

水理学的ショックロード時における DHS リアクターの処理特性

東北大学工学部 学生会員 ○袖野太士

学生会員 佐藤紀子

東北大学大学院工学研究科 正会員 高橋優信

正会員 原田秀樹

1. はじめに

途上国に適用可能なエネルギー最小消費型の下水処理プロセスであるDHS(Down-flow Hanging Sponge)リアクターは、これまでの成果において約2時間の水理学的滞留時間(HRT)において90%以上の卓越した有機物処理性能を有することが分かっている(マダンら、2004)。しかしながらDHSの反応槽内部では様々なショックロードが起こっており、例えば、供給水散水のばらつきの具合により理論HRT以上のショックロードが起こっていることや、また一方で担体のひずみに伴う有効容積の低下による更なる過負荷側のショックロード様の影響については知見が乏しく不明である。本研究では模擬的にショックロード状態をつくり、その水理学的負荷条件における実測HRTおよび有機物処理性能の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

本研究では、まずDHSリアクターを模擬的に再現するために、スポンジ担体をワイヤーで一本鎖につなげた系列を作製した。一本鎖にしたスポンジの高さは、実規模のリアクターを再現し、2000 mm (57個)とした。用いたスポンジ担体は、長岡中央浄化センターにて稼働しているUASB-DHSシステムのものを利用した(松永ら、2009)。このリアクターは高さ4 m、HRT 3.2 hour、流量3444 L/dayであり、全COD_{Cr}除去率は91.7%、SS除去率は88.3%である。流入水は、初沈通過後の実下水を用いた。流入水の水質は、全COD_{Cr} 184 mg/L、溶解性COD_{Cr} 130 mg/L、pH 6.64、DO 1.4 mg/Lであった。

2.2 散水負荷変化のショックロード実験

DHSの計画HRTは、スポンジ担体の有効体積を基に算出し、流下させる廃水流量を決定している。流下させる廃水は、リアクターの頭部の全面に均一に滴下されることが望ましいが、廃水は、実際には散水装置を用いて任

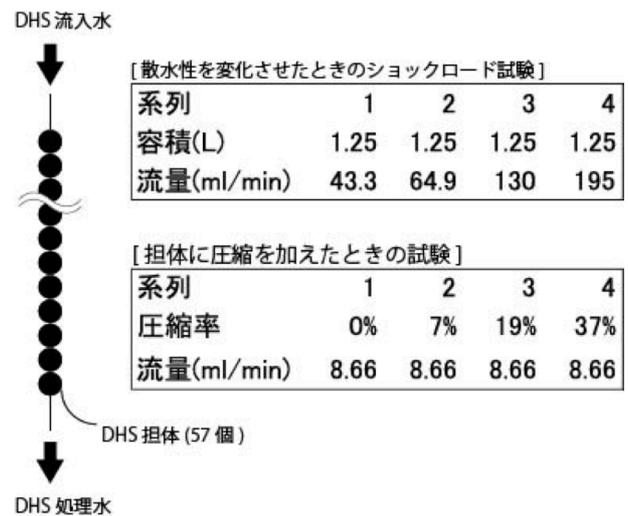


図1 実験系

意の回転速度(データ不提示)で制御しながら散水している。流入水は、散水器によってスポンジ層に均一分散するように設計されているが、その均一の具合は回転速度により負荷にばらつきが出てくる。スポンジ層が高さ2000 mm、直径1600 mmでHRT3hrのリアクターでは、流入水が均一に散水されたと仮定したときの計画散水負荷は $0.36 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{hour})$ である。(計画散水負荷とは、スポンジ層を上部から見た平面の単位面積に対して、単位時間あたりに通過する流入水の流量である。)しかし、実際の流入水は、例えばその回転速度が1rpm(1分間に1回転する回転速度)と仮定したときの瞬間的な最大の散水負荷は、インド・アグラのDHSの設計値を基に算出すると $5.364 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{hour})$ である。この値は計画散水負荷の実に約15倍の散水負荷に相当する。そこで今回は回転速度が0.5 rpm (30倍)、1rpm (15倍)、2rpm (7.5倍)、3rpm (5倍)の4つの回転速度を想定し、それぞれ4つ系列に異なる流量を流したときの処理能力を評価した(図2)。測定項目はPH、DO、全COD_{Cr}、溶解性COD_{Cr}である。

2.3 有効容積変化のショックロード実験

DHS 担体は、経年劣化により徐々に縮んでしまうことが推測され、それに伴い有効容積も変化する。故に HRT 条件の変化が示唆され、処理能力の低下が懸念される。本実験では 2.2 節で用いたスポンジ系列を用いて、個々のスポンジを人為的に潰し、それぞれの高さを 1600 mm、1480 mm、1300 mm、1000 mm と変化させた。流入水量は、実規模の DHS リアクター(高さ 2000mm、HRT3 時間)と運転条件を同等として、流量を 8.655mL/min に設定した(図 1)。評価項目は、有効容積の変動時における処理能力と、トレーサー試験による実測 HRT の変化とした。測定水質項目は pH、全 COD_{Cr}、溶解性 COD_{Cr} とした。

3. 実験結果と考察

3.1 散水負荷変化における処理性能

図 2 は、4 系列で散水負荷を変えたときの処理性能を示す。散水負荷が 5 倍時の全 COD_{Cr} は、17.0 mg/L、溶解性 COD_{Cr} で 13.0 mg/L であった。一方で、22.5 倍時の全 COD_{Cr} は、23.6 mg/L、溶解性 COD_{Cr} で 21.9 mg/L であった。従って、負荷の増大に伴い流出 COD_{Cr} 水質も徐々に増加した。DO については、散水負荷が 5 倍時は 7.63 mg/L であった。一方、22.5 倍の時では 6.70 mg/L であり、負荷の増大につれて DO も徐々に増加する傾向が得られた。

3.2 圧縮率変化における処理性能

図3は、4系列で圧縮率を変化させたときの処理性能を示す。本実験からは、有効容積の変化がCOD_{Cr}とDOの処理性能に影響を与えることは無いといえる。図4は有効容積変化に伴うHRTの変化である。1600mmのときは127minであり、有効容積の変化に伴って1000mmのときは97minまで減少した。

4. まとめ

本研究では、DHSのショックロード時における処理性能の評価を目的に実測HRTおよび有機物処理性能の評価を行った。その結果、散水負荷の変化量が、計画負荷の22.5倍までの範囲内では、急激な処理水質の悪化が見られず、インド・アグラの散水負荷の設計条件は、処理の許容範囲内であることが分かった。また今回の圧縮率の範囲内でも水質は悪化せず、許容範囲内であることが分かった。

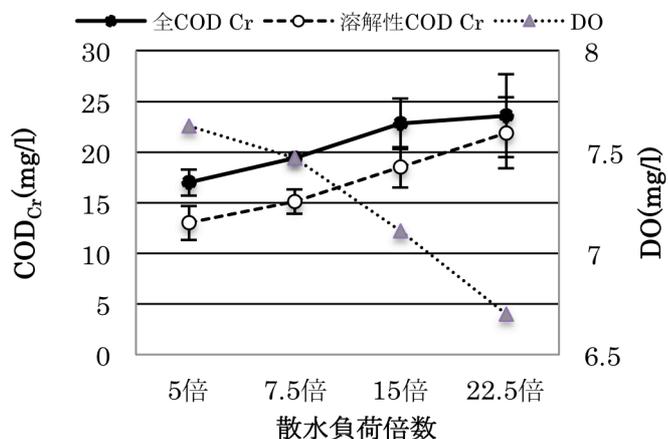


図 2 各散水負荷での処理性能

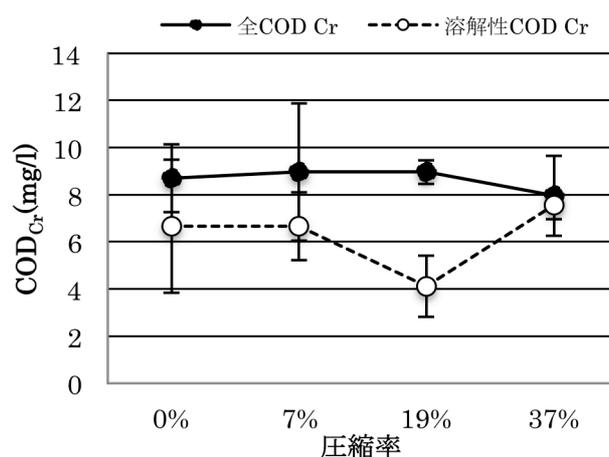


図 3 各圧縮率での処理性能

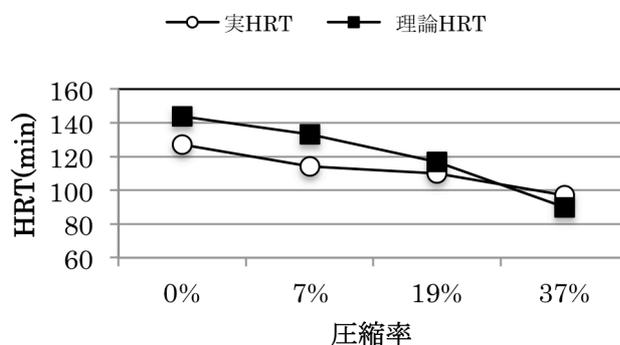


図 4 各圧縮率での実 HRT と理論 HRT

5. 謝辞

本研究は、平成23-28年度JST・JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業の受託により実施しております。記して関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) タンドカールマダンら、環境工学研究論文集、第41巻、pp.155-164.
- 2) 松永ら、環境工学研究論文集、第46巻 pp.623-628.