

N-5

ケナフチップ炭を担体とした既設曝気槽改造型 上向流流動床反応装置の開発

群馬工業高等専門学校・環境都市工学科 ○青井 透、船越 剛

1.はじめに

本研究室では、利根川上流域の水質調査を長期間実施しているが、清澄な外観には似合わず窒素濃度(殆どが $\text{NO}_3\text{-N}$)が高いことを報告している。特に群馬県西部に位置する烏川・鎗川では利根川合流点での窒素濃度は3~5mg/lの高い値を維持しており利根川本川の窒素濃度を上昇させているが、利根大堰から首都圏に輸送されて主要浄水場の水源となる利根川の水質は、県内下水処理施設の普及に伴い(県内の下水処理施設は特に栄養塩除去をしていない)、将来さらに窒素濃度が高まる危険性があると予想される。また水道産業新聞は昨年11月の記事で「カビ臭対策で投入する活性炭注入量は、利根川水系を原水とする朝霞浄水場でここ数年急激に増加している、また比較的良好と見られていた玉川水系でもカビ臭の発生が顕在化した」と報道している。

従来の下水処理場放流水質は、放流先河川で10倍に希釈されることを前提に定められていると思われるが、こと窒素に関しては利根川上流といえども希釈されることが期待できない状況である。下水道普及率が50%程度と関東地方で最低の普及率であるとはいえ、群馬県においては首都圏2700万人の飲料水源を管理している責任上、新設の下水処理施設は琵琶湖並の栄養塩除去を計画するとともに、稼働中の県内下水処理施設では、既設水槽をそのまま活用し、同一の滞留時間で栄養塩や微量有機物質の除去ができるプロセスに改造していくことが必要というのが、著者らの主張である。

既設改造(Retrofit)により上記した処理性能を向上するために、以前本研究室では、ポリマー付着珪砂を用いた上向流流動床担体脱窒素プロセスを提案したが、珪砂担体の安定性に問題がありそのまま検討を中止していた。その後別途研究を進めたケナフのチップ炭を担体に用いることで、この問題が解決できる目処がついたのでその概要を発表する。

2.担体としてのケナフの特徴

上向流流動床担体法に求められる担体の条件は、天然素材(汚泥の処分時にプラスチック担体は問題が残る)・多孔質(バクテリア

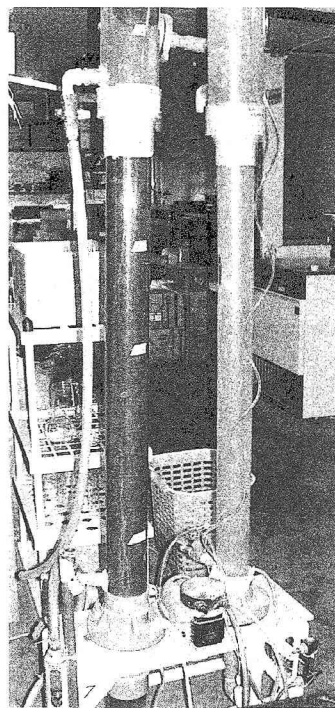


写真1 1.7m流動床実験装置の外観

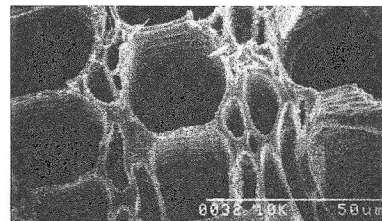
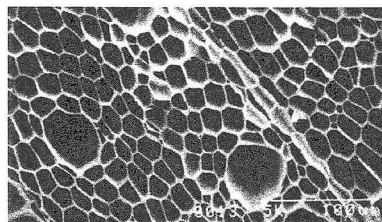


写真2 ケナフ炭の電子顕微鏡
写真(無数の孔が微生物の住処)

表1 ケナフと他の軽量木材の密度、灰分、炭化収率比較

木材種類	含水率 %	密度		炭化収率		灰分%	
		乾燥後	炭化後	%	乾燥後	炭化後	
ケナフ	10.14	0.105	0.065	33.9	4.25	12.5	
キリ	10.27	0.185	0.087	31.3	1.46	4.7	
バルサ	8.53	0.128		26.7	0.35	1.32	

注:炭化は試料をアルミ箔に二重にくるみマッフル炉を用いて450℃、2時間乾留した

の住処）・軽量(少ないエネルギーで流動化)・安価に加えて剪断強度を持つことである。提案の上向流流動床は、緩やかな上昇流乱流下で担体が維持できれば良いので、曝気槽に投入する担体法ほどの剪断強度は必要としない。これらの条件に最も適しているのがケナフチップ炭である。表1に軽量とされる木材の炭化前後の密度を示したが、ケナフの密度はパルサよりも軽いので、木質で最軽量である。写真2にはケナフ炭の電子顕微鏡写真を示すが、バクテリアや原生動物のサイズに類似(50 μ m前後)の孔が無数に空いており、また生物親和性に富んだ天然の炭素であることも利点である。

3. 流動床反応槽実験装置と実験方法

ケナフチップ炭を担体とした上向流流動床反応装置の外観を写真1に、また断面図(1.7m及び4.2mユニット)を図1に、基本仕様を表2に示した。反応装置は、下降流の曝気槽と上向流の流動床反応槽(上部沈殿部付き)で構成され、微生物はケナフ担体に付着するので循環する水は基本的に透明である。反応槽は、下から上に向けてDO勾配ができ、カラムの途中から原水(BOD)が流入するので、下部が硝化ゾーン、上部が脱窒ゾーンとなり、循環回数は循環変法(1~3Q程度)に比較して大幅に増加するので窒素除去性能が向上するが、放流先の窒素レベルと同等の処理水を放流することを目標としている。使用した人工下水の組成を表3に示した。濃度はBOD200mg/l、N35mg/l程度であり平均的な下水水質にあわせた。実験装置は2種類製作したが、カラム径は同一なので上向流反応槽の攪拌条件はほぼ同等である。1.7mユニットは変化への対応が簡単であり、4.2mユニットは縦方向を実スケールに合わせたので、窒素除去率等は実機に近い値になると予想される。

4. 結果及び考察

表3 使用した人工下水の組成

組成	使用量(g)
酢酸(90%)	228.2
NH ₄ Cl	55.9
K ₂ HPO ₄	10.8
FeCl ₃ ・6H ₂ O	0.7
CaCl ₂ ・2H ₂ O	1.8
MgSO ₄	1.3
KCl	1.3
NaCl	1.3
NaHCO ₃	323.7

380リットルに希釈して使用

1.7mユニットは今年6月から負荷運転を開始し、8月中旬から連続運転に切り替えた。4.2mユニットは9月初旬から連続運転を開始したので、窒素除去性能は1.7mユニットのものを報告する。人工下水は、380lの貯留槽に溶解しチラーで2~5℃に冷却した状態で、定量ポンプで連続供給した。表2に9月前半の原水と処理水の窒素各水質等を示した。空気供給は手動設定で

表2 流動床反応装置の基本仕様

項目	1.7m反応装置	4.2m反応装置
反応槽容量	8.6	23.5
曝気槽容量	4.4	15.4
総容量	13.0	39.0
原水feed量	1L/H	2.88L/H
滞留時間	12H	13.5H
反応槽直径	78mmD	<---
曝気槽直径	66mmD	<---
反応槽高さ	168cm	420cm
曝気槽高さ	116cm	415cm
循環水量	1~2.5l/H	1~2.5l/H
反応槽流速	52~21cm/分	<---
循環回数	55~138	21~52

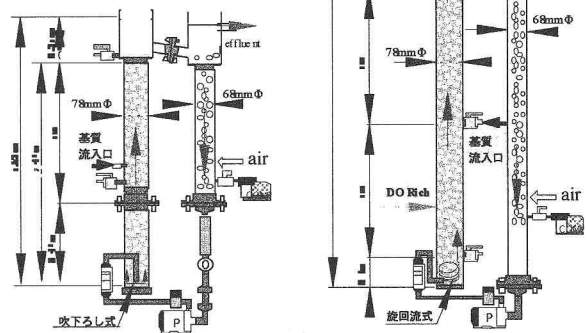


図1 上向流流動床の実験装置(1.7m型&4.2m型)

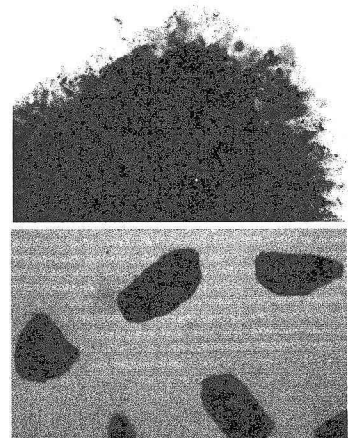


写真3 ケナフ炭担体の外観(下)と顕微鏡での拡大(上:表面に大量のワムシ群)

あるので反応槽DOレベルにより窒素除去率は変化するが、DOを適切なレベルに維持した場合の処理水中窒素濃度は2~6mg/l、無機態窒素除去率は75~95%が得られた。4.2mユニットは現在硝化細菌の馴育中であるが反応槽上下のDO勾配がより明確になる(一例を図2に示す)ので、安定して高い窒素除去性能が期待できる。

馴育が進んだ1.7mユニットの担体外観と顕微鏡写真を写真3に示した。ケナフ担体は基質投入口より下と上では、付着する生物膜に大きな違いがあり、下部の好気性ゾーンでは表面への付着は観察されないが、上部の無酸素脱窒ゾーンでは、200~300 μ mの生物膜が付着している様子は肉眼でも明確であり、担体の密度も異なるために上部と下部の担体が混合することはあまりなさそうである。写真3上部は脱窒ゾーンの担体を観察したものであるが、全周にワムシが直立した状態で付着していた。

上向流流動床反応装置を既設活性汚泥法に導入した場合の提案フローシートを図3に示した。曝気槽が反応槽と固液分離槽に変更されるので、最終沈殿池は凝集沈殿池に変更され、余剰の浮遊汚泥と色度及びリンはここで除去されることになる。

5.まとめ

実験装置の運転はスタートして間もないが、概ね予測した性能は期待できそうである。この反応装置は下水の流入口を変更することで、大幅な状態変化がおこるようである。最適な運転条件を目指して、検討を続ける予定である。

参考文献

水道産業新聞(2002)この夏の水事情(東京都水道局)玉川水系でもカビ臭、11月11日第2面

大島秀則、青井 透(1996)上向流微生物固定化担体法による硝化脱窒素処理、第33回環境工学研究フォーラム講演集、pp42-44
青井 透(2001)ケナフ水耕ベッドによる水の浄化とケナフの有効利用、非木材紙普及協会、第4回ケナフ栽培・利用研究発表要旨集、pp25-29

河野聖子、長岡裕、宮晶子、山西忍(1998)浸漬型膜分離活性汚泥法における膜目詰まりのメカニズムに関する研究、第35回環境工学研究フォーラム講演集、pp129-131

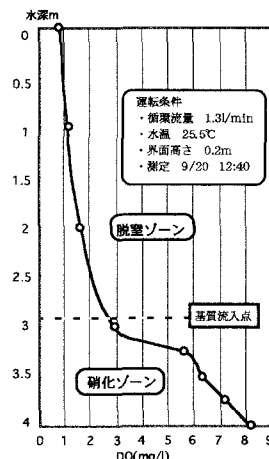


図2 4mカラム深さ方向DO分布の一例

表4 1.7m実験装置での原水・処理水の窒素濃度と除去率(2003-9月)

月日	1.7m処理水					除去率	
	InorgN	pH	NH4-N	NO2-N	Nox-N	InorgN	InorgN
9月7日	28.4	7.66	0.9	0.04	13.7	14.6	48.7%
9月8日	28.6	7.69	1.2	0.09	9.3	10.5	63.2%
9月8日	27.3	7.9	0.3	0.06	12.0	12.3	54.9%
9月9日	25.8	8.03	0.1	0.07	14.0	14.1	45.3%
9月9日	20.4	7.86	0.5	0.19	12.5	13.0	36.1%
9月10日	19.2	8.08	0.2	0.26	2.3	2.5	87.1%
9月10日	34.0	8.14	0.1	0.12	1.5	1.6	95.2%
9月11日	32.0	7.99	4.6	0.05	0.2	4.7	85.2%
9月11日	24.2	8.08	5.5	0.07	0.2	5.7	76.7%
9月12日	34.5	7.96	1.7	0.03	0.2	2.0	94.3%
9月13日	34.5	8.09	1.4	0.05	1.3	2.7	92.2%
9月14日	34.7	8.28	0.3	0.06	3.9	4.2	87.8%
9月15日	32.8	8.16	0.1	0.04	9.6	9.7	70.3%

注記:Nox-NとはNO2-N+NO3-N, InorgNとはNH4-N+Nox-N

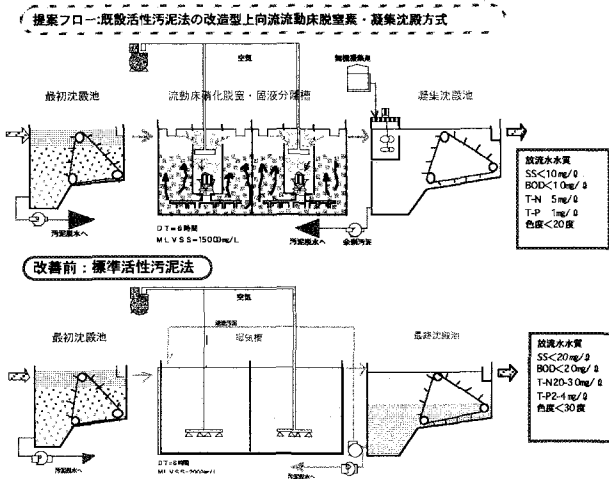


図3 既設改造型提案フローシートと改造前標準活性汚泥法の比較
(既設の水槽と滞留時間は変化なく処理レベルを向上)