

工場排水処理における凝集阻害因子の調査

岐阜大学 流域環境研究センター 正員 湯浅 晶
 岐阜大学 工学部 学生員 荒引 圭俊
 福井県企業庁 テクノポート福井浄化センター 坂井 正明
 福井県企業庁 テクノポート福井浄化センター 田中 宏和

1. はじめに

工業団地での様々な業種の工場からの排水を集めて処理する下水処理場では、生活排水を主とする一般の下水処理場の場合とは異なり流入下水の水質構成をあらかじめ十分に把握し得ない場合があり、設計時には予測しなかったトラブルが各処理プロセスで発生することも多い。福井県企業庁では大規模工業団地であるテクノポート福井における浄化センターの稼働を平成6年12月に開始した。全体の処理システムは、長時間活性汚泥処理→凝集沈殿・ろ過処理→粒状活性炭吸着処理→塩素消毒から構成されている。稼働開始から3ヶ月経過した時点において、凝集沈殿ろ過プロセスが期待された処理機能を発揮しないことにより、CODの除去が充分に行われず、また、多量の微細粒子・フロックが流出するために後続の活性炭吸着プロセスの運転に大きな障害を与え、活性炭の寿命を大幅に縮めて再生の頻度が著しく増加する状況となった。本研究では凝集プロセスのトラブルの原因を明らかにすることを目的として、下水中の凝集阻害水質因子の調査・検討を行った。

2. 活性汚泥処理水の水質

平成6年9月1日から11月4日までの活性汚泥処理水（活性汚泥プロセスの沈殿池流出水）の水質の概略を表1に示す。全リン濃度は平均して97mg/Lと高く、凝集剤（硫酸アルミニウム）のアルミニウムと錯体を形成するリン化合物の存在は、凝集処理を阻害する大きな要因であると考えられる。全リンの内訳は、オルトリン酸態リン89%と加水分解性リン11%であり、加水分解性リンには縮合リン酸であるピロリン酸態リンが約45%含まれている。また、カルシウムとマグネシウムの濃度も高く、これらが微細粒子として存在する場合には、濁度上昇の原因となりうる。

表1 活性汚泥プロセス流出水水質（単位 mg/L）

水質項目	最大値～最小値	平均値
COD (c r)	124.5～77.7	98.6
TOC	42.9～30.5	38.0
Ca	42.6～20.5	32.7
Mg	180.8～70.0	123.6
全リン	129.7～25.2	96.8
内 オルトリン酸態リン	119.8～23.8	86.4
加水分解性リン	16.92～0.436	10.4
内 ピロリン酸態リン	4.7	4.7
内 その他	12.22～0	5.4
全窒素	257～128	188
内 アンモニア性窒素	154～87	125
亜硝酸性窒素	0.16～0	0.06
硝酸性窒素	181～19	56

3. 高pH処理の効果

活性汚泥処理水にNaOHを加えて高pH処理（pH10程度）

を行うとリン酸とカルシウムおよびマグネシウムの化合物が析出して多量の沈殿を生じ、表2に示すように、リン、カルシウム、マグネシウムの濃度はいずれも大幅に減少し、またアンモニウムが若干除去される。高pH処理水を再び中性pHに戻してからカオリンを加えた懸濁水に対して通常の凝集処理（硫酸アルミニウムおよび高分子凝集剤による）を行ったところ、凝集阻害が生じないことが確認された。このことは、凝集阻害物質が高pH処理で除去されたことを示す。これらの結果をもとに、リン化合物（オルトリン酸態リン、ピロリン酸態リン）と硬度成分（カルシウム、マグネシウム）およびアンモニウムイオンによる凝集阻害の有無を検討するための実験を行った。

表2 高pH処理による水質の変化

水質項目	活性汚泥処理水	高pH処理水
pH	6.29	10.7
全リン(mg-P/L)	110	27
内 オルトリン酸態リン(mg/L)	95	18.6
ピロリン酸態リン(mg/L)	4.7	0
その他のリン(mg/L)	10.3	8.4
アンモニア性窒素(mg/L)	117	91
カルシウム(mg/L)	33	2
マグネシウム(mg/L)	107	39
COD(cr)(mg/L)	93.2	97.8

4. 凝集実験

1) 実験原水

表2に示した活性汚泥処理水を0.45μmメンブランフィルターでろ過後、カオリン20mg/Lを加えて下水試料No.1を調整した。表2に示した高pH処理水を0.45μmメンブランフィルターでろ過後、HClを加えてpH7に中和してからカオリン20mg/Lを加え、さらに、高pH処理で除去された量のカルシウム(CaCl₂)、マグネシウム

表3 下水試料の調整

	添加した物質
下水試料No.1	カオリン
下水試料No.2	カオリン、カルシウム、マグネシウム、アンモニウム
下水試料No.3	カオリン、カルシウム、マグネシウム、アンモニウム、オルトリン酸態リン
下水試料No.4	カオリン、カルシウム、マグネシウム、アンモニウム、ピロリン酸態リン
下水試料No.5	カオリン、カルシウム、マグネシウム、アンモニウム、オルトリン酸態リン、ピロリン酸態リン

($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、アンモニウム (NH_4Cl)、リン酸 (Na_2HPO_4)、ピロリン酸態リン ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)を再び加えて、表2の活性汚泥処理水の濃度レベルに戻した下水試料 No. 2~5を表3に示すように調整した。

2) ジャーテスト

各下水試料1Lに対し、液体硫酸アルミニウム (Al_2O_3 8%)を50~300ppmの範囲で注入し、急速攪拌 150 (rpm) 5分、緩速攪拌 80 (rpm) 10分、静置10分の条件でジャーテストを行った。なお、 HCl を用いて、 pH 5前後に調整した。微細フロクの形成、フロク形成速度、フロクの形状、フロクの沈降速度、上澄水の清浄度についての5段階評価 (最良○、良○、普通△、劣る×、不良××)を濁度残存率 (上澄水/初期濁度)を図1~5に示す。

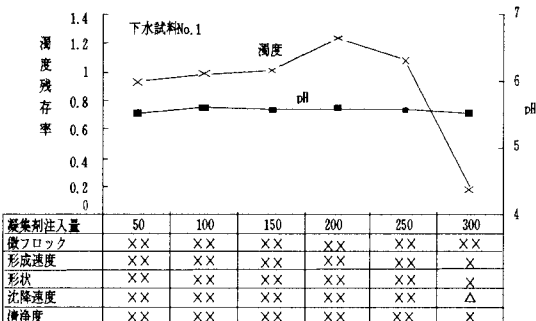


図1 下水試料No. 1のジャーテスト結果

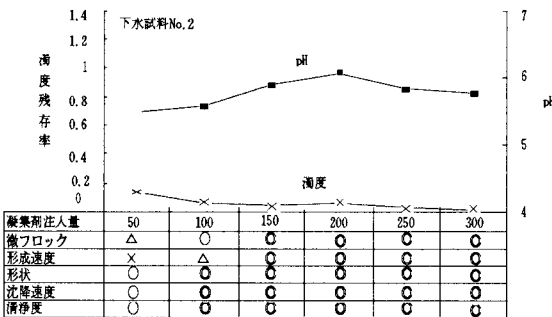


図2 下水試料No. 2のジャーテスト結果

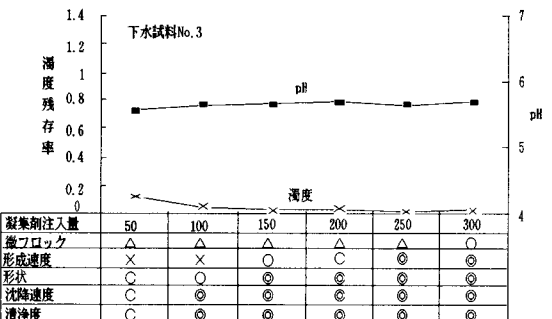


図3 下水試料No. 3のジャーテスト結果

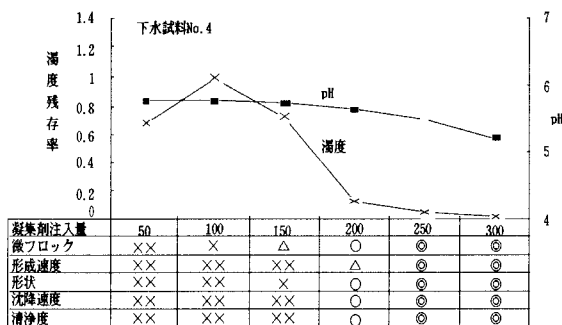


図4 下水試料No. 4のジャーテスト結果

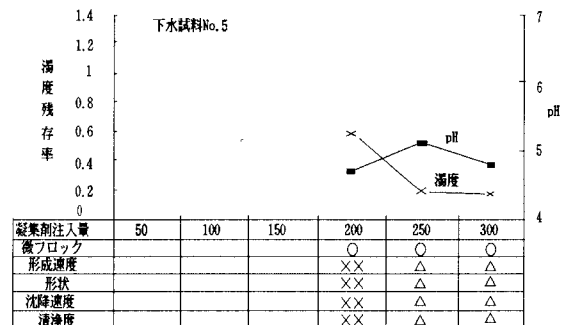


図5 下水試料No. 5のジャーテスト結果

5. 結果と考察

活性汚泥処理水 (下水試料No. 1) は、図1に示すように凝集性が悪く、凝集剤の添加量が、300ppmでようやく濁度が80%除去されるにすぎない。リン化合物を添加しない場合 (下水試料No. 2) は、図2に示すように凝集処理性がよいことから、カルシウム、マグネシウム、アンモニウムは、いずれも凝集を阻害しないことが明らかである。オルトリン酸態リンを添加しない場合 (下水試料No. 3) は、図3に示すように、最終的な濁度除去率は高いものの、微細フロク形成時点で若干の悪影響がでている。ピロリン酸態リンを添加した場合 (下水試料No. 4) には、図4に示されるように、凝集処理性が非常に悪化し、さらに、オルトリン酸態リンとピロリン酸態リンの両方を添加した場合 (下水試料No. 5) には、図5に示すように、凝集処理性が一段と悪化する。これらのことから、下水中のピロリン酸態リンが主たる凝集阻害因子であり、オルトリン酸態リンも凝集を若干阻害していると考えられる。また、下水試料No. 5よりもNo. 1の方が凝集処理性が悪いことは、下水中に存在する、ピロリン酸態リン以外の縮合リン化合物も凝集を阻害する因子であることを示している。