

硝化菌付着担体を投入したA₂O法による下水からの窒素・リン除去特性

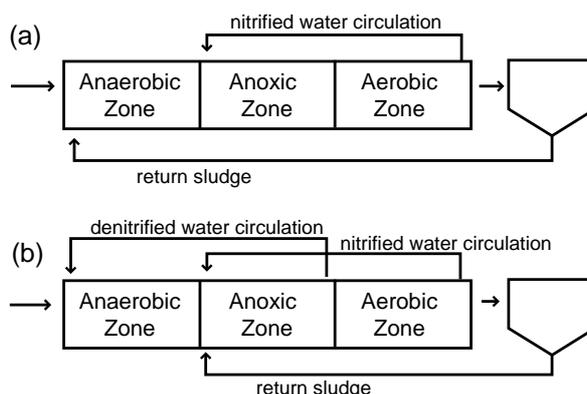
九州大学 学生会員 岡崎 光夫 九州大学 学生会員 浜田 康治
九州大学 正会員 久場 隆広 九州大学 フェロー 楠田 哲也

1. 緒言

水域の富栄養化を防止するために下水処理場において窒素・リンを除去することは有効な手段の一つであり、近年はその重要性が高まっている。現在種々の高度処理法が研究されているが、その中の一つに生物学的窒素・リン同時除去法がある。福岡市では博多湾の富栄養化を防止するため、生物学的窒素・リン同時除去法を実施へ適用化させるための実験が行われている。福岡市がA処理場に設置していた実験プラントは標準A₂O法(図1(a))で運転されており、窒素の除去率が低下することがあった。この原因の一つに、有機物不足が挙げられ、その対策として無酸素槽にメタノールを添加することによる改善を試みている。しかしながら、メタノールの添加は費用がかさみ、実処理施設への実用化が難しい。そこで、本研究では有機物の有効利用をはかるために、硝酸呼吸能を持つリン除去細菌(脱窒脱リン菌)の存在に着目した。脱窒脱リン菌の存在量を増加させるため、無酸素槽から嫌気槽に循環パスを設けた。また、通常A₂O法では返送汚泥を嫌気槽に返送しているため、嫌気槽内に硝酸塩が持ち込まれる可能性がある。これを回避するため汚泥を無酸素槽に返送した。結果として処理フローを標準A₂O法からUCT法(図1(b))に変更した。また、両プラント共に増殖速度の遅い硝化菌を高濃度に保持するため、結合固定化担体を好気槽に投入した。本研究は、標準A₂O法・UCT法で実験プラントを連続運転した際の処理状況の比較、また、室内回分実験を実施し、活性汚泥の脱窒脱リン活性等の比較・考察を目的とした。

2. 実験方法

2.1 連続実験・・・図1に標準A₂O法及びUCT法の処理フローを示す。各反応槽の容積比は標準A₂Oプラントでは嫌気槽：無酸素槽：好気槽 = 1：2：3であり、UCTプラントでは嫌気槽：無酸素槽：好気槽 = 1：3：2である。生物反応槽HRTは標準A₂Oプラントでは9時間であり、UCTプラントでは8時間である。両プラントの硝化液循環比と汚泥返送比はそれぞれ1.5と0.5である。UCTプラントの脱窒液循環比は1.5あるいは2.0である。UCTプラントの運転結果は平成13年9月1日～平成14年3月19日にわたりサンプリングし、分析したものである。また、標準A₂Oプラントの運転結果は平成10年8月28日～11月9日に福岡市が測定したものである。

図1 標準A₂O法(a)及びUCT法(b)

2.2 回分実験・・・嫌気-無酸素回分実験及び嫌気-好気回分実験、脱窒回分実験の3種類を実施した。標準A₂Oプラントでは好気槽流出懸濁液を、UCTプラントでは返送汚泥を実験に供した。遠心分離器を用いて上澄液を無機塩溶液に置換する作業を数回繰り返し、活性汚泥を洗浄した。その活性汚泥を無機塩培養液に再懸濁させ、二つの小型ファーマンタに分注した。10分程度窒素ガスをを用いて脱気した後、一方を嫌気-無酸素回分実験、他方を嫌気-好気回分実験に使用した。両実験ともに実験開始時に有機物として酢酸塩を添加した。嫌気-無酸素回分実験では実験開始から180分後に硝酸塩を添加した。嫌気-好気回分実験では実験開始180分後より曝気を開始した。なお、酸素の混入を防ぐため、嫌気及び無酸素条件下では窒素ガスで気相を置換した。実験中は経時的にサンプリングし、液相中のリン酸塩・三態窒素・酢酸塩の各濃度を測定した。また別途、酢酸塩と硝酸塩を同時に添加した脱窒回分実験も実施した。前処理の方法は前述した通りである。この実験では実験を通じて液相を窒素ガスで脱気した。

3. 実験結果及び考察

3.1 連続実験・・・図2に、UCTプラントにおける三態窒素除去率・リン酸塩除去率に及ぼす水温の影響を示す。三態窒素除去率は水温の影響を受けることなく安定していた。水温に関係なく、好気槽後段においてアンモニウム塩が残留していないことから硝化能力は良好であった。無酸素槽後段において硝酸塩の残留が見られなかったことから脱窒能力にはまだ余力があったと推測できる。従って、循環硝化液により無酸素槽に供給される硝酸塩量が窒素除去の律速となっていたと考えられる。後述の室内回分実験より、UCT汚泥が高い脱窒・内生脱窒活性を有していることが確認された。この結果を踏まえ、窒素除去率の向上を目的に処理フロー変更後132日目にUCTプラントの硝化液

キーワード：脱窒脱リン菌、生物学的窒素・リン同時除去法、標準A₂O法、UCT法、硝化菌付着担体

〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院都市環境工学研究室 TEL:092-642-3241 FAX:092-642-3322

循環比を1.5から2.0に変更した。変更後の三態窒素除去率は70%程度であり変更前の除去率72%(表1)と比較し明確な差が見られなかった。

処理フロー変更後70日目までのUCTプラントにおけるリン酸塩除去率は安定しており、ほぼ完全な除去が達成されていた。また、嫌気槽内の平均ORP値は-420mVであり、ORP値は十分に低く保たれていた。その間の標準A₂OプラントとUCTプラントの連続実験結果を表1に示す。処理フロー変更後70日目までの三態窒素除去率・リン酸塩除去率は両プラントで明確な差が見られなかった。無酸素槽と好気槽それぞれの槽内におけるリン酸塩摂取量を比較すると、標準A₂Oプラントでは無酸素槽におけるリン酸塩摂取量は全体の10%程度とあまり摂取されていなかった。一方、UCTプラントでは、無酸素槽におけるリン酸塩摂取量の寄与率が45%程度にまで達していた。無酸素槽容積が標準A₂Oプラントに比べUCTプラントの方が大きいことにも起因するが、無酸素槽から嫌気槽に循環パスを設けたことにより、活性汚泥中の脱窒脱リン菌の存在量が増加したものと考えられる。一方、処理フロー変更後70日目を過ぎた頃から、リン酸塩除去率の低下が見られた。この原因として、1) 冬場になるに従い水温が低下し、活性汚泥の脱リン活性が低下したこと、2) 系内のSS保持量が減少したうえ、返送汚泥を嫌気槽ではなく無酸素槽に返送しているため嫌気槽内SS濃度が低くなり、リン除去細菌存在量が減少したことが挙げられる。

3.2 回分実験結果・・・表2・表3に回分実験の結果を示す。回分実験に供したUCT汚泥は、脱リン活性の低下が顕著となっていた処理フロー変更後109日目に採取されたものであった。このことが影響し、標準A₂O汚泥と比較し、UCT汚泥のリン酸塩摂取速度が約半分に低下していたと考えられる。連続実験では、標準A₂O法からUCT法への移行により脱窒条件下でのリン酸塩摂取能力に大幅な向上が見られた。しかし、回分実験では両者に差はなく、両プラントの汚泥ともに内生脱窒条件下でのリン酸塩摂取速度は好気条件下での速度の40%程度であった。UCT汚泥の脱窒活性は標準A₂O汚泥に比べ比内生脱窒速度で1.8倍、比脱窒速度で1.2倍と、明らかに向上していた。よって、今後、硝化液循環比を高めることで窒素除去率を向上できることが示唆された。

4. 結論

処理フロー変更後70日目までのリン酸塩除去率・三態窒素除去率は両プラントで明確な差は確認されなかった。連続実験結果より、標準A₂Oプラントと比較し、UCTプラントではリン酸塩摂取の無酸素槽の寄与率が高くなっていた。このことは、標準A₂O法と比較しUCT法ではリン・窒素除去のための有機物の有効利用がなされていることを示唆しており、実際、内生脱窒能力は大幅に向上していた。冬期に入り、UCTプラントでは、リン酸塩除去率が著しく低下した。リン酸塩除去率の向上に向け、リン除去細菌を増加させるためには、まず、嫌気槽SS濃度を増加させることが必要であり、その解決策として返送汚泥の返送先を含め検討していく予定である。

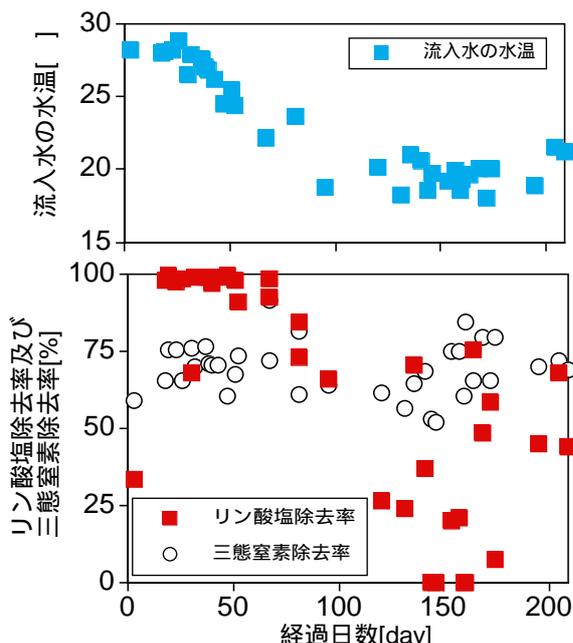


図2 UCTプラントにおける三態窒素除去率・リン酸塩除去率に及ぼす水温の影響

表1 連続実験による結果(UCT法：day0～day70)

プラント 運転方法	平均リン酸塩摂取量[mg-P/L]		平均リン酸塩 除去率[%]	平均三態窒素 除去率[%]
	無酸素槽	好気槽		
標準A ₂ O法	1.0	8.0	97	72
UCT法	2.8	3.5	96	72

表2 脱窒回分実験結果

	VSS [g/L]	比脱窒速度 [mg-N/g-VSS/hr]
標準A ₂ O汚泥	1.95	6.1
UCT汚泥	1.17	7.3

表3 嫌気-無酸素及び嫌気-好気回分実験結果

		VSS [g/L]	P/C比 [mg-P/mg-C]	比リン放出速度 [mg-P/g-VSS/hr]	比リン摂取速度 [mg-P/g-VSS/hr]	比内生脱窒速度 [mg-N/g-VSS/hr]
標準A ₂ O汚泥	嫌-好	1.90	1.3	11.6	12.6	-
	嫌-無	1.89	1.3	11.0	4.9	3.4
UCT汚泥	嫌-好	0.86	3.0	7.2	6.0	-
	嫌-無	0.76	3.1	8.8	2.3	6.0