

〈論文〉

下水処理場機能評価システムによる運転管理の高度化に関する研究

福島 俊貴¹⁾, 宗宮 功²⁾

メタウォーター株式会社事業開発本部開発センター電機開発部

(〒105-6029 東京都港区虎ノ門4丁目3番1号 城山トラスタワー, E-mail: fukushima-toshiki@metawater.co.jp)¹⁾

龍谷大学理工学部環境ソリューション工学科

(〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷1-5, E-mail: isoumiya@rins.ryukoku.ac.jp)²⁾

概要

水処理と污泥処理を連携し、下水処理場プロセス全体を対象とし処理水質と使用エネルギーを総合的に評価する下水処理場機能評価システム(PES)を開発した。各ユニットプロセスをモデル化して処理水質と使用エネルギーを定量的に算出し、プロセス全体としての効果を統合的に評価した。処理量48,000m³/日のモデル処理場を対象として高度処理化やエネルギー回収を目指した改築について処理水質と使用エネルギーを対象として検討した。循環法は処理水質の向上に加え污泥発生量の減少にも繋がることや、污泥可溶化によりエネルギー自立の可能性が高まることが判った。

キーワード: 下水処理場、高度処理、機能評価、水質、エネルギー

1. はじめに

平成19年6月にまとめられた「新しい時代における下水道のあり方について」では、これからの下水道の役割として良好な環境の創造が取り上げられ、①高度処理による閉鎖性水域の水質改善②水・物質循環系の健全化による良好な水環境の創出③資源・エネルギー活用による循環型社会への貢献が指摘されている。このように多様な役割を期待される下水道の中核をなす下水処理場全体として浄化機構を物質収支概念により把握し総合的な評価手法を検討してきた^{1),2)}。

今回、水質浄化機構に加え、エネルギー消費も考慮し統合的に評価するシミュレータを開発し、高度処理化やエネルギー自立を目指した処理場機能の高度化について検討したので報告する。

2. 下水処理場機能評価システムの概要

下水処理場機能評価システム(PES; Performance Evaluation System)の機能概要図をFig.1に示す。PESは共通設備、水処理設備、污泥処理設備、污泥焼却設備を対象としている。水量と水質データを利用し、水処理と污泥処理を連携した計算を行い、処理水質と使用エネルギーを総合的に評価する。水質データとしては有機物(BOD)・固形物(SS)・窒素(T-N)・リン(T-P)を同時に計算し、計算結果はフロー図形式で個別に表示可能としている。エネルギーとしては使用電力量を中心に扱い、焼却炉の燃料使用量(今回のケースでは都市ガス)も対象としている。PESの利用者としては運転管理者・設計者を想定しているが、将来的には研究機関や住民とのコミュニケーションツールも考慮している。

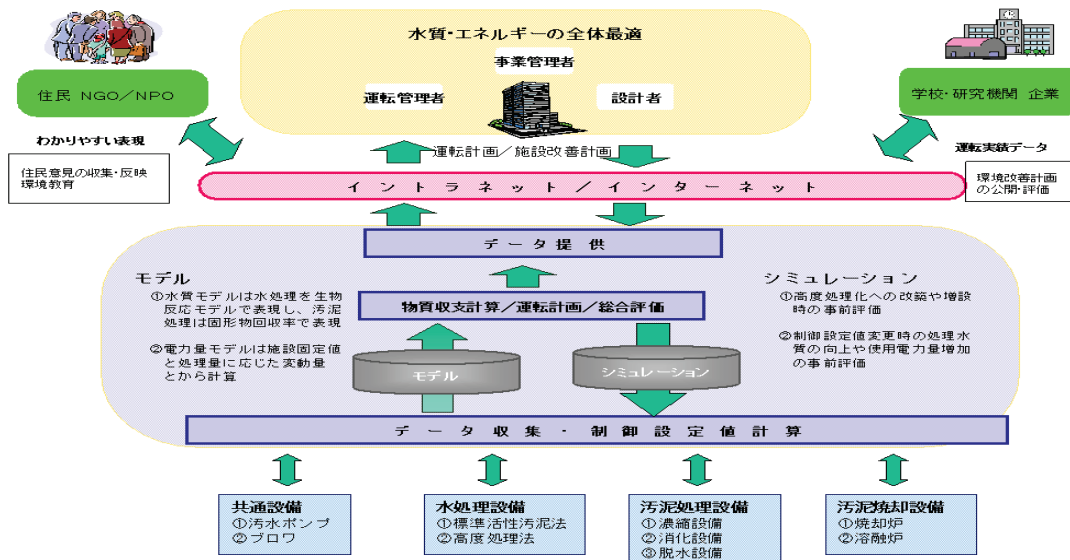


Fig.1: The Concept of Performance Evaluation System

Table1 The Model Equation of Water Treatment and Sludge Treatment

No	設備	モデル化	計算式	数値	文献
1	最初沈殿池	一次反応で表現	固形物除去率=1-exp(-k*t) t; 滞留時間(hr)	k=0.28(1/hr)	1)
2	反応タンク				
	①BOD	一次反応で表現	溶解性BOD除去率=1-exp(-k*MLSS*t) t; 滞留時間(hr)	k=0.00035(1/hr*mg/L)	1)
			固形性BOD除去率=1-exp(-k*MLSS*t) t; 滞留時間(hr)	k=0.00015(1/hr*mg/L)	1)
	②SS	自己分解	SS分解率=1-exp(-k*t) t; 滞留時間(hr)	k=0.001(1/hr)	1)
		MLSS計算	流入水+返送汚泥+増殖量(除去BOD*収率)-自己分解		1)
	③窒素	硝化率で表現	NO ₃ -N=NH ₄ -N*硝化率	硝化率:99.9%	2)
		脱窒率で表現	N ₂ ガス=NO ₃ -N*脱窒率	脱窒率:97%	2)
	④リン	リン含有率で表現	汚泥中リン=MLSS*含有率	含有率:5%(リン除去時)	2)
3	最終沈殿池	一次反応で表現	固形物除去率=1-exp(-k*t) t; 滞留時間(hr)	k=2.75(1/hr)	1)
4	重力濃縮槽	濃縮汚泥濃度		濃度:3%	1)
5	遠心濃縮機	濃縮汚泥濃度	濃度(%)=α*余剰汚泥濃度+β*凝集剤注入率	α・βは定数(回帰式より設定)	
6	遠心脱水機	脱水ケーキ含水率	含水率(%)=100-(α*濃縮汚泥濃度+β*凝集剤注入率)	α・βは定数(回帰式より設定)	
7	嫌気性消化	ガス化率で表現	投入汚泥中のVSSの60%がガス化	ガス化率:60%	1)
8	焼却炉	可燃分が減少	灰分=1-可燃分(VSS)		1)
		燃料使用量	使用量(L)=α*含水率-β	α・βは定数(回帰式より設定)	
9	可溶化	オゾン注入率で表現	溶解性成分=固形分*オゾン注入率*溶解化係数	溶解化係数は定数を設定	

Table2 The Lists of Parameters

No	設備	項目	値	文献
1	反応タンク	収率係数	Y=0.55	1)
		増殖汚泥組成	汚泥重量の窒素:16%、リン:0.5%を固定	1)
		脱炭炭素源	BODをNO ₃ -Nの3.1倍使用	1)
2	固形物回収率	重力濃縮	90%	3)
		遠心濃縮	90%	3)
		遠心脱水	95%	3)
3	嫌気性消化	消化ガス中のメタン率	60%	3)
4	消毒槽	次亜注入率 ^{注記}	3mg/L	3)
5	遠心濃縮機	凝集剤注入率	0.2%	3)
6	遠心脱水機	凝集剤注入率	0.7%	3)
7	汚泥可溶化	オゾン発生効率	10kWh/kg(必要なオゾン量から電力量計算)	4)

No	設備	項目	値	文献
8	薬品費	次亜塩	24円/kg	6)
		高分子凝集剤	1200円/kg	6)
9	燃料費	電力料金	10円/kWh	7)
		都市ガス	50円/Nm ³	7)
10	汚泥処分費	脱水ケーキ	16000円/t	7)
		焼却灰	8000円/t	7)

No	設備	項目	値	文献
11	エネルギー換算	電力	9.76MJ/kWh	5)
		都市ガス	41.1MJ/Nm ³	5)
12	CO ₂ 換算	電力	0.555kg-CO ₂ /kWh	5)
		都市ガス	0.0138kg-C/MJ	5)

次亜:次亜塩素酸ナトリウム(有効塩素を考慮し注入量を計算)

2.1 下水処理場機能評価システムのモデル

PES で採用している水処理・汚泥処理のモデルを Table1 に、具体的なパラメータ一覧を Table2 にまとめた。PES は処理場全体の物質の流れを把握する事に重点をおき、水処理における微生物反応は一次反応式で表現し、溶解性 BOD と固形性 BOD で分解速度に違いを持たせている。窒素に関しては実際の処理場への適用の容易性を考慮して硝化率・脱窒率で設定し、今回はほぼ完全硝化・脱窒としている^{1),2)}。汚泥処理における固液分離は固形物回収率³⁾で機器回収分を計算し、残りを脱離液流出分としている。なお、BOD・窒素・リンも同様に計算している。

遠心濃縮機の濃縮汚泥濃度はサンプルデータを使って余剰汚泥濃度と凝集剤注入率を入力とし、濃縮汚泥濃度を出力とする回帰モデルを作成し、適用した。遠心脱水機も同様に(100-汚泥濃度)で含水率を計算した。焼却炉に関しては含水率を入力とし、燃料使用量を出力とする算出するモデルを開発し、

自然も考慮に入れた。

また、主要な機器であるポンプ・ブロウ・汚泥処理設備を対象として、運転状況に応じて変化する電力量と固定的に発生する共通電力量の合計として計算する電力量モデルを作成した。生物学的窒素除去の場合は硝化反応により必要空気量が増大するのでブロウの電力量の詳細な検討が重要である。ここでは、下水道設計計画・設計指針と解説 2001 年版³⁾に準拠し、有機物酸化・硝化・内生呼吸・DO維持に必要な酸素量を計算し、微細気泡の旋回流方式として酸素移動効率を 15%と設定して必要空気量を算出しブロウ電力量を算出した。

エネルギーとして評価するために計算された使用電力量と燃料使用量とから換算係数⁵⁾を用いて算出した。

なお、PES としては CO₂ 排出量の計算や維持管理費(電力費・薬品費・燃料費・汚泥処分費)も考慮している。

2.2 下水処理場機能評価システムの画面例

PESの画面例をシミュレーションの利用手順に沿って以下に示す。

① プラントフローモデル構築画面(Fig.2)

対象とする下水処理場の処理フロー(水処理・汚泥処理)のモデルを構築する画面である。流入から始まる水処理設備をメニューから選択し、放流までの処理フローを作成する。生物反応タンクの構成により標準活性汚泥法や高度処理法の循環式硝化脱窒法、嫌気無酸素好気法の構築も可能である。汚泥処理設備も同様に処理フローを構築し、初沈汚泥・余剰汚泥で水処理と関連付ける。



Fig.2: The Display of the Tools for Plant Flow Model Definition

なお、いくつかの処理方式については基本パターンとして登録しているのですぐに使用可能であり、基本パターンからの変更も容易である。

② パラメータ設定画面

プラントフローモデルを確認後、シミュレーションするためのパラメータを設定する。流入水質や水量、制御パラメータを設定するが、設備のプロパティを設定するイメージで設定可能である。

③ フロー図表示画面(Fig.3)

シミュレーション結果はフロー図で表示されるので処理の状況が一目でわかる。概略表示では負荷量ベースでの物質の流れが把握でき、詳細表示では濃度情報も把握可能である。また、水処理から汚泥処理への移行や、逆に汚泥処理から水処理への戻り負荷といった相互依存関係もイメージ的にとらえることができる。

④ 結果表示画面(Fig.4)

使用電力量やエネルギー消費量は施設単位に表形式で表示し、円グラフでの表示も可能である。これによりどの設備で電力が多く使用されているかが明確となる。

また、電力量原単位(kWh/m³)やエネルギー自立率といった評価指標も同時に計算される。

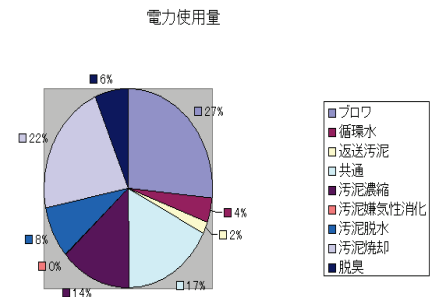


Fig.4: The Display of the Simulation Results on Table and Graph

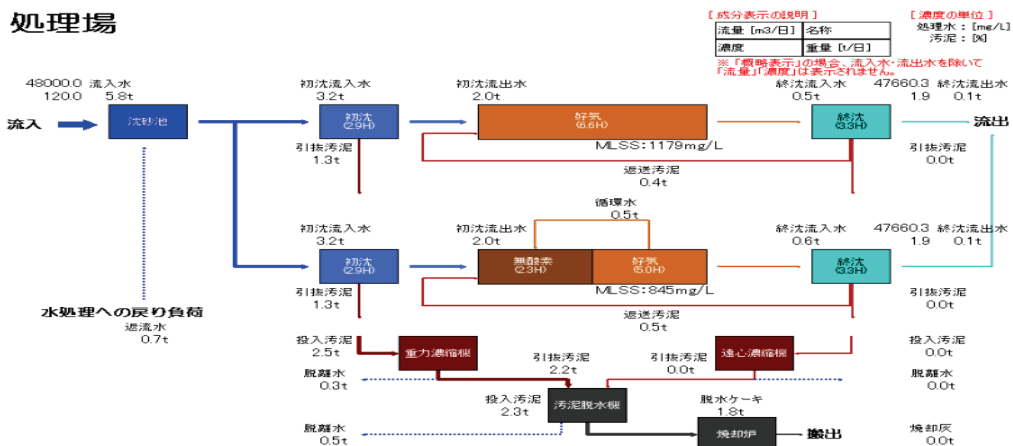


Fig.3: The Display of the Simulation Results on Plant Flow (image)

3. 機能高度化の検討

PES を活用した下水処理場機能高度化を検討するにあたり Table3 に示す仮想的なモデル処理場を設定した。下水処理量 48,000m³/日の中規模処理場とし、2 系列の水処理を持つものとした。水処理方式は標準活性汚泥法(以下、標準法)とし、高度処理化の検討にあたっては循環式硝化脱窒法(以下、循環法)を取り上げて検討した。汚泥引抜は初期条件としては下水処理量に対して初沈2%、余剰1%と設定値で引き抜くものとしたが、循環率を変更したケースでは MLSS 一定条件で比較するために余剰汚泥引抜量を変更した。流入水質としては BOD、SS、窒素、リンを対象とし、PES の計算に必要な成分内訳は Table4 のように設定した。

汚泥処理工程は分離濃縮(重力濃縮+遠心濃縮)ー遠心脱水機ー流動焼却炉を基本構成とした。エネルギー回収の検討にあたっては嫌気性消化や汚泥可溶化設備、燃料電池を取り上げて検討した。

Table.3: The Condition of Model Plant

運転条件	下水処理量	48,000m ³ /日
	処理方式	標準活性汚泥法
	水温	20°C
	返送汚泥率	20%固定
	初沈汚泥	下水処理量の2%引抜
	余剰汚泥	下水処理量の1%引抜
滞留時間	初沈	1.5時間
	反応タンク	8.0時間
	終沈	2.0時間
流入水質	BOD	120mg/L(溶解性;35%)
	SS	120mg/L(VSS;60%)
	窒素	30mg/L(NH ₄ -N;20mg/L)
	リン	3.0mg/L(PO ₄ -P;1.5mg/L)
汚泥処理	濃縮	分離濃縮(重力+遠心)
	脱水	遠心脱水機
	焼却	流動焼却炉

3.1 高度処理化を対象とした運転管理の検討

3.1.1 高度処理法への変更

標準法のプラントを循環法に改築する際の処理機能の変化を検討した。反応タンクを流用することとし、全体8時間の反応時間のうち前半2.5時間分を無酸素槽とし、後半5.5時間分を好気槽とした²⁾。運転管理の検討結果として、循環率を0%から300%まで変化させた時の処理状況を SS・BOD・T-N・T-P について標準法(硝化あり)との比較も含めて Fig.5 に示す。

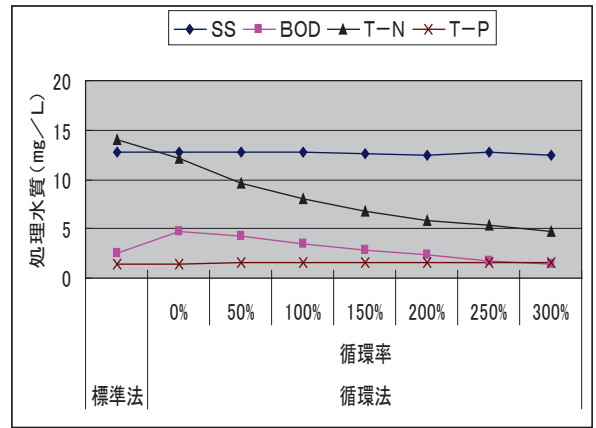


Fig.5: The Change of Water Quality in Treated Water with Circulating Ratio

循環率を上げるに依り脱窒により T-N の処理水質が向上し、高度処理の目標として設定される 10 mg/L を達成するには循環率 100% とすると 8.0 mg/L となり達成できることがわかる。BOD は好気槽での滞留時間が短くなるため標準法よりも若干悪くなるが、循環率を上げるに依り脱窒での利用割合が増えるため処理水質は向上する。SS については終沈での滞留時間が変わらないためほとんど変化がなく、T-P も同様に変化がなかった。

今回は循環率の変更に伴う反応時間の影響を検討するために MLSS は 1200 mg/L で一定となるように余剰汚泥の引抜量を変化させた。結果を Fig.6 に示すが MLSS は 1201~1238 mg/L でほぼ一定とすることができ、余剰汚泥引抜量は循環率を上げるに依り減少していた。余剰汚泥引抜量は循環率 200% では 387m³/日と標準法の 680m³/日の半分近くまで減少し、高度処理化により処理すべき汚泥の減少にも繋がるのがわかった。有機物が無酸素槽での脱窒に利用されるため、好気槽での汚泥増殖が少なくなり余剰汚泥量が減少すると考えられた。

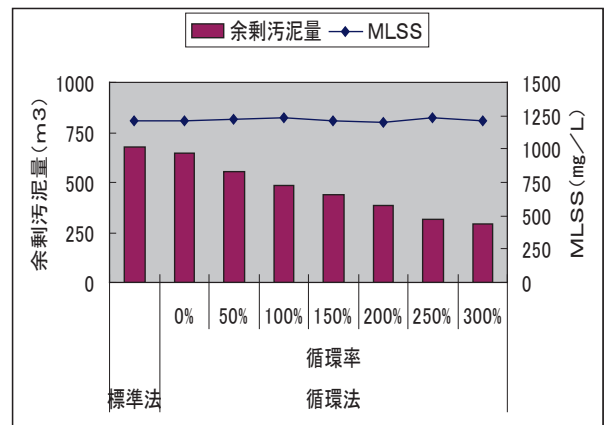


Fig.6: The Change of MLSS and Excess Sludge Quantity with Circulating Ratio

処理水質と使用電力量を総合的に評価するために、循環法が目標としている窒素に着目して窒素除去負荷量と使用電力量を使用して以下の(1)式で窒素除去電力原単位(1kgの窒素を除去するのに必要な電力量)を算出した。

$$\text{窒素除去電力原単位(kWh/kg)} = \frac{\text{使用電力量(kWh)}}{\text{窒素除去量(kg)}} \dots (1)$$

Fig.7に示すように、循環率が200%の時17.8 kWh/kgとなり、最適と評価された。同様に水処理設備だけの電力量を対象とした原単位も示しているが100%が11.9 kWh/kgで最小と計算され、汚泥処理設備も含めた総合評価の重要性が確認できた。

この要因としては余剰汚泥量が減少することにより、汚泥処理の対象となる汚泥量が減少するため遠心濃縮・遠心脱水・焼却炉での使用電力量が低減するためと考えられた。

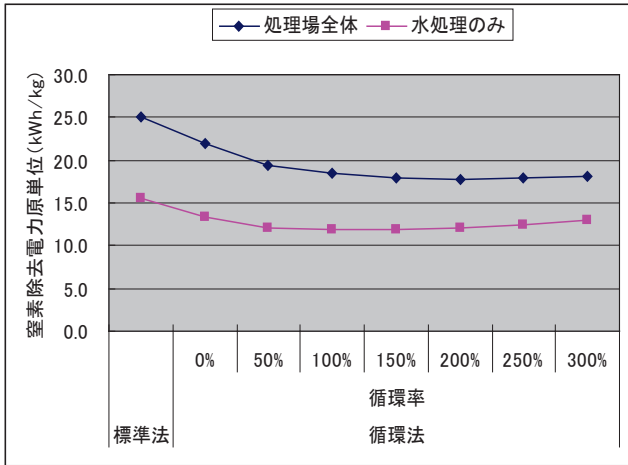


Fig.7: The Change of Nitrogen Removal Unit with Circulating Ratio

3. 1. 2 一部系列のみの高度処理化時の効果

水処理系列を複数持つ処理場において一度に全系列を高度処理化することはコスト的に厳しい場合が多い。そこで二系列のうち2系水処理のみを先行的に循環法に改築した場合の効果を検討した。反応タンクは同様に全体8時間の反応時間のうち前半2.5時間分を無酸素槽とし、後半5.5時間分を好気槽とした。

1系・2系の流入量は24,000m³/日で同じとし、2系の循環率を0%から300%まで変化させた。汚泥処理は共通とし、返流水の影響も同一とした。

標準法である1系水処理の処理水質は2系からの返流水の変化の影響を受けずBOD2.3 mg/L、T-N14.8 mg/Lで一定であった。一方、循環法である2系水処理ではT-Nの処理水質は循環率の増加に伴い向上し、循環率200%では5.8 mg/Lまで処理されていた。BODもほぼ同様の傾向を示していた。

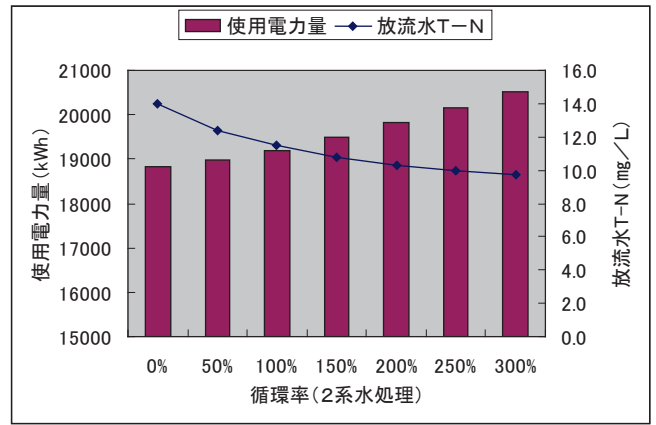


Fig.8: The Change of Electric Energy and Total Nitrogen in Treated Water with Circulating Ratio

このときの処理場全体としての放流水のT-Nと使用電力量の変化をFig.8に示す。放流水T-N濃度は1系と2系の処理水T-N負荷量の合計を放流水量(48,000m³)で割ることにより算出した。

2系の循環法の効果により循環率を増加させることにより放流水T-Nは良好となり、循環率250%では10 mg/Lを達成できる(1系;14.8 mg/L、2系;5.1 mg/L)ことがわかる。この場合の使用電力量は循環ポンプ使用電力量により増加し、20100kWhとなっていた。ただし、循環率0%の18800 kWhから7%使用電力量が増えるだけで3割近くの放流水質の改善が実現できていた。

窒素除去原単位の変化を、処理場全体を循環法にした場合と合わせてFig.9に示す。1系の窒素除去効率が悪いために2系のみ高度化したケースは窒素除去原単位が高めとなっていた。循環率200%では全体17.8 kWh/kg、2系のみ21.0 kWh/kgと2割程度高かった。しかしながら循環率を増加させた場合の効果は大きく、250%とした場合が20.9 kWh/kgで最も効率的と評価された。汚泥処理や污水ポンプといった共通部分が一定のため水処理改築部分の影響が少なくなるためと考えられた。

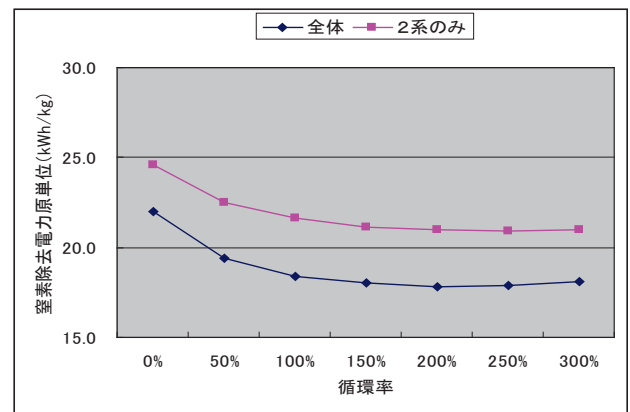


Fig.9: The Change of Nitrogen Removal Unit with Circulating Ratio(Whole Plant or Only 2nd Treatment System)

3.2 エネルギー自立の検討

エネルギー自立型処理場を目指して、嫌気性消化設備を導入し燃料電池で電力を回収する場合のエネルギー自立率を計算した。嫌気性消化設備は中温1段消化方式とし有機物のガス化率からガス発生量を算出し、分解物からは一定割合で水処理へ溶解性BOD、NH₄-N、PO₄-Pが返流するものとした。ガス発電設備としては約40%と発電効率の高い燃料電池を採用し、100kW1台で発電するものとした⁶⁾。

3.2.1 嫌気性消化設備導入の影響

2系のみ循環法に高度処理化したモデル処理場へ初沈汚泥のみを対象とした嫌気性消化設備を導入した場合の処理水質と使用電力量を検討した。水処理工程における水質変化を Table4 にまとめたが、消化設備からの戻り負荷の影響は有機物(BOD・SS)と栄養塩(T-N・T-P)とで異なる傾向を示した。BODは嫌気性消化により分解され返流水の影響が減少するため放流水濃度も消化無しの2.4 mg/Lに対して消化有りでは2.1 mg/Lと良好となっていた。一方、T-N・T-Pは嫌気性消化の返流水の影響で初沈流入水濃度が増加し、処理水質も同様にT-Nでは消化無しの11.3 mg/Lが消化有りでは12.9 mg/L、T-Pでは消化無しの1.5 mg/Lが消化有りの1.9 mg/Lと2割近く悪化していた。

Table.4: The Change of Water Quality along the Flow of Treatment

	消化無し				消化有り			
	BOD	SS	T-N	T-P	BOD	SS	T-N	T-P
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
流入水	120.0	120.0	30.0	3.0	120.0	120.0	30.0	3.0
初沈流入水	125.4	132.7	30.8	3.1	122.2	132.1	33.0	3.5
初沈流出水	97.3	88.3	27.1	2.6	95.2	87.8	29.4	2.9
1系処理水	1.2	15.8	14.5	1.5	1.2	15.8	16.6	1.8
2系処理水	3.5	12.8	8.0	1.5	2.9	12.8	9.2	1.8
放流水	2.4	14.3	11.3	1.5	2.1	14.3	12.9	1.8

処理の流れの沿っての水質変化をT-Nについてグラフ化したものをFig.10に示す。返流水の影響により初沈流入水では33.0 mg/Lと流入水よりも10%増加している。返流水中の窒素の大部分がNH₄-Nのため初沈ではほとんど除去されずにそのまま反応タンクへ影響が現れていた。特に標準法である1系処理水は16.6 mg/Lと2.1 mg/Lも悪化していた。

循環法の2系処理水では影響が抑えられ9.2 mg/Lと1.2 mg/Lの悪化にとどまっていた。結果として放流水では大部分がNO₃-Nとなつてはいるが12.9 mg/L残っていた。

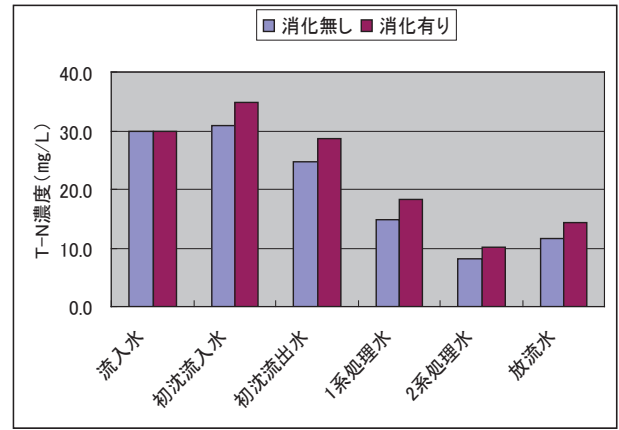


Fig.10: The Change of T-N along the Flow of Treatment

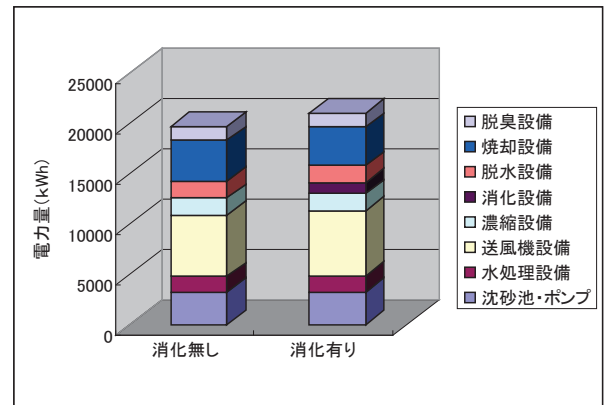


Fig.11: The Comparison of Electric Energy

この時の使用電力量を Fig.11 に示す。5%を占める消化設備の導入で全体の使用電力量は21000kWhと7%増加していた。(電力量原単位;0.443kWh/m³) 返流水のNH₄-Nの硝化のための送風量が増え、送風機設備の使用電力量は5%増加していた。(標準法も硝化促進運転) 一方、消化により固形物量が減少するため焼却設備は5%減少となっていた。この結果として送風機設備の使用電力量が5%増加するにもかかわらず、全体使用電力量は7%の増加にとどまっていた。

なお、消化設備導入による放流水質の悪化を防止するためには運転管理方法の変更が必要となり、2系の循環法の処理量を60%まで増加し(1系の標準法を40%まで減少)、循環率を200%まで増加させることにより放流水のT-Nが11.1 mg/Lと消化設備導入前の放流水質を維持できた。この時の使用電力量は21700kWhと増加となり、高度処理を採用している処理場では嫌気性消化設備導入には留意が必要と考えられた。

3.2.2 エネルギー自立率向上の検討

嫌気性消化設備には75m³の初沈汚泥が投入され、400Nm³/日の消化ガス(メタンガスの割合 60%)が発生すると計算された。

発電量は700kWh(7000MJ)となり、使用エネルギー量と発電エネルギー量から式(2)により下水処理場単位のエネルギー自立率を計算すると2.7%となっていた。

ここで、

$$\text{エネルギー自立率(\%)} = \frac{\text{発電エネルギー量(MJ)}}{\text{処理場内エネルギー使用量(MJ)}} \times 100 \quad (2)$$

である。

同様に電力自立率を式(3)で定義すると3.3%となっていた。

$$\text{電力自立率(\%)} = \frac{\text{発電される電力量(kWh)}}{\text{処理場内電力使用量(kWh)}} \times 100 \quad (3)$$

エネルギー自立率の更なる向上のために余剰汚泥も嫌気性消化の対象として検討するが、余剰汚泥は初沈汚泥よりもガス化率が劣るため汚泥可溶化設備と合わせて検討した。汚泥可溶化としてはオゾン処理を採用し、オゾン発生装置としては酸素原料の無声放電方式(発生効率;10kWh/kg⁴)とした。オゾン注入率に応じてVSS成分が可溶化し、溶解性物質(BOD・NH₄-N・P O₄-P)に変換されるものとした。なお、汚泥可溶化設備は濃縮汚泥を対象とし機械濃縮設備の後段に設置し、可溶化した汚泥は全量嫌気性消化槽へ投入した。嫌気性消化で未分解の溶解性物質や分解過程で溶出した溶解性物質は脱水ろ液として水処理への戻り負荷となるとした。

このときの汚泥処理工程のフロー画面を Fig.12 に示す。

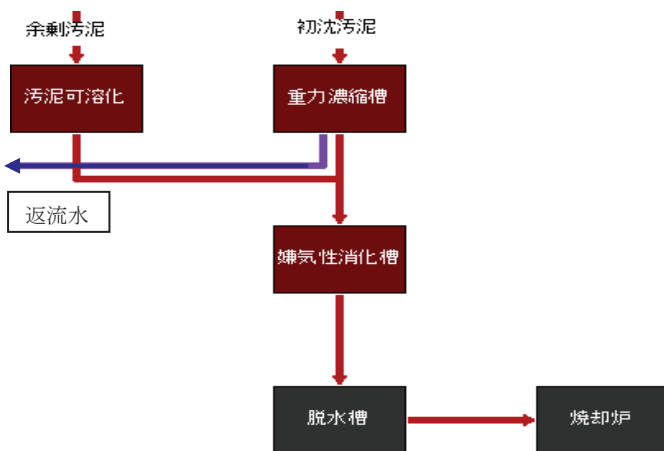


Fig.12: The Display of Plant Flow (The details of Sludge Treatment Process)

Table.5: The Electric Energy and Energy Consumption

		消化無し	消化有り	可溶化有り
電力量	使用量 kWh	19600	21000	21700
	発電量 kWh	0	700	2000
	自立率 %	0.0	3.3	9.2
エネルギー	使用量 MJ	241000	259000	275000
	発電量 MJ	0	7000	19000
	自立率 %	0.0	2.7	6.9

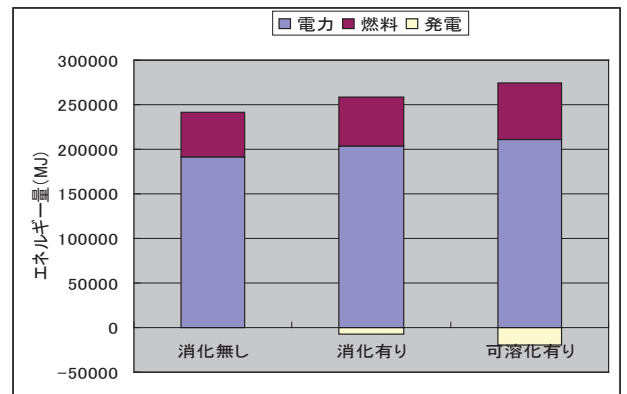


Fig.13: The Detail of Energy Consumption

オゾン注入率 20 mgO₃/m³で運転した(VSSの可溶化率 50%と想定)時の電力量とエネルギー量を Table5 にまとめ、エネルギー詳細を Fig.13 にグラフ化した。なお、発電による回収分はグラフ下部にマイナス表示としている。

可溶化設備を導入することによりオゾン発生装置により使用電力量は増加するが発電電力量は2000kWhと約3倍となり電力自立率は9.2%まで向上した。ただし、エネルギー量では燃料使用量が増加するためエネルギー自立率は6.9%までにしか向上しなかった。濃縮汚泥を可溶化したため脱水機へ供給する汚泥濃度が低下した結果として脱水ケーキの含水率が増加し、焼却炉での燃料使用量が増加したものと考えられた。

結果的には可溶化有りの場合でもかろうじて消化なしの消費電力量と同程度にとどまり、エネルギー的には燃料使用量の増大により上回っていた。脱水機での薬注率等で含水率の低減を図ることにより改善も可能と考えられるが維持管理費の増加にもつながり、統合的な管理が必要である。むしろ既存に嫌気性消化設備がある処理場で消化ガス発電を実施した場合のほうが焼却すべき汚泥が減少しエネルギー消費量の低減にもつながるため有効と考えられた。

4. おわりに

下水処理場の処理水質とエネルギー消費を総合的に評価する下水処理場機能評価システム(PES)を開発し、水処理の高度処理化と嫌気性消化と汚泥可溶化によるエネルギー自立について検討した。結果をまとめると以下ようになった。

- ①標準法を循環法へ高度処理化することにより処理水質の向上のみならず、処理すべき汚泥発生量の減少にも繋がること示された。
- ②循環法に関しては窒素除去電力原単位という指標で処理水質と使用電力量の総合評価が可能となり最適な循環率や部分的な高度処理化の効果の評価に適用できた。
- ③初沈汚泥を対象とした嫌気性消化と燃料電池による発電でエネルギー自立率 2.7%と電力自立率 3.3%が期待された。
- ④更なるエネルギー自立率向上のために可溶化設備を導入すると電力自立率は 9.2%まで向上したが、燃料使用量の増加につながりエネルギー自立率は 6.9%にとどまった。

今後は水処理の高度処理化としてはリンの除去や回収を対象としたプロセスに拡張した検討を実施し、エネ

ルギー回収の観点からは焼却炉の熱エネルギーも積極的に活用したプロセスの検討を実施したいと考えている。また、評価指標としてはエネルギーのみでなく、CO₂排出量や維持管理費といった観点からも検討を加えたいと考えている。

[参考文献]

- 1) 宗宮功：下水処理システムの機能評価表に関する研究, 下水道協会誌, Vol. 41, No. 502, pp131-141 (2004)
- 2) 宗宮功：都市下水の各種高度処理プロセスにおける栄養塩除去機能の評価, 下水道協会誌, Vol. 42, No. 509, pp81-90 (2005)
- 3) (社)日本下水道協会：下水道設計計画・設計指針と解説 2001年版
- 4) 日本オゾン協会；オゾンハンドブック, p145 (2004)
- 5) 地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条 (2006年3月 一部改正)
- 6) (社)日本下水道施設業協会；エネルギー自立型処理場の研究, (2003年)
- 7) Lotus プロジェクト資料(<http://www.jiwet-spirit21>)

A Study on the Operational Advancement in a Sewage Treatment Plant by Performance Evaluation System

Toshiki Fukushima¹⁾ and Isao Somiya²⁾

¹⁾ Metawater Co., Ltd

²⁾ Ryuukoku University.

Abstract

We developed a performance evaluation system (PES) for sewage treatment plant which we cooperated with water treatment by sludge treatment, and evaluated the treated water quality and use energy for the whole sewage treatment plant process generally. We modeled each unit process and calculated the treated water quality and use energy quantitatively and evaluated an effect as the whole process in a gross. We examined the reconstruction that aimed at the high treatment and energy collection for model processing ground of throughput 48,000m³/day. We found that the circulation method led to the decrease of the quantity of sludge as well as improvement of the treated water quality. In addition, we found that possibility of the energy independence rose by sludge solubilization.

Key words:

Sewage treatment plant, Advanced treatment, Performance evaluation, Water quality, Energy Consumption