特集・第5回水質自動制御計測国際ワークショップより

第5回IAWPRC国際水質自動制御計測ワークショップの概要 横浜&京都—7/26～8/3(1990)

M.W.Barnett *
(訳 赤坂重嘉 **)

IAWPRC水質自動制御計測ワークショップの開催にともない、この分野でリーダーシップをとっている各国の専門家が一堂に会した。今年のワークショップは5回目になり、非常に成功をおさめた。(ロンドン/パリ・1973; ロンドン/ストックホルム・1977; ミュンヘン/ローマ・1981; ヒューストン/デンバー・1985)。ヒューストンとデンバーでの会合以来、数々の重要な変化が起こった。つまり、プロセス工学の向上、機器の進歩、コンピューターのソフトウェア・ハードウェア技術の発展とハードウェアコストの低下によりもたらした結果として、エネルギーの節約と既存の能力のグレードアップを目的とした制御技術の実用化が実現されるようになったのである。第5回ICAワークショップは、これまでの発展と、ICAの研究と実践に関する影響を検討するために、この分野の専門家が集まる機会となった。

1989年に開かれたプログラム委員会では、新しい技術の出現と共にICAの伝統的な分野での進歩も確認されたが、1973年の第1回ワークショップの時に期待されていた以上に進展が遅れていた期間でも、着実な進歩を遂げている分野があり、とりわけセンサーの発展は顕著であった。この事について、今年のワークショップでは、世界のもっとも優れた技術の中でも特に日本のセンサーの技術が認識されたともいえる。今年のワークショップの論文集の冒頭で、編集者ロナルド・ブリックス教授は、以下の分野を強調して述べた。

- ・電気化学、ファイバー光学、電子工学の発展による新しいセンサー技術
- ・エキスパートシステムと結合させた推論に基づく計測の利用
- ・依然向上するマイクロプロセッサの性能と、そのユニットのコストの低下

- ・より優れた通信能力
- ・進歩した数学的モデル
- ・階層的管理の中の、適当なレベルの、適切なデータの、時宜を得た利用に対する更なる自覚

この報文は第5回ICAワークショップで発表された論文を部門別に要約している。論文集として出版された口頭とポスター発表に関する事項しか検討していない。レビューは短くせざるを得ないので、詳細はワークショップの論文集を参照されたい。

計測機器 (Instrumentation)

上下水道^{1,2)}、嫌気性プロセス³⁾、酸素要求モニタリング⁴⁻⁷⁾に関する機器の開発が報告された。イギリスの最近の機器開発のレビュー¹⁾では、最近民営化されたWater Authorityによって指示され、同分野の発達したプロセス操作に対する要求に関連して機器を考察している。光学技術を用いた遊離及び結合残留塩素の直接測定法に関する開発成果は、他の論文²⁾でふれている。また、混合有機溶液中の重炭酸塩濃度を決定するために、ガス流体システム中の物理化学的平衡の知識を利用した自動計測機器についての発表³⁾があり、この機器を用いて重炭酸塩一定制御システムが改良され、実験室規模でテストされている。わずか3分でBOD値を得られるという迅速BOD測定計が報告され⁴⁾、下水処理場実プラントにこの計器が設置されている。活性汚泥中の迅速BOD計測は、他のオンラインでの呼吸速度計⁵⁾の目標でもあるが、呼吸速度は内生・瞬時・現在・最大の4つの速度を計測している。また迅速にBODを計測するために利用される微出物センサーについての検討がなされている⁶⁾。このセンサーはDO電極と生物膜から構成されており、わずかな膜活性の損失は伴うが0～25mg/lの範囲で、信頼性のあるBODの測定が報告された。他に、UV吸光度から得るCOD測定を利用した好気性生物膜の挙

* 京都大学工学部衛生工学部講師

** “ “ “ “ 院生 Shigeyoshi AKASAKA

動を評価した論文がある⁷⁾。

ポスターセッションでは、画期的に改良されたセンサーが水質監視^{8~12)}、水処理^{13~15)}、活性汚泥法処理^{16~20)}、嫌気性処理^{21, 22)}に関して報告された。毒性試験は2つの論文^{8, 9)}に掲載されており、1つはイメージ処理技術を他方はMicrotox testを利用している。ある汚染物質測定に関して、フローインジェクション分析(FIA)技術の効用が報告された¹⁰⁾。酸化還元電位測定の安定性に関する研究が発表され¹¹⁾、また修正バージョン・アンド・トラップ法を提唱する論文¹²⁾の中で、有機物の ng/ℓ レベル¹⁴⁾での測定が考察されている。水処理の分野では、全自動ジャーテスト¹³⁾、フロック性状の自動計測¹⁴⁾と汚泥の脱水における粒径分布の影響¹⁵⁾について発表があった。とりわけ活性汚泥プロセスにおいて発達した機器が数種報告された^{16~19)}。栄養塩の制御ではアンモニア、硝酸塩、リン酸塩を測定する機器の開発が非常に重要であり、その必要性が、ヨーロッパ共同体で多くの新しいセンサーの進歩の推進力になっている²⁰⁾。テレビカメラを利用した画期的な微生物モニターが発表され¹⁷⁾、イメージ処理技術が汚泥のバルキングを予知するシステムに導入された¹⁸⁾。初沈とそれに続く生物処理との相互関係を理解することにより、初沈の汚泥自動引き抜きシステムが開発された¹⁹⁾。嫌気的処理の計測機器について報告された論文は2つあり、1つは有機酸濃度を測定するバイオセンサーを用いた計測システムの開発に関する論文²¹⁾で、もう1つはイメージ処理技術をメタン菌の補酵素F420の蛍光を測定することでシステム化した²²⁾論文である。

運 転 と 制 御 (Operation and Control)

プログラム委員会によって「運転と制御」に分類された論文は、非常に多い。口頭発表は、パラメータ推定^{23~25)}統計的モデル^{26, 27)}運転制御^{28~31)}栄養塩除去^{32~34)}のテーマで行われた。従来パラメータ推定は、酸素要求量の測定を評価することにかかわっていたが、非線形モデルでのパラメータ推定も取り扱われ始めた²³⁾。自己回帰(AR)モデルによるモデル化とARモデルを用いた制御システムの適用について、2つの論文が発表された^{26, 27)}。他にはマレーシアの廃水処理プラントでの統計的解析制御の適用に関する論文がある²⁶⁾。ICAシステムは、ますます複雑になってきているので、大量のデータが収集されると、プラントの人員が運転・制御ループから除外されてしまうという危険性がある。この解決策として、運転者の制御支援を高め

るためのシステムが開発された。1つはある運転管理者が開発したプロセス、監視システムについての論文が発表されている²⁹⁾。また処理場での運転を改善する統計的プロセス制御を組み込んだデータ管理システムの展望³¹⁾と、実際の下水処理の自動と手動制御を組み合わせで大成功を収めたシステムの特徴が報告された³⁰⁾。栄養塩の除去と高度処理が多くの国々で重要になってきており、これらのプロセスでの安定性と高性能を達成すべく、ICAシステムが装備されつつある。アンモニア、硝酸塩、リン酸塩の自動計測システムを用いた活性汚泥プラントでの生物学的炭素、窒素、リン酸の除去の閉ループ制御について報告³²⁾があり、他に活性汚泥プロセスでの硝化のアルカリ度による制御が考察されている³³⁾。また栄養塩除去プロセスのオンライン制御システムが発表され、微生物代謝活性指標として、プロセスの各段階でのNADH/NAD+比の測定を行っている³⁴⁾。

ポスターセッションでは、運転と制御に関して、収集システム³⁵⁾、活性汚泥プロセス^{36~40)}、汚泥処理^{41~43)}、水処理と配水^{44~46)}の発表がなされた。モスクワの都市下水管網の流量の制御が報告されているが、そこでは下水道を連結した鎖状グラフとして、表現している。ポンプ設備の最小電力消費のための最適制御が、管網の流量配分の決定方法として提案されている。活性汚泥法制御に関する研究では、ATU-r_r計測器³⁶⁾を使った制御システムも含めて、従来のDO・MLSS制御システムの進歩^{37, 39)}、フィードフォワード・フィードバックの両方を導入した確率論的・エキスパートシステムリアルタイム制御³⁸⁾、間欠曝気システムにおける沈降性と処理性能間の関係についての研究⁴⁰⁾が発表されている。他には軸心排出方式遠心濃縮機⁴¹⁾、流動床焼却⁴³⁾、Generic Model Controlを用いた高速嫌気性消化⁴²⁾に関する制御システムがポスターセッションで報告された。水処理の分野では、塩素やアルカリ投入量の判断を支援するためのコンピューターシミュレーションの利用を検討した論文⁴⁴⁾が発表され、もう一方では小規模処理場での薬剤投入要求量を決定するための推計的アプローチが使用されている⁴⁵⁾。ネットワークのモデルを用いた配水システムでの水質制御を主題とする論文は、塩素注入率制御システムについて記している⁴⁶⁾。

エキスパートシステム (Knowledge Based System)

今回は多くの異なった分野で、エキスパート及び知

識工学的システムについて発表されており、中には本質的にエキスパートシステムと取り組んだ論文もあった。高度処理への新たな要求が、革新的な制御のアプローチを必要とし、このタイプのプロセスに関するエキスパートシステムのアプリケーションに取り組んでいる論文^{47, 48)}が2つある。上水と下水処理で現段階のアプリケーションを検討し、今まで直面した問題に対処する技術を示唆する概要の論文が発表された⁴⁹⁾。深い知識のシステムは、水処理でのプロセスの運転と制御に関する膨大な組織が組込まれており、この問題に本質的に取り組んでいる論文がある⁵⁰⁾。ニューラルネットワークは、将来非常に有望であることを示唆し、いくつかの発表がなされた^{49, 51, 52)}。また現在の知識工学を利用したシステムのほとんどは、下水処理場のポンプ制御にみられるように⁵⁶⁾、フレーム・ルールに基づいている。活性汚泥プロセス制御用に開発されたシステムでは高性能を獲得して、活性汚泥プラントの解析で主成分分析の利用について述べた論文⁵²⁾には別の知識表現もある。下水ポンプ制御⁵⁴⁾、浄水場での前塩素処理のコントローラー⁵⁵⁾、水需要予測システム⁵⁷⁾のために、ファジ理論に基づく知的システムが、日本で幾つか開発された。エキスパートシステムのアプリケーションに関するセッションは出席者も多く、関心度も高かった。このように、この分野の研究と実用アプリケーションは近い将来重要になり、増加していくものと思われる。

事例報告 (Case Histories)

ICAの事例報告を記述する論文は、収集システム^{58, 59)}、栄養塩除去のための下水処理システム^{60, 61)}、水の取水、処理、配水システム^{62~67)}、下水処理場最適化^{68, 69)}に関する研究と、大都市でのICAの経験についてのレポート^{70~72)}を含む。継続的に濁度計を使った渦濃縮機による、集水ネットワークでの雨水処理の分析⁵⁸⁾と、大阪市の降水網について発表があった⁵⁹⁾。後者のシステムが管理目的のために様々なデータを集め、洪水防止対策の実行を可能にする。栄養塩除去の下水処理システムが2つの論文に記述されており、1つは実プラントでの生物学的窒素除去の動的特性を検討し⁶⁰⁾、もう1つは窒素とリン酸の生物学的除去能を高めるためのフィードバック制御として、アルカリ度と濁度の測定の使用を考察している⁶¹⁾。水処理の分野では、ICAシステムはかなりの発展を成し遂げたが、データ収集、配水、分析システムが複雑になった国も

ある。そこでICAシステム実行に際するこうした多くの問題も深く掘り下げて考察された。水処理施設でのICAのアプリケーションの思想を記述した論文が3つ出されており、2つは制御を重要視し^{62, 64)}、もう1つは地域のテレメーター計画の開発について述べている⁶³⁾。自動水質監視システムでは、配水システム中の残留塩素濃度のデータを収集するための監視ステーションが設置されている⁶⁵⁾。配水はさらに2つの論文のテーマとなっており、1つは分析と制御のために、静的と動的の両方のシミュレーションモデルを拡張して利用したシステムについて述べている⁶⁶⁾。もう1つの論文は同様にシミュレーション、この場合は配水管網の水理学的動力学モデルを用いた管理制御システムについて報告している⁶⁷⁾。最適水処理プロセスの操作は、ICAシステムの長所の1つである。その例として、最適負荷基準を設定するため、硝化型活性汚泥プロセスのオンラインデータの分析から得られる動的関係を考察した論文⁶⁸⁾の中でICAの問題経験が報告されている。汚泥の脱水前の調質に関するポリマー投入量の最適制御は、調質された汚泥とそうでない汚泥の流動特性を測定するICAシステムによって達成された⁶⁹⁾。開発された方法は、特定の汚泥及び脱水装置に限らない。また大規模処理施設での運転管理、制御システムの開発に関する経験が、アメリカ合衆国のヒューストン、テキサス⁷⁰⁾と日本の京都⁷¹⁾について発表された。ドイツの下水処理場で使用されている様々な制御計画に関する運転経験が報告されている⁷²⁾。後者は現在の下水処理理論に基づく自動計測制御のために高度に統合化されたシステムを作るという難しさについて言及している。

管 理 (Management)

ICAの管理問題では、技術と現実との間のインターフェースが特に興味深い。また最適化は、その中に水質関数と同様にコスト関数もしばしば含むことができるため、管理者にとっては興味ある問題である。最適化パッケージについて記述した論文⁷³⁾では、鮎業廃水に対する代替水管理システムの、コストと質基準の比較のためのパッケージを検討している。下水処理プラントのシミュレーションと制御のための画期的なコンピューターシステム⁷⁴⁾は、運転者のトレーニングと習熟した運転者の制御を高めるのと同様に、プロセスの性能を評価したり、運転の変化を検査したり、新しい制御システムの影響を評価したりするために利用さ

れる。浄水のコスト最小化に関する論文⁷⁵⁾では、富栄養化した水供給に起因する臭味を除去するために必要な調整池と高度処理からなるシステムを分析している。また計画と実行の段階での管理問題が幾つか取り上げられており、水質基準が自動化の運用に与える影響⁷⁶⁾、プロセスコンピューターシステムの構築と点検時の実践的経験⁷⁷⁾、配水、下水の収集・処理を請け負うブラジルの大きな水道会社のための総合的情報管理システムの開発での経験⁷⁸⁾について検討している。今年のワークショップには、ICAシステム中の人間的要素の重要性を強調している論文が数多く提出された。この事についてある論文では、その人間的要素は、ICAシステムの成功に最も重要であるとしてトップの管理者が考えていることを報告している⁷⁹⁾。このテーマはアメリカ、インディアナ州、インディアナポリスの実プラントで開発されているシステムなど⁸⁰⁾のような総合的システムで成功した事例を記した多くの論文で明らかである。

ポスターセッションでは水処理や配水システムに関する管理システムの記事が発表された。1つは、統合的テレメーター、自動化、データ記録システムの開発の思想と経験について詳述している⁸¹⁾。マン・マシンインターフェースの枠組みを強調し、エキスパートシステムの概念を取り入れた、浄水場の運転支援システムを開発したという論文もある⁸²⁾。大都市の配水情報の収集に関する経験が報告された⁸³⁾。下水処理の管理に関する論文も、ポスターセッションで発表されている。1つは、処理場と集水システムからの情報収集のために、地域の無人化施設を設置するという思想と関連づけて、光ファイバーネットワークの使用と制御について述べている⁸⁴⁾。また、下水処理場の情報システムについては、どの様にしてこのシステムがプラント操作を向上させる制御戦略の開発を促進させるかという例を示している⁸⁵⁾。この研究の成果から言えるのは、データを収集するコンピューターがプロセス制御に使われるコンピューターから独立しているということであった。海への排水口のリアルタイム監視に関する経験の報告⁸⁶⁾では、メンテナンスの節約が相当実現でき、ポンプ計画の最適化によってさらに節約が期待されている。

モデリング (Modelling)

モデリングは、ICAの重要な部分である。モデリングの技術は、決定論的モデルと確率論的モデルの両方の開発を含む。下水処理の分野では時系列解析を用

いた流入水質のモデリング⁸⁷⁾、Monod モデル係数の活性汚泥プラントデータからの評価⁸⁸⁾、特定の有機物質除去を予測する静的モデルの改善⁸⁹⁾、生物学的ろ床のモデリング⁹⁰⁾、最終沈殿池のモデリング^{91)~93)}、について論文が発表された。終沈については、1つは、信頼性のある分析モデルを示し、終沈内の複雑な沈降動特性を表現するために用いられる計算アルゴリズムについて述べ⁹¹⁾、2つ目は、終沈の性能を予知するために衝撃波理論の適用を考察している⁹²⁾。3つ目は、濃縮と沈降の両方を表現できるように、現在のモデルを修正した最終沈殿池の一般化モデルを発表している⁹³⁾。嫌気性プロセスでは、基質除去のために2次反応を用いたモデリングが報告されている⁹⁴⁾。ダイナミックシミュレーションを専用とするシステムについて詳述している論文⁹⁵⁾では熱的処理のモデリングとシミュレーションのことが述べられている。そのシステムは、管理情報システムと配水制御システムとが結合され、運転とメンテナンスの問題解決に利用されている。配水の分野では、配水管網中の塩素濃度のモデリングに関する論文があり⁹⁶⁾、水質モデルが配水システムの水理学的モデルと結合している。そのシミュレーション結果に基づいて配水システム中の残留塩素のレベルを定常的にするために、塩素注入率のための新しいシステムが計画されている。

要 約 (Summary)

これまでの全ワークショップにおいて、信頼性のある有効なデータを得ることが、ICAシステムのために重要性であることが、一般的に認識されてきた。今回のワークショップもまた、多くのアプリケーション指向の論文がこの点を強調しており、またセンサーの開発が、発表された成果の主要部分であった。適切な時期にデータを利用可能にする通信および遠隔測定システムも益々複雑になってきている。さらにデータのより高い次元での処理に対するニーズが認識されており、増大するデータを利用するために、どうすれば“統合化された”システムが開発されるかについて多くの論文が取り組んでいた。こうして、ほとんどの研究が技術の向上にしのぎを削ってきたので、今ではエキスパートシステムの開発も活発になっている。これと関連して、ICAシステム中の人間的要素の重要性も認識されている。この結果、他の新しい分野が成功を収めたICAシステムのアプリケーション中の人間的要素の研究もなされている。将来、特にICAシ

システムが複雑になるにつれて、これらの分野が、もっと注目の的になることを期待する。ICAの役割は、水システムをより安定に、効率的に、そして経済的という任務を達成しながら発展し続けるのである。

参考文献

- 1) "Instrumentation and Control in the UK Water Industry: a Review" R. Briggs (UK)
- 2) "On-Line Monitoring of Residual Chlorine" R. Briggs, K. T. V. Grattan, Z. Mouaziz (UK)
- 3) "Anaerobic Process Control by Automated Bicarbonate Monitoring" A. C. Di Pinto, N. Limoni, R. Passino, A. Rozzi, M. C. Tomei (ITALY)
- 4) "The Continuous Measurement of Short-Time BOD" P. Kalte (FRG)
- 5) "On Line Meter for Respiration Rate and Short-Term Biochemical Oxygen Demand in Control of the Activated Sludge Process" H. Spanjers, A. Klapwijk (NETHERLANDS)
- 6) "BOD Measurement of Non-Toxic Wastewaters With an Improved Microbial Probe" P. Princz, J. Olah (HUNGARY)
- 7) "Continuous Follow-up of Aerated Granular Biofilters with On-Line Sensors" F. Rogalla, G. Roudon, P. Ravarini, F. Bourdon (FRANCE)
- 8) "Fish Image Monitoring System for Detecting Acute Toxicants in Water-Proposal of New Indices and Detection of Nerve Poison" H. Yahagi, K. Baba, H. Kosaka, N. Hara (JAPAN)
- 9) "Protection of Surface Water Resources by Real Time Automated Toxicity Tests" Y. Levi, A. Grimaud, M. Dutang (FRANCE)
- 10) "Water Quality Monitoring System Using a Flow-Through Sensing Device" T. Korenaga, T. Takahashi, T. Moriwake, S. Sanuki (JAPAN)
- 11) "Temperature Dependence of Eh Probe Equilibration Times in Potable Waters" R. Gonzalez-Herrera (MEXICO)
- 12) "Determination of ng/l Level Organic Compounds in Water by GC-MS" K. Awaji (JAPAN)
- 13) "Development and Application of a Fully-Automated Jar Tester" C. Igarashi, S. Yamamoto, K. Suzuki (JAPAN)
- 14) "Automatic Measurement of Floc Characteristic Values at Over-and-Under Baffled Flocculation Basin" H. Shimazaki, H. Gotoh, S. Satoh, H. Tsugura (JAPAN)
- 15) "Effect of Particle Size Distribution on the Dewaterability of Water Purification Plant Sludge" T. Kasakura, T. Miyazaki, K. Murase (JAPAN)
- 16) "Testing On-Line Monitors for Ammonia, Nitrate, Ortho-Phosphate and Suspended Solids in Activated Sludge Sewage Treatment Plants" K. L. Andersen, P. Wagner (DENMARK)
- 17) "Microorganism Monitor" K. Yukawa (JAPAN)
- 18) "Operating Condition Diagnosis System for Activated Sludge Processes Based on Microorganism Image Information" S. Watanabe, K. Baba, I. Enbutsu, H. Matsuzaki, M. Hiraoka, K. Tsumura (JAPAN)
- 19) "Automatic Desludging of Primary Settlement Tanks Using an Intelligent Fixed Point Sludge-Blanket System" J. B. Watts, C. Murren (U. K.)
- 20) "Recent Innovations in Instrumentation for Sewage Treatment Plant Monitoring and Control" W. D. Meredith (U. K.)
- 21) "Measurement of Organic Acid Concentrations by Biosensor" S. Yamaguchi, T. Hayashi, K. Kawachi, M. Etoh (JAPAN)
- 22) "Development of Methanogenic Activity Monitoring Equipment and Its Application to Process Control" J. Hirotsuji, H. Yotsumoto, Y. Yoshimura, N. Nakatsugawa, T. Ozawa (JAPAN)
- 23) "Non-Linear Programming Problems of Wastewater Treatment Processes" S. Ide, T. Sekine, M. Fujiu (JAPAN)
- 24) "Application of a System with Automatic Control of Aeration Time to the Intermittent-Aeration Activated Sludge Process in an Existing Wastewater Treatment Plant" Y. Hamamoto, Y. Ideshita, H. Nonaka (JAPAN)
- 25) "On Identifiability of Dissolved Oxygen Concentration Dynamics" U. Holmberg (SWEDEN)
- 26) "System Identification and Control of Activated Sludge Process by Use of Autoregressive Model" M. Hiraoka, K. Tsumura, I. Fujita, T. Kanaya (JAPAN)
- 27) "Automatic Measurement and Statistical Analysis of Operation Data on Drying-Fluidized Bed Incineration Plant" M. Hiraoka, N. Takeda, K. Fujisaki, K. Kuwabara, S. Minami, K. Kimura (JAPAN)
- 28) "Application of Statistical Process Control (SPC) in Electronic Waste Effluent Treatment Plant-Malaysian Experience" B. A. Aziz, R. A. Aziz, C. S. Ong (MALAYSIA)
- 29) "A Wastewater/Water Process Monitoring System Allowing Operational Control Developed by an Operational Manager" J. B. Watts, K. Evans, A. Molly (UK)
- 30) "Computer Aided Plant Operation in the Wastewater Treatment" M. Yamamura, H. Oishi, T. Watanabe, M. Hiraoka (JAPAN)
- 31) "Computerized Data Management Applications for Improvement in Operation of Municipal and Industrial Treatment Plants" R. L. Barger, L. Blackwell (USA)
- 32) "A Real Time Measurement System for an Activated Sludge Wastewater Treatment Plant" K. M. Pedersen, M. Kummel, H. Søeberg (DENMARK)
- 33) "Alkalinity and pH-Control in Activated Sludge Plants with Nitrification" B. Teichgraber (FRG)
- 34) "Automated On-Line Control Strategy for the Optimization of Nutrient Removal Processes" W. B. Armiger, G. Lee, K. Bordacs, K. D. Tracy (USA)
- 35) "Power-Optimal Control of a Municipal Sewer System" Yu. A. Ermolin (USSR)
- 36) "Advanced Control Strategies for the Activated Sludge Process by the ATU-r_r Meter" S. Sato, T. Sekine, T. Nakano (JAPAN)
- 37) "A Study of Development on DO, MLSS, and Some Other Control Systems" T. Kanaya, K. Shimada, T. Nishi, K. Tsujimoto, M. Hiraoka (JAPAN)
- 38) "Stochastic Real Time Control of Wastewater Treatment Plant Operation" V. Novotny, A. Capodaglio, X. Feng (USA)
- 39) "Mathematical Model Simulation and Evaluation of MLSS Control Strategies in an Activated Sludge Process" K. Fujie, K. Urano, M. Ohtake, H. Kubota (JAPAN)
- 40) "Development of Automatic Intermittent Aeration Wastewater Treatment Process Using Sludge Settability Monitored by a Light-Beam Sensor" K. Mitsuhashi (JAPAN)
- 41) "Concentration Control of the Axial Discharge Type Centrifugal Thickener" K. Shimizu, Y. Kobayashi, H. Mizukami (JAPAN)
- 42) "Application of Generic Model Control to the pH Control of a Single-Stage High-Rate Anaerobic Reactor" D. J. Costello, P. L. Lee, P. F. Greenfield (AUSTRALIA)
- 43) "Automatic Control of a Fluidized Bed Incinerator with a Dryer" M. Niikura, T. Arai, H. Kuwabara (JAPAN)
- 44) "Computer Simulation of Chlorine and Alkali Dose Control in Water Purification Plants" M. Kurata, S. Kurihara, R. Miura (JAPAN)
- 45) "A Stochastic Approach to Chemical Dosage Requirements for Small Treatment Plants" G. W. Ellis, A. G. Collins, X. Ge (USA)
- 46) "Dynamic Analysis Concerning Water Quality in Distribution Networks and Advanced Control for Chlorine Injection" H. Itoh, K. Kurotani, M. Kubota, M. Tsuzura (JAPAN)
- 47) "Application of Expert System Technology to Control of Biological Phosphorus Removal Plant" D. J. Krichen, K. D. Wilson, K. D. Tracy (USA)
- 48) "Process Control and Expert Systems for Advanced Wastewater Treatment Plants" R. Kayser (FRG)
- 49) "Knowledge Based Systems for Operation of Wastewater Treatment Processes" M. W. Barnett, J. F. Andrews (JAPAN/USA)
- 50) "A New Expert System Based on Deep Knowledge for Water and Wastewater Treatment Plant" K. Maeda,

- 51) S. Inoue, J. Hirotsuji, M. Nonoyama, S. Aya (JAPAN)
"Intelligent Support System for Water and Sewage Treatment Plants which Includes a Past History Learning Function-Coagulant Injection Guidance System Using Neural Net Algorithm" K. Baba, I. Enbutsu, H. Matsuzaki, S. Nogita (JAPAN)
- 52) "Knowledge Representation of Wastewater Treatment Plant Operating History and Current State" Z. Boger, H. Guterman (ISRAEL)
- 53) "Rule-Based Expert System for the Control of the Activated Sludge Process" K. Koskinen, M. Viitasaari (FINLAND)
- 54) "On-line Expert System for Sewage Pump Control with Fuzzy Inference" K. Honda, F. Yamada, S. Kobayashi, M. Oku, M. Kunimi (JAPAN)
- 55) "Fuzzy Control System for Pre-Chlorination at Sagami-hara Water Purification Plant" O. Itoh, Y. Tanaka, Y. Inagaki (JAPAN)
- 56) "A Pump Control System at a Sewage Treatment Plant Using an AI Approach" T. Awano, H. Kamitani, T. Kimura, S. Noda, H. Maruyama (JAPAN)
- 57) "Water Demand Prediction by Fuzzy Logic" Y. Kawamura, T. Tsukamoto (JAPAN)
- 58) "Effectiveness of the Treatment and Retention of Rainwater in Networks : Evaluation with Continuous Measurement of Pollution" P. Marchandise, G. Ruban, M. Cathelain, H. Wacheux (FRANCE)
- 59) "Rainfall Information System in Osaka City" Y. Maki-no, K. Miyamoto (JAPAN)
- 60) "Practical Full Scale Experiences of the Dynamics of Biological Nitrogen Removal" H. Aspergren, B. Andersson, G. Olsson, U. Jeppsson (SWEDEN)
- 61) "Alkalinity and Turbidity Measurements as Feedback Controls to Improve Performance of Biological Nitrogen and Phosphorus Removal System" D. Sen, C. W. Randall, T. J. Grizzard (USA)
- 62) "Application of ICA to a River Abstraction Treatment Works" J. Graham, I. D. Robertson (UK)
- 63) "Investing in Instrumentation, Control, Automation and Telemetry : A Case Study-North West Water, A Regional Telemetry Scheme" P. Bland, P. Wilson (UK)
- 64) "Process Computers in the Swedish Water Industry" C. Borno (SWEDEN)
- 65) "Automatic Water Quality Monitoring Systems for Distribution Systems" K. Okada, M. Hashimoto (JAPAN)
- 66) "Computer Modeling and Control in an Urban Water Supply and Distribution System" M. F. Williams (UK)
- 67) "Real Time Supervision and Simulation of the Water Distribution Network in the City of Malmö, Sweden" P. Stahre, L. Andersson, S. Strunge (SWEDEN)
- 68) "Real-Time Biological Process Optimization Using On-Line Monitoring" J. A. Buttz, G. T. Daigger (USA)
- 69) "Control of Polymer Consumption for Sludge Dewatering : The Japanese Experience" P. M. Crawford, H. Shigemitsu (CANADA/JAPAN)
- 70) "Implementation of Computer Controlled Energy Use Optimization in a Large Activated Sludge Plant" M. T. Garrett, G. Olsson, B. Gossett, Z. Ahmad, R. Hill, G. Hyare (USA)
- 71) "The Supervisory Control System at Toba Wastewater Treatment Plant in Kyoto City" Y. Tagami, T. Fukutani (JAPAN)
- 72) "Operational Experience with Different Control Systems and Control Loops in Sewage Treatment Plants" S. Schlegel (FRG)
- 73) "An Optimization Package for Locating and Sizing Wastewater Treatment Works", D. Stephenson (S. AFRICA)
- 74) "Modular/Multi-Purpose Modeling System for the Simulation and Control of Wastewater Treatment Plants: An Innovative Approach" G. C. Patry, I. Takacs (CANADA)
- 75) "A Study on the Cost Minimization of a Water Supply System with a Buffer Reservoir and Advanced Treatment Facilities" S. Hayakashi, Y. Magara, S. Otoma, K. Oi (JAPAN)
- 76) "Development of Wastewater Standards and the Impact on Automation Engineering in the Federal Republic of Germany" J. H. Lohmann (FRG)
- 77) "Process Computer System Construction and Check-out Experiences" E. F. Ballotti, H. D. Gilman (USA)
- 78) "Information Technology Master Plan for the Sao Paulo State Water Company" J. R. Saguas Presas, L. Meisler, C. E. Barroso, L. E. Suman & D. V. A. Silva (BRAZIL)
- 79) "Top Management's Perspective of Critical Variables in Control System Success" R. C. Manross, M. H. Winter (USA)
- 80) "Vocalized' Integration of Computerized Wastewater Operations." M. W. Sweeney, T. J. Quinn, J. E. Alleman (USA)
- 81) "Experience in the Integration of Telemetry, Automation and Data Logging Systems" A. R. Comley (UK)
- 82) "Operation Support System of a Water Purification Plant" S. Yonetani, Y. Motokura, K. Nishiyama, Y. Shibata (JAPAN)
- 83) "Collecting of Water Distribution Information and Its Utility" T. Kaneoka (JAPAN)
- 84) "Supervisory Control and Data Acquisition System Using an Optical Fiber Network" M. Oku, H. Sogabe, R. Inaba (JAPAN)
- 85) "Development of Information Processing System in the Kawamata Wastewater Treatment Plant" K. Tsumura, A. Nikaido, K. Ogata, F. Inano, R. Himono, M. Hiraoka (JAPAN)
- 86) "Sea Outfall-Monitoring in Real Time Multi-Port and Open Pipes" K. Thatcher, P. Smith (U. K.)
- 87) "Time Series Analysis of Wastewater Quality" G. W. Ellis, X. Ge, D. Grasso (USA)
- 88) "Estimation of the Monod Model Coefficients for Dynamic Systems Using Actual Activated Sludge Plant Data" D. A. Vaccari, C. Christodoulatos (USA)
- 89) "Modelling Design and Operation of Activated Sludge Plants for Priority Pollutant Removal" W. W. Eckenfelder Jr. (USA)
- 90) "Overcoming of Certain Discrepancies in Formulae for Recirculation of Biological Filters" R. C. Singh (INDIA)
- 91) "Analytical and Numerical Description of the Settling Process in the Activated Sludge Operation" S. Diehl, G. Sparr, G. Olsson (SWEDEN)
- 92) "Using Shock Wave Theory to Predict Secondary Clarifier Performance" P. J. Ossenbruggen, R. S. McIntire (USA)
- 93) "A Generalized Dynamic Model of the Thickening/Clarification Process" I. Takacs, G. G. Patry, D. Nolasco (CANADA)
- 94) "A Unified Model for Anaerobic Treatment Systems" I. Ozturk, I. Demir, G. Ubay (TURKEY)
- 95) "Simulation and Control in Process Plant" B. Gaus, S. Moorthy (USA)
- 96) "Computer Modeling of Chlorine Concentrations in Water Distribution System" R. Miura, S. Kurihara, M. Kurata (JAPAN)