

# 長野県の豆腐加工工場廃水における UASB/DHS 処理法及び DHS 処理法に伴う固形物の収支

長野工業高等専門学校 学生会員 ○野本明里 有賀聡美 正会員 浅野憲哉  
長岡技術科学大学 学生会員 大槻洸太 正会員 山口隆司

## 1. 研究の背景及び目的

活性汚泥法は、汚水中の有機物の除去率が高いという特徴があるが、曝気によるエネルギー消費、余剰汚泥の処分及び細かい維持管理が必要という問題がある。本研究グループでは数年来、省エネルギーかつ余剰汚泥発生量の少ない下水処理技術として、上昇流嫌気性汚泥床 (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket: UASB)法と下降流スポンジ懸垂 (Down-flow Hanging Sponge: DHS) 法を組み合わせたシステム (以後、UASB/DHS システムと称す)を提案している。

嫌気性処理法の1つである UASB 法は、曝気が不要で省エネルギー、余剰汚泥の発生量が少ない単純なシステムであり、維持管理が容易、少ない設置面積で利用可能、メタン(以後、 $\text{CH}_4$ )をエネルギーとして回収可能といった利点を持つ。

好気性処理法の1つである DHS 法は大気から酸素の取り込みを行うため、エアレーションが不要であり、UASB 法の長所を損わず残存有機物や固形物を除去できる。さらには、余剰汚泥の発生量も少ないため、その処分コストを削減できる。これまでの研究より処理性能の高さ、維持管理の容易さがある。

UASB法のメリットとDHS法のメリットに加えて、上向流式と下向流式は組み合わせることが容易であるためUASB/DHSとして開発された。

本研究では、UASB/DHS 処理法に加え有機物の流れを知るために DHS 処理法を単独で運転し、長野県内にある豆腐加工工場廃水の処理法として利用しその処理機能における固形物の収支について以下に記す。

## 2. 実験方法

### 2.1 運転方法

図1にUASB/DHSリアクターの概要を示す。UASB、DHSリアクターへの給水は処理原水用の水槽を用意しそこからポンプを使い一定の流量で供給した。原水タンクの容量は300Lとした。また、流入基質濃度に影響がないよう常時攪拌を行った。

UASBは容積31.8Lで運転し、水温が20℃より大幅に

低下したら、実プラントの廃水水温を想定してUASBリアクターを温水ヒーターで20℃に加温した。また、UASBから発生するガスの発生量を記録するため、ガスメーターを設置した。DHSのカラム容積は39Lでスポンジ容積は14.91Lで運転した。運転開始から719日まではUASB/DHSシステムで、その後はDHS法のみで処理を行った。なお、DHS法の場合のみは、原水タンクから直接DHSリアクターにポンプをつなげて行った。

### 2.2 分析項目

原水と処理水の温度とpHは週1回程度測定し原水タンク、UASB、DHSの各流出口からサンプリングを行い水質分析を行った。分析項目としては、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、DHS沈殿物のSS、VSSの測定を行った。なお $\text{COD}_{\text{Cr}}$ はHACH社の水質分析キット(吸光光度法)により全成分(T-COD)と溶解成分(S-COD)に分けて測定した。

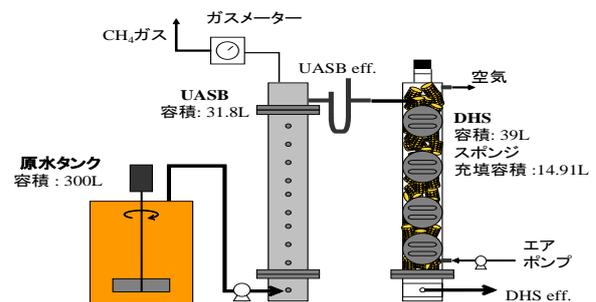


図1 UASB/DHS リアクターの概要

## 3. 研究結果及び考察

表1に各項目の水質濃度の平均値を示す。値は定常状態に入った63日目以降のものを用いた。

HRTは、UASBでは9時間(以下、h)、DHSでは4hにしていたが、徐々に早くしていきUASBでは約5h、DHSでは約2.5hにして行った。

UASB/DHSシステム(63-699日)でのSS、BOD、 $\text{COD}_{\text{Mn}}$ の濃度は表1の通りである。長野県の上乗せ排水基準( $\text{SS} \leq 30\text{mg/L}$ ,  $\text{BOD} \leq 20\text{mg/L}$ )と比較するとT-BOD濃度は達成できてない。しかし、S-BOD濃度では基準値を達成した。後処理として沈殿槽を設ければ下水処理施設として利用可能であることが示唆された。

DHS法のみ(727-762日)ではSS濃度がUASB/DHS

システムに比べ高くなっていった。BOD, COD<sub>Mn</sub>については実験データが少ないため、今後も実験を続けていき考察を行う。

### 3.1 有機物除去率

図2にCOD<sub>Cr</sub>除去率のグラフを示す。COD<sub>Cr</sub>量は有機物量とほぼ等しいので有機物除去率として考える。UASB/DHSシステムで処理を行ったときのUASB処理水のCOD<sub>Cr</sub>除去率は平均55.6%であり、約半分の有機物が除去された。しかし、開始から601日目に測定したときのT-COD濃度は、原水で431mg/L, UASB処理水で443mg/Lを示した。UASB処理水のT-COD値は、原水よりも高い値を示した。一方、S-COD濃度は、原水で203mg/L, UASB処理水で91mg/Lを示した。S-COD濃度は約4割除去された。原因としては、UASBリアクター内のグラニューールが502日目には103cm程度あったのに比べ671日目には58cmに減少していたこと、UASBリアクターとDHSリアクターを繋ぐU字管にグラニューールが沈殿していたことから、処理の過程で小さくなったグラニューールが処理水と共に流出したことが挙げられる。

DHS処理水では、有機物除去率は平均90.3%となり、UASB処理水より大幅に有機物を除去することができた。しかし、HRTが短くなるにつれて有機物除去率が約10%低下した。このことから、HRTは2.5hよりも4hの方が適していることが示唆された。

DHS法のみでの処理では、727日でHRT2.7hでありUASB/DHS法とほぼ同じだった。有機物除去率は78.7%で、UASB法があったときに比べ約10%低下した。しかし、DHS法のみでの実験は始めてから1ヵ月半程しか経っていないので、今後も考察を続ける必要がある。

### 3.2 COD<sub>Cr</sub>組成について

図2にHRTによるCOD<sub>Cr</sub>組成の変化について示す。今回はHRTを徐々に早くしていったので、平均HRT9.4h(190-275日)とHRT6.7h(538-622日)の2つの期間でのデータを用いた。HRT9.4hのときのUASBリアクターへの平均流入T-COD<sub>Cr</sub>濃度及び流出T-COD<sub>Cr</sub>濃度は989.9mg/L, 359.5mg/L, HRT6.7hでは460.5mg/L, 297.4mg/Lであった。2つの期間の流入T-COD<sub>Cr</sub>濃度が大きく違うがこれはプラントを置

いている実工場廃水の実験データによるものである。T-COD<sub>Cr</sub>除去率はHRT9.4hでは63.7%, HRT6.7hでは35.4%であった。総CH<sub>4</sub>(溶存CH<sub>4</sub>とガス状CH<sub>4</sub>の合計)変換率は、HRT9.4hでは59.1%, HRT6.7hでは63.7%であった。これより、HRTが異なる時も流入T-COD<sub>Cr</sub>量の約60%がCH<sub>4</sub>に変換されることが示唆された。HRT6.7hの流出T-COD<sub>Cr</sub>量が流入T-COD<sub>Cr</sub>量を上回った。HRT6.4のS-COD<sub>Cr</sub>除去率は70.2%, 固形のCOD<sub>Cr</sub>除去率は8.6%で、固形のCOD<sub>Cr</sub>があまり除去されていない。流入と流出のT-COD<sub>Cr</sub>量はほぼ等しいことを考えると、先ほどのグラニューールの流出によることが原因であると考えられる。

表1 各水質濃度の平均値

実験結果					長野県上乗せ排水基準
mg/L(±標準偏差)					
		原水	UASB	DHS	
UASB/DHSシステム	SS	269.4(±83.0)	172.9(±95.1)	24.5(±18.6)	30
	T-BOD	454.7(±199.1)	157.3(±83.9)	44.8(±29.3)	20
	S-BOD	-	-	12.1(±10.1)	20
	COD <sub>Mn</sub>	812.6(±374.0)	327.1(±154.9)	60.1(±55.0)	-
	T-COD <sub>Cr</sub>	387.5(±220.2)	68.3(±26.3)	37.1(±22.6)	-
	S-COD <sub>Cr</sub>	90.6(±22.8)	58.3(±18.5)	15.4(±1.6)	-
	COD <sub>Cr</sub> 除去率%	-	55.4(±25.6)	91.1(±6.8)	-
DHS法のみ	SS	257.5(±54.5)	-	105.5(±87.3)	30
	T-COD <sub>Cr</sub>	660.5(±192.1)	-	134.5(±38.3)	-
	S-COD <sub>Cr</sub>	326.2(±97.8)	-	75.8(±25.3)	-
	COD <sub>Cr</sub> 除去率%	-	-	78.7(±5.9)	-

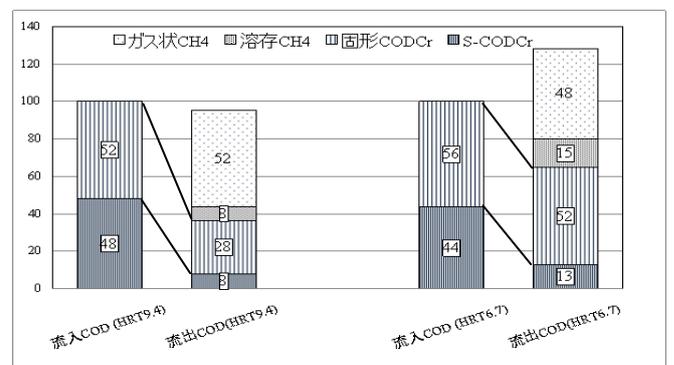


図2 HRTによるCOD<sub>Cr</sub>組成の変化

## 4.まとめ、今後の展開

UASB/DHSシステムではCOD<sub>Cr</sub>除去率が約90%と高かった。COD<sub>Cr</sub>除去率の約60%がCH<sub>4</sub>に変換されることが示唆された。しかし、UASBリアクター内でグラニューールが減少し、有機物除去率に影響が及んでいる可能性がある。

DHS法のみでは有機物除去率が約10%下がってしまった。スポンジの汚濁が進んでいるので、洗浄し汚濁をなくしたときの処理性能の違いについても比較し検討する必要がある。