

講演録 活性汚泥法施設の省エネについて

日本下水道新技術機構 資源循環研究部 石田 貴部長

ご紹介を頂いた石田です。本日は省エネの話をさせていただきます。

J S在籍中には、汚泥関係の仕事が多かったのですが、水処理も担当し、OD法の標準化や活性汚泥法設計指針にS R Tを入れるという仕事を担当しました。推進機構でも汚泥関係を主に担当してきましたが、エネルギー回収でも分母を小さくすることが重要なので、水処理の省エネにも取り組んでいます。

水処理は、これまで省エネをあまり考えなかったところがあり、処理場の設計においても、例えばポンプでもかなり過大な能力の設備が導入されてきた面があり、これについては反省すべき点と思っています。

スライド2

これは各電力会社の料金単価を示したものです。10年前は1 kWhあたり10円程度でしたが、最近では再生可能エネルギー発電促進賦課金などにより、電力会社の立地条件等により違いはありますが、平均すると1 kWhあたり17円を超える価格に上昇しており、省エネの重要性と関心が高まっています。

スライド3

下水処理場のエネルギー使用量では電力の割合が高く、その約半分は水処理です。

スライド4

下水処理場のエネルギー消費量の評価については、米国E P Aの手法があります。これは、ビルや事務所の電力消費量の評価法を下水処理場に適用したものです。米国の手法では単位はB T Uですが、エネルギー消費量と処理場のどのような特性が関連があるかということの評価するもので、変数は流入水B O D、日平均水量、日平均流入水量と設計水量との比率、また散水ろ床法も多いので水処理方式、高度処理の有無等です。

スライド5

この方法で日本の下水処理場の消費エネルギーを評価しました。これは日平均流入水量とエネルギー使用量原単位の関係ですが、両対数にするとより相関が明確になります。このような考え方で関係を見てゆきます。

スライド6

これはその例ですが、標準法で焼却がある場合と無い場合、窒素除去を主とする高度処理を行っているか、OD法かどうかといったところで相関を見ているものです。分母としては、対象施設を水量の小さいものだけとするか、大きいものだけとするか、全体で見る

かといった点がありますが、基本的には日平均汚水量です。

スライド7

このように焼却炉があるか、消化工程があるか、窒素除去があるか、OD法か、流入水量と施設能力の比率などが影響因子となります。分析上はt値はその絶対値の大きい方が変数として重要ということになります。

スライド8

しかしながら、合流式を採用するところは流入水量が大きく、OD法は10,000m³/日以下が大多数なので、これらの要素は汚水量と互いに相関するため、説明変数としては適当ではありません。

スライド9

原油換算値での下水処理場でのエネルギー使用量ですが、5つの説明変数で表わすことができます。日本の場合には焼却炉が多く、これはエネルギーかなり消費しますので、これが米国の場合と異なる変数となっています。水処理だけで相関をとってみると、焼却炉は無いので、説明変数が4つになります。ここで、10,000m³/日以上以上の施設はほとんどが標準活性汚泥法等の施設となります。

(1/18) 下水処理場のエネルギー消費量
(4) 我が国の下水処理場におけるエネルギー消費量の指標化

➤ 標準的なエネルギー使用量が算出できるエネルギー使用量の回帰式
【日平均汚水量10,000m³/日以上を用いて算出した回帰式】

$$\ln(\text{エネルギー使用量: 原油換算 kL/年}) = -2.0792 + 0.829833 \times \ln(\text{日平均汚水量: m}^3/\text{日}) + 0.080753 \times \ln(\text{流入BOD水質: mg/L}) + 0.258432 \times (\text{高度処理をおこなっていれば1, または0}) + 0.395657 \times (\text{焼却炉があれば1, または0}) - 0.385930 \times \ln(\text{施設能力に対する流入水量割合})$$

重相関係数: 0.936

【日平均汚水量10,000m³/日以上を用いて水処理施設のみ算出した回帰式】

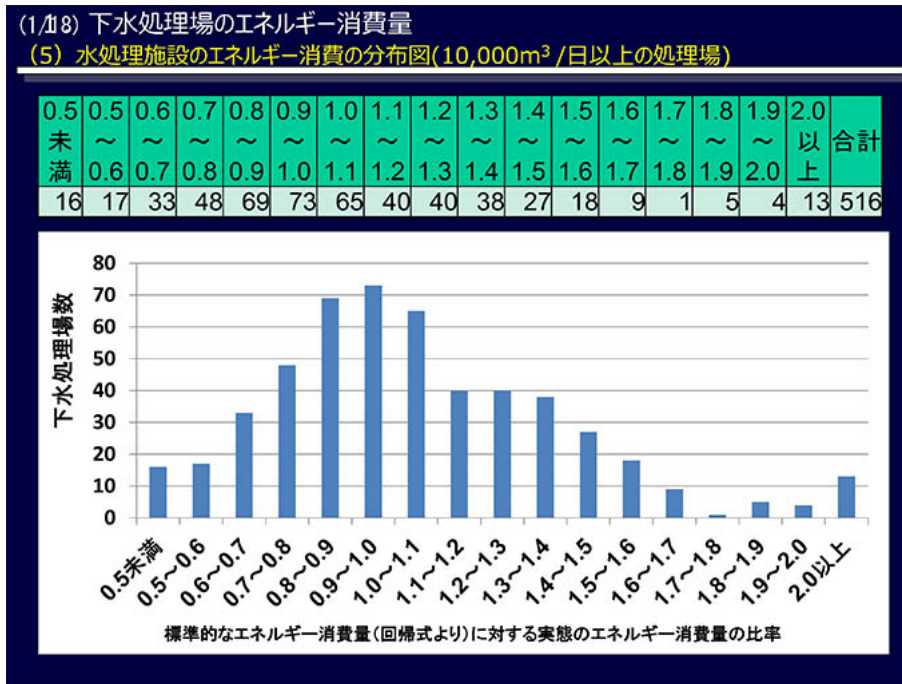
$$\ln(\text{エネルギー使用量: 原油換算 kL/年}) = -2.5695 + 0.909960 \times \ln(\text{日平均汚水量: m}^3/\text{日}) + 0.000775 \times \ln(\text{流入BOD水質: mg/L}) + 0.318655 \times (\text{高度処理をおこなっていれば1, または0}) - 0.724120 \times \ln(\text{施設能力に対する流入水量割合})$$

重相関係数: 0.903

※ 水処理施設で使用するエネルギーは全て電力なので、換算値1kL/年→4千kWh/年でkWh表示とする。
※ 下水道統計(H24)によれば、電力消費量の約8割を1万m³/日以上以上の規模の処理場が占める。

スライド10

これは解析結果の分布を示すものです。回帰式に対して1.5を超える施設も1割程度あります。



スライド11

統計解析だけだと本当かと思われるかもしれませんが、これは、推進機構の下水処理場の省エネに関する共同研究でモデル設計を行った施設のエネルギー消費と回帰式を比較したデータですが、概ね先ほどの統計解析と一致する結果が得られています。

スライド12

これは下水道統計からとったある県の下水処理場のデータですが、これを回帰式と比較して比率が高いものは成績が悪いということになります。このようなデータを持って自治体に説明し、省エネへの取り組みを促しています。

スライド13

これはある市の処理場の例ですが、回帰式と実績を比較すると、特に水処理での消費エネルギーが大きいのので、水処理の省エネに取り組むことが重要であることがわかります。

スライド14

これは、民間企業との共同研究で調べた内容ですが、日平均100,000m³/日程度

の処理施設ですが、従来型散気装置に比較して省エネタイプのメンブレンディフューザを使うと30%程度の省エネ効果が得られるという結果になります。モデル設計では水量と水質を一定として計算しているので省エネ効果は50%くらいと算出されますが、実際の施設では水量・水質は変動し、これに追随する必要があるため、省エネ効果は30%程度に低下することになります。

スライド15

実は省エネ度が低い施設を調べるとこのようなタイプの水中攪拌機を使っているケースが多く、1m³あたり10Wもの電力を投入しています。最近の省エネ攪拌機では、1～3W程度/m³程度ですから、非常に大きなエネルギーを投入して攪拌を行っていることになります。最近では電気代が高いため、このような攪拌機は間欠運転を行っていますが、これほどのエネルギーを投入して攪拌を行う意味がわかりません。

スライド16、17

これは高度処理を行う場合のエネルギー消費の割合を試算したものです。仮にこのように想定すると、40,000m³/日の施設だと年に656千kWh、100,000m³/日の場合だと、1,669千kWh電力消費量が増加することになります。標準的な電力消費量と比較して増加する分の内、40,000m³/日の施設だと69%、100,000m³/日だと76%が水中攪拌機によるものということになります。

スライド18

先ほど触れましたが、水量・水質の変動に関して、これは必要酸素量の一日の変化のシミュレーションです。このように朝にピークが来るのは、朝にアンモニア濃度のピークがあるため、これは尿によるものです。

スライド19

散気装置を絞って運転する場合、どのくらいまで絞れるかは散気装置の種類によって違います。センサを用いて散気量を制御する場合には、通気量の制御範囲が広いものが向いています。ICTを活用した省エネの検討が行われていますが、散気装置のことは全く考えられていませんでした。セラミック散気装置は絞ると目詰まりする可能性があります。省エネではブロワのことだけ考えてもダメで、散気装置に何をを使うかということが重要です。

スライド20

これは共同研究におけるアンモニアセンサによる曝気風量の最適化です。通常は風量一定やDO制御が良く行われていますが、反応タンク末端にDO計をいれるだけでは、タイ

ムラグもあるので省エネ運転はできず、過曝気のチェック位しかできないと思われます。

スライド21

これは初沈出口と反応タンク末端にアンモニアセンサをつけてフィードバックとフィードフォワードで送風量を制御するものです。反応タンクのDOには流入負荷のタイムラグが影響するため、末端でDO制御するだけでは課題があり、このような制御が効果的です。

スライド22

これは結果の例ですが、午前中にアンモニア性窒素のピークがあります。意外とこのようなことを知らずに省エネに取り組んでいる例が多いのですが、本制御方式を導入することにより省エネ効果がでています。

以上です。