

(12) 「流路内浄化工による河川水質の改善」

Improvement of Riverwater Quality by Purification
Works within Watercourses.

○森田弘昭・山田幸男・安中徳二

Hiroaki MORITA*, Yukio YAMADA*, Tokuji ANNAKA*.

ABSTRACT: The water quality of rivers in Japan has generally improved in recent years.
1) This has become possible by the control of wastewater from industries and places of business in conformity with the Water Pollution Control Law established at the end of 1970 and by the progress of construction of sewage systems. However, there are still many rivers and lakes not satisfying the Environmental Water Quality standards in many districts mainly due to delay in taking measures against domestic wastewater. And thus it is required to quickly improve the water quality environment in the relevant water areas.

Under such circumstances, it become necessary to develop some alternative systems. As one alternative system, there are some trials of aggressive utilization of purification capacity possessed by rivers. It is well known that rivers have a great purification capacity called "self-purification."

Most of the water quality improvement measures are still in development stages but several full-scale facilities have been already constructed. In these facilities, the contact area between river water and river bed is increased for increasing in periphytons formed thereon.²⁾

This study intends to clarify the water quality purification mechanisms of the water quality purification works within watercourses, to finally develop the water quality purification works having an efficient, stable purification capacity harmonized with the surrounding environment and to establish formulae to estimate effects of purification works on watercourses. Results of this research on purification works in watercourses are briefly summarized as follows.

1. Efficiency of the purification works placed in watercourses can be expressed on equation below.

$$E = \frac{T}{70 + T} (39.3 + 8.0 \frac{S^x}{S}) (0.4 + 0.6 \frac{\theta}{20})$$

where:

E : BOD₅ removal rate (%)
T : flow-through period (min)
S^x: specific surface area of purification works (m²/m)
S : river bed area (m²/m)
θ : water temperature (°C)

2. Among several works of different surface materials examined, one with artificial sods showed best performance.

1. はじめに

河川の流路そのものの構造を検討することにより浄化能力も強化して水質浄化を図ろうとする試みが、下水道未整備地区等の中小河川で実施されつつある^{3~7)}。これらは、いずれも暫定的な浄化対策としての位置づけが行われているが、その評価は必ずしも明確にされていないのが実態である。筆者らは、実験用水路を用いて、これらの浄化施設（以後、流路内浄化工と呼ぶ）の評価を行い、若干の知見を得たので報告する。

* 建設省土木研究所 Public Works Research Institute, Ministry of Construction

2. 流路内浄化工の位置づけ

2.1 流路内浄化工の浄化機能について

河川に流入した汚濁物質は、一時的に河川水質を悪化させるが、河川水の流下とともに水質は、徐々に浄化され回復していく。これは、河川の自浄作用と言われ、流路内浄化工もこの自浄能力を積極的に利用するものであるが、浄化工あるいは河川を処理施設として考えた場合その浄化能力の評価には、いくつかの問題点がある。

第1点は、粒子態の汚濁物質を沈澱によって、水中から除去した場合、確かに浄化工、あるいは河川の流入部流出部では、汚濁物質の減少が観察されるが、洪水時には再浮遊し、下流に運搬されることとなる。このため浄化工あるいは、河川は一時的な堆積場所ということになり下水処理のような実質的な浄化はあまり期待できないということである。

第2点は、栄養塩濃度が高く、日照が十分に河床まで届くような浅い河川では、付着性藻類が増殖し、大気中のCO₂を固定し、新に河川内に有機物を合成する。有機物の減少を自浄作用とする考え方からすれば、この現象は自濁作用ということになる。

これらの問題は、次の2つの観点から検討する必要がある。(1)浄化対象とする物質、(2)対象とする水域および時間スケール

第1の問題についてまず水域を河川のみに限れば、洪水時に堆積物が流送され、河川水質が悪化する期間とはごく短かく、“浄化”の起こっている期間の方がはるかに長くさらに洪水時の河川の第一の使命が、多量の流水を安全に流下させることであり、このときの人間による河川利用は、ほとんど考えられないことから、洪水時に一時的にもたらされる水質悪化それ自体は人間を含めた河川環境にあまり直接的な影響を与えないということになる。この立場に立てば、沈澱による粒子態物質の除去は、浄化と考えてよいことになる。しかし、水域の水質が、時々刻々の負荷量によって規定されているのではなく、かなり長い期間の総合的な負荷量によって決定される湖沼や内湾が河川の流下先であるような場合には、洪水時を含めた長期間の総負荷量が少なくなる浄化対策でない限り、その水域の浄化の効果は乏しいということになる。

第2の問題は、河川であれ、湖沼や内湾であれ水域内で進行する富栄養化が引き起す二次的な障害に関するものである。河川あるいは浄化工内で合成された有機物（付着性藻類）は下流域、あるいは、湖沼、内湾の有機汚濁の供給源となりうる⁷⁾。それゆえ有機物の除去を目標とする浄化工は、できるだけ有機物の分解を促進し、生産を抑制する機能のものでなければならないが、河川から湖沼、又は内湾までは一つの水域でありその中で生産される有機物量は、水域内に存在する栄養塩に規定され、一定と考えれば河川で有機物が生産されない場合には、その分が湖沼、又は内湾で生産される可能性を残すこととなる。すなわち湖沼又は内湾の側からみれば浄化工の機能いかんによって有機物量の内部生産に由来するものと河川から流入する分の構成比は変わっても、総量は一定であると考えられる。したがって、分解を促進し、生産を抑制するような浄化工の効果は、浄化工設置区間から下流の河川域に有効であると言える。

浄化工によって栄養塩除去を目標とした場合には、別の考え方が必要である。浄化工での栄養塩の除去機構は、粒子態栄養塩の沈澱以外に溶解性の栄養塩を藻体あるいは菌体という固形物（付着性微生物）に変換し、水中から除くプロセスが基本となる。一度固定された栄養塩も、洪水時に河床の堆積物とともに流送され、湖沼、内湾に流入することになるが、粒子態の栄養塩は、大部分が流入後速かに沈澱し底泥化する⁸⁾。時間の経過とともに栄養塩は、底泥から溶出することになるが、溶解性で流入するものに比べれば、湖水への直接的な影響の程度は小さい。それゆえ溶存態の栄養塩を固形物（付着性藻類等）に変えるような、浄化工は実質的な湖沼、内湾の水質に影響する負荷量を少なくする効果があると評価できる。

流路内浄化工は、これらの水質浄化機能の他に、(1)洪水を安全に流下させる構造であること。(2)平時あるいは、洪水時の物理的な圧力や衝撃によって本体が破壊されない構造であること。が絶対に満たさなければ

ばならない基本条件として存在する。

また、浄化工を浄化効果と維持管理の観点から考えると、一般には高度な維持管理を行うものは、浄化効果も高く、維持管理をあまり行わないものは、浄化効果は低いということが言える。

2.2 流路内浄化工の分類

流路内浄化工を構造的な違いから二つにわけ、以下にその概要を示す。

(1) 河床形態改良型

河川形態を水との接触面積を増加させるように変え、沈澱や付着微生物群による浄化を促進しようとする方法である。具体的には、人工水草やひもを河床に張りつけたり、レンガやブロック等を河床に固定して、付着生物の生息面積を大きくし、さらに固形物の沈澱や捕捉ができるポケットを確保するものである。

(2) 接触材料投入型

この形式の浄化工は、籠状、網状、ひも状の接触材を河床に定着させたり、水面上から懸垂させたりして、流水との接触面積を増加させたり、沈澱、捕捉のポケットを確保するものである。

本報告では、河床形態改良型として、人工芝を河床に張り付けたもの、接触材料投入型として、ひも状接触材を水路に投入したものと、人工芝を裏返しにして懸垂したものについて検討を行った。

3. 実験施設および実験方法

3.1 実験施設の概要

大型河川模型を2系統使用したが、それぞれの諸元は以下の通りである。

○環流型実験水路

本施設は、全長290 mのステンレス製循環水路であって、深さ500 mm、路床部の幅500 mm、側壁上端部の幅1,500 mmの台形断面を有する(図-1、写真-1参照)。一旦円形のタンクに貯留された水は、循環用ポンプで水路上端部に送られ、傾斜1/1000の水路を自然流下して再びタンクにもどるしくみになっている。

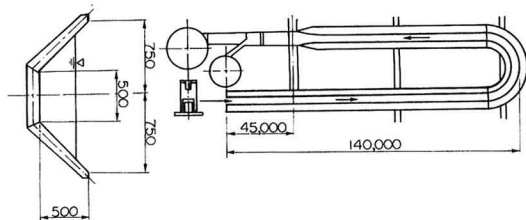


図-1 環流水路

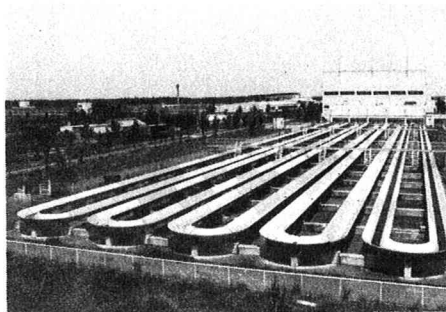


写真-1 環流水路

水路は全く同型のものが南北方向に並行して5本設置されており、各水路のタンクには、あらかじめ設定された流量で上水を連続的に供給することができる。

○実河川水供給型水路

本実験装置は、茨城県湖北浄化センター内に、設置しており、霞ヶ浦に流入する小河川、境川からポンプアップした河川水を供給できる構造になっている。

本体は、コンクリートブロック製で表面は防水処理をほどこしてある。全長は、往復で300 m、高さ40 cm、幅60 cmの短形断面(図-2、写真-2参照)をもち、2本の水路が併設してある。

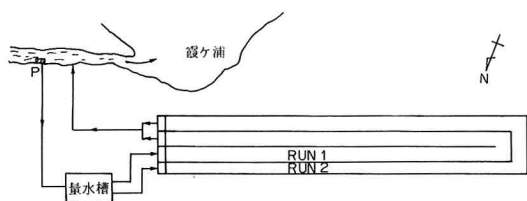


図-2 実河水供給型水路

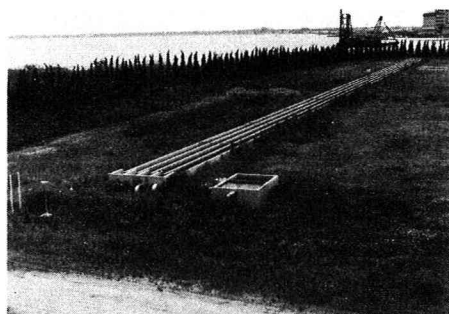


写真-2 実河川水供給型水路

3.2 実験方法

3.2.1 環流水路実験

(1) 実験概要

水質改善効果の期待できる3種類（人工芝、人工芝懸垂、ひも状接触材懸垂）を設置し、浄化能力に与える、流水接触面積、流下時間、水温等の影響を検討した。

(2) 実験条件

実験期間は、59年10月1日から59年12月25日までで、水路は、人工汚濁水が上流から下流まで流下しそのまま水路外に流出する流下方式で運転した。

接触材は、これまでの実験で最も効果的であった人工芝⁹⁾と、新たに閉塞の恐れのない懸垂型のもの（人工芝を裏返しにしたものとひも状接触材）を設置した。採水は流入地点、中間地点2点、流出地点の計4地点で、週2回午前11時ごろ行った。

表-1に実験条件を示す。

接触材の配置方法を図-3に示す。

3.2.2 実河川水供給型水路実験

(1) 実験概要

環流水路の実験では、主に溶解性の汚濁物質の浄化効果を検討したのに対し、本水路では、実河川水を用いて浮遊性汚濁物質の浄化効果も、検討した。また、浄化工の実河川適用性に関する観点から、浄化工の閉塞に伴う浄化効果の低下の連続調査と模擬洪水による浄化効果の回復実験を行った。

(2) 実験条件

本水路の運転は、59年9月22日から59年12月6日まで行った。模擬洪水実験は、11月7日に実施した。採水は、{0, 20, 40, 80, 120, 160, 200, 240, 300 m}の計9地点で週2回の割合で行った。実験条件を表-2に示す。また、接触材の配置方法を図-4に示す。

表-1 環流水路実験条件

	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4
河床形態	人工芝	人工芝懸垂	ステンレス	ひも状接触材の懸垂
運転条件	流下方式			
スキムミルク投与濃度 (mg/l)	20 ~ 50			
平均水深 (cm)	10			
流下時間 (min)	280	260	320	310
流水接触面積 (m ² /m)	4.98	3.98	0.78	1.78

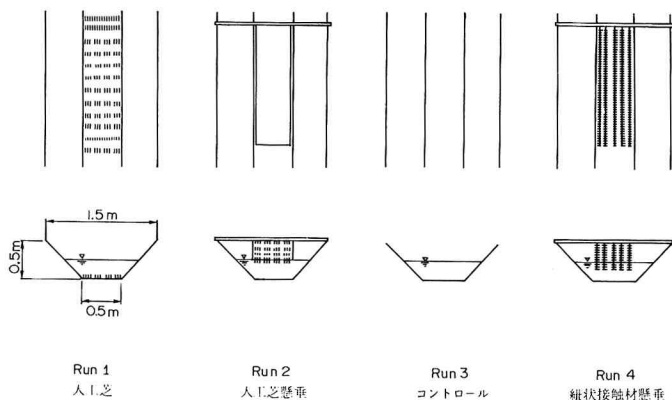


図-3 接触材の配置方法

表-2 実河川水供給型
水路実験条件

	RUN 1	RUN 2
接触材の種類	人工芝	ひも状接触材
流水接触面積 (m^2/m)	5.94	1.50
平均水深 (m)	0.15	
流量 (m^3/min)	0.58	
流下時間 (min)	30	

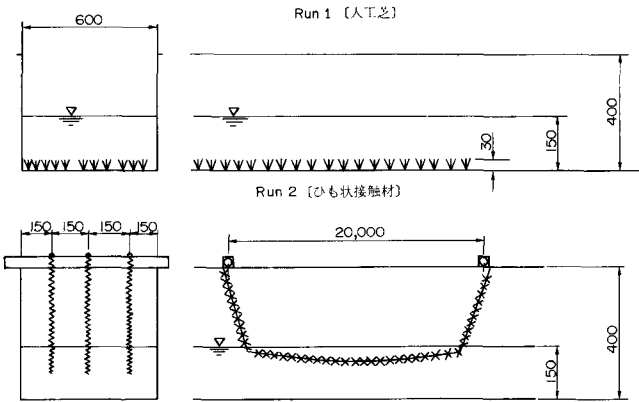


図-4 接触材の配置方法

4. 実験結果および考察

表-3 実験時の水温と流入BOD₅濃度

	水 温 (°C)			流入BOD ₅ 濃度 (mg/l)
	ケースⅠ	ケースⅡ	ケースⅢ	
RUN 1	19.8~21.9	12.7~15.8	7.5~10.6	6.1~27.3
RUN 2	18.9~21.9	12.8~15.8	7.5~10.9	10.8~24.3
RUN 3	18.8~21.9	13.3~14.9	7.9~10.8	10.4~23.0
RUN 4	18.6~21.8	14.3~15.7	7.2~10.9	5.7~25.7

4.1 環流水路実験

4.1.1 BOD₅の除去機能のモデル化

環流水路は屋外に設置してあるため、水温、気温、日照等の実験条件をコントロールすることはできないが、実験時の水温をパラメータにして、大きく3ケースにわけた。ケースⅠは、水温が20℃前後、ケースⅡは、15℃前後、ケースⅢは、10℃前後を基準にしている。水温は流入部と流出部で測定しその平均を用いた。採水を行った午前11時ごろの水温は、これまでの調査結果より¹⁰⁾、ほぼ日平均水温であることがわかっている。表-3にケースごとの水温と流入BOD₅を示す。

BOD₅の除去機能のモデル化は、次のステップに従って実施した。

ステップⅠ

有機物の除去に最も大きな影響を与える因子は、浄化工内を流れる汚濁水の流下時間であり、まず各Run、ケースごとに流下時間(T)と、除去率(E)の関係を曲線に近似した。除去率と流下時間は一般に正の相関があるが、ある一定の値に漸近すると考えられ、そのような性質をもつ曲線として、次の二つを検討した。

Ⅰ $E = a(1 - e^{-bt})$

Ⅱ $E = \frac{bT}{a+T}$

水路のデータから、各数式の a 、 b 値を決定し、相関係数を求めた結果、Ⅱ式の方がやや高い値を示した。

Ⅰ式では、 $r = (0.52 \sim 0.74)$ 、Ⅱ式では、 $r = (0.56 \sim 0.92)$ であったためmonodタイプのⅡ式を採用した。

図-5にBOD₅の除去率を流下時間の関係を示す。

図中の実線は、BOD₅の除去率(E)と流下時間(T)をmonodタイプの曲線に近似した計算結果である。

$E = \frac{B \cdot T}{A + T}$ (1)

(1) 式の場合、 B/A が反応速度の大小を表わし、 B が浄化工の浄化能力の限界を表わすものと考えることが出来る。

ステップⅡ

ここでは、同じ水路のケース毎のデータから水温の効果を抽出し、温度補正項を作成する。

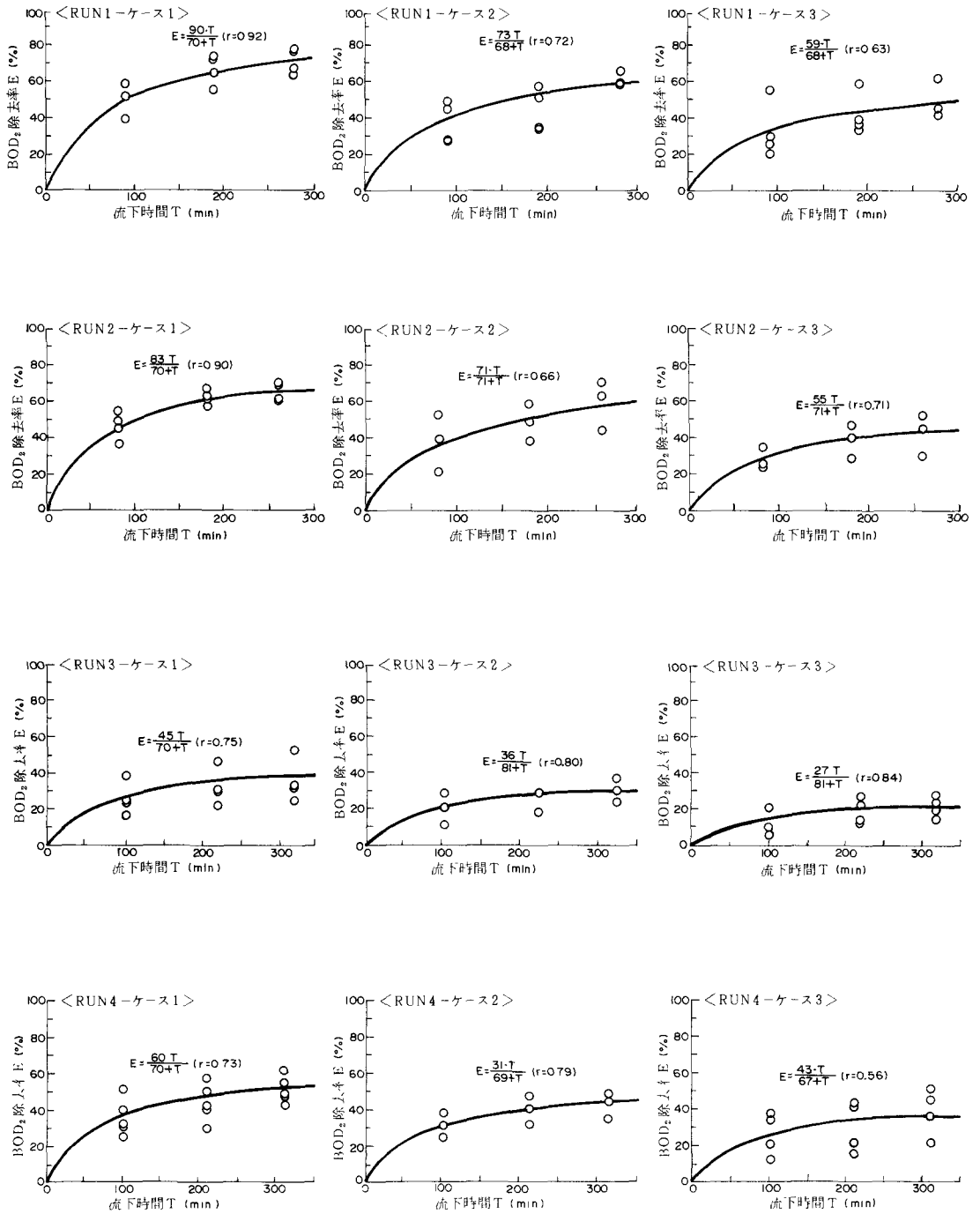


図 - 5 BOD 除去率と流下時間の関係

同一の浄化工におけるケース毎の B 値の違いは、水温の効果によるものと考えられることから、 B 値とその時の水温の関係を、一次回帰式で近似した。計算結果を表-4に示す。

相関係数が各水路とも非常に高く、水温が10～20℃の範囲では、 B 値を水温で十分に説明できる。さらに水温の回帰式の基準を20℃として、(1)式に組み入れると、表-5のようになる。Run 3のコントロール水路を除いて、他の接触材を投入した水路のBOD₅除去率に関する温度効果は、ほぼ同一とみなせる。

ステップⅢ

水温と流下時間を一定にした場合の、各Runごとの除去率の違いから、浄化工の性能を抽出し浄化工の性能補正項を作成する。

表-5に示すBOD₅除去率(E)を表わす式で、水温と流下時間が同じ場合の各水路ごとの除去率の違いは、接触材の効果の違いによるものと考えることができる。接触材の浄化性能を左右する因子は材質や形状ではなく流水接触面積であることが一連の調査で確認されており⁹⁾、ここでは水路の単位長さ当りの各接触材の流水接触面積と、除去率を比較検討した。

表-5の各式で A 値および温度補正項を同一と仮定し、 B 値と流水接触面積比($\$$)の関係を一次回帰式で近似した結果を表-6に示す。流水接触面積比とは、接触材を設置していない水路の1 m 当りの流水接触面を分母にし、接触材を(設置した)水路の接触材の表面積と水路自体の流水接触面を加算したものを分子にした値である。

$$B = 39.3 + 8.0 \$ \quad r = 0.99$$

B 値と流水接触面積は、非常に良い正の相関がありBOD₅除去効果と流水接触面積の相関が高いことが確認できた。

ステップⅣ

ステップⅠからⅢまでの結果をとりまとめて、BOD₅除去率と流下時間の関係を次式のように表わした。全実測値による除去率と、この式による計算値との相関係数は、0.72であった。

$$E = \frac{T}{70 + T} \left\{ 0.4 + 0.6 \left(\frac{\theta}{20} \right) \right\} \cdot (39.3 + 8.0 \$)$$

E ; BOD₅ 除去率(%)

T ; 水路流下時間 (min)

θ ; 水路平均水温 (℃)

$\$$; 流水接触面積比 (—)

4.1.2 栄養塩類 ($T-N$, $T-P$) の除去機能のモデル化
栄養塩類の浄化に関しても、有機物の除去機能モデル化と同様の手法で解析を行ったが、除去率と流下時間を十分に説明できる曲線回帰式が得られなかった。また、水温に

表-4 B 値と水温の関係

	回 帰 式	備 考
RUN 1	$B = 36 + 2.5 (\theta) \quad r = 0.99$	θ : 水温 (℃) r : 相関係数
RUN 2	$B = 34 + 2.5 (\theta) \quad r = 0.99$	
RUN 3	$B = 13 + 1.6 (\theta) \quad r = 0.99$	
RUN 4	$B = 28 + 1.6 (\theta) \quad r = 0.99$	

表-5 BODの除去率(E)と流下時間(T)と水温(℃)の関係

	モ デ ル 式	$\frac{E}{T}$ (‰) $\frac{T}{\theta}$ (℃)
RUN 1	$E = \frac{T}{68+T} 88 \left\{ 0.42 + 0.58 \left(\frac{\theta}{20} \right) \right\}$	
RUN 2	$E = \frac{T}{71+T} 83 \left\{ 0.42 + 0.58 \left(\frac{\theta}{20} \right) \right\}$	
RUN 3	$E = \frac{T}{78+T} 45 \left\{ 0.28 + 0.72 \left(\frac{\theta}{20} \right) \right\}$	
RUN 4	$E = \frac{T}{68+T} 60 \left\{ 0.46 + 0.54 \left(\frac{\theta}{20} \right) \right\}$	

表-6 B 値と流水接触面積

	B 値	流水接触面積 (m^2/m)	流水接触面積比
RUN 1	88	4 98	6 4
RUN 2	83	3 98	5 1
RUN 3	45	0 78	1 0
RUN 4	60	1 80	2 3

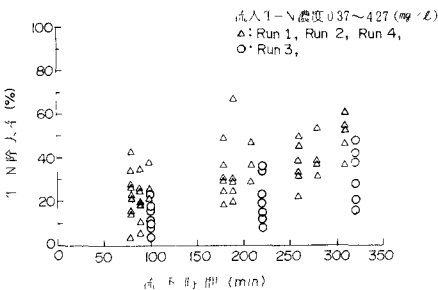


図-6 $T-N$ 除去率と流下時間

よる除去率の違い、接触材間の除去率の違いも見られなかった。全体として、流下時間が増加すると除去率も上昇する傾向が見られた。またコントロール水路と接触材を投入した水路では、接触材を投入した水路の方が、除去率が高かった。

実験期間中に観測された $T-N$ 、 $T-P$ の除去率の全データを図-6、図-7に示す。 $T-N$ 、 $T-P$ とも接触材を投入した水路では、5時間程度の流下時間で約40%の除去率が得られた。

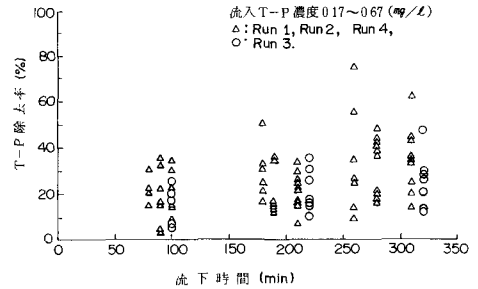


図-7 $T-P$ 除去率と流下時間

4.2 実河川水供給型水路実験

4.2.1 平均除去率

表-7、表-8に9月22日から11月6日までの46日間の汚濁物質の平均の除去率を示す。環流水路実験でも人工芝接触材の方が、ひも状接触材よりも浄化効率が高かったが、本実験でも同様の結果が得られ、接触材の流水接触面積が、浄化効率に大きい影響をもつことがわかった。

さらにRUN1とRUN2ではRUN1の方が粒子態の汚濁物質の除去効果が高く、人工芝浄化工の固形物の捕捉効率の良いことがわかる。

4.2.2 浄化工の閉塞に伴う除去率の低下

図-8、図-9に、SS、BOD、 $T-N$ 、 $T-P$ の除去率の経時変化を示す。

RUN1(人工芝)では、固形物の堆積に伴う除去率の低下が観察された。これは、固形物の沈殿捕捉ポケットの減少および付着面積の減少によるものと思われる。なお、RUN2(ひも状接触材)では、RUN1ほどの

除去率の低下は見られなかった。図-8中にSSの除去率のみを示す。表-9に、肉眼による定性的な観察ではあるがRUN1の固形物による閉塞の状況を示す。図-10は、RUN1の模擬洪水実験前の底泥の堆積物の分析結果である。堆積量は入口から出口にかけて、堆積量が指数的に減少しているが、堆積物の性状(IL/SS: IL=強熱減量)は流下方向に大きな違いはなかった。

底泥の採取は、あらかじめ、人工芝を張りつけた付着板を水路底に設置して行った。設置位置は、水路入口から、10、30、60、100、140、180、220、270mの地点である。

表-7 汚濁物質の除去率(RUN1 人工芝)

		流入濃度 (mg/l)	流出濃度 (mg/l)	除去率 (%)		水 温 (℃)
SS		117 (60~200)	63 (40~96)	462		145 113~201
BOD	P	28 (09~92)	15 (05~32)	46	320	
	D	22 (08~51)	19 (10~59)	14		
N	P	0.40 (0.10~0.94)	0.30 (0.03~0.72)	25	92	
	D	2.66 (2.50~3.35)	2.48 (2.34~2.91)	7		
P	P	0.14 (0.04~0.24)	0.11 (0.00~0.16)	21	121	
	D	0.19 (0.12~0.30)	0.18 (0.12~0.30)	5		

* 測定回数11回
** P: 粒子態 D: 溶存態
*** 流入濃度、流出濃度は
平均値と上限値、下限値を示す。

表-8 汚濁物質の除去率(RUN2 ひも状接触材)

		流入濃度 (mg/l)	流出濃度 (mg/l)	除去率 (%)		水 温 (℃)
SS		108 (68~166)	68 (40~84)	37.0		140 113~201
BOD	P	212 (106~3.43)	228 (1.26~3.13)	~7.5	10.3	
	D	178 (108~2.30)	119 (0.39~1.71)	33.1		
N	P	0.69 (0.43~1.23)	0.75 (0.30~1.26)	~8.7	5.5	
	D	2.86 (2.27~4.65)	2.48 (1.94~3.33)	13.3		
P	P	0.15 (0.05~0.22)	0.11 (0.07~0.14)	26.7	13.3	
	D	0.18 (0.05~0.28)	0.15 (0.02~0.26)	16.7		

* 測定回数7回
** P: 粒子態 D: 溶存態
*** 流入濃度、流出濃度は
平均値と上限値、下限値を示す。

4.2.3 模擬洪水による掃流効果

実河川に設置した浄化工は、固形物によってしだいに閉塞し、浄化能力が低下するものと考えられる。本調査でも、図-8、図-9に示すように、時間の経過とともに浄化能力が低下していくのが観察された。流路外に設けた浄化工では、河川水の流入を一時止めるなどして、堆積物の除去を行うことが比較的簡単に出来るが、流路内に設置した浄化工では、堆積物の除去作業は難しい。それゆえ流路工浄化工の堆積物の除去は、通常は洪水による掃流効果を期待し、大型の異物等による閉塞時のみ、人為的な除去作業を行うものとする。

平水時に堆積する粒子態物質が、どの程度の洪水によって流出するか、あるいはその流出の程度はどの位かという点についてはすでに多くの研究^{11),12)}がなされているが、浄化工に堆積するような、粘性汚濁物質や付着微生物のはくり、流出を十分に説明できる理論は未だ報告されていない。そこでここでは浄化工を設置可能な中小河川で、比較

的頻繁に発生するような規模の洪水（洪水流量÷平水流量≒10）を想定し、模擬洪水実験を行って、浄化工に堆積する固形物のフラッシュ効果を検討した。

模擬洪水は、大型水中ポンプ（5m³/min）を通常の河川水供給ポンプ脇に設置し同じ河川水で再現した。

流出開始から終了まで約210分で、最大5m³/min、総流量913.5m³であった。

洪水直前の水路底は、前半の250m区間は泥で人工芝が完全に埋っている状態で水路後半の50m区間は、大きく成長した糸状性のバクテリアによって、人工芝が見えない状態であった。この時の水路底の状況は、

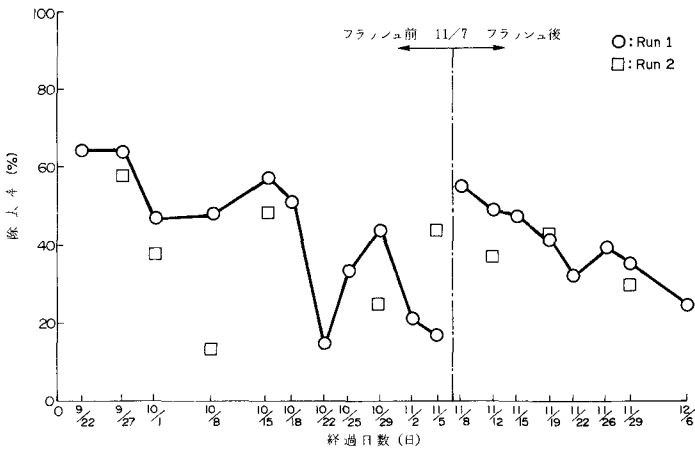


図-8 SS除去率の経日変化

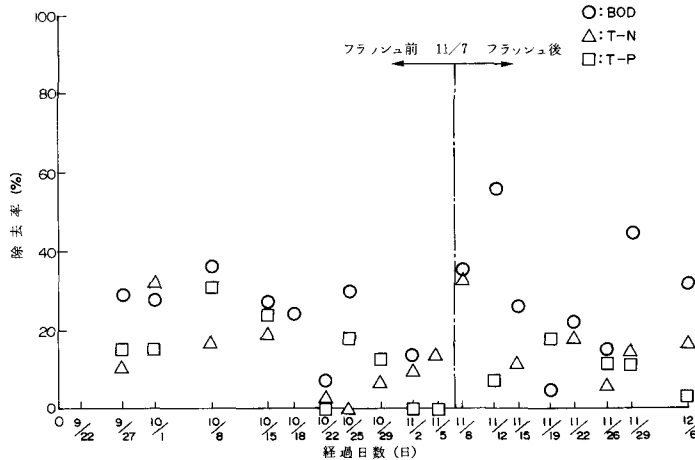


図-9 除去率の経日変化

表-9 水路の閉塞状況

		9/22	9/27	10/8	10/18	10/29	11/7	
							洪水前	洪水後
RUN 1	通水		0～50 m 泥に埋没	0～100 m 泥に埋没 100～250 m 付着生物出現	0～150 m 泥に埋没 150～300 m 付着生物存在	0～200 m 泥に埋没 200～300 m 付着生物存在	0～250 m 泥に埋没 250～300 m 付着生物存在	付着生物はすべて剥離 1～10 mm ほど泥が残る
	開始		0～100 m 泥がコンクリート面を被覆	0～200 m 泥がコンクリート面を被覆 0～100 m 付着生物出現	0～300 m 泥がコンクリート面を被覆 0～150 m 付着生物存在	同 左 0～300 m 付着生物存在	同 左	同 左

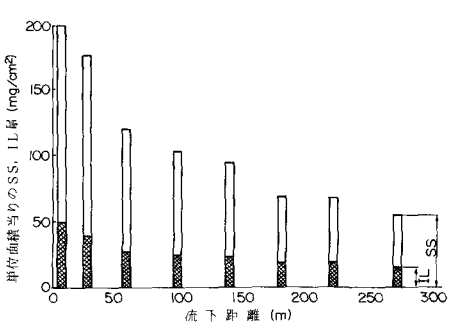
表－9，図－10に示してある。模擬洪水に伴う，流量水質の変化を図－11に示す。また，洪水後の水路底の状況を図－12に示す。

図－8に示されているように，洪水によって，SSの除去率は，回復しており洪水によるフラッシュが有効であることがわかった。

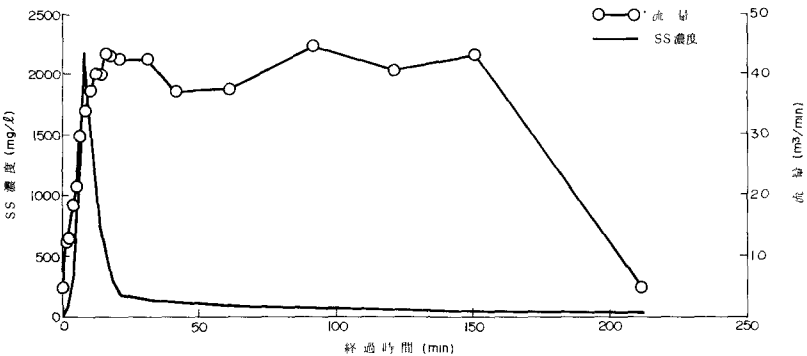
4.2.4 物質収支

本節では，実験水路（RUN1）における物質収支について検討を行うとともに環流水路実験で得られたモデル式の検証を行った。

まず，実験期間中の流入，流出負荷量と除去負荷量を各



図－10 底泥の堆積状況〔フラッシュ前〕RUN1



図－11 模擬洪水によるSSの経時変化

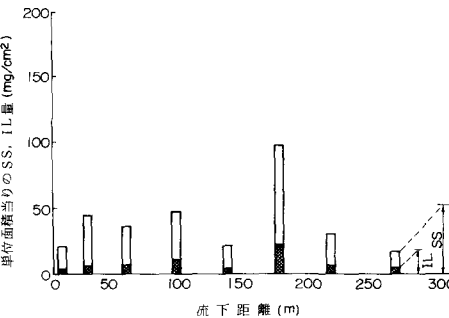
水質項目ごとに推定してみる。

模擬洪水実験前までの，水路の運転期間は9月22日～11月6日の46日間であった。流量は，毎日一定で，46日間で， $582\text{ (L/分)} \times 60 \times 24 \times 46 = 38,552\text{ m}^3$ の流入があった。この流入量と，各水質項目の平均流入出濃度から，除去負荷量を推定し表－10に示す。

次に，水路底に堆積した汚濁物質の総量を計算する。底泥の採取位置は，前述したとおりである。分析項目はSS当りに含まれる，BOD， $T-N$ ， $T-P$ である。底泥の堆積状況は，図－10に示したように，流下方向に減少しているが，BOD， $T-N$ ， $T-P$ の含有率は，ほぼ等しかった。表－11に各汚濁物質の堆積量を示す。

表－10，表－11から，物質収支図を作成し図－13に示す。

$T-P$ は，保存物質であり，流水中に存在するか定質中に存在するかの違いはあっても，気相中に消滅することはない。しかし，本実験では，浄化工によって流水中から除去された分の42％が，不明になっている。これは，通常の採水では，大型の浮遊物（水路内で増殖した付着性生物）を捕集していないため，生物体に固定され，流出した分をカ



図－12 底泥の堆積状況〔フラッシュ後〕RUN1

表－10 推定除去量

	流入濃度 (mg/L)	流出濃度 (mg/L)	流入負荷量 (kg)	流出負荷量 (kg)	除去量 (kg)
SS	1170	630	4511	2429	2082
BOD	5.00	3.40	1928	1311	617
T-N	3.06	278	1180	1072	108
T-P	0.32	028	123	108	15

表-11 堆 積 量

	含有率 (mg/g・SS)	堆 積 量 (kg)
SS	—	170.9
BOD	69.0	11.81
T-N	12.4	2.11
T-P	5.1	0.87

ウントしていないことが理由と思われる。同様の議論から、BOD、49.89 kg、T-N 8.69 kg の除去量も、すべてがガス化 (CO₂, N₂) したとは考えられず、実質の除去量は、表-10 の値よりも相当小さいと思われる。

なおモデル式の妥当性の検証については、本節で述べたように大型流送物を回収できなかったこと等の原因によって物質収支が合わなかったために実施できなかった。今後、モデル式の検証を行うために大型流送物の回収や底泥からの溶出等を把握する予定である。

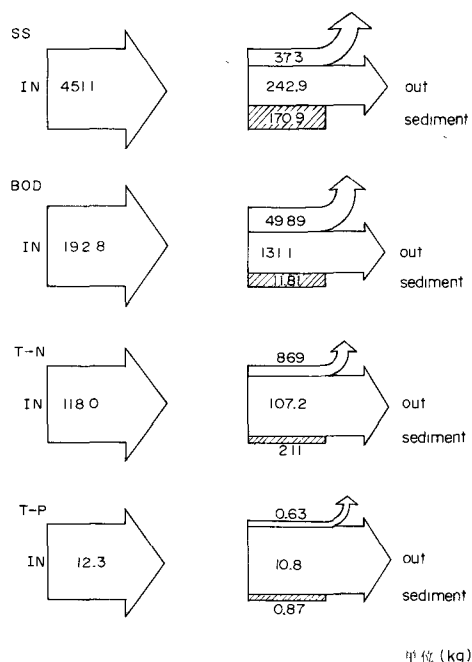


図-13 物質収支図

5. ま と め

本論文では、流路内浄化工の総合的な機能について、浄化機能の考え方、浄化性能、出水時の安全等の検討を行い以下の結果を得た。

- 1) 流路内浄化工の浄化能力を決定するものは、流下時間と、浄化工の流水接触面積、水温であることが明らかにされた。
- 2) 検討を行った三種類の浄化工では、人工芝が、最もよい浄化効果を示した。
- 3) 固形物によって閉塞した浄化工も、流水によって、堆積物が流送されることにより、浄化能力が回復することが明らかになった。
- 4) 接触材の構造等については特に検討を行っていないが、接触材は、流れをあまりさまたげない形状で、洪水時には捕捉した固形物が流れやすいものであるとともに浄化工本体は十分な強度をもつことが重要である。また材質的には化学物質や微生物によって変質しないこと、流水や日照に対して耐久性をもつことが必要である。

引用文献

- 1) 環境庁：昭和58年度版環境白書
- 2) 小林節子：河川の汚濁負荷に及ぼす着生微生物の影響—印旛沼流入河川桑納川の汚濁とミズワタおよび着生藻類—，第15回日本水質汚濁研究会年次学術講演会講演集，昭和56年3月。
- 3) 建設省関東地方建設局京浜工事事務所，昭和58年
- 4) 矢野洋一郎：多摩川水環境整備計画，No.413，昭和55年12月。

- 5) 建設省九州地方建設局筑後川工事事務所，昭和55年3月。
- 6) 建設省関東地方建設局荒川上流工事事務所：鴨川浄化実験（中間報告），昭和52年7月。
- 7) 静岡県浜松土木事務所：西遠流域下水道事業，礫間放流実験調査，昭和58年12月。
- 8) 森田弘昭：洪水時に湖に流入する粒子性栄養塩の挙動〔水質汚濁研究第8巻 第4号 233－238 1985〕
- 9) 建設省土木研究所，下水道関係調査研究年次報告書集，昭和58年度
- 10) 建設省土木研究所，下水道関係調査研究年次報告書集，昭和56年度
- 11) 馬場洋二：降雨流出がある場合の河口部のSS浮遊異動シミュレーション，土木研究所河川部都市河川研究室。
- 12) E. Partheniadcs, NATO ADVANCED STUDY INSTITUTE ON ESTUARY DYNAMICS, LECTURE16—Engineering Properties of Estuarine Sediments. 1975
- 13) 水理公式集 土木学会