

(86) 生活雑排水のオンサイト処理を想定した 間欠流入条件下におけるMBRの処理性能

牛島 健^{1*}・吉川 宙希¹・A.P.HUEL GAS²・伊藤竜生¹・船水尚行¹

¹北海道大学大学院工学研究院 (〒060-8628北海道札幌市北区北13条西8丁目)

²De La Salle University (2401 Taft Avenue 1004 Manila, Philippines)

* E-mail: uken@eng.hokudai.ac.jp

分離分散型処理システムにおいては、コストと維持管理の面から極力シンプルな処理装置が望ましい。本研究では、流量調整槽を設けず、かつ、水位差のみで膜ろ過を行うシンプルなMBRでの生活雑排水処理を想定し、実際の家庭で想定される、間欠流入、水質変動の条件で実験を行い処理能力を調べた。その結果、間欠流入下でも、膜間差圧とフラックスの関係はほぼ一定で、連続流入系と比較してもファウリングの進行程度はほぼ同程度であった。COD、T-N、T-Pの除去率も、いずれも連続流入の場合とほぼ同等であり、間欠流入条件でも連続流入系と同様の設計条件を適用できることが示唆された。LASも除去率は87～99%以上であったが、フラックスが一時的に高くなる時間帯には相対的に高い濃度が確認された。

Key Words : Decentralized sanitation system, MBR, Graywater, LAS

1. はじめに

持続可能性の高い新しい資源循環の仕組みとして、分離分散型サニテーションシステムが提唱されている¹⁾。発生源において、尿尿 (Black water) と生活雑排水 (Gray water) を分け、その場で栄養塩と水の再資源化に向けた処理をする仕組みであり、「混ぜない・集めない」ことで、効率的な処理および再資源化を実現するものである。大規模で高エネルギー消費型のハードウェアに頼らず、各家庭で設置・維持管理が可能なシンプルな仕組みによって、生活排水の再資源化を可能にする技術の開発は、将来の循環型社会の実現に向けた、発展途上国・先進国に共通の課題と言える。

分離分散型サニテーションシステムのうち、尿尿については、コンポスト化処理によって、栄養塩の再資源化と大幅な節水効果が期待でき、そのための実際の処理装置の設計方法²⁾や社会システムとしての適用可能性検討³⁾もすでに一部行われている。

一方、Gray waterについては、第一に簡易の処理方法で適切に処理して排水できることが望まれる。さらには、乾燥地などでは処理水の再利用も期待される。しかしながら、現状ではいくつかの簡易の処理システムが提案さ

れているものの^{4,5)}、実際の維持管理や再利用まで視野に入れた設計を行うには至っていないのが現状であろう。

そこで本研究では、設置面積が比較的小さくても、処理能力は高く、メンテナンスも容易な仕組み^{6,7)}として、膜分離活性汚泥法 (MBR) に着目した。MBR自体は、日本国内でもすでに、商用ビル等で水の再利用を行うための処理装置として、実際に導入例が見られる^{8,9)}。ただし、この仕組みを各戸に適用し、維持管理することを考えると、できるだけ簡単な構成が望ましい。こうした観点から、著者らは、流量調整のための調整槽を省くことと、ポンプを用いず水位差のみによって膜間差圧を発生させることを考えた。

調整槽およびポンプを使用しない場合、生活雑排水は、一日の限られた時間帯にまとめて流入するため、水位の変動に伴い膜間差圧は一日の中で大きく変動することが想定される。加えて、膜間差圧の変動は膜透過フラックスの変動を伴う。このような条件下でMBRを稼働させた場合の処理能力については、ほとんど検討が行われていないと判断される。そこで本研究では、まず、実際の家庭で想定される間欠流入条件で実験を行い、そのときのMBRの処理性能を調べた。そしてその結果について、処理水の再利用も含めた観点から評価を行った。

2. 実験方法

(1) 雑排水

実験に用いた雑排水は、洗濯第一排水（以下WMWW）と台所排水（以下KSWW）を想定してそれぞれ調製した。WMWWは、洗剤濃度のもっとも高い洗濯機からの一回目の排水であり、市販の全自動洗濯機（貯留水量31Lの設定で使用）と洗濯洗剤（粉末タイプ・1回あたり26gを使用）を用い、毎回同じ衣類（合計2.5kg・着用せず繰り返し洗濯）を実際に洗濯することで作製した。KSWWの作製は、国立環境研究所の方法⁹⁾に従った。これは、野菜、魚、コーヒー用粉末クリーム等の加工食材を含む合計13種類の食材および食品残渣と台所用洗剤を材料とし、決められた手順で粉碎、混合、加熱等の処理を行うことで、実際に近いKSWWを作製する方法である。

このように雑排水を調整したのは、雑排水のうち負荷の高いWMWWとKSWWを対象に処理を行うことを想定したものである。実験では4人家族を想定し、約1/10スケールの実験装置を運転することとした。

家庭排水の時間変動パターン¹⁰⁾を参考にし、雑排水の実験装置への流入を以下のように朝と夜に設定した。朝はWMWWとKSWWを5Lずつあわせて合計10Lとしたものを、7:00～8:30（RUN2は9:00～10:30）の間で10回に分けて投入した。夜については、KSWWのみ10Lを19:00～22:00（RUN2は21:00～24:00）の間、3時間かけてゆっくり投入した。なお、対照として同量の原水(20L)を24時間かけて連続投入した場合についても実験を行った。作成したWMWW、KSWWの水質を表-1に示す。

表-1 流入雑排水の水質

	朝 (KSWW+WMWW)	夜 (KSWW)
COD, mgL ⁻¹	675	1050
TN, mgL ⁻¹	25	37
TP, mgL ⁻¹	24	4.7
PO ₄ -P, mgL ⁻¹	1.3	2.6
LAS, mgL ⁻¹	30.8	-

表-2 実験条件

	RUN1	RUN2	RUN3
流入条件	間欠		
Flux(m ³ m ⁻² day ⁻¹)	0.1～0.8	0.45～0.9	0.2
膜間差圧 (kPa)	1～3	3～4.5	0.5～0.7
処理量 (L day ⁻¹)	20		
水温 (°C)	21		
初期活性汚泥濃度 (g L ⁻¹)	15		

(2) 実験装置

図-1に示すように、水面と処理水の排出口の間の水位差による膜間差圧のみでろ過を行うシステムを作成した。膜は、塩素化ポリエチレン製MF平膜モジュール（クボタ製・浸漬型膜分離装置「液中膜」、公称孔径0.4μm、平均孔径0.2μm、濾過面積0.1m²）を使用し、反応槽下方から常時曝気（0.01m³ hour⁻¹）を行った。

先に述べたように、本システムは4人家族を想定し、約1/10のスケールで設計した。これに基づき、一日に発生する雑排水量の1時間あたりの平均値に対して、反応時間が12時間になるように、反応槽の基本部分は高さ630mm、幅227mm、奥行き90mmに設定した。ただし、原水を間欠投入した場合、投入直後は水位が上昇し膜間差圧が高くなる一方、その後は時間とともに水位が低下し、膜間差圧も徐々に低下する。この間欠運転に備え、基本部分の上部に、断面の幅235mm、奥行き200mmで高さ約400mmの貯留容量を加えた構造とした（図-1）。これにより平均流入量の12時間分相当を貯留できる。

実験条件を表-2に示す。実験開始時には、都市下水処理施設よりもらい受けた返送汚泥を、本雑排水を用いてfill & draw方式の運転により馴養し、実験に供した。汚泥の初期濃度は9g/Lとした。本実験では、朝の流入を10回に分割し、段階的に発生する水位差を週1回の頻度で計測した。これにより、膜間差圧を求めるとともに、このときの単位膜面積あたりのろ過流量（フラックス）を計測し、膜間差圧とフラックスの関係を求めた。実験は3つの運転条件で実施した（表-2）。RUN1およびRUN2では、間欠流入の条件とし、装置内の水位変動の範囲においてそれぞれ膜間差圧が1～3、3～4.5kPaとなるように水位差を設定した。RUN3については、膜ファウリング進行に対応して設定水位差を増加させ、一定膜ろ過フラックスで運転した。

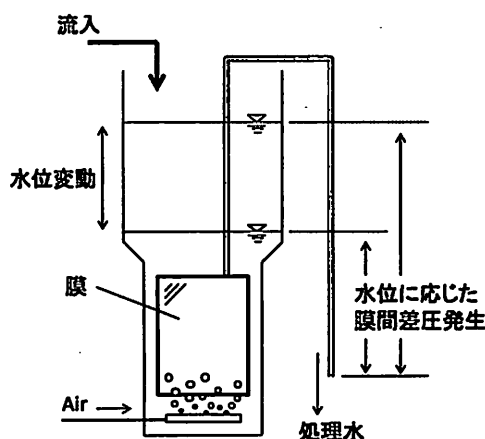


図-1 実験装置概要

RUN1, RUN2では、間欠的に原水を供給しているため、朝および夜の原水供給中に流出する処理水をそれぞれ全量採取したものについて水質測定を行った。また、汚泥の引き抜きは行わなかった。

(3) 分析項目

処理水について、化学的酸素消費量 (COD)、全窒素 (T-N)、全リン (T-P) を測定した。さらに、RUN2 についてはアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (LAS) も測定した。COD測定は二クロム酸カリウム法で行った。T-N測定はTOC-VCSH (Shimadzu製) を用いて燃焼-非分散型赤外線ガス分析法により行った。T-P測定はペルオキシ二硫酸カリウムによって酸化しモリブデン青法にて行った。LASは、真名垣らの方法¹⁰⁾により固相抽出した後、高速液体クロマトグラフ/質量分析計 (LC-MS) を用いて測定した。装置はWaters製で、高速液体クロマトグラフ (HPLC) に1525, 検出部にW3110を使用した。HPLCの測定条件を表3~4に示す。イオン化はESI のネガティブモードで行い、Nebulizer圧力: 20psi, Drying gas: 10L/min; 350 °C, Capillary Voltage: 4500Vとした。

表-3 LC部の測定条件

カラム	Wakopak(R) WS AS-Aqua (4.6×250mm)
溶離液 A:	0.2mM 酢酸アンモニウム アセトニトリル溶液
B:	0.2mM 酢酸アンモニウム 水溶液
カラム温度	40°C
資料注入量	10 μL

表-4 グラジエント設定

時刻(分)	溶離液A (%)	溶離液B (%)	流量 (mL/分)
0~15	6	94	0.15
15~70	30	70	0.15
70~70.5	90	10	0.15
70.5~80	6	94	0.25

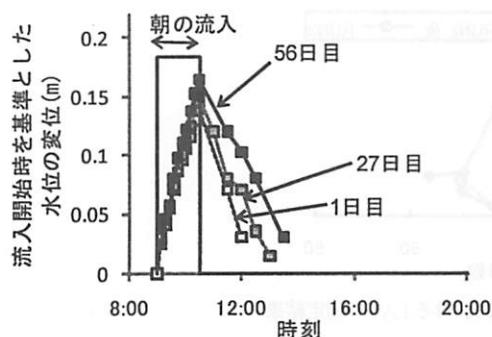


図-2 排水流入と水位

3. 結果

(1) 膜間差圧とフラックスの経時変化

図-2に、水位変化の経過を測定したRUN2の朝の場合について、排水流入パターンと、朝の排水流入に対する水位差計測結果を示す。ここでは、水位がほぼ流入開始前のレベルに戻るまで計測を行っている。反応槽の水位は排水流入中は水位が上昇し、流入終了後、1.5~2時間程度かけて概ね元の水位 (朝の排水流入が開始する時刻での水位であり、膜透過が生じない水位) に戻っていく様子がわかる。図-2に示したように、1日、27日、56日と運転を継続すると、ファウリングに伴い、膜透過フラックスと膜間差圧の関係が変化し、元の水位に戻るまでの時間が長くなっている。本実験では、56日目の時点でも、夜の排水流入開始時刻前に元の水位に復帰しており、間欠流入系である本システムにおいても十分なる過速度が保たれていたと言える。

次に、各実験において観測された膜間差圧とフラックスの関係を図-3に示す。通常の連続運転において一般に知られているのと同様、膜間差圧とフラックスの間にはほぼ比例関係が見られた。また、実験結果は、同一経過日数で比較すると、RUN1~RUN3すべてのデータがほぼ同じ直線上に分布している。このことは、膜間差圧

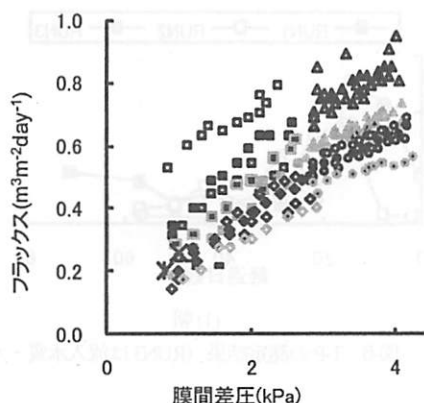
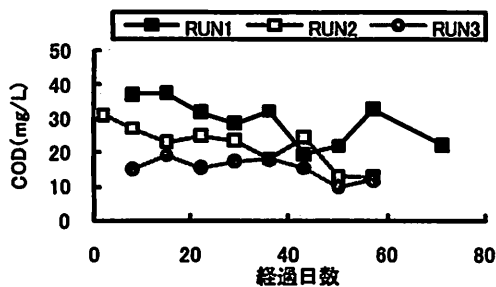
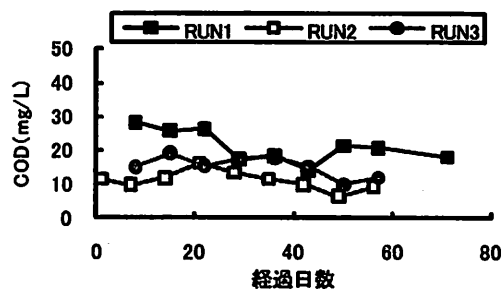


図-3 膜間差圧とフラックスの関係

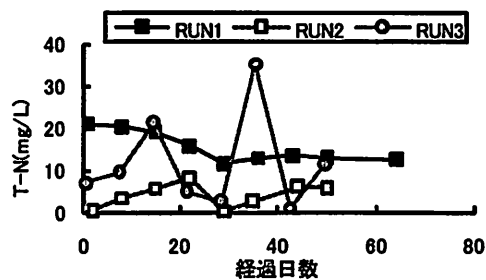


(1) 朝

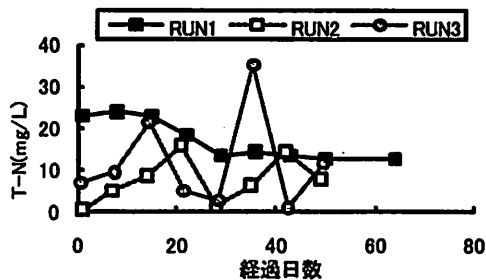


(2) 夜

図4 CODの測定結果 (RUN3は流入水質・水量一定のため朝と夜は同じデータをプロット)

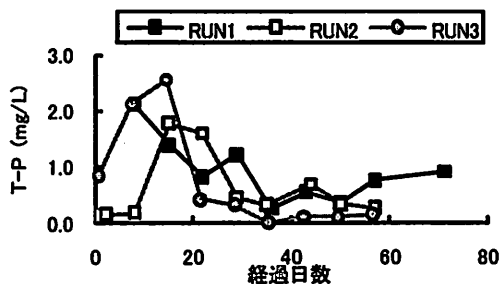


(1) 朝

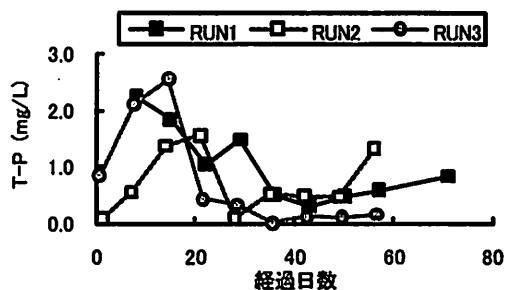


(2) 夜

図5 T-Nの測定結果 (RUN3は流入水質・水量一定のため朝と夜は同じデータをプロット)



(1) 朝



(2) 夜

図6 T-Pの測定結果 (RUN3は流入水質・水量一定のため朝と夜は同じデータをプロット)

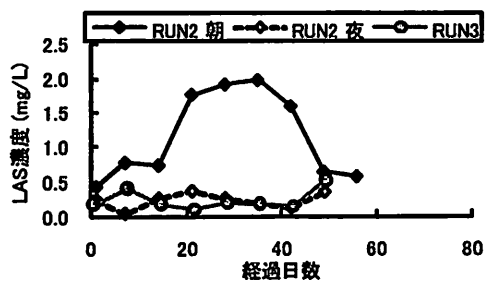


図7 RUN2朝・夜およびRUN3におけるLASの測定結果

とフラックスの関係は流入パターンの影響をあまり受けないということを示唆している。

(2) 処理水質

RUN1～3について、処理水の水質測定結果を図4～7に示す。間欠流入系であったRUN1、RUN2のCODは、ともに夜よりも朝の方が高めの傾向である。また、連続流入系であったRUN3と比べると、RUN1、RUN2の夜の処理水は概ねRUN3と近い値で推移しているのに対し、朝は連続流入系RUN3よりも高めの傾向であった。この差については次章で考察する。

ただし、CODは流入水質が朝で675mg/L、夜で1050mg/Lに対して、連続流入系との差は最大でも20mg/L程度であり、除去率で考えればその差は小さいと判断される。

LASのデータ(図7)は、RUN2とRUN3についてのみであるが、朝の処理水の濃度は、夜の処理水およびRUN3の結果よりも明らかに高い値であった。これは、本実験ではLASは朝しか流入しないため、朝の処理水には未分解のLASが一部そのまま流出してしまうものの、残りのほとんどは夜の流入が始まるまでには分解され、結果、夜の処理水中のLASは低濃度となっているものと考えられる。ただし、朝の処理水のLAS濃度が、20～40日目の一定期間のみ非常に高く、その後低下した原因については不明である。

T-N、T-Pは、実験ケースによって数値の変動に一定の傾向が見られない部分もあったが、間欠流入系のRUN1およびRUN2と、連続流入系のRUN3との間に明確な傾向の差は見られなかった。

なお、連続流入系と間欠流入系に共通する条件として、使用した雑排水のCOD、T-N、T-Pの濃度比は、1日平均で考えると243:9:1となり、一般に考えられている微

生物増殖に適した比からすると、N、Pが過剰にあるとは言えない状態である。そのため、微生物量が増える期間にはN、Pの微生物体内への取り込みによって、T-N、T-Pの除去率が比較的高くなることが想定される。本実験では汚泥引き抜きを行わなかったため、3つの運転パターンともにMLSS濃度は実験開始時(9g/L)より増加し、約30日後にはMLSS濃度が15g/L程度になって安定した。よって、微生物量が増加した実験開始当初30日目までは、微生物体内へのストック量の増加が進み、処理水のT-N、T-P濃度は低くなるのに対し、MLSS濃度が安定化する30日から後は、ストック量と微生物の自己分解による放出量が釣り合い、見かけ上はほぼ流入濃度=放流濃度となる状況が予想される。しかし結果的には、本実験のRUN1～3のいずれも、上記の傾向が明確に見られる結果にはならなかった。図5～6に示す変化が実際どのようなメカニズムによって起こったのかについては、各項目の収支についてもう少し詳しいデータを取り、その上で解析する必要がある。

4. 考察

(1) 間欠流入によるMBRのオペレーションと設計

本システムでは膜の洗浄はエアレーションのみで実施している。よって、膜のファウリングの進行に伴い、間欠的に流入させた排水のろ過に時間を要するようになり、最終的には一日に投入した排水をろ過しきれず、平均的に水位が上昇するようになる。こうした状態になると、運転を中止し膜の交換または化学的な洗浄が必要になる。しかし、前出の図2に示したように、本実験では、エアレーションによる膜の洗浄のみで、約60日間の運転が可能であったことを示している。

実際の家庭で想定される間欠流入条件においては、膜間差圧が1日の中で大きく変動するため、当初、一時的に膜間差圧が高くなる際にファウリングが起こりやすくなることが想定された。しかし、結果として本実験ではそのような状況は認められなかった。すなわち、RUN1およびRUN2を含む約1～4kPaと広い膜間差圧の範囲において、膜間差圧と流量は、ほぼ正比例の関係を示した。

ここで、間欠流入系と連続流入系におけるファウリングの進行を比較するために、RUN1およびRUN3の膜間差圧とフラックスのデータを用いて、膜間差圧がそれぞれ1.0、1.5、2.0 kPaのときのフラックスを内挿補間によって算定し、経過日数で整理した。結果を図8に示す。

RUN1において、ファウリングの進行によって同一膜間差圧下でのフラックスの低下が見られるが、同一経過日数で比較すると、連続流入系であったRUN3の結果と

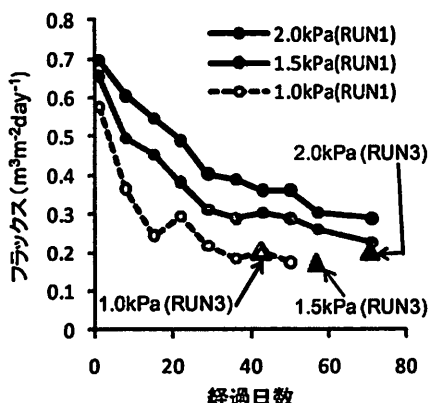


図8 膜間差圧に対するフラックスの経日変化

同程度またはむしろ間欠流入系の方が若干高いフラックスを保っている傾向が見られる。

以上の結果から、間欠流入条件においても、ファウリングの進行の程度は連続流入系とほとんど変わらないと考えられる。このことは、間欠流入型MBRの基本部分の設計には、従前の連続流入型MBRの設計値を、総処理水量で換算するだけで適用出来ることを意味する。これは、間欠流入型MBRの実用化に向けて大きなメリットと言える。

(2) 処理性能の評価

水位差利用間欠流入型MBRが連続投入一定膜ろ過フラックス型MBRと大きく異なる点として、間欠投入と水位差変動に伴う膜ろ過フラックスに伴う反応時間の日間変動ならびに膜ファウリングの進行に伴う膜ろ過フラックス減少による反応時間の長期的な変動が挙げられる。すなわち、間欠流入では短時間に雑排水が投入され、水位上昇に伴う容量の変化とフラックス変化に伴い反応時間が決定される。また、朝に投入された雑排水量に相当する処理水が夜の投入時刻前までに膜ろ過されると、雑排水の流入、処理水の流出がほとんど生じない状態でのエアレーションが継続される。そして、膜ファウリングの進行に伴う膜ろ過フラックスの低下は、この反応時間変動パターンを変化させることになる。

今回の実験では、実験開始初期に膜フラックスが同一水位差において大きくなることから、投入雑排水量を膜ろ過するのに必要な時間が短い、すなわち、相対的に反応時間が短い状態で運転され、実験継続に伴い反応時間が長くなる傾向である。このため、朝の処理水について処理水COD濃度が経日的に減少する傾向を示していると考えられるが、60日間ではその影響が連続運転の場合と比較して明確なものとはなっていない。

また、RUN1~2において朝の処理水のCODが相対的に高かった点については、2つのことが考えられる。1つは朝と夜の滞留時間の違いである。朝は10Lの雑排水を1.5時間で投入するのに対し、夜は同じ10Lを3時間かけて投入しており、間欠流入によって一時的にフラックスが増加する間の滞留時間は、朝の方が相対的に短い。

もう1つは、流入する有機物の違いによる影響である。朝と夜では雑排水質に違いがあり、今回の実験ではこれを考慮した原水を投入した。処理水のCODは朝の方が高かったのに対し、流入水のCODは夜の方が高いことから(表-1)、朝の流入水(WWW+KSWW)の方が、夜の流入水(KSWWのみ)よりも分解されにくい有機物を含んでいることが示唆される。これはWWWWに多く含まれるLASの影響が考えられる。本実験系では、LASの除去率自体は87.1~99.7% (日平均流入濃度に対し

て算出)となっているが、朝と夜の処理水を比べると、朝の方が明らかに高い値を示している(図-7)。朝の原水流入直後は、LASが高濃度でかつフラックスが大きい状況ができるため、分解しきれなかったLASが流出しやすいと考えられる。ただし、除去率から見てLASそのものがCODを高くしている原因とは考えにくく、Huelgas¹⁰⁾が指摘しているようにLASの分解産物、たとえばスルホフェニルカルボン酸(SPC)等、が残存しCODを高くしているものと考えられる。

ただし、いずれの水質項目も、雑排水質(表-1)に対する除去率としては、RUN1~3で概ね同程度と言える。よって、膜間差圧変動の大きい間欠流入の条件においても、装置としては連続投入とほぼ同等の処理性能を発揮できるものと考えられる。

本研究では間欠流入系と連続流入系で、各水質項目の除去率や時系列変化の傾向に大きな差がないことを確かめるとともに、両者の差が見られた部分についてはその原因について考察を行った。しかし、連続系も含め、そもそも本実験で使用したMBR処理装置の中で、どのようなメカニズムによってCOD、T-N、T-P、LASの減少が起こっているかについては、それを詳細に解析できるようなデータが今回の実験ではまだ得られていない。この点は今後の課題である。

(3) 排水水質の評価

本研究の装置ではRUN1~3の全てのケースにおいて、汚泥の引き抜きを実施していないため、T-N、T-Pについては除去率が低く、実験の後半の時点で概ねT-Nが10~15mg/L、T-Pが0.5~11mg/L程度であった。表流水への排出を前提とした場合には、富栄養化の原因となるT-NおよびT-Pの流出は課題と言える。ただし、排水の再利用を考える際には、再利用先によって評価の観点が大きく変わる。たとえば、処理水を灌漑用水として再利用する場合であれば、有機物(COD)が十分除去されていれば、栄養塩類の残存は大きな問題とならない場合もある。その場合には、むしろ土壌や作物に悪影響を与える物質の挙動が問題となる。

LASについては、除去率が87%以上とはいえ処理水中にはまだ最大2mg/L程度が確認されている。河川等への放流を前提としたLASのPNEC(Predicted No-effect Concentration)は、0.0037mg/L¹²⁾、0.27~0.55mg/L¹³⁾など、算出方法やアルキル鎖長によって種々の報告値があるが、本実験でえられた処理水の濃度は、特に朝の処理水については、いずれのPNEC値も上回る傾向にある。

排水の再利用に際して求められる水質は、利用目的によって大きく異なり、いくつかのガイドラインは示されているが¹⁴⁾、たとえば、灌漑用水等として利用すること

を想定した場合には、土壌中でのLASの挙動（分解および蓄積）まで考慮した基準は無い。これについては今後、具体的な再利用条件を想定しながら検討する必要がある。

5. 結論

分離分散型処理における雑排水処理の方法として、調整槽およびポンプを利用せず、水位差のみで膜間差圧を発生させる間欠流入型のMBRによる排水処理の実験を行った。得られた結果を以下に示す。

- 56日経過時点でも、朝の流入によって上昇した水位は1.5～2時間程度で元に戻っており、少なくとも2ヶ月間程度の間欠流入運転下では、十分な過速度が保たれることが示された。
- 膜間差圧が1日の中で大きく変動する条件下（およそ1～4kPa）においても、膜間差圧とフラックスの関係はほぼ一定であり、設定膜間差圧によらずほぼ同一の膜間差圧とフラックスの関係を得た。
- ファウリングの進行状況は、連続流入系と同程度かむしろ間欠流入系で進行が遅い傾向であった。
- 処理水質は、T-N、T-P、夜のCODとLASにおいて、連続流入系とほぼ同程度であった。朝のCODおよびLASは、連続流入系よりも若干高い傾向であったが、流入水質がそれぞれ675mg/L、30.8mg/Lに対して、連続流入系との差は最大でもCODで20mg/L程度、LASで2mg/L程度であり、除去率の面から考えればその差は小さいと判断される。
- 朝のCODおよびLASが相対的に高かった原因として、滞留時間の違いと朝と夜の雑排水質の違いが考えられた。ただし、詳細なメカニズムの議論については今後の課題である。

以上の結果から、MBRは一般家庭で想定される雑排水の流量変動の下でも、連続流入とほぼ同等の処理能力を発揮できることが示唆された。分解しきれなかったLASの処理については、今後は、雑排水の再利用形態も踏まえて検討する必要がある。

謝辞：本実験に使用した膜モジュールは、株式会社クボタより貸与を受けた。また本研究の一部は戦略的創造研究推進事業（CREST）（研究題名：気候変動を考慮した農業地域の面的水管理・カスケード型資源循環システムの構築）、科学研究費基盤研究（S）（研究題名：「混ぜない」、「集めない」をコンセプトとした資源回収型排水処理技術の開発と評価）の援助を受けた。

参考文献

- 1) Lopez Zavala, M.A., Funamizu, N., Takakura, T.: Onsite wastewater differentiable treatment system modelling approach. *Water Science and Technology*, Vol.46 No.6-7, pp.317-324, 2002.
- 2) 伊藤竜生, 小川真吾, 船水尚行: おがくずマトリックスの乾式コンポスト型トイレにおける乾燥特性, 環境工学論文集, Vol.43, pp.437-442, 2006.
- 3) 牛島健, 入江光輝, Neni SINTAWARDANI, Jovita TRIASTUTI, 石川忠晴: バンドン市のスラム地区における屎尿コンポスト収集輸送システムの検討, 環境工学論文集, Vol.44, pp.505-511, 2007.
- 4) Itayama, T., Saitou, T., Mizuuchi, M., Iwami, N., Inamori, Y.: Development of the distributed and separated domestic wastewater treatment system, *Proceedings of the 1st International Symposium on Sustainable Sanitation*, Nanjing, pp.61-66, 2003.
- 5) Otterpohl, R.: Design of highly efficient source control sanitation and practical experiences, *Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation*, pp.164-180, IWA Publishing, London, 2001.
- 6) Stephenson, T., Judd, S., Jefferson, B., Brindley, K.: *Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment*, IWA Publishing, London, 2000.
- 7) Mešin, T., Jefferson, B., Bixão, D., Thoeye, C., De Wilde, W., De Koning, J., van der Graaf, J., Wintgens, T.: Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. *Desalination* 187, 271-282, 2006.
- 8) Jefferson, B., Judd, S., Diaper, C.: Treatment methods for grey water, *Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation*, pp.333-353, IWA Publishing, London, 2001.
- 9) Huelgas, A., P.: Onsite Treatment of Higher-load Graywater by Membrane Bioreactor, 北海道大学大学院博士論文, 2009.
- 10) Funamizu, N., Mizukubo, T., Lopez-Zavala, M.A., Takakura, T.: Fractioning gray-water in the Differentiable Onsite-Wastewater Treatment System, *Proceedings of the First International Conference on Ecological Sanitation*, pp.164-168, 5-8 November 2001 Nanjing, China, 2001.
- 11) 真名垣聡, 小嶋早和香, 原田新, 中田典秀, 田中宏明, 高田秀重: 高速液体クロマトグラフィー質量分析計による直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩および分解産物の分析方法の開発と環境試料への応用, 水環境学会誌, Vol.28 No.10, pp.621-628, 2005.
- 12) 環境省: 化学物質と環境リスク評価, 第6巻, 第1編, <http://www.env.go.jp/chemi/report/h19-03/pdf/dhpt/11-2-3-01.pdf>, 2008.
- 13) 山本昭子, 西山直宏, 吉田浩介, 山根雅之, 石川百合子, 三浦千明: 直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩(LAS)の水圏生態リスク評価, 水環境学会誌, Vol.33, pp.1-10, 2010.
- 14) 国土交通省都市・地域整備局下水道部, 国土交通省国土技術政策総合研究所: 下水処理水の再利用水質基準等マニュアル, 2005.

(2010.5.21 受付)

**Treatment Efficiency of Membrane Bioreactor under Intermittent Feeding
With Assuming Onsite Treatment of Graywater**

**Ken USHIJIMA¹, Hiroki YOSHIKAWA¹, Aileen P. HUEL GAS², Ryusei ITOH¹ and
Naoyuki FUNAMIZU¹**

¹Faculty of Engineering, Hokkaido University

²De La Salle University

For the onsite graywater treatment in the concept of decentralized water treatment system, low-cost easy maintenance unit is preferable. This study proposes a simple MBR system that can be driven by gravitational potential energy only. No equalization tank and pump are equipped in this system, therefore MBR have to be operated at intermittent feeding depending on the life style in the practical operation. This condition was tested experimentally with monitoring membrane flux and permeate quality in terms of organic matter removal, characteristics of organic matter, nitrogen and phosphorus. As a result, correlation between trans-membrane pressure and flux was almost stable under the intermittent feeding. Two month continuous treatment was achieved without any maintenance such as membrane cleaning or change. Membran permeate quality was almost same level as the continuous feeding case. More than 87% of LAS has been removed but reaction time was not enough especially in just after feeding of LAS containing wastewater.