

メタン発酵消化液を処理する重層型人工湿地の水質浄化性能の評価

日本大学	学生会員	○田中 暢晃
日本大学		畠山 涼麻
日本大学		中村 和徳
日本大学	正会員	中野 和典
東北大学		滝沢 憲治
東北大学		多田 千佳

1. 研究背景

メタン発酵消化液（消化液）はメタンを取り出した後に残る排液である。消化液はアンモニア濃度が高く、活性汚泥法ではアンモニア阻害により十分な排水処理を行うことができない。そのため液肥利用されることが理想的であるが、利用先が無い場合にはその処理が問題となる。本研究では人工湿地を用いた排水処理に注目し、従来の人工湿地の4分の1に省面積化した重層型人工湿地で消化液の処理を行い、十分な好氣的処理が行えることを確認してきた。一方、窒素除去に必要な嫌気条件は不足していたことが示唆された。そこで次のステップとして、人工湿地濾床内の水位を高くし、4層の濾床の半分を飽和条件として嫌氣的環境を創出し、好氣的処理と嫌氣的処理の両立を実現することを試みた。

2. 実験方法

本研究で調査対象とした重層型人工湿地は、宮城県塩釜市に位置し、水産加工工場から排出される魚くずと有機汚泥を原料とするメタン発酵消化液を受け入れている。人工湿地の総面積は100 m²であり、これを3つの人工湿地に分けて3段の処理で消化液を浄化している。それぞれの面積は50、25及び25 m²であり、それぞれ地下に4層の濾床を持つ重層型人工湿地である。1及び2段目の濾材は酸素供給速度が高いリサイクルガラス造粒砂であり、3段目の濾材はアンモニアの吸着性能に優れるゼオライトである。各段の表層にはリンの吸着に優れるケイ酸カルシウムを敷設した。

本研究では、4層の濾床を不飽和状態とした運転方法Aと4層のうち2層の濾床を飽和状態として嫌気条件を強化した運転方法Bでの水質浄化性能を比較した。運転方法Aでは1～3段目全ての濾床内の水位を濾床底部としたのに対し、運転方法Bでは1及び2段目の人工湿地の濾床内の水位を底部から90 cmに、3段目は65 cmに維持した。運転方法Aによる処理運転期間は2014年10月3日から2015年2月26日にかけての36日間であり、処理水量は58 m³であった。一方、運転方法Bでの処理運転期間は2015年5月29日から2015年10月19日にかけての89日間とし、処理水量は75 m³であった。

3. 結果及び考察

3.1 COD_{Cr}除去性能の比較

運転方法AとBで得られたCOD_{Cr}除去率の平均値を比較した結果を図-1に示す、運転方法Aでは1段目通過後のCOD_{Cr}除去率が97%であったのに対し、運転方法Bでは63%に留まり、除去性能が低下したことが明らかとなった。SS除去率も同様に低下していたことから（データは未記載）、運転方法Bでは1段目の濾床に漏れが生じ、流入した一部の消化液が濾床を通過していなかったことが考えられた。2段目以降のCOD_{Cr}除去率は運転方法Aと同様であり、最終除去率は運転方法A(99%)と同程度の除去率(99%)を示した。この結果から4層のうち2層の濾床を飽和状態として嫌気条件を強化してもCOD_{Cr}除去性能を維持するのに十分な好気条件が確保されていたことが示された。

キーワード 重層型人工湿地, 水質浄化, メタン発酵消化液, 脱窒, 運転方法, 高度処理

連絡先 〒 963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学 工学部 環境生態工学研究室

3.2 TP 除去性能の評価

運転方法 A と B で得られた TP 除去率の平均値を比較した結果を図-2 に示す。1 段目通過後の TP 除去率は運転方法 A では 91% となったのに対し、運転方法 B では 42% に留まった。これは COD_{Cr} の結果と同様に 1 段目の濾床に漏れが生じ、流入した一部の消化液が濾床を通過していないことが原因として考えられた。2 段目以降の除去率は運転方法 A と同様となり、最終除去率は運転方法 A (98%) と同程度の除去率 (97%) となった。したがって嫌気条件下で起こり易いリンの溶出は運転方法 B でも起きず、十分に好気条件が確保されていたことが示された。

3.3 TN 除去性能の比較

運転方法 A と B で得られた TN 除去率の平均値を比較した結果を図-3 に示す。運転方法 B での TN 除去率は 1 段目通過後では 51% と運転方法 A (57%) よりも低かったが、2 段目以降の除去率の増加は運転方法 A を上回り、最終的には 77% となり、運転方法 A (70%) よりも除去率を向上させることに成功した。

運転方法 A と B において 3 段の重層型人工湿地による処理に伴い TN の内訳となる窒素成分の割合が変化する過程を図-4 に示す。消化液中の窒素成分はアンモニア性窒素 (NH₄-N) と有機性窒素 (ON) で構成され硝酸性窒素 (NO₃-N) は含まれていないことが分かる。運転方法 A では 1 段目処理水で NO₃-N の割合が 55.6% となり硝化が著しく進行していた。これに対し運転方法 B では 1 段目処理水の NO₃-N の割合は 13.7% に留まっており、4 層のうち 2 層の濾床を飽和状態として嫌気条件を強化したことで硝化の進行が阻害されたことが明らかとなった。さらに運転方法 A の最終処理水が NO₃-N のみで構成され、硝化が完了していたのに対し、運転方法 B の最終処理水では ON が残存しており酸化反応が抑制されていたことが示唆された。運転方法 B の 1 段目の濾床内の酸化還元電位は十分に低下していたことから、1 段目処理水の NO₃-N の割合が低かったのは脱窒が進行していたことも反映していたと考えられた。一方、運転方法 B の 2、3 段目の濾床内の酸化還元電位は高く、4 層のうち 2 層の濾床を飽和状態としても十分な嫌気状態を創出できなかったことが明らかとなった。これは、易分解性有機物が欠乏していたことを示唆しており、運転方法 B での TN 除去率が 76.5% に留まった原因と考えられた。これらの結果より、TN 除去率をさらに高めるには、後段の人工湿地の酸化還元電位の低下と脱窒を促すための易分解性有機物を添加する必要があることが明らかとなった。

4. まとめ

重層型人工湿地濾床内の水位を高くし、4 層の濾床の半分以上を飽和条件として嫌気的環境を創出し、好氣的処理と嫌氣的処理の両立を試みた結果、COD_{Cr} 及び TP の除去率として 95% 以上を達成するとともに、TN 除去率として 76% を達成することができた。TN 除去率をさらに高めるには、酸化還元電位の低下と脱窒を促すための易分解性有機物の添加が必要であると考えられる。

謝辞 本研究は文部科学省東北マリンサイエンス拠点形成事業として実施した。ここに謝意を表する。

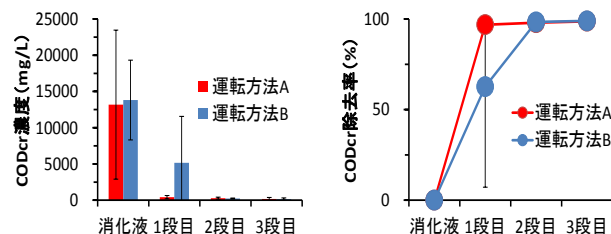


図-1 運転方法 A と B の COD_{Cr} 除去過程の比較

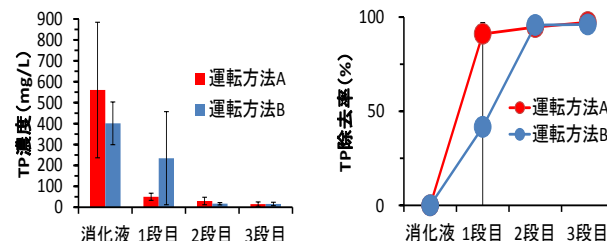


図-2 運転方法 A と B の TP 除去過程の比較

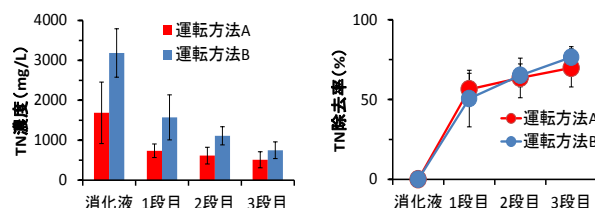


図-3 運転方法 A と B の TN 除去過程の比較

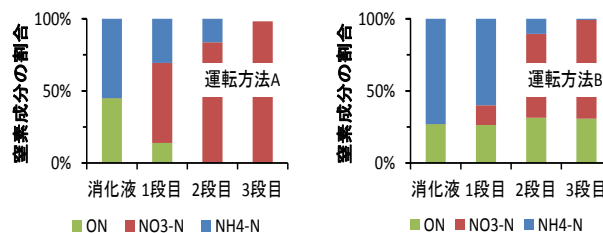


図-4 各段の窒素成分の消長の比較