

ウキクサを用いた排水処理とバイオエネルギー生産

東北大学工学部 学生会員 ○岩野寛

東北大学大学院 正会員 久保田健吾 李玉友

産業技術総合研究所 玉木秀幸

1. はじめに

現在、発展途上国では下水や排水が未処理のまま水域環境に放流されており深刻な水質汚染を引き起こしている。下水処理において、我が国をはじめ先進国では活性汚泥法が多く用いられているが、活性汚泥法では曝気に膨大な電力量が必要であり、また複雑な操作を要し維持管理が困難であることから途上国での運用は厳しい。これらのことを鑑みると、排水処理技術として途上国で求められているのは低コスト、かつ維持管理の容易さだと考えられる。

そのような背景から昨今、発展途上国向けの低コスト型下水処理施設の開発が進んでいる。そのうちの1つに、曝気が不要であるにも関わらず活性汚泥法に匹敵する処理性能が得られ、余剰汚泥の発生量が少ないスポンジ懸垂 (Down-flow Hanging Sponge : DHS) リアクターがある。しかしながら、このような技術の多くが有機物を除去することは可能でも、窒素やリンなどの栄養塩を十分に除去することができない。

そこで、発展途上国向けの下水処理施設の後段処理として容易に培養することができ、かつ増殖の際に窒素やリンなどの栄養塩を吸収することで排水処理が可能なウキクサに着目した。また、ウキクサは家畜飼料としてそのまま用いることが可能な他、ソフトバイオマスであるため、メタン発酵によるバイオエネルギー生産に適していると考えられる。そこで本研究では、ウキクサによる排水処理性能の評価、およびメタン発酵によるウキクサのバイオガス生成ポテンシャルを明らかにし、ウキクサを用いた新たな省エネルギー創エネルギーの排水処理システムについて検討した。

2. 実験材料および方法

2.1 ウキクサの培養

実験にはウキクサ亜科植物のアオウキクサ (*Lemna paucicostata*) と ウキクサ (*Spirodela polyrrhiza*) の2種類を用いた。アオウキクサは葉状体の下部から1本の根が垂れ下がり葉状体は薄い緑色をしているのに対し、ウキクサは5本以上の根を持ち、葉状態も濃厚な緑色なのが特徴である。ウキクサ亜科植物は、下水の二次処理水を入れたシャーレに浮かべ、温度 25°C、照度 8000±2000 lx (24 時間点灯) にて培養を行った。

2.2 ウキクサの生分解性試験

生分解性試験は、124 mL のバイアル瓶を用いて中温 (35°C) にて 21 日間、行った。124 mL の内訳は無機塩培地や消化汚泥などの液相部が 50 mL、気相部が 74 mL であり、pH は 7.0-7.1 に調整した。投入基質は、初沈汚泥のみ、アオウキクサのみ、破碎したアオウキクサのみ、さらに初沈汚泥とアオウキクサの混合したものとした。発生したバイオガスをガスクロマトグラフにより分析し、投入 VS あたりのメタンガス生成ポテンシャルからウキクサの分解性の評価をした。また消化汚泥には、HRT30 日で下水汚泥を処理している消化槽から採取したものをを用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 ウキクサの培養

アオウキクサ、ウキクサどちらも増殖がよく1週間ほどで2~3倍に個体数を増やしてた。図-1は実際に培養したアオウキクサ、ウキクサの様子である。アオウキクサでは30日間で被覆面積が約30倍、ウキクサでは40日で被覆面積が約20倍になった。

キーワード ウキクサ 排水処理 メタン発酵

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学科 土木工学専攻 環境保全工学研究室 TEL 022-795-3102

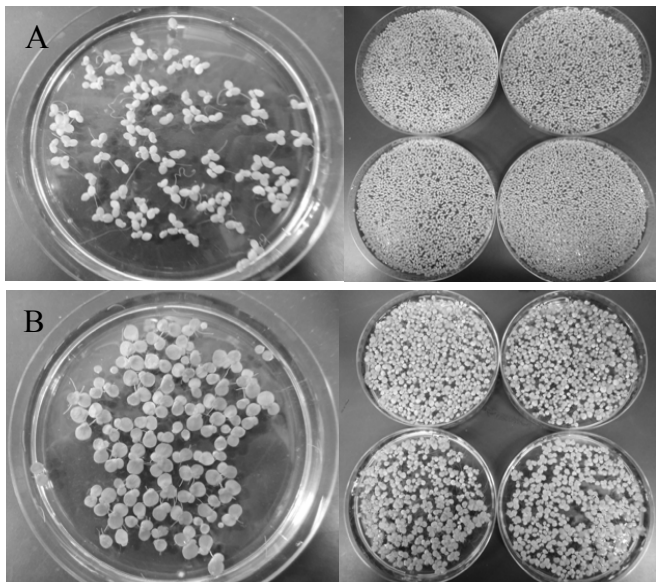


図-1 アオウキクサ (A), ウキクサ (B) の培養の様子。左:培養開始時 (シャーレの直径 9cm), 右: 30 日後 (シャーレの直径 14cm)

現在, 大型容器を用いた連続通水でのウキクサの培養を行っており, 窒素やリンの栄養塩除去効果とバイオマス生産性の検証を行っている。

3.2 ウキクサの生分解性試験

実験には, 増殖が良かったアオウキクサを用いた。基質に用いたアオウキクサ, 初沈汚泥の性状は, それぞれ TS 5.3, 3.2 (%), VS 4.6, 2.9 (%), COD 1.32 (g/g-dry weight), 50.7 (g/L)であった。アオウキクサおよび初沈汚泥のバイアル瓶への投入 COD 量は, それぞれ 0.11 g および 0.51 g であった。図-1 に初沈汚泥, アオウキクサ, 破碎したアオウキクサの生分解性試験におけるメタンガス生成量を示す。実験開始後 5 日程度まではどの基質もメタンガス生成速度が高かった。その後, 初沈汚泥はメタンガス生成速度が著しく減少したのに対し, アオウキクサ, 破碎したアオウキクサは緩やかな増加となった。破碎したアオウキクサの方が破碎しなかったアオウキクサよりもメタンガス生成速度が早かったが, これは, 破碎したことによってアオウキクサの生分解性物質と微生物の接触効率が上がったためだと推察される。一方で, 破碎を行わなくとも実験開始後速やかにメタンガス生成がみられたことから, ソフトバイオマスであるアオウキクサは, メタン発酵に適した基質であることが示された。また, 実験開始 13 日ほどからアオウキクサおよび破碎したアオウキクサにおいてメタンガス生

成速度が再び若干増加した。これはアオウキクサに含まれる難分解性成分が分解されたためだと考えられる。初沈汚泥, アオウキクサ, 破碎アオウキクサのメタンガス生成ポテンシャルはそれぞれ 120.7, 99.6, 102.5 mL/g-VS となった。また, いくつかの混合比で初沈汚泥との混合メタン発酵を行ったが, 特別にメタンガス生成量やその過程に変化は見られなかった。図-3 に COD 換算での投入基質のメタン転換率を示す。これより, 破碎したアオウキクサは 5 日目で投入 COD の 60%, 15 日目には 70%分解され, 破碎しなかったアオウキクサでも 10 日で約 60%が分解されたことが分かる。最終的に破碎の有無にかかわらず 75%ほどがメタンに転換された。初沈汚泥では 5 日目で 17%分解され, その後あまり分解されことなく最終的に投入 COD の 20%が分解された。

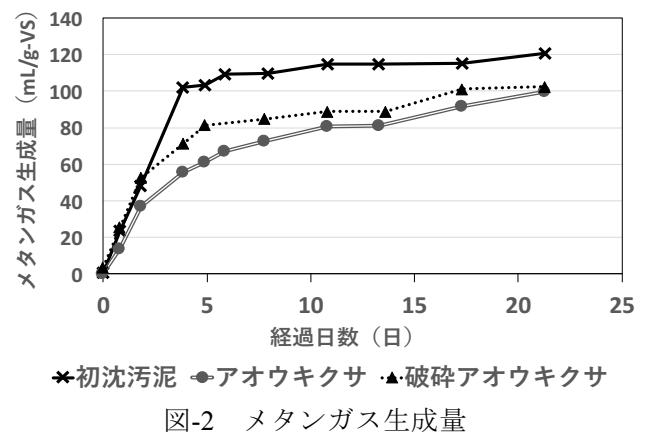


図-2 メタンガス生成量

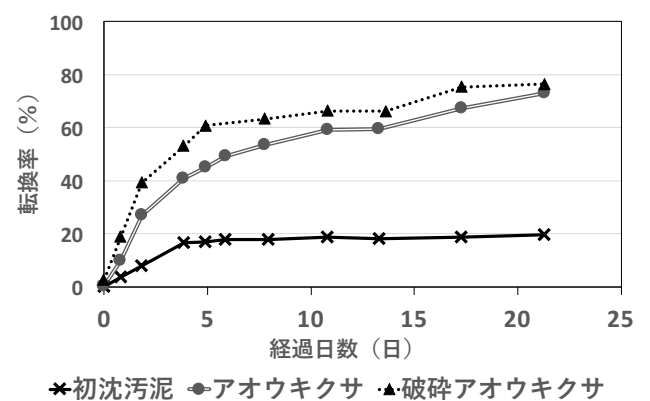


図-3 投入基質のメタン転換率

4. 結論

アオウキクサの生分解性試験よりアオウキクサがソフトバイオマスであり, 破碎などの前処理を行わなくともメタン発酵に適していることが示唆された。