

花園高等学校教諭 正会員 平山利久 京都大学名誉教授 正会員 岩井重久

1. はじめに

富栄養化の原因物質 N, P の除去, 水の再利用を目的とした三次処理の技術開発が推進されている中で, 生物膜を利用した接触生物酸化法が, 建設省によっていくつかが採用され, 地方向けのモデル事業として各地で実施検討されている。これらの縮工様は, 維持管理, 建設費等, 次の四項目の採用基準に鑑みて採りあげられたものである。①省資源・省エネルギー。②省力化。③コストダウンである。④施設の周辺環境対策上も有利。現在筆者等は, 従来の方式よりも物理的, 生物学的に効率がよく, 上の四項目に關し考慮するに十分値する装置を考案し, そのシリーズのいくつかを特許申請している。そのうちオーナー省目の装置の処理特性について実験し, 維持管理, 除去率の優位性, 上の四項目の諸点について検討し, 従来の方式に比べ, これらの点に於いて, いろいろな優位性, 利点, 処理特性等が考えられるので発表することにした。処理対象水の水量・水質については各図・表に付記した。

2. 実験装置ならびに方法

多段式循環汚泥の構造: 本装置の構造を Fig. 1 に示す。従来の循環汚泥の充填層内に, 循環管に固定した平行板を多段に配設したものである。平行板には円形の通水口があり, 循環管底部の曝気口から通気されるエアリーフトによって循環管上部から溢れ出る汚水が, この通水口を通り, 各段を逆流しながら下降する間に処理を受ける。この場合は, 5 段で必要に応じて 1 段, 2 段あるいは全ての段に汚料を詰めて処理を行う方式である。

実験方法: 実験方法は, 物理的效果と生物学的効果の二つの観点から進めることにし, この二つの観点について本装置, 循環汚泥, 活性汚泥法による処理を行い, これらの三つの工程の比較検討を行う考察を行った。汚水の供給方式は全てバッチ式で行った。物理的效果は, 温度, 通気量を一定にし, 粉末活性炭溶液を調製し, 上の三つの工程の空初内容積を同一にして, 通気攪拌による次級効果から, それぞれの効率を比較検討した。生物学的効果の比較検討は, 温度, 通気量を一定にし, 三つの工程の空初内容積を同一にして行った。実験汚水は, 京都府下の T 染色工場の処理汚水を採用した。今回の実験では, 活性汚泥の培養は行わず, 染色工場で活性汚泥法によってあらかじめ処理され, わずか活性汚泥を含む汚水を直接各工程に入れ, 投入した直の時から即時各実験を始めた。

3. 実験結果ならびに結論

3-1. 物理的效果(次級効果)について

300 (PPM) 粉末活性炭溶液を処理し, 活性汚泥法の攪拌槽内での通気攪拌による次級効果, 循環汚泥の汚料上の次級効果, 多段式汚泥の汚料上・平行板上の次級効果を見た。その結果を Fig. 2 に示す。50 分の処理で, 活性汚泥法の装置では 27.3 % の除去率を示し, 循環汚

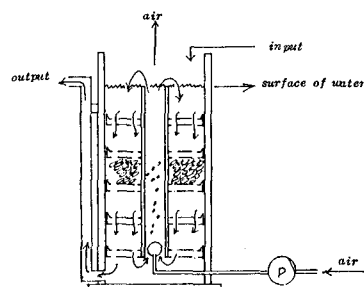


Fig. 1. Schematic diagram of a fixed media activated sludge system with some parallel plates.

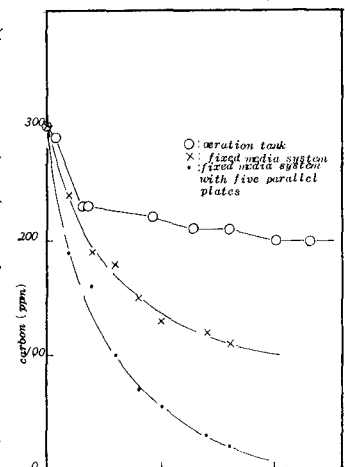


Fig. 2. Relationship between carbon (ppm) and time (hr) in an aeration tank, a fixed media system and a fixed media system with five parallel plates. Temperature 12.2°C. Air flow rates 600 ml/min. Initial concentration of activated carbon solution 300 (ppm).

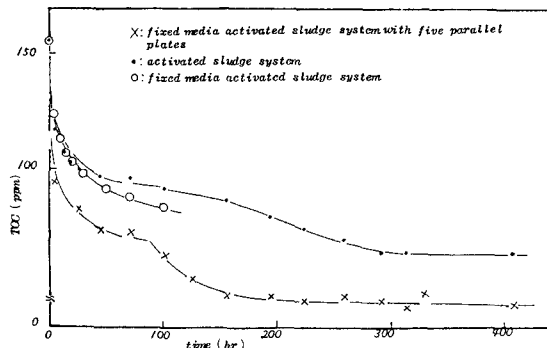


Fig. 3. Variation of TOC in the dye waste water with aeration time in the activated sludge system, in the fixed media activated sludge system and in the fixed media activated sludge system with five parallel plates. Temperature 16°C. Air flow rate 325 (ml/min).

床法は54.3%, 多段式汚床は81.7%を示し, 多段式が圧倒的に大きい除去率を示すことがわかる。

3-2. 生物学的効果について

上述の染色廃水を多段式汚床, 循環汚床, 活性汚泥法で処理し, 生物学的効果を比較検討した。

TOC除去: TOCの経時変化をFig. 3に示す。除去率をTable. 1に示す。これらことから, 多段式汚床が最も効率が高いことがわかる。

COD, 蒸発残留物(T-Rで表現)除去: 20日の処理における多段式汚床, 循環汚床によるCOD, 蒸発残留物の除去率をTable. 1に示す。いずれも多段式汚床が高い除去率を示している。

窒素除去: 多段式汚床, 循環汚床による $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化をFig. 4に示す。両工程共に $\text{NH}_3\text{-N}$ が減少すると $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加する傾向にある。これは有機性窒素が $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$ の物質変換を繰り返すことを示している。 $\text{NH}_3\text{-N}$ の減少量に対する $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加量は希少である。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は一般的にPPbのオーダーで検出できる。そこで, $(\text{NH}_3\text{-N}) + (\text{NO}_3\text{-N}) = (\text{T-N})$ とし, その経時変化を見ると減少し, 除去されていることがわかる。処理を始めて20日後の $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N の除去率をTable. 1に示す。全て多段式汚床が高い除去率を示している。特に, 注目すべきことは, 多段式が1/1.8日早く $\text{NH}_3\text{-N}$ を検出限界濃度以下におさえていることである。レガレ, 曝気時間が長くなるにつれ硝化が進行し, $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加し, T-N がかたらずしも減少しない傾向にあることに留意しなければならない。 $\text{NO}_3\text{-N}$ を見ると多段式の曝気時間が経過するにつれ, 濃度が大きくなる傾向にある。そこで, 実験を行った35.2日の平均値をもって除去率を算出すると, Table. 2のようになる。ここでも多段式が高い除去率を示していることがわかる。特に, 好気性処理の脱窒で問題となる $\text{NO}_3\text{-N}$ の20日後を見ると, 循環汚床では硝化が進行するため脱窒が行われず, 逆に増加しているが, 多段式では23.3%除去されていること, また, 35.2日間の平均値を見ても循環汚床では逆に増加しているが, 多段式では13.7%除去されていることは注目される。以上, TOC, COD, 蒸発残留物, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N のいずれを見ても, 多段式汚床が高い除去率を示しており, この工程は非常に生物酸化が進行しやすい状態にあると思われる。

好気性処理で脱窒が行われることは, 6年前に筆者が行ったCN廃水の実験からも示唆されていた。最近, 通性脱窒曝気(Facultative Denitrification)が開発されて府根市で実施され, T-N の95%の除去率が連続して得られている。これに関する文献から引用したデータを参考のためにTable. 3にあげた。断続曝気を行うと除去率が高くなっていく。また, 高BOD₅値の廃水では $\text{NO}_3\text{-N}$ の除去率が高くなる傾向が報告されている。いずれも通性嫌気性の状態になっており, このことを考慮して実験を進めることにより T-N の除去率をさらに向上させることができると考えている。

また, 35.2日間の平均値を見ても循環汚床では逆に増加しているが, 多段式では13.7%除去されていることは注目される。以上, TOC, COD, 蒸発残留物, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N のいずれを見ても, 多段式汚床が高い除去率を示しており, この工程は非常に生物酸化が進行しやすい状態にあると思われる。

好気性処理で脱窒が行われることは, 6年前に筆者が行ったCN廃水の実験からも示唆されていた。最近, 通性脱窒曝気(Facultative Denitrification)が開発されて府根市で実施され, T-N の95%の除去率が連続して得られている。これに関する文献から引用したデータを参考のためにTable. 3にあげた。断続曝気を行うと除去率が高くなっていく。また, 高BOD₅値の廃水では $\text{NO}_3\text{-N}$ の除去率が高くなる傾向が報告されている。いずれも通性嫌気性の状態になっており, このことを考慮して実験を進めることにより T-N の除去率をさらに向上させることができると考えている。

Table 1. Removals of TOC, COD, T-R, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N in the fixed media activated sludge system and in the fixed media activated sludge system with five parallel plates.

	P process			A process		
	C _i	C ₂₀	Rem.	C _i	C ₂₀	Rem.
TOC	156	40.0	74.4	156	55.0	64.7
COD	272	246	9.60	272	252	7.40
T-R	1200	1150	4.2	1200	1190	0.80
$\text{NH}_3\text{-N}$	6.40	0.35	94.5	6.40	1.40	78.1
$\text{NO}_3\text{-N}$	0.43	0.33	23.3	0.43	0.48	-11.6
T-N	6.18	0.83	87.6	6.83	1.88	72.5

P: fixed media activated sludge system with five parallel plates
A: fixed media activated sludge system
C_i: initial concentration (ppm), C₂₀: concentration in 20 days (ppm), Rem.: (%)
T-R: total residue on evaporation (ppm), T-N: $\text{NH}_3 + \text{NO}_3$ (ppm)

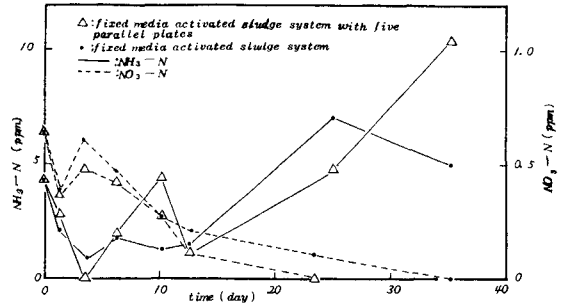


Fig. 4. Variations of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ in the dye waste water with aeration time in the fixed media activated sludge system and in the fixed media activated sludge system with five parallel plates. Temperature 16 °C. Air flow rate 1385 (ml/min).

Table 2. Removals of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N in the fixed media activated sludge system with five parallel plates and in the fixed media activated sludge system. Temperature 16 °C. Air flow rate 1385 (ml/min).

	$\text{NH}_3\text{-N}$ (ppm)			$\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)			T-N (ppm)		
	C _i	C _{av}	Rem.	C _i	C _{av}	Rem.	C _i	C _{av}	Rem.
fixed media activated sludge system with five parallel plates	6.4	2.83	55.5	0.43	0.37	13.7	6.83	3.22	52.9
fixed media activated sludge system	6.4	3.36	47.5	0.43	0.44	-2.3	6.83	3.80	44.4

C_i: initial concentration (ppm), C_{av}: average value of concentration for 35.2 days (ppm), Rem.: (%)

Table 3. Removals of BOD, SS, $\text{NH}_3\text{-N}$, K₂-N, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N on continuous aeration and on intermittent aeration by Facultative Denitrification.

	continuous aeration			intermittent aeration		
	L _i (kg/d)	L ₀ (kg/d)	Rem.	L _i (kg/d)	L ₀ (kg/d)	Rem.
BOD	36.4	3.14	91.4	26.5	2.81	89.4
SS	20.02	1.07	94.6	12.9	1.94	85.0
$\text{NH}_3\text{-N}$	1.85	1.73	6.5	1.07	0.74	30.8
K ₂ -N	6.18	2.23	63.9	4.43	1.11	74.9
$\text{NO}_3\text{-N}$	—	0.29	—	—	0.05	—
T-N	6.18	2.52	59.2	4.43	1.16	73.8

L_i: influent L₀: effluent Rem.: Removal (%)