

DHS リアクターを用いた下水からのリン回収

水圏土壌環境制御研究室 高橋統気

指導教員 大橋晶良

1. はじめに

下水処理において、処理水のリンは水域への富栄養化防止の観点から除去されることが望まれているだけではなく、リン資源の枯渇が懸念されている背景から、下水中のリンを有用資源として位置づけ、リン回収する必要性が言われている。現在、下水からのリン回収は、活性汚泥法の変法である嫌気・好気法にてポリリン酸蓄積細菌 (PAOs) にリンを過剰摂取させ、リンが蓄積した余剰汚泥から回収しようとする方法である。しかし、多量の余剰汚泥の発生はその処理・処分に苦慮していることも現状にある。

一方、余剰汚泥の発生が極めて少ない下水処理法として UASB 法と DHS (Downflow Hanging Sponge) を組合せたシステムが注目されている。しかし、この方法では余剰汚泥の引き抜きを必要としないため、リンは除去されずにシステム内を素通りして放出される。このため、このような余剰汚泥の発生が少ない下水処理法では従来の生物学的リン除去・回収は適応できない。

そこで我々は、余剰汚泥を利用せずとも下水処理水中からリン回収ができないかと、高濃度の微生物保持が可能な密閉型の DHS リアクターを用いたリン回収システムを考案した。本研究では、この新規のシステムによるリン回収の可能性を調べ、また回収性能を向上させるための運転条件の検討を行った。

2. リン回収原理

考案したリン回収プロセスの原理と装置を図 1 および図 2 に示す。密閉型の DHS リアクターは気相部とスポンジ部からなり、スポンジには PAOs が保持されている。流入水はリアクター上部からスポンジに向けて散水し、スポンジを自然

流下させ、処理水としてリアクター下部より排出される。この密閉型 DHS リアクターの気相部を好気および嫌気条件に制御する事により単一リアクターにおいてリン回収を行う。好気時にリン含有下水処理水を流し 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、リンを高濃度を含む処理水を回収する。

3. 実験方法

実験装置は高さ 2m で容積 5L の密閉容器内に、

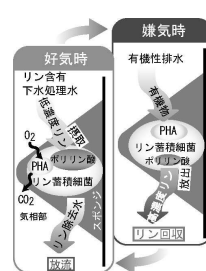


図1 リン回収原理

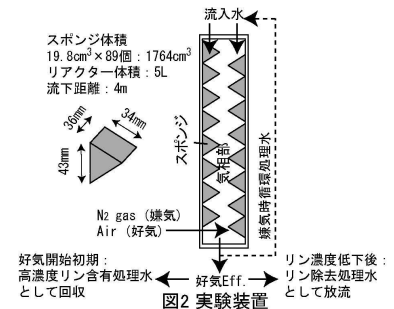


図2 実験装置

図 2 に示す三角

柱のスポンジが 87 個連結したスポンジ体積 1764cm³ の DHS で、流入水は上部より散水され、プラグフロー的にスポンジを流下する。実験は酸素を電子受容体とした Run1 と、硝酸を電子受容体とした Run2 の 2 回行った。実験条件は好気工程の HRT はそれぞれ 2hr と 0.5hr で、Run1 では 5 つの phase から成る (図 4)。嫌気基質は初沈汚泥を 20℃ で 20 日間以上酸生成させた後、遠心分離した上澄み液を 4,000 mgCOD/L に希釈したものを使用した。好気基質はリン 5mgP/L、硝酸 5mgN/L (Run1)、20mgN/L (Run2) を含む下水処理水を模擬した人工排水を用いた。リアクターでは嫌気工程と好気工程 (Run2 では無酸素工程で以下略) が繰り返され、Run1 の phase1 は 1

サイクル嫌気工程 4 時間、好気工程 8 時間であり、好気工程は好気処理水が HRT2hr (14.7ml/min) で流下している。好気工程終了と同時に嫌気工程は開始し、窒素パージを行い、気相部は嫌気雰囲気中に保たれる。それと同時に嫌気基質を 3 分間に 176.4ml 供給し、嫌気工程の残り 3 時間 57 分は処理水を循環している。従って、嫌気工程時は処理水が排出されない。嫌気工程終了と同時に好気工程を開始し、空気供給 (Run1) と好気基質を供給する。好気工程の初期の排出水はリンを高濃度に含有する処理水であり、これを収集してリン回収する。その後、時間の経過とともに好気処理水が排出される。

なお、処理性能とあわせて、汚泥内の PAOs を評価するため保持汚泥を適宜採取し、高濃度の DAPI を用いたポリリン酸染色および Sudan Black B 法を用いた PHB 染色を行った。

4. 実験結果および考察

4. 1 リン回収の可能性

図 3A) に Run1 phase1 の処理水経時変化を示す。好気開始直後の処理水のリン濃度は 37mgP/L (流入の 7.5 倍) で、嫌気時にリン放出され濃度が高められていることがわかる。その後、時間の経過に伴い処理水は好気処理水に入れ替わっていき、好気開始から 4 時間後にリン濃度は 0.7mgP/L と最低となり、その後わずかに上昇した。このことから、DHS リアクター内でリン摂取と放出が起きており、高濃度リン含有処理水を回収することができ、リン回収装置として機能していることが明らかとなった。

4. 2 リン回収濃度と回収率

図 3B) に Run1 phase1 の回収流量とリン回収濃度、リン回収率の関係を示す。回収流量 5% (好気開始後 24 分間の処理水回収) では、リン回収濃度 35mgP/L、リン回収率 37% である。回収流量を 15% (好気開始後 72 分間の処理水回収) に上げると、リン回収濃度は 27mgP/L に下がるが、リン回収率は 78% まで上昇する。このように、リ

ン回収濃度とリン回収率はトレードオフの関係にある。

4. 3 運転条件

図 4 に Run1 のリン濃度の経日変化を示す。サンプリング時刻は、好気最初のリン濃度の最大時と、好気時最後のリン摂取が最も少なくなった時である。Run1,2 の結果から、利用した電子受容体、嫌気・好気時間に関わらずほぼ同じ処理性能であった。

4. 4 汚泥性状

Run1 の phase5 (89 日目) の保持汚泥に、Sudan Black B 染色と高濃度 DAPI 染色をした結果 (図 5)、PHB 陽性細菌は優占化し、ポリリン酸陽性細菌は 1% 以下だったことから、グリコーゲン蓄積細菌の優占化が示唆された。

4. 5 まとめ

下水処理水からの DHS を用いたサイドストリーム型リン回収が可能であることがわかった。

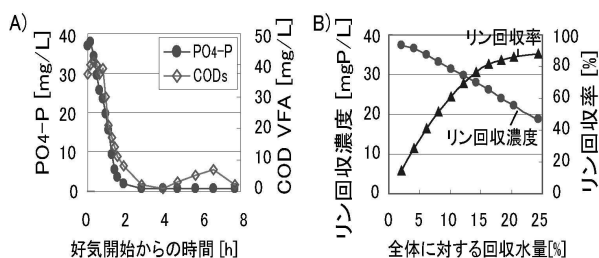


図3 Run1 phase1 (39日目)の1サイクルの処理水経時変化A)と回収流量とリン回収濃度・率の関係B)



図4 Run1のリン濃度の経日変化

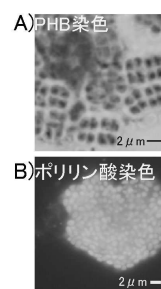


図5 Run1 phase5 (89日目)の保持汚泥のポリマー染色