

(4) 嫌気性懸垂型スポンジろ床 (AnDHSリアクター) による低濃度有機性排水のメタン発酵処理

角野 晴彦^{1*}・室田 龍一¹・大橋 晶良²・原田 秀樹²・珠坪 一晃³

¹岐阜工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑2236-2)

²長岡技術科学大学 環境システム工学系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1)

³国立環境研究所 水土壤環境研究領域 (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

* E-mail: sumino@gifu-nct.ac.jp

本研究では、低濃度有機性排水処理を対象とした新規な嫌気性懸垂型スポンジろ床 (AnDHSリアクター) を開発した。300~400 mgCOD/Lの人工排水の連続処理実験を行い、室温20℃・HRT 2 hr、室温15℃・HRT 4 hrの運転条件において、全COD除去率70~80%、メタン回収率60~90%を達成した。処理水循環が処理性能に与える影響を調査し、循環比0で最も高いCOD除去率を得た。単一基質を一時的に供した実験より、最適基質濃度条件で通常運転の2~3倍の基質除去能を持つこと、さらに低濃度排水の処理を試みる価値があることが示された。本リアクターは、生物膜状汚泥の植種を要せず、500日以上の実験期間中、プロセスの破綻を招く汚泥流失などのトラブルは皆無で、従来法よりも簡単な運転管理であった。

Key Words : low strength wastewater, AnDHS, ambient temperature, high rate treatment, easy maintenance

1. はじめに

我々の研究グループでは、低濃度有機性排水の処理において、消費エネルギーや余剰汚泥を低減させるために嫌気性処理の適用を試みている^{1) 2) 3) 4)}。なかでもメタン発酵型の嫌気性処理は、低濃度有機性排水の創エネルギー・炭素循環処理を可能にする。また、低濃度有機性排水の排出量は莫大であり、これらの排水処理にかかるエネルギーを削減することは非常に意義がある。

嫌気性排水処理の主流技術は、グラニュールと呼ばれる集塊状の嫌気性生物膜を利用するUASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) やEGSB (Expanded Granular Sludge Bed) 等の方法である。このような既存の嫌気性処理法に低濃度有機性排水を供給した場合、処理の主役であるグラニュールの形成⁵⁾を行うことは困難である。

Rebac⁶⁾、川崎⁷⁾は、500~800 mgCOD/L程度の低濃度排水をEGSBリアクターを用いて、有機物負荷や線流速の制御により、保持グラニュールの物性、汚泥滞留時間 (SRT) の維持を実現し、高速・高効率処理を可能にした。しかし、さらに低い有機物濃度の排水では生物

膜への基質供給の律速などの要因からグラニュールの形成・維持が困難であり、また実際のプラントの運転開始時に相当量の植種グラニュールを準備することも困難である。

グラニュール以外の嫌気性生物膜利用法としては、近年ワーゲニンゲン大のグループから、ポリウレタンフォームを用いた嫌気性固定床の報告がある^{8) 9)}。固定床体積当たりの汚泥濃度は15 gVSS/L程度まで保持できるが、VSS当たりのメタン生成活性は同じシステム内のグラニュール汚泥の約1/4と低く、SSの捕捉を主な役割としている。

そこで筆者らは、低濃度有機性排水に適した嫌気性処理として、嫌気性懸垂型スポンジろ床 (Anaerobic Down-flow Hanging Sponge Reactor: 以降AnDHSリアクター) を提案する。AnDHSリアクターは、密閉槽に懸垂したスポンジろ床上部から、排水を滴下して重力で流下中にスポンジを住処とした嫌気性微生物によって処理される仕組みである。多孔質なスポンジと懸垂型の処理方式の組み合わせは、嫌気性微生物がスポンジの細孔に捕捉あるいはスポンジ繊維に付着・保持され、基質-微生物の接

触を容易にすることを期待した。

本研究では、無加温運転を想定した $15 \cdot 20^{\circ}\text{C}$ 温度条件においてAnDHSリアクターによる低濃度排水(300~400 mgCOD/L)の連続処理実験を行い、処理性能の評価と最適運転条件(循環比など)を検討した。

2. 実験方法

(1) 実験装置

図1に、AnDHSリアクター実験装置の概要を示す。ろ材は、三角柱(柱長20 cm、断面積 4.5 cm^2 、孔径0.83 mm、間隙率95%)のポリウレタン製のスポンジを用いた。ろ床は、スポンジ柱を水平方向にして塩化ビニール板に接着し、高さ方向に全37本(ろ床高165 cm)とした。スポンジ内の間隙体積は3.0 Lであり、排水滞留時間(HRT)の算出にはこれを用いた。嫌気状態を保つために、ろ床は密閉槽内に懸垂した。排水は、上部の越流型分散器を経てスポンジろ床に滴下され、ろ床の嫌気性微生物と接触しながら流下し、下部で流出水が得られる。リアクターには、流出部から流入部へ循環ラインを設けた。

植種は、運転開始前に消化汚泥、運転36日目に分散した中温グラニュール(実食品排水処理)を適宜希釈して循環運転させることで行った。植種量は、スポンジ内の間隙体積当たり消化汚泥で0.8 gVSS/L、分散グラニュールで6.6 gVSS/L、計7.4 gVSS/Lとなった。

(2) 連続処理実験

連続実験で供給する人工排水は、炭素源としてスクロ

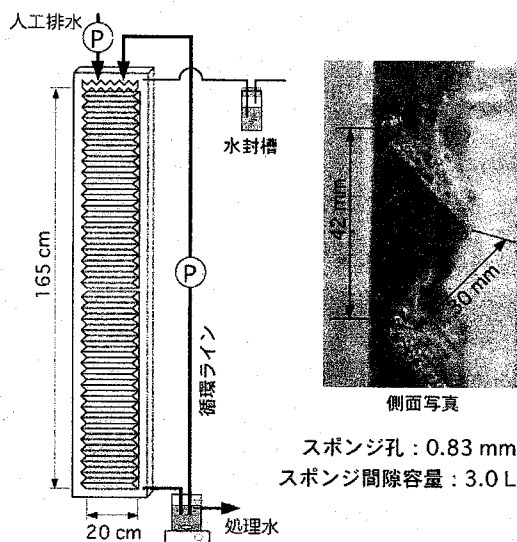


図1 実験装置の概要

ース、酢酸、プロピオン酸、酵母エキスをCOD比4.5 : 2.25 : 2.25 : 1で含み、400 mgCOD/Lに調整した。また、人工排水には嫌気性微生物に必要な無機塩類¹⁾と、pH緩衝剤として炭酸水素ナトリウムを加えた。また、流入水のORPは硫化ナトリウムの添加により-50~200 mVに制御した。リアクターの運転条件として、HRT、循環比、室温(水温)を変化させ、排水処理状況とメタン生成状況の把握を行った。

(3) 単一基質供給実験

各運転条件において処理性能が安定した期間において、連続処理実験で供給する人工排水を、一時的に単一基質(酢酸、プロピオン酸あるいはスクロース)に変更させ、各基質の分解特性を調査した。実験基質の濃度は、数段階(100~2600 mgCOD/L)に変化させた。有機物以外の組成は、連続処理実験と同一とした。流出水のサンプリングは、実験基質を通水してからHRTの4倍時間後に行った。

(4) 分析方法

2回/週の頻度で、流入・流出水をスポットサンプリングし、全COD、溶解性COD、揮発性脂肪酸(Volatile Fatty Acid: VFA)等を分析した。同時に生成ガスの生成量、ガス組成を分析した。溶解性の試料は、孔径 $0.4 \mu\text{m}$ のガラス繊維濾紙(GB-140、ADVANTEC社)を通過したものを用いた。COD分析は多項目水質分析計(DR-2400、HACH社)、VFA分析はFIDを備えたガスクロマトグラフ(GC-14B、Shimadzu社)、ガス組成分析はTCDを備えたガスクロマトグラフ(GC-8A、Shimadzu社)によって行った。生成ガスは、水封槽を経てアルミニウムバッグに回収した後、湿式ガスメーター(WS-1A、SHINAGAWA社)によって生成量を測定した。

単一基質供給実験では、溶解性COD、VFA、スクロースを分析した。スクロース分析は、一般・食品分析酵素試薬(F-キット、J.K. Inter National社)によって行った。

3. 実験結果と考察

(1) 連続処理性能

図2に、AnDHSリアクターの運転条件、(a)全COD、(b) COD除去率、(c) メタン回収率の経日変化を示す。運転30日目以降、COD除去が徐々に進行するようになった。室温 20°C 、HRT 4 hr(容積負荷 $2.2 \text{ kgCOD/m}^3/\text{day}$)、循環比2の条件において、運転140日目以降に全COD除去率は70~80%に達した。HRTを2 hr(容積負荷 $4.2 \text{ kgCOD/m}^3/\text{day}$)に短縮後、循環比2と1の条件において、全COD除去率は時折変動するが、溶解性COD除去率は

60～70%で安定していた。これは、汚泥の剥離が処理悪化の原因であることを表している。循環比0にすると、処理水の全・溶解性CODの差は減少し、除去率は75～90%に向上した。全期間を通じて、処理水の残存有機物は、酢酸とプロピオン酸で約9割を占めていた（データ不提示）。

運転359日目より、HRT 2 hr、循環比0のまま室温（水

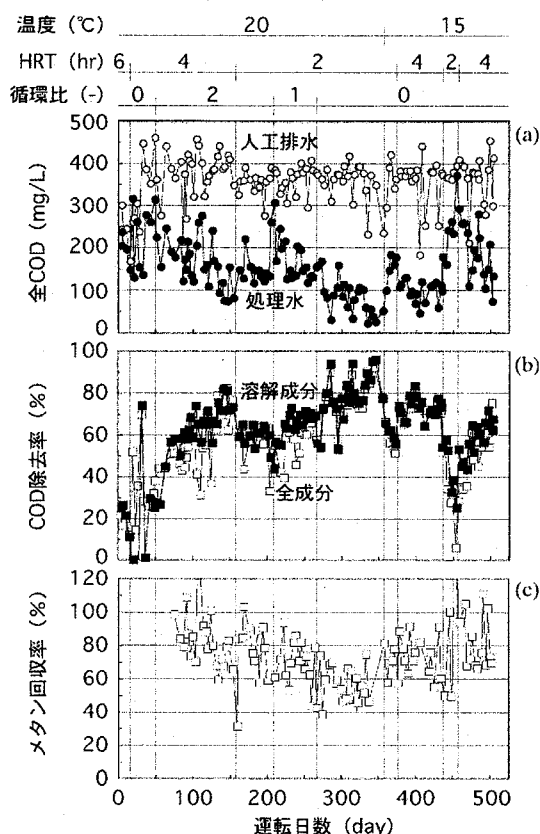


図2 連続処理性能

(a) 全COD (b) COD除去率 (c) メタン回収率

温)を15℃に低下させた。室温変更の直後から処理が悪化したため、運転372日目よりHRTを4 hrに倍にして性能の回復を図った。その結果、全COD除去率は、HRTの延長から5日後には75%程度まで回復した。運転435日目より、再度HRT 2 hrに短縮を試みたが、処理は安定することなくCOD除去率は低下の一途をたどった。

メタン回収率の算出は、採取メタンガスに溶解性メタン（気相部のメタン分圧と水温から算定¹⁰⁾）を足したものを、除去全COD量で除した。なお、人工排水の硫酸塩濃度は1～3 mg/L程度であり、硫酸塩還元によるCOD除去への寄与は極めて小さかった。メタン回収率は、室温20℃、HRT 2 hr、循環比0において平均56%と若干低かった。その他の運転条件では、60～90%（その内、溶解性メタン25～40%）の良好なメタン回収率が得られた。よって、AnDHSリアクターのような懸垂型の嫌気性ろ床においても、従来法と同程度のメタン回収ができた。また、生物膜状汚泥の植種を行わずとも、嫌気性排水処理でしばしば観察される汚泥流失等のプロセス破綻の要因となるトラブルは実験期間を通じて観察されなかった。以上の結果から、AnDHSリアクターは、これまで困難であった低濃度有機性排水の炭素循環処理に有用であると考えられる。

(2) 循環比が処理性能に及ぼす影響

表1に、室温20℃、HRT 2 hr（運転162～358日目）の条件における各循環比での排水処理性能をまとめた。循環比を下げた方が、COD除去率は高くなる傾向を示した。処理水の固形性CODは、循環比0で平均16 mg/Lであり、循環比2、1（平均40、53 mg/L）の半分以下に抑えられた。AnDHSリアクターのHRT 2 hrにおける理論的な流下線流速は、循環比0、1、2でそれぞれ83、165、248 cm/hrである。これより、循環比の低減によりAnDHSリアクターで流下線流速を遅くすることは汚泥の剥離軽減に寄与すると思われる。

表1 各循環比の処理性能（HRT 2 hr、処理温度20℃）

循環比 (-)	運転日数 (日間)	箇所	全COD (mg/L)	溶解性COD (mg/L)	固形性COD (mg/L)	全COD 除去率 (%)	溶解性COD 除去率 (%)
2	49	人工排水	358 (29)	303 (36)	55 (30)	54 (14)	59 (6)
		流入水*	227 (47)	182 (27)	45 (37)		
		処理水	166 (59)	126 (25)	40 (44)		
1	56	人工排水	364 (30)	328 (39)	37 (21)	54 (12)	65 (6)
		流入水*	261 (24)	217 (20)	45 (27)		
		処理水	167 (38)	114 (14)	53 (38)		
0	90	人工排水	354 (47)	293 (77)	55 (27)	76 (10)	78 (12)
		処理水	84 (42)	68 (43)	16 (6)		

*循環運転により人工排水と処理水が混合したもの、循環比と各濃度を用いた計算値
(): 標準偏差

循環比2、1、0における溶解性CODの平均除去率は、59%、65%、78%となり、循環比を下げると除去率が向上するという効果が明らかに現れた。生物膜を用いる従来の嫌気性リアクターの場合、処理水循環や機械等によって適切な攪拌作用（すなわち流速）を与えることで、基質・微生物の接触を確保し処理性能を安定・向上させている報告が多い^{1) 11) 12) 13)}。これは、生物膜の形成・維持や短絡流の回避のため、ある程度の物理的攪拌が必要であることに依っている。AnDHSリアクターでは循環比が0で、流下する排水の流速が低い条件下でも処理性能が悪化することはなかった。好気条件で運転したDHSリアクターの実測HRTは理論的HRTの80%程度であり、排水はスポンジ内の間隙を充分に利用して流下していた¹⁴⁾。AnDHSリアクターにおいても、懸垂したスポンジろ床を微生物の支持体として用い、排水を重力で流下させることで、短絡流を抑え、物理的な攪拌なしに基質・微生物の接触が十分に確保されていると推測される。メタン生成細菌の酢酸分解に対する基質の飽和定数 (K_s) は、150~200 mgCOD/Lと高く¹⁵⁾、排水の有機物濃度の低下は微生物活性や増殖速度の低下を招く。そのため、AnDHSリアクターでは、循環比を0とすることで、スポンジ担体を流れる基質濃度を高く維持でき、COD除去率が向上したと考えられる。

(3) 流入濃度を変化させた単一基質供給実験

図3に、各流入濃度における単一基質供給実験の結果を示す。基質には、異なる濃度の酢酸、プロピオン酸あるいはスクロースを用いた。VFAとスクロース濃度は、COD換算値で示した。この実験は、運転335日目以降の室温20℃、HRT 2 hr、循環比0の運転条件で行った。図3 (a) の流入100 mgCOD/Lレベルでは、全ての基質（酢酸、プロピオン酸、スクロース）において、流出CODは20 mgCOD/L以下、流出VFAは10 mgCOD/L以下となった。低有機物濃度の人工排水を連続処理する嫌気性リアクターにおいて、流入水CODが変動し低い場合でも、処理水COD（VFAも含む）が低くならずほぼ一定の処理水質に留まる事例もある^{1) 10)}。AnDHSリアクターでは連続処理実験からも、流入CODが低いと処理水CODも低くなる傾向があった。これらよりAnDHSリアクターは、本連続実験よりも更に低有機物濃度の排水処理を試みる価値がある。

酢酸基質では、図3 (b) の流入500 mgCOD/Lレベルにおいても、流出水中の酢酸は検出限界（1 mgCOD/L）以下となった。酢酸基質の流入が1000~2600 mgCOD/Lでは、酢酸の除去量はほぼ一定となった（データ不提示）。これは基質濃度1000 mgCOD/L以上の条件で、基質最大消費量に達しており、図3 (c) の流入1500 mgCOD/Lレベル

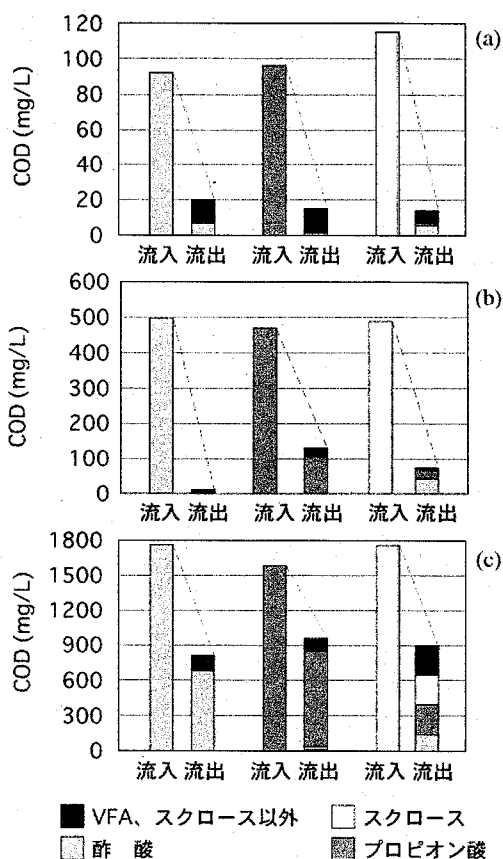


図3 室温20℃、HRT 2 hr、循環比0における各流入濃度の単一基質供給実験

流入CODレベル (mg/L)
(a) 100 (b) 500 (c) 1500

の値よりリアクター容積（スポンジ内の間隙体積）当たりの酢酸基質の活性値を求めると、13.0 kgCOD/m³/dayとなった。同様の流入CODレベルにおいて、プロピオン酸、スクロース基質を供給し活性値とすると、92、10.4 kgCOD/m³/dayとなった。これらは、連続運転の容積負荷4.2 kgCOD/m³/dayの2~3倍高い値であった

プロピオン酸基質では流入500・1500 mgCOD/Lレベルにおいて、流出CODのほとんどがプロピオン酸であり、プロピオン酸分解に伴って生成された酢酸は速やかにメタンに変換されていると考えられる。

スクロース基質では、流入500 mgCOD/Lレベルにおいて流出CODは酢酸とプロピオン酸がほとんどを占め、流入1500 mgCOD/Lレベルにおいては未分解のスクロースと未同定のCOD成分が加えて検出された。

(4) 室温15℃・HRT 4 hrにおける単一基質供給実験

図4に室温15℃、HRT 4 hr、循環比0における流入500 mgCOD/Lレベルの単一基質供給実験の結果を示す。こ

の実験は、運転425日目以降に行った。プロピオン酸とスクロース基質ではCOD除去率が、68%、84%であった。この結果は、室温20℃、HRT 2hr、循環比0において流入500 mgCOD/Lレベルの単一基質を供給した場合（図3(b)）のCOD除去率72%（プロピオン酸基質）、85%（スクロース基質）と同等であり、流出水のCOD組成も顕著な差はなかった。よって、プロピオン酸とスクロース基質では室温20℃から15℃の低下に対して、HRTを2倍にすることで同等のCOD除去率を得ることができた。

酢酸基質では、流出の酢酸が室温20℃、HRT 2hr、循環比0（図3(b)）で検出限界以下であったものが、室温15℃、HRT 4hr、循環比0（図4）の実験では108 mgCOD/L残存した。よって、本リアクターの有機物分解過程において、酢酸資化性メタン生成細菌が温度低下に対して比較的影響を受けやすいことがわかった。

図5に、図4のスクロース基質供給実験（室温15℃、HRT 4hr、循環比0）におけるリアクター基軸方向の基質分解状況を示す。流入・流出以外のサンプリングは、それぞれの高さでスポンジろ床の水平方向2箇所（左右端より5 cm位置）から行い、分析結果を平均して示した。

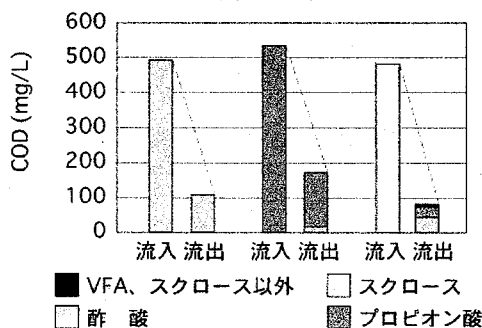


図4 室温15℃、HRT 4 hr、循環比0における単一基質供給実験

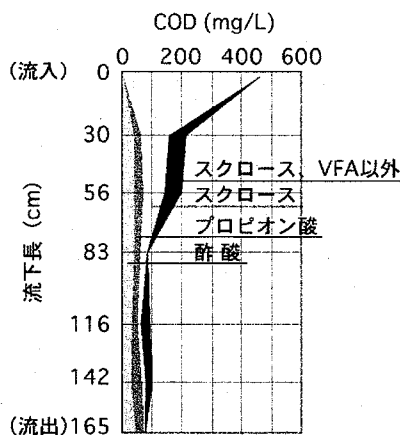


図5 リアクター基軸方向の基質分解状況（室温15℃、HRT 4 hr、循環比0、）

スクロースは、流下長30 cmで流入濃度の半分以下まで減少した。リアクター基軸方向全体において、VFAの蓄積はみられなかった。これより、スクロースから酸生成、中間代謝脂肪酸分解、メタン生成に関する各嫌気性微生物群は、高さ方向に関係なくまんべんなく混在していると推測できる。

4. まとめ

新規に開発した嫌気性懸垂型スポンジろ床、AnDHSリアクターによって300～400 mgCOD/Lの低濃度人工排水の連続処理を行い、以下の知見を得た。

- (1) 室温20℃、HRT 2hr、室温15℃、HRT 4 hrの運転条件において、全COD除去率は70～80%、メタン回収率は60～90%であった。生物膜状汚泥の植種をせずとも、運転期間中にプロセスを破綻させるような汚泥に関するトラブルは皆無で、これまで困難であった当該排水種のメタン発酵処理を従来法よりも簡単な運転管理で成功した。
- (2) 循環による処理性能の影響を調査したところ、循環比0（循環なし）が最も高いCOD除去率を得た。本プロセスでは、懸垂したスポンジろ床に排水を重力で流下させることで、低い流下線流速条件下でも基質・微生物の接触効率が十分に確保できているようで、ろ床に供給する有機物濃度を確保することが処理効率の向上に有効であった。
- (3) 室温20℃、HRT 2 hr、循環比0の運転条件で、単一基質を一時的に供給した。100 mgCOD/Lレベルの基質供給では流出VFAは10 mgCOD/L以下となり、一時的な基質濃度の低下にも対応できた。今後は、本連続実験よりも更に低濃度有機性排水の連続処理を試みる価値がある。リアクター容積当たりの活性値は、連続運転の容積負荷4.2 kgCOD/m³/dayの2～3倍高い値であった。
- (4) 室温15℃、HRT 4 hr、循環比0の運転条件で、単一基質を回分的に供給した。室温20℃から15℃の低下に対してHRTを2倍にすることで、プロピオン酸とスクロース基質のCOD除去率は維持できた。ただし酢酸基質では、明らかに除去率が悪化した。同時にリアクター基軸方向の基質分解の様相を調査した結果、COD除去は上部で活発であり、流下中にVFAの著しい蓄積はみられなかった。

謝辞：本研究は、（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「産業技術研究助成事業費助成金」（研究代表者：珠坪一晃、課題番号：03B68004）、（財）国土技術研究センター平成17年度研究開発助成

(研究代表者：角野晴彦)を受けて実施しました。実験の遂行には、当時、岐阜工業高等専門学校近藤義将氏、速水悠二氏に尽力を頂きました。記して、関係各位に感謝します。

参考文献

- 1) 川崎達也、大橋晶良、原田秀樹、珠坪一晃：EGSB リアクターによる低濃度有機性排水の高速メタン発酵処理、環境工学研究論文集、Vol.42、pp.39-49、2005
- 2) 高橋優信、倉本恵治、山口隆司、霜崎 敏、長野晃弘、角野晴彦、荒木信夫、山崎慎一、西尾尚道：硫酸酸化還元サイクルを活性化したパイロットスケール UASB/DHS システムによる都市下水の処理性能評価、環境工学研究論文集、Vol.42、pp.51-57、2005
- 3) 山崎慎一、山口隆司、荒木信夫、角野晴彦、原田秀樹：2槽式 UASB-接触酸化処理システムにおける有機物と窒素の除去特性、土木学会論文集、No.811/VII-38、pp.87-97、2006
- 4) Tawfik A., Ohashi A., Harada H.: Sewage treatment in a combined up-flow anaerobic sludge blanket (UASB)-down-flow hanging sponge (DHS) system, *Biochemical Engineering Journal*, 29, pp.210-219, 2006
- 5) 大橋晶良、原田秀樹、珠坪一晃、関口勇地、角野晴彦、星伸吾、屋井裕幸、植木恭子、ラリットアグラワル：開発途上国のための低コスト型新規都市下水処理システムの性能評価、環境工学研究論文集、Vol.34、pp.173-182、1997
- 6) Rebac S., van Lier J.B., Lens P., Stams A.J.M., Dekkers F., Swinkels K.T.M., Lettinga G.: Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters, *Water Science and Technology*, Vol.39, No.5, pp.203-210, 1999
- 7) Elmitwalli T. A., Zeeman G., Lettinga G.: Anaerobic treatment of domestic sewage at low temperature, *Water Science and Technology*, Vol.44, No.4, pp.33-40, 2001
- 8) Elmitwalli T. A., Sklyar V., Zeeman G., Lettinga G.: Low temperature pre-treatment of domestic sewage in an anaerobic hybrid or anaerobic filter reactor, *Bioresource Technology*, 82, pp.233-239, 2002
- 9) Elmitwalli T. A., Oahn K. L. T., Zeeman G., Lettinga G.: Treatment of domestic sewage in a two step anaerobic filter/anaerobic hybrid system at low temperature, *Water Research*, 36, pp.2225-2232, 2002
- 10) Van Haandel A. C., Lettinga G.: Anaerobic Sewage Treatment, *John Wiley & Sons*, 1994
- 11) Seghezzi L., Zeeman G., van Lier J. B., Hamelers H. V. M., Lettinga G.: The anaerobic treatment of sewage on UASB and EGSB reactors (review), *Bioresource Technology*, 65, pp.175-190, 1998
- 12) Lettinga G., Rebac S., Zeeman G.: Challenge of psychrophilic anaerobic wastewater treatment (review), *TREND in Biotechnology*, Vol.19, No.9, pp.363-370, 2001
- 13) Angenent L. T., Banik G. C., Sung S.: Anaerobic migrating blanket reactor treatment of low-strength wastewater at low temperatures, *Water Environment Research*, Vol.73, No.5, pp.567-574, 2001
- 14) Tandukar M., Machdar I., Uemura S., Ohashi A., Harada H.: Potential of a combination of UASB and DHS reactor as novel sewage treatment system for developing countries: Long-term evaluation, *Journal of Environmental Engineering*, February, pp.166-172, 2006
- 15) Batstone D. J. et al.: Anaerobic digestion model no.1, *IWA, Publishing*, 2002
- 16) Chu L.B., Yang F.L., Zhang X.W.: Anaerobic treatment of domestic wastewater in a membrane-coupled expanded granular sludge bed (EGSB) reactor under moderate to low temperature, *Process Biochemistry*, 40, pp.1063-1070, 2005

(2006.5.26 受付)

Treatment of Low-strength Wastewater by Anaerobic Down-flow Hanging (AnDHS) Reactor

Haruhiko SUMINO¹, Ryuichi MUROTA¹, Akiyoshi OHASHI², Hideki HARADA²
and Kazuaki SYUTSUBO³

¹Dept. of Civil Engineering, Gifu National College of Technology

²Dept. Environmental System Engineering, Nagaoka University of Technology

³Water and Soil Environment Div., National Institute for Environmental Studies

We investigated performance of a developed novel anaerobic down-flow hanging sponge (AnDHS) reactor for low-strength wastewater treatment. An artificial wastewater of 300-400 mgCOD/L was continuously fed over one year at 2, 4 or 6 HRT. Under the operational conditions at 20°C, HRT 2 hr and at 15°C, HRT 4 hr, 70-80 % of total COD removal and 60-90 % of methane recovery were achieved. Regarding operational mode, one through operation gave a better performance in COD removal compared

with recirculation mode. The results of batch experiments feeding single substrate of acetate, propionate or sucrose demonstrated that AnDHS reactor is more preferable to very low-strength wastewater and this reactor had a great potential in the volumetric substrate-degrading activities 2-3 times as large as that in the continuous experiment of restricted substrate concentration. In addition this reactor was faced with no trouble concerning sludge-retainment such as massive loss of sludge by washing through the long experiment over 500 days. This study showed that AnDHS reactor succeeded in high COD removal by methane fermentation without seeding biofilm and was obviously easier in maintenance than conventional anaerobic treatment reactors.