

回分式活性汚泥法を組み込んだ高度汚水処理システム における凝集加圧浮上分離の役割と効果

扶桑建設工業（株） ○広瀬洋一、間瀬博文、久保谷隆、阿部和夫

1. はじめに

公共用水域の水質汚濁の現況は、河川等については横ばいもしくは改善傾向にあるものの、湖沼等の閉鎖性水域ではむしろ悪化の傾向にあり、規模の大小にかかわらず、排出水の窒素、リンの除去を主体とした高度処理へのニーズが高まりつつある。

このような背景において筆者らは、①小規模向き、②維持管理が簡単、③BOD 10mg/l 以下、T-N 10mg/l 以下、T-P 1mg/l 以下という高度な水質の処理水が得られることを意図して、新しい汚水処理システムの開発を行った。

今回開発した汚水処理システムは、回分式活性汚泥法と凝集加圧浮上分離法の組み合わせ方式であり、本報は $50\text{m}^3/\text{日}$ の規模で、住宅団地実汚水を対象として行った実証試験結果のうち、特に後段の凝集加圧浮上分離の役割と効果について報告するものである。（前段の回分式活性汚泥に関する諸特性については本フォーラムの発表、N-3、N-4を併せ参照されたい。）

2. 開発した高度汚水処理システムの概要

今回開発した高度汚水処理システムのフローチャートを図-1に示す。

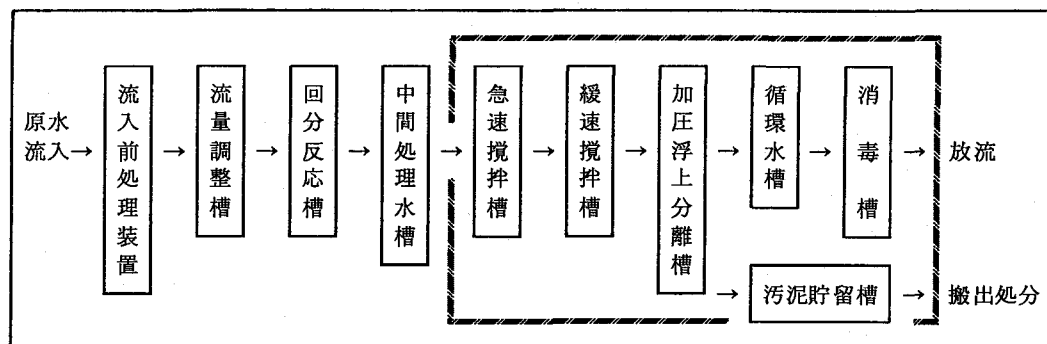


図-1. 高度汚水処理システム・フローチャート

本システムにおいては、攪拌・曝気処理（嫌気・好気反応）により、有機物の除去、硝化脱窒、一部生物脱リンが行われる。回分反応槽上澄水の引抜用に特別の装置は設けず、所定の引抜比が得られる水位に設置した水中ポンプにより、短時間内に中間処理水槽に移流させる。このようにして引抜かれた上澄水中には、同伴された一部の活性汚泥およびスカム成分などを含むので、水質的には不十分なため「中間処理水」と称している。この中間処理水に凝集剤としてポリ塩化アルミニウム（PAC）のみを注入し所定の急速・緩速攪拌を行った後、加圧浮上分離することにより、中間処理水中に残留しているSS、コロイド性のBOD、COD成分の他不溶性の有機態窒素、リンなどが除去される。また、後述のように細菌類もこの段階で除去されることが確認されている。

本システムでは、回分反応槽からの余剰汚泥の引抜は行わず、活性汚泥の増殖分相当の汚泥を含む中間処理水中のSSが加圧浮上分離され、汚泥処理に十分な濃度にまで濃縮されて浮上分離槽から排出されるので、他の汚水処理システムのような汚泥濃縮槽は不要となった。したがって濃縮槽からの返流水に係わ

る諸問題は本システムにおいては解消される他、回分反応槽内でのスカムや油分の蓄積の問題も生じない。

本システムに適用した加圧浮上分離技術は、当社が英国のウォーターリサーチセンターより技術導入しているもので、空気溶解効率の向上と、特殊な減圧ノズルによる代表径 $30\mu\text{m}$ という微細な気泡の発生方法および凝集フロックと気泡の接触方法などに特徴を有するものである。加圧下で空気を溶解するための用水としては加圧浮上処理水の一部を循環使用する、いわゆる「循環加圧方式」を採用している。

3. 実証試験方法・条件など

3.1 実証試験装置および設置場所

実証試験装置は汚泥貯留槽がFRP製である他は全て鋼板製で、回分反応槽への負荷条件が①上澄水引抜比0.25、②処理サイクル数：4サイクル/日の時、処理水量は $50\text{m}^3/\text{日}$ となっている。実証試験装置は香川県内の某住宅団地に隣接して設置し、その既設合併浄化槽から沈砂後の汚水をポンプにより導水し、試験対象とした。

3.2 実証試験期間 平成2年9月～平成3年10月（13ヶ月間、内汚泥馴養期間1ヶ月）

3.3 実証試験装置の運転条件 定常運転時の条件は以下の通りである。

- (1) 回分反応槽：1) 上澄水引抜比：0.25 2) 処理サイクル数：4サイクル/日 3) 反応槽内MLSS濃度： $4000\sim 6000\text{mg/l}$
- 4) 制御：曝気時における槽内DO濃度によるパワーの回転数制御
- (2) 凝集加圧浮上：1) PAC注入率： $120\sim 180\text{mg/l}$ 、2) 加圧水量比：13～20%、
- 3) 浮上分離槽水面積負荷： $5.1\sim 5.3\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$

3.4 水質分析

定常運転期間中は原則として1回/週、1サイクル目について①調整槽原水（除さ後）、②中間処理水、③（加圧浮上）処理水を採取し、水温、透視度、pH、BOD、COD、SS、T-N、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 、T-Pについて分析した。水質分析はJISK0102によった。

4. 実証試験結果

表－1に定常運転期間（平成3年2月～平成3年10月）における各試料の水質分析結果をまとめて示す。

表－1. 実証試験における水質分析結果のまとめ（単位； mg/l ） データ数 $n=30$

試料 項目	調整槽原水			中間処理水			処理水		
	平均	範囲	標準偏差	平均	範囲	標準偏差	平均	範囲	標準偏差
BOD	150	99 ～ 290	48	19	5.6 ～ 41	8.3	1.9	1.0 ～ 5.1	1.0
COD	84.6	61.3 ～ 140	16.2	20.8	14.0 ～ 37.0	5.1	7.4	5.0 ～ 11.5	1.8
SS	156	63 ～ 300	45	61	12 ～ 330	62	2.8	1.0 ～ 7.0	1.7
T-N	37.3	25.6 ～ 51.1	6.3	6.8	3.0 ～ 12.5	2.5	4.3	1.1 ～ 8.8	2.3
T-P	3.76	2.50 ～ 4.83	0.60	2.09	0.69 ～ 5.42	0.88	0.21	0.09 ～ 0.64	0.15

水温 $12\sim 30^\circ\text{C}$ 、中間処理水の分析値はSSをのぞき30分沈降後の試料による。

4.1 有機物の除去

平均値でみると、活性汚泥回分反応でBOD、CODともに 20mg/l 程度にまで処理され、凝集加圧浮上によりBODは 1.9mg/l 、CODは 7.4mg/l となりシステム全体としての有機物除去は非常に良好であった。

4.2 SSの除去

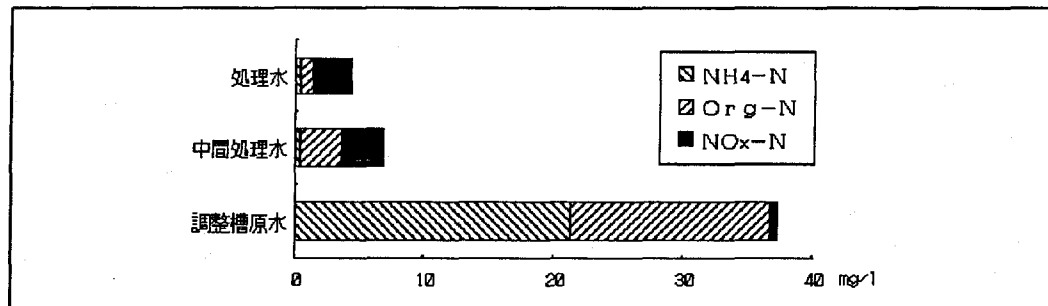
中間処理水のSSは期間中 $12\sim 330\text{mg/l}$ の範囲で変動したが、加圧浮上処理水のSSは $1\sim 7\text{mg/l}$ （平均 2.8mg/l ）であり、その透視度は概ね100度以上であり、本システムにおける消毒として塩素剤の代替法（例えば紫外線照射）の適用も可能と思われる。

4.3 窒素の除去（図－2 参照）

原水中の窒素は主として回分反応槽における硝化脱窒反応により除去され、処理水のT-N値は平均で4.7 mg/l、低水温時の最大値で8.8mg/lであった。

30分沈降後の中間処理水と処理水の平均値を比較すると2.3mg/lの差がみられるが、これは中間処理水のOrg-Nが凝集分離されたためである。

処理水中のKje-Nは1.5mg/l未満であり、硝化はほぼ完全に進行していた。



図－2．処理過程による窒素の形態変化

4.4 リンの除去

リンは回分反応により約44%が除去され、残留分が加圧浮上で除去され平均値で0.21mg/lとなった。（システム全体の除去率94.4%）

4.5 細菌類の除去（表－2 参照）

大腸菌群数および一般細菌数は各処理工程毎に 10^{-2} のオーダーで除去され、消毒前の処理水中には大腸菌群数として86個/ml検出された。凝集加圧浮上により、中間処理水中のSSと共に効率良く除去されたものと考えられる。このことは、本システムの塩素消毒においてはNH₄-Nの減少とあいまって、塩素要求量の低減が期待できることを示唆している。

4.6 余剰汚泥の発生量とその性状

本システムにおける余剰汚泥は凝集加圧浮上汚泥のみであり、期間を通して算出したその発生量は除去BOD当たり0.8程度であった。また、その性状は表－3に示すようなものであった。余剰汚泥は加圧浮上により十分濃縮されており、本システムにおいては濃縮槽は不要であることが明かとなった。

表－2．細菌類の除去（単位；個/ml）

項目 \ 試料	調整槽 原 水	回分反応 槽上澄水	処理水 (消毒前)
大腸菌群数	1.9×10^5	2.5×10^3	86
一般細菌数	1.1×10^7	1.1×10^5	3.6×10^3

表－3．余剰汚泥の平均的性状（単位；％）

濃度	強熱減量	灰分含	窒素含量	リン含量
1.78	70.9	6.08	5.40	2.78

4.7 中間処理水のSS濃度上昇試験の結果（詳細データはポスターにて提示）

本システムにおいて、回分反応槽内活性汚泥の沈降性が悪化した場合、中間処理水中に連行される活性汚泥量が増加し加圧浮上処理水の水質に影響を及ぼすことが懸念されたので、中間処理水中に人為的に反応槽内の活性汚泥を混入させ試験を行った。その結果、中間処理水のSSが1100mg/lに上昇しても、処理水のSSは5.0mg/l、T-N 1.9mg/l、T-P 0.13mg/lであり、この程度のSS濃度の上昇であれば処理水水質に影響を及ぼさないことが確認された。

【附記】

本システムは五洋建設（株）との共同実験により開発されたものである。