

II-116

接触材反応槽の付着微生物による河川水の浄化室内実験

岩手大学工学部 学生員 ○米山 賢 海藤 剛 須藤 聖
正 員 相沢治郎 海田輝之 大村達夫

1. はじめに

富栄養化を防止するためには、水域における一次生産者の増殖制限物質濃度を低下させる必要がある。これらの生物の必須栄養物質のうち、比較的多量に必要なのは窒素およびリンである。本研究の目的は、貯水ダムに流入するような比較的汚濁の低い河川水の浄化である。昨年までの実験で、本装置により有機物が除去でき硝化も進行し、実験条件によっては $PO_4\text{-P}$ の除去を期待できることが明らかになっている¹⁾。除去された窒素、リンは反応槽内で形態変化し、SS成分として反応槽から流出する可能性がある。そこで本実験では、有機物および栄養塩の除去特性を検討し、さらに、流出水中のSSとして流出する窒素、リンの量、また、反応槽中微生物の硝化および脱窒菌数、DO利用速度についても検討を行った。

2. 実験装置および実験材料

本実験に使用した反応槽の概略をFig. 1に示す。容量は24.0ℓであり、水温は反応槽周囲に設置した恒温槽により15℃に設定した。人工河川水は反応槽隅底部より流入させ、対角隅上部より流出させた。接触材は洗浄後、砕いたものを充填し、充填率は木炭が29.6%、カキ殻が16.7%であった。この反応槽の混合特性はNaClを用いたδ応答法により求めた結果、ほぼ完全混合であった。また、実験開始時には、活性汚泥の上澄みを接種し、測定は、水温、pH、全有機炭素(TOC)、各態窒素($NH_4\text{-N}$, $NO_2\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$, T-N)、リン($PO_4\text{-P}$, T-P)について行った。

また、DO利用速度は、各反応槽内の付着微生物を採取し、超音波破砕器で微生物を分散した後、人工河川水を満たした196ml容のふらん瓶に入れ、溶存酸素計のプロープによって密栓し、スターラーで攪拌しながら、DO濃度の経時変化から求めた。付着微生物当りの窒素およびリンの含有量は、遠心分離器によって人工河川水を分離した後、Kj-N、T-Pとして測定した。

3. 結果および考察

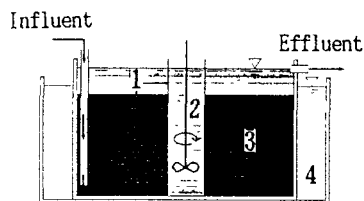
3-1 pHおよび付着微生物について

木炭反応槽流出水のpHは流入水とほぼ同じで平均7.2であったが、カキ殻反応槽流出水のpHは炭酸カルシウムの溶出によって平均7.6で、人工河川水の値を上回った。付着微生物は本実験条件下ではさほど生物相に差が現れず、*Zoogloea*と*Sphaerotilus*が混在していた。また、反応槽内の全付着微生物量はVSSで、木炭反応槽が37.6g、カキ殻反応槽で39.8gであった。

3-2 除去特性および除去率について

Table 1に流入水および流出水の定常期の平均濃度と除去率を示す。TOCは生物による分解により除去され、その除去率は木炭反応槽で77.9%、カキ殻反応槽では60.0%であった。

次に、Fig. 2に例としてカキ殻反応槽における流出水の各態窒素の経日変化を示す。実験開始後60日を過ぎると定常状態になった。Table 1に示したように、定常期において $NH_4\text{-N}$ 除去率は木炭反応槽で72%、カキ殻反応槽で88%であり、本実験条件下ではカキ殻反応槽の方が硝化が進む結果となった。これはTable 2に示した単位VSS当たりの硝化菌数がカキ殻反応槽の方が多く、反応槽中の全VSS量が木炭とカキ殻であまり変わらない



- 1: Wire netting
- 2: Turbine agitator
- 3: Contact media
- 4: Constant water temperature tank

Fig. 1 実験装置概略図

Table 1 流出水の定常期の平均濃度と除去率

Contact media	Artificial river water	Charcoal	Oyster shell
TOC (mg/l)	1.83	0.41	0.73
Removal rate (%)	—	(77.9)	(60.0)
Nitrogen concentration (mg/l)			
$NH_4\text{-N}$	0.048	0.009	0.004
$NO_2\text{-N}$	0.000	0.003	0.002
$NO_3\text{-N}$	1.111	0.992	0.979
Org-N	—	0.050	0.131
T-N	1.159	1.054	1.116
unknown-N	—	0.104	0.042
Phosphorus concentration (mg/l)			
$PO_4\text{-P}$	0.046	0.036	0.038
Removal rate (%)	—	(21.7)	(17.4)
T-P	0.046	0.040	0.043
Removal rate (%)	—	(13.0)	(6.3)
SS (mg/l)	0.00	0.41	0.52
DO (mg/l)	9.8	7.5	7.8

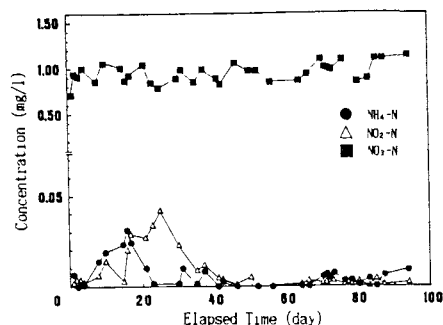


Fig. 2 カキ殻反応槽における窒素の経日変化

かったことから、反応槽中の全アンモニア酸化菌数が、カキ殻反応槽の方が多かったためであると思われる。

また、T-N濃度はカキ殻反応槽よりも木炭反応槽の方が減少した。これらは単位VSS当たりの脱窒菌が硝化菌とは逆に木炭反応槽の方が大きい値となり、脱窒がより進んでいる可能性を示している。すなわち、Table 1の収支のとれない窒素濃度が脱窒によるものと考えることが妥当であると思われる。

流出水のSS濃度の時間および日変動はかなり大きく、付着微生物の接触材からの剥離は断続的に生じていた。そこで、付着微生物中の平均窒素含有量と平均流出SS濃度から、流出水中のSS性の窒素濃度として求めると、木炭が0.011[mg-N/ℓ]となり、これは流出Org-Nの22%である。一方、カキ殻は0.014[mg-N/ℓ]となり、流出Org-Nの11%であった。

次に、例としてFig. 3にカキ殻反応槽における流出水のPO₄-P濃度の経日変化を示す。60日以降のPO₄-Pの除去率は、木炭反応槽では21.7%、カキ殻反応槽は17.4%であった。また、窒素の場合と同様に、SS中のリン含有量と、流出平均SS濃度からSSとして流出するリンの濃度を求めると、木炭反応槽流出水が0.005[mg-P/ℓ]となり流出Org-Pの約100%が、SSとして流出していることが分かった。カキ殻反応槽の場合は流出水のSSによるリン濃度は0.003[mg-P/ℓ]となり、流出Org-Pの65%となった。したがって、実際の装置では、砂ろ過等により反応槽から流出するSSを除去する必要があると考えられる。

3-3 酸素利用速度定数

流出水のDOは両反応槽とも少なくとも7.0mg/ℓ以上であったので、付着微生物の酸素利用はDO濃度に関して0次であるとし、反応槽は完全混合とみなして良いので、槽内のDOの物質収支をとると、

$$V \frac{dDO}{dt} = F(DO_0 - DO) + k_L a (DO_s - DO) V - k_{DO} X V$$

で表される。ここで、DO₀:流入水のDO濃度[mg/ℓ]、DO_s:飽和DO濃度[mg/ℓ]、DO:反応槽内DO濃度[mg/ℓ]、V:反応槽水容積[ℓ]、F:流量[ℓ/hr]、X:反応槽単位体積当たりの付着微生物量[mg-VSS/ℓ]、k_La:再曝気係数[hr⁻¹]で、木炭反応槽では、0.069[hr⁻¹]、カキ殻反応槽では、0.148[hr⁻¹]である。

Table 3に定常状態での槽内DO値と、k_La値を用いて求めた式中のk_{DO}を示す。また、反応槽より採取した微生物を分散した状態で測定したk'_{DO}を示す。これを見ると両反応槽ともk'_{DO}がk_{DO}よりも大きい値となった。すなわち、分散された状態の微生物の方が付着した微生物よりも酸素を多く利用していることを表している。これは、k_{DO}が定常状態での利用速度の速度定数であるため、有機物の濃度が低かったことと、微生物が付着している場合の生物膜内の拡散抵抗が大きいことが影響しているためであると考えられる。

4. 結論

本研究では、比較的汚濁の低い中小河川水の浄化を接触材に木炭とカキ殻を用いて室内実験により、検討した。その結果、以下の結論が得られた。

本実験条件下では全窒素での除去はさほど期待できなかった。SSとして流出する窒素量は木炭反応槽が0.011[mg-N/ℓ]、カキ殻反応槽が0.014[mg-N/ℓ]であった。また、PO₄-P除去率は木炭反応槽で21.7%、カキ殻反応槽で17.4%であり、SSとして流出するリンの量は、木炭反応槽流出水が0.005[mg-P/ℓ]、カキ殻反応槽流出水は0.003[mg-P/ℓ]であり、無視できないと思われ、実際の装置では、砂ろ過等により反応槽から流出するSSを除去する必要があると考えられる。

(参考文献) 1) 海藤 剛、相沢治郎、海田輝之、大村達夫: 接触材反応槽の付着微生物による河川水の浄化、Vol. 29, pp123-133, 環境工学研究論文集, 1992

Table 2 各反応槽の単位VSS当たりの硝化および脱窒菌

	Charcoal	Oyster shell
Ammonium oxidizing bacteria	5.0×10^7	1.4×10^8
Nitrite oxidizing bacteria	2.6×10^7	1.2×10^8
Denitrifying bacteria	3.5×10^6	4.7×10^5

(cell/g-VSS)

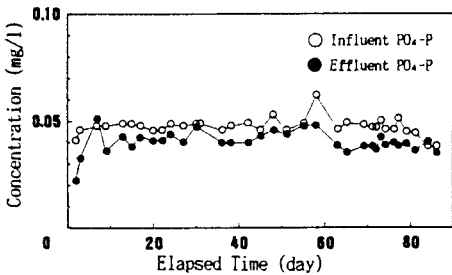


Fig. 3 カキ殻反応槽におけるPO₄-Pの経日変化

Table 3 酸素利用速度定数k_{DO}およびk'_{DO}

	Charcoal	Oyster shell
k _{DO}	1.104×10^{-3}	1.154×10^{-3}
k' _{DO}	1.285×10^{-3}	2.300×10^{-3}

(mg-DO/mg-VSS·hr)