

木炭浄化システムに関する研究

建設省土木研究所 正会員 保持尚志
正会員 島谷幸宏

1. はじめに

水質浄化の観点から見ると、河川水は流量が多く、汚濁濃度はそれほど高くなく、出水時に多量の土砂を含んでいる。下水道などの汚水とは異なるこのような特徴に対して、適応性が高く、安定した処理能力を持つ方法の開発が期待されている。現在までの技術の中で、比較的適応性が高いシステムが礫間接触酸化法であり、現在広く普及している。しかし、礫間接触酸化法は広い面積を必要とし高コストであるなど改善すべき点もいくつか指摘されている。

木炭浄化システムは民間企業が開発したシステム⁽¹⁾で、ゴルフ場の池などで実績を上げている。土木研究所では、処理面積が小さく、コストが低廉でろ材が再生材である木炭を使用した浄化システムに着目し、河川などへの適応性の検討を行った。

2. システムの概要

本システムは、ろ材として木炭を用いた接触酸化法である。粒径10~40mmの木炭を層厚30cm程度に敷き詰め木炭層を形成し、その中を2~10cm/min(28.8~144m/day)の流速で水を上向流または下降流で濾過させる(図-1)ものである。上水処理の緩速濾過法(0.2~0.4cm/min)と急速濾過法(8~14cm/min)の中間のろ速となっており、この両者の中間の性格を持つものと予測される。粒径が比較的大きい木炭の中を、ヘッド差をコントロールし、ゆっくり流すところが本システムの特徴となっている。また流入水に比べて浄化後は溶存酸素が大きく減少し、堆積した汚泥の強熱減量は流入水SSより小さくなっている。濾過効果による汚濁物質の堆積と、堆積した汚泥の生物的酸化分解効果により浄化がなされている。

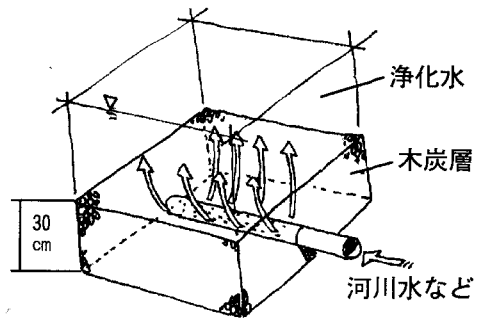


図-1 木炭循環浄化システム概要

3. 実験結果

土木研究所、栃木県、地方建設局で行った実験の概要と効果を表-1に示した。これら一連の実験の中で、近畿地建が行った実験は、他の実験の知見を取り入れ、木炭層内のめづまり時のエアレーションによる排泥や汚泥溜を設置しているため、浄化効果が高く安定した除去率を示した。たとえば2か月の実験期間の平均除去率はBODで流入濃度5~15mg/lで90%、T-N3~8mg/lで50%、T-P0.3~0.8mg/lで65%と、BOD、窒素、リンの除去率はいずれも高い値を示す。窒素が除去されているのは、汚泥溜が嫌気状態で脱窒が、リンについては粒子性のものが除去されていると思われる。

霞ヶ浦の湖水浄化実験では、他の実験に比べてリン・窒素に高い除去効果が得られた。これは、①リン・窒素を含んだ藻類を効果的にこしとった。②ろ材内部に嫌気の状態が発生し脱窒が行われた、ためと考えられる。ただし、総リンは常に除去されるが、 $PO_4\text{-P}$ として溶出する現象が現われたので、導入に当たっては除去総量と発生プランクトン量の関係を検討する必要がある。無機SSの少ない閉鎖性水域においては目づまりも生じにくく、有効なシステムであろう。

土研と栃木県による、栃木市県庁堀における家庭雑排水が流入する準用河川における浄化実験では、表に示した除去効果の他、浄化装置が埋設された河床にのみ大量の水草が発生した。その水草によりSS分がトラップされ、さらに浄化が促進される状況が見られた。これは、浄化水の透視度が100cm以上と高く光合成に有利な条件となるなど、水生植物の生息環境が改善されたためと思われる。

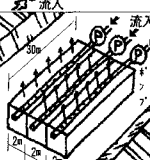
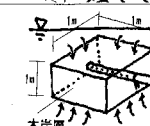
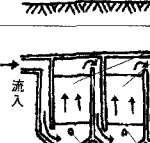
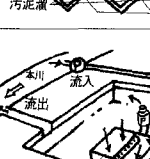
以上のような効果を示すが、本施設の欠点は目づまりにある。

備前川河川水浄化実験では、汚泥の堆積により目づまりが生じ、一部に圧力がかかり、短路流が発生して除去効果が落ちた。濾過システムであるため、特に分解が期待できない無機SSにより目づまりを起し易い性質がある。いずれの実験においても木炭層内のSS堆積量がろ層1m³あたり約50kgとなった場合、ヘッドが40cmを超え、実験施設では木炭層が浮き上がった。長期的に稼動するためには、近畿地建で行なったような排泥対策が必要となる。

4. 長所と短所

これらの実験結果などから、本システムの長所としては、①BODに対しては礫間接触酸化法と同等以上

表-1 木炭浄化実験結果一覧

場所	目的概要	装置	除去効果(上段は流入水質)					結果	
			BOD	SS	COD	T-N	T-P		
土木研究所 土浦市備前川	本実験では①家庭排水が定期的に流入する河川における浄化効果②システムの差異による浄化効果の比較を検討した。備前川の水をポンプで汲み上げ、図に示した装置で浄化を行った。備前川は家庭排水の流入する小河川である。		流入mg/l	10	25	13	3.2	0.3	①汚泥の堆積により短絡流が発生し除去効果が落ちた。 ②流入水に比べて浄化後は溶存酸素が減少していた。 ③堆積した汚泥の強熱減量は流入水より減少していた。 ④システムの違いによる除去効果の差は小さかった。
			層厚 30cm ろ速 2cm/分	31%	37%	14%	5%	10%	
			層厚 60cm ろ速 2cm/分	41%	48%	19%	8%	18%	
			層厚 30cm ろ速 1cm/分	36%	50%	16%	8%	5%	
土木研究所 栃木市栗戸郷	本実験は①家庭排水が流入する小水路における浄化効果②砂利、針葉樹木炭、広葉樹木炭の3種のろ材の比較を検討した。 河床にろ過層を埋設しポンプで水を送り込み浸透ろ過を行った。		流入mg/l	4.1	29		4.6	0.3	①河床に水草の繁茂が見られた ②透視度が向上した。 ③砂利と木炭の間で大きな差は無かった。
			ろ材 砂利	40%	88%		4%	57%	
			ろ材 針葉樹木炭	51%	88%		8%	51%	
			ろ材 広葉樹木炭	38%	87%		8%	35%	
関東地方建設局 土浦市鹿ヶ浦	本実験では湖沼水の浄化効果を検討した。水面下1mのところに、内部に集水管を配した木炭を詰めたかごを吊し、ポンプで水をろ過させた。 鹿ヶ浦は富栄養化現象が問題となっている湖である。		流入mg/l	3.8	18.6	4.6	2.2	0.1	①ほとんど目づまりは無かった ②リン、窒素を含んだ藻類を効果的に濾し取ることができた。 ③内部に嫌気の状態が発生し脱窒が行われた。
				60%	70%	39%	18%	42%	
近畿地方建設局 寺内谷川	本実験では①図に示したシステムの有効性②エアレーションによる排泥装置の有効性を検討した。寺内谷川は家庭排水の流入する河川である。システムは3層に別れ、それぞれ汚泥溜めとエアレーション散気管を持つ。		流入mg/l	5~15	5~40	3~8	0.3~0.8		①エアレーションによる排泥操作により、堆積した汚泥はほとんど排出できた。 ②除去率が高かった。
				90%	95%	50%	65%		
中部地方建設局 伊那市天竜川	本実験では大河川における高水敷を利用した浄化手法の有効性を検討した。天竜川は諏訪湖を水源としここからの汚濁が問題となっている河川である。高水敷に池を掘り、池に本川の水を導き池内で循環浄化させ、オーバーフロー分を本川に戻すシステムである。		流入mg/l	3.1	15	5			①池における沈殿作用も加わってSSの除去効果が高かった。 ②本方式による浄化の可能性が示された。
				61%	93%	24%			
まとめ				60%	80%	30%	20%	45%	
礫間接触酸化法				60%	70%	6%	15%		

数値は実験期間中の平均

の効果がある、②リン・窒素に対しても有効なシステムとなりうる、③礫間と比較して施設面積は約1/2以下となる、④間伐材、風倒木などを利用しうるので、森林の保全、あるいはCO₂の固定という意味でも有効である、⑤木炭は軽いので、施設は簡易に、施工は省力化を図ることができる、⑥エアレーションにより揺動、逆洗させ易い、⑦浮き島などの新しいシステムが可能である(図-2)、などが挙げられる。短所としては、無機SSにより目づまりしやすいことが挙げられ、汚泥の引き抜きなどの定期的メンテナンスが必要である。近畿技術事務所のシステムでは、エアレーションによるろ材洗浄(発生汚泥は汚泥溜にためる)、汚泥溜からの汚泥引き抜きをそれぞれ2~3ヶ月に1回、1年に1回程度のメンテナンスが必要と試算されている。

5. まとめ

本システムは礫間と同等以上の浄化能力を有し、施設規模は小さくできるが、排泥のための十分なメンテナンスが必要である。またろ材として木炭を使用することは、廃材の利用が可能であったり、CO₂固定、森林資源保全など地球規模の環境保全にも貢献すると思われる。

参考文献(1)安部賢崇:木炭による水質浄化の実験,木炭新用途セミナー資料「木炭と木酢液で」,pp15,1993.

(2)建設省近畿技術事務所:上向流木炭浄化実験結果資料,1994.

(3)用廃水管理業書編集委員会編:ろ過(1) 清澄ろ過,工学図書,1968.

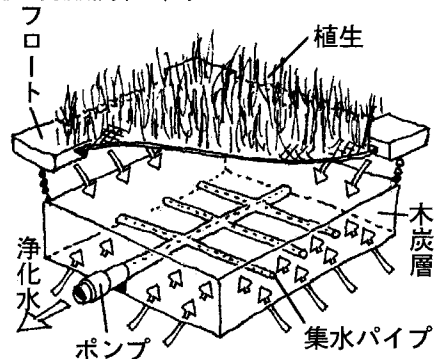


図-2 浮き島浄化システム