

水路式開放型浸漬濾床法浄化施設による
多摩川水系の啓蒙と中流魚(ウグイ)の増殖について

1 9 8 9 年

日 高 万 典

世田谷区立瀬田中学校教諭

目 次

1. はじめに	1
2. 浸漬濾床法	2
3. 実験結果	3
4. ま と め	6
5. 結 論	7
6. 今後の発展予想	7
7. 参考文献	8

教材池は、安全で、なるべく安価に作る必要があり、補修や維持管理が簡便で、故障が少なく、絶えず目で見て状態を考察・判断できるように、四角な地上池で、浄化槽は密閉しないこととし、弱点一例えば、気泡が空中に飛散すること、冬期に浄化力が落ちること、春浅い頃汚泥が発生すること、池上池なので美しくないことなどには目をつむることとし、研究に取りかかった。ミニ多摩川は、目には見えないが越原式を応用し、汚水は底から吸入され、ハニコームチューブ接触酸化還元槽（仮称）で浄化された後、うわ水を長い沈澱槽を通過させた後循環させる特徴を持っている。

2. 浸漬濾末法

ア) 隙間接触酸化法 …… 不採用 浸漬濾床に礫を使ったものは、昭和58年（1983年）野川合流点に一基と、1988年に平瀬川合流点にさらに大きなもの一基が河川内浄化施設として建設省により造成され運行されているが、野川では休止していることが多く、浸漬濾床の意味があまりないし、また使用されていても、表1のようにきれいな水になっていない。

表1 野川合流点の隙間接触床の浄化能力と多摩川本流の水質との比較

場 所	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	PH
野川最下流隙間接触床取水口	0~1	10	2.4	0.3	7.0
" 放水口(野川側)	2	10	2.4	0.15	7.0
多摩川本流(野川合流点下500m)	6	5	0.8	0.2	7.0

1989年4月19日 晴10:00, 気温23℃, 水温19℃

また、世田谷区で採用した、木炭浸漬濾床による下水の浄化法や、現在行っている玉石接触酸化法でも、着想は良いが流下SSやゴミの混入量が意外に多く、生物膜汚泥とですぐ目づまりを起しているあり様は、建設省のものと同じである。(表2)

表2 世田谷区立山野小学校西側下水、玉石接触濾床の浄化能力

場 所	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	PH
世田谷区立山野小学校西側下水取水口	3	10~15	4.0	0.15	7
" 玉石間下流	3	15~20	4.0	0.15	7

1989年4月21日 晴11:00, 気温20℃, 水温17℃

多摩川や支流における各種の水質浄化の実験でも、装置が働く以前に、流下するゴミや発生するSSによって起る目づまりに困っている。だから自然流下を利用し、汚水や排水をそのまま水平に浄化槽へ送り込む方式は、ゴミ処理をうまくしないと失敗してしまう。降雨、台風による増水にも弱い。しかし建設省が行っている河川内浄化の考え方や、浸漬濾床の有効性は、否定されているわけではない。

イ) プラスチックネット生物膜法。粒状媒体流動法。回転円板法 …… 不採用

これらは、堅固な容器と、高度な施設を要求されるであろうから、実験最初の目的に適合していない。また目づまりを防ぐ意味で逆洗装置も考えたが、人力によらなければ施設に金がかかるのと発生汚泥量が多く、この処理に多くの困難があったので途中で放棄した。

ウ) ハニコームチューブ接触酸化還元法(仮称) …… 採用

生物膜を有効に働かせながら、使用面積も少なくてすみ、電力を無駄なく利用するには、ハニコームチューブを用い、その中の汚水をエアリフトによって移動させしかも全面曝気しない浸漬濾床法が良いはずであるから、この方法を採用した。結果は、汚泥の発生も少く、目づまりは1年半の間全くない。

ミニ多摩川の浄化槽には、次のようなセットを作り(図2)実験した。(1セット4層)

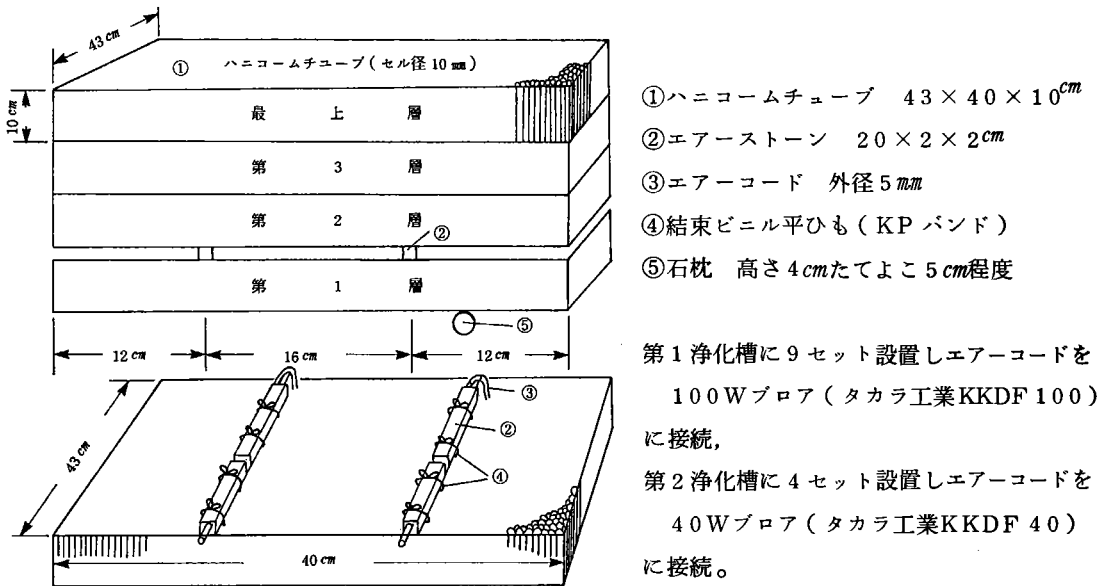


図2 浄化槽内のハニコームチューブの組み方(1セット分)

ミニ多摩川のコンクリート浸漬表面積は、平均水深 50^{cm} で約 75^{m²}、貯水量 10 t
 ハニコームチューブ浸漬表面積は 13 セットで 322^{m²}、平面積は 2.2^{m²}
 養魚ポンプ (タカラ工業製、型式富士) の揚水量は 5.5 t/h 4 基で 22 t/h
 流量 1 日 528 t、1 日 当り 約 50 回循環し、流速は 29 m/h
 ハニコームと池の壁面積 当り 1 日 処理量は 1.33^{m³/m² day} である。

試薬は、 DO …………… ケメット社 比色試験器
 COD, NH₄-N, NO₂-N …………… 共立理化学研究所製 バックテスト
 PH …………… 共立理化学研究所製 PH 比色試験紙とマリス電気式 PH 計
 型式 PM-I A …………… 前川科学社製を用いた。

なお、池中には、錦鯉 20 尾 (約 15^{kg}) とウグイ 200 尾、オイカワ 20 尾ほど入れてある。
 沈澱槽には、アオミドロが周年生えており、酸素を供給するとともに、自浄・自濁両作用を行っている。

3. 実験結果

浄化槽の能力は、窒素 (NH₄-N) と亜硝酸 (NO₂-N) を何時間で消滅させるかに求め、実験に使う NH₄-N には、硫酸 (NH₄)₂SO₄ を用いた。使用法は定量を 10 l の水に溶き、如露で全面散布し、30 分後に投入後の第 1 回試料とした。実験開始の池の水質は NH₄-N 0.4 ppm 以下、NO₂-N

0.03 ppm以下とした。硫酸160g投入(NH₄-N 4.0 ppm)は表3に、硫酸320g(同8.0 ppm)は表4にまとめた。

表3 硫酸160gを消滅させる時数

年月日		経過時間	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	水温(℃)
a 昭和63年(1988年)8月8日晴 10:00	投入前	/	7	3~5	0.4	0.015	25
		0.5	6	3~5	4.0	0.03	25
	投入後	6.0	6	5	1.6	0.06	25
		24.0	9	3~5	0.8	0.2	26
		48.0	9	5	0.4	0.06	25
気温30.5℃ 硫酸160g投入 全部に送気							
b 昭和63年8月25日曇後雨 10:00	投入前	/	8	3~5	0.4	0.03	25.5
		0.5	8	5	3.4	0.045	26
	投入後	6.0	5	5~10	1.6	0.15	26
		24.0	6	5~10	0.8	0.2	26
		48.0	7	5	0.4	0.03	26
気温25.5℃ 同 ハニコムへの送気30%カット (第2浄化槽への送気中止)							
c 昭和63年8月30日曇 9:00	投入前	/	8	3~5	0.4	0.03	26
		0.5	6	3~5	3.4	0.045	26
	投入後	6.0	5	5~10	2.4	0.15	26
		24.0	5	5~10	1.6	0.2	25
		48.0	5	3~5	0.8	0.045	25.5
気温26℃ 同 ハニコムへの送気70%カット (第1浄化槽への送気中止)							
d 昭和63年9月2日曇 8:30	投入前	/	8	3~5	0.4	0.03	24
		0.5	4	5~10	3.4	0.045	24
	投入後	6.0	5	5~10	2.4	0.1	24
		24.0	5	5~10	1.6	0.2	23
		48.0	6	3~5	0.8	0.06	23.5
気温22℃ 同 ハニコムへの送気100%カット (送気全部中止)							
e 昭和63年9月2日曇 8:30	投入前	/	7	0~3	0.2	0.006	22
		0.5	6	3~5	3.4	0.02	22
	投入後	6.0	5	5~10	1.6	0.1	23
		24.0	7	3~5	0.4	0.15	22
		48.0	6	3~5	0.2	0.02	24
気温23℃ 同 全送気							
f 昭和63年9月19日曇 8:30	投入前	/	7	3~5	0.4	0.02	21
		0.5	5	5~10	3.4	0.03	21
	投入後	6.0	5	3~5	1.6	0.045	21.5
		24.0	6	3~5	0.8	0.15	22
		48.0	8	5	0.8	0.015	23
気温22℃ 同 全送気							

年 月 日		時間経過	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	水温(℃)	
g 昭和63年9月29日 曇 8:30	投入前		7	3~5	0.2	0.006	19	
		投入後	0.5	5	5	3.4	0.015	19
			6.0	5	5~10	1.3	0.1	19
			24.0	6	3~5	1.0	0.2	17
			48.0	6	5	0.8	0.06	19
72.0	6	3~5	0.4	0.045	18			
h 昭和63年10月25日 曇 8:30	投入前		8	0~3	0.2	0.006	14	
		投入後	0.5	7	3~5	3.4	0.015	14
			6.0	6	3~5	1.6	0.03	14
			24.0	7	3~5	1.2	0.06	13
			48.0	7	3	0.6	0.15	14
72.0	7	3	0.6	0.045	14			
i 昭和63年12月13日 曇 8:30	投入前		9	0~3	0.2	0.006	7	
		投入後	0.5	6	0~3	3.4	0.06	7
			6.0	7	0~3	2.0	0.15	8
			24.0	7	0~3	1.2	0.045	7.5
			48.0	8	0~3	0.8	0.1	8
			72.0	7	0~3	0.6	0.06	7
96.0	9	0~3	0.4	0.03	5			
j 昭和63年12月27日 曇 10:00	投入前		8	0~3	0.4	0.015	4	
		投入後	0.5	7	0~3	3.4	0.02	4
			6.0	8	0~3	1.2	0.04	4.5
			24.0	8	0~3	1.0	0.06	3
			48.0	8	0~3	0.6	0.06	3
72.0	8	0~3	0.4	0.015	5			

表4 硫安320gを消滅させる時数

年 月 日		経過時間	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	水温(℃)	
a 昭和63年8月15日 曇 10:00	投入前		9	3~5	0.4	0.015	26	
		投入後	0.5	8	5~10	8.0	0.015	26
			6.0	5	5~10	5.0	0.03	26
			24.0	6	5~10	4.0	0.3	21
			48.0	5	3~5	1.6	0.2	24
72.0	7	3~5	0.4	0.06	24			

年 月 日		経過時間	DO (ppm)	COD (ppm)	NH ₄ -N (ppm)	NO ₂ -N (ppm)	水温(℃)
b 平成元年(1989年)2月21日 晴後雨 9:20	投入前		9	0~3	0.4	0.015	9
気温 12℃ 硫安 320g 投入 全送気	投 入 後	0.5	6	3~5	6.0	0.015	9
		6.0	7	3~5	4.0	0.04	9
		24.0	7	0~3	1.6	0.15	6
		48.0	8	0~3	0.8	0.06	6
		72.0	8	0~3	0.4	0.06	5
c 平成元年3月5日 曇 10:00	投入前		7	0~3	0.2	0.015	9
気温 10℃ 同 全送気	投 入 後	0.5	6	3~5	6.0	0.03	9
		6.0	5	5	4.0	0.15	9
		24.0	5	5	3.0	0.3	8
		48.0	5	5	1.6	0.15	8
		72.0	6	3~5	0.4	0.15	6
		96.0	6	3~5	0.4	0.06	5.5
		144.0	6	3~5	0.3	0.03	7.5

4. ま と め

ハニコームチューブ接触酸化還元法により組み立てられた浄化槽を使ったミニ多摩川について

ア) 送気が充分で水温 15℃以上ならば、アンモニア(NH₄-Nとして) 4mg/l以下なら3日、8mg/lでも4日あればほとんど分解されて亜硝酸態となり、同時に亜硝酸も分解されて、NH₄-N 0.4 ppm以下、NO₂-N 0.03 ppm以下の水を得ることができる。また5℃前後の水温でも1~2日遅くなるだけで、同じ結果となる。これは意外でもあり、自信も得た。都会の下水で4℃以下となることはほとんど無いだろうから、都市下水・生活排水の浄化に利用できると思われる。

イ) 送気が不十分であると、2倍の日数を要して分解すると考えればよい。ただ送気が不十分だとDOがぐんぐん下るので、池中の生物の酸欠で死ぬ危険はぐんと大きくなる。

ウ) 硫安 480g 投入 NH₄-N 12 mg/l の濃度は、魚体の健康を考えて行わなかったが、(鯉は耐えられる。)この汚れは、今の多摩川中流域では考えられぬ。分離された都市下水もこれ以下である(表2)

エ) 亜硝酸の減少が早いので、ハニコームチューブを引き上げたところ、予想通り気泡の行き渡らない箇所が随所にあり、その部分は黒い付着物がかなりの色の差を見せて付いており、池の底には黒い汚泥がうすく溜っていた。還元反応がさかんに行われているため、引き上げる時、ドブ臭が強かったが、普段は無臭である。汚泥はあまり出ない。目づまりもない。

ハニコームチューブの上面に緑藻が付着する時は、上面を覆えば良く、気泡の飛散防止にもなる。

ハニコームチューブの全面に空気が行き渡るようにすると(全面曝気)NH₄-Nの亜硝酸化も、それ程速くなく、しかも生成したNO₂-Nはほとんど消滅せず、池中で魚を飼育しているから、NO₂-N 0.3 ppmをすぐに超え、水も臭くなり、SSが増加し、濁度が大きくなったので、NO₂-N 0.4 ppm

を超えたと思われる時点で実験を中止して、水を一部交換し、給飼を止めた。

オ) 浄化した水を、養魚ポンプによってくみ上げて水流をつくり、ウグイの産卵期となれば、人工瀬によく日乾した2 cm～2.4 cmの砂利をしき産卵床をつくる。産卵期は例年なら5月上旬であるが、水温15℃になれば産卵をはじめはるはずである。溪流魚であるのでかなりの流速が必要である。産卵床をつくる時期が早すぎると、緑藻や珪藻が砂利の表面に繁殖し、SS増加のもととなり悪い。

飼育水は、DO7ppm以上、NH₄-N0.4ppm以下が望ましく、良い浄化槽を備えることが大切であることがわかる。ミニ多摩川は、この条件を満足し、天然の川に近いと言える。

5. 結 論

家庭用全曝気式浄化槽が不全であることは知っていたので、ハニコムチューブ内を通過する空気が、自在に変化するにはどうすべきかを考え、図2のように最下層は送気せず、自然の上昇流にまかせることとし、下方からのゴミ、汚泥の吸い上げがなく、落下した生物膜によって目づまりを起さないために、枕を入れて4 cmの隙間をつくり、底流によって汚泥が移動できるようにし、二層目の送気箇所も間隔を充分取り、空気と共に上昇した水は、最上段ですぐ近くの、エアリフトの無いハニコム孔から下降するよう、最上面の水深を1.5～2.0 cmとしたことが好結果を生んだことと思う。これは送気のコストを安くすることにも効果があったし、結果を調べて解る通り、酸化と還元が効率よく同一浄化槽内で起るのである。これは5月から3月まで、汚泥を全く抜かなかったことでも証明されるが、3月末から4月10日にかけて気温が急上昇し、水温が10℃～15℃になるとき、大量のSSと汚泥が(ミニ多摩川では10日間で汚水も含めて160ℓほど)沈澱槽にたまるので、この時期だけは人力で汚泥を引き上げないと、強い風にあおられて、池は全面茶褐色に濁ることになる。汚泥は2.5 mm目の玉網で引き上げれば良い。引き上げた汚泥は、深さ30 cm、長さ1 mほどの溝を畑・空地に掘り、流し込んで4月中旬に覆土すれば、いつとはなしに土と化し、臭いもない。浄化槽が目的に合って効率よく働けば、池水は透明度も高く、魚類の病気も少なく、他の軟体動物や、節足動物の生育も良く、食物連鎖の複雑な仕組みもつぶさに観察できるのである。

6. 今後の発展予想

ア) プロアDF-100は、ハニコムチューブ6層重ね(有効水深69 cm以上)を1セットとしても、曝気力があるので、同一面積で50%能力アップできる。底部は水路に密着せず、浮いている状態が望ましいのであるから、水路巾に応じて底面積をきめ、木材で枠を作り、上述の状態を保つよう発泡スチロールの浮木をつけ水中にハニコムチューブを浮かし、ロープを張って流れないようにすれば、増水や粗大ゴミの引っかかりによるトラブルから逃れられるであろうから、現在の下水溝に一時堰を作りそこに設置すれば、汚水の浄化と地下水の涵養にもなると思う。生物膜が着くと、セットは重くなるので、浮木は少し大き目に作り、浮き加減の調節は上層にのせる重石で行う。

イ) セル10 mmのハニコムチューブは、BODの高い汚水には向かないから、砧緑地公園に通ずる親水道路や、瀬田5丁目のフラワーランドの水路の水のアオコ(ミクロキスティス)を除去するのに活用できるが、谷沢川や仙川、野川に流れこむ小河川、下水の水質改善にも適していると思われる。

ウ) エアーストーンの発気孔の位置によって、効率がさらに良くなることが予想される。

エ) 石灰石の玉石を水路に入れた場合、水中の磷酸の固定に関する研究が出来ると予想される。

7. 参考文献

ア) とうきゅう環境浄化財団関係

- 多摩川上・中流における水温の実態とその形成機構に関する研究 西沢利栄(1979)
- 多摩川の環域と魚類の活動性に関する研究 井上実(1979)
- 多摩川の水質に影響を及ぼす基礎因子の解析 今岡正(1981)
- 多摩川水系における窒素の負荷解析 鈴木基之(1982)
- 多摩川における河川空間の整備に関する基礎研究 篠原修(1982)
- 水路を利用した水質浄化工法と二ヶ領用水清流化 有水疆
- 多摩川水系魚類の分布及び遊泳行動と水質との関連に関する研究 井上実(1982)
- 不飽和浸透流の汚水処理機構とその応用に関する研究 八幡敏雄(1982)
- 多摩川水系の汚染と自浄作用に関する総合的調査研究 近藤典生(1985)
- 野川における自浄作用の推定 鈴木基之 ほか

イ) 用水と廃水関係

- 下水の二次、三次処理への応用 足立 喬ほか 用水と廃水 vol 20 №5 (1978)
- し尿、雑排水の生物を使った三次処理方式実例 古川 豊勝 用水と廃水 vol 20 №5 (1978)
- チューブ状接触材の性質と応用 小島貞男 用水と廃水 vol 23 №4 (1981)
- ハニコムチューブを用いた新しい生物処理法 小島貞男ほか 用水と廃水 vol 27 №9 (1985)

ウ) NHKブック関係

- 都市の水循環 押田勇雄編 ソーラーシステム研究グループ 日本放送協会(1982)
- 都市に泉を 本谷 勲編 日本放送協会(1987)
- おいしい水の探求 小島貞男 日本放送協会(1985)

エ) その他

- 水はみんなのもの ベラマン著 山県 登記 東京化学同人(1971)
- 生物膜法 小島貞男ほか 思考社(1982)
- 下水道革命 石井 勲 新評論社(1989)
- 錦 鯉 黒木健夫 保育社(1968)