

プラスチック材を用いた接触酸化法による 四万十川流入水路浄化実験

和田一範¹・野村和弘²

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 流域管理研究官（〒305-0804 つくば市大字旭1番地）

E-mail: wada-k8310@nilim.go.jp

²正会員 ハザマ 技術・環境本部 環境事業開発部（〒107-8658 東京都港区北青山2-5-8）

E-mail: nomnom@hazama.co.jp

国交省四国地方整備局では清流四万十川の水質保全を目的とした「四万十川水質浄化実験プロジェクト」の一環として、小規模水質浄化に適した浄化技術の開発を目指して現地適用性の確認実験を実施した。本研究は生活排水系で汚濁した水路水を対象として長期にわたる水質浄化実験を通じて維持管理性能や実用性について検討を行ったものである。長期実験の結果、BOD除去率91.2%、SS除去率91.1%、大腸菌群数除去率97.7%、全窒素除去率24.5%、全リン除去率43.3%、MBAS除去率96.4%ほか高い浄化性能と浄化安定性を確認できた。出水時以外に特に大きな問題なく運転が可能で、プラスチック材の特性や汚泥溜の配置により汚泥処理も作業も容易で済み、処理頻度も年間1回程度で済むことが確認できた。なお、本システムは土木学会環境賞、国土技術開発賞、国交省技術試行制度に選定されている。

Key Words: water purification, demonstration experience, maintenance, Shimanto River

1. はじめに

四万十川は「日本最後の清流」と称され、日本の原風景として今なお豊かな自然環境を誇っている。しかしながら、流域の生活水準の高度化、高齢化と人口減少に伴う水田や森林の疲弊などにより、水質の悪化や水産資源（種及び漁獲量）の減少等の種々の影響が出始めている。一方、四万十川流域は集落が山間に点在する典型的な中山間地であり、公共下水道や流域下水道などによる大規模処理施設の導入が困難であり、流域の社会・自然特性に合った水質改善対策が必要とされていた。このような中で、四万十川の水質浄化の保全を図るべく、平成5年四万十川サミット宣言が行われ、水質の保全に関して「きれいでおいしい水を子孫に残す」をテーマに流域が一体となった取り組みが進められている。

本プロジェクトは平成7年度から平成12年度の6ヶ年を中心として、四万十川流域全体で展開された、水質浄化にかかる実証プロジェクトの1つであり、四万十川流域の市町村に一般より公募した浄化技術を適用した水質浄化実験施設を設置し、市町村と共同で維持管理を行い、それら水質浄化効果の調査を実施したものである。実験にあたっては以下の事項を考慮して検討が進められた。

- ①四万十川の水質汚濁要因となる支川、排水路や特定汚濁源を対象とした高効率浄化技術を開発する。
- ②四万十川の社会・自然環境特性に合った、小集落対象の小規模浄化技術を中心とした新たな浄化技術を開発する。
- ③取り組み自体を社会的実験的取り組みとして位置付け、実験を通じて専門家の手を必要としない、四万十川流域に適した維持管理システムの構築、地域の人材育成や保全思想の啓蒙をはかる。

2. 水質浄化実験

(1) 浄化実験対象

今回実験を行った場所は図-1に示すように四万十川の中流に位置する幡多郡西土佐村で実施し、写真-1に示すような家庭用浄化槽で未処理な生活排水が流れ込む2箇所の水路水を集水し、写真-2に示す浄化施設で水質浄化実験を行った。地区内には、民家63戸、農協、郵便局、飲食店3軒、旅館2軒、銀行、パチンコ、ガソリンスタンド2店、保育所がある。対象水路は地域内の2水路であり、この地域の生活排水が対象となる。（1戸当たり3人家族とすると、約190人の定住人口となる。）



図-1 実験場所（西土佐村）

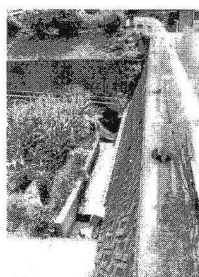


写真-1 実験対象水路

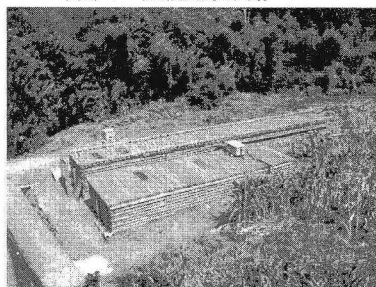


写真-2 実験施設

実験対象水路の流量は、流量調査時の実測平均値では1.809L/secであるが、実験施設では実験対象水量を0.5L/secとした。今回は清流四万十川の環境基準まで水質浄化できることを目標に実施しており、この時の浄化目標水質を表-1に示す。

表-1 浄化目標水質

項目	浄化対象水質*	開発目標水質 (環境基準A類型)
BOD (mg/L)	61.4	2.0
D-BOD (mg/L)	37.5	1.2
SS (mg/L)	34.1	0.5
DO (mg/L)	5.3	7.5
NH ₄ -N (mg/L)	1.2	0.1

* 実験計画当初の排水路水質

設け、微量汚濁成分の吸着や木炭の表面に微生物が付着し易い特徴を生かして、河川環境基準A類型の河川水質まで高度な浄化処理を行う。

浄化施設の下部には汚泥溜が設置されており、空隙の大きい接触材なので付着した汚泥は自然に落下し汚泥溜に堆積し、自己分解により減容化される。

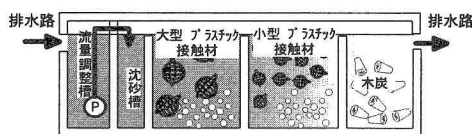


図-2 浄化施設のフロー

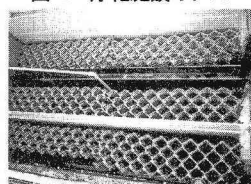


写真-3 ハニカム状接触材

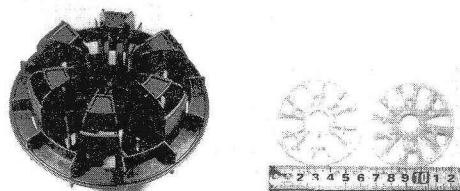


写真-4 ボール状接触材（左：大型、右：小型）

(2) 実験施設の概要

本技術は民間開発審査証明書²⁾を取得した技術をベースとして、沈砂槽（接触沈澱槽）とプラスチック接触材槽の2槽及び木炭を用いた高度処理槽から構成される。図-2に浄化フローを示す。

閉塞の恐れがなく、かつSSの沈降性の高い接触材（写真-3：ハニカム状）を充填した沈砂槽で粗い浮遊物を一次処理する。その後、エアレーションされた2種類のボール状プラスチック接触材（写真-4及び写真-5）を充填した水槽を通して、その表面に付着した微生物の働きで汚濁物を浄化する。最後に、木炭を充填した生物処理槽

また、浄化施設の滞留時間は接触材が充填されている浄化部容量における実滞留時間で約17時間である。施設の滞留時間及び容量を表-2に示す。

表-2 浄化施設の滞留時間と容量

項目	設計諸元	施設規模
浄化水量	0.5L/sec	—
沈砂曝気槽	滞留時間 3.7時間	有効容積 44.58m ³ (1.5m×14.2m×2.4m) (合計滞留時間 24.7時間)
接触酸化槽 第1槽	滞留時間 14.6時間	
接触酸化槽 第2槽	滞留時間 3.4時間	
木炭高度処理槽	滞留時間 3.0時間	

*滞留時間は空塔で汚泥層を含む

(2) 実験方法

a) 実験条件

実験条件は表-3に示す運転条件で長期運転を実施した。流入水量は時間と共に大きく変動するために流量調整槽を設けて一定水量を通水できるようにされている。浄化施設内部には幾つものパーティションに区切られており、曝気風量は適材適所に配分されている。

表-3 運転条件

浄化水量	0.5L/s
曝気風量	450L/min

b) 維持管理方法

本浄化施設は開発コンセプトに則り基本的にはほとんどメンテナンスフリーで済む施設となっている。維持管理内容と頻度を表-4にまとめる。

表-4 維持管理内容と頻度

分類	内 容	頻 度			
		週1回	月2回	年4回	年1回
施設管理	施設からの漏水有無の確認	○			
	浄化水量の計測	○			
	曝気ブローアの保守点検	○	作動状況		○
	曝気量の確認と調整	○			
汚泥管理	流入部・放流部の水槽清掃	○			
	堆積汚泥の確認		○		
水質管理	定期採水・分析		△		
	詳細管理			△	
標準作業時間（作業員1人）		1時間	2時間	1.5時間	3.5時間

注）△は参考として浄化性能を確認するもの

c) 採水調査方法

調査年度により頻度や内容は若干異なるものの、浄化施設の性能を調査するため行った採水・分析の方法を表-5に示す。浄化施設の滞留時間が長いことを考慮して、採水方法は原則として24時間のコンポジット採水を採用している。現地の条件により一部ではスポットによる採水を行ったが、この時には滞留時間を考慮した時間遅れによる採水としている。

表-5 水質調査内容と頻度

採水場所 位置	流入水	接触沈殿 槽出口	接触酸化 第1槽内	接触酸化 第1槽出口	木炭槽内	木炭槽出 口	処理水
透明度	○	△	○	△	○	△	○
pH	○		○		○	△	○
DO	○		○		○	△	○
SS	○		○		○	△	○
YSS	○		○		○	△	○
BOD	○	△	○	△	○	△	○
B-BOD	○	△	○	△	○	△	○
ATU-BOD	○	△	○	△	○	△	○
CODMn	○					△	○
CODCr	△					△	△
濁度	○		○		○	△	○
T-N	○					△	○
NH ₄ -N	○	△	○	△	○	△	○
NO ₃ -N	○					△	○
NO ₂ -N	○					△	○
T-P	○		○		○	△	○
PO4-P	○					△	○
大腸菌群数	○					△	○
MBAS	○		○		○	△	○

頻度：○：月に1回

○：2,3ヶ月に1回

△：スポットで実施

d) 汚泥処理処分方法

水質浄化に伴って発生する汚泥は下部の汚泥溜に堆積するが、ここには排泥管が設置されており施設脇にあるマンホールに排泥することが可能である。接触材の一部や木炭槽には充填材の隙間に汚泥が堆積付着すると考えられるので、充填材直下に配置された散気管から逆送空気を送気して汚泥を剥離させた後に、汚泥を引抜く方法とした。マンホールに排泥した汚泥は、バキュームカーで産廃処分する。

作業自体は通水、曝気及びバルブ操作、バキュームカーの管理等で完了できる簡便な作業内容である。計画作業頻度としては、3～6ヶ月に1回程度と推定している。

3. 実験結果

(1) 稼働状況

本実験は平成9年2月より、流入水量0.5L/sで稼働を開始したが、表-6に示すように台風や大出水による施設の破損等が発生し、しばしば施設が停止している（写真-5）。

実験場所として設置した場所が当初の予想を超える出水により浄化施設本体が浸漬したことが原因の大部分であり、直接浄化施設そのものに起因するわけではない。しかし、適切な設置場所の選定と耐久性やメンテナンス性を考慮したポンプやブローアの選定が現地実験では重要である。

表-6 浄化施設の停止状況

NO.	停止期間	停止理由など
1	平成9年9月～平成10年1月	台風による施設破損
2	平成10年3月～6月	曝気ブローアベルト切れによるモータ焼付け
3	平成10年7月～平成11年2月	大雨による浸水によるブローア破損。ブローア位置を嵩上げし浸水対策工事を実施。
4	平成11年6月～11月	流量調整槽ポンプ故障。修理中に大田木でブローア破損
5	平成13年2月～3月	流量調整槽ポンプ故障状態のまま調査期間終了。

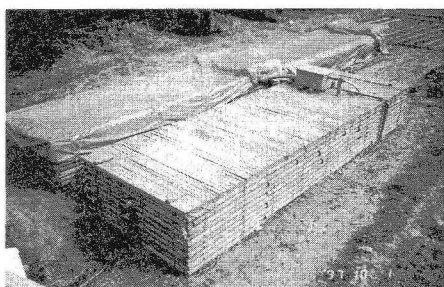


写真-5 浄化施設破損状況

(2) 水質調査の結果

a) 浄化性能の経時変化

表-7 に全期間の水質分析結果をまとめる。また、図-3(1)から図-3(6)に主要な水質項目における浄化性能の経時変化を示す。

流入水温は 10.5～29.7℃の範囲であった。DO は 9.7mg/L と高く、流入水 DO と相関が見られた。BOD はほとんどの期間で環境基準である 2.0mg/L 程度を推移する結果が得られており、SS も低濃度まで除去されており、流入水の変動の影響は見られなかった。透視度はほとんどの期間で 50 度以上の値を示した。窒素は流入水の変動に影響を受け、除去率は 24%に止まった。一方でアンモニア性窒素は除去率 95%とほぼ完全に硝化されている。リンは流入水の変動を受けず除去率は 43%となった。MBAS は除去率 96%と良好な結果が得られた。

表-7 水質浄化結果まとめ

項目	テ-9 数	流入水	浄化水	除去率	項目	テ-9 数	流入水	浄化水	除去率
水温 (℃)	19	16.3	15.6	—	CODMn (mg/l)	8	22.0	6.0	73%
透視度 (cm)	19	18.7	80.1	—	大腸菌群数 (MPN/100ml)	19	2.3×10^4	5.4×10^4	98%
pH	19	6.9	7.2	—	T-N (mg/l)	17	5.15	3.89	24%
DO (mg/l)	19	8.6	9.7	—	NH ₄ -N (mg/l)	17	2.25	0.12	95%
BOD (mg/l)	19	23.8	2.1	91%	NO ₃ -N (mg/l)	9	0.139	0.018	—
ATU-BOD (mg/l)	17	19.1	2.1	89%	NO ₂ -N (mg/l)	9	0.53	3.61	—
D-BOD (mg/l)	17	12.1	1.3	89%	T-P (mg/l)	17	0.682	0.387	43%
濁度 (度)	17	16.7	2.3	86%	PO ₄ -P (mg/l)	9	0.290	0.356	0%
SS (mg/l)	19	18.0	1.6	91%	MBAS (mg/l)	17	1.69	0.06	96%
VSS (mg/l)	9	13.0	1.1	92%					

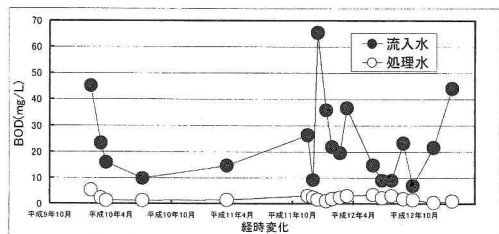


図 3(1) BOD の浄化経過

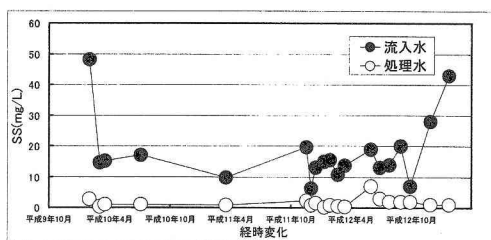


図 3(2) SS の浄化経過

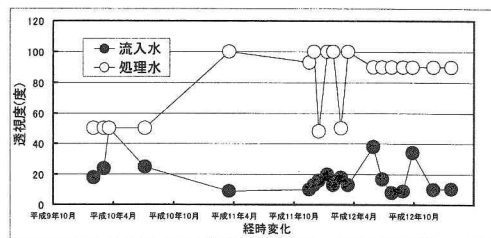


図 3(3) 透視度の浄化経過

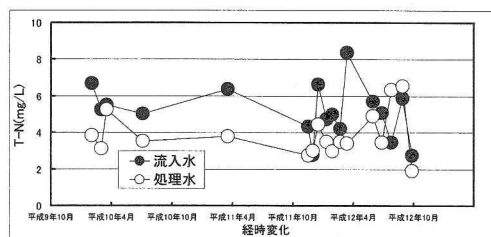


図 3(4) T-N の浄化経過

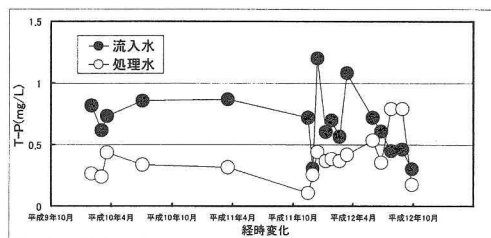


図 3(5) T-P の浄化経過

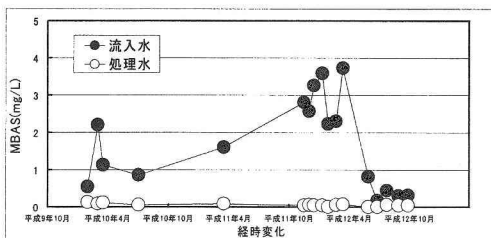


図 3(6) MBAS の浄化経過

b) 施設流下方向での浄化効果

主要な水質項目における浄化施設の流下方向での浄化

効果度合を図-4に示す。BOD及びSSともに接触酸化第2槽でほとんど浄化が完了していることが分かる。スポット的に中間地点を調査した結果によれば、沈砂槽及び接触酸化槽第1槽で大部分の汚濁成分が浄化されており、浄化施設の建設効率から考えると浄化時間は現在よりも短く設定しても構わないことが窺える。逆に木炭槽ではほとんど浄化が完了しているために汚濁水質項目における浄化改善はあまり観測されなかった。

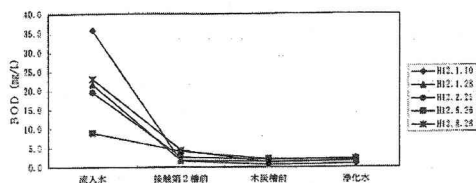


図-4(1) 流下方向におけるBODの浄化度

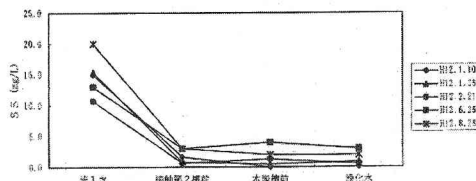


図-4(2) 流下方向におけるSSの浄化度

(3) 汚泥処理状況

表-9に示すように汚泥処理作業は、浄化施設の稼働時間が短く発生汚泥量が少ないこと、浄化効率が長期間低下してきていないことから計画通りには実施せず、期間中2回のみ実施して堆積状況を調査・確認した。作業自体は写真-6に示すように作業員2名とバキュームカー運転手の計3名で実施することができた。今回の作業は作業手順を確認しながら、さらに汚泥サンプリングを実施したため3名の要員と約5.6時間の作業時間を必要としたが、通常の作業では2名で3.4時間の作業で可能であることが確認できた。

表-9 汚泥処理作業の実施状況

実施日	平成11年4月15日	平成12年2月21日
作業時間	9時～16時	10時～16時
作業人員	操作員：1名 バキュームカー運転手：1名	操作員：1名 バキュームカー運転手：1名
搬出汚泥量	6.3m ³	1.58m ³
最終処分先	西土佐村内の堆肥施設	西土佐村内の堆肥施設
備考	平成10年7月の冠水後、再稼働にあたり浄化施設内の堆積汚泥を排除するために実施した。	平成11年2月～6月、平成11年11月～平成12年2月までの稼働にともなう汚泥の処理処分を行った。

実験施設から排除した汚泥量及び性状を表-10に示す。排出汚泥量は平成11年4月15日調査時で99.0kgと、平

成12年2月21日調査時では78.2kgの汚泥を排出した。

最初の調査では浄化に伴って堆積した汚泥以外に出水時に冠水したときに流入した汚泥が混入したことで、長期間施設を停止させたときに有機物の分解が進行したために有機性汚泥の割合が著しく低下したのと考えられる。2回目の調査においても堆積汚泥の有機物含有率は18.8%と低い値となっており、施設内貯留により汚泥の自己分解・減容化が計られていることが確認できた。

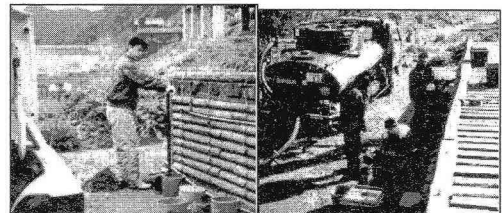


写真-6 汚泥処理作業状況

表-10 排除した汚泥量と性状

汚泥処理処分日		平成11年4月15日		平成12年2月21日	
項目		第1槽～第3槽	第1槽～第3槽	合計	
性状分析	排除した汚泥量(m ³)	0.4	0.3	0.7	1.58
	SS(mg/L)	232,950	19,440	—	49,500
	VSS(mg/L)	30,680	1,910	—	9,290
	VSS(%)	13.2	9.8	—	18.8
堆積汚泥量	全汚泥量(kg)	93.18	5.83	99.01	78.21
	有機性汚泥量(kg)	12.27	0.57	12.84	14.68
	無機性汚泥量(kg)	80.91	5.26	86.17	63.53

(4) 維持管理状況

通常の維持管理は表-4に示す週1回の作業項目を地元の西土佐村役場の担当者に作業を依頼した。作業は概ね週1回から2週に1回程度の作業で済み、作業内容自体には特殊な技能は不要であった。本技術を普及展開する際に通常の維持管理面に関する問題はあまりないと判断できる。実際に現地で実施した主な作業を下記に示す。

- ・電源（取水ポンプ、プロア）の動作確認
- ・取水口の土砂、ゴミの状況確認と清掃
- ・流入水量の確認、調整及び調整槽の清掃
- ・曝気風量の確認と調整
- ・放流水の状況確認

4. 考察及び評価

(1) 水質浄化機能

a) 処理成績

開発目標であるBOD2mg/L以下、SS0.5mg/L以下を全体平均値では達成することはできなかったものの、BOD、SS、大腸菌群数、MBASとも非常に高い浄化能力を確認することができている。窒素リンなどの富栄養化物質については懸濁成分の除去に起因していると考えら

れるが、それぞれ約25%、約43%の除去率が得られた。アンモニア性窒素に関しては消化率95%で非常に良く浄化されており、浄化能力に十分な余裕があることが分かる。

b)変動に対する安定性

図-5(1)に流入水と処理水のBODの関係を図-5(2)に流入水BODと除去率の関係を示す。流入水の濃度変化に対しても処理水BOD及び除去率は非常に安定している。SSに関しても同様な傾向が見られた。

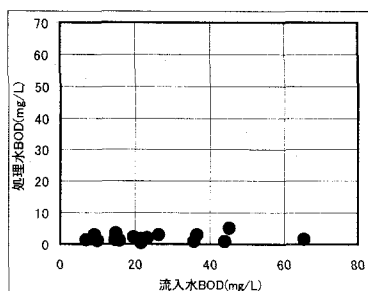


図-5(1) 流入水と処理水の関係(BOD)

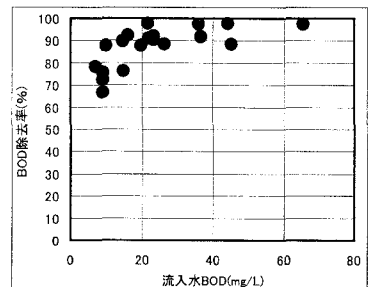


図-5(2) 流入水BODと除去率の関係

(2)浄化施設の効率

今回の技術がこれまで既往の河川浄化施設¹⁾²⁾³⁾と比較してどの程度の効率になるのかを検討を行う。図-6(1)には既往の水質浄化施設における流入水質とBOD除去率の比較を、図-6(2)には単位容積当たりのBOD負荷削減量の比較を示す。

今回の技術は既往の浄化技術に比べて非常に高い浄化性能を有していることが示されている。しかし、単位浄化施設当たりの汚濁負荷削減量は既往施設よりも若干低いものの概ね同レベルにあると言える。

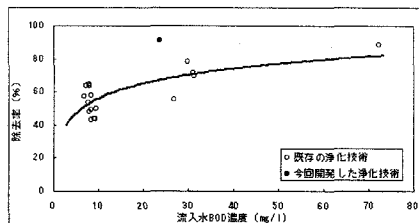


図-6(1) 流入水質と除去率の関係(既往技術比較)

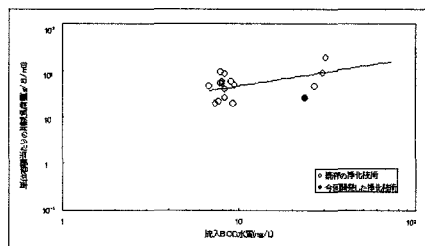


図-6(2) 単位容積当たりのBOD削減量の比較

5. おわりに

今回確認した浄化技術は既往の浄化技術と比べても同等の施設効率を持ちながら、良好な浄化性能を有しかつ維持管理の容易な工法であることが確認できた。今後、四万十川の水環境保全に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 財団法人土木研究センター：民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規程に基づく土木系材料技術・技術審査証明報告書(技審証 第0805号)
- 同上(技審証 第0804号, 第0806号, 第0909号, 第0812号, 第0813号, 第0814号, 第0908号, 第1016号)など
- 社団法人 日本下水道協会, 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説(1999)

Water quality purification experiment of an inflow waterway which flows into Shimanto river by the contact oxidizing method using the plastic support

Kazunoiri WADA, Kazuhiro NOMURA

For the purpose of development of small scale plant, Ministry of Land, Infrastructure and Transport Shikoku district maintenance office conducted the water quality purification experiment, as part of Shimanto River Watershed Improvement Project. This study examines a maintenance management performance and practicality by long term water quality purification experiment of an inflow waterway corrupted by drainage from the household. An experiment result, and a high purification performance and high stability have been checked. It was able to operate in addition to the time of flood, without a big problem occurring. Owing to the characteristic of material, or installation of sludge storage, sludge processing work is easy and frequency is also about 1 or less time per year.