4-(2)-2　工業計器データの解析と活用

中部管理事務所芝浦水再生センター水質管理係
○濱本　亜希　野口　廣

1. はじめに

芝浦水再生センターにはポンプ所を含め、830 台もの水位計・流量計・濃度計等の工業計器類が設置されており、これらのリアルタイムデータは、運転管理に不可欠な情報として、十分に活用されている。しかし、過去データについては、月報等を作成する帳票作成システム上に保存されてはいるものの、データ抽出上の問題もあり、月報等作成以外の活用は十分でない面があった。

一方、水再生センターでは現在「地球環境への貢献」事業の一環として、「快適な水環境の創出」と「電力量削減」を両立させた効率的な運転が求められている。効率的な運転を進めるには、処理状況を客観的に評価した上で運転を最適化していく必要があり、そのためには、工業計器による連続測定データの活用は有効と考えられる。そこで当センターでは、全帳票データを Excel 形式に変換して、データ抽出と解析を容易にした。

本報告では、当センターで実施した工業計器データ活用事例について一部紹介する。特に、水処理電力量が平成 18 年度上半期に高くなった際､上記データを用いて行った原因解析と対応策の検討について詳しく報告する。

2. 工業計器データ（帳票データ）の概要

全工業計器データのうち、帳票作成に必要な一部の項目に関するデータ（帳票データ）については、帳票作成システム上に保存されている。

2.1　保存期間：平成 13 年（2001 年）4 月～

2.2　項目数：1,225 項目

2.3　項目内容

水質（MLSS･DO･ORP 等)、水位、水量、汚泥量、電力量、設備稼働時間、薬品注入量等

2.4 データの種類

- 時データ：瞬時値もしくは、計測値の 1 時間分の積算値、平均値
- 日データ：時データの 1 日の集計値
- 月データ：日データを 1 ヶ月分の集計値
- 年データ：月データの 1 年分集計値

2.2. 帳票データの Excel 化

帳票データはその目的上、データ抽出範囲が時データについては 1 日単位、日データについては 1 ヶ月単位となっており、長期間にわたるデータ抽出が困難であった。そこで、Access 形式で保存されている全帳票データを Excel 形式に変換して、抽出・解析を容易にした。

まず、Access 上のデータを Excel ファイルにエキスポートし、その後解析しやすいように配列を変えた別の雛形ファイルに該当するデータを移し変え、その上で保存した。データ量が莫大なため、移し変えについてはマクロを作成して、作業を自動化した。さらに、水質・処理水量等、水質・コスト管理に必要な項目については状況を瞬時に把握できるようにグラフ化し、データ抽出の度に更新されるような加工を行った。

3. データ活用事例

3.1 時データの活用事例

3.1.1 平常時の時間変動把握

当センターは、処理水量、流入水質の日内、週内変動が大きい。そのため、処理状況を判断する上で、平常時の変動幅を把握しておくことは重要である。

図１は当センター5 系統のうち、2 系統における晴天日の高級処理水量に関する時データの週変動をグラフ化したものである。浅槽系は、平日と週末の差が大きく、週内変動が大きい。一方東系は、明け方に流入量が著しく減少し、日内変動が大きい傾向が認められる。以上のような傾向から、水量が減少する週末は、余剰汚泥量を減少し、MLSS が一様になるような運転対応を行った。

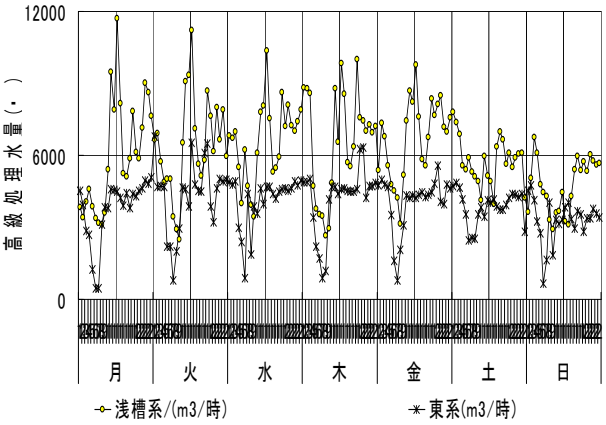

図１：高級処理水量の週変動

3.1.2 処理状況の視覚化

リアルタイムデータは、水質異常発生時には、迅速な現状把握と対応策決定、対応終了判断に非常に有用な情報である。しかし、①保存日数が数日間と非常に短い　②データやグラフの加工が困難である　③同時にグラフ化できる項目を選べない　といった問題があり、事故後の報告や、水質異常の原因解析には、時データの活用が有効といえる。その事例を紹介する。

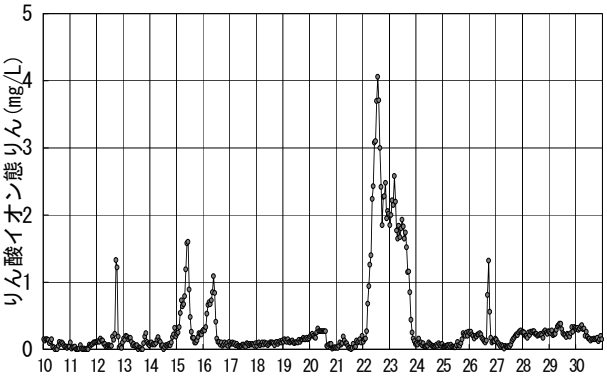

図２：東系反応タンク出口の PO_4-P

平成 18 年 9 月 21～22 日、60ｔもの次亜塩素酸ナトリウム(以降「次亜」)が漏洩し、東系流入幹線に混入する事故が発生した。図２は、9 月 10～30 日における反応タンク出口におけるりん酸イオン態りん濃度（PO_4-P）の時間変動を示したものである。混入した次亜が反応タンク出口に到達する 22 日未明から PO_4-P が上昇し、最終的に 4.0mg/L 近くまで上昇したものの、対応の結果 23 日夜には収束した。時データを活用することで、こうした状況を容易に把握できる。

3.2 日データの活用事例

日データは、項目間の相関や、長期にわたる現象の原因解析に有効である。一事例として、平成 18 年度上半期における水処理電力量増加の原因解析と実施した対策を紹介する。

3.2.1 水処理電力量増加の原因解析

経営管理指標や環境マネジメントシステムでは、電力のコスト管理の原単位として、高級処理水量 1,000m^{3}あたりの水処理電力量(kWh/1,000m^3)を用いている。図 3 は、平成 13 年度から 18 年度上半期までの水処理電力原単位（高速ろ過施設と再生水施設の電力量は除く）を示したものだが、18 年度上半期は、176kWh/1000m^{3}と高くなった。

水処理電力量の約 75%を送風機電力量が占めていたが、実際、18 年度上半期の送風量は最も多くなっていた（図 4)。

そこで次に、送風量が増加した原因について、日データを用いて解析した。送風量の増加は、漏洩を除くと有機物の分解等、処理に要する空気量増加によると考えられる。反応タンク内の必要空気量は、DO 維持に必要なものを除くと、

① 微生物が生命維持に必要な空気量（内生呼吸）
② 従属栄養細菌が BOD（有機物）酸化に必要な空気量
③ 硝化細菌がアンモニア性窒素を硝酸性窒素に酸化するために消費する空気量

の 3 つの合計値となる。

そこで、いずれの項目が送風量の増加に寄与しているかを調べるため、

① 微生物量（活性汚泥量）
② BOD（有機物）除去量
③ ケルダール窒素除去量

を日データから算出し、当該期間におけるこれらの増加の有無を確認した。また同時に、送風量との相関も調べた。

なお、区部水再生センターの年間水処理電力量と BOD 等主要水質項目の除去量との間に高い相関があることが分かっている（図 5［H17 年度水質管理年報]）。

3.2.2 データを用いた原因解析

１）活性汚泥量

各系統の MLSS 濃度データに、反応タンク容量を掛けて、当センター全体の活性汚泥量を算出し、その月平均値を比較した。

活性汚泥量（ｔ）

＝Σ（MLSS の日平均値×反応タンク容量）

平成 17 年 11 月以降は湯島幹線改良工事に伴う受水量増加への対応として高 MLSS 運転を実施しており、それに伴う活性汚泥量増加が送風量増加に影響したと推察された(図６)。しかし、送風量との相関は決定係数 R^2＝0.44 と低かった。

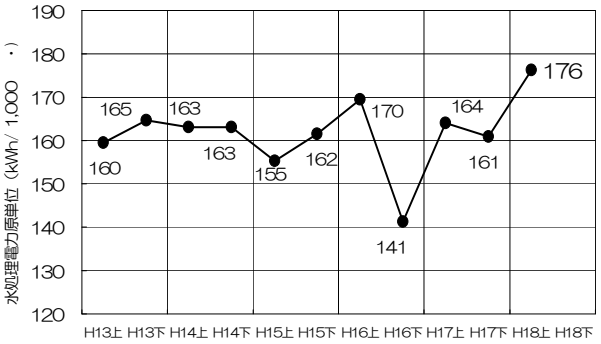

図 3：水処理電力原単位の変動

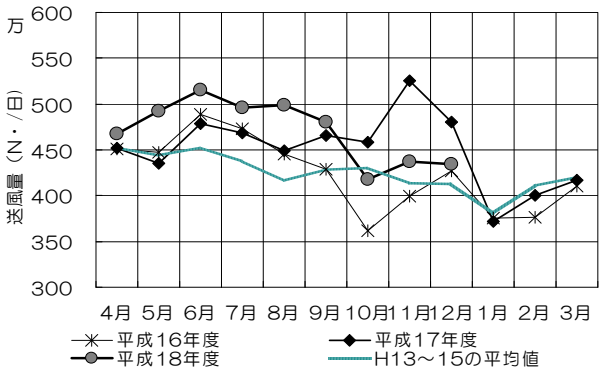

図 4：送風量の月変動

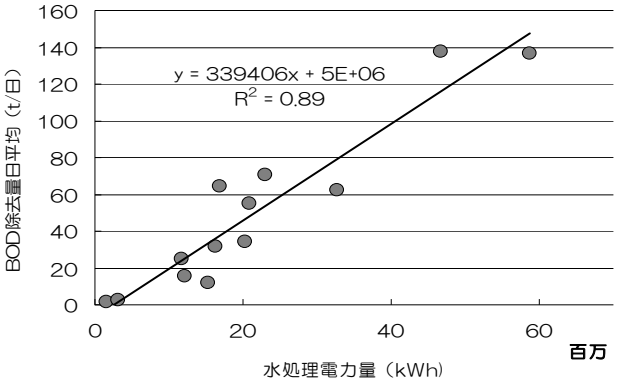

図 5：水処理電力量と BOD 除去量との相関

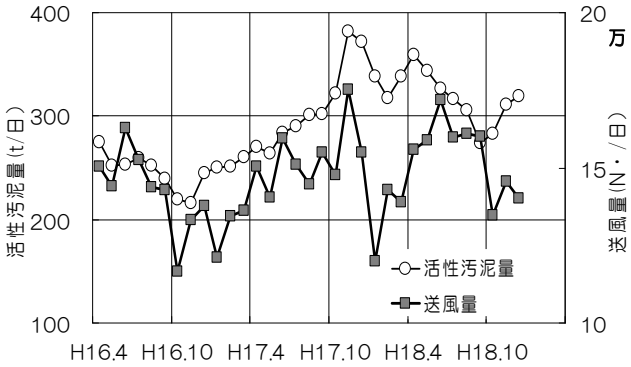

図 6：活性汚泥量と送風量の変動

２）BOD 除去量との相関

水処理状況の指標として、「除去率」が用いられることが多い。

しかし、当センターは処理水量や流入水における濃度変動が大きいため、送風量増加の因子として「除去量（下記参照）」で比較した（図７）。

BOD 除去量＝流入水負荷量－処理水負荷量

その結果、除去量は平成 18 年度上半期に特に増加している傾向はなかった。

また、BOD 除去量と送風量との間に相関関係はなかった（決定係数 R^2=0.06）。

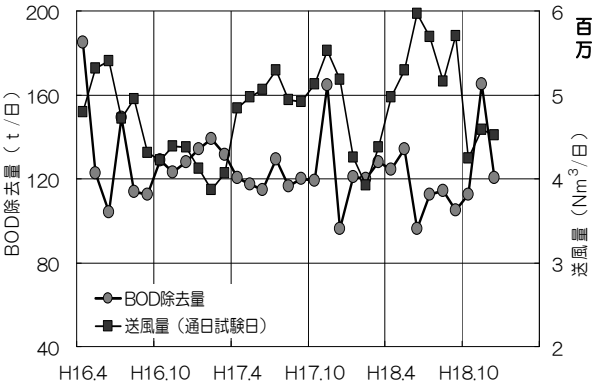

図 7：BOD 除去量と送風量の変動

３）ケルダール窒素除去量との相関

ケルダール窒素除去量についても、BOD と同様に算出したが、平成 18 年度上半期に特に増加している傾向はなかった（図８）。

しかし、BOD の場合と異なり、増減傾向が非常に類似しており、決定係数 R^2＝0.54 の高い相関関係が認められた。すなわち、送風量の増減は、ケルダール窒素除去量の増減が影響していることが分かった。

さらに平成 17、18 年度で層別化して、それぞれの決定係数を求めると、R^2=0.86、0.77 と非常に高い相関を示した。このことから、ケルダール窒素と送風量増加の関連を疑い、さらに解析を行った。

回帰直線の傾きから、18 年度は、単位送風量あたりの窒素除去量が、前年度よりも小さくなっており、処理効率が悪化していた。すなわち、同じケルダール窒素除去量であっても、18 年度は処理効率の悪化から、送風量が増加した可能性が示唆された。

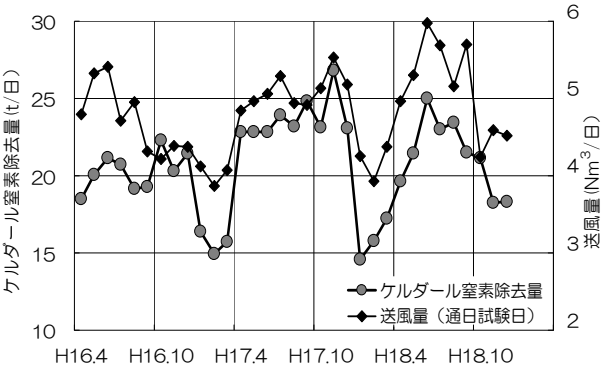

図 8：窒素除去量と送風量の変動

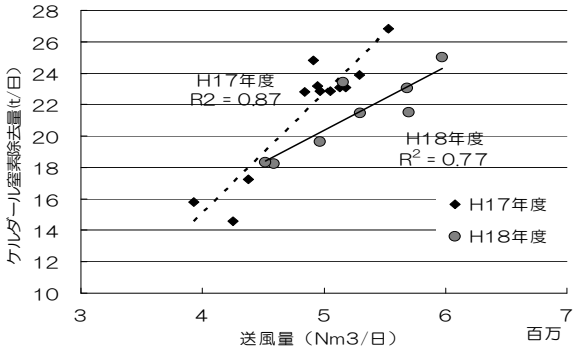

図 9：窒素除去量と送風量との相関

3.2.3 データを活用した対応策の検討

送風量を処理系統別にみると、深槽西系が全体に占める割合が大きく、かつ平成 18 年度上半期に送風量の増加が認められた。そこで、深槽西系について、前半部 AB 回路と後半部 CD 回路の空気量を前年度と比較した（図 10）。

なお、深槽西系の送風方法は、AB 回路で送風倍率３～４倍の流量比例制御、CD 回路で DO 制御となっている。

CD 回路において、前年度上半期の送風倍率が 3～4 倍と AB 回路と同程度で推移していたのに対し、平成 18 年度は 4～7 倍と非常に高くなっており、前半と後半で送風量のバランスが悪くなっていた。7、8 月に、AB 回路の送風倍率を 3 倍から 4 倍に上げたが、CD 回路の送風倍率が下がらず、全体の空気量が増加した。

そこで 9 月下旬以降、全体の放流水質を維持しつつ、AB 回路の吹込み最大量を下げ、さらに最終回路の DO 設定値も下げて、送風量の減少を図った。それに伴い、水処理電力原単位も減少した。

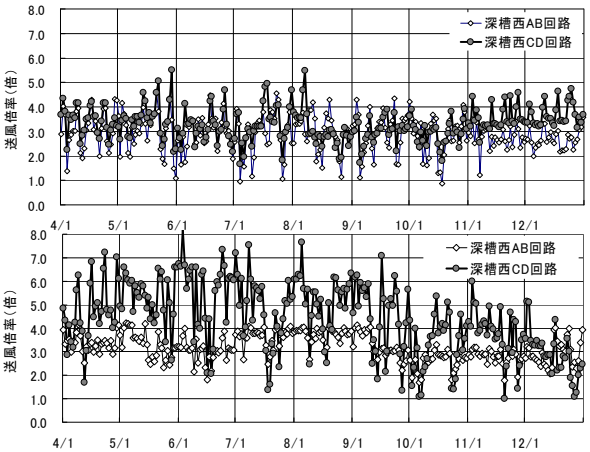

図 10：深槽西系の送風倍率
（上図：H17 年度　下図：H18 年度）

4. おわりに

工業計器データについて、当センターで実施した活用事例について紹介した。本事例からも、センターの処理特性の把握、異常時の原因把握と対応策の検討、放流水質を維持した運転方法の最適化を目的とした、データの解析や項目間の関連性の分析は有効といえる。