

接触酸化方式による水質浄化に関する 実験的研究

尾島 勝*、梅田眞三郎*

Experimental Study on Water Purification in Porous Media by Biofilm Oxidation Method

Masaru Ojima and Shinzaburo Umeda

Abstract

Water quality of rivers in which the development arises rapidly is becoming worse. The biofilm oxidation method using broken stones has been applied to local rivers for the sake of purifying water.

In this paper, experiments are performed in two parallel open channels to compare the effect of various materials in porous media by the biofilm oxidation method. As a result, it becomes clear that the effect of water purification depends on different porous materials and hydraulic conditions.

1. まえがき

近年、公共の水質汚濁源として、生活排水からの負荷が大きくなってきている。河川は、生活環境の主要な構成要素の一つであり、河川水質もしくはこれに流量を乗じた汚濁負荷量は、水利用の側面のみならず生活環境の快適さの面からも重要である。汚濁した河川においては、水中の溶存酸素の不足による有機物の嫌氣的分解により、悪臭ガスの発生や河床に真っ黒なヘドロが堆積して不快感をもよおす。

そのために人の健康と環境の保全を確保するために、水質汚濁に係る環境基準が制定されている。生活環境の保全に関する環境基準では、公共用水域を利用目的に応じて、いくつかの類型に分け、各類型ごとに項目別の基準値が定められている。また、この環境基準を達成するために、水域に排出される排水についても、排出業種別にその基準が定められている。しかしながら都市化の進行と共に、各地の水質環境は悪化の傾向にあり、水質汚濁が問題となっている。

河川の水質を改善するには、浄化槽や下水道の整備な

どを徹底させていくことも必要だが、それぞれの水域内で衰えた自然界の浄化作用を、増強、促進させるような手段も並行して講じていく必要がある。既に現地河川内で礫間浄化などの接触酸化方式での浄化が試みられている。このような接触酸化方式では、表面積が大きく、吸着機能の優れた接触材が用いられている。一方、河川での礫間浄化が用いられる理由のもう一つは、洪水時にフラッシング効果により、目づまり状態にある汚濁物をいっせいに海へ流すことを可能にしている点にあると思われる。したがって礫間浄化による接触酸化方式では吸着しやすく、かつ同様に除去もしやすい方式である方が浄化効果に加えて維持管理も容易となり、経済性が向上すると思われる。

礫間接触酸化法に関する研究状況では、有機物の分解状況¹⁾を調べたり、付着生物膜の形成と水理諸量との基礎的な関係²⁾を調べた研究がみられる。また種々の接触材の浄化効果の検討^{3),4),5)}も見られる。基本的には、接触材として接触面積が大きいものの方が浄化効果がよいのは明らかとなっている。しかしながらいずれの研究も

*土木工学科

浄化の機能については十分な機構解明には至っていないと思われる。この原因には浄化機構における生物学的及び水理学的な条件が複雑に関係しているためと思われる。

本研究では、汚濁が進行する河川の水質浄化対策に関して、各種礫間材を用いた接触酸化方式による水質浄化実験を行ない、接触材や水理条件の違いによる種々の水質分析指標の変化を比較し、浄化効果の検討を行なった。その検討にあたっては、福山大学構内にある青池の水を用いた。

2. 水質の汚濁指標^{6),7)}

水質は、水の物理的性質、化学的性質、生物的要素、感覚的要素からなる水の性質にはかならないが、水質の汚濁の程度を示す指標は、汚濁物質それ自体の濃度で一般に示されるほか、汚濁に関連する別の指標で表示されることも多い。

(1) COD (Chemical Oxygen Demand)

化学的酸素要求量といい、水中に含まれる有機物と被酸化物性の無機物が酸化剤によって酸化される時、消費する酸化剤の量をそれに相当する酸素の量で表現したものである。水中に含まれる被酸化性無機物質は、通常の状態ではあまり多くないので、CODの量は主として水中に含まれる有機物の量を表す。しかし、CODが規制に用いられるときには、近似的に有機物のみを表すものとみなされる。

酸化剤や測定条件にはいろいろあるが、酸性過マンガン酸カリウム溶液を酸化剤とする測定方法がよく用いられる。本研究では、迅速的で簡易に測定可能な重クロム酸ナトリウム溶液を酸化剤とする方法を用いた。

(2) SS (Suspended Solid)

水中に浮遊する小粒状物の総称。浮遊懸濁物質・浮遊物質・浮遊粒状物質・セストン等ともよぶ。具体的には、環境水中からグラスファイバーフィルター等の炉材で炉別されるものをさす。プランクトン・生物体の死骸、破片やその分解物、それに付着する微生物などの有機物、及び泥粒などの無機物からなる。

浮遊性の懸濁物質で、SSが多いと水が濁り、太陽光線の透過量を少なくして水棲植物の同化作用を防ぎ、沈降すると水棲植物の生育や魚の産卵に悪影響を及ぼす。また、SSは農業用水や水道原水にも悪影響を及ぼす。

(3) DO (Dissolved Oxygen)

水中に溶存している酸素量であり、溶存酸素量は気圧・水温・溶存塩等の影響を受け、1気圧20℃の水に8.84mg/lの酸素が溶ける。溶存酸素量は、生態系に大きな影響を及ぼし、例えば、水の悪臭発生の限界は、約2mg/lとされている。また、魚介類の生存条件を示す重要な指標である。

溶存酸素は、大気中の酸素の溶解のほか、水中植物の光合成など、溶存酸素を大量に含んだ水の流入によって供給される。溶存酸素量は、水温が高いほど減少し、水中の塩素イオンの濃度が高いほど減少するという関係がある。また、汚染された水域では有機物の好気性分解によって、酸素が消費されるため、溶存酸素は少ない。

(4) 全窒素 (Total Nitrogen)

水中に存在するいろいろな形態の窒素化合物(通常は、アンモニア、亜硝酸、硝酸、有機態窒素に区分する)に含まれる窒素の総量(窒素ガスを除く)。下水関係などでは有機態窒素(ケルダール窒素)を全窒素と称することもある。

本研究では、ネスラー法による測定を行なった。

(5) 全リン (Total Phosphorus)

オルトリン酸、ピロリン酸、メタリン酸の3つを全リンと呼ぶ。リン化合物や窒素化合物のためにいわゆる富栄養化が起こる。そのため全リンについて水質汚濁に係わる環境基準のうち、生活環境の保全に関する環境基準が湖沼について定められている。土壌、排水中にも存在し、環境汚染においても問題とされる。

(6) pH (水素イオン濃度指数)

セーレンによりmol/l単位で測られた水素イオン濃度の逆数の常用対数として定義された量である。わが国では、pH標準液の種類と、それらのpH値及びガラス電極を用いたpH計で水溶液のpHを測定する方法がJIS Z 8802に規定されている。pHについての水質汚濁防止法に基づく排水基準は、海域以外の公共用水域に排出されるものは5.8以上~8.6以下とされている。

3. 実験方法

福山大学構内にある青池への排水路の上に、図-1のような断面(幅0.3m、高さ0.25m、全長16.0m)の合成樹脂版による実験用循環水路を2本平行に設置した。それぞれの下流端に1m³の大きさの2つの貯水槽があり、これらの水槽へ青池の水を約Q0=1.8m³投入し、ポンプによりそれぞれの平行水路を循環させた。適当な時間間隔で採水し、水質の汚濁指標としてCOD、SS、DO、全窒素、全リン及びpHを測定した。

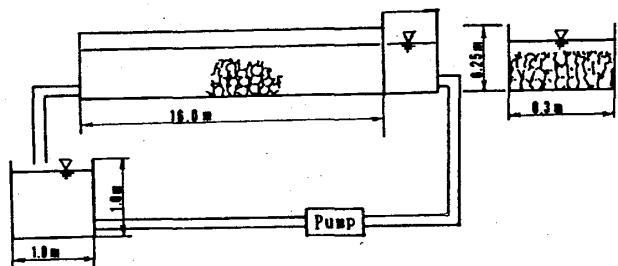


図-1 実験用循環水

表-1 実験条件と接触材との関係

実験 Case	水路	接触材	平均粒径 (mm)	平均流量 (l/s)	実験期間
Case-1	水路A	石炭	22.0	0.475	H3.9.9
	水路B	碎石	7.2	0.470	H3.10.18
Case-2	水路C	石炭	22.0	0.473	H3.11.1
	水路D	碎石	7.2	0.475	H3.11.18
Case-3	水路E	石炭	22.0	0.435	H3.11.21
	水路F	碎石	7.2	0.457	H3.12.9
Case-4	水路G	碎石	7.2	0.753	H3.12.13
	水路H	碎石	7.2	0.357	H3.12.27
Case-5	水路I	石炭	9.2	0.308	H4.1.21
	水路J	ゼオライト	29.2	0.584	H4.2.25

注) Case-2...土嚢袋を投入し、流速を減少させた。
Case-4...ステラシートとで互層にした。

それぞれの水路には、表-1に掲げる材質や粒径の異なる各種接触材を敷設し、浄化効果の比較を試みた。ここで用いた接触材の石炭とは、北海道炭鉄汽船社製のタール成分を溶出させ、空隙孔を多くした製品であり、碎石とは建設用骨材としてのバラストである。また、ゼオライトとは日建工学製の製品であり、沸石と訳されるが、本品は山形県から産出された天然石であり、その構造はアルミノケイ酸塩で結晶格子の中に水を含んでいるものが多い。また、同一接触材に対して礫間周辺を流れる流

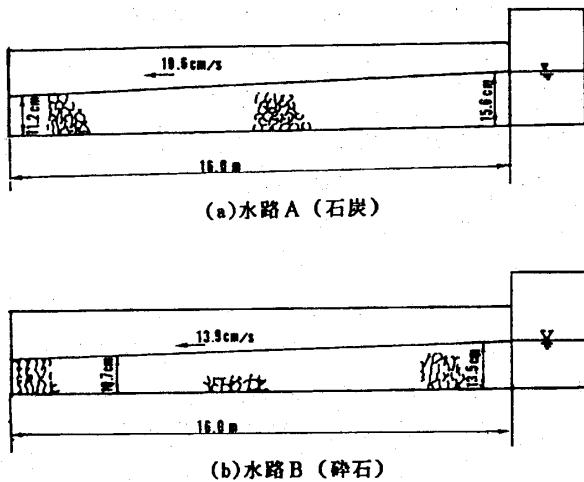


図-2 Case-1の水力断面

速などを変化させるための工夫も試みた。各Caseでの水力断面と流れの状況を以下の図-2から図-6までに示し、説明を行う。

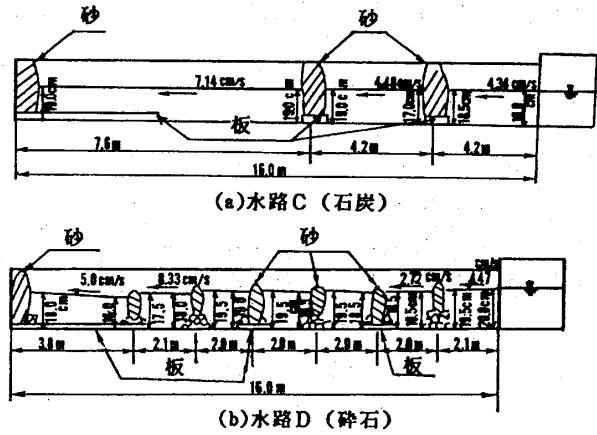


図-3 Case-2の水力断面

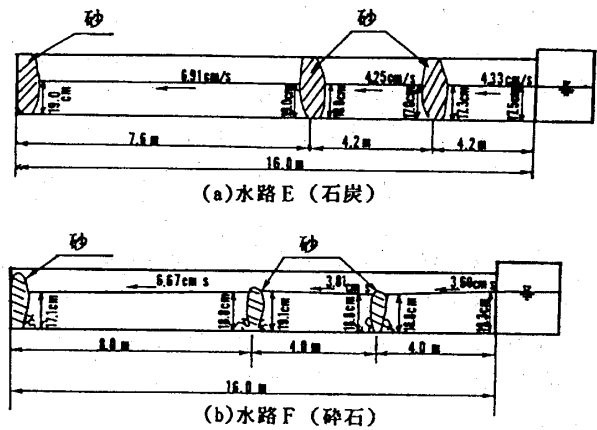


図-4 Case-3の水力断面

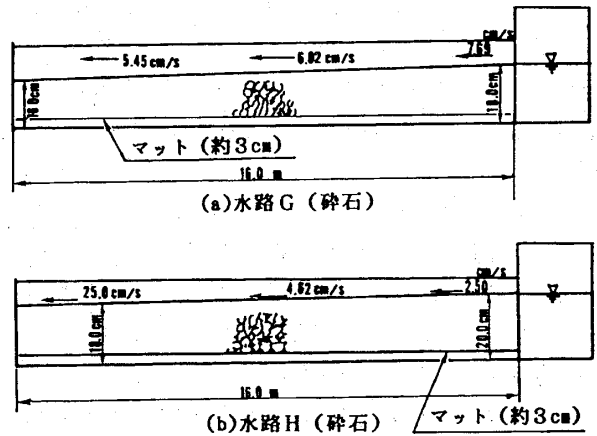


図-5 Case-4の水力断面

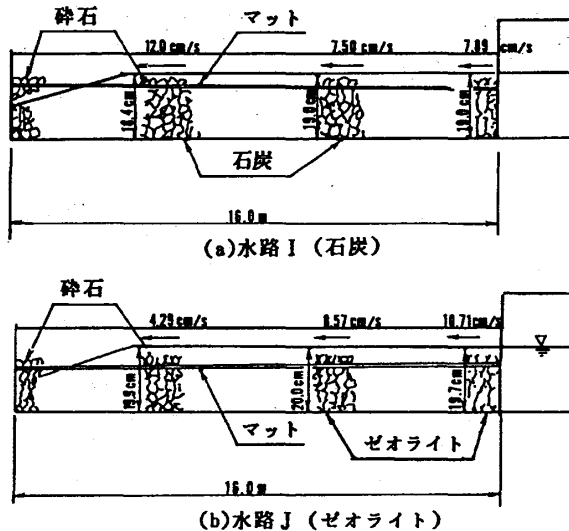


図-6 Case-5の水利断面

まず図-2に示すCase-1の水路Aの石炭では、水路Bの砕石に比べ平均粒径が大きいため、下流端に設けた堰板の穴の大きさを小さくして、石炭すべてが水没するように水深を調節した。そのため水路Bに比べ、水深がやや大きくなった。しかし、表面流はわずかでその流速は遅くなっている。ここでの表面流速は、下流側付近のトレーサ法によって得られた流速である。一方、水路Bでは、砕石上の水路全体にわたり、1cm程度の表面流が生じ、その流速は石炭に比べ速くなっている。なお、水の循環にあたっては、電源の関係で朝から夕方までの8時間にわたってポンプを稼働させて実験を行なった。

Case-2では、Case-1と同じ接触材である石炭と砕石を用い、水路断面内での水利条件を変化させて、実験を行なった。図-3に示すように、それぞれの水路の途中に砂をつめた土嚢袋を投入し、礫間周辺の流速を減少させて実験を行なった。また、下流側水路床へと向かうような試みも行なった。途中の土嚢袋などの量に差があるが、石炭及び砕石ともによく似た流速や水深の水利条件において実験を行なった。なお、このCase-2の場合にはポンプの稼働を連続し、昼夜にわたって水を循環させた。

図-4に示すCase-3では、Case-2と同じ接触材を用い、水路床に敷いていた板を取り除いたり、途中の土嚢袋の数を減少させた水利断面にした。さらにCase-2のような水の連続循環に代えて、2日おきに半日~1日程度ポンプを止めた間欠循環による実験とした。これは、循環水の浮遊粒子などの滞留、沈殿効果が各水質分析にどのような変化をきたすかを調べるためである。

Case-3まででは、接触材として比較的粒径の小さい砕石の方が、浄化効果の良い結果が得られているので、

図-5に示すCase-4では、接触材に今まで用いていた砕石を選び、新たな接触材として合成繊維で作られたステラシート（日建工学製）とよばれるマットと一緒に、水路に敷き並べて実験を行なった。このステラシートは、厚さ1cmで比重が0.055と軽いので、3層にして水路床へ敷き並べ、その上に砕石を置いた。このように、同一の接触材をそれぞれの水路に敷設したので、下流末端部の堰板の穴の大きさと循環流量を変化させて実験を行なった。図に示すように、水深は水路Hの場合の方が大きくなり、また、上流から下流に向かう表面の流速の変化が大きくなっている。なお、今回の水の循環は連続して行なった。

前回までの水質分析結果から全窒素や全リンの浄化効果が、COD等の結果に比べ良い結果が得られていないので、新たな接触材としてゼオライトを選び検討を行なった。このゼオライトは、粒子内にかかなりの空隙があり、吸着効果が高いといわれているので検討の対象に選んだ。また粒径の小さい石炭が入手できたので、ゼオライトとの比較を試みた。今回のゼオライトについては、入手時には大きな粒径のものばかりであったので、平均粒径が29.2mm程度に細かく砕いて水路に投入した。石炭の平均粒径は、それより小さく9.2mmとなっている。このような断面構成を図-6に示す。なお、水の循環は連続循環とし、細かい粒径の石炭の方の流量には、今までのCaseの最小となるものを選んだ。

いずれの水路にも全体積で約 $V_p = 0.82 \text{ m}^3$ の接触材を投入し、浄化効果の比較を試みた。

4. 実験結果及び考察

種々の接触材と異なった水利条件での水質浄化実験から、各循環流量 Q を試験対象流量 Q_0 と接触材の全体積 V_p を乗じたもので割った対接触材材料体積比($1/\text{m}^3$)に対しての各水質汚濁指標の変化を調べた。以下の説明の都合上、この対接触材材料体積比という言葉の代わりに循環流量を用いる。それぞれの指標値は、pH値を除いて各最大値で割った比の形で求めた。さらにCase-5での水路Jの循環流量には、水路IとJの流量比0.308/0.584を乗じて流量補正をして示した。以下に各水質分析結果の考察を示す。

(1) COD

Case-1において、マイクロサンプル法とJIS法（福山臨床検査センターで分析）の2種類の結果を得た。得られた各水質指標の最大値に対するそれぞれの水質値との比を求め、循環流量に対する変化を図に示した。図-7のJIS法に対する結果を見てみると、循環流量の増加とともにCOD比は徐々に減少し、約350($1/\text{m}^3$)の循環流量に対して、50%近くのCOD比の減少となっ

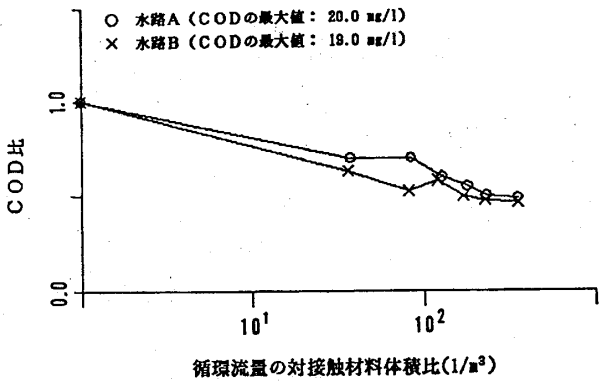


図-7 JIS法による循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-1)

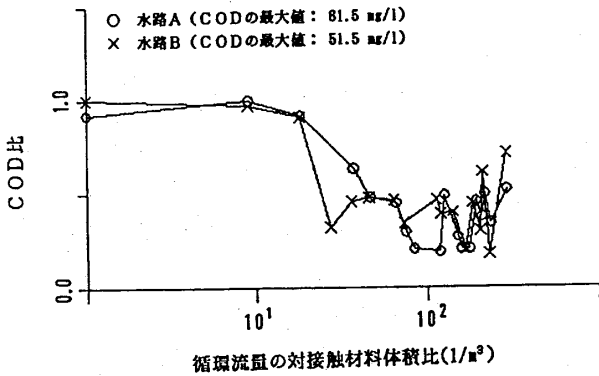


図-8 マイクロサンプル法による循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-1)

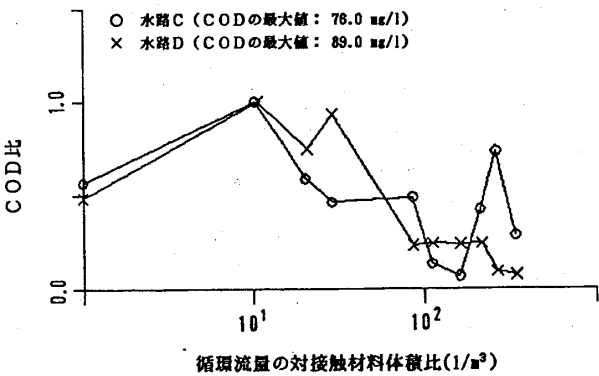


図-9 循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-2)

ている。図-8のマイクロサンプル法による結果も、JIS法と同様の結果が得られている。ただし、途中での雨などによると思われる影響を受けて、値の変動がみられる。

Case-2の場合のマイクロサンプル法による、CODの循環流量に対する変化を図-9に示す。何らかの自然条件の影響を受けて、測定開始初期値は、おかしな変動をしているが、循環流量とともにCOD値は減少していている。水路Cの石炭の場合は、COD比の変化が大きくなっているが、C及びDのそれぞれの水路で、COD最大値に対して80%近くもCODが減少し、前回のCaseを上回っている。礫間での流速を減じた効果が少し現れていると思われる。

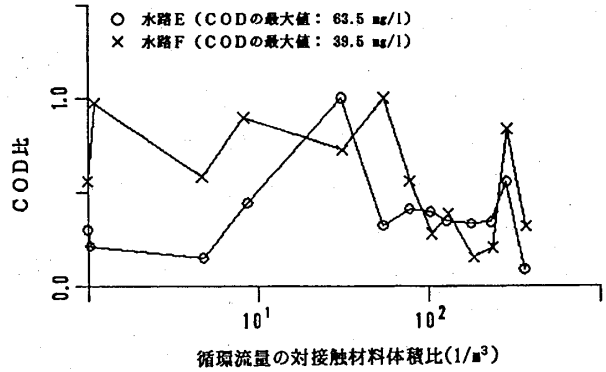


図-10 循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-3)

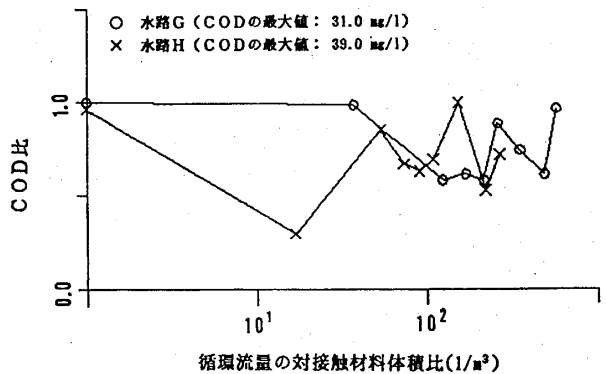


図-11 循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-4)

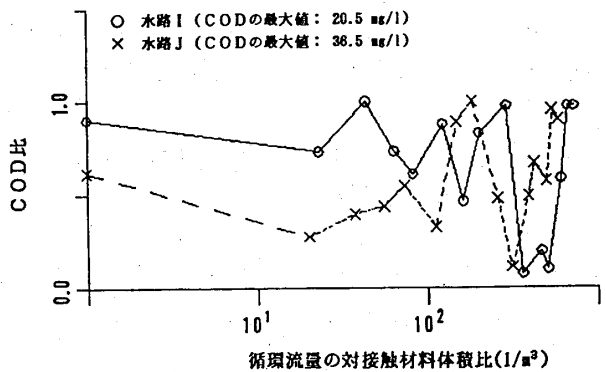


図-12 循環流量の対接触材料体積比に対するCODの変化(Case-5)

Case-3では、礫間での流下方向が水路床へ向かう工夫を試み、さらに滞留や沈澱を促進させる循環流量の間欠循環による実験を行なった。その結果を図-10に示す。前回以上に、測定最初の段階でCOD値が大きく変化しているが、それぞれの水路での最大値に対して70%前後の減少がみられ、浄化効果があることが示されていると思われる。しかしながら流下方向での流れの変化や間欠循環による浄化効果の影響は、あまりないと思われる。

次に、合成繊維を加えたCase-4に対するマイクロサンプル法による結果を図-11に示す。G及びHのそれぞれの水路のCODの絶対値が、小さくなっているためによるものかもしれないが、循環流量に対するCOD比の変化が、今までのCaseほどには減少せず、40%弱の減少にとどまっている。CODへの合成繊維への効果は、あまり期待できないと思われる。

最後に、小さい粒径の石炭とやや粗めの粒径のゼオライトを接触材に用いたCase-5の結果を図-12に示す。流量に対するCODの変化は、全体的にはかなり変動しているが、石炭を用いた水路Iでは360(1/m³)の流量付近でかなりCODが減少している。また、ゼオライトの水路Jでも310(1/m³)のときにCODが減少している。しかしながら、それから後は逆に上昇していつている。それぞれの水路の表面には藻のような浮遊物が滞留しており、COD値の絶対値も夏場に比べやや低い値となっていることを考えると、350(1/m³)前後の流量にてかなり浄化されたが、その後は天候等の自然条件の影響を受け、やや浄化能力が低下したように思われる。

(2) SS

各Caseの循環流量に対するSS比の変化を図-13~図-17に示す。COD値と同様に、縦軸はSS値の最大値に対するそれぞれのSS値との比で示している。SSの絶対値の大きい図-13のCase-1では、循環流量に対してSS比は比較的初期の45(1/m³)からかなり減少して、明らかな浄化効果を示している。それに対して、図-14のCase-2及び図-15のCase-3ではSSの絶対値が低いので、循環流量に対する減衰率はあまり小さくなっていない。しかしながら、SS比の全体的な変化は減少傾向にあり、浄化効果の存在は確認することができる。一方、図-16のCase-4については、Case-1と同様かなりSS比が減少し、浄化効果がみられる。最後のCase-5についてもSSの絶対値は小さいが、いずれの水路にてもかなり減少していつている。

(3) DO

DOは水温が上昇すると水中微生物の活動が活発になり、溶存酸素を消費してしまう。そのためにDOの値が小さくなり、浄化がすすむにつれDO値が上昇していく

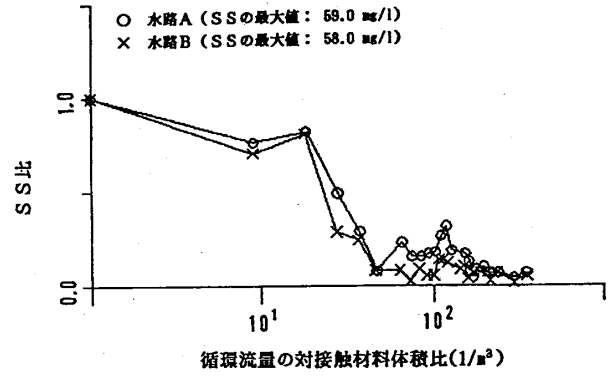


図-13 循環流量の対接触材料体積比に対するSSの変化(Case-1)

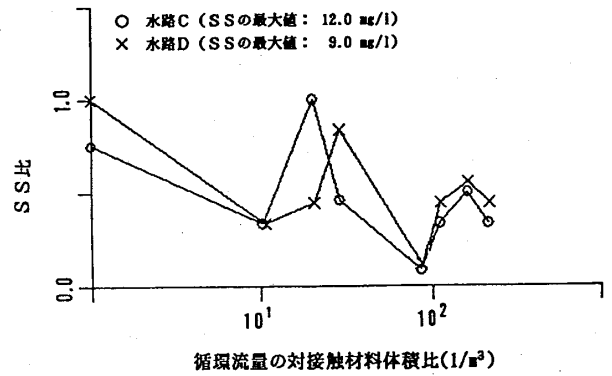


図-14 循環流量の対接触材料体積比に対するSSの変化(Case-2)

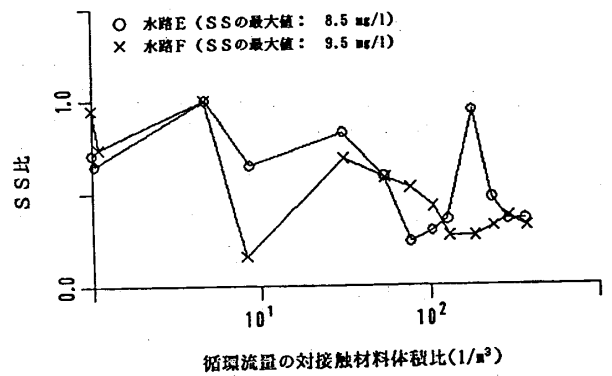


図-15 循環流量の対接触材料体積比に対するSSの変化(Case-3)

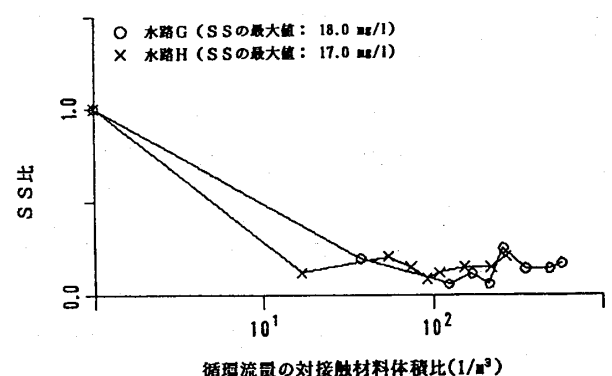


図-16 循環流量の対接触材料体積比に対するSSの変化(Case-4)

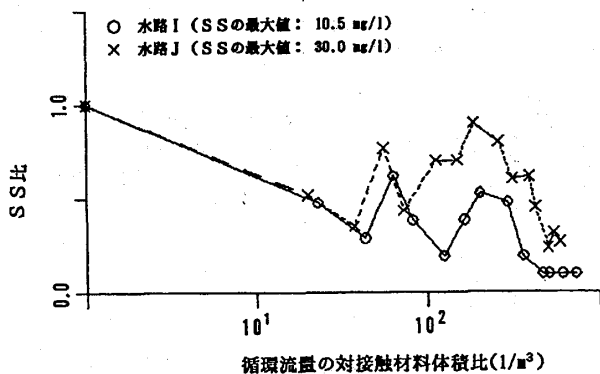


図-17 循環流量の対接触材料体積比に対するSSの変化(Case-5)

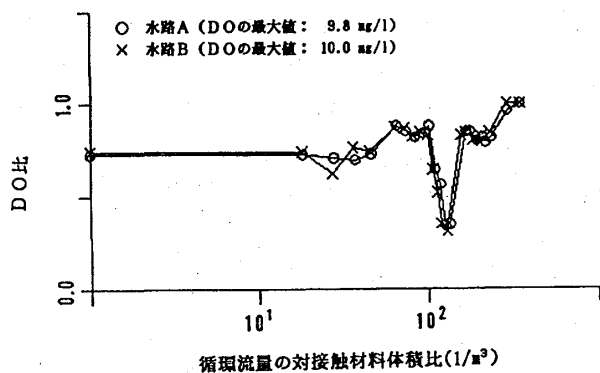


図-18 循環流量の対接触材料体積比に対するDOの変化(Case-1)

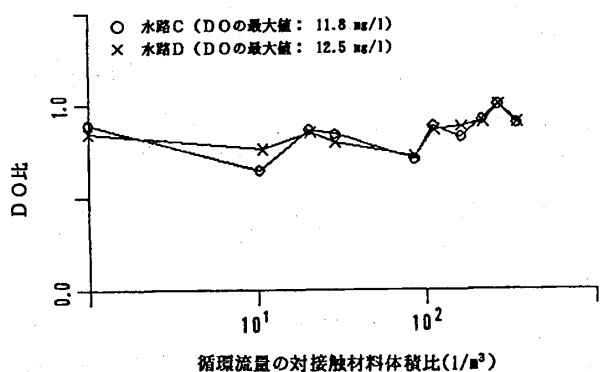


図-19 循環流量の対接触材料体積比に対するDOの変化(Case-2)

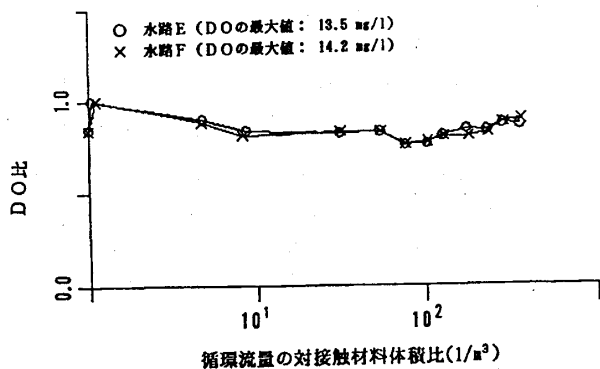


図-20 循環流量の対接触材料体積比に対するDOの変化(Case-3)

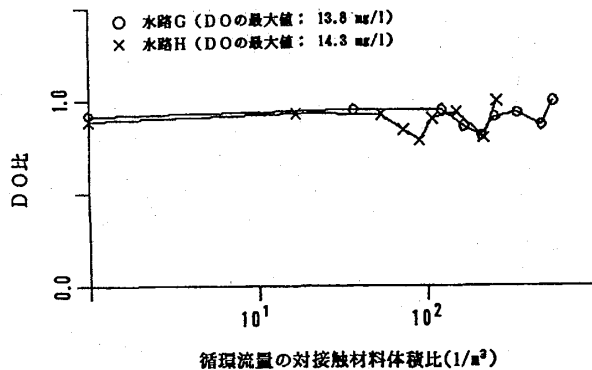


図-21 循環流量の対接触材料体積比に対するDOの変化(Case-4)

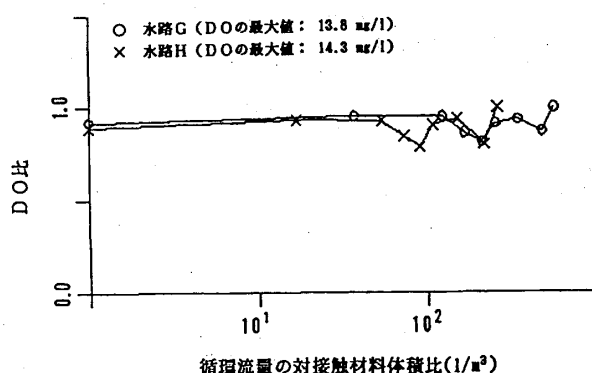


図-22 循環流量の対接触材料体積比に対するDOの変化(Case-5)

と言われている。このことは、浄化されていくにつれ、水中微生物が減り、溶存酸素を消費するものが減少したということである。逆をいうならば、「汚染された水域では、有機物の好気性分解によって、酸素が消費されるため溶存酸素は少ない。」という事実にもあてはまる。

このことから、今までと同様に循環流量に対するDOの変化を求めた結果、図-18~図-22のようになった。図-18のCase-1では、130(1/m³)前後でDO値が減少する部分が存在するが、全体的に循環流量の増加とともにDO比が増大していき、浄化効果が得られていることが想像される。Case-2からは、徐々にDO値の絶対値が大きくなり、元々きれいになっているために循環流量に対する変化率が小さくなり、はっきりとした浄化効果が得られているとは言い難い。しかしながら、全体的なDO値は、それぞれの場合初期のころの値に比べ少し大きな値が得られ、浄化効果のあることが想像される。

(4) 全窒素

循環流量に対する全窒素濃度比の変化についてCase-1の場合を図-23に示す。この図からもわかるように循環流量が増加するにつれて全窒素が減少していき、最終的にはA・B水路ともに約30%程度までに減少し、それぞれの接触材に対する浄化効果を示している

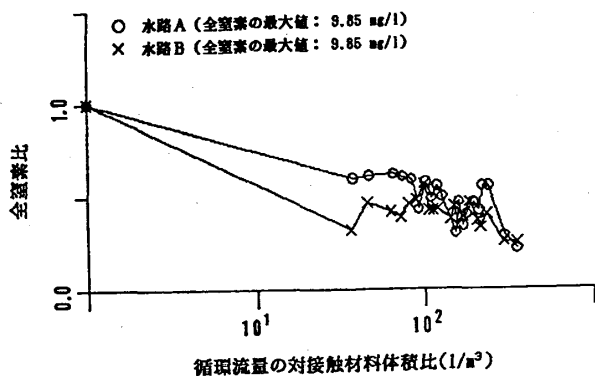


図-23 循環流量に対接触材料体積比に対する全窒素の変化(Case-1)

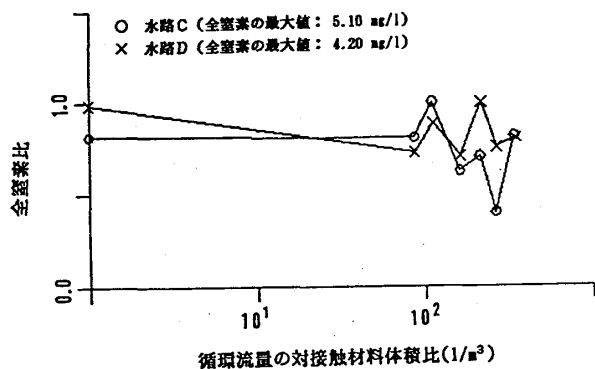


図-24 循環流量に対接触材料体積比に対する全窒素の変化(Case-2)

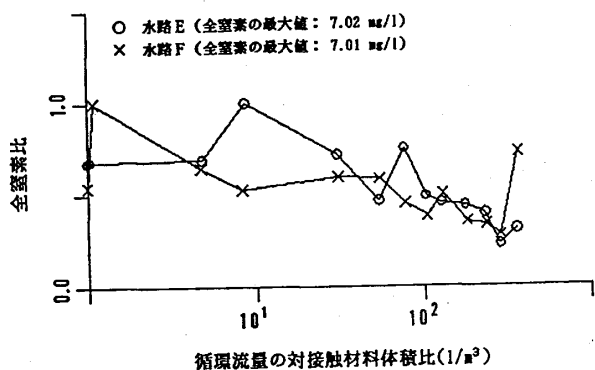


図-25 循環流量に対接触材料体積比に対する全窒素の変化(Case-3)

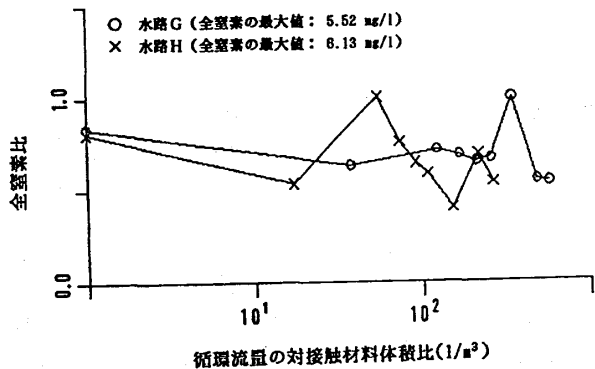


図-26 循環流量に対接触材料体積比に対する全窒素の変化(Case-4)

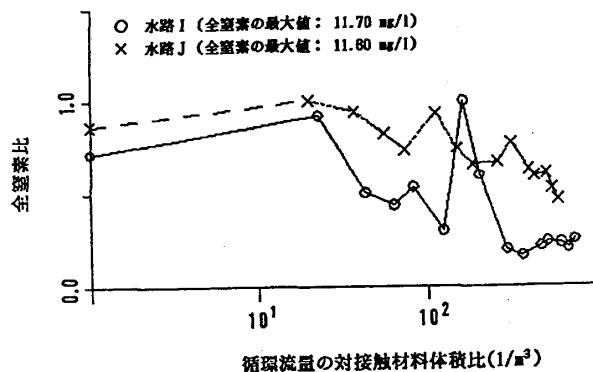


図-27 循環流量に対接触材料体積比に対する全窒素の変化(Case-5)

思われる。ただし、水路Aの石炭の場合には、循環流量が100(1/m³)程度までの段階では、水路Bの碎石に比べ全窒素の値が大きく、水路Bの碎石の方が浄化効果が早くあらわれている。なお、このCaseでの流量の供給は、前述のように朝から夕方までの8時間とし、夜間はポンプを停止させた。

Case-2に対しては、図-24のような結果が得られた。今回は、礫間での流速を減らすを試みをし、昼夜にわたる連続循環での実験を行なったが、循環流量に対する全窒素の変化は小さくなっている。前回に比べ、全窒素の最大値が低く、天候などの自然条件にも影響を受けたのではないと思われる。

Case-3では、連続循環中の2日ごとに半日、あるいは1日ほどポンプを停止させ、滞留及び沈澱の効果を考慮する試みを行なった結果、図-25のような結果が得られた。循環流量が110(1/m³)程度まではそれぞれの水路における全窒素に変動が見られるが、その後流量の増加に伴って全窒素の比は30%程度までに減少し、浄化効果を示していると思われる。

Case-4では、合成繊維のステラシートと呼ばれるマットを水路床に3cm厚で敷ならべ、連続循環で実験を行なった。その結果を図-26に示す。Case-2の場合と同様に、循環流量に対する全窒素の変化が小さく、浄化効果はあまり期待できないと思われる。

最後の石炭及びゼオライトを用いたCase-5の場合についての結果を図-27に示す。両水路ともに約120(1/m³)位の循環流量で全窒素が減少し始め、約250(1/m³)を過ぎるとかなり値が低くなっている。とくに、水路Iの石炭の場合が低くなっている。このように、今回のCaseが全窒素に対する浄化効果の最も大きく現れている場合と思われる。

(5) 全リン

Case-1における循環流量に対する全リン濃度の変化を図-28に示す。全窒素のCase-1と同様の結果が得られた。すなわち、水路Bでの碎石の方がすぐに値が

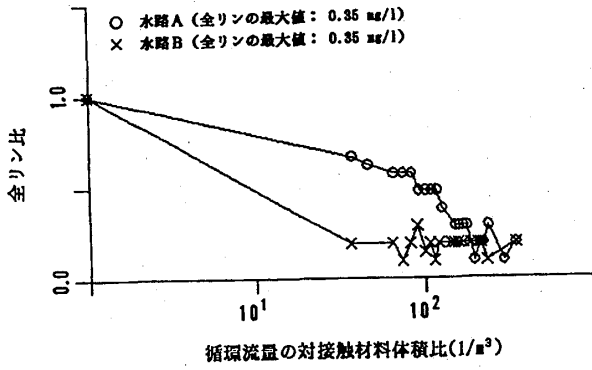


図-28 循環流量に対接触材料体積比に対する全リンの変化(Case-1)

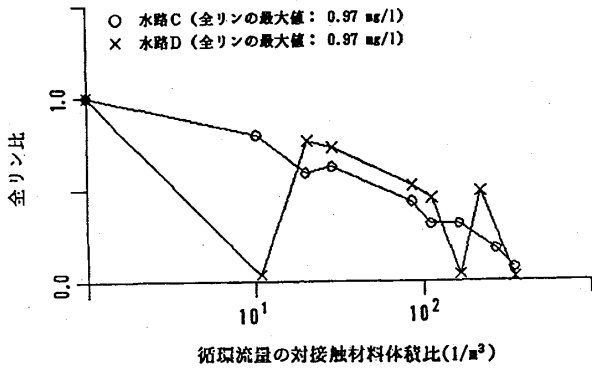


図-29 循環流量に対接触材料体積比に対する全リンの変化(Case-2)

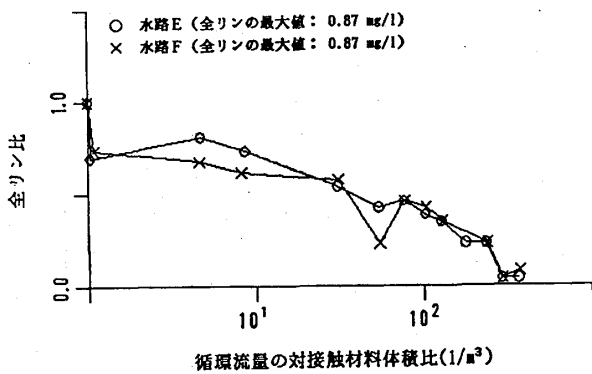


図-30 循環流量に対接触材料体積比に対する全リンの変化(Case-3)

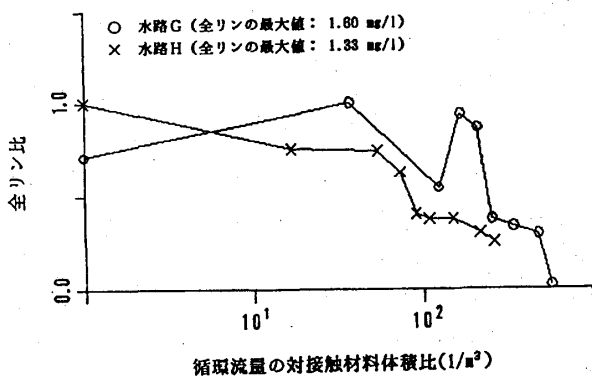


図-31 循環流量に対接触材料体積比に対する全リンの変化(Case-4)

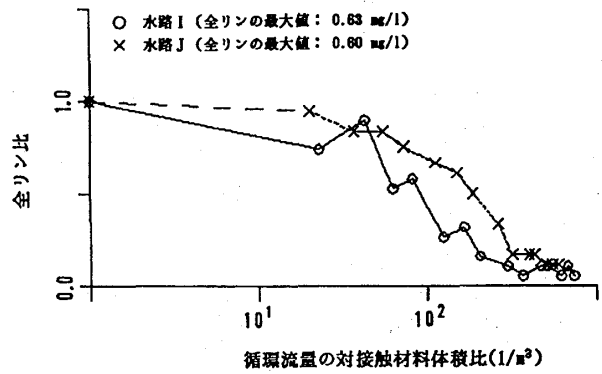


図-32 循環流量に対接触材料体積比に対する全リンの変化(Case-5)

落ち、そのままの浄化効果を示している。水路Aの石炭の場合は、全リンの値の減衰に時間がかかっているが、最終的には水路Aの場合と同様の浄化効果を示している。

図-29に示すCase-2の場合には、石炭及び碎石ともに循環流量に対する全リンの変化は同じような減少を示し、浄化効果を示したことが想像される。しかも、Case-1に比べ、Case-2の最大値が大きくなっていることを考えると、今回の方が全リンに対する浄化効果が、さらに大きいと思われる。

同じ碎石による間欠流量に対しての結果であるCase-3の場合を図-30に示す。全窒素の場合とは異なり、全リンは、循環流量の増加と共に徐々に減少し、浄化効果をかなり示していると思われる。

図-31に示すCase-4の場合も、全窒素の結果と異なり、全リン濃度の減少が大きくなっている。特に、このCaseの最大値は、他のCaseの場合に比べ大きいことを考えると、測定後半での浄化効果のあらわれ方が顕著であると思われる。なお、Case-4については、水路Hでの循環水が水路外へと流出してしまうというトラブルに見舞われたため、その時点で測定を打ち切らざるを得なかった。

最後の図-32に示すCase-5についても全リン濃度の変化は、循環流量の増加にともなってほぼ一様に減衰していている。とくに、水路Iの石炭の場合は、減衰が早く、浄化効果が早くあらわれていると思われる。これは水路Iでの循環流量が少ない、すなわち礫間での流速が遅いことによるものと思われる。最終的には、水路Jのゼオライトによる結果も同じような浄化効果が得られている。

(6) pH

pHについての循環流量に対する各ケースの場合の結果を表-2から11にまとめて示す。Case-1からCase-5に向かって全体的にみるとpH値は上がっていている。これは、夏から秋、冬に向けて季節による変化が生じ、アルカリ性が高くなっている。また、Case-5

表-2 循環流量に対するpHの変化
(Case-1、水路A)

循環流量(m ³)	0.00	436.56	518.35
pH	7.01	0.38	6.80

表-3 循環流量に対するpHの変化
(Case-1、水路B)

循環流量(m ³)	0.00	433.54	520.49
pH	7.01	8.97	6.93

表-4 循環流量に対するpHの変化
(Case-2、水路C)

循環流量(m ³)	0.00	238.85	503.32
pH	7.47	7.23	7.71

表-5 循環流量に対するpHの変化
(Case-2、水路D)

循環流量(m ³)	0.00	241.11	508.85
pH	7.54	7.64	8.45

表-6 循環流量に対するpHの変化
(Case-3、水路E)

循環流量(m ³)	0.00	260.79	528.74
pH	8.19	8.38	7.92

表-7 循環流量に対するpHの変化
(Case-3、水路F)

循環流量(m ³)	0.00	269.06	542.32
pH	8.71	8.56	8.40

表-8 循環流量に対するpHの変化
(Case-4、水路G)

循環流量(m ³)	0.00	511.04	841.06
pH	7.53	7.40	7.87

表-9 循環流量に対するpHの変化
(Case-4、水路H)

循環流量(m ³)	0.00	223.34	390.31
pH	7.49	7.48	8.23

表-10 循環流量に対するpHの変化
(Case-5、水路I)

循環流量(m ³)	0.00	183.06	431.70
pH	7.77	8.23	8.50

685.85	899.04	1082.35
8.52	8.52	8.57

表-11 循環流量に対するpHの変化
(Case-5、水路J)

循環流量(m ³)	0.00	314.51	726.13
pH	7.89	8.24	8.30

1100.80	1202.50	1630.03
8.01	8.03	8.03

の結果にみられるように循環流量の増加とともに、pH値が高くなってきている。前述の全窒素や全リンの水質変化を考えると、それぞれの値の減少によりpH値が上がり、アルカリ性が高くなっていると思われる。

5. 結論

種々の接触材と水理条件を変化させて水質浄化実験を試みてきた結果、接触材と水理条件の違いにより水質浄化効果が異なることが明らかになった。とくに、接触材としては粒径の小さいものを用いた場合に浄化効果を発揮すると思われる。また、石炭などのように接触面積が大きい吸着効果のあるもの場合には、全窒素や全リンなどの変化も大きいことがわかった。さらに、礫間内での流速を遅くするような水理条件にすれば浄化効果が大きいことがわかった。

最後に、本研究を進めるにあたって建設省中国地方建設局福山工事事務所に協力を得たことを記して謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 大屋博史、岡本良治、小田一紀：礫間接触酸化法の海水浄化効果に関する一実験、第45回年講、pp.724-725、1990.
- 2) 南利治、細井由彦、村上仁士、新谷吉朗：管路流による付着生物膜の形成と流れの関係に関する考察(2)、第41回年講、pp.703-704、1986.
- 3) 中村栄一、落修一：礫を用いた接触酸化による排水処理、土木技術資料、28-2、pp.44-48、1986.
- 4) 中村栄一、酒井憲司：礫間浄化法による汚濁水の浄化、土木技術資料、29-10、pp.26-31、1987.
- 5) 尾島勝、梅田眞三郎：各種の礫間浄化の比較、第44回土木学会中国・四国支部講演概要集、pp.116-117、1992.
- 6) 岩崎寿男、川原浩、坂本勉編：公害防止管理者のための水質概論、pp.11-14、オーム社
- 7) 松野武雄ほか：水質汚濁・土壌汚染（安全工学講座8）、pp.102-119、海文堂出版