

Ⅱ-627

汚濁水路の直接浄化に関する実験的研究

国土館大学工学部 正員 ○山田慎吾
同 上 正員 金成英夫

1. はじめに

本研究は自然系、家庭雑排水およびノンポイント汚染源等の水質保全対策のとりにくい汚濁負荷によって汚濁する都市域の小河川や水路の水質を浄化することを目的としている。その浄化方法は、最近、地方自治体で実施し始めている汲み上げやバイパス方式により処理施設へ導入するものでなく、直接水路内で浄化しようとするものである。具体的には、①接触材を設置して、微生物による浄化効率向上を図る、②自然の流れの中で、堰、その他の方法を利用して再曝気効率の増大を図る、等である。これは河川のもつ自浄作用を高めることであるが、清流を復活できないまでも、悪臭等の環境改善を計ることを目標としている。

本報告は第一報として、直接設置する接触材を用いた浄化実験および基礎的な再曝気実験を行い、その検討結果について報告するものである。

2. 実験装置および方法

浄化実験装置の概略を図1に示した。水路の中間部1m区間に接触材としてスレート波板(表面積2.48m²、空隙率78.2%)を設置した。流入部には合成排水を作るための混合槽を設け、表1に示す合成排水を水道水を用いて所要のBOD濃度に調整し、設定流入量を水路へ流入させた。実施した実験条件を表2に示した。それぞれを実験Ⅰ～Ⅵと呼ぶことにする。

再曝気実験で用いた装置の概略を図2に示した。実験は表3に示す条件ごとにN₂ガスでDOをほぼ0mg/lとした水を用いて総括酸素移動容量係数(K_L・a)を求めた。

3. 結果および考察

3.1 浄化実験

1) スレート波板の中性化

実水路に用いる接触材は二次公害を考慮すると、コンクリート製品が適当と考えられる。しかし、コンクリート製品はpHが高く、アルカリ分を溶出して微生物に悪影響を及ぼすと予測されるため、スレート板について設置直後の流出水pHを測定してその検討を行った。

図3はスレート板末端部でのpHの経時変化を示したものである。流入水はほぼ中性であるが、流出水は設置後24時間後からpH上昇が現れ、pH10.2を最高に、65時間後にはpH8程度まで下がった。この時点でスレート板表面に微生物の付着が確認できた。水量面から評価すると、スレート板体積の約300倍の通水量で中性化していることになり、実際水路での流量を考慮すると、コンクリート製品のアルカリ分は浄化にほとんど影響しないと言える。

2) 浄化効率

実験Ⅰ～ⅥのBODおよびCODの除去結果を表4に示した。

流入BOD負荷による影響は、実験Ⅰと実験Ⅲの結果から流入水BODが20mg/lの低い場合の方が若干高くなっている。計画の基礎資料とするため、この条件での単位面積当たりのBOD除去量を求めてみると、流入水BODが50mg/lでは5.88g-BOD/m²・日および流入水BOD20mg/lでは2.74g-BOD/m²・日であった。また、実験Ⅰ、Ⅱお

表1 合成排水成分表

成分	mg/l	分析値
グルコース	100	COD =100mg/l
ペプトン	35	
KH ₂ PO ₄	8	
(NH ₄) ₂ SO ₄	16	

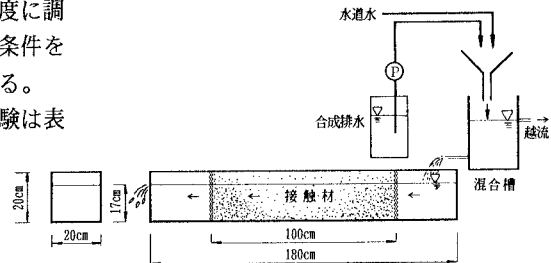


図1 浄化実験装置概略

表2 浄化実験条件

実験名	流入BOD (mg/l)	循環有無	曝気有無	接触時間(分)
実験Ⅰ	20	—	—	53
実験Ⅱ	20	循環	—	53
実験Ⅲ	50	—	—	53
実験Ⅳ	50	循環	—	53
実験Ⅴ	50	循環	曝気	53
実験Ⅵ	50	—	曝気	13.3 ~ 53

※ 曝気量=5ℓ/min、
流入量500 ml/minで接触時間53分

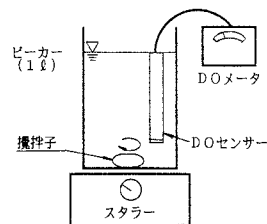


図2 再曝気実験装置概略

よびⅢ、Ⅳの結果から、水路流出口に流量1ℓ/秒の水中ポンプを設置して接触回数を120回、すなわち120倍の流速で循環した場合の浄化効率は、大幅に向上している。

接触材中の滞留時間を変化させた実験Ⅵの結果より、滞留時間が短くなるほどBODおよびCODとも除去率の低下がみられるが、滞留時間の減少に比例するほどの低下とはなっていない。これは、本実験では流入水BODを一定としているため、流入水量を倍に増して滞留時間を1/2とした場合、BOD負荷量は2倍となっており、その負荷量に応じた微生物量が水路全体に発生するため、その緩衝効果によるものと考えられる。

水温が約20℃の場合の実験Ⅴおよび10℃の場合の実験Ⅵの浄化効率を比較すると、CODおよびBODとも除去率が1/2まで低下しており、水温の影響が大きいことが分かる。したがって、一般にいわれる生物処理の限界水温5℃以下になる冬季においては、その浄化はほとんど期待できないと推察される。

3) DOおよびORP

接触材に付着する微生物は好気性菌であることから、水中のDOは浄化に大きく影響する。図4に実験Ⅰ（流入BOD=20mg/l）のDOおよびORPの経日変化を示した。図4より明らかなように、流出水DOはほとんど0mg/lとなっており、ORPもマイナス電位となった。表5の除去結果において、水路内で曝気を行い十分に酸素を供給する（実験Ⅴ）とBOD除去率は73%まで向上している。このことより、水路での直接浄化を考える場合、十分な酸素供給が必要条件の一つとなる。

3.2 再曝気実験

気相から液相への酸素移動速度は、液境界膜内の分子拡散の式により単位容積当りの酸素移動量(N/V)を考えれば次のように表される。

$$\frac{N}{V} = K_L \cdot a \cdot \frac{A}{V} (DO_s - DO) \times 10^{-3} = K_L \cdot a (DO_s - DO) \times 10^{-3}$$

ここに、 $K_L \cdot a$ ：総括酸素移動容量係数(1/hr)
 DO_s ：液相の酸素飽和濃度(mg/l)
 DO ：液相の酸素濃度(mg/l)

上式中の $K_L \cdot a$ は実験的に定まる定数であり、 $K_L \cdot a$ の値が大きいほど曝気における酸素移動速度は増加する。表5に本実験の水温20℃における $K_L \cdot a_{20}$ 結果を示した。表5より、渦は曝気した場合の値に近い数値となっており、酸素供給能力が高いことを示している。したがって、都市域の水路等で勾配が小さく堰による曝気ができなくても、自然の流れの中でカルマン渦列を数多く発生させることができれば、効率的な再曝気方法として有効な手段になり得るものと考えられる。

4. ま と め

汚濁水路の直接浄化を目的に基礎的な浄化実験および再曝気実験を行い、次の結果を得た。すなわち、

- 1) コンクリート製接触材のアルカリ分は、微生物による浄化の問題点とはならない。
- 2) 流入BOD 20~50mg/lで、水温20℃以上、接触時間1時間程度およびDOが十分確保されれば、70%の除去率が期待できる。しかし、水温が10℃近くまで低下すると30%まで大幅に低下する。
- 3) 水路浄化に酸素供給は不可欠であり、曝気とともに渦による方法も有効である。

表3 再曝気実験条件

実験番号	再曝気条件	実験容積(m ³)	摘 要
実験Ⅰ	静 置	500	極微間欠攪拌
実験Ⅱ	緩速攪拌	1000	表面水が流動混合
実験Ⅲ	渦	1000	1渦(φ1cm、h=2cm)
実験Ⅳ	曝 気	1000	空気量=100m ³ /分

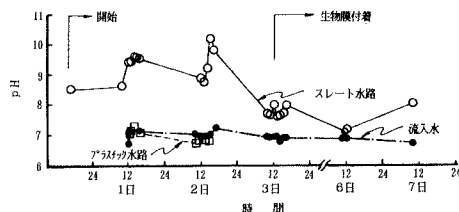


図3 スレート波板設置初期pH

表4 浄化効率結果

実験番号	条 件	平均水温 (℃)	平均流入 BOD (mg/l)	平均流出COD 水 質 (mg/l)	除去率 (%)	平均流出BOD 水 質 (mg/l)	除去率 (%)
実験Ⅰ(20)	一過性	23.0	24.1	8.91	44.0	11.8	49.0
実験Ⅱ(20)	循 環	22.3	32.8	6.63	60.6	6.63	81.0
実験Ⅲ(50)	一過性	20.8	57.8	22.9	40.1	33.5	33.1
実験Ⅳ(50)	循 環	29.6	59.8	13.5	61.0	24.9	56.5
実験Ⅴ(50)	循 環、曝気	19.4	46.6	8.10	70.8	12.0	7.33
実験Ⅵ(50)	接触時間5分			19.0	36.3	29.1	33.1
	〃 26.5分	12.6	39.9	20.7	30.5	32.1	20.6
(曝気)	〃 13.3分			21.7	26.8	33.6	18.5

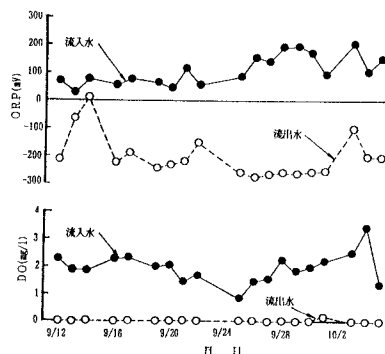


図4 DOおよびORP経日変化(実験Ⅰ)

表5 $K_L \cdot a_{20}$ 値実験結果

実験条件	単位容積当たり $K_L \cdot a_{20}$ (1/hr)	水 温(℃)	$K_L \cdot a_{20}$ (1/hr)
静 置	0.108	20.1*	0.108
緩速攪拌	0.296	20.1*	0.296
渦	1.648	18.2	1.720
曝 気	1.758	15.5	1.956