

# 〔特別講演〕 下水処理の自動制御の現状と今後の課題

日本下水道事業団 東京支社 次長 小 沢 勇太郎

## 1. はじめに

下水道に対する一般の認識は、昭和45年水質汚濁に関する環境基準が制定され、下水道の水質保全のための役割が増大し、公共水域の汚濁を防止するのは下水道の整備が重要であると言われた頃からで、さらに、昭和53年、水質総量規制が導入され下水道が水質保全に果たすべき役割はいよいよ重要となってきた。

これ等の社会的要請に応えるべく、下水道は第4次下水道整備5カ年計画により、昭和51年～55年の間に7兆1,000億円の目標に対して、累計投資額は6兆8,437億円となり、その達成率は96.4%全国総人口普及率は53年度：27% 54年度：28% 55年度（推定見込）：30% 昭和54～60年にわたる新経済7カ年計画では社会資本の充実のために総額240兆円の公共投資が予定され、この内、下水道には18兆2,000億円の配分が考えられている。これにより、昭和60年度には全国総人口普及率を55%以上昇させる目標であり、この具体化のために昭和56年度を初年度とする第5次下水道整備5カ年計画（総投資規模 17兆4,000億円）は策定された。

ちなみに、第4次との倍率は2.32の多きに達し、今後共下水道整備には、大きい投資が予定されている。

## 2. 下水道に於ける新しい課題

### 2.1 定住基盤整備のため下水道整備推進

昭和75年頃までに全国人口普及率を、欧米先進国並みに引上げ、農山漁村の生活環境整備、自然環境のすぐれた湖沼等、水質保全のための下水道整備を進める。

### 2.2 閉鎖性水域等における三次処理推進

総量規制が実施される閉鎖水域 広域の水資源確保のために水質を保全すべき湖沼の富栄養化を防止するため、赤潮等の被害が著しい水域について三次処理を促進する。

### 2.3 広域的な下水汚泥の処理処分の推進

下水道の普及に伴い急激に増加することが予想される下水汚泥の処分が、各自治体で困難となっている現状を踏まえ、日本下水道事業団は昭和56年度から広域下水汚泥処分の調査を建設省から受託し、実施する予定である。調査内容としては、①集中処理のためのシステム開発（輸送のあり方、施設の構造、施設の内容）をより具体化する。②環境保全のための既存データの収集と検討、③具体的処理方法や方向を探る等で、このことは広域汚泥処分によつて行詰りを打開し、広域収集、圧送、集中処理によつて、用地効率、コスト、エネルギー、周辺環境等の諸問題解決を図ろうとするものである。

### 2.4 資源有効利用の促進

#### 1) 下水処理水の再利用

下水処理水を水資源として再認識し、積極的に活用する、水需給の逼迫している大都市では工業用水、業務用水、雑用水に利用している例も多く、団地住宅、ビル、農業用水に利用する所もでてきている。

#### 2) 下水汚泥の資源化

下水汚泥を高速堆肥化（コンポスト化）する気運が地方自治体に高まりつつあり、有機肥料、土壤改良材として農業利用を図るもので、実施も、福岡市、山形市、天童市、東京都等で稼働に入り、成果

品の評価もますますのようである。

その他建設資材に利用することも、各所で検討しつつある現状である。

## 2.5 下水道施設の省資源、省エネルギー化

下水処理場で消費される、消費電力量は処理水量/㎡当りの2～0.3kWhと云われ、下水処理を高度化すればする程、凝集剤、重油、電力等を多大に消費し、下水道経営を圧迫し、下水道使用料収入のみでは赤字の自治体が多いので省エネ形システムの確立をはかる。

## 2.6 技術開発の推進

下水道技術の内、特に我々の関係する設備は、製鉄、科学工業、鉱山機械等よりの技術を下水設備用に適合させたものが多いので、これが同化と、自主的な技術開発をはかり、下水の高度処理、汚泥の処理処分等に、たとえば、消化ガス発電のような、自己エネルギー利用等の新技術の開発と実用化を促進する必要がある。

## 2.7 維持管理の充実

処理施設が高度化するに伴ない、これを管理する組織体制を充実し、有能なる職員を配属しないと、合理的で効率的な経営は期待できない。たとえば、異常時の対応遅れ、操作ミス等により思わぬ災害となることも皆無とはしないので人為的ミスの防止のための組織体制、適切な要員配置、作業訓練を行い、維持管理体制に万全を期す必要がある。

また、公共下水道の実施市町村数(昭和54年度末)は全国総市町村数3,257の内654市町村で処理開始市町村は326であり、大半の市町村はこれから建設に着手し、供用開始することになるが、高度な施設を建設し、管理運営する訳であるから、技術者の育成と、メーカーと協同して、中小都市処理場の最適自動化システムの確立が望まれる。

## 3. 下水処理の自動制御

### 3.1 下水処理の自動制御の目的

昨今建設された下水道施設に、計装化、自動制御が導入されるようになったのは、近年の目ざましい技術革新により、計装技術、自動制御技術が長足の進歩を遂げ、下水処理の分野でも過去における勘、経験、人力を多用した運転管理に変わり、つぎのような理由から必要になつたためである。

#### 1) 処理の高度化、安定化をはかる。

良質で安定化した処理水を放流することにより、公共水域の汚濁を防止するため、また、汚泥処理は各プロセスの機能を十分発揮し、システムとしての総合的な効率を向上させるため。

#### 2) 高度、複雑、大規模化しつつある下水道総合管理システムの運用

最近建設される処理場は、高度、複雑で処理区域も比較的大きく、そのため、処理水量も大量となり処理区域内には、中継ポンプ所、雨水ポンプ所を数多く抱えている処理場、また、流域下水道は広域化の性格を有している。

処理区域が広いと、水管渠の水位、雨水量、汚水量、水質等の状況把握、ポンプ所の稼働状況、各河川水位、降雨量等を計測し、排水区域の浸水事故の絶滅を図つたり、雨水滞留池の総合運用により、降雨時初期汚濁負荷量の減少を図り、処理場に過大な負荷をかけぬよう水量調整を行う等、下水道の広域にわたる総合運用のニーズが高まり、実施に移されつつあること。

#### 3) 資源、エネルギーを節約できること。

#### 4) 労働条件の改善と作業量の軽減はかれ、省力化になること。

#### 5) 経済的になること。

### 3.2 自動制御の考え方

〔下水道処理場の自動制御の評価（日本下水道事業団）におおむね準拠〕

1) 処理場の建設は全体計画のうち、第一期工事、第二期工事と段階的に行われるので、システムを確立し、監視盤、操作盤等の設置、自動化は系列（ブロック、ユニット）毎に行い、将来の拡張増設を配慮した最適な設備を行い、過大設備による先行投資を避けるようにする。

また、通水当初は流入水量、汚泥量の発生も少ないから、計測機器の設置条件を十分に考慮した測定範囲の機器を選定する必要がある。

2) 中規模、大規模処理場では段階に応じて電算機を導入することが望ましいが、小規模処理場では質的最適制御を行う場合小人数で効率的運転管理を行うよりな時、たとえば、夜間自動無人化する場合等には異常時、故障時の非常管理体制、メーカーの協力体制等のバックアップ対策を十分に配慮した上で、ブロックボッタスの導入も考えられる。

3) ポンプ所はその規模立地条件に応じ自動運転が行えるようにする。また、必要に応じて、処理場または、最寄りの制御ポンプ場から、遠方監視、制御を行うのが管理運営上望ましい。ただし、雨水ポンプ所の遠方制御については、流入ゲート、スクリン、ポンプ用原動機の種類、契約電力の大小により慎重に決定すべきで、場合によつては日常の維持管理は巡回点検を行い、雨天時に操作員の派遣等を考慮すべきであるが、これも、諸条件をケースバイケースで判断せざるを得まい。

下水施設の中でも、ポンプ施設が最重要であるから、詳細に述べると、管渠構造、沈砂池構造における設計諸元である降雨限界、高潮位、ウオータハンマに対する配管、マンホール蓋の安全性、空気抜き浸水地盤高、浸水地区、流出係数、管渠滞留量、滞流時間、沈砂池フロアの安全水位、停電または、ポンプの全台停止可能時間、ポンプ始動時間と流入量変化率との協調性、降雨量、雨水流入量の予想可能性、または、測定の可能性等が下水施設の安全性を決定する諸元であるから、計画設計、施工時等には明確にシステムを確立しておく必要がある。

4) 処理区域内の必要個所で雨量、水位、水量、水質を計測し、テレメータ装置等で中央監視室に送り、円滑な運転管理が可能となるようにするのが望ましい。

5) 各プロセス毎に縦割りの独立回路とし故障時の事故波及を最小限に、故障復旧し易いよう設計するが大した故障でもないのに稼働機器の一斉ダウンするようなソフトは避けなければならない。

また、操作ミスに対しても、プロセス制御はずれ、災害、機器の故障、人身事故、環境悪化を招かぬよう、フルブールーフ機構を備えシステム運用が容易で信頼性が高い事が望ましい。

6) 既設処理場は大半が集中監視システムであるが、中規模以上の処理場には建物も水処理棟、汚泥処理棟、送風機棟のように別棟になる場合が多く、距離的にも遠いので集中管理分散形の監視制御システムが望ましい。また、運転管理を外部委託とすとか、汚泥処理施設の監視制御を集中化することはメンテナンス上、技術的に可能であるか、汚泥処理方式によつては疑問の点もあり、また一方では、配置計画、管理方式、規模の大小もあるので画一的にすべきではないであろう。

7) 現時点では、下水用水质計器の保守性、信頼性はユーザー、メーカーの努力と熱意により相当向上し見られるべきものがあるが、他のセンサーに比して、いまだ、十分ではなく、適応性、応答性、再現性、安定性等についての問題点もあるが、自動制御により設定値の自動調整、手動で可調整とし、将来関連設備が設置できるよう考慮しておくことが望ましい。なお、計器は機構が簡単で柔軟性のある機種を選定する。

最近の計測機器の開発状況、利用状況を述べると、下水処理施設で用いられる計測機器は特に厳しい環境にさらされるので保守性のよいものが望まれるのが妥当であるが、前記のとおり保守性も向上し

てきたので、下水処理の運転指標である物理的計(水量、風量、温度、出力等)は満足できるものとなり、量的制御は信頼性を増した。

質的計装は、計測器の高精度化と下水に対する適合性、高信頼性を必要とするが、検出難を含め長期安定性に乏しいのが偽らざるところである。しかしながら、DO計、MLSS計、汚泥濃度計、汚泥界面計等の保守の目安は3カ月程度であり、その他計器も1~2カ月のものが大部分であるので、バックアップとメンテナンスに多少留意すれば制御に組み込むところまで来たと言えようか。また、最近は総量規制の関連から、二次処理水にCOD計、TOC計、また、COD計との相関が期待できる。UV計を設置する例が4~5カ所見受けられる。

なお、管理の目安として、水質計器を設置しても、制御に無関係の場合は現場に放置される場合が多いから、手分析で十分であり、設置する場合は積極的にシステムに組み入れるか、管理責任者を決めてメンテナンスをするべきであろう。

g) 省資源、省エネルギーおよび省力化は下水道総合管理システムの観点から実施すると共に、これ等を十分に検討できる各種データの収集・整理・システム解析、システム評価を行い、最適制御のために今後一層の努力をすることが望まれる。

### 3.3 水質制御

- ① エアレーションタンクの溶存酸素濃度/送風量(DO)制御は、非制御時に比し、消費電力量を20%節約できたことが報告されている。また機械攪拌+散気方式による法、イギリスで開発された、ドーム型散気装置、エゼクターによる散気装置、効率向上した省エネ型ブロワ、吸込ペーンによる送風量制御等によつて消費電力量は相当減少させることがモデルプラントで確認したところもある。
- ② エアレーションタンクの混合液浮遊物濃度/返送汚泥量(MLSS)制御は困難な制御の一つである。生下水、返送汚泥系共に時定数及び、むだ時間が大きいために、早朝の流入下水水量増加時に夜間の汚泥量が少く追従できず、放流水質悪化を来すことが多い。また最終沈殿池特性がMLSS制御を難しくし制御を左右しており、主要な水質項目で比較した結果、制御の有無に関係せず差したる違いが無いという報告もある。
- ③ エアレーションタンク、最終沈殿池  
返送汚泥系に存在する汚泥総量制御  
汚泥の予測、系内での貯留、及びフィードフォワード制御の組合せが行われ、合流式下水道における大水量、水質変動を吸収して放流水質を安定化でき、総汚泥乾量を下げることにより送気量が低減できる。総汚泥乾量を上げることにより余剰汚泥発生量が低減できることが確認されたということも報告されている。
- ④ その他  
その他の処理法、制御法としては、回転円板接触装置、高濃度酸素法、超深層エアレーション法、小規模下水処理場用としてオキシデーションディッチ法、長時間エアレーション法等の省エネ方式と考えられるものが実施または実験されているが処理効率等の面より一長一短があり、評価には時日を要するようである。  
また、ポンプ、ブロワ共にマイクロコントローラによるDDCの例が増加しつつある。

### 3.4 汚泥処理プロセス制御

汚泥処理プロセスの現状は、多数の機器が各工程に存在し、互いに関連しあいながら運転する、いわゆる、シーケンス制御が多く、その間に、薬品注入量制御などのループ制御が構成される。したがって、各工程、および、制御方法に相互に矛盾がなく<sup>1)</sup> 滑らかな関連を保ち、システムの柔軟性、融通性、及び、拡張

性の高いものが望まれ、汚泥処理においても、マイクロコントローラによる、DDCの例が増加している。

また、将来の汚泥処理システムの自動制御は、汚泥処理技術が確立し、信頼性のあるセンサーが開発され、プロセス特性が十分に解明された時点で電算機を用いた最適制御が各プロセスで行われるであろうが早期実現を期待している。

汚泥プロセスは濃縮、汚泥調整、消化脱水後 場合によつては焼却等の単位操作を組合せたプラントで安定化、減量化されるが汚泥処理プロセス制御の課題はつきのとおりである。

#### 1) 消化プロセス制御

消化槽機能(汚泥濃度、変化、消化日数、放熱熱量、消化温度、消化率、安定運転等)を再評価し、消化ガス発電の実用化試験(ガスエンジン開発を含む)を沖縄の処理場で下水道事業団が本年度調査を行う予定であるが、沖縄の地は年平均気温が高いから処理場使用電力量は相当節約できる見込である。

#### 2) 濃縮、脱水プロセス制御

汚泥濃度は重力濃縮が主流であるが、最近では下水中の有機物量も増加し、重力濃縮が分流式処理場では季節によつては特に難しくなつてきたので、最近では浮上濃縮、遠心濃縮技術が開発されつつある。

汚泥脱水に機械式を採用した昭和30年～昭和48年頃までは真空脱水式であつたが、最近では加圧プレス、遠心式、特にベルトプレス型が多く使用され、凝集剤に高分子ポリマー、過酸化水素を使用したり、脱水効率の上昇で低含水率とし、脱水ケーキ量の減少、使用電力量の減少等省エネタイプの機種にモデルチェンジしつつある。

#### 3) コンポストプロセス制御

汚泥の再利用、省エネという面より、脱水汚泥を堆肥化し、特殊肥料として農業利用するためのコンポスト化施設が何都市かで稼動に入り、今後は多用されるムードになつてきた。

#### 4) 焼却プロセスの省エネと排ガス抑制

汚泥焼却の現況として、①大容量のものを除き、最近では多段炉から流動燃焼炉を設置する例が多くなつた。②汚泥処理技術は汚泥濃縮、脱水効率の向上、流入下水の低位発熱量の増加、熱回収、空気過剰率の減少による燃焼等の技術開発の結果、補助燃料なしで自然した例も見受けられる。③NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、臭気等の減少対策の技術が向上してきた。④その他、回転炉床炉、乾留装置、燃焼炉等の新技術が実用化または陽の目を見ようとしている。これらの現況から、今後は新プロセスのシステム開発が自動制御の大きな課題の一つとなるであろう。

### 3.6 あとがき

下水処理の自動制御の現況と今後の課題について述べさせて戴いた。

今後の下水道施設は省資源、省エネルギーでこれ等の課題を早期に達成しなければならない。今後共皆様の御指導、御協力を切望する次第であります。