報 文

汚泥処理のシステム評価に関する研究 (3)

Study on Estimation of Sewage Sludge Treatment Systems (Ⅲ)

松永一成*；内田信一郎**；油谷昭夫***；楠本光秀****；橋本 隆*****

4.2 汚泥の有機物含有率

消化プロセスにおける消化率は、式(1)に示すように、有機物含有率が増加すれば大きくなる関係があるが、これ迄のモデルでは汚泥の有機物含有率を70%の一定値としてきた。本節では水処理で発生する汚泥の有機物含有率を変化させ汚泥濃度を一定とし、前述の3種の評価因子の変動状況を求めた。建設費については図-13に、処理原価については図-14に、総エネルギー消費量については図-15に示した。

建設費は有機物含有率の増大に伴い消化方式では安くなるが生方式では不変である。これは有機物含有率が増大すると消化プロセスへ投入される有機物絶対量

が多くかつ、その分解率も大きくなるため、後続の脱水や焼却プロセスで処理の対象となる汚泥量が小さくなり、これらに係る設備投資費が安くなるためである。生方式では有機物含有率の増大は汚泥濃度に影響しないとしたため建設費は一定となった。消化方式と生方式を比較すると、建設費は消化方式では有機物含有率の増大に伴い安くなり、生方式の建設費に近づいていく。

消化方式では遠心濃縮のシステム(ロ)は、重力濃縮だけのシステム(イ)より常に建設費は安くなり、生方式においては、逆に遠心濃縮のシステム(ニ)は、重力濃縮だけのシステム(ハ)より常に高くなっている。またシステム(イ)と(ロ)及び(ハ)と(ニ)間のそれぞれの建

図-13 有機物含有率と建設費

* 大阪市下水道局長 Kazunari MATSUNAGA
 ** 全 建設部計画課長代理 Shinichiro UCHIDA
 *** 全 建設部機械課第2機械係長 Akio YUTANI
 **** 全 建設部機械課第2機械係 Mitsuhide KUSUMOTO
 ***** (財)大阪市下水道技術協会 技術第1課長代理 Takashi HASHIMOTO

図-14 有機物含有率と処理原価

図-15 有機物含有率と総エネルギー消費量

設費の差は有機物含有率に関係なくほぼ一定となっている。

処理原価は有機物含有率の増大に伴って各システムとも安くなる傾向を示しているが、消化方式の(イ)(ロ)は、生方式の(ハ)(ニ)に比べ有機物含有率の変化の影響を大きく受けている。これは消化方式では、脱水用の薬品量、及び余剰消化ガス発生量とケーキ発熱

量に關係する系外から購入する燃料が有機物含有率に大きく影響されるが、生方式ではケーキ発熱量に關係する燃料のみが影響を受けるに過ぎないためである。

遠心濃縮の導入は、有機物含有率の大半の領域で、重力濃縮に比べ処理原価を抑制する効果がある。しかし有機物含有率の大きい領域では、その効果が小さくなる。これは、汚泥の有機物含有率が大きくなると消

化方式においては遠心濃縮の導入により、余剰消化ガスが焼却炉の燃料として必要となる量以上に発生し有効利用されないまま大気へ放出されると仮定しているためであり、又生方式においては、エネルギー関連経費の減少に伴って処理原価の低下がみられ、減価償却や起債利子等の経費が処理原価に占める割合が大きくなっていくためである。

総エネルギー消費量についてみると各システムとも有機物含有率の増大にともなって、減少する傾向を示す。その消費量は消化システム(イ)(ロ)が生システム(ハ)(ニ)より一般的に少なくすみ、有機物含有率の増大に伴ってこの差は大きくなる。この原因は前述の処理原価と同様で、脱水用の薬品量と系外から購入する燃料量の削減が消化方式で大きく現れるためである。余剰消化ガスを焼却炉の補助燃料として使用してもなお余剰消化ガスのエネルギー価値は加算していないがこれを考慮すると図-15の破線の値となる。汚泥中の有機物含有率が高くなる状況においては、消化方式が生方式に比べエネルギー消費面で非常に優れた省エネルギーシステムといえる。

遠心濃縮の導入効果についてみると、汚泥の有機物含有率が低く汚泥の保有するエネルギー価値の小さい領域では、汚泥濃度を強制的に高めることが総エネ

ギー削減に対する寄与率も高く大きな効果を示す。他方汚泥の有機物含有率が高く汚泥の保有するエネルギー価値の大きい領域では、濃度を高めることによる寄与率が小さくなり遠心濃縮の導入による削減効果が明瞭に現れてこない。

遠心脱水方式を例にとり、汚泥中の有機物含有率の変化が建設費、処理原価及び総エネルギー消費量の各因子に与える影響をみてきたが、その結果将来予想される有機物含有率の増大に対し、一般に消化方式は生方式に比べ建設費については劣るものの処理原価及び総エネルギー消費量で優れており、今後益々より良好な評価位置に移行していくことが予測できる。またこの消化方式に遠心濃縮を導入すると、建設費処理原価と総エネルギー消費量が改善され、その効果は含有率の高い域で小さく、低い域で大きい。

第5節 最適システムの総合評価

建設費・処理原価等の経済性にかかる因子、並びに臭気・総エネルギー消費量等の因子を個々に用いてシステムの評価を前節まで行ってきた。各々の評価因子は異なった意義をもち、重要性の度合は処理場の置かれている状況により異なるため、すべての因子に重み付けをして、定量的に評価することは困難である。

本節では、システムの最適性を総合的に評価する一手法

図-16 消化と生方式システムの比較(遠心脱水の場合)

を提示し、最適システムについての考察を行う。

本研究で試みたシステムの総合評価方法は、評価因子の中から8因子を選び、それぞれの因子を軸とし、相対比較値で表したオクタゴングラフによるものある。図-16は遠心脱水方式を例として消化方式と生方式を比較したオクタゴングラフである。

処理原価と電力においては両方式間に大きな差はなく、建設費及び所要面積という初期投資的要素の大きな因子と管理人員の因子では生方式が優れ、臭気及びエネルギーというシステムの運営上の因子では消化方式が優れている。各評価因子の重要度が同程度であるなら、最適システムはオクタゴングラフの数値の総和が最小のものである。しかし、システムを選択する際には、種々の拘束条件が存在し、各評価因子間の相対的重要度は社会情勢や自治体等により異なるのが一般的である。それ故、システムの最適性を評価するためには、各評価因子に重み付けを行い総合的に考察する必要がある。例えば、総合評価指数をEとし、その最小値を示すものを最適とする方法がある。

$$E = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_8x_8$$

x_i : 各評価因子の相対比較値

c_i : 各評価因子の重み係数

ここで、臭気・管理人員・エネルギーに他の因子より

大きな重みを置いて総合評価すると、消化方式が生方式より優れていると判断できる。

図-17及び図-18は、それぞれ生方式と消化方式における濃縮法別の比較をしたオクタゴングラフである。脱水方式は遠心脱水方式である。生方式の図-17においては、重力濃縮法(case 1)を基準にして比較すると、消費エネルギーについては機械濃縮法(case 2, 3, 4)を導入した効果がはっきり表われているが、建設費では割高の傾向を示しており、総合的には濃縮法による大きな差はないと判断できる。消化方式の図-18においては、濃縮法による差を認めることができる。機械濃縮法導入の効果は、建設費、所要面積、総エネルギー消費量、オイルの因子で現われており、中でもcase 4はすべての因子で最も優れているので、総合的にも、消化方式においては最適な濃縮方式であると判断できる。

図-19及び図-20は、消化方式を前提として、脱水方式を比較したものである。重力濃縮法(case 1)の場合が図-19であり、最も優れた濃縮方式と判断されるcase 4の場合が図-20である。両図とも同様の傾向を見ることが出来る。遠心脱水は、臭気、オイル及び総エネルギー消費量の因子でやや劣るものの、処理原価、建設費、所要面積、管理人員、電力の因子では優れている。ベルトプレス脱水は、遠心脱水と比較すると管理人員

図-17 濃縮法別の生方式システムの比較 (遠心脱水の場合)

図-18 濃縮法別の消化方式システムの比較（遠心脱水の場合）

図-19 脱水法別の消化方式システムの比較（重力濃縮case 1 の場合）

で劣るものの消費エネルギー面では優れており、他の因子は遠心脱水と同程度である。加圧脱水は、臭気及びオイルで優れており、真空脱水は臭気で優れている。

従って遠心又はベルトプレス脱水方式が不利となる臭気因子に重みづけを行なったとしても、相対的に両方式が優れていると判断できる。

図-20 脱水法別の消化方式システムの比較(遠心濃縮case 4の場合)

大阪市では総合的にシステムの最適性を評価する際、汚泥処理の経費、住居地に隣接する処理場の立地条件、省エネルギー及び省力化に特に配慮している。従って評価因子の中で処理原価、臭気、総エネルギー消費量と管理人員の4つの因子を重視すれば、初沈汚泥は重力濃縮、余剰汚泥は重力濃縮後遠心濃縮し、得られた高濃度の汚泥を消化、そして遠心あるいはベルトプレスで脱水後焼却するシステムが優れ、又このシステムは前節で述べた様に将来の汚泥性状の変化を考慮に入れても対応性が良く総合的に優れていると判断できる。

結 語

汚泥処理規模30ton DS/日のモデルを使い、消化方式と生方式、濃縮法、脱水法の組合せから40種の異なったシステムを選び汚泥処理システム評価を行った。

その評価に際し、処理原価(起債利子+減価償却費+現場管理費)、各種エネルギー消費量、管理人員、所要面積及び臭気等を評価因子として選んだ。ここで各種エネルギーの消費実態を総合的に把握するためオイル、電力及び薬品を消費オイル量で換算した総エネルギー消費量という新しい評価因子も導入した。

消化方式では、汚泥中の有機物を消化プロセスで減

じることが可能なためそれ以降の脱水・焼却プロセスでの施設容量を抑制でき、さらに管理運営面においても脱水用薬品量の削減と、エネルギー価値のある汚泥中の有機物を消化ガスに転換でき購入オイルの削減が可能であるという利点を明らかにした。また今日処理場が周辺環境に与える臭気問題が深刻化しているが、消化汚泥は、生汚泥に比べ臭気濃度は $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ と小さく臭気対応が容易になることを指摘した。各評価因子を考察した結果、消化方式は生方式に比べオイル、総エネルギー消費量及び臭気の評価因子で優れ、初期投資的要素の大きな建設費と所要面積の評価因子において劣り、処理原価の評価因子では両方式は同等であることが明らかになった。

しかし消化方式において濃縮プロセスに、機械濃縮、なかでもcase 4の方式による遠心濃縮法の導入は、各評価因子の改善に大きく寄与し、又生方式と比べ劣るとされる建設費や所要面積の評価因子を生方式の評価値に大幅に近づけることが可能であることが分った。又将来の汚泥性状の変化、すなわち汚泥の有機物含有率の増大に伴う汚泥濃度の低下を考えた時も、遠心濃縮～消化システムは、汚泥濃度を高く維持でき、汚泥の減量効果が大きいと同時に、有機物のもつエネルギーを消化ガスとして多量に有効利用できる点で、他のシ

ステムより優れていることを明らかにした。

脱水機種を選択においては、ケーキ含水率が焼却の補助燃料に関係してオイルに、薬品の種類と使用量が臭気と総エネルギー消費量に、さらに脱水機1台当りの処理容量が管理人員に大きな影響を与えていることが明らかになり、総合的に評価すると、遠心又はベルトプレス脱水法が優れていると判断できた。

システムの評価因子は、自治体を取りまく社会情勢や周辺環境条件により各々の重みは異なる。本市では総合的にシステムの最適性を評価する際、用地については、概ね既得の敷地内で整備が可能なので、評価因子の中で処理原価、臭気と総エネルギー消費量の3つの因子に重みをつけ、同時に将来の汚泥性状の変化に対しても有利に展望できることを考慮した。その結果、初沈汚泥は重力濃縮、余剰汚泥は重力濃縮後遠心濃縮し、高濃度の汚泥を消化、そして遠心あるいはベルトプレスで脱水後焼却するシステムを最も高く評価できる。(おわり)

文 献

- 1) 油谷昭夫「下水処理場で使用するエネルギーと最終汚泥量についての調査報告」大阪市下水道局下水道技術報告集, No. 3, 45 昭和56年3月。
- 2) 高柳枝直ほか「汚泥処理処分に関する基礎調査」大阪市下水道局下水道技術報告集, No. 4, 380 昭和57年3月。
- 3) 高柳枝直ほか「モデル計算による脱水方法の比較検討」月刊下水道 5(10), 58(1982)。
- 4) 松永一成ほか「汚泥処理の問題点とその対策 その1 濃縮」水処理技術, 26(11), 805(1985)。
- 5) 松永一成ほか「汚泥処理の問題点とその対策 その1(続)」水処理技術, 26(12), 881(1985)。
- 6) 松永一成ほか「汚泥処理の問題点とその対策 その2 嫌気性消化」水処理技術, 27(1), 27(1986)。
- 7.8) 松永一成ほか「汚泥処理の問題点とその対策 その2 嫌気性消化(Ⅱ)(Ⅲ)」水処理技術, 27(2), 1986。
- 9) 日本銀行統計局「物価指数年報」(1977)～(1984)。
- 10) 大阪市下水道局「昭和59年度下水道事業決算書」。
- 11) 楠本光秀「下水処理場で使用する薬品等のエネルギー原単位」大阪市下水道局下水道技術報告集, No. 3, 33 昭和56年3月。

製品ニュース

＜クーリングタワー・冷却水槽用＞

滅菌・防藻ガラス水処理剤・バイオシェアーSG

クーリングタワーや冷却水槽に発生するバクテリアや藻類を除去する無害なガラス水処理剤が、山本徳治工學博士の指導で開発された。

このガラス水処理剤は、ホウケイ酸塩系のガラスを主成分とし、これに一価の銀イオン(Ag^+)を含む溶解性ガラス(Solubility Glass)である。

溶解性ガラスより溶出する微量の Ag^+ イオンは、生物の細胞に直接作用し、バクテリアや藻類を殺滅するもので、殺菌や防藻に必要な Ag^+ イオンの濃度は、処理水の条件や、水中微生物の数によって異なるが、一般には、0.02～0.07 ppmで十分な効果が期待できる。また、水温が低い場合よりも高い場合や、酸性よりもアルカリ性の方が殺菌効果が大きい。

バイオシェアーSGには、活性イオンである Ag^+ イオンが Ag_2O に換算して、0.2～1.5重量%, 溶解性ガラス中に均質に含まれている。

一般にガラスは水に溶解し難いと思われているが、ガラスの構造は、アモルファス特有の粗な構造であるので、ガラス組成を選択することによって一時間から数年にわたり一定速度で溶解させることが可能であり含まれている Ag^+ イオンは、ガラスの溶解とともに、安定した状態で一定濃度で溶出し、殺菌や防藻に有効に作用する。

問い合わせ

近畿パイプ技研㈱ (〒600 京都市下京区河原町通五条上る)

Tel 075-343-4450