

(16) 汚濁水域の浄化システム

THE WATER PURIFICATION SYSTEM FOR THE POLLUTED WATER AREA

赤井一昭^{*}、 上田伸三^{**}、 和田安彦^{***}、 津田良平^{****}
Kazuaki AKAI^{*}, Shinzou UEDA^{**}, Yasuhiko WADA^{***}, Ryouhei TUDA^{****}

ABSTRACT; Water pollution in many water courses and rivers, lakes, marshes, bay area and sea area are serious problems on preservation of the environment and our living environment. So, it is required that development of new water purification system for the water courses and rivers. Then we develop and investigate an water purification system for the river taking into account the these situation. This water purification system surrounds water area from the mouth of the river to the coast by the rubble-mound breakwaters and the permeable water course is constructed along the river at the mouth of the river. This system purify water at the river, mouth of the river and coastal area by the self purification.

KEY WORDS; water pollution, water purification, permeable breakwater, self purification

1. 緒言

流れを構成する水路や河川及びこれを受け入れる湖沼、海域には、陸域の汚濁発生源から汚濁物質が流入し、水質低下の要因となっている。汚濁河川、海域には常に多量の有機性汚濁物質、窒素、リン等の富栄養化塩類が含まれている。河川や海域の汚濁の進行は、自然環境の保全面だけでなく、われわれの生活環境にも多大な影響を及ぼし、大きな問題となっている。さらに、近年、ウォーターフロント開発が各地で行われるようになり、水域の水質レベルの向上が開発の条件となっている。このため、陸域の汚濁発生源からの流入量の削減と共に、水域での水質浄化方法の確立が要望されてきている。

筆者らは、これまで水域浄化の1手法として、透過性の護岸構造により形成する「静穏浄化水域」、「人エラグーン浄化法」の研究を進めてきた。これは汚濁された水域を透過性護岸構造物で囲んで浄化水域を作り、水域の自浄能力を高めて、汚濁水域の汚染水を物理的、生物的に浄化しようとするものである。ここでは、これまでの研究成果を統合するために、汚濁水域を河川域、河口域、沿岸域に区分し、それぞれの水域での水質浄化システムの適用方法、及びその浄化効果を検討した。

2. 河川水域の浄化システム

2.1 床固ブロックによる浄化システム

河川に床固ブロックを建設し、流下する河川水を浄化するシステムである。写真-1は実際に床固工を設置した河川であり、床固ブロックを河川水が透過することによって浄化されることを示している。透過前の原水と床固ブロック透過後の河川水の水質を比較したのが表-1である。除去率70%以上と大幅に水質が改

* 大阪府港湾局 Osaka Pref. Port and Harbors Bureau, ** 摂南大学工学部 Faculty of Engineering, Univ. of SETUNAN, *** 関西大学工学部 Faculty of Engineering, Univ. of KANSAI, **** 近畿大学農学部 Faculty of Agriculture, Univ. of KINKI.

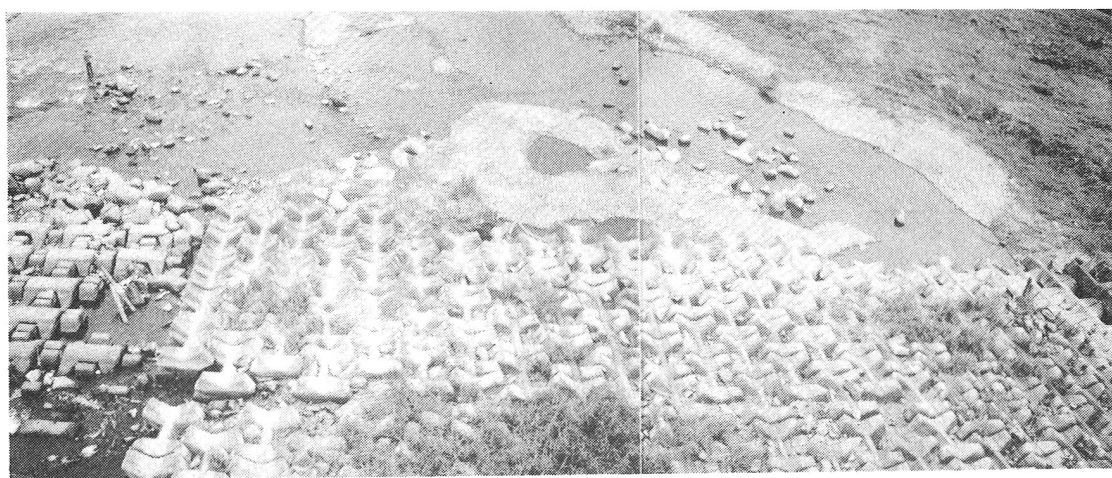


写真-1 河川の床固ブロックを浸透した河川水（右方）

善されている。しかし、このような浄化効果も一方的な流れを継続すると目詰まりを生じ、その効果を十分発揮することができなくなる。写真-2は古くから河川の護岸工法として活用してきた蛇籠工法で、礫間接触

表-1 礫間からの浸透水の浄化効果

分析項目	本流の水質	わんど内の水質	除 去 率
SS (mg/l)	4.9	0.2	98%
BOD (mg/l)	4.4	1 以下	大変高い
濁 度	3	1 以下	大変高い

酸化の水質浄化効果を持つものとして有効な工法であるが、長期間には写真-3のように目詰まりを起こし、水質浄化効果を



写真-2 新しく設置された蛇籠



写真-3 目詰まりが生じた蛇籠

十分に発揮できなくなる。

2.2 河川での接触酸化堤

最近では河川水質の汚染が進む一方、護岸や河床がコンクリートで整備され、河川自体が本来有していた自浄機能が低下している。このため、河川敷に透過性の“わんど”の機能を取り入れることにより、河川の自浄能力を高める方法を考えた。これは図-1の様に接触酸化堤を河川流下方向に平行に設置し、その上流端、下流端に4つの可動堰を設けたものである。可動堰を操作することにより、水の流れのエネルギーによって人工的に接触酸化堤の左右の水路に水位差を発生させて、河川流下水を接触酸化堤を透過させて水質浄化を行うものである。同時に、可動堰の組合

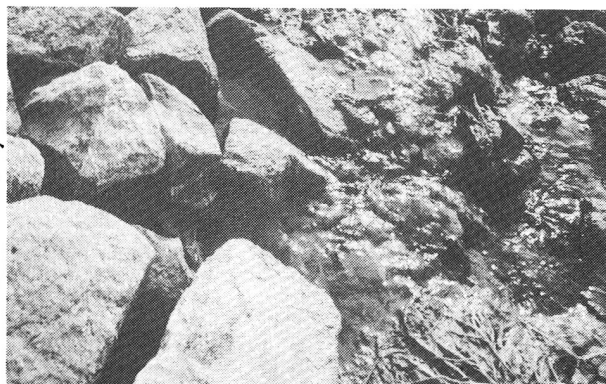
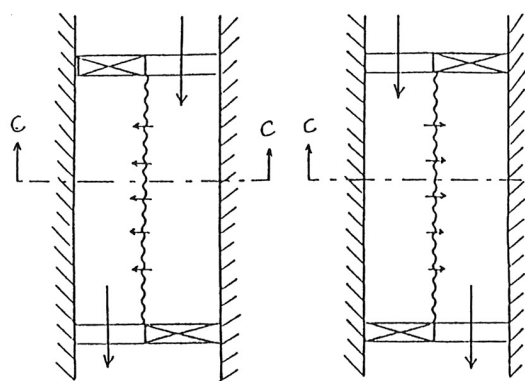


写真-4 礫間を透過したきれいな水

差を発生させて、河川流下水を接触酸化堤を透過させて水質浄化を行うものである。同時に、可動堰の組合



第3図 横断面図 (C-C)

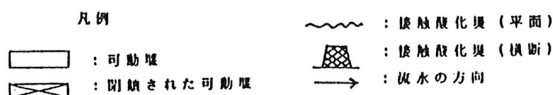
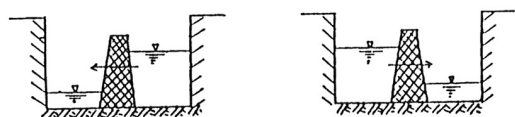


図-1 ろ体の目詰まりを防止した接触酸化堤

せを順次変えることで河川流下水の透過方向を変え、堤体の目詰まりを防止して、接触酸化堤の水質浄化機能を保持しようとするシステムである。

2.3 河川浄化システムの配置

河川は上流から下流へと流下する過程で陸域からの汚濁物質を取り込み、水質が悪化していく。このため、河川水域の水質浄化システムでは、図-2に示す様に河川水に負荷が蓄積された状態にある地点に接触酸化堤等の水質浄化システムを設置し、これによる水質浄化作用によって河川水質を回復させようとする方法を用いる。このように、どの水系の河川も自浄作用が十分に発揮されるように良好な状態に保つことが、河川水域での水質浄化システムの特徴である。

3. 河口水域の浄化システム

河口水域の水質浄化システムには、河口の感潮水域に多空隙を有する堤防により”わんど”を創り出し、水質を浄化する方法や、河口の護岸に沿って透過性接触酸化堤防により水質浄化水域を構成し、潮汐力を利用して汚染水を接触酸化堤内を透過させて浄化を行う方法がある。

河口部の流況の事例を写真-5に示す。このような河口部を図-3のように河口の護岸に沿って天端の低い接触酸化堤（透過性浄化堤）で巻き込み、浄化水域を構成すると同時に、河口部の流れに沿って透過性の水路を構成する水質浄化方法が「浄化水路」である。「浄化水路」では接触酸化

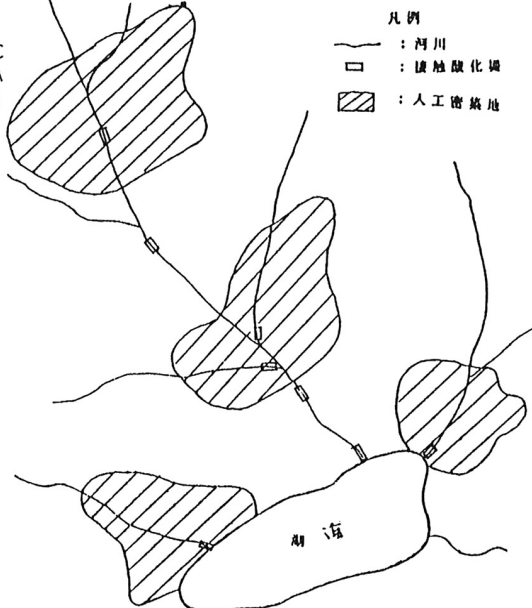


図-2 河川浄化システム



写真-5 河口の状況

堤の内外で潮位の位相差を生じる。生じた位相差により河口部の汚染水が強制的に接触酸化堤を透過し、水質が浄化される。この「水質浄化水路」では沈澱や酸化によっても水質浄化を行う。

図-4、5は浄化水路での水の浄化過程を示したものである。引き潮時には接触酸化堤を透過した水は浄化されて流出し、浄化水路へ放流される(図-4)。上げ潮時には河口から流入した浄化水路内の河川水を押し上げ、接触酸化堤を透過して浄化水域内へ流入する(図-5)。

河川水は淡水であるため、上げ潮時には淡水よりも比重の重い海水がくさび状に潜り込み、密度流を発生させる。この時、汚濁している河川水と海水が接触、混合することによって海水のイオンの作用で汚染水のフロック化が生じる(図-6)。フロック化した汚水はさらに浄化水域内に流入し、沈降作用により浄化が促進する。写真-6は浄化後の清澄な水の流出状況である。

この河口部での水質浄化システムでは、潮汐によって汚濁河川の浄化を繰り返す。なお、潮汐力を用いる水質浄化システムであるため、河口の堰上げによる水位の上昇は生じない。

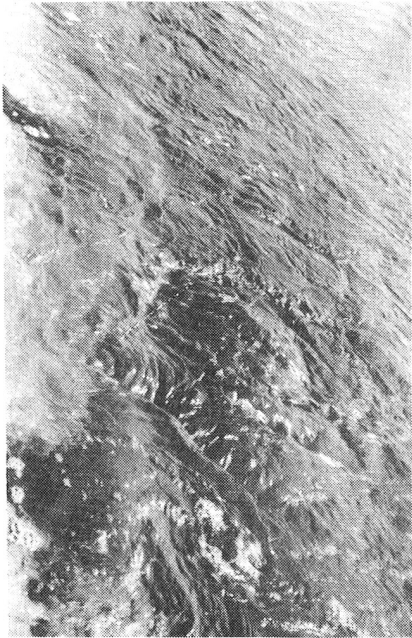


写真-6 人工接触環礁からの流出水

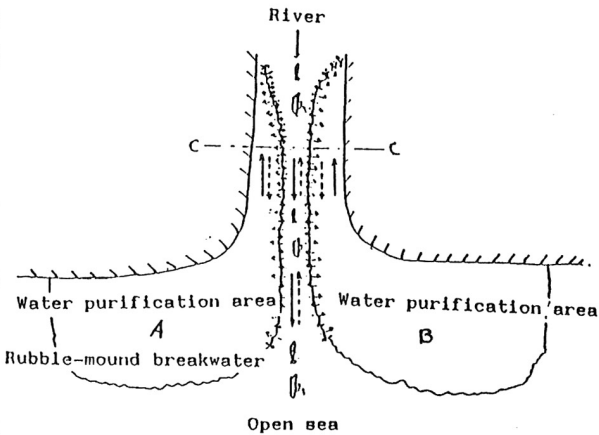


Fig.3 Ground plan of Water purification system for polluted river water with the rubble-mound breakwater

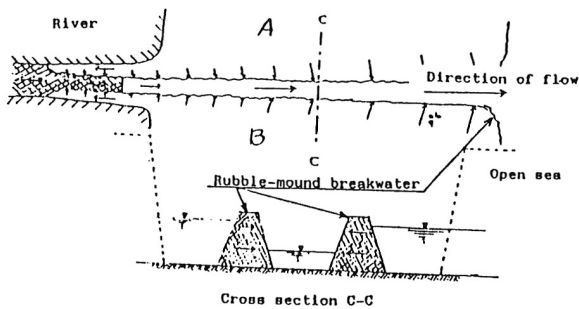


Fig.4 Condition of flow at low tide

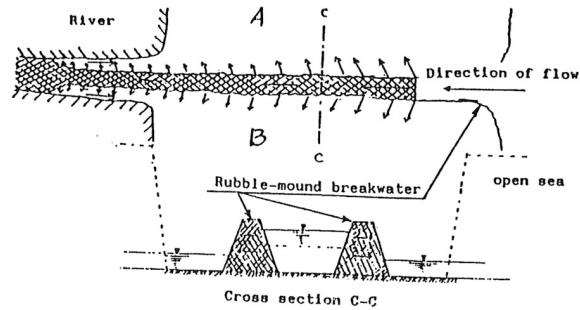


Fig.5 Condition of flow at high tide

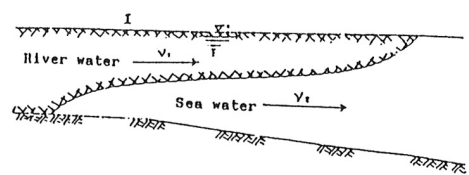


Fig.6 Vertical section of the mouth of the river

4. 沿岸水域の浄化システム

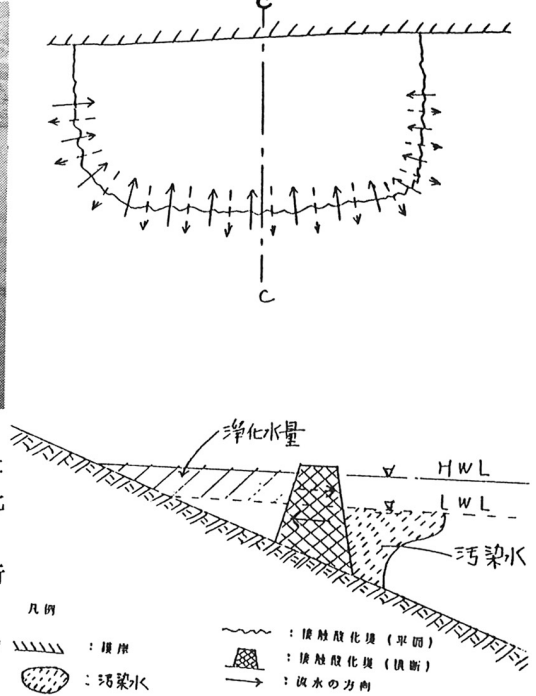
汚濁河川水は海洋に流入すると沿岸流に沿って海岸部を帯状に分布する（写真－7）。沿岸部に滞留する河川の汚染水を捉えて、しかも浄化しようとするのが、沿岸水域の水質浄化システムである。



写真－7 沿岸部に帯状に分布する汚濁水

本システムは図－7に示すように沿岸部に構成された浄化水域（ラグーン）によって、沿岸部の汚染水の浄化を行うもので、次の機能を有する。

- ① 人工接触環礁により、波浪曝気、接触酸化を行う。
- ② 海水のイオンの作用により懸濁物質のフロック化を行う。
- ③ 浄化水域（ラグーン）で沈降浄化、酸化を行う。



図－7 沿岸域の浄化システム

引き潮時には浄化された水が沿岸水域に流出し、汚濁河川による沿岸水域の汚染を防止する。

この沿岸水域の水質浄化システムの水質浄化効果を検証するため、1988年8月31日に大阪湾に建設した透過

表2 うつろの水質浄化効果

測定項目	さ し 川		さ し 川		比 較			
	A 外(9.20)	B 内(9.20)	C 外洋うつろ近傍	D 外洋の沖	A-B	A-C	D-C	A-D
pH	7.8	7.7	7.5	7.9	0	4	5	-1
塩分濃度 %	3.0	3.0	3.0	3.0	0	0	0	0
COD mg/l	2.0	1.1	1.9	1.9	4.5%	5	0	5
濁度	5.0	1	1	5.0	80 %	80	80	0
SS mg/l	4.2	<1	1.6	3.0	70 %	57	40	29

性防波堤により構成された水質浄化システムにおいて、浄化水域内外の水質を調査した。ここで、採水は上げ潮時（差し潮時）には浄化水域内と防波堤の外側、引き潮時には浄化水域からの透過水を採水するため防波堤の直近と外洋とで行った。水質測定結果は表－2に示すとおりで、濁度で80%、SSで40～70%の水質改善効果であった。

沿岸水域の水質浄化システムは豪雨時の濁水流出による沿岸水域水質の悪化防止にも効果を持つ。総降雨量 149mmの豪雨（1988年6月1～3日）では、大阪湾南岸の各河川が濁り、沿岸から約 500m沖までの海域が濁った（写真－8）。泉南沖海域での濁水状況は表3に示すもので、日降雨量が120.5mmでは表層の濁度は25度にも達している。この時、当水質浄化システムの設置水域では写真－9～11に示すように清澄なままで、濁った形跡は認められなかった。この浄化水域（100m×90m、平均水深0.8m）での潮汐差は約1.3mであり、



写真-8 沖合いの洪水による濁りの状況



写真-9 浄化水域の状況



写真-10 浄化水域外の水質の状況



写真-11 浄化水域内の水質の状況

1回の潮汐で約1万 m^3 の外洋の濁水が透過性の浄化防波堤を透過したことになる。濁度成分の浄化水域での除去率を先の80%とすると、25度の濁水が5度まで浄化される。この時の濁度成分の除去量はカオリン換算で50kgにも達する。このように沿岸域の浄化水域では潮汐による浄化水量が浄化水域の面積に比例し、通常の水質浄化システムに比較して非常に多いため、広範囲な水域での水質浄化に適する浄化システムであるといえる。

5. 結言

海洋汚染の大きな要因となっている流入河川の上流域、河口域、沿岸域それぞれの水質浄化システムを考察した。筆者らの提案する透過性の堤防で水域を囲むことを基本とする水域水質浄化システムは浮遊性汚濁物質、懸濁性汚濁物質だけでなく、有機性汚濁物質や栄養塩類の除去効果も併せ持ち、河口や沿岸部での漂砂や土砂の堆積による河口閉塞の防止にも役立つ。今後は、これらのシステムを応用して、プランクトン回収システムや養魚場、海洋牧場、人工藻場等の海洋水産資源有効利用システムや自然水族館、釣り公園、人工海浜等の水域空間への利用、防災施設への利用等を行うことが考えられる。このようなシステムは土木、水産、気象、造船、環境、バイオテクノロジー等の各分野にまたがり、これからは各々の分野において基礎的な研究を進めると共に、利用目的を合わせた具体的な研究を進めなければならない。

最後に、研究を進めるにあたり、大阪府、土木学会関西支部研究グループ、日本浄化ブロック協会、大阪湾海洋牧場研究会、日中海洋開発プロジェクト推進協議会の各位のご協力に対し感謝致します。特に、大阪大学末石富太郎教授、福井工業大学橋本奨教授、東海大学酒匂敏次教授、長崎大学加藤重一教授、摂南大学合田健教授、東京水産大学松生治教授のアドバイスを頂いたことに深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 堀江毅、細川恭史、三好英一：護岸の曝気能比較に関する実験、第27回海岸工学講演会講演集。
- 2) 細井由彦、村上仁士：沿岸部におけるDOの挙動に関する基礎的研究、水質汚濁研究、第7巻、1984。
- 3) 赤井一昭、上田伸三他：砕波堤を利用した水域の浄化システム「水域のうつろ」、第13回環境問題シンポジウム講演論文集、1985。
- 4) 加藤重一、赤井一昭、上田伸三、和田安彦：静穏浄化水域の創造とその応用、第8回海洋工学シンポジウム、日本造船学会、1986。
- 5) 赤井一昭、上田伸三、和田安彦他：瀬戸内海等の総量規制と人工珊瑚環礁の効果、土木学会第41回年次学術講演会、1986。
- 6) 赤井一昭、上田伸三、菅原武之他：海洋の空（うつろ）を利用した海浜、日本海洋学会春季大会要旨集、1986。
- 7) 赤井一昭、上田伸三、和田安彦他：砕波堤による海域浄化システム～人工環礁による海域総量規制への応用、第14回環境問題シンポジウム講演論文集、1986。
- 8) 楠本奨：パイオテクを組み込んだ新しい汚泥・廃棄物処理システム、廃棄物処理対策全国協議会、第38回全国大会、1987。
- 9) 赤井一昭、玉瀬富夫、石谷寿、檜物：第14回建設技術発表会論文集、大阪府、1987。
- 10) 共同研究グループ：静穏浄化水域の創造とその応用（その1）、土木学会関西支部、1988。
- 11) 共同研究グループ：静穏浄化水域の創造とその応用についての研究（人工接触環礁「海洋の空」）報告書、土木学会関西支部、1989。
- 12) 赤井一昭、上田伸三、和田安彦、津田良平、菅原武之他：人工接触環礁（海洋の空）による静穏浄化水域の創造とその応用、第13回海洋開発シンポジウム論文集（土木学会）、1988、11。
- 13) 赤井一昭：第3回中国海洋開発調査団成果一汚濁海域、杭州湾（金山）水質浄化一、開発、10月号、1988。
- 14) K. Akai, S. Ueda, Y. Wada: Water Purification System with Permeable Rubble-mound Break Water, TECHNO-OCEAN'88, Kobe, Japan, 1988。
- 15) 松生治：東京湾における海中の濁りの分布と濁った海水の動き、第1回環境科学シンポジウム。
- 16) 楠田哲也、古賀憲一、栗谷陽一：塩水中の粘土粒子の凝集、用水と廃水、Vol.20、No.3、1978。
- 17) 海田輝之：底泥の巻き上げと懸濁物質の沈降に関する研究、1989。