

II-542 シミュレーションモデルによる大規模下水処理場の物質収支解析

京都大学 工学部 正員 ○藤井 滋穂、 正員 宗宮 功
川崎重工（株） 政 直樹

1. はじめに 下水処理場は水処理系および汚泥処理系の各種装置から構成されているが、筆者らはとりわけ複雑に配置された大規模下水処理場において、COD, Nに関連する水質を予測するモデルを開発した¹⁾。今回、本モデルを用いて水処理系、汚泥処理系を含めた物質収支を得、それによって処理場内の各種装置の水質変換機能を定量的に示せたので、ここに報告する。

2. 処理場およびモデルの概要 研究対象とした処理場は処理能力約75万m³/日の都市下水処理場であり、図-1に示すように水処理として沈殿・標準活性法を、汚泥処理として濃縮・消化・脱水・焼却の施設を有している。本処理場のモデルは水処理系と汚泥処理系とよりなっている。水処理系のモデルでは、前報¹⁾同様、微生物・有機物・Nに関する10変数を、独立変数として選び、好気・嫌気での有機物分解、硝化など8種類の過程を反応として考慮した。流動は曝気槽を4槽、最初沈殿池・最終沈殿池を各3槽でモデル化し、各槽について微分方程式をたて、RKG法で数値解法した。汚泥処理系のモデルでは非生物性の4有機物形態とNH₄⁺-Nを変数とし、表1に示す濃縮槽・消化槽・貯留槽・洗浄槽・焼却炉として排ガス処理装置を反応槽として取り込んだ。各装置の機能は、固液分離のみを主体に考えたが、消化槽では液化とガス化も、脱水機では浮遊物の可溶化も考慮し、同処理場年報をもとに、個々の装置の運転操作・越流水質等をモデル化した。さらに水処理系と汚泥処理系のモデルは前報¹⁾と同様、水処理系計算結果を1日の間積算して汚泥処理系への負荷量とし、それから汚泥処理系での物質移動を計算して、それを翌日の水処理系返流水負荷とした。

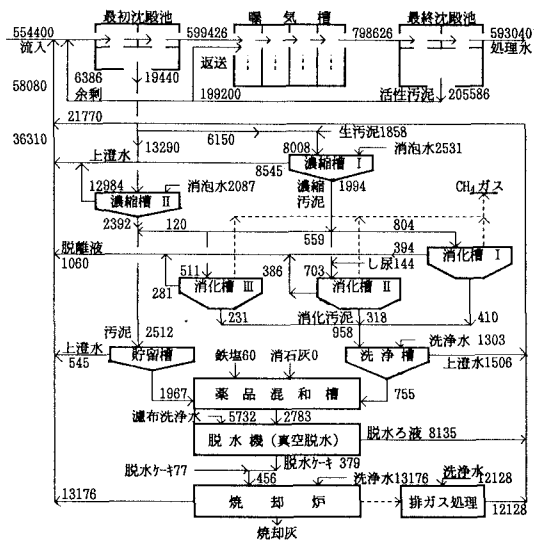


図-1 処理場のフローと水量収支 水量(10³m³/day)

3. 計算結果および考察 本モデルの有効性は、1987年12月3～4日の同処理場17地点における現場調査結果との比較で行った。その結果、予測値は実測値に比べ、各水質指標とも水処理系各地点は誤差10%以内に、汚泥処理系各地点でも実測値の変動の範囲内にあり、本モデルの有効性が検証された。

この計算結果に基づき、処理場全体の物質収支を求め、各プロセスの処理機能を検討した。図-1に、水量の場内循環図を、図-2に収支図を示す。水量は流入水として55万m³/dayの水が流入し、その1.15%が余剰汚泥として引き抜かれ、さらに約3%程度の2万ton/dayの水が汚泥系へ移動する。これらの汚泥は各装置の上澄水や脱離液あるいは各種の消泡水や洗浄水が加わってその3倍量の6万m³/dayが水処理系へと再び戻ってくることがわかる。図-2(a)はCODの収支を処理場全体、水処理

表1 汚泥処理系各プロセスのモデル化

投入汚泥 添加水（消泡水、洗浄水）			
越流水（脱離液、返送水） (k; 越流VSS/投入VSS比, (-)) (K; 越流VSS/投入VSS水面積負荷比) (mg/l / (kg/m²/day))			
引抜汚泥 (引抜率E; 引抜水量/投入水量, (-))			
装置(槽数)	可溶性反応	運転操作	越流水VSS濃度
濃縮槽(2)	なし	引抜率一定 E=0.249 E=0.180	投入VSS水面積負荷に比例 K=5.19 K=4.15
消化槽(3)	易, 液化率=.87 難, 液化率=.07 易, ガス化率=.99 難, ガス化率=.70	引抜率一定 E=0.510 E=0.452 E=0.451	投入VSS濃度に比例 k=0.0452 k=0.240 k=0.301
洗浄槽(1)	なし	引抜率一定 E=0.788	投入VSS水面積負荷に比例 K=45.2
貯留槽(1)	なし	引抜率一定 E=0.783	投入VSS水面積負荷に比例 K=57.4
脱水機(1)	可溶性率=.034	k-濃度一定	投入VSS濃度に比例 k=0.0103
焼却(1)	排水濃度(mg/l)一定	P DP S DS NH ₄ ⁺ -N	
焼却炉	焼却炉排水	18 7.4 2.4 9.6 2.7	
排煙処理	排煙処理排水	0 0 0 0 22.0	

系、汚泥処理系それぞれで評価できるように示した図で、処理場へのT-COD総負荷量（流入下水による負荷と汚泥処理場での負荷）を100%として図化したものである。処理場全体でT-COD収支を見ると、流入負荷の81%は下水によるもので、その他に他処理場濃縮汚泥、し尿、他処理場脱水ケーキが各々6, 3, 10%を占めている。これら流入負荷されるもののうち10%は流出水として系外に出、焼却炉で57%が無機化される。曝気槽の除去量は18%と意外に小さく、他は消化槽で14%の除去がみられる。初沈、終沈においても各々0.2, 1.2%と若干の無機化が計算される。一方、P-CODでは曝気槽はむしろ生産装置となっていた。BODでは、CODに比べ曝気槽での役割が大きく、T-BODで33%が曝気槽で除去され、焼却炉の40%とほぼ同じレベルとなっている。また処理場からの流出分が2.2%と極めて小さい。これはS-BODの場合さらに明確で、負荷の大半がど流入下水であるS-BODは曝気槽でほぼ除去され、他の経路はほとんど関与していない。以上より、生物学的易分解な有機物(S-BOD)に対して、水処理系が除去に作用していることがわかる。

T-Nについて注目すると、流入下水が全負荷量の86%を占め、他に濃縮汚泥、し尿、脱水ケーキとして各々4, 4, 6%を占める。その除去は焼却炉が35%となっているほか、曝気槽、終沈が各々8, 5%を占めている。そして最終的に52%は流出水として放流されている。 NH_4^+-N では、大きな負荷源は流入下水であり、それに返流水が加わり、水処理系への負荷は約1.5倍に増大する。この内の約2/5が曝気槽で硝化され、残りは未硝化のまま流出している。汚泥処理系では除去に働く装置はなく、とりわけ消化槽が曝気槽硝化量の半分強に相当する NH_4^+-N を放出している。

4. おわりに 本報ではCOD・N・BOD収支に基づく各処理装置の機能解析で、以下の成果を得た。

①総流入負荷に対する曝気槽、最終沈殿池、消化槽、焼却炉各々の除去量は、T-CODでは18, 1, 14, 57%、S-CODは33, 2, 19, 40%である。曝気槽はBODとりわけS-BODの除去効果が大きく、逆にP-CODでは若干の増大がある。T-Nでは曝気槽、最終沈殿池、消化槽、焼却炉各々の除去は、8, 5, 0, 35%であり、水処理系では脱窒で、汚泥処理系では焼却で除去されている。 NH_4^+-N は消化槽で相当量が放出されている。

②以上より、汚濁物の最終的除去で焼却炉の効果が大きく、曝気槽はむしろ生物学的に分解容易な有機物の除去に関与することが示された。ただし硝化の観点からはその意義が大きく、逆に消化槽は総流入T-N負荷の9%に相当する多量の NH_4^+-N 放出装置となることが示された。

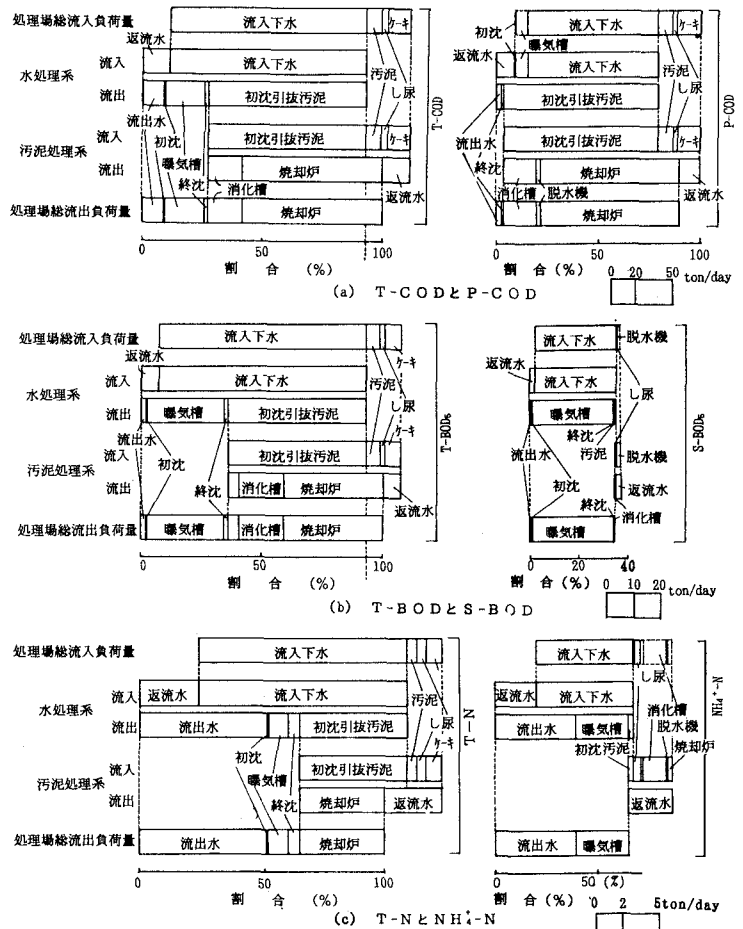


図-2 処理場の有機物および窒素収支
(流入は流入負荷と生産を、流出は流出負荷と減少を示す。)

参考 1) 藤井滋穂, 宗宮功, "大規模処理場のシミュレーションによる処理機能解析と管理柔軟性の検討", 第27回下水道研究発表会(1990/5)