

生物膜型リアクターによる下水からのリン回収

広島大学大学院 学生会員 ○小寺 博也
 正会員 大橋 晶良
 正会員 尾崎 則篤
 正会員 金田一智規
 正会員 幡本 将史

1. 背景

現在リン鉱石の枯渇が危惧されており、下水中にリンに低濃度に存在しているリンを回収する事が好ましいとされている。しかし、従来の生物学的リン回収法はコスト面の問題があり採算が取れない事が問題となっている。そこで、生物膜型の密閉DHSリアクターによる汚泥に依らない低コスト型リン回収システムが考案されている。これは気相部と微生物膜保持担体のスポンジ部からなり、この気相部を好気・嫌気に制御する事で単一のリアクターでリン回収が行われる。好気時にはリン含有水を流しポリリン酸蓄積細菌(以下PAOs)にリン摂取させ、リンが除去された処理水を排出する。嫌気時には有機物を含む排水を流し、PAOsに蓄積したリンを放出させ、高濃度のリン含有水として回収する方法である。本研究では運転条件を検討すると共に、DHSリアクターを用いリン回収が図れるかどうか人工基質を用いて調査を行った。

2. 実験方法

2.1 チューブリアクターによる運転時間の検討

生物学的リン除去では、嫌気好気状態の繰り返しが必要であるが、嫌気・好気時間の長さや比によってリン摂取・放出能が変化する事が考えられる。そこで、適した時間条件を検討する為にビニルチューブを使用したPlugflowリアクター(図1)を運転した。嫌気・好気時間の比を1:2とし、嫌気好気1サイクル時間を6、12、18、24時間のリアクター4台を運転し、リン摂取・放出能を評価した。植種源は活性汚泥を用

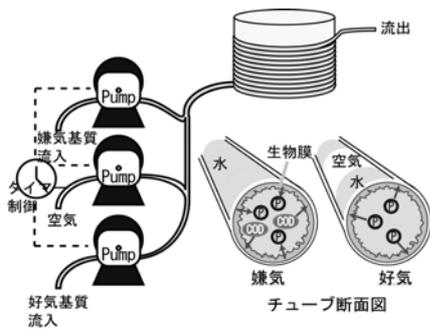


図1. Plugflowリアクター

い、温度は20℃で運転した。好気時には好気基質及び同量の空気を同時に流した。嫌気好気ともに人工排水のリン濃度は5 mg P・L⁻¹とし、嫌気時のみVFAs(酢酸ナトリウム:プロピオン酸ナトリウム=1:1)200 mg・L⁻¹を加えた。チューブ長3m、内径5mm(容積0.06L)、HRT10分で運転した。

2.2 DHSリアクターによるリン回収

実験には、ガラス製カラム(全長600mm、内径48mm、容積800mL)の中に微生物保持担体として15個の2cm辺のスポンジ(全容積120cm³)を直列に吊るしたDHSリアクターを用いた。スポンジ担体

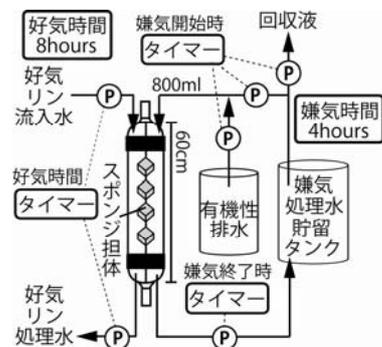


図2. DHSリアクター

には下水処理場の返送汚泥を植種し、20℃で運転を行った。リアクターは嫌気条件と好気条件が交互に繰り返されている。以下に運転の流れを説明する(図2)。①好気時:リアクター上部から、下水を模擬した人工排水(リン濃度5 mgP・L⁻¹、pH 7.8±0.1)を8時間(HRT 10min)散水し、処理水はそのまま放流する。②嫌気時:好気流入を止め、嫌気処理水と有機性排水(1000~6000 mgCOD・L⁻¹、酢酸ナトリウム:プロピオン酸ナトリウム=1:1)の混合液800mlをリアクター内に満たして嫌気状態にし、4時間静置する。嫌気開始時には有機性排水と同量の嫌気処理水を貯留タンクから回収する。なお、有機性排水と嫌気処理水の水量の混合比は、phase1は1:9、phase2は1:19で運転した。③嫌気終了時:リアクター内に満たされてあるリンを放出させた水(嫌気処理水)を貯留タンクへ移動させ、再び①の好気時の運転に戻る。

キーワード: DHSリアクター、リン回収、ポリリン酸蓄積細菌(PAOs)

連絡先: 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL 080-424-5718

3. 実験結果

3.1 チューブリアクターによる時間検討結果

経過74日目の1サイクル運転結果を図3に示す。最も良好なリン摂取・放出は12時間サイクルにおいて見られ、24時間サイクルではリンの摂取・放出共

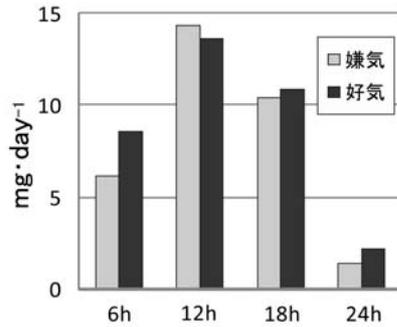


図3. 嫌気リン放出・好気リン摂取

にほとんど見られず嫌気時有機物を摂取していなかった事からサイクル時間が極端である場合、運転に悪影響が生じることが示唆された。有機物の摂取は18時間サイクルで最も良く見られた。

3.2 DHSリアクターによるリン回収結果及び考察

回収液のリン濃度の推移を図4に示す。phase 1では運転日数の経過と共にリン濃度が上昇している。これはリアクター内のPAOsが増加したためだと考えられる。その後、回収液のリン濃度は96 mgP・L⁻¹で安定するようになった。有機性排水のCOD濃度は嫌気時にリアクター内の有機物が枯渇しないよう段階的に上昇させ、60日以降は3000 mgCOD・L⁻¹に固定した。

phase 2では、嫌気流入水として流入する有機性排水と嫌気処理水の混合比を変更した。流入する有機性排水量と回収液量を半分にし、同時に有機性排水の濃度をphase 1の2倍の6000 mgCOD・L⁻¹に変更した。その結果phase 2では条件変更後、徐々にリン濃度は高くなり、158 mgP・L⁻¹ (好気流入リン濃度の31.6倍) に達した。この濃度はMAP法等のリン回収法に適用可能な濃度であり、既往の研究¹⁾の約4.5倍と飛躍的に性能が向上した。しかし、回収液量が半分になると理論的にはリン濃度は2倍になるはずである。ところが、phase 2の回収リン濃度はphase 1の1.65倍であった。この原因として嫌気か

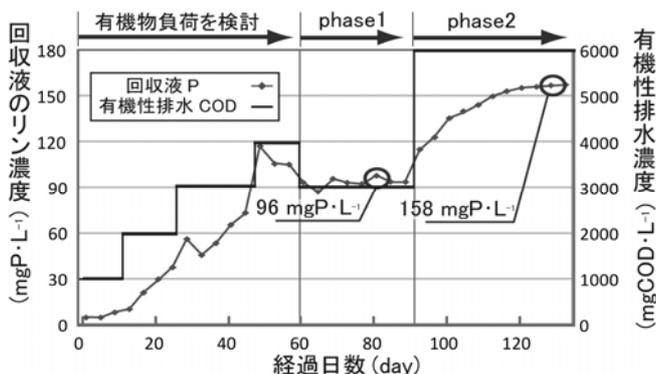


図4.回収リン濃度の推移

ら好気への切り替わり時に、スポンジに保持されている高濃度リンの嫌気処理水を好気処理水と

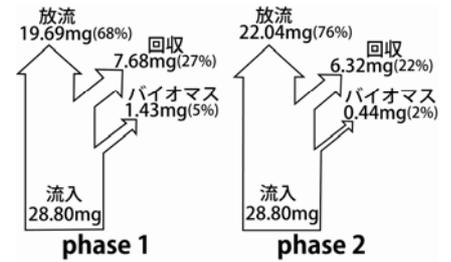


図5.リアクター内のリン収支

して流出している事が考えられる。そこで、80日目 (phase 1)、120日目 (phase 2) におけるリアクター内のリン収支を調べた(図3)。その結果、phase 1では流入リンの内27%を回収出来ていたが、phase 2では22%と回収率が5%下がっていた。回収リン濃度が高くなるほど、放流される好気処理水中のリンの量も多くなり、結果、リン回収率は減少してしまう。つまり、回収リン濃度とリン回収率はトレードオフの関係にある。回収率を上げるためには、スポンジが保持している嫌気処理水を好気開始直後に回収する何らかの方法が必要である。

生物量当たりのリン含有量とPAOsの存在割合を図6に示す。PAOmixプローブ²⁾を用いFISH法によるPAOsの定量を行った。スポンジ表面部では、全細菌に対するPAOsの割合は58%を占めており、本装置は高濃度にPAOsを保持できることが分かった。また、スポンジ表面部ではPAOsが属する*Rhodocyclus*属に近縁な種が多数検出され、リン含有量は嫌気終了時と好気終了時で7.01 mgP・gVSS⁻¹差が生じていた。一方、スポンジ内部でも*Rhodocyclus*属に近縁な種が多数検出されたが、嫌気と好気でリン含有量の差は無く、PAOsの活性が低い事が示された。原因として、スポンジ内部への嫌気時の有機物供給、好気時の酸素供給が不十分であった事が挙げられる。従って、スポンジ表面積/体積を大きくする事でスポンジ担体当たりの活性は高くなり、リアクター全体のリン回収性能は改良されると考えられる。

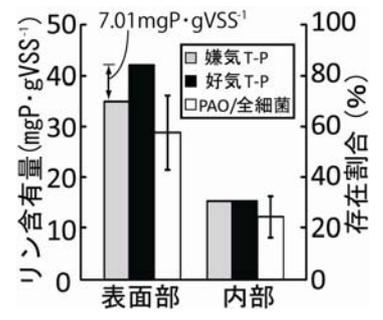


図6.バイオマス解析

参考文献

- ¹⁾高橋統気 他, (2007) 水環境学会年会講演集, p. 442.
- ²⁾Crocetti *et al.*, (2002) *Microbiology* **148**, 3353-3364.

謝辞：本研究はNEDOの「微生物群のデザイン化による高効率型バイオ処理技術開発」の助成を受けて実施された。ここに記して謝意を表す。