

汚泥処理返流水へのMAP法の適用

下水道河川研究室 ○時尾 嘉弘
竹田 隆彦

はじめに

平成11年度4月より神奈川県公害防止条例が改正施行され、下水処理場における窒素・リンの排水基準は、40、5mg/l となった（汚泥返流ありの処理場、当面の値）。また、横浜市は東京湾流域別下水道整備総合計画の策定を視野に東京湾特定水域高度処理計画により、窒素・リンの排水目標値を10、0.5mg/l とし、現在下水処理場における高度処理導入を推進している。

一方、高度処理の普及に伴い、その処理工程から発生する余剰汚泥は多量のリンが含有され、汚泥濃縮・送泥・消化過程等において嫌気的な雰囲気となりリンが溶出してしまう。

本市では下水処理場から発生した汚泥を、送泥-遠心濃縮-1段中温消化-脱水-焼却工程にて集約処理を行っている。汚泥処理工程で発生する汚泥返流水（主に機械濃縮分離液、消化汚泥脱水分離液の混合液）には、高度処理が普及した場合、多量の窒素・リンが含まれるため返流水の適切な処理を行うことが必要である。

現在、返流水はA2O法や循環脱窒法により処理され隣接する下水処理場へ返流されているが、その処理場が現有の施設で窒素・リンの排水目標値10、0.5mg/lを達成することは非常に困難であり、特にリン除去に関しては何らかの対策を施す必要がある。

MAP（リン酸マグネシウムアンモニウム）法は、排水中のリンを除去するための一つの手法であるが、消化汚泥脱水分離液への適用の実績があるのみで、機械濃縮分離液、脱水分離液を混合したSS濃度が高い汚泥返流水についての事例はまだ数少ない。

本文は北部汚泥処理センターから発生した汚泥処理返流水を対象試料とし実験プラントにてMAP法の適用性を調査し検討を行ったので報告するものである。

調査目的

一般的にT-P100mg/l、SS200mg/l以下である消化汚泥脱水分離液をMAP法で処理した場合、T-Pの除去率は約70~80%であるが高濃度SS(約500mg/l)を含む返流水の除去性能などについて以下の観点から調査した。

*リン除去が、SSの変動によってどのような影響をうけるか調査し、汚泥返流水に対するMAP法の適用性を確認する。

*返流水中のリン濃度変動に伴うリン除去効率を調査し、効率的な運転条件を把握する。

MAP装置の概要、運転条件および運転状況

MAP装置の概要を図-1、運転条件、仕様を表-1に記す。RUN1,2は、原水のT-Pを50mg/l、100mg/l程度として運転

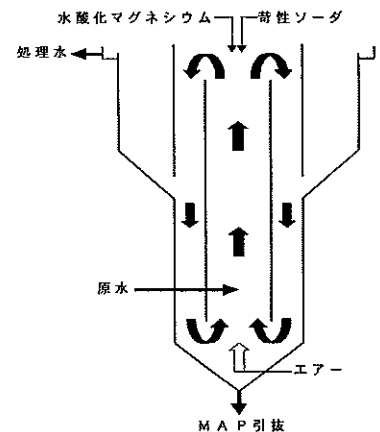


図-1 MAP装置の概要

表-1 運転条件、仕様

反応・沈殿塔形状	2重円筒式
Mg源	Mg(OH) ₂ 、T-Pに対して1M添加
処理量	3m ³ /d
滞留時間	25min
攪拌方式	ブローラ(25l/min)
反応塔設定pH	8.5
アルカリ剤	NaOH(5%)

表-2 MAP粒子の組成

成分	測定値 (mg/L)	mol数	割合(%)	
			実測値	理論値
T-N	52	3.71	5.2	5.7
NH ₄ -N	45	3.21		
T-P	120	3.87		
PO ₄ -P	120	3.87	12.0	12.6
Cd	0.005未満			
Cr	0.02未満			
As	0.005未満			
Hg	0.0005未満			
Mg	93	3.83	9.3	9.9

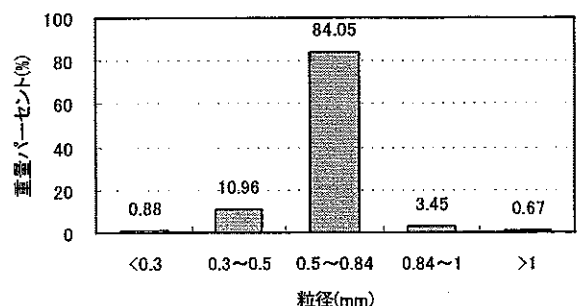


図-2 MAP粒子の粒度分布

を行った。MAPは順調に生成された。MAP粒子の粒度分布と組成を図-2、表-2、運転状況を表-3に示す。

表-3 運転状況

項目	RUN 1	RUN 2
流入水 (mg/L)	T-P (36~86)	89 (83~97)
	PO4-P (29~53)	77 (68~85)
	SS (260~640)	560 (480~640)
	NH4-N (290~290)	287 (226~326)
処理水 (mg/L)	T-P (23~77)	61 (57~67)
	PO4-P (6~25)	32 (25~37)
除去率 (%)	T-P (-79~52)	31 (19~38)
	PO4-P (41~81)	58 (46~68)
除去量 (g/d)	T-P (-89~127)	76 (43~96)
	PO4-P (24~122)	125 (89~153)

調査内容および結果

1. 原水SSの変動とリン除去率の関係

返流水は汚泥の性状や遠心濃縮機、脱水機の運転状況によってSSの変動が大きく通常 400~600mg/l 程度あり、処理が悪化すると1000mg/l 以上という場合もあるため、原水SS濃度の変動によって、T-P、PO4-Pの除去にどのような影響を及ぼすか把握することは重要であり、場合によってはMAP処理における前、後処理施設の導入の検討も行わなくてはならない。

原水SSとリン除去率の関係を図-3、4に示す。SSが高くなると、T-P 除去率が低下する傾向があるが、PO4-P については、SSの変動による顕著な影響は認められなかった。処理水SSと共に微細なMAP粒子が流出してしまっていると考えられる。

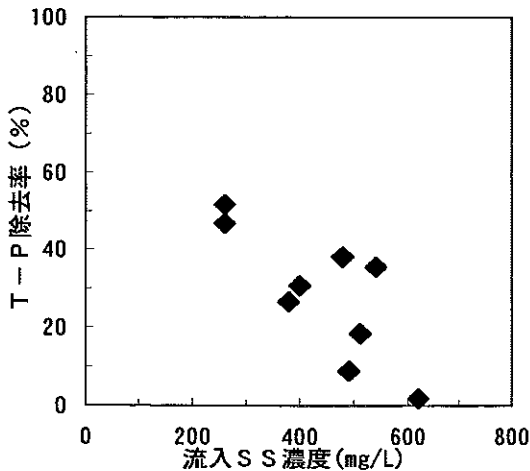


図-3 原水SSとT-P除去率

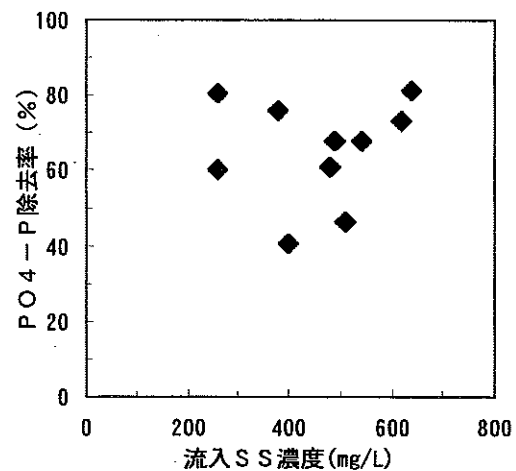


図-4 原水SSとPO4-P除去率

2. 原水リン濃度の変化とリン除去率の関係

高度処理の普及と共に返流水に含まれるリン濃度も上昇する、リン濃度の変化による除去率・量の変化を把握することは、設備の適切な設計を行う上で重要なことである。低濃度(RUN1)、高濃度(RUN2)時のリン濃度の変動によって、PO4-Pの除去率、除去量がどのような変化を及ぼすか調査した。

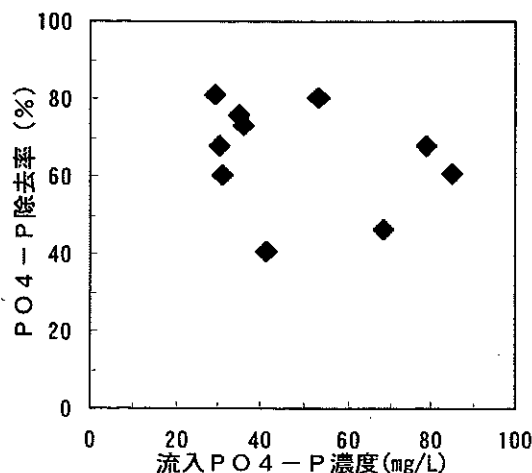


図-5 原水リン濃度とリン除去率

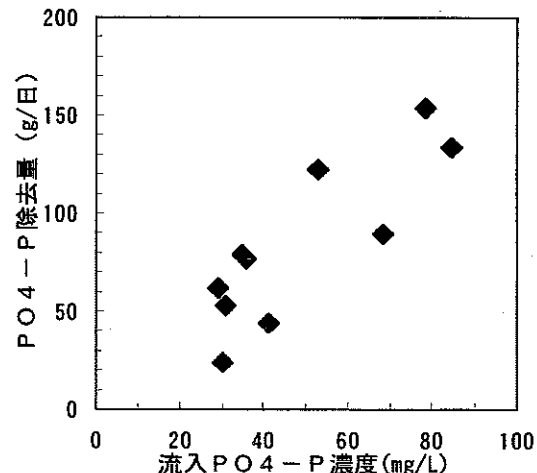


図-6 原水リン濃度とリン除去量

原水リン濃度の変化とリン除去率、除去量の関係を図-5, 6に示す。原水のリン濃度が上昇しても、リンの除去率に顕著な変化は見られず、流入濃度の変化に関わらず除去率は70%前後で推移した。除去量は流入リン濃度が上昇するに伴い増大した。

3. 原水の差異によるアルカリ剤の消費

MAP 処理は化学処理であり薬剤として Mg 源の補充剤(Mg(OH)₂等)と、MAP 粒子の生成を効率的なものとするために pH を 8.5 程度に調整するためにアルカリ剤が必要であるが、ランニングコストの面から実施での薬剤の消費量のある程度予測する必要がある。特に返流水は、脱水分離液より pH が低いため、どの程度アルカリ剤を消費するか、脱水分離液、遠心濃縮分離液、そして、汚泥返流水（濃縮分離液：脱水分離液を 3:1 にて混合）の滴定曲線を調査した。結果を図-7に示す。

通常、汚泥返流水のほうが脱水分離液より pH は低いが、MAP が生成する最適 pH8.5 前後に調整するためのアルカリ消費量 (NaOH(0.02mol/l)) は、試料 100ml に対して、汚泥返流水が約 20ml, 脱水分離液が約 30ml となり、汚泥返流水の方が元の pH が低いにも関わらず約 2/3 程度で抑えられる結果となった。これは、消化工程で汚泥の緩衝性が高まるためと考えられる。

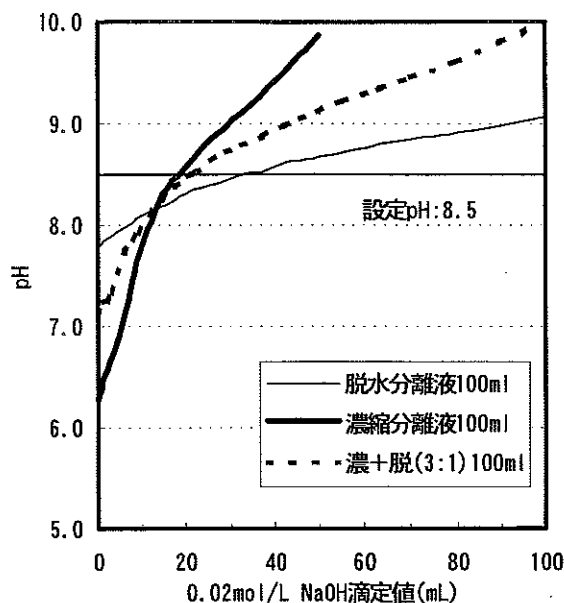


図-7 汚泥返流水の滴定曲線

考察

今回のプラント実験によって高濃度 SS である返流水を MAP 処理した場合、MAP の生成は問題なく行われるが、処理水中の SS に微細な MAP が混入するため、結果的に PO₄-P の除去率は確保できるが、T-P の除去率は一般的な値より低い結果であった。このことから、MAP 装置処理前で SS を除去するか後に SS と MAP 粒子を分離する対策を施す必要があるだろう。

一方、MAP 装置におけるリンの除去は、返流水のリン濃度 50mg/l 以上であれば PO₄-P の除去率の変化はほとんど一定であったが、PO₄-P の平均処理水質は RUN1, RUN2 で 12mg/l, 31mg/l であることから、MAP 粒子と SS との分離を行っても公共用水域に放流できるレベルの水質は得ることは困難である。また、返流水量によっては下水処理場に返送し再処理を行う場合も大きな負荷となり、下水処理に重大な影響を及ぼす恐れがある。

返流水の処理は窒素の除去も行わなくてはならないことから、MAP 処理後に窒素除去と更にリン除去を行うために生物処理等によって処理を行う必要があるだろう。

おわりに

高濃度 SS を含む返流水に対する MAP 処理は T-P の除去に関して SS の影響を大きく受け、SS と共に微細な MAP 粒子が流出してしまうため今後は微細な MAP 粒子を回収する液体サイクロン等の補充施設の調査を行う予定である。

また、返流水処理施設処理水の処理目標値および放流先の検討を行うと共に MAP 法に限らず、窒素・リンを効率的に除去できる総合的な処理フローの検討を行っていききたい。