

自然循環方式による琴平川の水処理効果

行 弘 恵・津 野 正 彦 (現中村保健所)

1. はじめに

日本最後の清流として全国的に評価の高い四万十川であるがここ20年の間に水質の悪化が見られるようになってきた。高知県は四万十川の清流保全対策に早くから取り組み、主たる汚染源である生活排水や畜産排水等にもとづく汚染の削減に取り組んできた。

具体的には公共下水道や農業集落排水事業、合併処理浄化槽等の設置が推進されているが多くの時間と経費が必要であり、また流域は川沿いに細長く集落が点在しこれらの施設設置が困難な場所が多く、生活排水等の汚水は直接河川に流れ込む地形となっている。

河川の水質の悪化は未処理で流入する生活排水が大きな要因であることはよく認識されるようになってきたが、処理施設の設置は十分ではない。さらに近年、従来の国が定めた基準の放流水では清流と呼ばれる川に流入するのはふさわしくないのではないか、という意見も出てきている。

そこでとくに四万十川の浄化に熱心な、中流域に位置する十和村が水処理に関する独自の活動を続けた結果、考案され開発されるに至ったのが「四万十川方式」といわれる自然循環型の水処理技術である。

この技術は環境科学・土壌学を専門とする東京大学松本教授が考案した「自然循環方式」を基に、大学や地元企業の協力によって開発された。河川に直接流れこむ水路や小河川に設置することにより設置後直ちに水質改善効果が得られる技術であり、また木炭や枯れ木等身近に調達でき、かつ、自然に還元出来る資材を用いる方式である。

高知県では橋本大二郎知事の提唱により、大学、国立研究機関、地元企業、県及び四万十川流域町村からなる「高知県自然循環方式水処理技術研究会」(以下「研究会」)を設置した。その研究の一

環として公害防止センターは主に窪川町琴平川に設置した施設について調査を行った。

2. 施設の概要と調査方法

2. 1. 自然循環方式の基本構造

自然循環方式は主に水田が持っている自浄作用を手本とした浄化装置で、エネルギー消費を抑えるため施設は地中に埋設した自然流下型とし、耐用年数を過ぎた充填材は田畑等土壌還元の可能な資材を用いている。

基本構造は図1のとおりである。装置は5槽から構成され、機器類はばっ気処理と保守点検作業(逆流)のためのプロア装置のみである。5槽のうち特に重要な第2槽と第3槽について説明する。

2. 1. 1. 第2槽

第2槽の炭素系有機物では、 NO_3^- は嫌気性状態で脱窒素菌の働きにより N_2 を放出する。反応に預からなかった一部の NO_3^- は、還元され NH_4^+ となり上部のニトロライトで吸着除去される。また残りの NO_3^- は、微生物が増殖する際、炭素系有機物だけでは窒素含有率が低く窒素飢餓状態になるため、微生物が水中の窒素を積極的に取り込むので、結果として水中の窒素は除去される。

2. 1. 2. 第3槽

第3槽では充填材チャコールバイオに定着した微生物が水中の有機物を生物処理し H_2O と CO_2 、 N_2 に分解する。またLASも吸着され、分解される。

施設に使用している充填材の名称とその概要は表1の通りである。

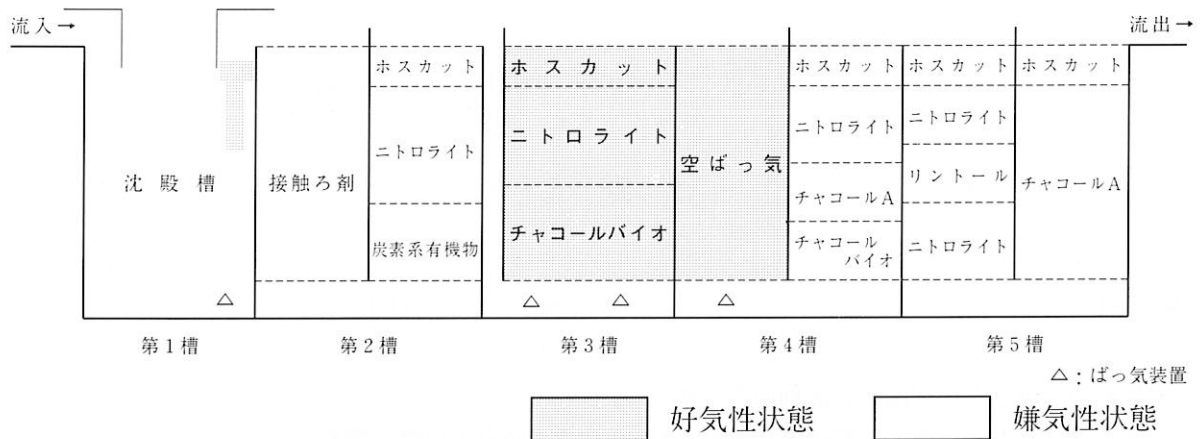


図1 四万十川方式の基本構成

表1 充填材名称と概略

充填材名称	概 略
接 触 ろ 材	ポリプロピレン製接触材：夾雑物の除去目的
炭 素 系 有 機 物	シイタケ栽培の原木（ほだ木）の廃材や枯葉等：窒素削減
チャコールバイオ	硬質木炭をキトサンでコーティングし微生物の定着を促進：有機汚濁削減等
チャコールA	木炭を再処理：脱色、脱臭
ニトロライト	ゼオライト系鉱物：アンモニア性窒素の吸着
リントール	カルシウム系素材：燐除去、燐酸吸収係数40mg/g
ホスカット	鉱物系砕石整粒体

2. 2. 窪川町琴平川浄化施設の概要

琴平川の流れる高知県窪川町は標高約230m、年間平均気温14.6℃、年間降水量3,300mm、人口16,000人で、四万十川上流域では最大の汚濁負荷発生地域である。なかでも、四万十川の支流である吉見川に流れ込む琴平川は町内でも人家の密集した地域を流れており、施設設置前の調査ではBOD10~30mg/Lとなっていた。

琴平川の流域人口は約2,000人で一般家庭790戸の他病院3、学校2、クリーニング店や量販店があり、単独浄化槽は約300基、合併処理浄化槽は30基設置されている。流域で発生する負荷量のうち水路に流出する負荷量はBOD60kg/日、TN13kg/日と推定された。

この水路の水質を改善するため、平成6年に琴平川の末端に水路浄化施設を設置した。

琴平川は自己水量が多いため、施設の1日の計画処理水量は4,000m³程度までとし、幅2.5m、深

さ3.2m、長さ88mの施設を設置した。流入水質は事前調査からBOD23mg/L、TN1.5mg/L、TP0.1mg/Lを想定、削減率をそれぞれ75%、80%、80%と想定した。

通常自然循環方式では、水処理の過程で嫌気状態と好気状態を繰り返させる為に、十分な水深を確保する必要があるが、この施設は水路周辺に十分な設置スペースが得られなかったため、河床に埋設する特殊タイプとなっている。したがって横幅と深さが抑えられた分長さをとって処理水の滞留時間を確保し、基本タイプの充填剤の組み合わせを3回繰り返す構造となっている。その構造を図2に示す。

また、降雨時には大量の土砂が流れ込むを防ぐため、時間流量が200~250m³程度になると流入口の自動閉鎖装置が働くようになっている。

2. 3. 施設の改善

琴平川施設は平成6年5月末に通水を開始したが、通水半年ほどで充填剤表面の生物膜が肥厚し、流路が一部閉塞して処理水のショートパスが見られた。充填剤の逆洗浄と清掃で一時回復したが冬季に再び閉塞したため、平成7年4月に第4、6、8槽のチャコールAを接触濾材に変更した。改善後の構造を図3に示す。

2. 4. 水質調査方法

水質調査は平成6、7年度の晴天時の水量の安定した日を選び、夏季と冬季に各2回通日精密調査をおこない、他にオートサンプラーを用いた通日調査、スポット採水による補足調査も行った。

通日精密調査では流入水の採取および流量の観

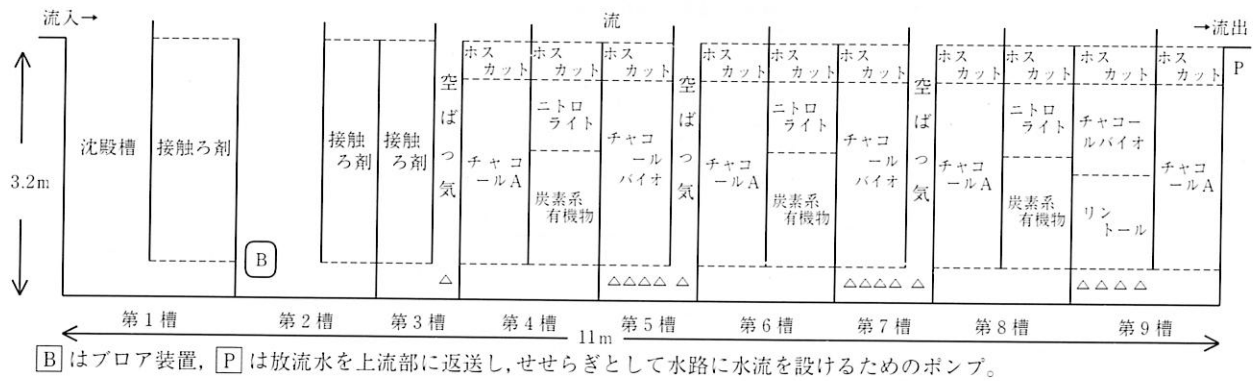


図2 窪川町琴平川施設（水路内設置型：設置当初）

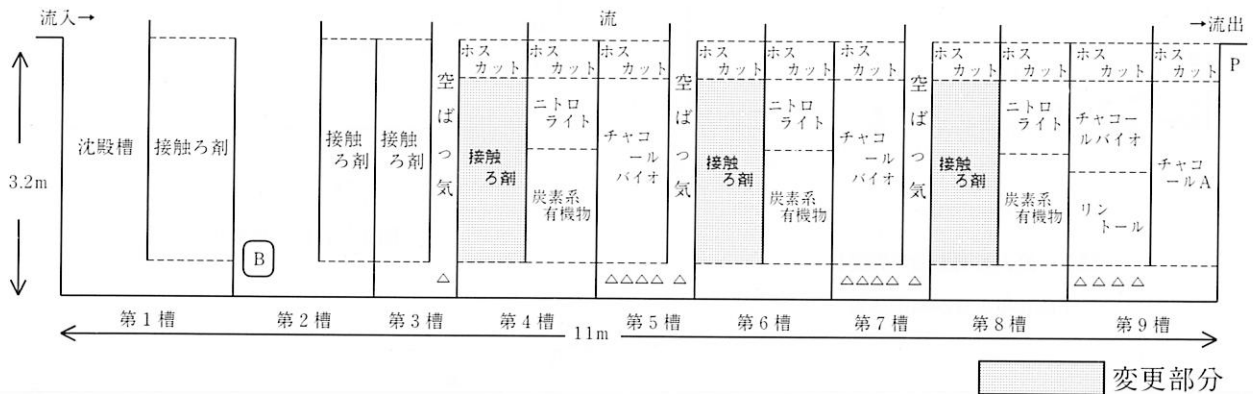


図3 窪川町琴平川施設（水路内設置型：改善後）

測を30分間隔で、各槽および流出水の採取は1時間間隔で行った。

調査項目は流量、水温、pH、硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、総窒素、リン酸態リン、総リン、COD、BOD、SS、MBAS、LAS (C₁₀~C₁₃, 総合LAS) である。また、各槽の好気状態や嫌気状態が確保されているかどうかを検討するために、DOも調べた。

3. 結果と考察

調査結果の評価はオートサンプラー、精密調査を含めた通日調査の結果を用いた。

この施設における流入水量と流入汚濁量の日間変動を図4と図5に示す。流入水量は晴天時で平均1,100m³/日、夏季と冬季では違いはほとんど見られなかった。また流入水量およびBOD汚濁流入量の日間変動は朝と夕～夜間にピークがあり、典型的な生活排水のパターンを示した。

流入水および流出水の水質調査結果を図6～9に示し、調査結果の集計を表2に示す。

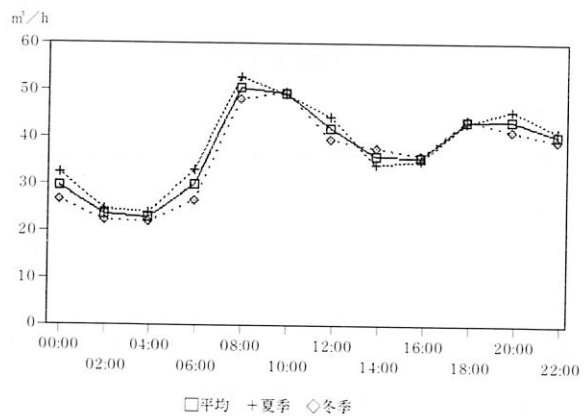


図4 日間水量の変化

24時間調査の流量データを集計

表2 四万十川方式水質測定結果 (窪川町琴平川施設:水路内設置タイプ)

項目	BOD		COD		T-N		T-P		LAS	
	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水	流入水	流出水
平均値 (mg/L)	17	3.9	12	5.5	4.4	3.5	0.39	0.21	1.0	0.11
最大値 (mg/L)	43	10	24	9.2	8.8	6.1	1.3	0.28	3.4	0.60
最小値 (mg/L)	4.8	0.8	5.3	3.7	2.2	1.9	0.16	0.14	0.22	<0.001

(通日調査の結果を集計)

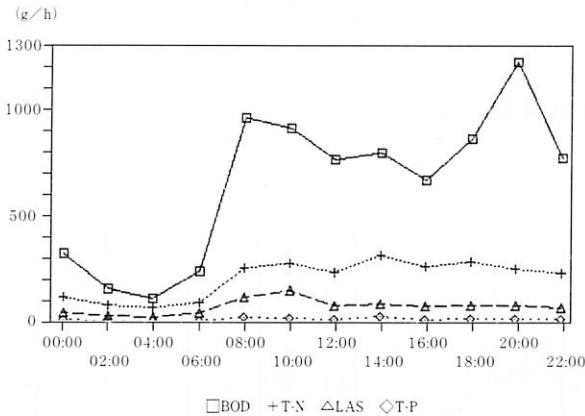


図5 流入汚濁量の時間変化
平成8年1月24時間調査

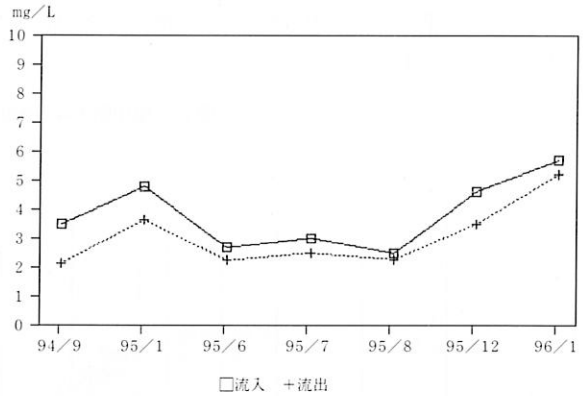


図8 T-N 経年変化

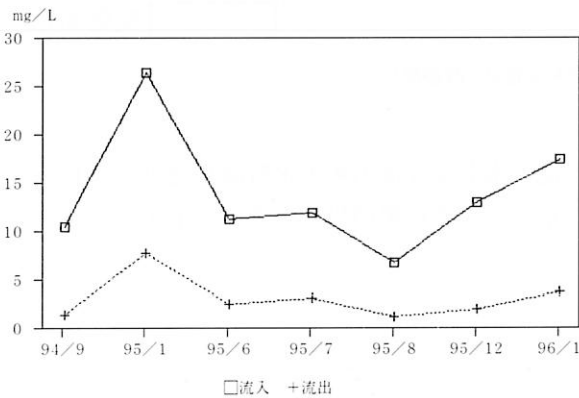


図6 BOD 経年変化

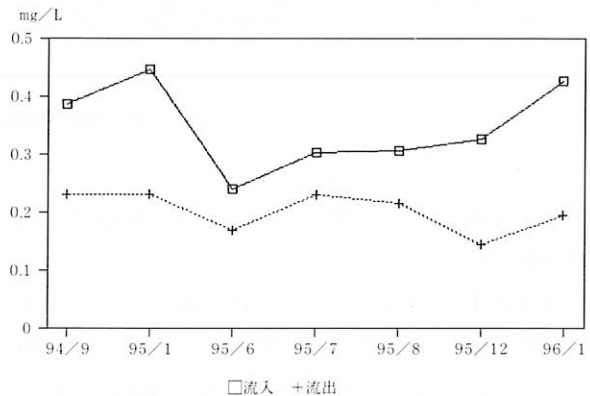


図9 T-P 経年変化

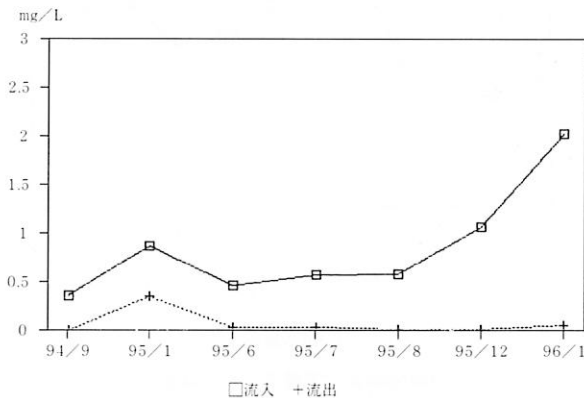


図7 総 LAS 経年変化

流入水量の平均は BOD17mg/L, TN4.4mg/L, TP0.39mg/L, LAS1.0mg/L で特に BOD の値は設計時に想定した値の約74%であった。また図より、夏季よりも冬季の方が流入水質が高い値を示した。

流出水の水質は、BODで平均3.9mg/L (削減率77%), LASで0.11mg/L (削減率89%)と比較的満足のいく結果であるが、図6~9をみるとLASを除く項目で流入水との高い相関がみられ、この原因として施設の滞留時間が短い(通日調査平均で6.1時間)ことが考えられた。

また施設改善前と改善後の汚濁削減率を表3に、同じく改善前と改善後の槽別水質変化を図10, 11に示す。

表3 四万十川方式汚濁負荷削減率
(窪川町琴平川施設：水路内設置タイプ)

項目	BOD	COD	T-N	T-P	LAS
改造前削減率(%)	75	55	31	50	69
改造後削減率(%)	80	49	16	44	96

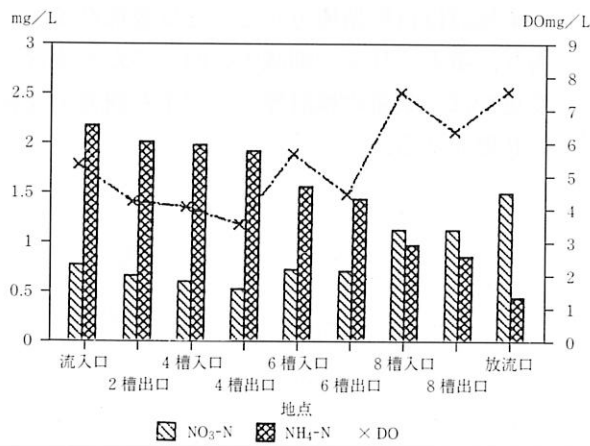


図10 改善前の槽内水質変化

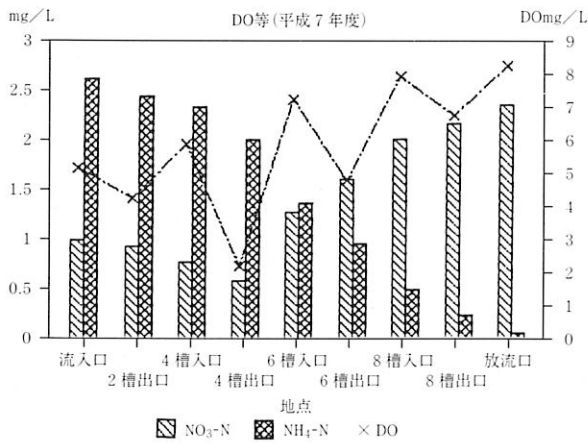


図11 改善後の槽内水質変化

汚濁削減率を見ると改善後のBODは80%, LASは96%と高くなっているが、TNは16%と改善前に比べて著しく低くなっている。

図10, 図11より各槽の溶存酸素量と窒素の存在形態の関係を見てみると、改善前は放流水中にアンモニア性窒素が多く残っているのに対し、改善

後は硝酸性窒素にまで酸化され十分酸化が進んでいることがわかる。しかし、槽の深さ・滞留時間の不足により嫌気状態が確保されず、脱窒までは至っていないことが推定される。

最後に行った通日調査(平成8年1月)の、各槽別水質の結果を図12~14に示す。

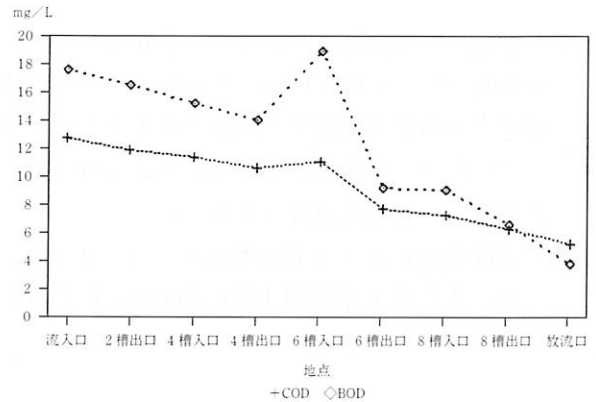


図12 槽別水質変化 (BOD等)

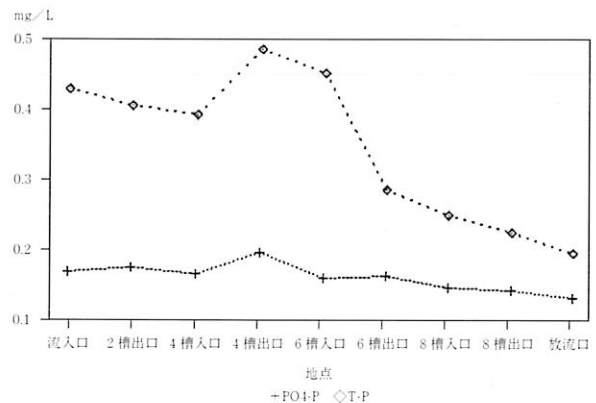


図13 槽別水質変化 (T-P等)

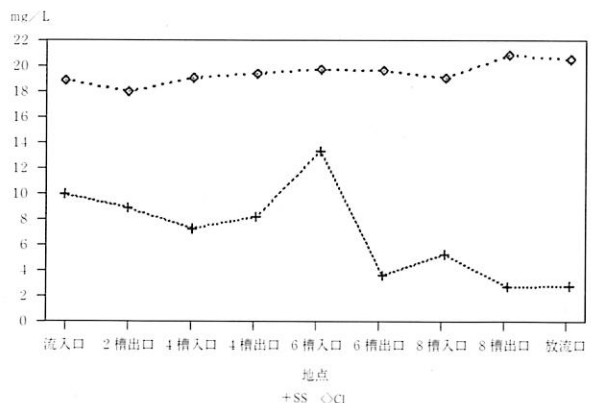


図14 槽別水質変化 (SS等)

これによると第4槽出口および第6槽入口でSS, BOD, TP等が上昇する傾向が見られる。施設改善後の削減率が思うように上がらない原因として、おそらくこの地点で生物膜の剥離のような何らかの現象がおこっていると推察される。

4. まとめ

- 1) 本施設は設置場所の条件から十分な深さ・滞留時間の長さが得られず、それを補うため自然循環方式の基本構造を3回繰り返すタイプとなっていたが、生物膜の肥厚等による濾材の閉塞が著しく、大幅な濾材の変更を行った。
- 2) 設置場所の流入水量は晴天時で平均1,100m³/日、また流入水質はBODで17mg/Lで設計時の想定値より低かった。施設の改善後の汚濁削減率はBODで80%、LASで96%とほぼ満足のいく値であったが、窒素は大幅に下回り、リンも期待したほどの効果はあがっていない。
- 3) 窒素の存在形態を見ると施設の改善後硝酸化はより進むようになったが、脱窒まで至っていない。この原因として槽の深さ・滞留時間の不足により嫌気状態が確保されてないことが考えられる。その他、流出水の総窒素量が高い原因として、途中の槽で生物膜の剥離の様な何らかの現象がおこっていると推察される。
- 4) 本施設は自然循環方式としては変形タイプであり、窒素・リンの削減率の向上のため濾材の変更やばっ気量の検討等、まだまだ研究・改善の必要がある。