを実績データと一致させるために標準パラメータを一つ変更するだけでモデル全体の評価が可能である。ここでは実測値SS：2.0 mg/L，BOD：1.2 mg/L，T-N：6.0 mg/Lに対して，シミュレーション結果はSS：2.0 mg/L，BOD：0.1 mg/L，T-N：7.6 mg/Lと高度処理への適応性も十分であった。

次にPESの適用例として各反応槽（好気槽・無酸素槽）の窒素濃度変化を計算する仮想的なセンサ機能としての利用を考えた。生物学的窒素除去法の場合，硝化と脱窒のバランスを把握するために無機性窒素としてアンモニア性窒素（NH_4-N）・亜硝酸性窒素（NO_2-N）・硝酸性窒素（NO_3-N）を槽ごとに把握し管理する必要があるが，下水処理場では通常，月に数回のオフラインでの分析が行われているに過ぎない。PESを利用すれば，流入水質を与えるだけで各槽の窒素3成分を計算し，各生物反応の状態を確認することができる。一例として反応槽内の NH_4-Nの挙動計算結果を**図2**に示す。シミュレーションの結果は各号池においても NH_4-N計測値とほぼ同様な値を示すことが分かり，仮想的なセンサ機能としての可能性が示された。

表1　返送汚泥率低減効果の試算

	返送汚泥率				
	現状（63%）	60%	50%	40%	30%
処理水BOD（mg/L）	4.8	5.1	5.9	7.2	9.8
処理水SS（mg/L）	1.1	0.9	0.5	0.2	0.1
MLSS（mg/L）	1,889	1,810	1,638	1,434	1,189
返送汚泥量（m^3）	25,871	23,771	19,810	15,848	11,886
送風量（m^3）	251,059	249,682	246,332	241,442	233,539
電力量（kWh）	1,190	1,093	911	729	547

図2　各反応タンクでの水質挙動



4　PESの活用方法の紹介

実処理場のデータによる検証でPESがシミュレータとして十分使用できることが分かった。そこでPESを使用して処理場の設備改良を行った場合のプラントシミュレーションについて紹介する。

モデル処理場としてはPETと同様に48,000 m^3/日で高度処理化を目指して標準法を循環法に改築する場合の処理場機能について評価した。なお，既存反応槽をそのまま利用して高度処理化を図るという設定で，高度処理としてはシビアな運転条件となっている。汚泥処理工程としては比較的採用実績の多い分離濃縮（重力濃縮槽・遠心濃縮機）～遠心脱水機～流動焼却炉とした。処理場の運転条件・流入水質の想定条件を**表2**に示す。なお，ここでは流入水質もPETと同一で設定した。

循環率の増加による処理水質変化を検討するために，循環率を0%から300%まで変化させたときの計算結果を標準法と併せて**図3**に示す。

循環率を増加するに従い脱窒によりT－N濃度が減少し，高度処理の目標として設定されることの多い10 mg/Lを達成するには循環率100%とすると処理水質が8.5 mg/Lとなり達成できることが分かった。BODは好気槽での滞留時間が短くなるため標準法よりも処理が悪くなるが，循環率を上げるに従い脱窒での利用割合が増え，処理水質はよくなる。SSについては終沈での滞留時間が変わらな

表2　処理場の運転条件・流入水質

運転条件	下水処理量	48,000 m^3/日
	返送汚泥率	20%固定
	初沈汚泥	下水処理量の2%引抜き
	余剰汚泥	下水処理量の1%引抜き
流入水質	BOD	120 mg/L（溶解性：35%）
	SS	120 mg/L（VSS：60%）
	窒素	30 mg/L（NH_4-N：20 mg/L）
	リン	3.0 mg/L（PO_4-P：1.5 mg/L）

図3　処理水質の変化

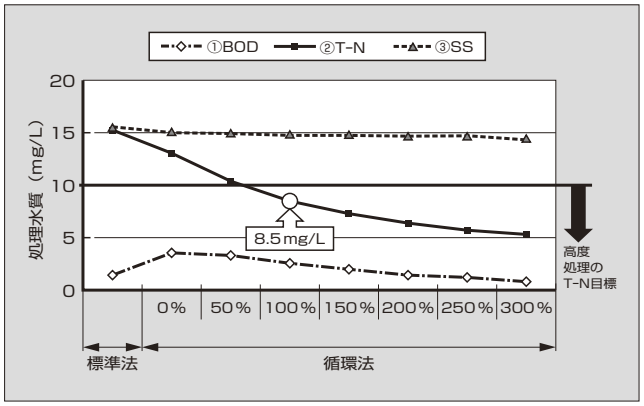


図 4　余剰汚泥引抜量の変化

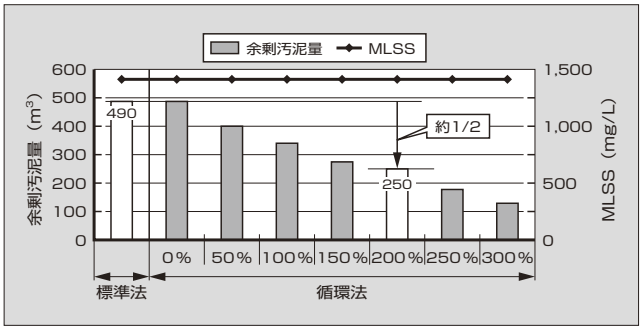
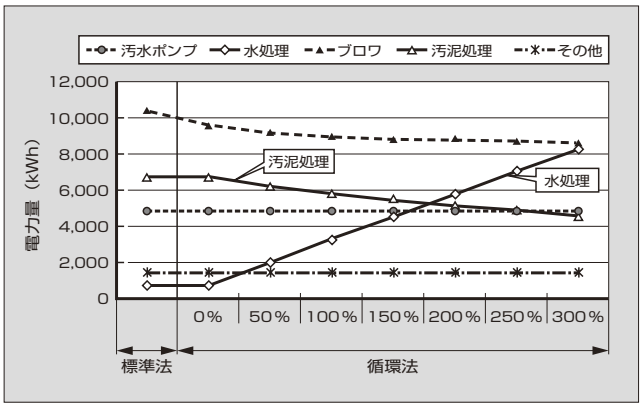


図 5　使用電力量の変化



いため，ほとんど変化がないことが分かった。

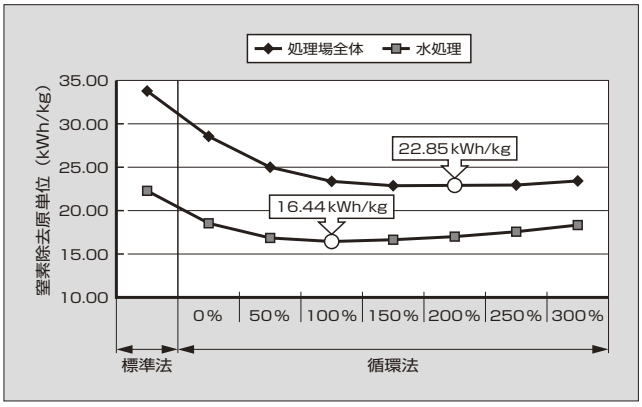
今回は MLSS を 1,400 mg/L で一定となるように余剰汚泥の引抜量を変化させた。この結果を**図 4** に示す。MLSS は 1,404 ～ 1,424 mg/L でほぼ一定となり，余剰汚泥引抜量は循環率を上げるに従い減少し，循環率 200 % では 225 m^3 と標準法の半分以下となり，処理すべき汚泥の減少にもつながることが分かった。

循環法では T－N の処理水質が向上し，余剰汚泥量も減少することから有利であるが，循環率の増加に伴い循環ポンプ電力量も増加するためランニングコストも含め評価する必要がある。循環率を 0 % から 300 % まで変化させたときの使用電力量の計算結果を**図 5** に示す。

循環率を上げるに従い循環水ポンプを中心とする水処理が増加するため，全体使用電力量は増大している。ただし，設備を個別にみるとブロワ電力量は BOD が脱窒にも利用されるため有機物酸化の必要空気量が減少し，若干減少傾向となる。また，汚泥処理電力量は余剰汚泥量の減少に伴い大幅に減少し，循環率 200 % では 5,160 kWh と標準法の 6,710 kWh に比べ 2 割以上低減となることが分かった。

循環法への改築にあたり，最適な循環率を求めるために窒素除去原単位を計算した結果を**図 6** にグラフ表示する。水処理・汚泥処理を連携し，処理場全体で原単位を検討すると循環率 200 % が 22.85 kWh/kg となり，標準法および循環法の各循環率の中で最小となり最適設定値と判断できた。なお，循環率 200 % は循環法の標準設計値の上限値であり，妥当な結果と考えられた。

図 6　窒素除去原単位の変化



従来は水処理設備のモデル化が実施されることが多いが，水処理設備だけを対象とした原単位では循環率 100 % が 16.44 kWh/kg で最小となり，必ずしも最適値とはならないことが分かった。これは，循環法にすることにより処理すべき汚泥である余剰汚泥量が減少するメリットを十分に評価できていないためと考えられた。

以上のことから水処理・汚泥処理を連携して評価することの重要性が確認でき，処理場全体を対象としている PES の有効性も評価できた。

5　あとがき

2006 年の下水道法の一部改正を受けて高度処理の整備促進が図られると考えられる。今後，PES を利用した高度処理法の導入の検討を進め，高度処理方式の事前検討といった設計フェーズや高度処理法と標準法の系列バランスといった運転管理フェーズ，さらには既設施設機能アップによる高度処理化といった施設の更新フェーズといった下水処理場ライフサイクル全体を通してのソリューションを提供すべく PES の機能充実を図りたいと考えている。

さらに，2006 年に作成された「下水道ビジョン 2100」でうたわれた健全な水循環の確保に向けても，従来から研究を進めている流域水質統合管理システム[(3)]における下水処理場の役割を明確にしつつ，PES の適用拡大を目指している。

なお，PES の実施設への適用性の評価に関して，幾つかの処理場からデータを提供いただいた。ここに記して謝意を表す次第である。

参考文献

(1)　宗宮功．都市下水の各種高度処理プロセスにおける栄養塩類除去機能の評価．下水道協会誌．vol.42, no.509, 2005, p.81–90.

(2)　福嶋俊貴ほか．下水処理場機能評価システムの開発．第 42 回下水道研究発表会講演集．2005, p.864–866.

(3)　中山敬ほか．流域全体を対象とした水環境統合管理システムの提言．富士時報．vol.77, no.3, 2004, p.7–11.

「GENESEED solution」省エネルギーシミュレータ

小林　憲徳（こばやし　のりよし）　安久津 信也（あくつ　しんや）　福山　良和（ふくやま　よしかず）

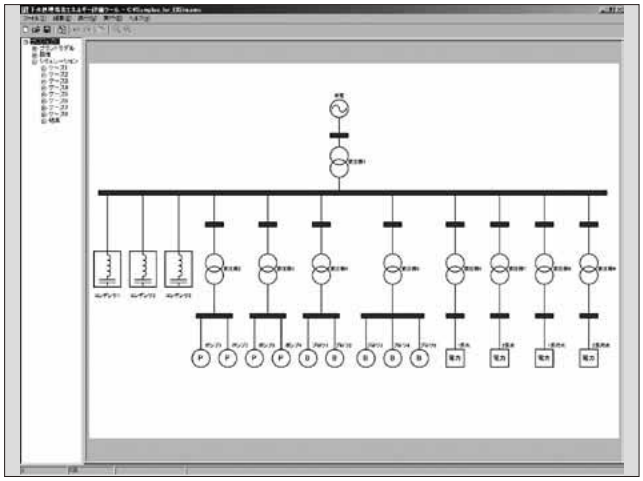
1　まえがき

これまで「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）による工場・事業所などのエネルギー管理については，一定以上の電気あるいは熱を使用する工場・事業所を対象としてきた。これに対し2005年の省エネ法の改正（2006年4月1日施行）により，電気負荷と熱負荷の区分が廃止され，電気負荷量と熱負荷量の合計値を規制する，電気と熱の一体管理が実施されることとなった[(1)]。この省エネ法の改正により，これまでエネルギー管理の規制対象外であった中小規模の浄水場，下水処理場が第一種もしくは第二種エネルギー管理指定工場の対象となり，浄水場，下水処理場の主要設備であるポンプ，ブロワなどの主要負荷の省エネルギー対策がさらに重要となってきた。

このような背景のもと，富士電機では，省エネルギー機器や高効率機器の導入，最適制御による効率運転などの対策による省エネルギー効果量を簡単に定量化できる浄水場，下水処理場向けの省エネルギーシミュレータを開発した。

本稿では，「GENESEED solution」省エネルギーシミュレータの特長について述べ，典型的な浄化センターを例題として省エネルギー試算を行った結果について紹介する。

図1　施設の単線結線図作成画面例

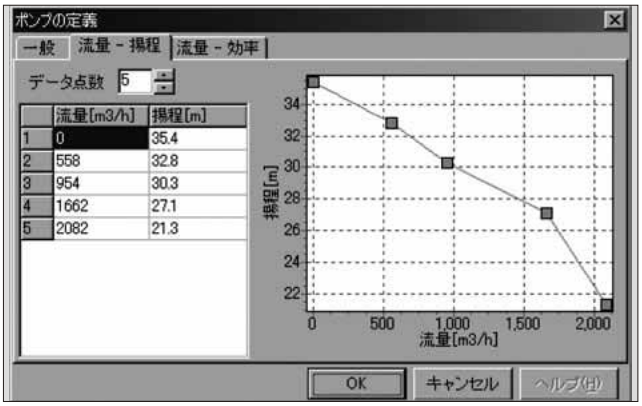


2　省エネルギーシミュレータの基本機能

省エネルギーシミュレータは次のモデル機能を有し，**図1**，**図2**に示すようにGUI（Graphic User Interface）機能により検討対象とする浄水場，下水処理場の施設における電源系統の単線結線図の作成が可能である。

(1)　ポンプモデル
　○吐出し弁制御
　○回転速度制御による末端圧力一定制御
　○回転速度制御による吐出圧力一定制御
　○吐出し弁，インバータ制御の混在運転が可能
　○回転速度制御ポンプの最適流量配分機能
(2)　ブロワモデル
(3)　太陽光発電モデル
　○有効電力設定
(4)　同期発電機モデル，誘導発電機モデル
　○有効電力と無効電力設定もしくは有効電力と力率設定
(5)　電力貯蔵電池
　○有効電力と無効電力設定
(6)　変圧器モデル
　○負荷損（抵抗で設定）と無負荷損
(7)　電力用コンデンサモデル
　○直列リアクトル付

図2　ポンプモデルの定数入力画面例



小林　憲徳

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部担当課長。

安久津 信也

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部。

福山　良和

数理アルゴリズムを利用したソリューション研究開発業務に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社情報通信制御部課長。工学博士。電気学会上級会員，IEEE会員。

表1　ポンプの性能曲線データ

番　号	流量 q_i（m³/h）	揚程 h_i（m）	ポンプ効率 η_{pi}（%）
1	0	24.8	0
2	840	24.0	24
3	1,740	23.0	45
4	2,580	22.0	60
5	3,480	19.6	72
6	4,200	18.0	80
7	4,680	16.4	83
8	5,760	14.0	84
9	6,600	10.4	83
10	7,200	8.0	77

なお，処理場全体の消費電力をシミュレーションする手段として高速潮流計算手法である後退・前進計算（BFS：Backward Forward Sweep）法[2]を採用している。

3　ポンプモデル[3]

3.1　定式化

省エネルギーシミュレータの主要モデルの一つであるポンプモデルについて紹介する。

ポンプモデルは，最も広く使用されている渦巻ポンプの基本機能の模擬を行い，次の三つの制御モードを有するものとした。

(1)　吐出し弁制御
(2)　回転速度制御による末端圧力一定制御
(3)　回転速度制御による吐出圧力一定制御

例として，吐出し弁制御の計算に用いたモデルのポンプの流量－揚程特性，流量－ポンプ効率特性，ポンプの消費電力 P_v（kW）を以下に示す。

ここで，H_{pu}（pu）は揚程，Q_{pu}（pu）は流量，η_p（pu）はポンプ効率，Q_0 は定格流量（m³/h），H_0 は定格揚程（m），η_m は電動機効率（pu），k_{q2}，k_{q0}，$k_{\eta p2}$，$k_{\eta p1}$，$k_{\eta p0}$ は定数である。

$$H_{pu} = k_{q2}Q^2_{pu} + k_{q0}$$

$$\eta_p = k_{\eta p2}Q^2_{pu} + k_{\eta p1}Q_{pu} + k_{\eta p0}$$

$$P_v = \frac{9.8}{3{,}600}\frac{Q_{pu}H_{pu}}{\eta_p\eta_m}Q_0H_0$$

3.2　シミュレーション例[4]

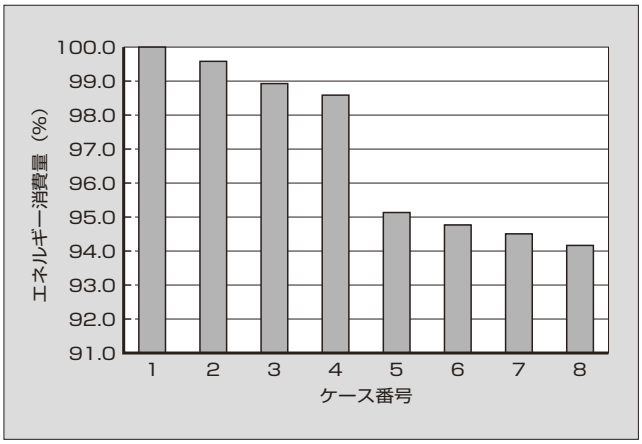
変圧器の種類（標準モルトラもしくは高効率モルトラ），電力用コンデンサの有無，ポンプの運転方式（吐出し弁制御もしくは回転速度制御）の違いによる処理場全体における1か月分のエネルギー消費量を計算し，省エネルギー効果の定量化を行った。シミュレーションケースを**表1**に示す。なお，シミュレーションに用いた値は以下の値とした。

○定格流量 Q_0：6,500（m³/h）
○定格揚程：H_0：14（m）
○実揚程：h_a：10.47（m）

表2　シミュレーションケース

ケース	変圧器	コンデンサ	ポンプ
1	標準モルトラ	なし	吐出し弁制御
2	高効率モルトラ	なし	吐出し弁制御
3	標準モルトラ	あり	吐出し弁制御
4	高効率モルトラ	あり	吐出し弁制御
5	標準モルトラ	なし	回転速度制御
6	高効率モルトラ	なし	回転速度制御
7	標準モルトラ	あり	回転速度制御
8	高効率モルトラ	あり	回転速度制御

図3　1か月のエネルギー消費量による各ケースの比較



○管路抵抗の定数 h_r：10.67（m）
○電動機効率 η_m：94（%）
○インバータ効率 η_i：97（%）
○ポンプの性能曲線データ：**表2**

図3にシミュレーション結果を示す。**図3**から，ケース1～4に比較し，ケース5～8は最大5.4%の省エネルギーが得られており，省エネルギー効果が大きいことが分かる。これは，ポンプの運転方式を吐出し弁制御から回転速度制御にしたためである。

4　回転速度制御ポンプの最適流量配分機能[5]～[7]

浄水場，下水処理場では，一般にポンプにインバータを取り付け，回転速度の制御により省エネルギー対策を実施しており，前章のシミュレーション例に示したように，インバータ制御によるポンプの省エネルギー運転が達成できる。

複数台の特性の異なるポンプを同時にインバータで制御する場合，ポンプの消費電力は各ポンプへの流量配分に依存するが，従来法では各ポンプ相互の流量配分調整は考慮されていない。このため，従来法での複数台ポンプの省エネルギー運転では，不適切な流量配分となり十分な省エネルギー効果が得られない場合がある。

そこで，富士電機では，前述のポンプモデルと非線形システムの安定性理論を用いた最適化手法[8][9]により複数台ポン

プの省エネルギー運転を行う手法の開発を行った。

図 4 に，提案する最適流量配分機能の概念図を示す。任意の「初期値□」から，はじめの最適解を探索し，探索領域内にある「最適解○」を指定された時間内に，できるだけ多く探索していく手法である。このとき，探索を効率よく行うため分解点と呼ばれる目的関数の「尾根の低い所△」を経由して，システマチックに複数の最適解の求解を行う。この分解点を経由する方法は，人が盆地から山を越えて，隣の盆地に移動する際に，尾根の低い点である峠を経由して移動することと似ている。

本手法により，省エネルギー効果が高い運転パターンである解を正確に求めることができ，十分な省エネルギー効果を得ることができる。また，この手法により，局所解となる省エネルギー運転パターンを複数求めることが可能となるため，現場のルールやポンプの制約条件などで消費電力が最小値となる運転パターンで運転することができない場合でも，複数の省エネルギーパターンの中から制約条件の下での適切なパターンを選択することができる。

4.1　定式化

複数台のポンプの消費電力 P_v を各ポンプへの流量 x_i の関数で表現すると次式となり，この消費電力 P_v を最小化する各ポンプへの流量 x_i を決定する問題に定式化される。各ポンプへの流量 x_i の合計はポンプでくみ上げる全流量 Q_T であり，各ポンプへの流量は正の値のみ取るので，これらを制約条件とした。

$$\text{最小化：} P_v(x_1,\cdots,x_N)=\sum_{i=1}^{N}\frac{A_i x^3{}_i+B_i x_i}{C_i x^2{}_i+D_i+x_i\sqrt{E_i x^2{}_i+F_i}}$$

$$\text{制約条件：}\begin{cases} Q_T=\sum_{i=1}^{N} x_i \\ x_i \geqq 0 \end{cases}$$

ここで，N は全ポンプ数，A_i，B_i，C_i，D_i，E_i，F_i はポンプの特性から得られる係数である。

上式は非線形かつ多峰性関数（複数の最適解を持つ関数）であるため，一般に最適解を求めることが難しい。そこで，富士電機が独自に開発した複数の最適解を求解可能な非線形システムの安定性理論に基づく最適化手法を適用し最適な流量配分を求める。

4.2　シミュレーション例

吐出し弁制御のポンプ 2 台，回転速度制御のポンプ 2 台，計 4 台のポンプの運転を例に最適流量配分機能の性能評価を行う。シミュレーションに用いた値は浄水場・下水処理場で一般的に使用されている以下の渦巻ポンプの標準的なデータとした。

○全流量：19,000（m^3/h）
○実揚程：10.47（m）
○管路抵抗係数：11.47（m）
○各ポンプのデータ：**表 3**

図 4　最適流量配分機能の概念図

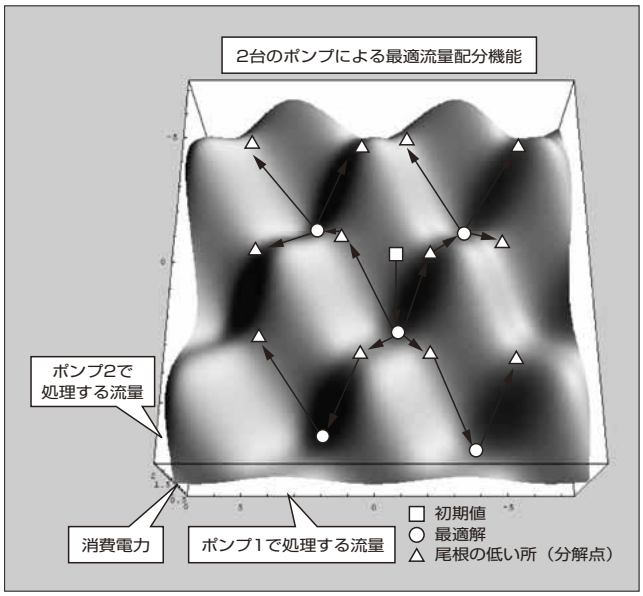


表 3　ポンプ特性

	ポンプX1	ポンプX2	ポンプY1	ポンプY2
制御方法	弁制御	弁制御	回転速度制御	回転速度制御
定格流量（m^3/h）	6,500	8,300	6,500	8,300
定格揚程（m）	14	16	14	16
電動機効率（%）	94	94	94	94
インバータ効率（%）	—	—	97	97

表 4　ポンプの流量－揚程特性

ポンプX1，Y1			ポンプX2，Y2		
流量（m^3/h）	揚程（m）	ポンプ効率（%）	流量（m^3/h）	揚程（m）	ポンプ効率（%）
0	24.8	0	0	29.7	0
840	24.0	24	1,008	28.8	22.80
1,740	23.0	45	2,088	27.6	42.75
2,580	22.0	60	3,096	26.4	57.00
3,480	19.6	72	4,176	23.5	68.40
4,200	18.0	80	5,040	21.6	76.00
4,680	16.4	83	5,616	19.6	78.85
5,760	14.0	84	6,912	16.8	79.80
6,600	10.4	83	7,920	12.4	78.85
7,200	8.0	77	8,640	9.6	73.15

表 5　得られた最適化流量配分

	ポンプX1（m^3/h）	ポンプX2（m^3/h）	ポンプY1（m^3/h）	ポンプY2（m^3/h）	消費電力（kW）	候補
流量配分1（LM1）	6,419.7	8,234.3	2,167.4	2,178.1	821.1589	3
流量配分2（LM2）	6,419.7	8,234.3	0	4,345.3	775.6174	2
流量配分3（LM3）	6,419.7	8,234.3	4,345.3	0	764.6166	1

図 5　目的関数と得られた最適流量配分（最適値）

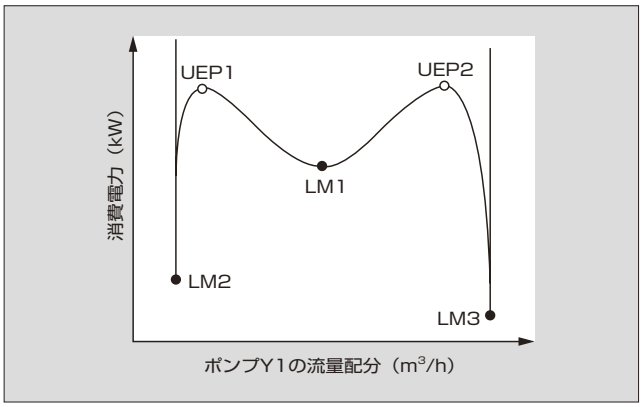
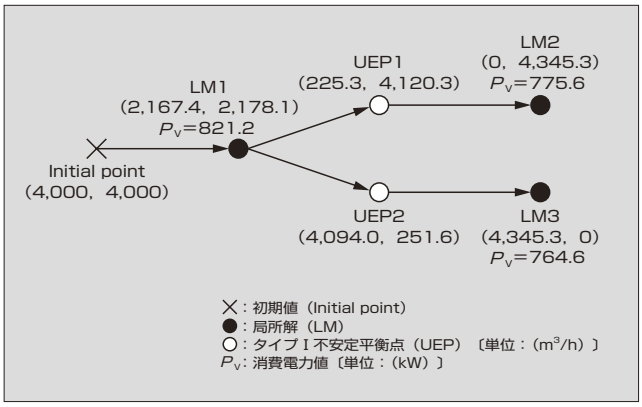


図 6　探索の過程



○ポンプの性能曲線データ：**表 4**

表 5 にシミュレーション結果，**図 5**，**図 6** に目的関数の概念図と探索の過程を示す。これらに示すように本例題では，三つの最適解が得られた。これを LM1，LM2，LM3 で示す。UEP1，UEP2 は分解点である。

表 5，**図 5**，**図 6** の結果から，消費電力が最小となるような流量配分は流量配分 3（LM3）となる。また，流量配分 1（LM1）は 2 台のポンプを回転速度制御により省エネルギー運転している場合であり，これに近い流量配分で通常運転が行われていると想定すると，流量配分 3 での運転を行った場合，通常運転時に近い流量配分 1 と比較し 7％の省エネルギー効果が得られた。

本手法は，複数の省エネルギー効果が高い流量配分パターンを計算するため，計算値がポンプの定格を逸脱した場合は，現場の運用状態を考慮し，複数の省エネルギー運転パターンから適切なパターンを選択することも可能である。

回転速度制御ポンプの最適流量配分機能の特長として，以下の項目があげられる。

(1)　ポンプ特性（流量－揚程特性，流量－効率特性）を考慮した複雑な非線形最適化問題であるポンプ流量配分問題に対し，正確な局所解を得ることにより，高い省エネルギー効果を得ることができる。

(2)　複数の正確な局所解（複数の省エネルギー運転パターン）を求めることが可能となり，定式化されていない現場のルールやポンプの制約条件などによって最も省エネルギー効果が高い運転パターン（大域的最適解）での運転ができない場合でも，複数の省エネルギー運転パターンから適切なパターンを選択することができる。

5　あとがき

本稿では，省エネ法の改正に伴い開発した浄水場，下水処理場向けの省エネルギーシミュレータの特長について述べ，某浄化センターの実績データを用いた場合の省エネルギー効果について紹介した。

今後は，開発した浄水場，下水処理場向けの省エネルギーシミュレータの高機能化を行うと同時に，水処理プロセスシミュレータ，汚泥処理プロセスシミュレータとの統合により総合的な省エネルギー対策を提案していく所存である。

参考文献

(1)　平成 17 年度技術講座「省エネ法改正」の動向．省エネルギーセンター．2005-9.

(2)　福山良和，中西要祐．並列処理を用いた放射状系統高速潮流計算．電気学会論文誌．vol.B116, no.1, 1996-1.

(3)　新訂エネルギーセンター管理技術 電気管理編，省エネルギーセンター編，省エネルギーセンター．2002.

(4)　中沢親志ほか．上下水道の省エネルギー評価手法について．第 16 回環境システム計測制御（EICA）研究発表会．2004.

(5)　中沢親志ほか．非線形システムの安定性理論を用いた最適化手法による複数台インバータ駆動ポンプの省エネ運転方式．第 5 回計測自動制御学会制御部門大会．

(6)　Nakazawa, C. et al. Optimal Pump and Inverter Control for Drinking Water and Wastewater Treatment Systems. SICE Annual Conference 2005.

(7)　大井章弘ほか．浄水場における複数ポンプ省エネ運転制御方法．第 6 回計測自動制御学会制御部門大会．2006.

(8)　中沢親志ほか．非線形ダイナミクスの安定性理論による大域的最適解最有力候補の導出方法．電気学会産業計測制御研究会（IIC-04-50）．

(9)　Chiang, D. A Method for Searching Multiple Local Optimal Solutions of Nonlinear Optimization Problems. 2005 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2005). Kobe.

「GENESEED solution」木質バイオマスガス化発電

横幕　宏幸（よこまく　ひろゆき）　長倉　善則（ながくら　よしのり）　村山　光弘（むらやま　みつひろ）

1　まえがき

1997年12月に開催された地球温暖化防止京都会議（COP3）で決定された二酸化炭素（CO_2）排出量削減は，ロシアの同意により本格的な取組みが始まった。

地球温暖化抑制のためには，省エネルギーやエネルギーの有効利用とともに，化石燃料依存からの脱却が必要とされる。わが国は，1960年代からの高度成長を中東の安価な石油に頼っていたため，第一次石油危機時（1973年）には，エネルギーの77％を輸入した石油に依存してきた。**図1**[(1)]は，1973年と2003年の一次エネルギー供給源を比較したものである。主として，天然ガス，原子力の増加が寄与して石油依存率は，77％から51％に低下した。しかし，エネルギーの輸入依存度は約80％と高く，他の先進国の中で際立って高い数値となっており，化石燃料依存から脱却しエネルギーの自給率を高めるためにも，バイオマスエネルギーが注目されている。

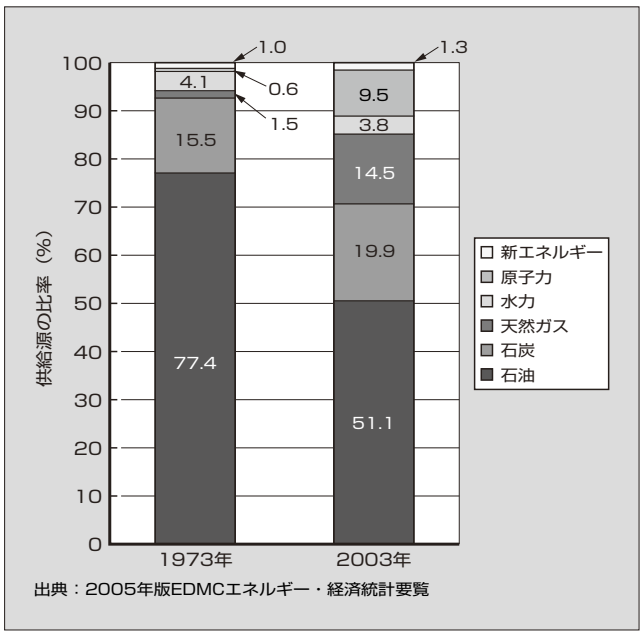
木質バイオマスの燃焼は，もともと大気中から光合成によって樹木が吸収・固定したCO_2を大気中に戻す性質（カーボンニュートラル）のもので，持続可能社会，もしくは循環型社会実現の切り札としても期待されている。

わが国のCO_2削減目標（6％）の内訳を**表1**[(1)]に示す。表にも示されているとおり，森林吸収源が際立って多く3.9％となっている。森林のCO_2吸収能力は，50年程度で徐々に低下することから計画的な伐採と育成が必要であると言われており，伐採し木材として利用する際の加工廃材や森林育成の際に発生する間伐材などの森林資源の有効利用が期待されているゆえんでもある。

このような背景の中，加工廃材などの不用木材や間伐材を有効利用できる技術としてガス化発電による熱・電気供給システム（コージェネレーションシステム）が新技術として開発されている[(2)(3)]。

本稿では，月島機械株式会社が岩手県葛巻町くずまき高原牧場に納入した木質バイオマスガス化発電実証試験設備に，富士電機が電気設備を納入したのでその概要について紹介する。

図1　一次エネルギーの供給源



出典：2005年版EDMCエネルギー・経済統計要覧

表1　わが国の温室効果ガス削減目標6％の内訳

項　目	目標達成計画	参考（大綱）
エネルギー起源CO_2		±0％
国民の努力	＋0.6％	−1.4％
革新的技術開発		−0.6％
非エネルギー起源CO_2	−0.3％	−
メタン（CH_4）	−0.4％	−0.5％
一酸化二窒素（N_2O）	−0.5％	−
代替フロンなど3ガス（HFC，PFC，SF_6）	＋0.1％	＋2.0％
森林吸収源	−3.9％	−3.9％
京都メカニズム	−1.6％	−1.6％
合計	−6.0％	−6.0％

出典：財団法人省エネルギーセンター　エネルギー管理士試験講座

横幕　宏幸

月島機械株式会社研究開発部グループリーダー。

長倉　善則

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部機電技術部長。電気学会会員。

村山　光弘

上水道電気・計装設備および産業関連受配電システムの設計に従事。現在，富士電機システムズ株式会社東日本支社東北第二営業部主任技師。

図 2　ガス化システムフロー

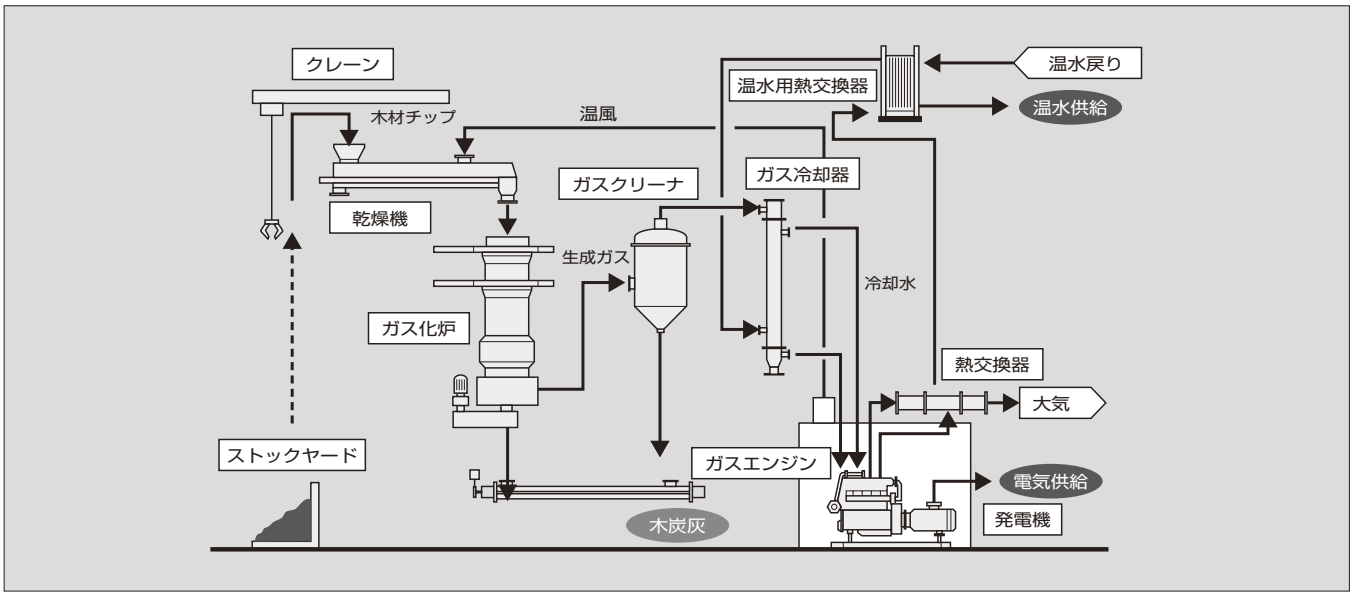


図 3　エネルギーフロー

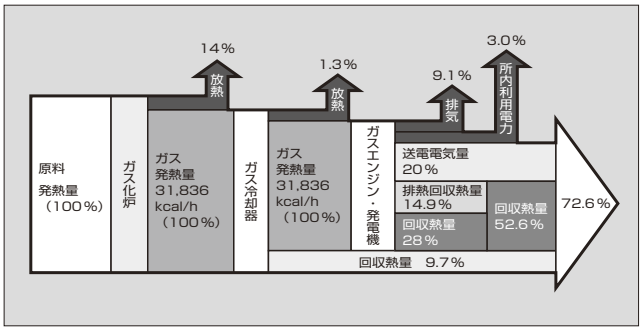
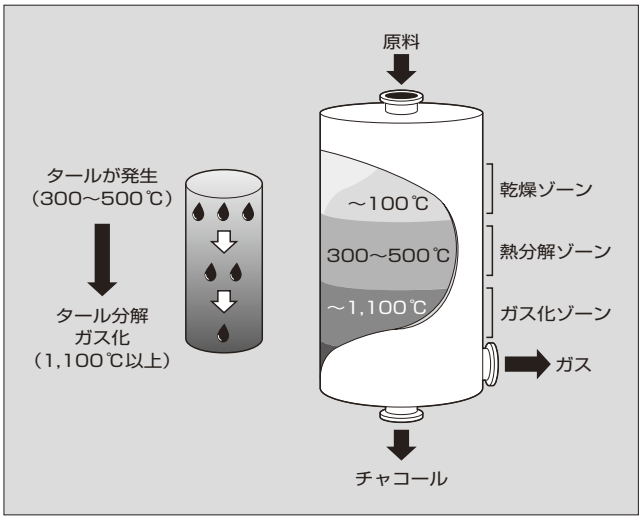


図 4　ダウンドラフト炉内のガス化工程



2　木質バイオマスガス化発電システムフロー[(4)(5)]

図 2 に月島機械株式会社の実証プラントガス化発電プラントのシステムフローを示す。

本フローは，小規模処理向けの木材チップ 3 ～ 10 トン/日（30 % 水分時）のプラントフローである。連続的に木質バイオマスを処理し，熱・電気を供給する。

図 3 にエネルギーフローを示す。発電効率は 20 %，熱効率は 52.6 %，総合効率は 72.6 % を実現している。

2. 1　原料供給装置（クレーン，乾燥機）

原料は，建設廃材などの廃棄物系ではなく，間伐材，製材所から発生する加工廃材を対象としている。原料の形状は 2 ～ 3 cm 角の切削チップで，ストックヤードからクレーンで乾燥機に自動供給される。これらのチップは，含水率が 50 % 以上と高いため，後段のプロセス（ガスエンジン排熱）で回収した熱を利用し，ガス化炉へ投入される間に所定の水分量（10 ～ 15 %）まで乾燥し，次工程のガス化炉へ供給する。

2. 2　ダウンドラフト方式ガス化炉

ガス化炉は，酸化剤として空気を用い原料を部分燃焼させ，その熱で原料のガス化を行う部分酸化方式を採用している。

木質バイオマスを熱分解するとタールが発生する。設備を安定稼動させるためには，このタールを除去，分解し，改質する必要がある。タール除去設備を極力最小限とするために，炉内で可燃性ガス中のタール量を低減させる固定床式ダウンドラフト方式を採用している。ダウンドラフト方式では，可燃性ガスをガス化炉下部から排出することにより炉内で生成したタールは高温領域（約 1,100 ℃）を通過し分解される。タール含有量は，可燃性ガスを上部から排出するアップドラフト方式（30 ～ 150 g/Nm^2）と比較するとダウンドラフト方式では 0.5 g/Nm^2 以下と非常に低くなるため，タール量が少ないガスを生成することが可能

である。また，炉内は，安全を考慮し，負圧で運転を行う設計としている。**図 4** にダウンドラフト炉のガス化工程および**表 2** にガス化炉からの可燃性ガス組成を示す。

2. 3　排熱回収装置

炉内で発生したガスは，粉塵（ふんじん）を取り除くためのガスクリーナ，高温ガスをエンジンに取り込む適正な温度とするために熱交換器を通し，ガスエンジンに供給される。ガスエンジンは，他のガスとの混焼は不要で生成ガスのみで燃焼することができ，木質が保有するエネルギーのみで発電を行っている。また，熱は，ガス化後の高温可燃性ガスと，ガスエンジンの排気ガスを熱交換器で温水として熱回収できるシステムとしている。

2. 4　発電機

表 3 に誘導発電機と同期発電機を使用した場合のシステムの比較を示す。誘導発電機は，堅牢（けんろう）で保守も簡単で急峻（きゅうしゅん）な負荷変動やモータリングに対しても安定した運転が可能である点など同期発電機に比べメリットが多い。木質バイオマスの可燃性ガス発生量は，木質の種類などにより変動するため，万一，モータリング状態となったとしても安定した運転を継続することができる誘導発電機を採用した。ただし，誘導発電機は，電力系統に連系する場合に，特に運転中の力率，系統へ連系する際の突入電流および電圧降下について検討し対策を講じる必要がある。

表 4，**表 5** に採用した誘導発電機とガスエンジンの仕様を記載する。

表 2　ガス化炉からの可燃性ガス組成

組　成	数値（vol％）
CO	20.6
H_2	15.4
CH_4	2.4
N_2	47.1
CO_2	11.2
エタン，エテンなど	3.3
発熱量	1,485 kcal/Nm^3

表 3　誘導発電機と同期発電機の比較

比較項目	誘導発電機	同期発電機
構　造	○励磁回路不要 ○保守・点検が容易 ○かご形であるため，堅牢	○励磁機回路などの保守が必要
運転方式	他励式の場合，商用など他の電源から励磁電力を供給する必要があるため，単独運転はできない（非常用電源としては適用不可）。	単独運転，並列運転ともに可能。電力会社が停電したときの非常用電源として適用できる。
励磁装置	不要（励磁電源は商用など他の電源となる）	AVRなどの励磁装置が必要
力　率	無効電力が励磁電源として必要となるため，力率は低下する。対策としてコンデンサを設置する必要がある。	励磁量の調整をすることで力率を制御することができる。
負荷追従	急峻な負荷変動やモータリングに対しても安定した運転が可能	急峻な負荷変動の場合，脱調することがある。
系統連系	○系統との電圧位相を合わせる必要がない。 ○系統連系時には，突入電流が流れるため，電源系統が弱い場合には突入電流を抑制するための限流リアクトルなどを設ける必要がある。 ○電圧降下の影響する時間を短くするため同期速度近傍での系統連系を行う。	○系統との電圧位相を合わせる必要があるため，位相制御回路が必要となる。 ○自動同期検定装置などにより電圧位相を合わせて連系するため，電気的ショック，機械的ショックなどはない。
系統側に事故時	系統の短絡事故の場合，持続的な短絡電流は流れない。	過度電流と持続短絡電流が流れる。

3　系統連系と発電機運転制御方式

誘導発電機を系統と連系する際の力率補償と突入電流抑制について実証試験設備向けに行った内容を紹介する。

表 4　誘導発電機の仕様

項　目	仕　様	備　考
出　力（kW）	185	ガス最大発生時143 kW
周波数（Hz）	50	
極　数	4	
定格回転数（r/min）	1,515	
定格電圧（V）	400	
力　率（%）	84	100％負荷時
効　率（%）	95.2	

表 5　ガスエンジンの仕様

項　目	仕　様
型　式	水冷４サイクルオットーエンジン
気筒数	12
出　力（kW）	143
定格回転数（r/min）	1,515
燃料の燃焼能力（重油換算）（L/h）	35.1

図 5　電力ベクトル図

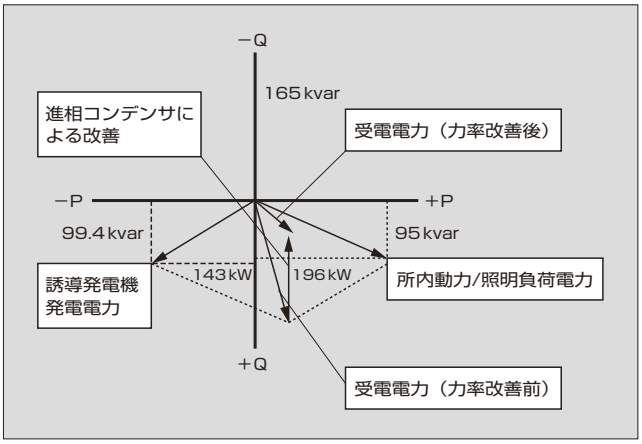


図 6　系統連系時の電圧降下

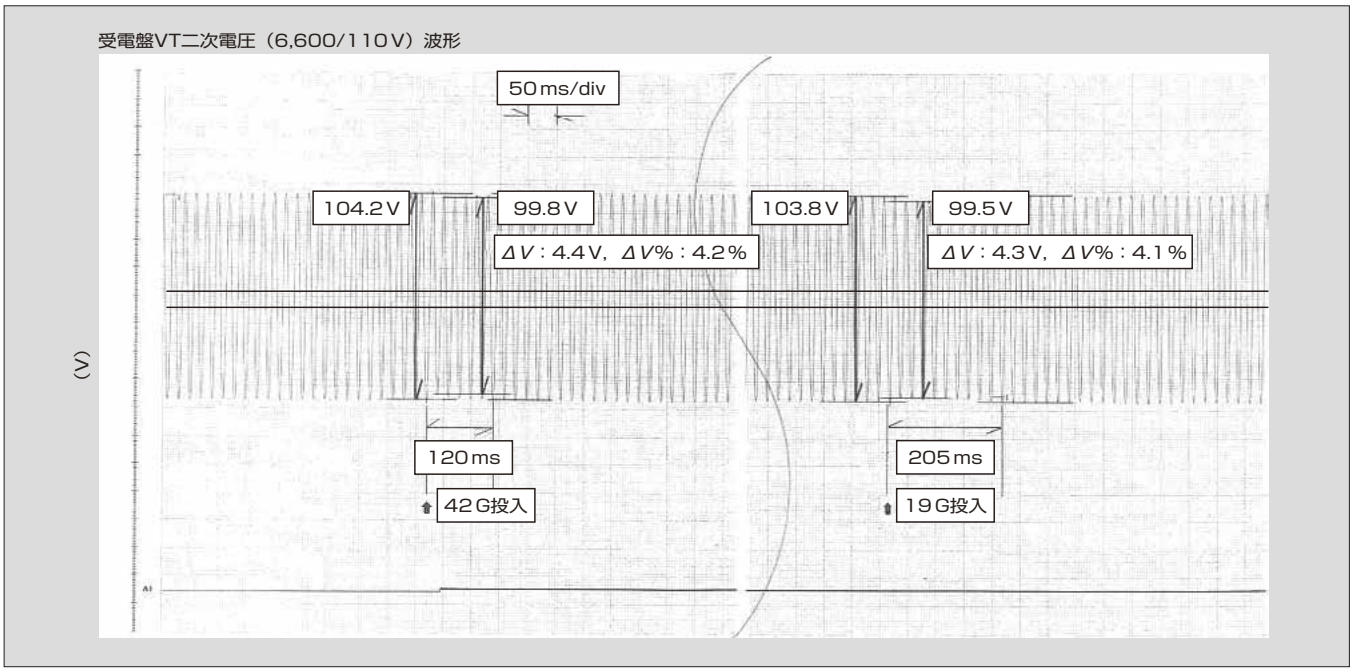
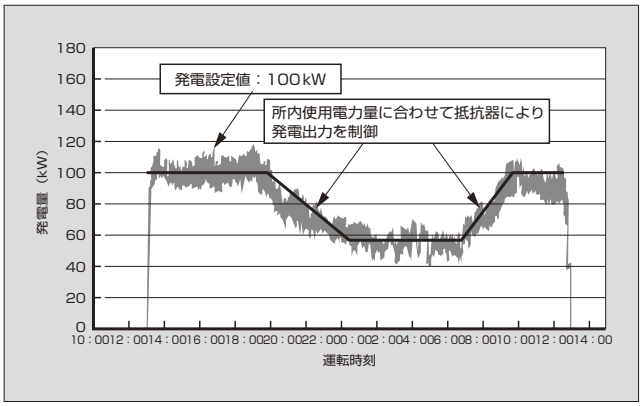


図 7　24 時間連続運転データ（葛巻町実証試験データ）



3. 1　運転時の力率補償

誘導発電機は，励磁に必要な無効電力を系統から受けるため，受電力率を低下させる。

電力のベクトル図を**図 5** に示す。発電機無効励磁分と負荷の無効電力分に相当する進相コンデンサを設置するが，進相コンデンサ容量が発電機の自己励磁限界を超えるため，系統と解列したときに発電機の端子電圧が上昇しないように進相コンデンサを切り離す必要があった。

3. 2　系統連系時の突入電流抑制

誘導発電機は，回転速度を同期速度近傍に合わせて系統と連系させるが，発電機は無励磁のため，定格電流の 6 倍程度の突入電流が流れる。この突入電流により，電力会社側の配電系統に電圧降下が生じ，他の需要家へ悪影響を及ぼす可能性がある。

突入電流を低減させる方式は，誘導電動機と同様に限流始動装置などで行うが，連系する配電系統のインピーダンスにより適正な方式を採用する。本設備は配電系統の，末端に近く系統側のインピーダンスが大きく，極力影響を少なくするために始動用変圧器（コンドルファ始動器）を採用した。系統連系時の電圧降下のチャートを**図 6** に示す。

チャートで 42 G 投入は，コンドルファ始動器の 55 % タップでの投入で，電圧降下は約 4.2 % である。19 G 投入は，一定時限後の 100 % タップ投入を示している。電圧降下率は約 4.1 % であり，分散型電源系統連系技術指針（JEAG9701-2001[6]）による系統連系時の瞬時電圧降下 10 % 以内を満足している。

3. 3　逆潮流防止用発電電力制御

発電設備は，投入した木質バイオマスガスのガス化量により変動する。一方，発電した電力は，宿泊施設，チーズ工場へ供給しており，日中と夜間，季節により使用電力は変動する。この変動差によって受電電力は系統へ流出（逆潮流）状態となったり，受電状態になったりする。これを防止するために，発電機出力端に抵抗器を設け発電出力を制御するようにした。所内使用電力が増加した場合は，発電出力が多くなるよう抵抗器の消費電力を低く抑え，所内電力が減少した場合は，抵抗器の消費電力を増加させ，系統への逆潮流を防止させた。

図 7 に 24 時間連続運転データを示す。本制御方式により逆潮流なしとすることで，転送遮断装置および線路無電圧装置の設置，または能動的方式の単独運転検出装置と受動的方式の単独運転検出装置が不要なシステムとした。

4　あとがき

くずまき高原実証プラントの系統連系，電力制御に関し述べてきたが，山間部に設置される木質バイオマスガス化

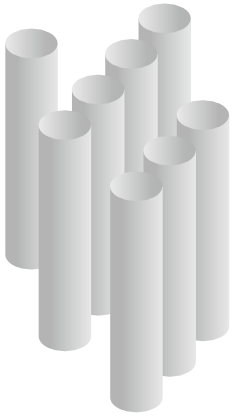
発電設備に，堅牢で，安価で，保守に優れた誘導発電機の適応範囲を拡大するために，突入電流補償と力率補償，余剰発電電力補償が行える電力貯蔵可能な連系補償装置が必要と考える。今後も誘導発電機を使用した木質バイオマス化発電設備の導入を進め，CO_2 の削減，循環型社会の実現に貢献していきたい。

また，今後もバイオマス発電，汚泥の有効利用など月島機械株式会社と富士電機とで共同研究開発を積極的に行い，地球環境の改善に尽力していく所存である。

最後に，くずまき高原ガス化発電実証試験の建設工事においてご協力いただいた，くずまき畜産開発公社殿に対し深く感謝する次第である。

参考文献

(1)　エネルギー管理士試験講座．省エネルギーセンター．
(2)　岩手県工業技術センター研究報告書．第 10 号．2003.
(3)　平井敏郎．循環型社会形成とバイオマスエネルギー．NTT Building Technology Institute 2005.
(4)　長瀬裕和．産業と環境「2006 年 1 月号」．2006, p.36–38. 月島機械株式会社．
(5)　月島機械株式会社 HP. http://www.tsk-g.co.jp/tech/industry/bio04.html
(6)　日本電気協会．分散型電源系統連系技術指針．JEAG 9701–2001.



「GENESEED service」水管理サービスの基幹技術

特集

上野　健郎（うえの　たけお）　桐野　秀明（きりの　ひであき）　秋山　浩秀（あきやま　ひろひで）

1　まえがき

2002年4月に施行された改正水道法により，水道施設における技術的業務の第三者委託が法制化された。これを機に，従来は事業体の職員により実施してきた水道施設の運転維持管理を民間に委託する動きが活発になってきており，新たな拡大市場を形成しつつある。従来から下水道施設は民間委託による運転維持管理が広く行われていたが，下水道普及率の向上とともに市場の拡大が鈍化しており，上水道における新市場拡大に業界での期待感が高まっている。外資系も含めた新規参入企業の増加に伴い，競争激化による価格の下落も一部では発生しているが，高い業務品質と，コストとのバランスがこの事業の課題である。

一方，上下水道の民間委託は公営事業の一翼を担うもので，単なる労働力の提供にとどまらず，事業責任を負うべきものであると考えられる。したがって，民間委託といえども，経営的視点に立ち，お客様である住民の皆様に満足していただけるサービスの提供を目指した業務遂行が求められる。富士電機では，「GENESEED」の基本コンセプトであるライフサイクルサポートの一環として「GENESEED service」水管理サービスをビジネス展開している。これは，従来の電機メーカーとしての事業領域，運転維持管理事業の領域，管理用情報処理事業の領域などを包含したうえで，公設民営などの経営領域にも踏み込んだ広い意味での水道事業ソリューションの提供を目指している。

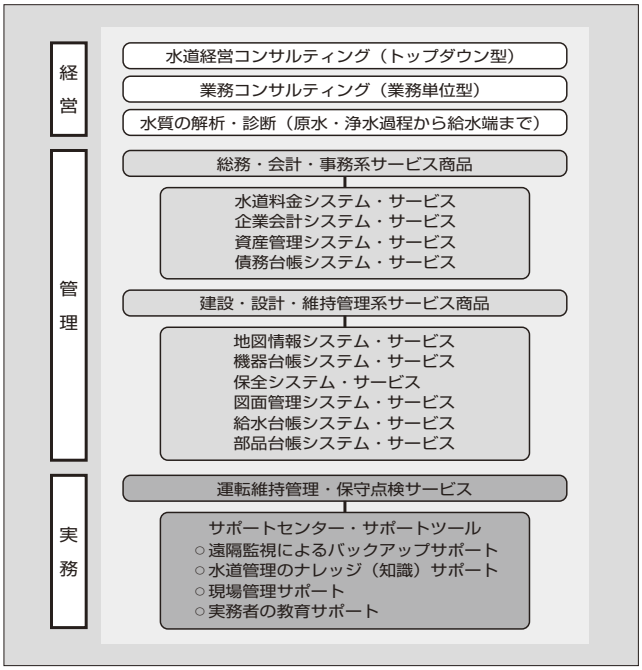
本稿では，富士電機における水管理サービスの取組み姿勢，基幹となる技術の考え方，サービス商品群，ツールなどについて述べ，併せて将来へ向けた展望を紹介する。

2　水管理サービスの概要

富士電機では，**図1**のような水管理サービス商品群を用意している。これらは，相互に関連しあってPDCAのサイクルを形成し，有機的に機能するように組み立てられている。

ソリューション提案にあたっては事業体ごとに公表されている経営データや，納入実績に基づく設備の情報などを基に事業分析を実施している。分析においては，事業年報に記載されたデータにより，経年トレンドを把握し，今後必要とされる設備投資などを考慮しながら，料金を改定せずに運営していくための方策などの提言が可能である。事業体ごとの経営状況，設備投資などの必要性，料金や企業債の借入など，個々の事情により財政的に改善すべき着目点は異なる。その中で改善可能なアイテムを抽出し，富士電機の持つサービスソリューションメニューの適用提案を行っている。

図1　水管理サービスメニュー



3　基盤となる技術概念

3.1　基本的な考え方

水道設備において電気を用いないで動作している機器は皆無といってもよい。動力として，また，制御や通信，

上野　健郎

上下水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部長。

桐野　秀明

水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部マネージャー。

秋山　浩秀

水道用電気設備の設計業務，水道事業ソリューションの企画業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社第四営業本部営業支援室ライフサイクル事業推進部。

データ分析まですべての面で電機メーカーとしての富士電機はかかわりを持っている。そのような強みの中で，省エネルギー，水運用制御，水質管理，無人化，遠方監視，IT 化による作業効率化・作業品質向上などで貢献できる。中でもメーカーとして ISO9001 の取得により経験豊富な，PDCA による品質管理手法を運転維持管理現場にも適用している。本手法では，業務手順を明確にしてマニュアル化し，それに基づく作業結果を判断根拠やプロセスデータなどのバックデータとともに電子データ化して記録する。これらのデータを分析することにより，改善すべき点や効率化アイテム，品質向上策などを抽出し，マニュアルへの反映を行う。このサイクルを繰り返すことにより，作業手順・手法の確実な定着と品質保証が可能となる。さらに，これらの蓄積された電子データは，委託元である水道事業体の説明責任のための元データともなり，住民サービス向上の一環とすることも可能である。

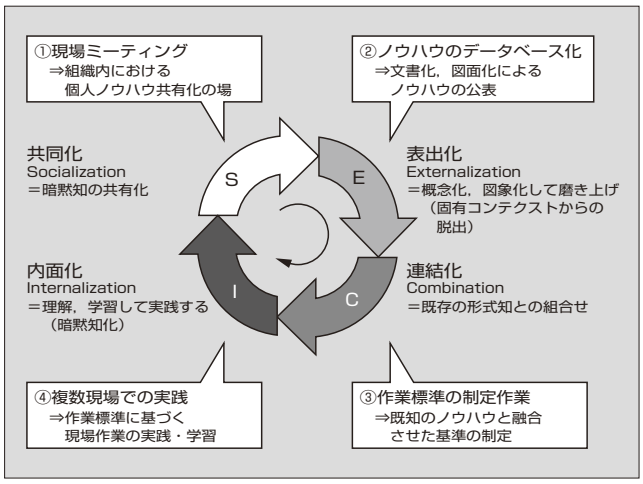
3.2　現場における知識創造技術

水管理サービスの基本は，現場業務のアウトソーシングである。これは，「人」が行う作業の積み重ねであり，一般的に，業務ノウハウは先輩から後輩へ OJT により受け継がれていくものである。この場合，ノウハウは個人に蓄積され，組織的なスキルアップは行われない。

一方，知識創造における SECI モデル（460 ページの「解説」参照）では，**図 2** に示すようなサイクルを回すことにより，組織として学習が進み，ノウハウは組織のものとなり知識創造へと発展する。富士電機では，水管理サービスにおけるノウハウ取得・知識創造にこの考え方を導入し，組織的なナレッジ定着化を図ると同時に，そこから業務支援ツールの開発を実施している。

ナレッジの取得には，各現場組織で管理者により「場」の提供を行い，その中での「なぜ」に始まる議論を仕掛け，暗黙知の共有化を実施する。これらは，電子メモとして，ファイリングされるとともに，ナレッジデータベースの基礎データとして公開される。収集された基礎データ・資料・報告書類はデータマイニングやテキストマイニングのツールを併用しながら解析評価し，新たな知識創造・掘り起こしを図っている。

図 2　水管理サービスにおける SECI モデル



3.3　ナレッジデータベースシステム

各現場ならびに本部で収集されたデータや資料は，ナレッジデータベースとして公開される。各現場では，公開されたものをヒントに知識創造プロセスを働かせる。運転維持管理などを新規に受託した場合の初期段階では，対象となる業務のコンテクスト（背景情報）が不足するため判断を誤る危険性をはらんでいる。

一般的に，委託開始時にすべての業務についてのマニュアル，作業手順などが規定されていることはまれである。したがって，新規受託者は，2 か月程度の間に，引継ぎ期間を設けて事業体職員（または前任受託者）から業務を引き継ぐための教育・訓練を実施する。この際に最も重要なことは，受け継いだノウハウや手順を短時間に従事者全員に定着させることである。

通常，前任者は暗黙知として膨大な量のノウハウを保有している。これを，新規受託者はコンテクストを含めて受け継ぐ必要がある。24 時間シフト勤務体制の中で，短時間に情報を共有し，新たな知恵で効率化するために，本データベースは有効である。そして，当初からこの方式での経験を積んだ現場は，その後の知識創造プロセスが有効に働くと確信する。

4　システムの概要

各現場でのノウハウから得られたシステムを紹介する。

4.1　点検支援システム

維持管理業務を遂行するうえで第一に重要なことは，水道施設を常に安定稼動させることである。そのためには，日々行う巡視点検における異状の早期発見や設備の調整・保守作業がきわめて重要となっている。しかしながら，点検者の経験や技術力の差により判断にばらつきが発生し，異状を見逃してしまう場合もある。さらに，場外施設点検の場合にはその移動時間が無視できない（富士電機での統計では巡視業務時間中の約 60％を占める）。以上のことを解決し，富士電機の点検品質を保証するとともに，点検および保守作業の効率化を実現するために，可能な限り現場完結で作業を完了させることが重要であると考えた。そこで，誰でも同じレベルの点検が行えることを目標に，**図 3** に示す点検支援システムを作製し，点検者の経験の浅い部分を補いかつ支援ツールを用意することで，次の目的を達成している。

(1)　点検品質の維持・向上

点検項目の漏れ防止，判断のばらつき防止，管理者との迅速な情報共有

(2)　報告業務の効率化

点検データの日誌への反映および自動蓄積

(3)　統計解析

点検データの傾向分析による予防保全の実施，修繕・更新提案の実施

(4)　作業効率の向上

申し送り事項（残件）の引継ぎ

(5)　諸計算機能の搭載

現場作業に役立つ計算機能（次亜塩素酸ナトリウム注入量，排水量，管内体積，水到達時間など）の搭載

本システムは，現在，松本市上下水道局向け運転維持管理業務にて活用されている。

4.2　危機管理シミュレーションシステム

水道事業においては事前に想定される断水などの事故に対してあらかじめ具体的な対応策などを定め，その被害を最小限にとどめるとともに，事故発生時に迅速かつ適切な復旧活動を行う責務がある。災害時など，水の供給に支障をきたす事象が起きた場合には，全給水区域にわたり断水や出水不良を発生させないよう，水運用を迅速かつ適切に行わなければならない。しかしながら，配水ブロック間の水の融通量や予備・休止水源の稼動順序や稼動時間の決定には多方面の流量分析が必要となり，適切な対策内容を短時間で決定することは非常に難しい。そこで，**図 4** に示す危機管理シミュレーションシステムを構築し，断水事故への対応を検証することや，さらに事故が発生した際にどのように水運用を行うかの判断材料に利用するデータを提供している。

表 1 に緊急対策内容と本システムが提供するデータ例を示す。この例では，事故の影響規模に応じて 3 段階の緊急対策を規定している。おのおのの段階で本システムにより算出されたデータを判断材料にして，対策本部は，その後の対策内容・手順（例えば，緊急稼動施設稼動順序，人員配置など）を検討できるようになっている。

4.3　残塩シミュレーションシステム

水道事業において「安全でおいしい水」を提供するうえで最も重要な要素の一つとして，給水末端における残留塩素濃度管理がある。残留塩素濃度は，安全の指標である水道法上の 0.1 mg/L 以上を確保するとともに，おいしい水の目安となる 0.4 mg/L 以下に管理することが望ましい。そこで，給水末端の残留塩素濃度を予測し，追塩する末

図 3　点検支援システム

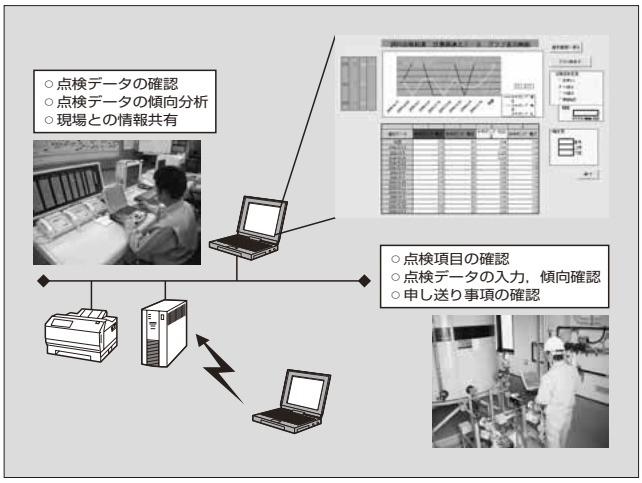


図 4　危機管理シミュレーションシステム

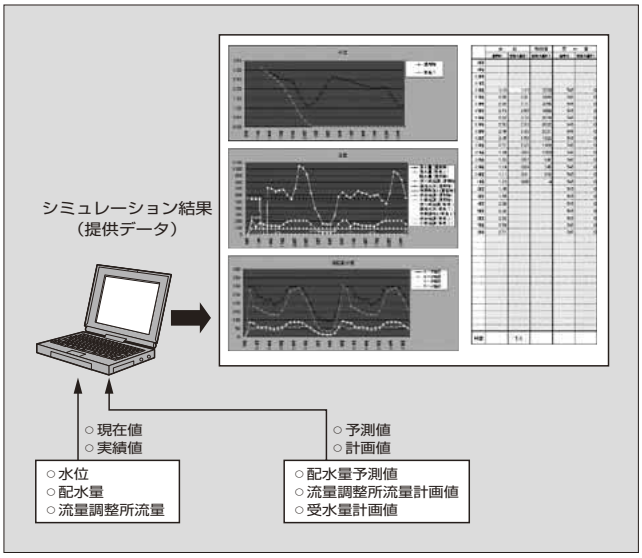


表 1　危機管理シミュレーションシステムのアウトプット

緊急時の対策内容			システムの提供するデータ
	定　義	対　策	
初動対応	―	―	○受水配水池水位変動予測値 ○配水量予測値 ○受水配水池配水可能時間
緊急水運用Ⅰ	用水供給側に減断水が予測される場合でも，復旧時間が配水可能時間内であることが確実な場合	①流量調整所などの流量を0（または最小限）とし，受水配水池系の配水区を縮小して受水配水池の水量を確保し，配水可能時間の最大化を図る。 ②①で縮小した水量は，稼動自己水源の運転時間など，配水ポンプ並列運転により確保し，自己水源配水区を拡大する。	○受水配水池水位変動予測値 ○配水量予測値 ○受水配水池配水可能時間 ○受水配水池県水再配分量 ○流量調整所調整流量
緊急水運用Ⅱ	用水供給側が断水に至らずとも40％程度までの減水による連続送水が可能な場合	①受水可能な県水を各受水配水池に再配分する。 ②配水系統・配水区の変更を行い，自己水源による配水区域を拡大する。 ③不足する配水量は，緊急水運用Ⅰと同様に稼動自己水源で補う。	○同上
緊急水運用Ⅲ	用水供給側の減水が40％を超え，または断水が配水可能時間を超えると判断される場合	①緊急水運用Ⅱに加え，予備水源，予備加圧の運転により不足水量を補う。 ②配水系統・配水区の変更を行う。 ③応援要請	○同上 ○緊急予備加圧所稼動時間 ○休止水源稼動時間

端配水池の目標残留塩素濃度を算出する「残塩シミュレーションシステム」を開発した。

残塩シミュレーションシステムは，「給水水質モニタ」で測定した給水末端の残留塩素濃度データをもとに，水温，流達時間と残留塩素減少速度係数の関係をあらかじめデータベース化し，その値を用いて「後藤式」〔式(1)〕により給水末端の残留塩素濃度の予測と，末端配水池の必要残留塩素濃度を算出するものである。残留塩素減少速度係数は水温区分ごとに求めておき流達時間との関係をデータベース化することで，管の材質などの詳細なパラメータ入力を必要としない実用的なシミュレーションシステムである。

$$C_t = C_0 \times e^{(-k\Delta t)} \quad \cdots\cdots (1)$$

C_t：給水末端残留塩素濃度

C_0：末端配水池目標残留塩素濃度

k：残留塩素減少速度係数

Δt：流達時間

残塩シミュレーションシステムを利用することで，配水管網全体にわたっての給水末端の残留塩素濃度をきめ細かく 0.1 ～ 0.4 mg/L に管理することができる。さらに残留塩素濃度管理が難しい遠隔地・山岳地域において次亜塩素酸ナトリウム発生装置などを用いて追塩する場合でも，残塩シミュレーションシステムで算出した値を目標値として自動追塩することで残留塩素濃度を適正に管理できる。

4.4　ろ過池管理の高度化システム

安全性を損なわずに従来よりも低コストで浄水場プラントの運転を行うために，凝集沈殿ろ過の管理に着目したシステムを開発した。ろ過水濁度 0.1 度以下とするクリプトスポリジウム暫定対策指針以来，浄水場では凝集剤の注入量が増加する傾向にある。しかし，凝集剤注入量の増加は発生土の処理費用の増加につながり，薬品費増加とともに，浄水コストを悪化させる要因となっている。さらに，浄水アルミニウム濃度（2004 年 4 月 1 日水質基準化 0.2 mg/L 以下）に影響を与える可能性も指摘されている。

ろ過池管理の高度化システムは，凝集状況を見極める指標である STR（Suction Time Ratio）と沈殿処理水濁度を監視しながら，混和池・フロック形成池のかくはん条件（かくはん強度・かくはん時間）を適正化することで，必要十分な凝集剤注入を行おうというものである。STR は次式で表され，ろ過池の損失水頭や凝集剤残留量（沈殿処理水に残ったフロック）と相関がある。

$$\mathrm{STR} = \frac{\text{沈殿処理水　500 mLの吸引ろ過時間}}{\text{蒸留水　500 mLの吸引ろ過時間}} \quad \cdots\cdots\cdots (2)$$

この STR をジャーテストだけではなく，凝集剤注入率を決定する評価指標として採用している。さらにろ過水の安全性を保障するために，クリプトスポリジウム相当径粒子のモニタリングを行い，ろ過池を管理するシステムである。STR 測定装置を**図 5** に示す。

図 5　STR 測定装置

4.5　一人夜勤支援システム

水管理の 24 時間現場では，夜間は通常二人勤務であるが，法定休憩時間や仮眠時間などにおいては一人勤務となる時間帯が生ずる。この時間帯に勤務者に身体的な異常や発作などの突発事故が発生すると重大な事故へと発展しかねず，また，勤務者の安全確保の意味でもなんらかの支援システムが求められる。そこで，人感センサと CCD カメラを組み合わせた一人夜勤支援システムを構築している。このシステムは，ビルなどのセキュリティ用の赤外線人感センサにより大まかな勤務者の動きを監視し，動きがないなどの異常を検知すると CCD カメラに切り替わり詳細検知となる。詳細検知は，画像処理により，勤務者のわずかな動きを判定し，正常勤務状態にあるかどうかを判定する。異常と判定された場合は「富士電機 24 時間コールセンター」に通報され，勤務者の安全確保措置が採られる。

赤外線センサで異常が検知されない限り画像判定は行われないため，勤務者のプライバシーにも配慮されたシステムとなっている。

5　あとがき

富士電機では，GENESEED service 水管理サービスを知識創造によるアウトソーシング事業ととらえている。上下水道事業における経営改善に少しでも貢献できるよう，メーカーの製造現場で培ったノウハウを最大限生かしたサービス提供をこれからも続けていく所存である。

参考文献

(1)　野中郁次郎．知識創造企業．東洋経済新報社．1996.

(2)　筧誠ほか．水道施設の運転管理ソリューション．富士時報．vol.74, no.8, 2001, p.483–486.

(3)　上野健郎ほか．水道事業運営ソリューション．富士時報．vol.77, no.3, 2004, p.184–188.

(4)　日本水道協会．水道維持管理指針．1998.

(5)　後藤圭司．配水管網における水質変化（Ⅲ）．水道協会雑誌．no.569, 1982, p.51–64.

主要営業品目

富士電機システムズ株式会社

情報・通信・制御システム，水処理・計測システム，電力システム，放射線管理システム，FA・物流システム，環境システム，電動力応用システム，産業用電源，車両用電機品，クリーンルーム設備，レーザ機器，ビジョン機器，電力量計，変電システム，火力機器，水力機器，原子力機器，省エネルギーシステム，新エネルギーシステム，UPS，ミニ UPS

富士電機機器制御株式会社

電磁開閉器，操作表示機器，制御リレー，タイマ，ガス関連機器，配線用遮断器，漏電遮断器，限流ヒューズ，高圧受配電機器，電力制御機器，電力監視機器，交流電力調整器，検出用スイッチ，プログラマブルコントローラ，プログラマブル操作表示器，ネットワーク機器，インダクションモータ，同期モータ，ギヤードモータ，ブレーキモータ，ファン，クーラントポンプ，ブロワ，汎用インバータ，サーボシステム，加熱用インバータ

富士電機デバイステクノロジー株式会社

磁気記録媒体，パワートランジスタ，パワーモジュール，スマートパワーデバイス，整流ダイオード，モノリシック IC，ハイブリッド IC，半導体センサ，サージアブソーバ，感光体，画像周辺機器

富士電機リテイルシステムズ株式会社

自動販売機，コインメカニズム，紙幣識別装置，貨幣処理システム，飲料ディスペンサ，自動給茶機，冷凍冷蔵ショーケース，カードシステム

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。

富士時報	第 79 巻 第 6 号	平成 18 年 10 月 30 日 印刷 平成 18 年 11 月 10 日 発行 定価 735 円（本体 700 円・送料別）
編集兼発行人	原嶋孝一	
発行所	富士電機ホールディングス株式会社 技術企画部	〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 11 番 2 号 （ゲートシティ大崎イーストタワー）
編集室	富士電機情報サービス株式会社内 「富士時報」編集室	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 − 7826 FAX（03）5388 − 7988
印刷所	富士電機情報サービス株式会社	〒151-0053 東京都渋谷区代々木四丁目 30 番 3 号 （新宿コヤマビル） 電話（03）5388 − 8241
発売元	株式会社オーム社	〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目 1 番地 電話（03）3233 − 0641 振替口座 東京 6 − 20018

© 2006 Fuji Electric Holdings Co., Ltd., Printed in Japan（禁無断転載）

富士時報 VOL.79 2006（平成18年）総目次

No.1　技術成果と展望

新しい年を迎えて …… 2
ハイライト …… 4
富士電機システムズ株式会社
　研究開発型企業を目指して …… 12
　e-ソリューション …… 13
　環境システム …… 25
　産業・交通システム …… 31
　発電プラント …… 44
　サービス …… 49
　機　器 …… 54
富士電機機器制御株式会社
　お客様の価値創造に貢献する …… 60
　システムコンポーネント …… 61
富士電機デバイステクノロジー株式会社
　お客様に喜ばれるトップサプライヤーを目指して …… 69
　情報機器コンポーネント …… 70
　電子デバイス・半導体 …… 73
富士電機リテイルシステムズ株式会社
　快適商空間の進化 …… 79
　流通機器システム …… 80
富士電機アドバンストテクノロジー株式会社
　富士電機グループの継続的発展を支えるコア技術創造集団の構築 …… 85
　技術開発・生産技術 …… 86

No.2　特集 1 交通・特機／特集 2 グローバル化する低圧開閉機器

特集1　交通・特機

完全電化社会の到来 …… 河村　篤男 105（1）
交通・特機分野における最新技術と取組み …… 田中　滋夫 106（2）
N700 系新幹線車両用主回路システム …… 井上　亮二　坂本　守　神田　淳 110（6）
在来線車両用補助電源装置 …… 大庭　政利　青柳　嘉木　阿部　康 118（14）
リニアモーターカー「リニモ」の磁気浮上システム …… 岩谷　満　尾崎　覚　田村　浩明 123（19）
リニアモータ式側引戸用戸閉装置 …… 梅澤幸太郎　辻村　勲　高橋　弘 128（24）
最近の電気鉄道地上設備用パワーエレクトロニクス装置 …… 山本　光俊　大宮司　充　鈴木　明夫 134（30）
環境対応・省保守・小型化を追求した最新の直流変電設備 …… 粟飯原一雄　小林　正明　野尻　尚 139（35）
列車無線高度化システム …… 新井　隆　永井　義久 145（41）
交流電界による電気集じん装置の高性能化 …… 安本　浩二　瑞慶覧章朝　河野　良宏 149（45）
特機分野におけるパルスチューブ冷凍機の適用 …… 竹内　孝行　松下　智行　大嶋　恵司 153（49）

特集2　グローバル化する低圧開閉機器

低圧遮断器の動向と富士電機の対応 …… 内田　直司　小塙明比古 156（52）
新グローバル MCCB/ELCB「G-Twin」シリーズ …… 久保山勝典　小塙明比古 160（56）
新グローバル MCCB/ELCB の要素技術開発 …… 中野　雅祥　恩地　俊行　杉山　修一 167（63）
新グローバル MCCB/ELCB の環境対応技術 …… 潮崎　克郎 172（68）
新グローバル電動機制御方式 …… 永廣　勇 177（73）
低圧配電システムのネットワーク化と省エネルギー支援機器 …… 鹿野　俊介　高島　敏和　大石　晴信 184（80）
エネルギー管理システム用機器 …… 吉田　隆　谷　敏明　高橋　文人 190（86）

No.3　特集 1 情報ソリューション／特集 2 計測制御システム

特集1　情報ソリューション

情報技術とソリューション …… 新　誠一 197（1）
情報ソリューションの技術動向と富士電機の取組み …… 黒谷　憲一　大池　克幸 198（2）
組立加工系製造ソリューション …… 殿原　秀男 204（8）
プラント系製造ソリューション …… 東谷　直紀　項　東輝　中村　光宏 209（13）
製造業向け品質 FA ソリューション …… 福田　和彦　仁藤　正夫 214（18）
電子自治体ソリューション …… 井上　章夫　久保　智　吉田　徹 219（23）
道路維持管理業務を革新するプロダクトモデル …… 古田　均　佐藤　守　古田　守 223（27）
業務を統合・可視化する SOA ソリューション …… 平山　博之　丸山　忠　伊東　晋治 227（31）
情報セキュリティソリューション …… 矢加部正幸　芳賀　敬輔 231（35）
Web システム用フレームワーク
「Web@Attach（ウェブアットアタッチ）」 …… 大柴　正清　大田　一希　吉川　肇 237（41）

特集2　計測制御システム

時間・空間での統合・融合を目指したシステム制御理論
――垂直・水平統合された制御システムに向けて―― …… 増田　士朗 242（46）
計測制御システムの現状と富士電機の取組み …… 戸髙　雄二　笹谷　俊幸　垣堺　健 243（47）
鉄鋼プラントにおける情報制御システム …… 大島　徹　大森　元孝 248（52）
エネルギー分野における情報制御システム …… 稲村　康男　横内　達和 253（57）
製油所オフサイト用分散型制御システムの更新 …… 東　尚巳　武田　修一 257（61）
生産効率向上を実現する食品分野向け中小規模計測制御システム …… 小林　益之　御厨　隆 262（66）
情報制御システムのソリューションパッケージ …… 中野　正人　後藤　将直　古川　浩司 266（70）
生産性・品質向上のためのエンジニアリング支援システム …… 吉野　稔　渡辺　悟　伊藤　伸一 270（74）
オンライン最適化技術と制御プラットフォーム「FeTOP」 …… 西田　英幸　中沢　親志　福山　良和 274（78）
ガス井リモートモニタリング用ネットワークセンサ …… 栗田　哲郎　郡司　琢巳 279（83）
最新の高機能温度調節計「PXH」「PXG」「PXR」 …… 萩岡　信和　粟根　弘明 282（86）
MEMS 技術を応用した新しい計測技術への取組み …… 武居　正彦　相馬　伸一　篠田　正紀 287（91）

No.4　特集 1 磁気記録媒体／特集 2 感光体

特集1　磁気記録媒体

磁気ディスク装置とトライボロジー …… 川久保洋一 293（1）
磁気記録媒体の現状と展望 …… 今川　誠　中村　邦広 294（2）
アルミポリッシュ基板 …… 鄭　用一　西村　通徳　若林　秀樹 297（5）
アルミ長手磁気記録媒体技術 …… 二村　和男　坂口　庄司　柏倉　良晴 300（8）
ガラス長手磁気記録媒体技術 …… 松尾　壮太　下里　学　宮里　真樹 305（13）
垂直磁気記録媒体の開発状況 …… 酒井　泰志　竹野入俊司　上住　洋之 309（17）
垂直磁気記録媒体の信頼性技術 …… 横澤　照久　貝沼　研吾　磯﨑　誠 313（21）
磁気記録媒体の分析・解析技術 …… 熊谷　明恭　渡辺　武 317（25）

特集2　感光体

電子写真の研究開発について思うこと …… 情野　國城 321（29）
感光体の現状と展望 …… 成田　満　山本　輝男 322（30）
有機感光体用材料技術 …… 中村　洋一 326（34）
プリンタ用有機感光体 …… 森田　啓一　池田　豊　田中　靖 330（38）
プリンタ用長寿命有機感光体 …… 宮本　貴仁　小川　祐治　中村　友士 335（43）
有機感光体の生産技術 …… 松橋　幸雄 340（48）

No.5　特集 半導体

いかにCMOSを延命させるか？ …… 平本　俊郎 345（1）
半導体の現状と展望 …… 藤平　龍彦　重兼　寿夫 346（2）
ハイブリッド車用IGBTモジュール …… 西浦　彰　征矢野　伸　両角　朗 350（6）
New Dual IGBTモジュール …… 兼田　博利　小川　省吾　堀　元人 354（10）
最新技術を用いた新コンセプトIGBT-PIM …… 小林　靖幸　丸山　力宏　望月　英司 358（14）
小容量IGBTモジュール …… 楠木　善之　小松　康佑　菊地　昌宏 362（18）
完全鉛フリーIGBTモジュール・IPM …… 西村　芳孝　西澤　龍男　望月　英司 366（22）
パッケージシミュレーション技術 …… 繁田　文雄　堀　元人　沖田　宗一 369（25）
自動車用燃料タンク漏れ検出用圧力センサ …… 植松　克之　篠田　茂　栗又正次郎 372（28）
自動車用大電流IPS …… 竹内　茂行　中澤　仁章　西村　武義 375（31）
自動車電装用パワーMOSFET …… 有田　康彦　西村　武義 378（34）
ソフトリカバリーLLD …… 森本　哲弘 382（38）
マルチチップパワーデバイス「M-Power2Aシリーズ」 …… 島藤　貴行　寺沢　徳保　太田　裕之 386（42）
256ビットPDPアドレスドライバIC …… 野見山貴弘　川村　一裕　佐藤憲一郎 390（46）
多出力PDPスキャンドライバIC …… 清水　直樹　小林　英登 394（50）
擬似共振型低待機電力電源制御IC …… 園部　孝二　打田　高章 398（54）
1チャネル出力降圧型DC-DCコンバータIC …… 藤井　優孝　米田　保 402（58）
第二世代マイクロ電源 …… 佐野　功　臼井　吉清　関　知則 405（61）
トレンチ形成におけるエッチング特性とプラズマ物性の関係 …… 矢嶋　理子　脇本　節子　市川　幸美 408（64）

No.6　特集 新水環境ブランド「GENESEED」

少子化・高齢化の波と環境からの生活規範 …… 宗宮　功 413（1）
新水環境ブランド「GENESEED」の現状と展望 …… 多田　弘　中村　靖　生駒　雅一 414（2）
「GENESEED system」監視制御システム …… 高城　正文　荒川　恒弘　石橋　等 421（9）
「GENESEED system」水処理プラントへの適用事例 …… 秋元　省吾　浅野　隆幸　折茂　義文 425（13）
「GENESEED system」監視制御機能 …… 中島　稔　岡部　太　梅木　聖己 431（19）
「GENESEED system」監視制御機能のエンジニアリング …… 乳井　直樹　小島　博　脇本　雅也 435（23）
「GENESEED system」エンジニアリングサポートツール …… 金子　昌幸　南　正純　蓬田　登 439（27）
「GENESEED system」中小規模監視制御システム …… 清水　浩　吉田　昭 444（32）
「GENESEED system」テレメータ・テレコントローラ …… 泉田　明男　佐藤　隆道　小林　茂洋 447（35）
「GENESEED system」HMIデザインコンセプト …… 塩　哲二　田村　正博 452（40）
「GENESEED system」エコロジー配電盤 …… 山本総一郎　鈴木　伸夫　増田　昌彦 456（44）
「GENESEED system」高信頼配線技術の検証 …… 一戸　均　中村　靖 461（49）
「GENESEED system」水の安全・安心をサポートする水質計測システム …… 田中　良春　横山　勝治　金川　直樹 465（53）
「GENESEED solution」データ連携機能と応用 …… 園村　泰彦　八代　一伸　喜多村　卓 469（57）
「GENESEED solution」下水処理場機能評価システム …… 上野　隆史　福嶋　俊貴　古屋　勇治 473（61）
「GENESEED solution」省エネルギーシミュレータ …… 小林　憲徳　安久津信也　福山　良和 477（65）
「GENESEED solution」木質バイオマスガス化発電 …… 横幕　宏幸　長倉　善則　村山　光弘 481（69）
「GENESEED service」水管理サービスの基幹技術 …… 上野　健郎　桐野　秀明　秋山　浩秀 486（74）

富士時報論文抄録

新水環境ブランド「GENESEED」の現状と展望

多田　弘　　中村　靖　　生駒　雅一
富士時報　Vol.79 No.6 p.414–420（2006）

日本は世界でもトップクラスの上下水道設備を抱え，人々の営みが水環境の中で可能な限り親和性を保てるように日々邁進（まいしん）している。しかしながら，課題は山積し，今後も設備の増強・改良が必要である。富士電機では水環境にかかわる過去のノウハウと技術遺伝子を継承し，21 世紀の循環型社会における水環境インフラのライフサイクルサポートを目指した製品群「GENESEED」（ジェネシード）を提供していく。本稿では，GENESEED の概要，基本コンセプト，現状の整備状況と今後の展望について述べる。

「GENESEED system」監視制御システム

高城　正文　　荒川　恒弘　　石橋　等
富士時報　Vol.79 No.6 p.421–424（2006）

現在，上下水道事業では施設の老朽化に伴う「更新の時代」を迎えている中で，長期的な維持運営費用の削減や資産のより有効な活用が重要になってきた。またその一方で，電子機器のライフサイクルは短命化の一途をたどっている。本稿では，以上の背景を踏まえ安全・安心・安定と，永続的な変化への対応，ライフサイクルコストの低減を目標に開発を行った「GENESEED」監視制御システムを紹介する。

「GENESEED system」水処理プラントへの適用事例

秋元　省吾　　浅野　隆幸　　折茂　義文
富士時報　Vol.79 No.6 p.425–430（2006）

水処理プラントの代表的な上水道分野，下水道分野の新設プラント建設および既設プラントの移行建設における適用事例について紹介する。適用に際し，「GENESEED」標準製品と最新のシステム技術を採用している。大規模プラントにはスケーラブルに拡張が容易なシステム構成とし，扱う多くの情報を分かりやすい監視機能で実現している。移行プラントでは，既存情報・新規情報の運用統一とスムーズな移行が行えるシステムを提供している。さらにフィールドに近い制御装置との情報連携を強化し，トータルシステムを構築している。

「GENESEED system」監視制御機能

中島　稔　　岡部　太　　梅木　聖己
富士時報　Vol.79 No.6 p.431–434（2006）

水処理分野向け監視制御システムの画面種類と自動制御用標準ライブラリについて紹介する。「GENESEED system」の品質向上とエンジニアリング効率向上のために，水処理プラント制御用標準ライブラリを多数用意した。標準ライブラリ作成において，過去の納入実績調査を行い，運用面，設計面での使いやすさを追求した。これにより，設計のみならず試験業務においても業務効率向上を実現した。

「GENESEED system」監視制御機能のエンジニアリング

乳井　直樹　　小島　博　　脇本　雅也
富士時報　Vol.79 No.6 p.435–438（2006）

水処理分野の監視制御システムの機能とそのエンジニアリングの概要について紹介する。従来のエンジニアリングでは，設備の制御を行う制御プログラムと監視を行う画面などの設計は，別々に行っていたが，本システムではライブラリのソフトウェア部品を用いて，一体化して実施することを特長としている。このことにより，従来行っていた制御プログラムと，監視操作データ間のリンクの定義やそのテストのためのエンジニアリングが一切不要となる。

「GENESEED system」エンジニアリングサポートツール

金子　昌幸　　南　正純　　蓬田　登
富士時報　Vol.79 No.6 p.439–443（2006）

「GENESEED system」を，上下水道のプラントにフィッティングさせ，品質を保証できるように改善を進めた。今回はその一部として，エンジニアリング効率アップツールの概要を紹介する。エンジニアリングデータベースは，設計支援とドキュメント作成の効率化を目的に開発されたツールである。プラントシミュレーションシステムは，設計および試験の各場面でのプラント適合性確認など，作業の高効率，高品質化を狙いとして開発している。

「GENESEED system」中小規模監視制御システム

清水　浩　　吉田　昭
富士時報　Vol.79 No.6 p.444–446（2006）

中小規模監視制御システム「EXIONSTAR」は，中小規模クラスの水処理プラントをターゲットに開発された。従来の重厚な DCS に比べ，耐環境性，信頼性，長期保守性などの重要な機能を継承し，中小規模クラスに必要な機能と性能としたことで，コストパフォーマンスの高いシステムとしている。さらに Windows 環境におけるクライアントサーバ構成やスタンドアロン構成を用意し，顧客ニーズに合わせたシステム構成を提供できるようにしている。

「GENESEED system」テレメータ・テレコントローラ

泉田　明男　　佐藤　隆道　　小林　茂洋
富士時報　Vol.79 No.6 p.447–451（2006）

上下水道事業を取り巻く環境は大きく変化しており，より一層効率的な事業運営が求められている。遠方監視制御システムも通信手段の選択肢が広がってきたが，「安全・安心・安定」という上下水道施設の使命を考えたとき，高い信頼性を持ち，実績の多い通信手段としてテレメータ・テレコントローラは今後も重要な装置である。本稿では，「GENESEED system」におけるテレメータ・テレコントローラを適用した遠方監視制御システムの機能を紹介する。

Abstracts (Fuji Electric Journal)

GENESEED system: Monitoring and Control system

Masafumi Taki Tsunehiro Arakawa Hitoshi Ishibashi
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.421–424 (2006)

As water and sewage treatment systems deteriorate and approach their replacement age, the reduction of long-term maintenance and operation expenses and the more effective utilization of resources have become important. Meanwhile, the lifecycle of electronic devices is steadily decreasing. This paper, introduces the GENESEED control and monitoring system, developed in response to the above circumstances, for the purpose of reducing lifecycle cost and for realizing sustained operation that is safer, more reliable, and more stable.

GENESEED system: Monitoring and Control Function

Minoru Nakashima Futoshi Okabe Masami Umeki
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.431–434 (2006)

This paper introduces the types of display screens and automatic control standard software libraries used in a monitoring and control system for water treatment. In order to increase the quality and engineering efficiency of the GENESEED system, Fuji Electric has prepared many control standard software libraries for water treatment. These standard libraries were made to enhance the ease of operation and design, and were created based on a survey of previously delivered systems. As a result, improvements in the efficiency of both design and testing were realized.

GENESEED system: Engineering Support Tools

Masayuki Kaneko Masazumi Minami Noboru Yomogida
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.439–443 (2006)

The application of the GENESEED system to water and sewage treatment plants has promoted improvements and enabled the guarantee of quality. This paper presents an overview of the GENESEED support tools for increasing engineering efficiency. The engineering database is a tool that was developed to increase the efficiency of design support and document creation. The plant simulation system was developed with the goal of realizing higher work efficiency, such as in the verification of plant compatibility, and higher quality of both design and testing.

GENESEED system: Telemeter Telecontroller

Akio Senda Takamichi Satou Shigehiro Kobayashi
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.447–451 (2006)

The environment surrounding the water and sewage treatment business is changing dramatically, and more efficient business operation is being required. The types of communications available for use in a remote monitoring and control systems have increased, but in consideration of the usefulness of water and sewage facilities, i.e. operation that is safe, reliable and stable, the telemeter telecontroller, which has a high degree of reliability and a track record of success, is expected to play an important role in the future. This paper describes the functions of a remote monitoring and control system that uses the GENESEED system's telemeter telecontroller.

Present Status and Future Outlook for the "GENESEED" New Water Environmental Brand

Hiroshi Tada Yasushi Nakamura Masakazu Ikoma
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.414–420 (2006)

Japan has world-class water and sewage treatment facilities, and strives daily to maintain compatibility, to the extent possible, between human activities and a water environment. Many challenges must be overcome, however, and these facilities will have to be strengthened and improved in the future. Inheriting a legacy of water environment-related know-how and technology, Fuji Electric is supplying GENESEED products that aim to provide lifecycle support to the water environment infrastructure in the recycling-based society of the 21st century. This paper presents an overview, the basic concept, present status and future outlook for GENESEED.

GENESEED system: Examples of Application to Water Supply and Sewage Plants

Shougo Akimoto Takayuki Asano Yoshifumi Orimo
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.425–430 (2006)

This paper presents example applications of the GENESEED system to newly constructed plants and to facilities that are transitioning from existing plants in the water supply and sewage treatment fields. These applications utilize GENESEED standard products and the latest system technology. The GENESEED system is scalable for large-size plants and realizes an easy-to-understand monitoring function capable of handling many types of data. At transition plants, the GENESEED system provides integrated operation and a smooth transition from existing types of data to new types of data. In addition, the GENESEED system strengthens data communication with control equipment near to the field level to configure a total system.

GENESEED system: Engineering of Monitoring and Control Functions

Naoki Nyui Hiroshi Kojima Masaya Wakimoto
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.435–438 (2006)

This paper presents an overview of the functions and engineering of water treatment monitoring and control systems. Previously, the design of control programs for controlling equipment and the design of display screens for monitoring were implemented separately, but this GENESEED system uses the software parts of a library to implement integrated design. As a result, there is no need to engineer or test link definitions between the control program and monitoring/operation data as had been implemented in the past.

GENESEED system: A Small and Medium-scale Monitoring and Control System for Water Treatment Plants

Hiroshi Shimizu Akira Yoshida
Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.444–446 (2006)

A small and medium-scale monitoring and control system (EXIONSTAR) was developed for small and medium-scale water treatment plants. In contrast to the conventional and bulky DCS, EXIONSTAR inherits the crucial functions of environmental durability, reliability, long-term maintainability, and integrates the required functions and performance into small and medium-scale systems to realize higher cost-performance. Moreover, Fuji Electric provides a client/server configuration and a stand-alone configuration in a Windows environment in order to supply systems matched to customer needs.

「GENESEED system」HMI デザインコンセプト

塩　哲二　　田村　正博
富士時報　Vol.79 No.6 p.452–455（2006）

近年，監視制御システムは自動化が進み，専任の監視操作員が減少すると同時に，業務効率化のため，監視制御室のオフィス化が進んでいる。「GENESEED」の監視制御コンセプトは，「無指向性空間」であり，「自由度」と「広がり」を持つ監視制御空間を演出する。監視制御専用デスクは，作業・会議にも使用可能な多目的化への要望が増えている。新型デスク「Vario」は，これらを反映し「WORK から LIFE（監視操作空間から生活空間へ）」を基本コンセプトとした。

「GENESEED system」エコロジー配電盤

山本 総一郎　　鈴木　伸夫　　増田　昌彦
富士時報　Vol.79 No.6 p.456–460（2006）

上下水道向けの環境配慮型製品であるエコロジー配電盤は，ISO14020 シリーズで規定されるタイプⅡ，タイプⅢ環境ラベルに適合している。エコロジー配電盤は，経済産業省が進める 3R（Reduce，Reuse，Recycle）政策や LCA（Life Cycle Assessment）データの第三者認証を盛り込んでおり，この分野では先端的な製品である。富士電機の環境配慮型製品への取組み，最新の縮小高圧盤での 3R 対応項目，低圧モータコントロールセンタの新旧機種についての LCA データ比較，今後の開発動向について説明する。

「GENESEED system」高信頼配線技術の検証

一戸　均　　中村　靖
富士時報　Vol.79 No.6 p.461–464（2006）

押締端子はダウンサイジングを目的とした高密度設計の切り札的存在である。また，機器調達のグローバル化により，今後は押締端子を採用せざるを得ない状況である。一方，ユーザーの立場からすれば，押締端子に対する情報が少なく，不安があるのも事実である。このため，押締端子の評価として，構造・素材の調査，JIS に準拠した評価試験を実施した。その結果，押締端子は，機能的に現行のねじ端子と同等であり，さらに，ゆるみに対しては，より構造的に対策が施されていることが分かった。

「GENESEED system」水の安全・安心をサポートする水質計測システム

田中　良春　　横山　勝治　　金川　直樹
富士時報　Vol.79 No.6 p.465–468（2006）

わが国の水道水源は主として河川水である。国土が狭いことから，河川水が上流域から下流域まで繰り返し循環使用される場合が多く，水質管理は水道水質の安全・安心を確保するうえで重要である。富士電機では浄水場において水源から給水まで「安全・安心な水の安定供給」を水質管理面でサポートするべく，重要度が高く特長ある水質計を開発・販売してきた。2006 年 10 月に発売した新型水質安全モニタと 2007 年 3 月に発売予定の新型トリハロメタン計を中心に，そのラインアップと用途について紹介する。

「GENESEED solution」データ連携機能と応用

園村　泰彦　　八代　一伸　　喜多村　卓
富士時報　Vol.79 No.6 p.469–472（2006）

監視制御機能と連携する各種ソリューションシステムにおける課題は，監視制御システムのシステム構成に依存することなくその機能を発揮することであった。「GENESEED」は，データ連携機能を介してソリューションシステムを構築することによりこの課題に対応した。本稿では，「GENESEED system」監視制御機能とデータ連携を行うプラットフォーム「GENESEED コネクト」を中心に，その上で動作する各種ソリューションの概要および「GENESEED solution」の可能性について紹介する。

「GENESEED solution」下水処理場機能評価システム

上野　隆史　　福嶋　俊貴　　古屋　勇治
富士時報　Vol.79 No.6 p.473–476（2006）

下水処理場に対する社会的な期待は，「水処理工程の高度化」や「汚泥資源化の有効利用」を中心に高まりつつある。富士電機は下水道の運用ソリューションとして「下水道のまるごと最適化」に取り組んでいる。龍谷大学宗宮教授（京都大学名誉教授）が提唱された下水処理場機能評価表をベースとする下水処理場機能評価システム（PES）を開発し，「GENESEED solution」のメニューとしてシステム化を行った。本稿では，PES の機能と実データによる適応性の検証を行ったので紹介する。

「GENESEED solution」省エネルギーシミュレータ

小林　憲徳　　安久津 信也　　福山　良和
富士時報　Vol.79 No.6 p.477–480（2006）

「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の改正に伴い，浄水場，下水処理場の受配電設備の最適な機器構成を計算する省エネルギーシミュレータを開発した。このシミュレータでは省エネルギー機器や高効率機器の導入，最適制御による効率運転などの対策による省エネルギー効果量を簡単に定量化できる。また，非線形システム安定性理論を用いた新しい最適化手法を応用した複数ポンプの最適制御機能を有し，全ポンプの消費電力が最小となるように，ポンプの起動・停止，流量配分を自動演算できる。典型的な浄化センターを例題として省エネルギー試算を行った。

「GENESEED solution」木質バイオマスガス化発電

横幕　宏幸　　長倉　善則　　村山　光弘
富士時報　Vol.79 No.6 p.481–485（2006）

地球温暖化抑制のためには，化石燃料からの脱却が必要とされる。木質バイオマスエネルギーは，循環型社会実現の切り札として期待されている。本稿では，月島機械株式会社が岩手県葛巻町に納入した木質バイオマスガス化発電実証試験設備に採用したガス化炉の特長や，系統連系時の電圧降下対策，逆潮流防止用発電電力制御，力率制御方式の概要について紹介する。

GENESEED system: Environmentally-conscious Switchgear and Controlgear

Souichirou Yamamoto Nobuo Suzuki Masahiko Masuda

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.456–460 (2006)

The Ecological Switchgear and Control Gear is an environmentally-conscious product for use in water and sewerage systems, and conforms to the type II and type III environment levels prescribed by the ISO 14020 series. The Ecological Switchgear and Control Gear is a leading-edge product in this field, incorporating third-party certification of LCA (life cycle assessment) data and the "3R"s (reduce, reuse, recycle) that are promoted by the Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry. This paper describes Fuji Electric's involvement with environmentally-conscious products and 3R compliance of the latest small high-voltage switchgears, compares LCA data for new and old types of low-voltage motor control centers, and discusses future development trends.

GENESEED system: HMI Design Concept

Tetsuji Shio Masahiro Tamura

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.452–455 (2006)

In recent years, as monitoring and control systems have become more automated and the number of full-time operators has been reduced, monitoring and control rooms have been transformed into working offices in order to boost work efficiency. GENESEED monitoring and control is based on the concept of non-directional space, and is used to create a flexible and expandable working space. Demand is increasing for monitoring and control desks that are versatile and can be used in both work and business meeting settings. The Vario, a new type of desk, was developed in response to this need, and is based on the concept of utility "from work to life (from a working space to a living space)."

GENESEED system: Water Quality Monitoring Systems

Yoshiharu Tanaka Shouji Yokoyama Naoki Kanekawa

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.465–468 (2006)

The source of drinking water in Japan is mainly rivers and streams. Because Japan is a small country, water from rivers and streams is often used repeatedly by circulating it from upstream to downstream regions and water quality management is important to secure safety and reliability of supplied water. Fuji Electric has developed and marketed water quality meters equipped with highly important functions for supporting the "stable supply of safe and reliable water" - from the water source to the water supply – with water quality management at water treatment plants. This paper introduces the product line and uses of Fuji's new water quality safety monitors already on the market and the new trihalomethane monitor which will be brought to market shortly.

GENESEED system: Verification of High Density Mounting Technology

Hitoshi Ichinohe Yasushi Nakamura

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.461–464 (2006)

Euro terminals are used to achieve a high-density in miniaturized designs. The trend toward globalization of device procurement will compel the use of Euro terminals in the future. On the other hand, users have little information about Euro terminals and are concerned about their use. Thus, to evaluate Euro terminals, Fuji Electric has conducted evaluations and testing, in conformance with JIS, which investigate the Euro terminal structure and materials. The result showed that Euro terminals are mechanically equivalent to the current type of screw terminals and are additionally provided with structural measures to prevent looseness.

GENESEED solution: Sewage Treatment Plant Performance Evaluation System (PES)

Takashi Ueno Toshiki Fukushima Yuji Furuya

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.473–476 (2006)

Society's expectations for sewage treatment plants are increasing mainly in anticipation of advances in water processing and the more effective utilization of sludge resources. Fuji Electric is studying the integrated optimization of whole sewage treatment plants as a sewage solution. Fuji Electric has developed the "Sewage Treatment Plant Performance Evaluation System" (PES) and has systematized it as a menu of the GENESEED solution. PES technology is based on the sewage treatment plant performance table (PET) proposed by Professor Somiya of Ryukoku University (Professor Emeritus, Kyoto University). This paper discusses PES functions and a test of actual sewage plant data to verify applicability.

GENESEED solution: Data Connection and Application

Yasuhiko Sonomura Kazunobu Yashiro Takashi Kitamura

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.469–472 (2006)

One challenge facing all types of solution systems that connect to monitoring functions is how to realize the required functionality regardless of the configuration of the monitoring and controlling system. GENESEED successfully accomplishes this task by configuring solution systems with a data connection function. This paper introduces the GENESEED connection platform that links data to the GENESEED system monitoring and controlling function, describes the capability of the GENESEED solution, and presents an overview of various solutions that run on the GENESEED connection.

GENESEED solution: Wood Biomass Gasification Power Generation

Hiroyuki Yokomaku Yoshinori Nagakura Mitsuhiro Murayama

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.481–485 (2006)

To help reduce global warming, society must sever its dependence on fossil fuels. Wood biomass energy is highly anticipated to help lead to the realization of a recycling-orientated society. This paper presents an overview of the features of the gasification furnace, delivered by Tsukishima Kikai Co., Ltd. to Kuzumaki-machi, Iwate Prefecture, and used in wood biomass gasification power generation verification test equipment, measures to prevent voltage drop during system interconnection, generated power control for preventing reverse power flow, and the power factor control system.

GENESEED solution: An Energy Savings Simulator for Drinking Water and Wastewater Treatment Plants

Noriyoshi Kobayashi Shinya Akutsu Yoshikazu Fukuyama

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.477–480 (2006)

With the revision of Japan's energy savings law, Fuji Electric has developed an energy savings simulator for computing the optimal device configuration of the power receiving and distribution equipment at water purification plants and sewerage treatment plants. This simulator enables easy quantification of the effectiveness of such energy-saving measures as installing energy-saving devices and highly efficient devices, and enables more efficient operation through optimized control. Moreover, in an optimal control function comprised of several pumps and using a novel optimization method based on non-linear stability theory, pump startup, stopping and flow distribution can be computed automatically so as to minimize the power consumption of all pumps. As an example, the energy savings of a typical purification center was computed.

「GENESEED service」水管理サービスの基幹技術

上野　健郎　　桐野　秀明　　秋山　浩秀

富士時報　Vol.79 No.6 p.486–489（2006）

「GENESEED」の基本コンセプトであるライフサイクルサポートの一環として「GENESEED service」水管理サービスをビジネス展開している。これは，従来の事業領域を包含したうえで，公設民営などの経営領域にも踏み込んだ広い意味での水道事業ソリューションの提供を目指している。本稿では，富士電機における水管理サービスの取組み姿勢，基幹となる技術の考え方，提供しているサービス，ツールなどについて述べる。

GENESEED service: Basic Technology of the Water Management Service

Takeo Ueno Hideaki Kirino Hirohide Akiyama

Fuji Electric Journal Vol.79 No.6 p.486–489 (2006)

As part of the lifecycle support that is a basic concept of GENESEED, Fuji Electric is developing a GENESEED service for water management. This service encompasses established business areas, and aims to provide waterworks business solutions to a wide range of publicly and privately run companies. This paper discusses Fuji Electric's efforts in water management service, concept of the core technology, and the services and tools provided.

e-Front runners

新水環境ブランド

GENESEED

ジェネシード誕生！

水環境プラントのライフサイクルにおける
全てのステージ（計画, 設計, 建設, 運営, 維持, 更新）において
安全, 安心, 安定をお約束します。

●システム

水環境のフィールドを含め全施設にて使用されるコンポーネントおよびシステムです。監視制御システムとそのソフトウェアライブラリ，テレメータ・テレコントローラ，水質計など。

●ソリューション

ポータビリティのよいソフトウェア製品群です。日程計画などの業務系アプリケーション，資産管理などの水処理データベース，省エネルギーシミュレータなどのアドバンストソリューション。

●サービス

プラントのライフサイクルにわたるサービス体系です。運転管理代行，遠隔診断・保全，保守点検・維持管理，更新計画立案，資産の有効活用，セキュリティサービスなど。

GENESEED 監視制御システム

お問合せ先：富士電機システムズ株式会社 環境システム本部 業務部 電話（042）585-6110

昭和 40 年 6 月 3 日　第三種郵便物認可　平成 18 年 11 月 10 日発行（年 6 回 1，3，5，7，9，11 月の 10 日発行）富士時報　第 79 巻　第 6 号（通巻第 841 号）

e-Front runners

本誌は再生紙を使用しています。

雑誌コード 07797-11　　定価 735 円（本体 700 円）