

「二軸管理による水処理施設の最適管理手法の検討」  
調査研究報告書（令和2年度）

公益財団法人山梨県下水道公社  
富士北麓浄化センター

1 目的

当浄化センターでは、コスト縮減に留意しつつ、良好な処理水質を維持することで公共用水域の水質保全に寄与している。

近年、水質とエネルギーの二点からの評価が重要視されつつあり、最適な管理を推進することが求められており、国土交通省より、これの推進にあたり「水質とエネルギーの最適管理のためのガイドライン～下水処理場における二軸管理～」(案) (平成30年3月) (以降、「ガイドライン」という)が策定されている。

そこで、当センターにおいて二軸管理を用いた水処理施設の最適管理手法の検討を行うこととした。

2 富士北麓浄化センターについて

富士北麓流域下水道は、全体計画処理水量49,738m<sup>3</sup>/日、認可計画処理水量38,174m<sup>3</sup>/日、現有処理能力42,100m<sup>3</sup>/日の標準活性汚泥法による下水道終末処理施設を有する。

水処理施設は1・2系に分かれており、反応タンクは1系がNo. 1-1～No. 1-4の4池(計画・現有共)、2系がNo. 2-1の1池(計画は2池)を有し、それぞれに対応する最初沈殿池及び最終沈殿池が整備されている。令和2年度当初の使用状況と処理方式を下図に示す。



図-1 水処理施設の使用状況と処理方式

着色された池が使用を示し、最初沈殿池は1池を使用している。反応タンクは3池を使用し、水中攪拌機を有する池は2段階嫌気好気法、それ以外は疑似嫌気好気法による処理方式を採用している。

最終沈殿池は全5池を使用し、1系は反応タンクの割合より多くすることで固液分離能力を高めている(反応タンク以降、1・2系間の往来は現在できない)。

3 二軸管理手法による現状把握と課題抽出

「二軸管理手法」とは、適切な処理水質と消費エネルギーを両立させた最適管理を行うため、下水処理場の現状を「二軸グラフ」により「見える化」し、PDCA サイクルにより管理する手法である。

ガイドラインでは、「一般に、処理水質と消費エネルギーはトレードオフの関係にあり、水質向上を行うと消費エネルギーが増大し、省エネ運転を行うと処理水質濃度が上昇するという課題が存在する。」としている。処理水質と消費エネルギーの関係のイメージを右図に示す。

このように、縦軸に処理水質濃度、横軸に消費エネルギーを取り作図することを基本とし、これらを両立させた管理目標を設定し、最適管理に取り組むことが重要となる。

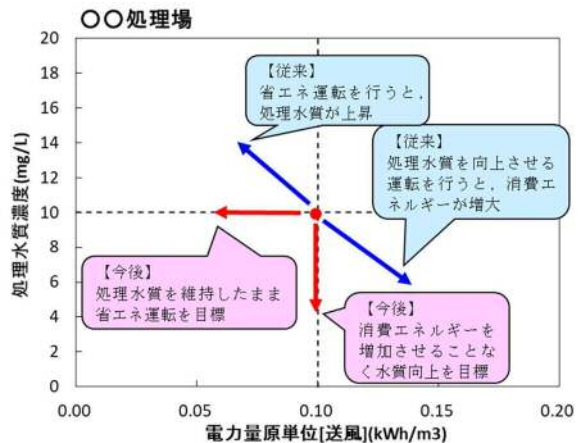


図-2 一般的なイメージ図（ガイドラインより引用）

4 他流域との比較による現状把握

当センターの処理水質と水処理に関連するエネルギー消費状況を、二軸グラフを用いて他流域と比較することで現状を把握する。

1) 処理水質軸

消費エネルギーとトレードオフの関係にある試験項目として、生物学的酸素要求量(BOD)、浮遊物質(SS)及び窒素含有量(T-N)を対象とする。

2) エネルギー軸

電力量原単位による直接的な比較が望ましいが、流域間により主ポンプの有無、設備の相違等条件の相違があるため、ガイドラインにも代替指標として示される送風倍率を対象とし、水処理施設運転にかかる消費エネルギーを比較する。

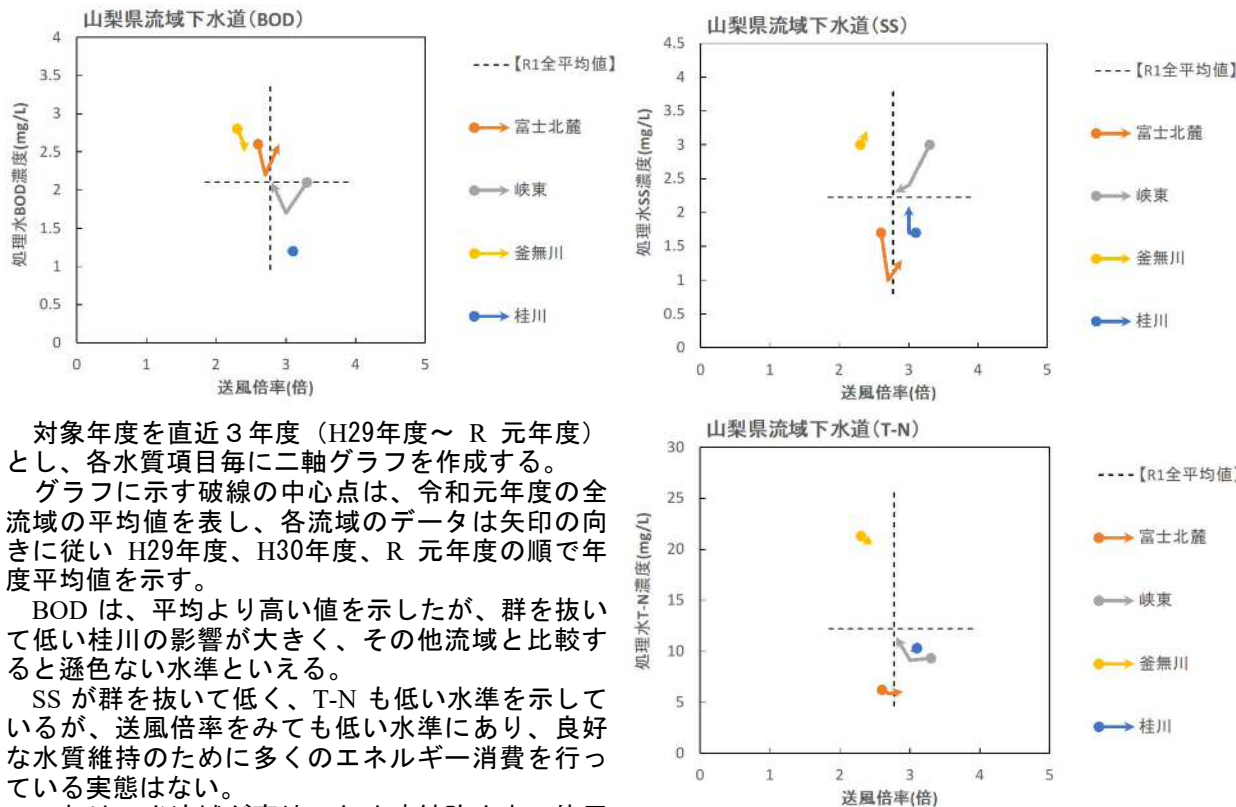


図-3, 4, 5 二軸グラフ

対象年度を直近3年度(H29年度～R元年度)とし、各水質項目毎に二軸グラフを作成する。

グラフに示す破線の中心点は、令和元年度の全流域の平均値を表し、各流域のデータは矢印の向きに従いH29年度、H30年度、R元年度の順で年度平均値を示す。

BODは、平均より高い値を示したが、群を抜いて低い桂川の影響が大きく、その他流域と比較すると遜色ない水準といえる。

SSが群を抜いて低く、T-Nも低い水準を示しているが、送風倍率をみても低い水準にあり、良好な水質維持のために多くのエネルギー消費を行っている実態はない。

これは、当流域が高地的なため凍結防止水の使用が多いなど流入負荷が低く低水温であることが、処理水質とエネルギー消費のバランスが優れて見える理由として考えられる。

以上のことから、水処理施設の現状においては、他センターとの対比によるエネルギー削減目標設定は困難であり、当流域自体の現状把握に基づく目標設定を要することとなる。

### 5 当浄化センターの現状把握

処理方式が異なる1系使用池毎の処理水質を調査し、水処理施設運転にかかる消費エネルギーも含めた比較を行うこととした。結果を次図に示す。

#### 1) 処理水質の比較調査(R2.4.16～R2.9.17)

##### ・NH<sub>4</sub>-N (アンモニア性窒素)

流入水が年度平均で14.5mg/L程度であるのに対し、いずれの池も硝化反応により低減されているが、比較すると二段式嫌気好気法の池がやや残存している結果であった。好気槽割合が少ない処理方式のため、その影響があることが推察される。

##### ・NO<sub>x</sub>-N (硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素)

方式としては、二段式嫌気好気法の方が脱窒反応に伴い低減させる効果が高いとされているが、比較するとやや低い傾向を示す程度にとどまった。

##### ・PO<sub>4</sub>-P (りん酸イオン態りん)

PO<sub>4</sub>-Pは、疑似嫌気好気法の方が比較的良好的な結果であった。

##### ・まとめ

処理水質は、処理方式の特色による水質の相違がやや示されたが、優先度の判断や改善目標の設定に至る水準とまではならないと考える。

#### 2) 電力量原単位の比較調査(R2.4～R2.10)

主要機器である送風機とエアレータを含む各棟電力量の合計値を用いて、調査期間中の池の使用区分毎の電力量原単位(kWh/m<sup>3</sup>)により比較評価した。

比較評価結果を次図に示す。

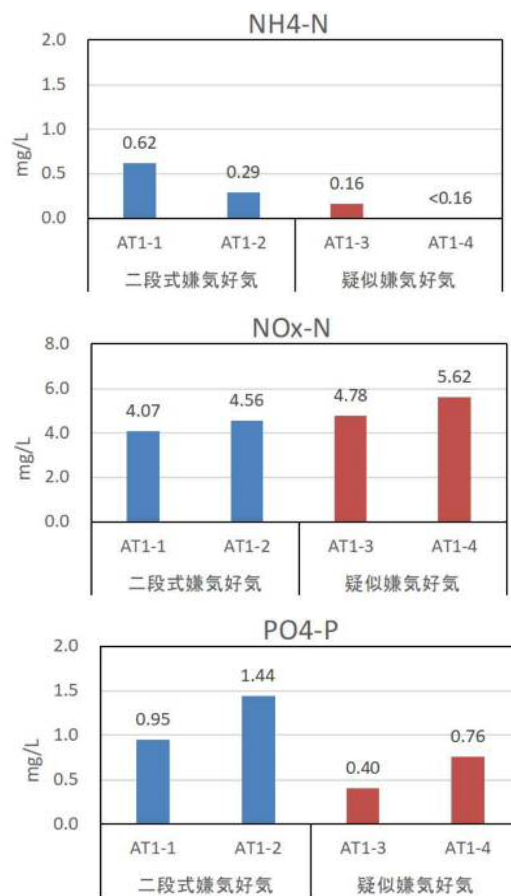


図-6, 7, 8 処理水質の比較調査結果

	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
No.1-1 (二段式)	[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]		
No.1-2 ( " )	[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]		
No.1-3 (疑似)	[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]		
No.1-4 ( " )	[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]			[赤色]		
No.2-1 (二段式)	[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]			[青色]		
初沈流出水量 m3/日	20,809	19,063	18,350	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500	21,500
電力量 kWh/日	4,218	3,960	4,226	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200
電力量原単位 kWh/m3	0.203	0.208	0.230	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195	0.195

図-9 電力量原単位算定結果

図中青色で示した使用池は、散気効率が良いがエアレータの動力を必要とし、赤色で示した使用池は散気効率は悪いがエアレータの動力は不要である。

期間毎の電力量原単位を比較すると、0.195~0.230kWh/m3の範囲を示し、更新を要する時期に達している片側旋回流方式散気板が整備された池と比較して、エネルギー消費の側面で優位性が見られない状況にある点が課題として挙げられた。

## 6 水処理施設の課題抽出と施策の検討

### 1) エアレータの消費電力の抑制

比較的消費電力が高い No. 1-1反応タンクを対象に、エアレータの間欠運転を検討した。概略を下図に示す。

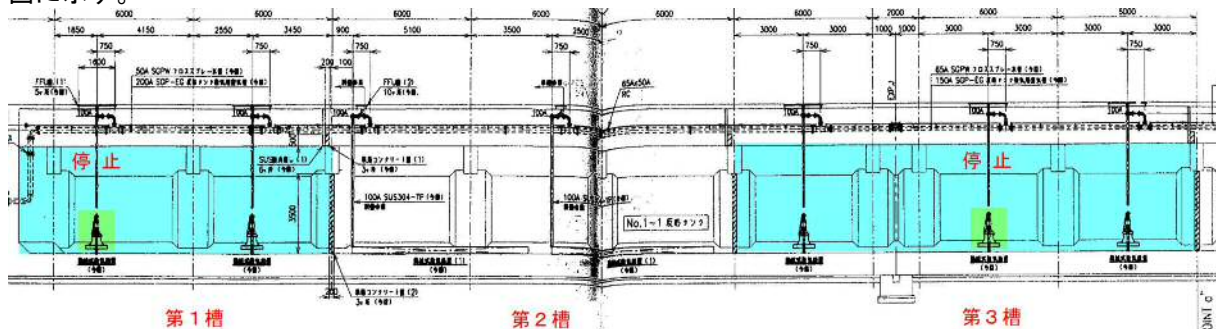


図-10 No. 1-1反応タンク間欠運転の概略

5槽に区分された反応タンクの内、第1槽及び第3槽に整備された複数台のエアレータの内各1台を対象とし、水質分析の確認、汚泥の堆積状況の確認及び電力量低減効果の確認を行った。

調査により水質及び汚泥の堆積への影響は確認されなかった。

当該機器を含めた水処理棟電力量の、調査期間中とその前後の使用電力量の比較結果を次表に示す。

一部停止期間中において、平均で180kWh/日の電力量の低減を示した。

表-1 使用電力量の比較結果

条件	期間	水処理棟 平均電力量 kWh/日
全部運転	2/1~4,3/1~4	1,067
一部停止	2/5~28	887
差		180

### 2) 特定の処理水質項目のコントロール

前述の流域別二軸グラフにおいて、比較して突出した水質項目としてSSが挙げられる。

特定の水質項目に影響が及ぶことが予測されるエネルギー削減策を検討し、その程度を把握することとし、SSを対象水質項目として検討することとした。

2系最終沈澱池は汚泥界面が高くなり、活性汚泥の巻き上がりも多い傾向にあるため予防的に汚泥返送率を80%まで高めた運転を行っている（1系は60%）が、これを見直すことによるエネルギー削減効果と影響を調査した。汚泥界面とSSの調査結果を次図に示す。

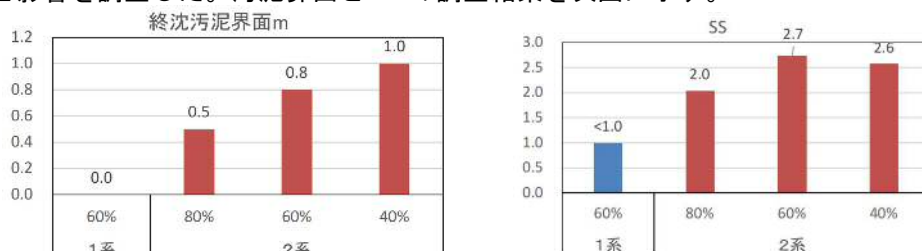


図-11, 12 調査結果 (R3. 1. 2~22)

1系は各区分の調査実施期間中0.0~0.2m程度の汚泥界面高さを示し、平均で0.0mであったのに対し、2系は返送率を低下させる毎に平均値で0.5, 0.8, 1.0mと上昇傾向を示した。

また、越流トラフの上流部においては、活性汚泥の細かいフロックが巻き上がる現象が2系の各区分において確認された。SSは、1系が1.0mg/L未満と極めて良好であったのに対し、2系は返送率80%の2.0mg/Lから返送率を低減することでさらに増加した。

次に、2系返送汚泥ポンプの消費電力量について、段階的に設定した返送汚泥ポンプの各流量と、クランプメーターで計測したVVVF 1次側の電流値から求めた関係式により、返送汚泥ポンプに係る電力量を推計し、削減効果を算定した。調査区分毎の推計電力量を次図に示す。

返送率に応じ段階的に低下しており、現行の返送率80%に対し、返送率60%では約22kWh/日、返送率40%では約42kWh/日の低減が見込まれる結果を得た。

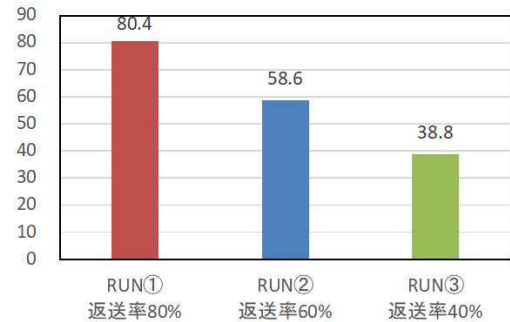


図-13 推計電力量 (kWh/日)

## 7 まとめ

### 1) 流域別二軸グラフによる現状把握について

- ・曝気倍率をエネルギー軸として比較した場合、比較的良好な水準にあった。
- ・処理水質は、BODは標準的、SS及びT-Nは良好な傾向にあった。

### 2) 当浄化センター水処理施設の現状把握

- ・更新を要する古い系列の反応タンクと比較して、他の系列にエネルギー消費の側面で優位性が見られない。
- ・水質の目標値を維持する必要から、消費エネルギーが高止まりする傾向にあり、SSが極端に良好な結果を示す。

### 3) エアレータ消費電力の抑制について

- ・水質を維持しつつ、消費電力を削減することを目標に、1槽当たり複数台のエアレータを有するNo.1-1反応タンクの一部を間欠運転(30分/日のみ運転)とし、影響を調査した。
- ・調査期間前後で、窒素及びりんに関連する項目において顕著な差異は確認されず、汚泥滞留等影響も確認されなかった。
- ・エアレータの間欠運転期間中、平均で180kWh/日の削減効果が示された。

### 4) 特定の処理水質項目のコントロール

- ・突出して良好な処理水のSSに影響が及ぶことが予測される、1系より高い返送率設定により通常運転している2系返送汚泥ポンプの返送率の低減を調査した。
- ・2系汚泥返送率を通常の80%から60%、40%に段階的に低下させたところ、それぞれ約22kWh/日、約42kWh/日の削減効果が示された。

## 8 今後の課題

### 1) リスク評価を含めた検証の必要性

本調査で行った施策について、長期的な実施に基づく検証を行いその有効性や影響を評価する必要がある。また、二軸管理手法では触れられない施策に対するリスク評価も併せて行うべきと考える。

### 2) 主要機器の効果的な更新

更新が望まれる老朽化した機器について、高効率型・低動力型機種種の積極的導入により、さらなる向上を望むことができる。