

土 木 研 究 所 資 料

濁水対策に関する基礎実験報告書

平成3年7月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

濁水対策に関する基礎実験報告書

砂防研究室 室 長 石 川 芳 治
主任研究員 井良沢 道 也
小 泉 豊

要 旨

斜面侵食・溪岸侵食や河床洗堀にともなう土砂とともに細かな浮遊砂・微細粒子が生産され、河川に流出し濁水となり流下する。近年濁水が河川や海に与える影響が問題となっており、浮遊砂・微細粒子の除去または軽減を行うことは緊急な課題となっている。そこで水理実験により砂防施設により浮遊砂・微細粒子を除去するためのろ過施設の濃度の低減効果についての検討を行った。

キーワード：砂防、濁水、浄化手法、ろ過施設、水理模型実験

Study on Purification Methods of Turbid Water

Sabo Division, Sabo Department
Head of Division : Yoshiharu ISHIKAWA
Senior Resoarcher : Michiya IRASAWA
Yutaka KOIZUMI

Synopsis

With slope erosion, bank erosion and riverbed scour, fine suspended sediment and particles are produced to flow out in rivers, resulting in turbid water discharge. Recently, such turbid water has been posed a threat to rivers and the sea, so the removal or reduction of suspended sediment and fine particles is an urgent problem to be solved. Thus, using filter facilities where a sabo dam is used to remove suspended sediment and fine particles, the effect of purification methods of turbid water was examined through hydraulic experiments.

KEYWORDS : sabo, Turbid water, purification method of water, filter facility, hydraulic experiment.

は　じ　め　に

流域の斜面浸食・溪岸崩壊や河床洗掘にともなう、土砂と共に細かな浮遊砂・微細粒子が生産され、河川に流出し濁水となり流下する。近年、濁水の流下により河川や海の水質や生態系に与える影響が問題となってきている。特に沖縄県南西諸島では、島周辺海域の赤土砂による汚濁が大きな問題となっている。流出赤土砂の微細粒子は島を取り巻くリーフ海域を赤く染め、河口部の河床、沿岸の海底に堆積して風光を損じている他、サンゴの死滅、モズクの養殖障害、魚網への付着障害等が発生している。また、貴重な腐食土層の流出はもとより、土砂流出の洪水時の治水上の問題も懸念される。

このように赤土砂流出は沖縄県の自然環境、観光、漁業をはじめとする基幹産業に多大の被害を与え、かつその影響範囲も多岐にわたっている。砂防事業の実施対象である河川上流域は濁水の主たる生産源となっており、砂防設備を利用することにより浮遊砂・微細粒子の除去または軽減が考えられるが、その効果については明らかでない。

そこで、浮遊砂・微細粒子の除去手法の有力な一手法である、ろ過施設による濁水低減効果について実験により検討を行うものである。なお、ろ過の方法としては、濁水を浸透させて浄化させる（浸透ろ過法）を用い、濃度の対象項目としては、浮遊物質量の計測ppm(mg/ℓ)について行った。

濁水対策に関する基礎実験報告書

目 次

はじめに

1. 実験に用いた濁質成分	1
1.1 赤 土	1
1.2 アルミナ	2
1.3 沖縄における赤土砂の特性	2
2. 実験に用いたろ過材	3
2.1 人工ろ材	3
2.2 砂 礫	3
2.3 軽 石	3
3. 予備実験	5
3.1 対象流量	5
3.2 SS基準値	5
3.3 SS濃度と濁度の相関	6
4. 本実験	8
4.1 実験方法	8
4.2 実験ケース	9
4.3 実験結果	10
5. まとめと今後の課題	13
参考文献	14
参考資料	17

1. 実験に用いた濁質成分

本実験において濁水の成分として赤土とアルミナを用いた。以下に赤土とアルミナの概要を述べる。

1.1 赤 土

濁質成分として沖縄県南西諸島において海への汚濁が問題となっている¹⁾赤土を用いた。一般に粒径が 74μ 以上の赤土は比較的容易に沈降することが知られているため²⁾、今回の実験に用いる濁質成分としては粒径 74μ 以下を対象とした。本実験においては沖縄本島北部の河川の上流域の赤土を採取し使用した。

なお、「赤土」の採取場所は、図-1に示すとおりである。「赤土」は沖縄本島北部（名護市、本部町）で5ヶ所から採取し、資料を混合させ汚濁物質として使用した。図-2に赤土の粒径加積曲線を示す。図の通り、 10μ （ $=0.01\text{mm}$ ）以下の粒径が半分以上を占めているのがわかる。

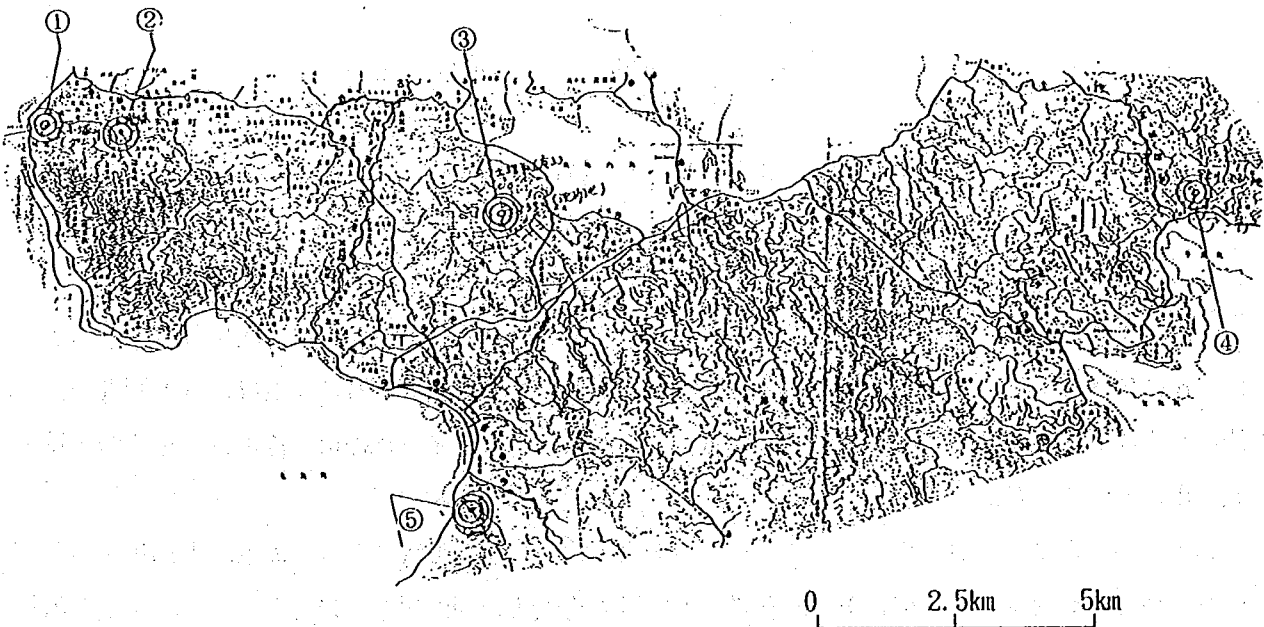


図-1 「赤土」採取場所位置図（沖縄県）

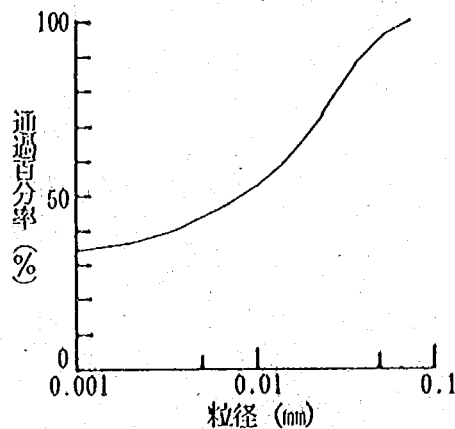


図-2 赤土の粒径加積曲線

1.2 アルミナ

濁質成分として本来の赤土を用いて全てのケースにおいて実験を行うことが良いのであるが、 74μ 以下の粒径を作り出すには、多くの時間が必要である。そこで比較的入手しやすく粒度分布を自由に組み合わせることのできるアルミナを用いて実験を行い、効果の高いと考えられるろ材を組み合わせたケースのみ赤土を濁水の成分として用いることとした。アルミナは赤土の 74μ 以下の粒度分布に近似するように粒径を混合し作成した。図-3にアルミナの粒径加積曲線を示す。

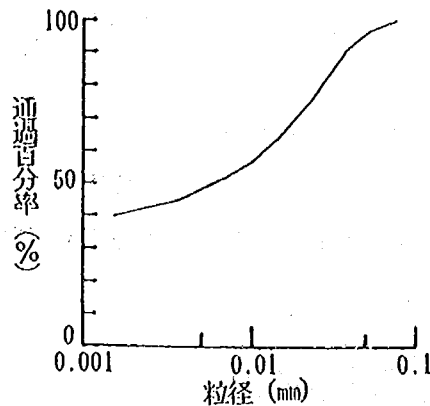


図-3 アルミナの粒径加積曲線

1.3 沖縄における赤土砂の特性

沖縄のように高温、多湿な地方では岩石は表面から数メートル以上にわたって風化して、造岩鉱物は急速に分解して鉄、アルミニウムの含有有機酸化物が多い土壌が生成される。生成後は可塑性を失い、砕け易くなり、脱水すると吸湿しにくくなる。この作用はラテライト化作用と称され、基礎的土壌生成作用の一つである。

赤土砂のものは、これら鉄、アルミニウムの水酸化物からなる土壌であり、赤色、赤褐色を呈している。沖縄本島北部の古生層粘板岩、砂岩、千枚岩や新生代の国頭礫層を母材としたこのような酸性赤色土を国頭マージと称しており、シルト、粘土分を50%以上含み、低肥沃土で強酸性を示し、雨水や流水による受食性が大きいという性質をもっている。

2. 実験に用いたろ過材

本実験においては人工ろ材、砂礫および軽石の3種類のろ過材を用いた。以下に各ろ過材の概要を述べる。

2.1 人工ろ材

現在、土質改良材として広く用いられている合成樹脂性の吸出防止材をろ過材として考えた。吸出防止材はマット状で厚さは5mmであり、直径はアクリルの円筒と同じ19cmに切りとり使用するものとした。透水係数は 1.0×10^{-1} cm/secであり、今回使用したろ過材の中で最も低く、他のろ過材と比較すると透水係数は $1/100 \sim 1/1,000$ であった。

2.2 砂 礫

砂礫は、粒径を細かくすればするほど除去率は大きくなるが、反面目づまりをおこしやすく通過流量も極端に減少する。そのため通常の流量を通過できるだけの透過率がなければならない。透過率の大きい粒径として単一粒径の5mmと10mmを使用した。透水係数は5mmのものが 5.8×10^{-1} cm/sec、10mmのものが 1.2×10^{-2} cm/secである。

2.3 軽 石

ろ過材の一つとして砂礫とは別に表面に多くの穴のある軽石を用いた。表面に多く穴があるということはろ過材1つ1つの表面積が大きくなり、水に接する面が大きくなり吸着率が上がることが予想され上・下水道のろ過施設で検討されている³⁾。一方、実際に濁水対策を実施するにおいてはろ過材は多くの量が必要とされる。よって、できるだけ手に入りやすくしかも多量に存在するものとして、鹿児島県桜島の黒神川下流部の二次ボラ(河床堆積物)を用いた。軽石の平均粒径(d_{50})は38.5mm、透水係数は 1.3×10^{-2} cm/secである。図-4に採取地点を示す。

なお、透水係数は算定に当たっては、次に示すヘーゼンの式を用いた。

$$k = c (0.7 + 0.03 t) d_e$$

k ; 透水係数 (cm/sec)

c ; 50~150, 普通116

t ; 温度 (°C)

d_e ; 有効径, 10%に相当する粒径 (cm)

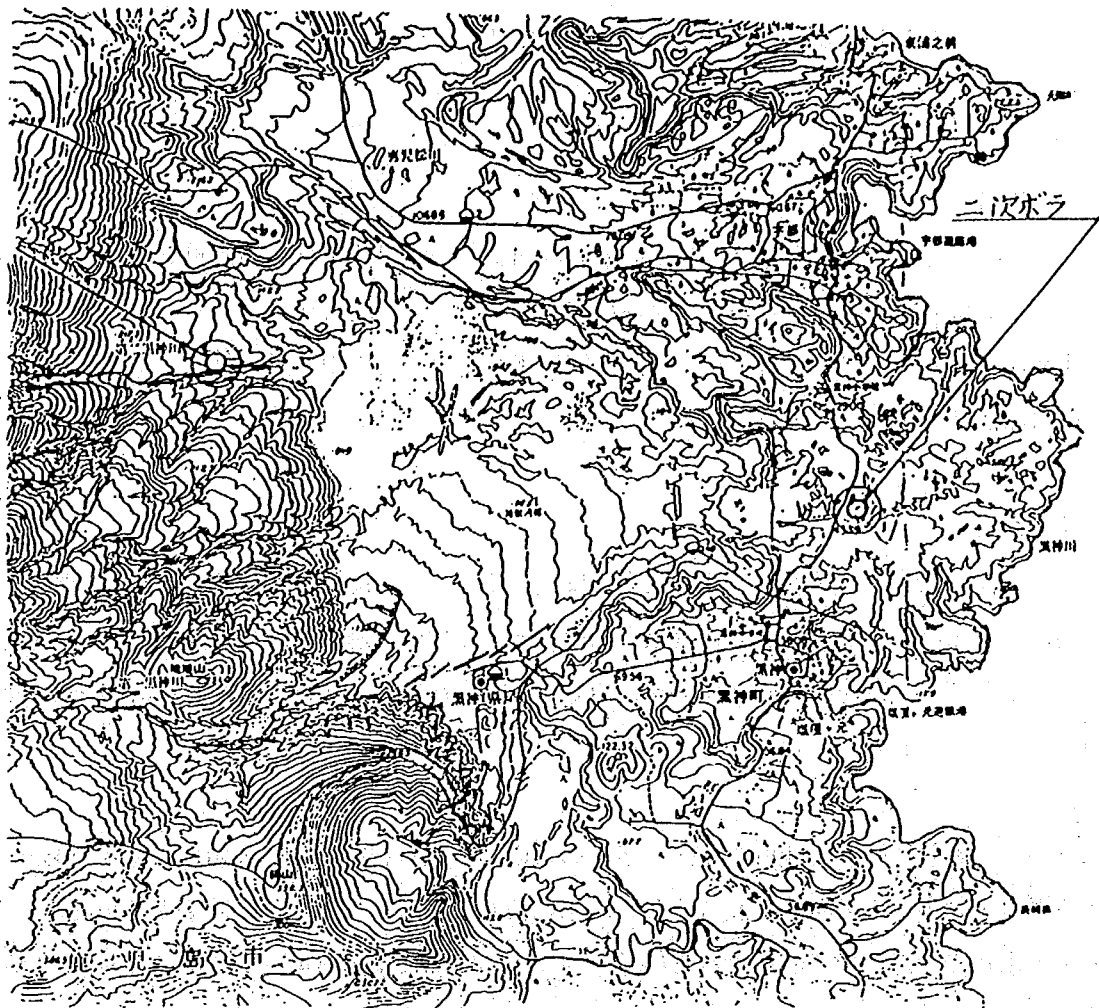


図-4 「怪石(ボラ材)」採取場所位置図(鹿児島県桜島黒神川) S=1/30,000

3. 予 備 実 験

3.1 対象流量

本実験を行うに当り、「対象流量」に対する予備実験を行った。計画当初は、ろ過施設無しの状態の水位を一定に保つため、オーバーフロー構造による給水槽への還元を考えていたが、水位を保つためには、ポンプ規模 ($q \approx 60 \text{ l/min}$) が大きくなり、給水槽容量 ($V = 1.0 \text{ m}^3$) が小さいため、給水時間が $T = 10 \sim 20(\text{min})$ と短い実験にならざるを得ない結果となった。

このことから、通水時間を $T = 60(\text{min})$ 程度と判断し、ポンプ規模を $q = 20 \text{ l/min}$ 程度と決定した。

さらに、濁水の濃度低減効果を把握するため、本実験ではろ過後のサンプリングを、通水後10(min), 20(min), 30(min), 40(min), 50(min)の6サンプリングとした。

3.2 SS基準値

本実験を行うに当り、ろ材有りの場合との対比が可能のように、ろ過施設が無い場合のアルミナのSS(1000ppm, 3000ppm)及び、赤土のSS(3000ppm)に対するサンプリングを行い、基準値を設定する。

各SSの基準値は図-5に示す通りであるが、攪拌器の構造上実験開始20分後に、攪拌器の位置を20cm下げたため、30分以後のSS値が大きい値を示していたが、本実験においても同様な方法で行うことにより、ろ材有の場合におけるSSの低減効果の対比は可能と判断した。

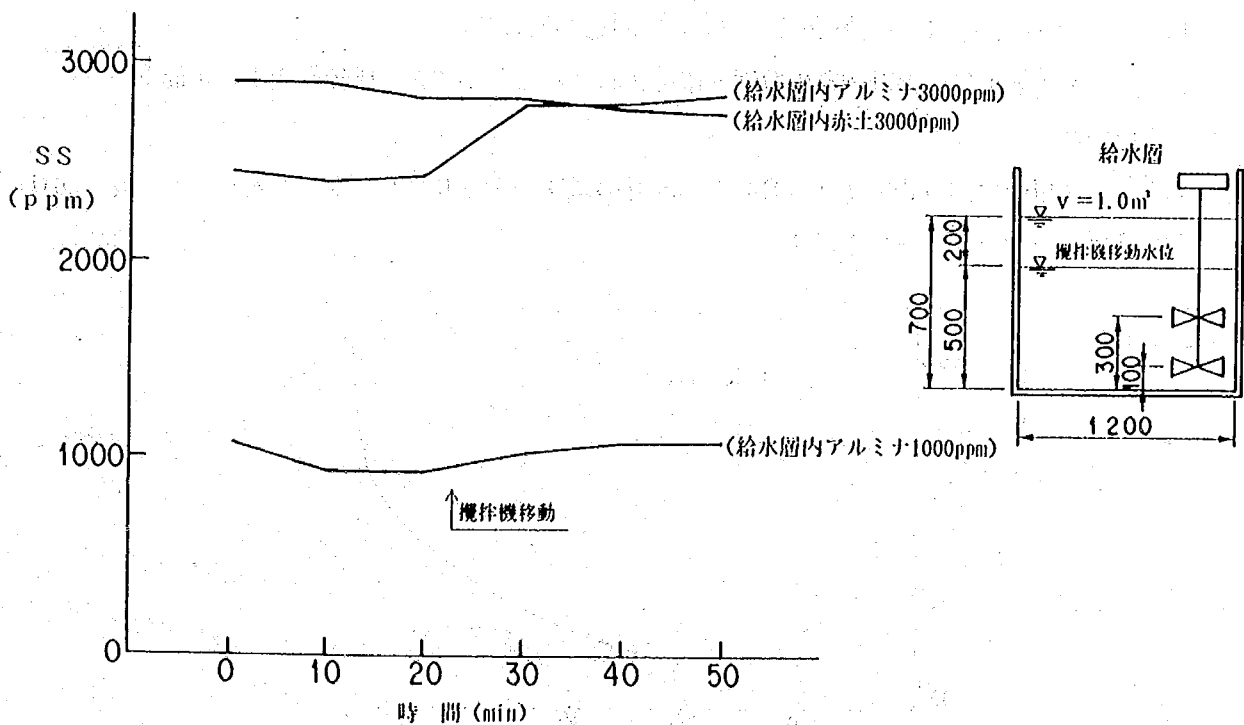


図-5 SS時間変化図(ろ材無し)

3.3 SS濃度と濁度の相関⁴⁾

SSは水中の $1\mu\text{m}$ 以上の大きさの粒子の水中に溶けている量を (mg/ℓ) の単位で示す指標であるのに対し、濁度はカオリン、ホルマジン基準とした標準液 $1\text{mg}/\ell$ を濁度1度として、光学的手法により測定する手法である。貯水池の濁水問題が濁度で検討されているのは、(i) 工水・上水等の濁りの基準はSSではなく濁度で設定されていること、(ii) 濁度の方が測定が簡単であること、(iii) 濁度は自記計測が可能である等の理由によるものである。一方、環境基準はSSで基準が設定されている。

ここで、濁度とSSの関係であるが、両者同時測定をして相関図(キャリブレーション)を作成することにより濁度とSSは明確な相関を示す。したがって、濁度からSSの換算が可能であるが、高濃度(濁度で $70\sim 150$ 度 (mg/ℓ) 以上)の場合は、濁度とSSの関係は $Y=aX+b$ (ただし $Y:SS(\text{mg}/\ell=\text{ppm})$, $X:濁度(\text{mg}/\ell=度)$, a, b :実数)の式での関係ではなく、 $Y=aX^b$ の関係になる点に注意が必要である。したがって、高濃度の対象水を含むSSへの換算なしの濁度レベルでの収支計算、モデル等は適用できない。また、濁度は使用する濁度計の方式によって値が異なる。(厳密には使用する標準物質によっても異なる。)したがって、同一の濁度計でのSS-濁度計でのSS-濁度キャリブレーションの作成が必要である。

ろ過後の浮遊物質量を算定するために濁度計を用いて「アルミナ」及び「赤土」に対する、SS濃度と濁度の相関を算定した。

(1) アルミナ

浮遊物質は基本的に実際の物質を用いるのが最良であるが、「赤土」を用いて、大量の浮遊物質(74μ 以下)を作成するには、時間的、経済的に問題が生じる。

よって、本実験では、浮遊物質の粒度分布を合わせることができ、比較的入手が可能な「アルミナ」を用いた。

アルミナを用いた浮遊物質量(SS)と濁度計の電圧のキャリブレーションを行った。図-6(1)にキャリブレーションカーブを示す。

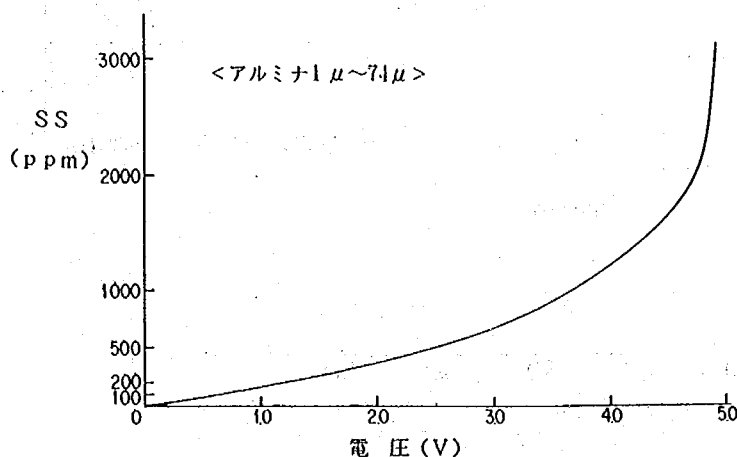


図-6(1) キャリブレーションカーブ(アルミナ)

SS材は、粒径 74μ 以下のアルミナ（比重3.85）を用いた。

(2) 赤 土

本実験のうち2ケースについて、「赤土」を浮遊物質として用いるため、赤土を用いた浮遊物質（SS）を濁度計の電圧のキャリブレーションを行った。図-6(2)にキャリブレーションカーブを示す。

SS材料は、粒径 74μ 以下の赤土（比重2.73）を用いた。

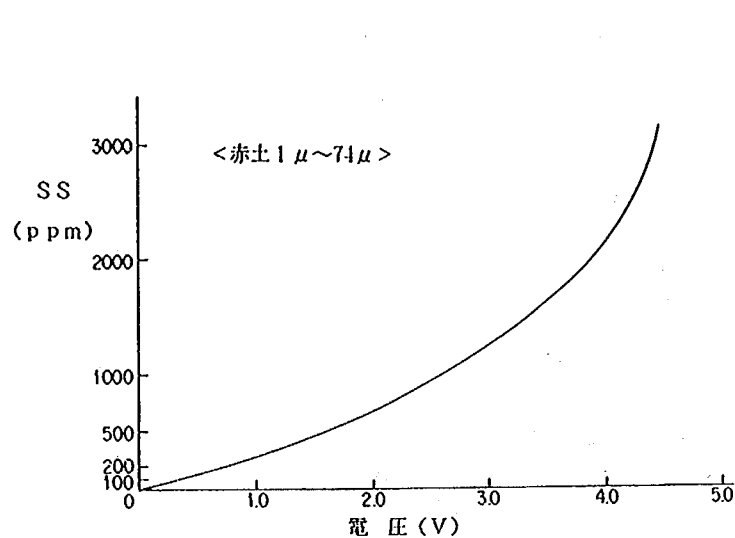


図-6(2) キャリブレーションカーブ（赤土）

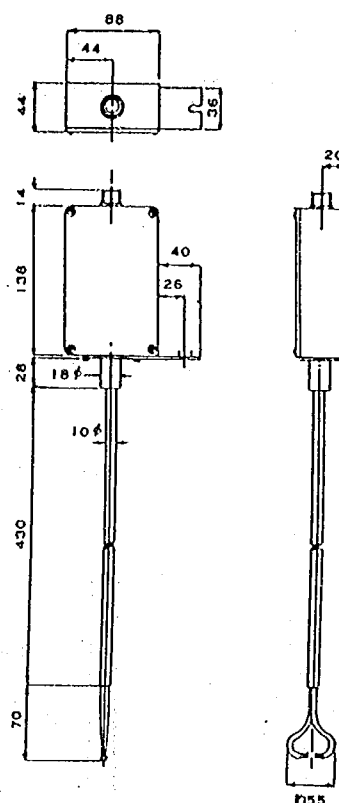


図-7 検出部の構造（単位 mm）

なお、本実験で使用した濁度計の性能仕様は次の通りである。本濁土計は光濁度計として透過光を使用しているものである。検出部の構造を図-7に示す。

本体部	PC-106
検出部	PCT-2503
測定範囲	0～3000ppm
測定誤差	±2%/FS（フルスケール）
製作所各	東京計測株式会社

4. 本 実 験

4.1 実験方法

実験装置は図-8に示すとおり、一定の濁度を持った濁水を給水槽で作り出し、ポンプによって吸い上げ、ろ過施設の亚克力管（内径19cm）へ圧送し、ろ過後の濁水は受水槽へ入る構造である。亚克力内に設置したろ過材は、2.に述べた人工ろ材、砂礫、軽石を使用し、厚さ及び粒径を変化させることとした。ただし、濁水のろ過施設通過量は、受水槽の波高計により水位を測定し、流量に変換した。使用した濁質の濃度はアルミナでは1,000ppmと3,000ppm、赤土では3,000ppmとした。給水槽に濁度計を入れ供給した濁水の濃度が一定かどうかチェックした。流量は20ℓ/分、通過時間は50分とした。写真-1に実験装置を、写真-2には計測機器の写真を示す。

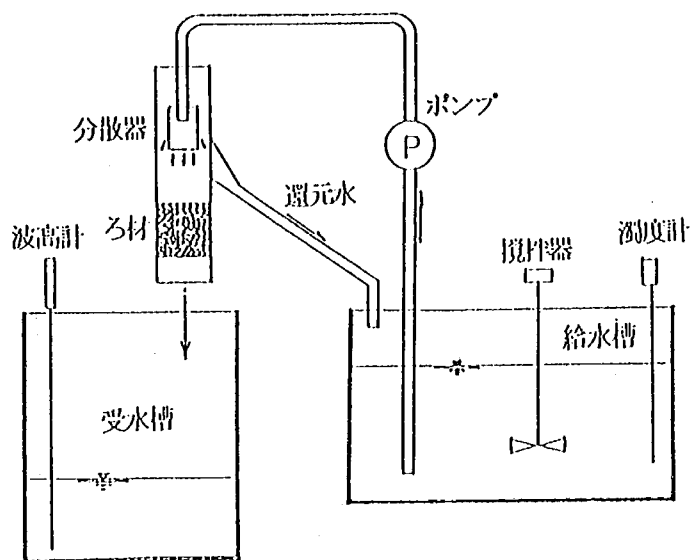


図-8 実験装置の概要図

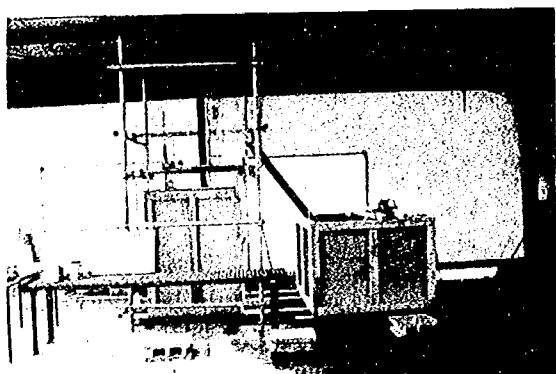


写真-1 実験装置

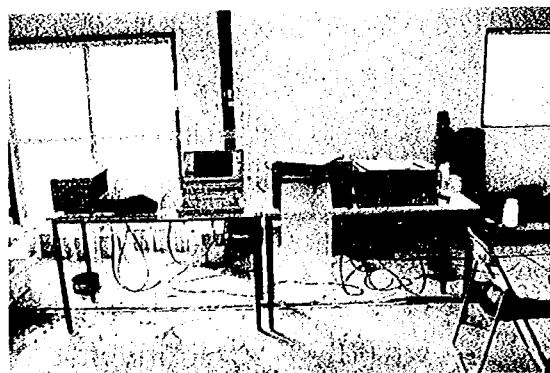


写真-2 計測機器

4.2 実験ケース

本実験における実験ケースは、表-1に示す通り、アルミナを用いた16ケース及び、赤土を用いた2ケースの合計18ケースについて行った。なお、ろ材条件でtは厚さ、dは粒径である。

表-1 実験ケース一覧表

CASE	ろ材条件	SS材料	SS濃度	摘要
CASE 1	人工ろ材 t = 0.5 cm	アルミナ	1000(ppm)	
CASE 2	軽石 t = 20cm	"	"	
CASE 3	軽石 t = 40cm	"	"	
CASE 4	砂礫 t = 20cm d = 10mm	"	"	
CASE 5	砂礫 t = 40cm d = 10mm	"	"	
CASE 6	砂礫 t = 20cm d = 5 mm	"	"	
CASE 7	砂礫 t = 40cm d = 5 mm	"	"	
CASE 8	人工ろ材 t = 0.5 cm	"	3000(ppm)	
CASE 9	軽石 t = 20cm	"	"	
CASE 10	軽石 t = 40cm	"	"	
CASE 11	砂礫 t = 20cm d = 10mm	"	"	
CASE 12	砂礫 t = 40cm d = 10mm	"	"	
CASE 13	砂礫 t = 20cm d = 5 mm	"	"	
CASE 14	砂礫 t = 40cm d = 5 mm	"	"	
CASE 15	CASE 10 の上下に人工ろ材	"	"	
CASE 16	CASE 11 の上下に人工ろ材	"	"	
CASE 17	CASE 15 と同一条件	赤土	"	
CASE 18	CASE 16 と同一条件	"	"	

なお、ケース15~18のろ材条件については、ケース1~14の実験結果を踏まえ選定した。

4.3 実験結果

図-9～12に示す通り全体としては濁水の低減効果において、ろ過材の種類による差異は見受けられない。図-9、10に示す通り、濃度が1,000ppmの方が濁水の低減効果は少ない。また図-9と図-10に示す通り軽石と砂礫の濁水の低減効果においては余り差がない。軽石と砂礫の平均粒径に違いがあるものの、軽石と砂礫の透水係数がほぼ同じで、濁水の低減効果に差異がないことから、ろ過材の吸着による効果は少ないと考えられる。ろ過材の厚さによる低減率はあまり変わらない。これはろ過材の表面付近のみが主に濁質の低減に寄与しているためと考えられる。図-10と図-11に示す通り、ろ過材の上下に人工ろ材を設けると、設けないときに比べて5%程度低減率が大きくなる。図-11に示す通りアルミナと赤土の低減率を比べると、実験時間の後半にかけて値が似通っている。このことよりアルミナによるろ過実験は赤土によるろ過実験を良く再現しているといえる。通過流量は、アルミナのときは流入流量と同じであるが、赤土のときは流入流量より小さくなる(0.8ℓ/min)傾向がみられた。なおろ過材の上下に人工ろ材を設けたとき、アルミナでは人工ろ材の表面にうっすらと白くなる程度だが、赤土では人工ろ材の表面に数mm程度の赤土の堆積が観察された。なお実験効果の一覧を表-2に示す。

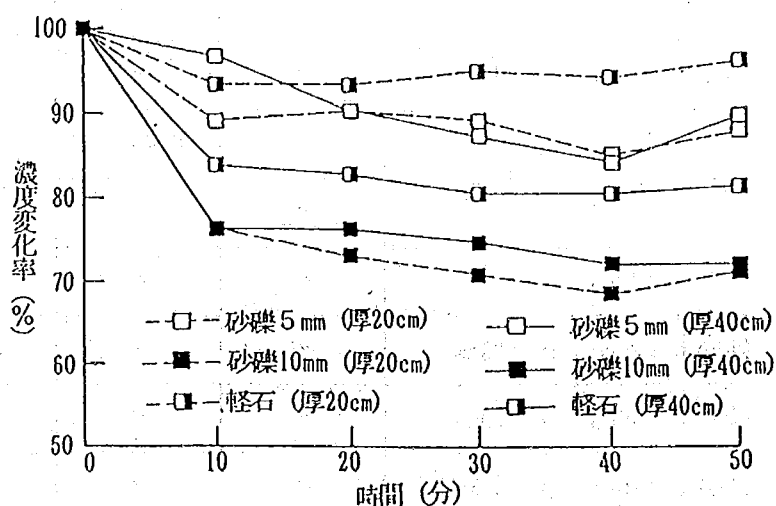


図-9 SS低減率の時間変化 (アルミナ1,000ppm)

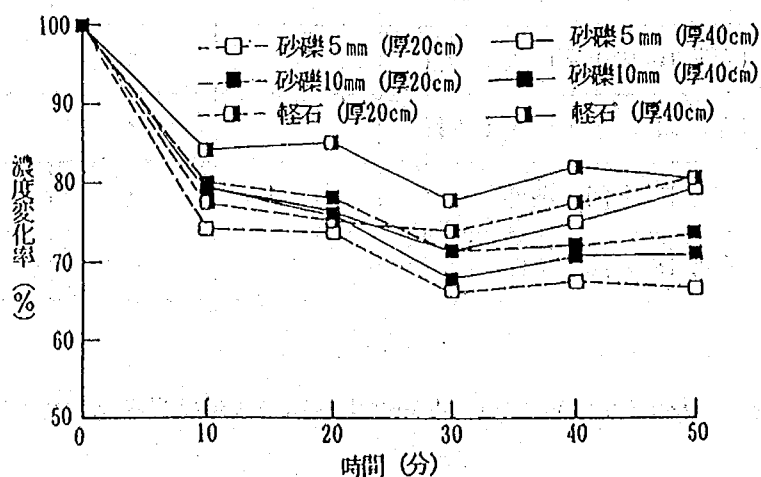


図-10 SS低減率の時間変化 (フアルミナ3,000ppm)

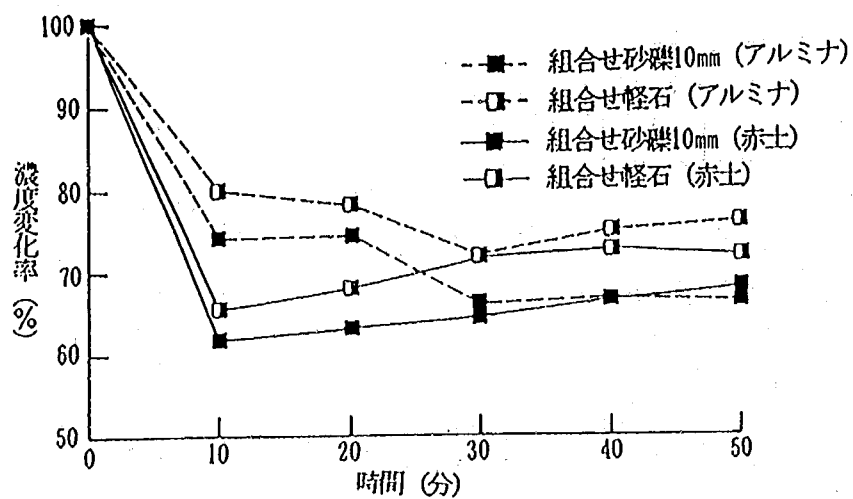


図-11 組合せろ材のSS低減率の時間変化
(アルミナ1,000ppm及び3,000ppm)

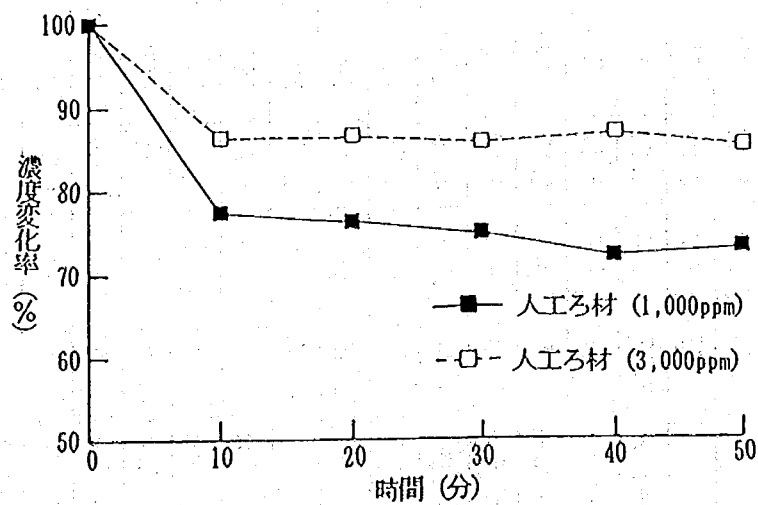


図-12 人工ろ材のSS低減率の時間変化
(赤土及びアルミナ3,000ppm)

表-2 CASE別(透水時間-SS)一覧表

		10(min)		20(min)		30(min)		40(min)		50(min)		給水槽		摘 要
		濁度	SS(ppm)	濁度	SS(ppm)	濁度	SS(ppm)	濁度	SS(ppm)	濁度	SS(ppm)	濁度	SS(ppm)	
基準条件	無し(アルミナ1000ppm)	3.55	930	3.55	930	3.72	1030	3.80	1080	3.80	1080	3.12	730	
CASE 1	人工ろ材 t=0.5cm	3.19	720	3.17	710	3.24	770	3.27	780	3.28	790	2.63	540	
CASE 2	軽石 t=20cm	3.43	870	3.42	870	3.65	980	3.69	1020	3.74	1040	3.04	690	
CASE 3	軽石 t=40cm	3.27	780	3.24	770	3.34	830	3.43	870	3.44	880	2.90	630	
CASE 4	砂礫 t=20cm d=10mm	3.17	710	3.01	680	3.12	730	3.17	740	3.24	770	2.78	600	
CASE 5	砂礫 t=40cm d=10mm	3.17	710	3.17	710	3.24	770	3.27	780	3.27	780	2.92	640	
CASE 6	砂礫 t=20cm d=5mm	3.35	830	3.37	840	3.54	920	3.55	920	3.58	950	3.12	730	
CASE 7	砂礫 t=40cm d=5mm	3.49	900	3.38	840	3.50	900	3.51	910	3.62	970	2.85	620	
基準条件	無し(アルミナ3000ppm)	4.84	2400	4.85	2430	4.89	2800	4.89	2800	4.90	2850	4.78	2100	
CASE 8	人工ろ材 t=0.5cm	4.77	2070	4.78	2100	4.84	2400	4.85	2430	4.85	2430	4.73	1950	
CASE 9	軽石 t=20cm	4.68	1860	4.66	1830	4.77	2070	4.79	2170	4.83	2300	4.52	1670	
CASE 10	軽石 t=40cm	4.76	2020	4.77	2070	4.81	2180	4.83	2300	4.83	2300	4.70	1900	
CASE 11	砂礫 t=20cm d=10mm	4.71	1920	4.70	1900	4.75	2000	4.76	2020	4.78	2100	4.69	1880	
CASE 12	砂礫 t=40cm d=10mm	4.70	1900	4.67	1850	4.70	1900	4.74	1980	4.76	2020	4.61	1760	
CASE 13	砂礫 t=20cm d=5mm	4.62	1780	4.63	1790	4.67	1850	4.69	1890	4.70	1900	4.56	1700	
CASE 14	砂礫 t=40cm d=5mm	4.70	1900	4.68	1860	4.75	2000	4.78	2100	4.82	2260	4.57	1720	
CASE 15	CASE10の上下に人工ろ材	4.71	1920	4.70	1900	4.76	2020	4.78	2100	4.80	2170	4.63	1790	
CASE 16	CASE12の上下に人工ろ材	4.62	1780	4.64	1810	4.67	1850	4.68	1870	4.69	1890	4.34	1500	
基準条件	無し(赤土3000ppm)	4.38	2900	4.36	2820	4.36	2820	4.34	2780	4.33	2750	4.33	2750	
CASE 17	CASE15と同一条件	3.78	1900	3.80	1920	3.88	2020	3.88	2020	3.85	1980	4.09	2280	
CASE 18	CASE16と同一条件	3.67	1790	3.66	1780	3.70	1820	3.73	1850	3.75	1870	4.04	2190	

5. まとめと今後の課題

濁水対策を考えるにあたっては濁水の原因となる土砂を直接生産源でおさえる手法（図-13）及び濁水が生産され河川に流入してから対策する方法がある。後者については今回実験を行ったろ過材により濁度を減少させる手法（図-14）と濁水を貯留し濁質を沈降させ除去する手法（図-15）が考えられる。このうち直接生産源で抑止する手法は恒久的に濁水生産を抑制することができるが、広い面積に対して数多くの施設が必要となる。また、流下中の濁水を低減する手法のうち沈降による手法は、実際に洪水時の多量の濁水を貯留するために大きな容量を持つ施設が必要となる。

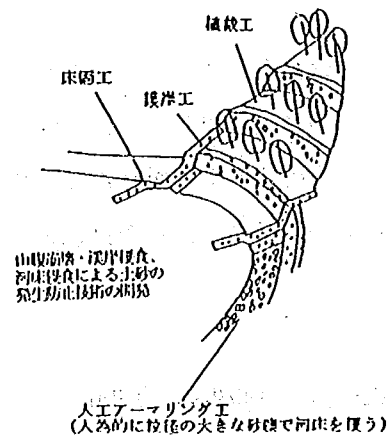


図-13 土砂の発生防止対策工の例

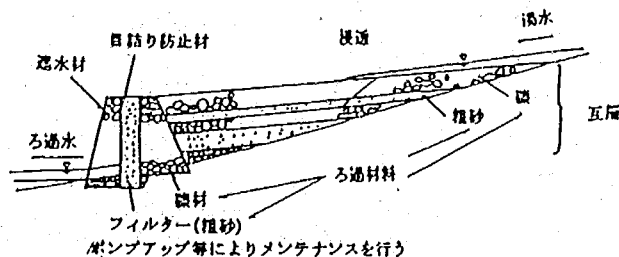


図-14 ろ過による濁質捕捉施設の例

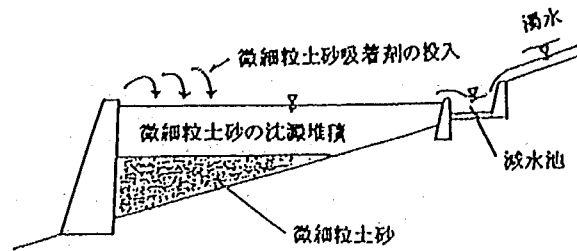


図-15 沈澱による濁水捕捉施設の例

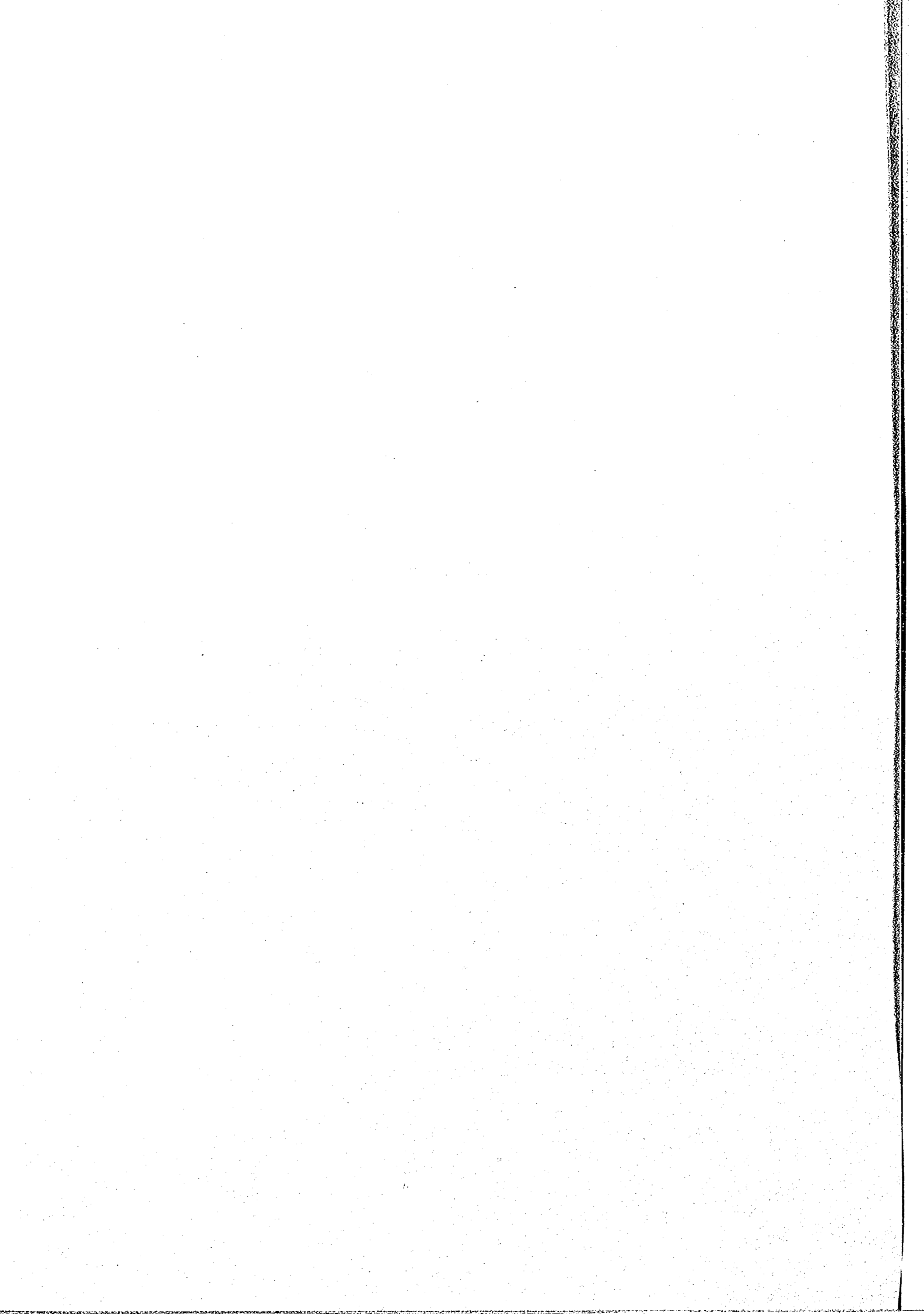
今回はろ過による濁質捕捉効果だけに着目して実験を行ったが、最も効果のあるろ材の組合せのケースで約30%の効果が認められた。しかし、これだけの軽減では濁水の色がろ過前と後ではほとんど変わらないために一般的には軽減したようには見えない。濁水の色が変わったと判断されるまでの軽減を行うためには、更に大幅な濁質の軽減が必要である。またろ材への目づまりやメンテナンスについては考慮していないので、実際に現地に摘要する際にはこれらについても検討する必要がある。

今後、赤土砂の流出実態を把握し、赤土の沈降を考慮した実験や平面2次元模型を使用した実験、赤土の発生源対策の検討やさらにより低減効果の高いろ過材の開発の検討等を行う予定である。

参考文献

- 1) 沖縄総合事務局：赤土砂流出対策検討業務報告書，1990.
- 2) 日本建設機械化協会：建設工事に伴う濁水対策ハンドブック，技報堂，1985.
- 3) 井出哲夫：水処理工学 ― 理論と応用 ―，1977.
- 4) 四国技術事務所：ダム貯水池濁水対策調査・計画マニュアル(案)，1988.

参 考 資 料



参 考 資 料

1. 濁水についての概要	19
1.1 濁水とは	19
1.2 浮遊物質の発生源からの分類	21
2. 濁水対策試験施工の例	23
3. 濁水対策に関連する法令	26
3.1 水質環境基準	26
3.2 排水規制	26
3.3 利水上の基準	27
3.4 その他の法規制	28
4. 濁水による影響	29
4.1 濁水の影響	29
4.2 水質・濁りと魚類	29
4.3 景観からみた水質	30
4.4 親水活動からみた水質	30
5. 既往の水質浄化技術のとりまとめ	32
5.1 水質浄化の原理	32
5.2 浄化方法の特性一覧	33
6. 砂防における濁水対策工法のアイデア	43

1. 濁水についての概要¹⁾

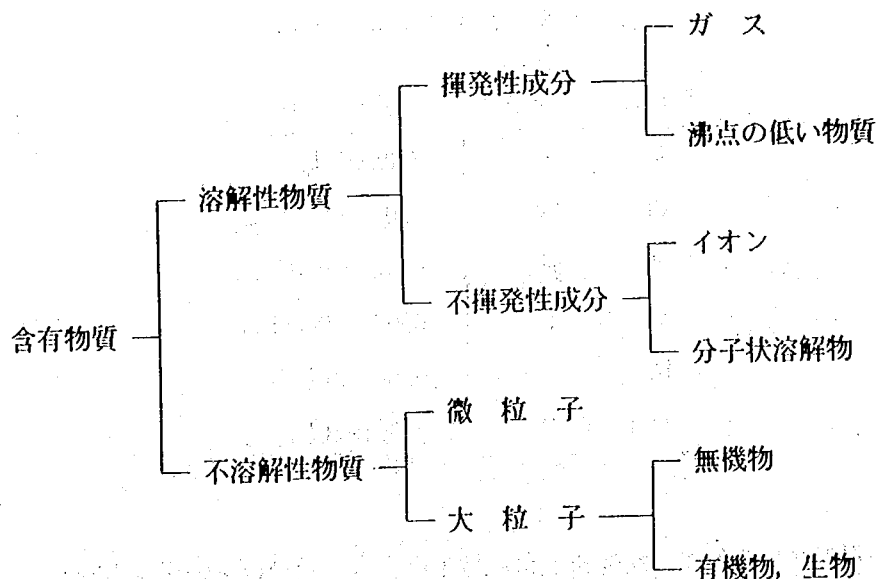
1.1 濁水とは

濁水とは水中に不均一に分散している不溶性の物質すなわち懸濁物質（浮遊物質）を含むものをいう。浮遊物質は河床汚泥、溪岸欠壊、山地崩壊等の自然現象に起因して発生することが多いが、工事に伴う排水、鉱山廃水など人間の生活活動によるもの、微生物の生産活動（植物プランクトンの光合成や呼吸、分解などによるSS成分の質的変化など）に起因するものもある。

さらに懸濁物質は水の流れにより移流、拡散、沈降、巻き上げなどの物質移動を起こし、質的、量的に変化していく。これら浮遊物質の一部は水域に堆積して底泥となり、栄養塩の溶出、巻き上げなどにより直接、間接的に水質に影響を与えることになる。

水中に含まれている物質を分類すると表-1.1のようになる。

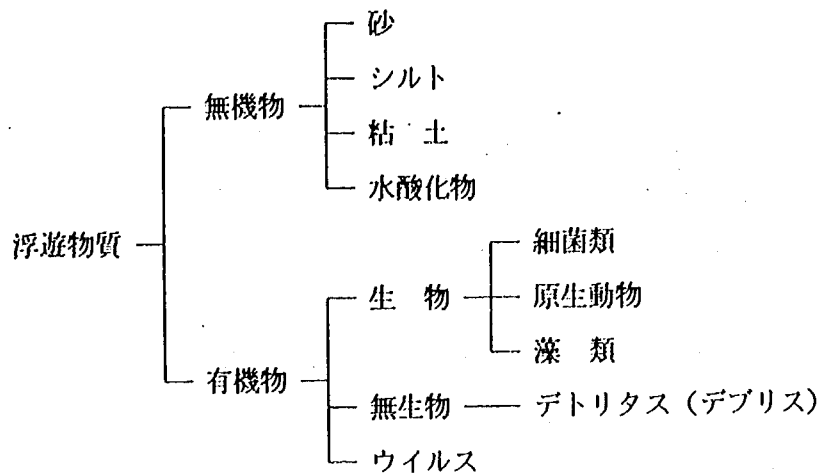
表-1.1 水の含有物質の分類



浮遊物質は、一般には、浮遊する物質すべてを含み、懸濁物質 (suspended solid)、浮遊粒状物質 (particulate matter)、セストン (seston) などともよばれている。それを大きく無機物と有機物に分けて具体的な物質名を上げると、表-1.2のようになる。

物質名からわかるように、サイズでは $10^{-4} \sim 10^0$ mmの範囲に分布し、しかも物質が、物理、化学、生物的に多岐にわたっていることがわかる。

表-1.2 浮遊物質となる物質名



また浮遊物質や堆積物質中の無機成分の大部分は、砂や粘土のような鉱物から成る。粒径によって土を分類すると表-1.3のようになる。

表-1.3 粒径による土の分類

粒径による分類		粒径の直径
レ	キ	2.0mm以上
粗	砂	2.0 ~ 0.42 mm
細	砂	0.42 ~ 0.074mm
シ	ルト	0.074 ~ 0.005mm
粘	土	0.005mm以下
コ	ロイド	0.001mm以下

濁水中に分散浮遊している粒子の沈降速度は、粒子の大きさ及び粒子の濁水の密度差などの因子によって影響を受ける。

粒子が沈降する場合、初めは重力により加速されるが、速度の2乗に比例する抵抗力が生じ、この抵抗力と粒子に働く重力とが等しくなると、粒子は等速で沈降してゆくようになる。この速度を粒子の始末沈降速度または単に沈降速度という。

水中に浮遊している微細な粒子は、自然沈降のままでは浮遊状態のままか、沈降するのに長時間が必要となり、土粒子の直径が $10\mu\text{m}$ 以下になると、表-1.4に示すように1m沈降するのに数時間から数日を要するようになる。

表-1.4 土粒子の直径と沈降速度

土粒子の真比重 $G_s = 2.65$		
水 温 10°C		
土粒子の直径 (μm)	沈降速度 (cm/min)	1 m沈降する に要する時間
1	0.0041	約 17 日
5	0.10	約 17 時間
10	0.41	約 4 時間
74	22.6	約 4.4 分

1.2 浮遊物質の発生源からの分類

(1) 浮遊物質に着目した分類

浮遊物質に着目し、水域の水質汚濁に影響を及ぼすことをテーマにして水環境すべてにわたる広範な発生源を考えてみることにする。図-1.1は、われわれを取り巻く環境をスケッチとして表したものである。大気に存在するものから地表にあるすべて、そして河川、貯水池、海の中に浮遊物質の源がある。それらをまとめたのが表-1.5である。

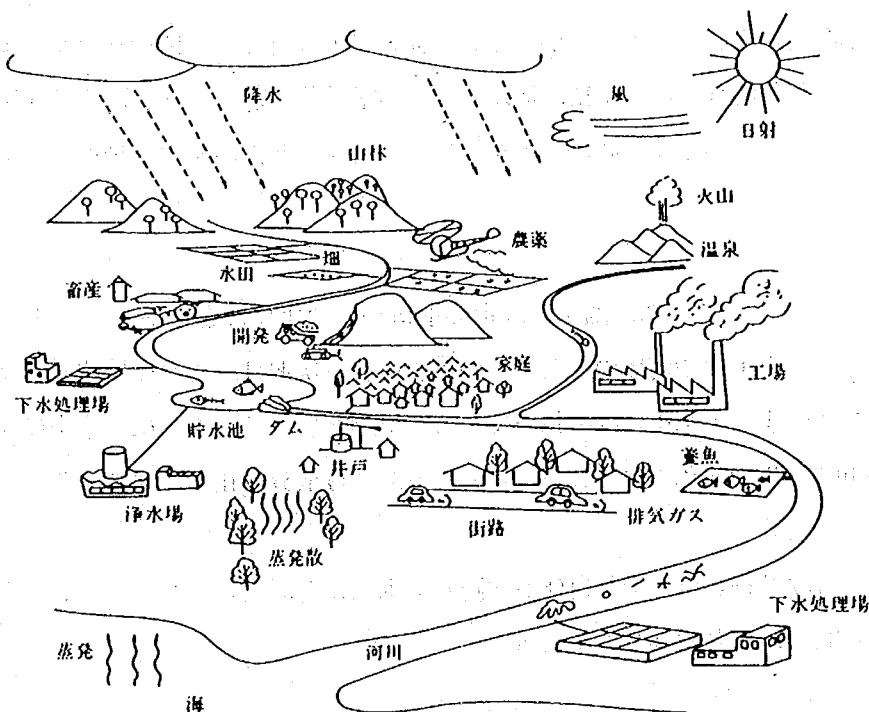
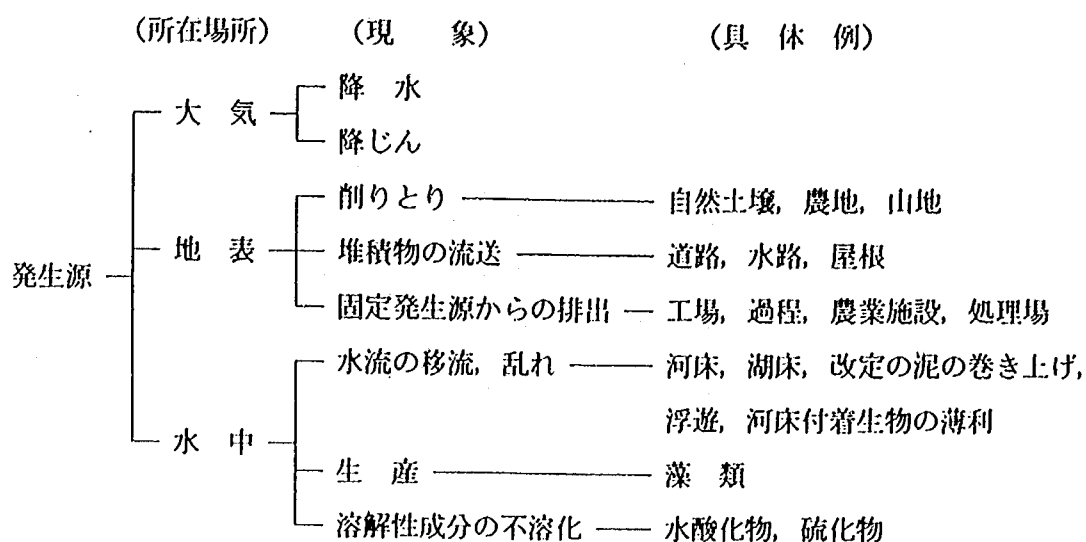


図-1.1 水の循環とそれを取り巻く環境

表-1.5 浮遊物質の発生源



(2) 地 表

発生源としては、供給量のもっとも多い場所である。現象的には、自然の土壌や農地などに利用されている土壌が多くは流水による浸食によってけずり取られたり、地表面への各堆積物がやはり流水によって流送されたり、そして工場や家庭その他人工施設から排出されることによって、水系に浮遊物質を供給することになる。この存在場所からの発生状態は、水質汚濁防止の観点からみると重要視されてはきているものの、発生量の把握については多くの困難な点が存在する。その一つは、浮遊物質は降雨によって発生するが、降雨と地表の削りとり、堆積状況を的確に把握できていないことと、間欠的な降雨と堆積、加えて地表面構造物の変化の速さ、土地利用の変化など解決を困難にしている。地道な雨天時の調査を続けることが、非点源発生量把握には不可欠と思われる。

(3) 水 中

水流の移流や乱れが原因で河床、湖床、改定の堆積物が水中に浮遊することによって供給される。いわゆる底泥の巻き上げや河床の付着生物の水流による洗堀は、これに属する。また、光エネルギーと光合成生産によって水中には生物が発生し、生存している。さらに、水中に存在している溶解性成分が、pHの変化や酸化されることによって不溶解性成分と化し、浮遊することもある。

(4) 大 気

大気中に存在する浮遊物質は、それ自体が沈降して水系に懸濁物質としてカウントされるものや、雨滴の核になって地表に降りる部分とがある。

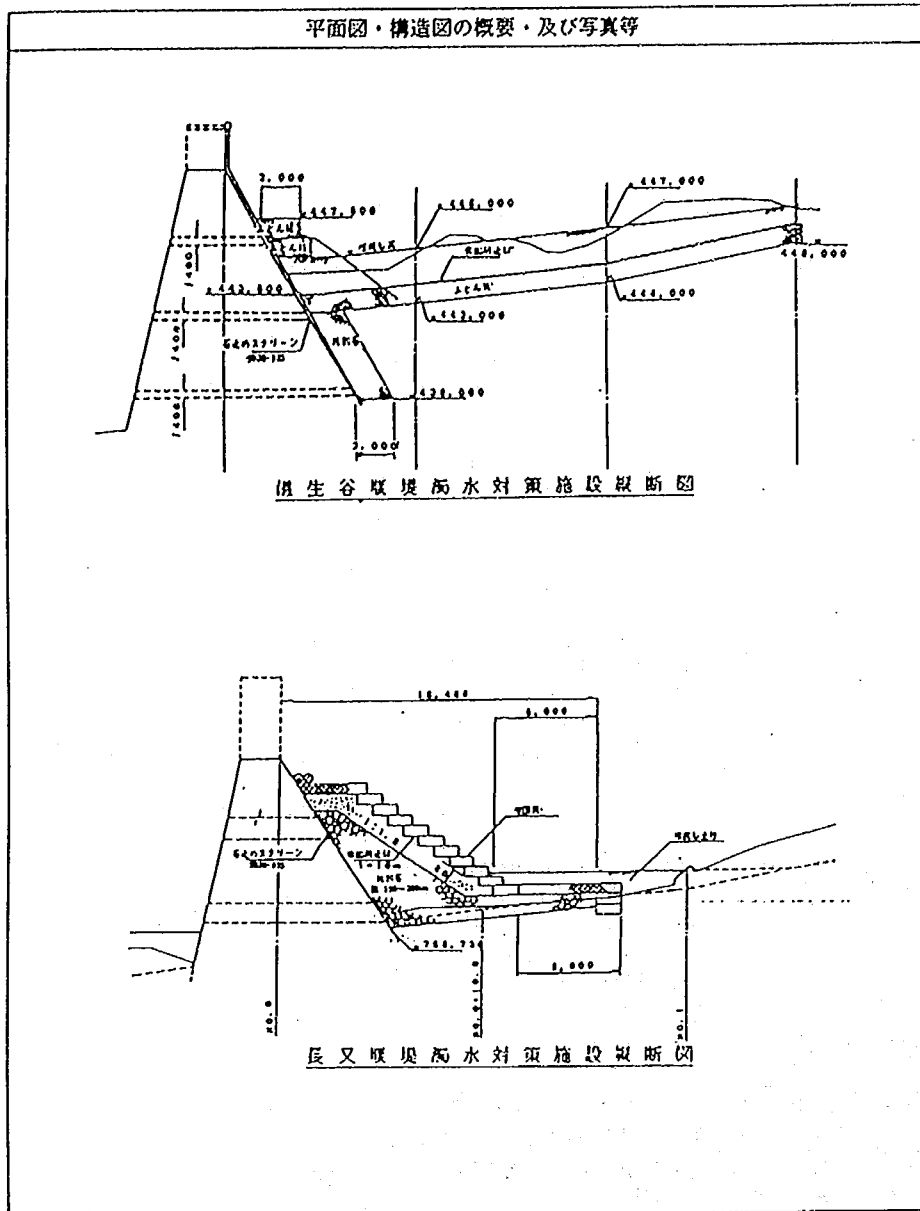
2. 濁水対策試験施工の例²⁾

砂防施設で、濁水対策を行っている事例をあげる。本事例は四国地方建設局吉野川砂防工事事務所管内の砂防施設である。

表－2.1 濁水対策 実施事例

技術・工法名		濁水対策試験施工	箇所名	儀生谷堰堤、長又堰堤
			水系名	吉野川水系左支川儀生谷、基瀬川
			所在地	高知県土佐郡土佐町儀生谷地先
実 施 年 度	昭和63年度 平成2年度	実 施 機 関	四国地方建設局吉野川砂防工事事務所	
		連絡先 (TEL)	徳島県三好郡井川町西井川 68 の 1 (0883-72-5400)	
概 要		早明浦ダムでは、昭和51年9月の台風17号により、もたらされた豪雨のため流域が著しく荒廃し、洪水後高濃度の濁水が長期間継続し、大きな社会問題となった。 このような濁水現象に鑑み、その発生機構の解明と濁水軽減策の検討のため試験的に実施したものである。		
新技術・新工法を採用した背景・経緯		砂防直轄区域である早明浦ダム上流域において、砂防施設による濁水の軽減効果を定量的に把握するため、試験施工と濁水観測を行うものである。今回の試験施工における濁水軽減施設は、既設堰堤を利用できる施設構造形式によるものを計画、立案した。施設計画地点の選定箇所は、試験施工としての施工性、観測の容易性、渓流の特異性、既砂防ダムの堆砂状況等より、早明浦ダム湖に直接流入する儀生谷堰堤と、基瀬川上流に位置する長又堰堤の2ヶ所を選定した。		
新技術・新工法の概要		○試験施工地点上流域より流出する微細土砂を試験施設により軽減させるものとする。 ○濁水の長期化の原因となっている10μ以下の微細粒子の濁度物質を処理の対象とする。 ○対象とする微細土砂の沈降速度は10⁻³cm/s程度であり、砂防ダム貯水池内での沈降による処理は困難である。よって、ろ過による微細土砂の軽減を図る。 ○儀生谷堰堤は50%程度堆積しており、この堆砂土砂と今後の堆砂土砂による3過効果を期待した施設とした。 ○長又堰堤は、未満砂ダムであるため、施設施工初期の濁水軽減効果を期待して新設の細砂によるろ過効果を考えた。		
従来のものに対してのメリット				
今後の検討課題及び取り組み方針		濁水軽減効果については、今後の濁水観測により、軽減機構を詳細に解明し、再検討を行い、今後の濁水対策施設の基礎資料とする。		
備考 (問題点)		設置位置の状況は、苛酷な条件であり、各観測施設の維持管理については十分注意する必要がある。		

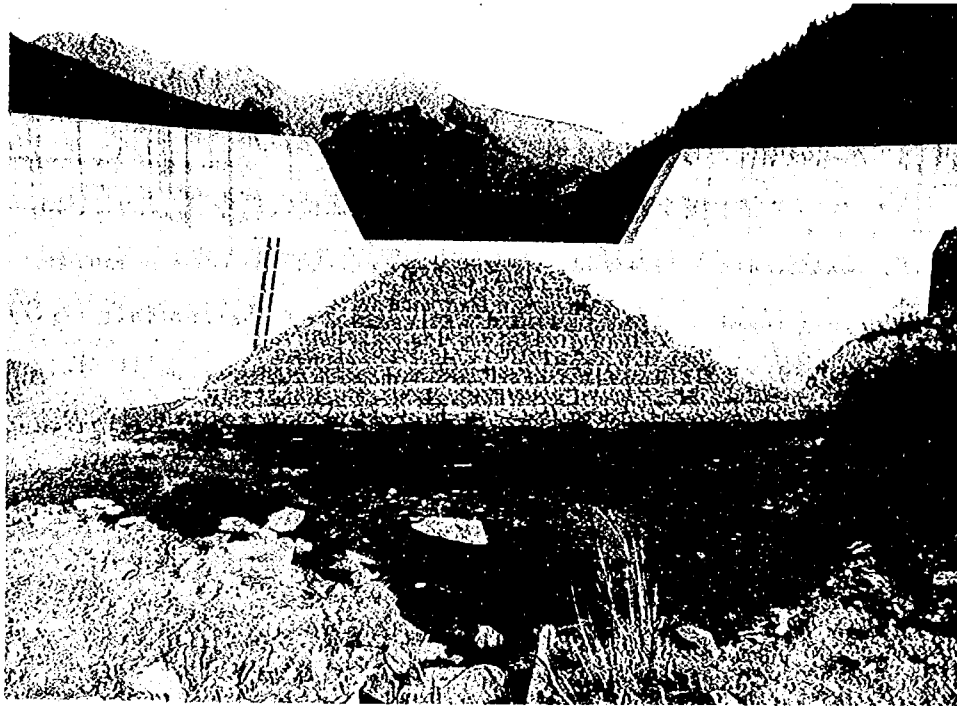
表-2.2 濁水対策 実施事例



これらの濁水対策における問題点として提出された内容を整理すると以下のようになる。

- ① いずれの工法を採用するにしてもメンテナンスが必要である
- ② 砂防ダムにより濁水のろ過を行う場合連続的に設置する必要がある
- ③ フィルター材の材質の研究が必要

砂防事業で濁水対策を実施する場合、施設そのものの構造検討の必要性がある他、フィルター材等の材質の検討、メンテナンス方法の検討、効果の検証手法等についても、今後の検討を待つ所が多いと言える。



写真－2.1 濁水対策砂防ダム・長又砂防ダム（吉野川砂防工事事務所）



写真－2.2 濁水対策砂防ダム・儀生谷砂防ダム（吉野川砂防工事事務所）

3. 濁水に関連する法令

現在我が国における濁水に関連する法令をあげる。

3.1 水質環境基準

水質環境基準は、水域の環境として期待されることが望ましい基準を示すもので、わが国でその根幹をなすのが「公害対策基本法」であり、人の健康と生活環境保持のための行政的目標になっている。

「公害対策基本法」に規定される環境基準は、人の健康の保護に関する基準と、生活環境に基準と、生活環境にかかわる基準とに分れ、それぞれに基準値が定められている。浮遊物質（SS）に関する環境基準は、生活環境にかかわる基準の中に属し、水域として河川、湖沼、海域に分れるが、水素イオン濃度（pH）、生物化学的酸素要求量（BOD）、化学的酸素要求量（COD）、溶存酸素（DO）、大腸菌群数とともに測定されることになっている。ただし、海域では、測定する義務から省かれている^{3)・4)}。表-3.1に「公害対策基本法」に規定される水質環境基準を示す。

表3.1 「公害対策基本法」による浮遊物質（SS）の水質環境基準^{3)・4)}

利用目的	河 川	湖 沼
自然探勝	25mg/ℓ以下	1mg/ℓ以下
水道用水	25mg/ℓ以下	1mg/ℓ以下
水産用水	25mg/ℓ～50mg/ℓ以下	5mg/ℓ～15mg/ℓ以下
農業用水	100mg/ℓ以下	15mg/ℓ以下
工業用水	50mg/ℓ以下	15mg/ℓ以下
環境保全	ごみなどの浮遊が認められないこと ごみなどの浮遊が認められないこと	ごみなどの浮遊が認められないこと ごみなどの浮遊が認められないこと

（注）基準値は、日間平均値をとる。

水道、工業、水産の各用水は処理方法のいかん、および水質の汚濁階級別に生息する魚の種類によって1～3級に別れ、それぞれに基準値が異なる。また、水産用水については、当分の間、浮遊物質量の基準値は適用しない。

3.2 排水規制

工場・事業場に対する排水規則は、公共用水域の水質保全のための重要な施策の一つとして、水質汚濁防止法に基づき行われている。同法における排水規制の制度は、公共用水域へ汚水を排出する特定施設を配置する工場及び事業場に、特定施設の設置等を届出させ、必要に応じ計画変更命令を出し排水処理体制を整備させるとともに、排水基準を設けこれを遵守すべき義務を課し、排水基準に違反するおそれのある場合には改善命令等を行うほか、排水基準に違反した場合には罰則を適用することにより、公共用水域の水質保全を守るものである。

表－3.2 建設工事に関連する特定施設の条例の例（昭和58年10月現在）

県	特 定 施 設 (特定事業場)	新設 既設 の別	規制項目及び規制値 (mg/ℓ)					備 考
			BOD	COD	SS	pH	その他	
青 森	トンネル掘削に伴って生ずる坑内水の排水施設	—	一律基準と同じ					
宮 城	アスファルト又は油脂類容器の洗浄施設（灯油その他の油類を使用するものに限る）	—	一律基準と同じ					10m³/日以上
栃 木	石材加工業	既	30(20)	30(20)	60(40)	5.8～8.6		30m³/日以上 pHは排水量を問わない
		新	25(20)	25(20)	50(40)	5.8～8.6		

3.3 利水上の基準

環境基準のほかに、利水目的上の望ましい基準として、水産環境水質基準、農業用水基準等があり、これらの利用が行われている水域においては、これらへの配慮が必要となる。

水産環境水質基準は、魚及びその他の水棲の生物の正常な棲息及び繁殖が維持され、その水域における漁業操業が支障なく行うことができ、かつ、その漁獲物の経済的な価値が損なわれることがない基準として、(社)日本水産資源保護協会によって定められている。

表－3.3 水産用水基準による懸濁物質（SS）基準⁵⁾

河 川	湖 沼	海 域
25mg/ℓ 以下 (人為的SSは5mg/ℓ 以下)	自然繁殖および成育に支障のない条件 貧栄養湖でサケ・マス・アユの生産に適する	透明度は年平均5m以上 (最低値2.5m)
嫌忌行動等の異常の原因のないこと	1.4mg/ℓ (水色7以下, 透明度4.5m以上)	人為的懸濁物質は2mg/ℓ 以下
日光の透過を妨げ、植物の同化作用に影響しないこと	温水性魚と類の生産に適する 3.0mg/ℓ 以下 (水色12以下, 透明度1.0m以上)	藻類の繁殖適水位での繁殖に必要な光度の保持

(注) 農業用水基準では無機質微粒子の流入堆積に伴う土壌の透水性の悪化による育成阻害などの理由で100mg/ℓ 以下

3.4 その他の法規制

濁水、汚濁に関するその他の法規制には、河川法、下水道法、港湾法、港則法、自然公園法等があり、規制内容は濁水関係については表-3.4に示す。

汚濁関係は表-3.5に示すように、河川法、道路法等それぞれの法の目的に支障を及ぼすおそれのあることから、汚濁等の投棄の行為の禁止を設けているものである。

表-3.4 濁水関係の規制

法律名	規制内容
河川法	河川に1日につき50m ³ 異常の汚水を排出しようとする者は、排出しようとする汚水の量、排出しようとする汚水の水質、排出しようとする汚水の処理方法等の事項を河川管理者に届け出なければならない(同施行令第16条の5)。
下水道法	特定事業場から下水を排除して公共下水道を使用する者は、一定の基準に適合しない下水を排除してはならない(同法第12条の2第1項及び第5項)。 それ以外の項目についても政令で定める基準に従い条例で定めることができる(同法第12条の2第2項及び第3項)。 下水道の施設等に損傷を与えるおそれのあるもの、並びに下水道からの放流水の水質を法第8条の基準に適合させることを著しく困難にするおそれのあるものについては、公共下水道管理者が条例で除害施設の設置等を義務づけることができる(同法第12条、同法第12条の10)。

表-3.5 汚濁関係の規制

法律名	規制内容
河川法	河川区域内の土地に土石又はごみ、ふん尿等廃物を捨てる行為の禁止(同施行令第16条の4第2号)。
道路法	道路に土石、竹木等の物件をたい積し、交通に支障を及ぼすおそれのある行為の禁止(同法第43条)。
都市公園法	都市公園を汚損したり、土石、竹木等の物件をたい積する等の行為の禁止(同法第10条の2)。
海岸法	海岸保全区域内において、木材その他物件を投棄する場合は海岸管理者の許可を受けなければならない(同法第8条)。
港則法	港内又は港の境界外1万m以内の水面にごみ、その他の廃物を捨ててはならない(同法第24条第1項)。
港湾法	港湾区域内又は開発保全航路内に土石等の廃物を捨てる行為の禁止(同法第37条第1項第4号、同法第43条の8第1項)。
自然公園法	当該国立公園又は国定公園の特別地域、海中公園又は集団施設区域においてごみ、その他の汚物又は廃物を捨てる行為をしてはならない(同法第24条第1項第1号)。

4. 濁水による影響

4.1 濁水の影響⁶⁾

SSが生活環境に及ぼす影響として大きいのは、水産物への影響であり、水中懸濁物が多くなると魚のえらを傷つけたり、えらに付着して窒息死させたりする原因となる。また、水のにごりによる遮光や河床への沈積による藻場の成育障害、底棲生物（水ゴケ、水生昆虫）の減少により、魚の繁殖不良や成育不良など生物活動の低下をおこすこととなる。農作物への影響は、水田、水路に濁水を引水利用することによってSSが堆積し、稲の成育不良による収量減や取水が困難になることなどである。さらに、親水面では、最近では地域の快適性（アメニティ）が要求されるようになり、水辺での水泳や船遊び、景観に親しむなど生活上の潤いを求める傾向も強くなってきた。こうした人間生活に恩恵を与える水も、他方では水中生物を育むなど、自然の中では複雑な水環境を形成している。しかも、水中には種々の浮遊物質が存在し、多くの生活上の諸問題や生態系に影響をおよぼしているのである。

4.2 水質・濁水と魚類

水産環境基準による水質

水産資源保護法による水質環境基準は表-4.1のようになっている。

魚類の生息条件としての水質の適応範囲は、魚種によって異なるほか、調査者（調査地点）によっても若干の違いがあるようである。一例を表-4.1に示す。砂防河川では、主として流水性の魚種（アマゴ、アユ、ウグイ、オイカワなど）が対象となるので、有機汚濁はBODで3～5 ppm以下が必要であり、アマゴなどでは2 ppm 以下が条件となる。河川の濁り（SS）による魚類への影響は表-4.1に示すように20～30 ppm を超えると急激に現れるとの報告がある。

表-4.1 濁り（SS）と魚類の捕獲率の関係⁷⁾

SS	捕 獲 率	捕獲率 (%)
10 ppm	100 %	0
50 ppm	17 %	83
70～100 ppm	1 %	99

注) 遠賀川水系での調査（富山ほか、1960による）平水時流量のSS 10ppmの水での捕獲される魚数を100%として計算

選炭排水での濁りのため、フェノール及びD.Oの減少も含むため、すべてがSSの増加結果ではない

4.3 景観からみた水質^{*)}

ここでは、河川を実際に利用している人を対象に、水質と河川景観との関係を明らかにし、景観からみた目標水質について検討を行った結果について紹介する。

アンケートにより、水質分析結果と不満度との関連が比較的明確に表われている項目に対して、50%の人が不満と感じない水質を仮の目標値とすると表-4.2のとおりになる。これを環境基準と照らし合わせると、概ねB類型程度の水質の確保が必要と考えられる。SSでみると20~25mg/ℓ (=ppm) 以下が好ましいと考えられる。

表-4.2 50%の人が不満と感じない水質

	SS	透視度	BOD	蒸発残留物	色 度	濁 度
水質の評価	25mg/ℓ 以下	20cm以上	5mg/ℓ 以下	200mg/ℓ 以下		
水 の 色	20mg/ℓ 以下	20cm以上	5mg/ℓ 以下		25度以下	10度以下
水 の 臭 い	25mg/ℓ 以下		6mg/ℓ 以下			

4.4 親水活動から見た水質^{*)}

親水活動は河川ならではの特徴的な河川利用であり、河川の水環境管理においても重要なテーマになっている。ここでは親水活動からみた適切な水質について検討するものとする。親水活動の動機形成が理化学的水質項目によって表される水質ではなく、河川利用者の現地での体感水質で左右されることに着目すれば、親水活動からみた水質管理ではこの点を踏まえた目標設定が必要である。このため全国的な河川利用者へのアンケート調査から親水活動からみた水質について検討した。アンケートについては人が水辺にふれる場合、人が川に入る場合、船で川に入る場合の3形態について分析した。

アンケートより水質分析結果と不満度との関連が比較的強く現れている項目に対して50%の人が不満と感じない水質を仮の目標値とすると表-4.3~4.5の通りとなる。砂防事業の実施する河川、浮流においても1つの目安となると考えられる。SSでみると10~25mg/ℓ (=ppm) 以下が好ましいことがわかる。

表-4.3 50%の人が不満と感じない水質「ふれる」活動

ふれる活動	SS	BOD
水質の評価	25mg/ℓ 以下	
水 の 色		
水 の 臭 い	20mg/ℓ 以下	7mg/ℓ 以下

表－4.4 50%の人が不満と感じない水質「人が入る」活動

人が入る活動	T-N	色 度	BOD
水 質 の 評 価		5 度以下	
水 の 色	1mg/ℓ 以下		5 度以下
水 の 臭 い			

表－4.5 50%の人が不満と感じない水質「船で入る」活動

船で入る活動	SS	蒸発残留物	T-N	色 度	濁 度
水 質 の 評 価		150mg/ℓ 以下	2mg/ℓ 以下		
水 の 色		100mg/ℓ 以下	1mg/ℓ 以下	5 度以下	3 度以下
水 の 臭 い	10mg/ℓ 以下	100mg/ℓ 以下			10度以下

5. 既往の水質浄化技術のとりまとめ

5.1 水質浄化の原理

汚れた水、汚い水は、きれいな水に浮遊物質が漂っているか、有害な物質が溶解しているかである。特殊な場合をのぞき、浮遊物質が漂っている事による水質汚濁が河川の場合には大半である。この浮遊物質を水中より除去すること、すなわち固液分離が浄化である。この固液分離には沈澱か、ろ過の原理を用いている。

沈澱やろ過で除去できない小さな浮遊物質は微生物等を活用して、大きな浮遊物質に変えて、分離しやすくして除去することとなる。

又、溶解している物質は微生物等を用いて、浮遊物質にとり込ませたり、吸着させるか、微生物等により有害の物質に分解させたり、ガス化して空中に飛散させたりすることもある。

これらの浄化の基本原則を図示すると図-5.1となる。

図に示したように、沈澱やろ過により泥が発生するので、この泥を間欠的に、水中より除去することが不可欠となる。

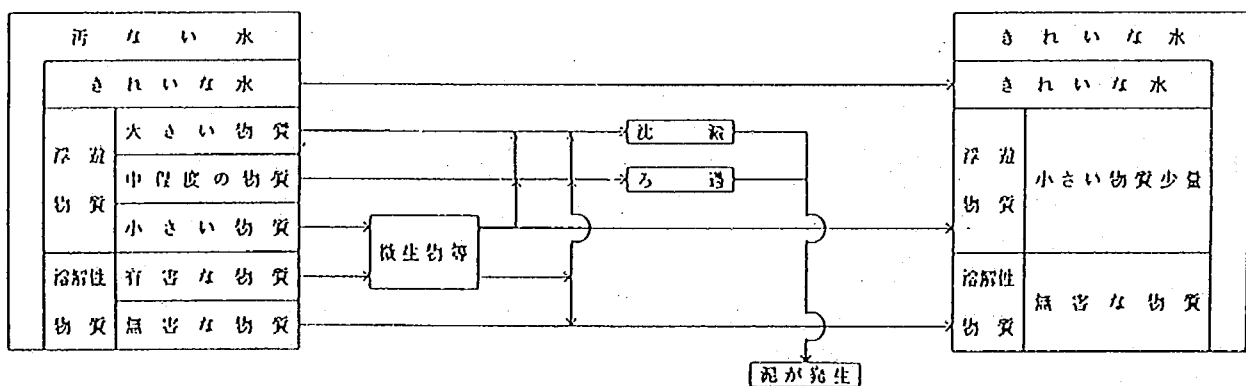


図-5.1 水の浄化の原理

表-5.1 水中に存在する不純物とそれに対応する処理方法

不純物の直径	不純物の分類	不純物の例	分類プロセス	粒子径成長プロセス	無害化プロセス
$10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$		イオン・水分子 塩類	イオン交換 電気透析 逆浸透		金属イオン封鎖 中和
$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nm}$	溶解成分	色度成分	吸着	凝析	
10^{-8} m	コロイド成分	ウイルス		凝集	
10^{-7} m		粘土類 細菌類	限外ろ過 (相変化)		投置
$10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$		藻類・原生動物		フロック形成	
10^{-5} m		シルト粒子	ろ過		
10^{-4} m	懸濁成分	砂粒子	沈殿・浮上		
$10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$		巨大懸濁質	スクリーニング		
$10^{-2} \text{ m} = 1 \text{ cm}$					

5.2 浄化方式の特性一覧

実施されている浄化方式や、まだ実験段階の浄化方式も含めて、その方式の特性をまとめると表-5.2～表-5.8となる。

この表は3大別して浄化方式を示した。各方式の概念は以下である。

(1) 河川浄化方式

河川で生起している現象を基本とし、河川の諸特性を包含し、河川浄化方式と呼べる方式

(2) 上・下水道の処理方式

上・下水道の処理として実施されているが、河川の特事情下では、利用の可能性があるので示した。

(3) 自然浄化方式

山村、水田、湖沼等の自然状態にて、行なわれている浄化を基本とし、実施されている浄化方式とした。この方式は(1)、(2)に比して大変ゆっくりした浄化方式である。

表-5.2 河川浄化方式の原理と特徴一覧

No.	浄化方式	浄化の原理	特徴
1	堰浄化	河川の淵を効率化した方式。 取上げし、流速を低下させて、 自然沈澱を促進する。	①他の方式に比して浄化効率は小さい。 ②堰は稼働方式とする。 ③堆積泥は出水時に流出する。
2	薄層流	河川の瀬と淵を拡大し、淵を小さくする方式。 薄層部では生物酸化、吸着、沈澱が起り、浄化槽で沈澱を促進する。	①薄層部の水深は10cm前後、流速30~50 cm/s距離数km位とし、河床は礫~砂利とする。これらの条件の違いにより効果は大きく異なる。 ②浄化槽の堆積泥は出水時に流出する。
3	礫間接触酸化	河川のcmは礫間に、淵は堰上流の渡水部にそれぞれ変えて、効率を10~20倍にした方式。 取水点で淵の効率化を行い沈澱を促進させる。mm/s単位の襲い流速条件下で、効率的に、固液分離を行う。 その分離された汚泥は礫槽下部に次第濁水移動し、下部に貯留される。	①礫を用いる。 ②水の浄化と分離泥の堆積減少を同時に行う。 ③SS、BODに効果大だが、N・P・ $\text{NH}_4\text{-N}$ 等は浄化できない。 ④原水中のDOのみで行うからBOD20 mg/l以下に適する。 ⑤浄化はSS10mg/l、BOD4~6 mg/l以下となる。 ⑥落差によるDO回復が必要。 ⑦礫上部を公園等に利用可能。
4	プラスチック接触酸化	礫間と同じ方式、原理である。 礫間の代わりにプラスチック材を用いる。	①礫より単価は10倍高く、容積は礫の1/2でよい。 ②効率は礫とほとんど変わらない。 ③浄化部の上部利用のためには補強が必要。

No	浄化方式	浄化の原理	特徴
5	曝気付礫間接触酸化	礫間接触酸化で浄化できないものを行う。 曝気付礫間+礫間接触酸化の組合せで浄化する。 曝気付礫間は礫間にDOを供給し、多数の微生物を繁殖させ、酸化、分解、吸収、吸着を行う。	①SS, BOD, $\text{HN}_4\text{-N}$, カビ臭等多くを浄化できる。 ②DOの供給が必要、礫間のみよりきれいにできる。 ③曝気礫部には泥は堆積しない。礫間部に堆積する。 ④礫間の2倍の面積がいり、常に曝気が必要。
6	曝気付プラスチック接触酸化	曝気付礫間と同じ方式、原理である。 礫の代わりにプラスチック材を用いる。	①礫より単価は10倍高く、容積は礫の1/2でよい。 ②DOの供給が必要、礫間のみよりきれいにできる。 ③曝気礫部には泥は堆積しない。礫間部に堆積する。 ④礫間の2倍の面積がいり、常に曝気が必要。
7	水耕浄化	植物をささえる小粒礫に、礫間の機能を持たせ、かつ植物の吸収により浄化を行う。	①SS, BODとともにN, Pも除去できる。 ②お花畑を観光できる。 ③花の植え換え、根の処理が必要となる。
8	高速土壌浄化	土壌の通水速度は0.5m/日位あるが、10倍位の3~5m/日で通水する。 土壌による吸着とろ過で浄化する。	①礫間等によるSS除去が必要。 ②色度やリンを除去できる。 ③目詰まりの回復、色度、リンの再放出なわち土壌の回復技術が重要。

表-5.3 河川浄化方式別の水質の一覧

No	浄化方式	水 質											
		浄化できる水質項目								浄化可能な水質値		浄化後の除去率と濃度	
		SS	BOD	固形物	大腸菌	N	P	カビ臭	その他	SS	BOD	除去率(%)	浄化後水(mg/l)
1	堰浄化 (可動堰)	○	○							10~20	15	SS 30 BOD 30	SS 10 BOD 10
2	暗渠流	○	○	○	○					10~30	10	SS 40 BOD 40	SS 10 BOD 6
3	曝気型暗渠流	◎	◎		○					20~30	10~30	SS 90 BOD 75	SS 2~3 BOD 3~8
4	プラスチック暗渠流	○	○		○					20~30	10~30	SS 50 BOD 50	SS 10~15 BOD 5~15
5	曝気付 暗渠流	◎	◎	◎	◎			◎	○	20~40	20~50	SS 90 BOD 80	SS 2~4 BOD 4~10
6	曝気付プラスチック 暗渠流	◎	◎	◎	◎			◎	○	—	—	SS 80 BOD 85	—
7	水田浄化	○	○	○	○	○	○			—	—	SS 30 BOD 40	—
8	高速土壌浄化	(◎)	(◎)	○	◎		◎	○	◎	5~10	5~10	SS 80	SS 0.002

表-5.4 上下水道処理方式の原理と特徴一覧

№	浄化方法	浄化の原理	特徴
1	凝集沈殿	硫酸バンド、PAC等の凝集剤と浮遊物を混合することにより、大きなフロックを形成させ、沈殿効果を促進させて浄化する。	① SS成分に対する除去効果は高い。 ② 凝集剤等の費用がかかる。
2	慢速砂ろ過	砂ろ過によるSS成分の除去と砂表面の微生物による有機物分解により浄化する。	① 砂表面の生物膜による接触酸化とろ過のため、浄化効果は高い。 ② 広い面積が必要となる。 ③ 目詰りを起こしやすいため、目詰り回復のための維持管理が必要。
3	急速砂ろ過	微小なフロックがろ材の砂粒子上に付着し、人工的ろ膜を形成する。この膜が浮遊物等を捕捉し、汚水を浄化する。	① SS成分に対する除去効果が高い。 ② 目詰り回復のための維持管理が必要。
4	長毛ろ過	回転ドラム上のろ布によりSS成分をろ過することにより浄化する。	① 小さい面積ですむ。 ② 隙隙部分が多い。 ③ 汚泥の発生量が多いため、その処理が必要。
5	マイクロストレーナー	網目状の回転ドラムによりSS成分をろ過し、浄化する。	同上
6	流動床	流動床に発生した生物膜表面での接触酸化により有機物を分解し浄化する。	① 浄化効率は比較的低い。 ② 小さい面積ですむ。 ③ 隙隙部分が多く高価となる。
7	回転円板	円板をゆっくり回転させ、円板上に発生した付着生物により有機物を分解し浄化する。	① 硝化反応が起こり易い。 ② 運転管理上活性汚泥法に比較して操作が簡単。
8	活性汚泥	活性汚泥中の微生物の代謝作用を利用し、有機物を分解し浄化する。	① 微生物を活性化するためエアレーションが必要。 ② 汚泥が発生するため、その処理が必要。
9	酸化池	自然のもとで藻類、バクテリアによって、有機物を分解し除去する。	① 広い土地が必要。 ② 維持管理の必要があまりない。
10	曝気式ラグーン	池内にDOを供給して好気性に保ち、微生物による有機物分解によって浄化する。	① 「酸化池」よりも小さい面積ですむ。 ② 維持管理の必要があまりない。
11	オキシデーションデンプ	ロータ等によって汚水を循環しながらエアレーションし、浮遊した活性汚泥により、有機物を分解し、浄化する。	① 浄化水にSSが高いため後段に沈殿池が必要。 ② 維持管理の必要があまりない。

表-5.5 上下水道処理方式別の水質の一覧

No	浄化方式	水 質											
		浄化できる水質項目								浄化可能な水質レベル		浄化後の除去率と濃度	
		SS	BOD	MLSS	大腸菌	N	P	カビ臭	その他	SS	BOD	除去率 (%)	浄化後水 (mg/l)
1	凝集沈殿	○	○		○		○		○	広範囲	広範囲	SS 80 BOD 10~60	— —
2	急速砂ろ過	◎	◎	○	○			○	○	10以下	10以下	SS 99 BOD 80	SS 1~2 BOD 1~2
3	急速砂ろ過	◎	○							15以下	15以下	SS 99 BOD 50	SS 3~4 BOD 4~5
4	長毛ろ過	○	○							15以下	15以下	SS 70 BOD 50	SS 3~4 BOD 5~6
5	マイクロフィルター	○	○							15以下	15以下	SS 70 BOD 50	SS 4~5 BOD 7~8
6	流動床	○	○	◎	○			○	○	20	30	SS 70 BOD 80	SS 5~6 BOD 5~6
7	回転円板	○	◎	◎						200	200	SS 80 BOD 80	SS 30 BOD 40
8	活性汚泥	○	○		○					200	200	SS 90 BOD 90	SS 10~20 BOD 10~20
9	酸化池	○	○	○	○	○	○		○	広範囲	広範囲	SS 60 BOD 40	— —
10	曝気式ラグーン	○	○		○					200	200	SS 70 BOD 70	30 50
11	好気性バイオリアクター	○	○	○	○	○			○	200	200	SS 15 BOD 65	10~20 10~20

表-5.6 自然浄化方式の原理と特徴一覧

№	浄化方法	浄化の原理	特徴
1	滲漑法	土壌への散布によるろ過・吸着作用による浄化。	① BOD、SSとともにN、Pの浄化効果 ② 大きい。 ③ 広い面積が必要となる。 ④ 目詰りが発生するので、かき取り等の維持管理が必要。
2	浸透ろ過	土壌への表面注水によるろ過・吸着作用による浄化。	同 上
3	トレンチ法	土壌によるSS成分のろ過・吸着作用。 土壌表面に発生した生物膜での酸化。	同 上
4	表面流下法	表面土壌への注入、流下によりSS成分を除去とろ過・吸着による浄化。	同 上
5	砂礫浸透	浄化対象水が土壌粒子間を通過する間におこるろ過作用・吸着作用や土壌生物による酸化分解により浄化する。	① 他の土壌浸透浄化法よりおも狭い面積で済む。 ② SS、BOD、COD並びにN、Pを効率的に浄化できる。
6	浮遊植物浄化	主として植物によるN、Pの吸収やSS成分の沈澱により浄化する。	① 自然な手法としてN、Pの吸収等に優れる。 ② 景観上よいが効果は小さい。
7	沈水植物浄化	同 上	① 面積を広く必要とする。 ② N、Pの除去効果が期待できる。
8	湿地植物浄化	植物によるN、Pの吸収と接触沈澱及び土壌によるろ過・吸着により浄化する。	① 用地を広く必要とする。 ② 河川敷をそのまま用いることができ、生態性も高い。

表-5.7 自然的浄化方式別の水質の一覧

No.	浄化方式	水 質											
		浄化できる水質項目								浄化可能な水質(%)		浄化後の除去率と濃度	
		SS	BOD	MLT-N	大腸菌	N	P	カビ臭	その他	SS	BOD	除去率(%)	浄化後水(mg/l)
1	土壌浄化	◎	◎	○	○	○	○	○	○	5~10	5~10	SS 95 BOD 95	SS 1~2 BOD 1~2
2	ほ生浄化	◎	○	○	○	○	○			10~30	10~30	SS 80 BOD 40	SS 5 BOD 10
3	トレンチ法	◎	◎	○	○					5以下	—	BOD 95	—
4	表面流下法	○	○	○	○					5以下	—	SS 70 BOD 40	—
5	砂礫濾過	◎	◎	○	○					5以下	—	SS 90 BOD 85	—
6	浮遊植物浄化	○	○	○		○	○			—	—	SS 35 BOD 40	—
7	沈水植物浄化	○	○	○		○	○			—	—	SS 35 BOD 40	—
8	湿地植物浄化	◎	○	○	○	○	○			10~30	10~30	SS 80 BOD 40	SS 2~6 BOD 6~18

表-5.8 河川の自然浄化能力と代表河川浄化手法

	浄化作用	浄化機構	浄化手法
1	希釈	きれいな水を導入し、汚濁水を低減する。	導水
2	沈殿	川の淵では流速が低下するため沈殿作用が働き粒形の大きいものや比重の大きいものは沈殿し水中から除去される。沈殿汚泥は自己分解により、徐々に減量する。	堰
3	濾過	河床の砂礫の中を浸透することにより濾過作用がはたらく懸濁成分と水が分離される。	砂濾過
4	吸着	河床の砂礫や土壌の表面で汚濁物質が吸着除去される。	浸透
5	曝気	堰の下や瀬の部分で河川水は自然の曝気を受け、豊富な酸素が大気から供給される。このことにより、河川や水中の微生物が生存できる。	エアレーション
6	生物酸化	河床の砂礫に付着した微生物は、酸素のある条件下で有機物を分解し水と炭酸ガスにする。	れき間 接触酸化
7	掃流	洪水時には流量の増加と流速が増加するため、河床に溜まった汚濁物質の残骸は下流に押し流され、海などの系外に搬出される。	浚渫

なお表中において接触酸化法、流速差による分離、薬品による除去を下記に示す。

① 接触酸化法（ヘチマロン使用）

河川には、流下しながら水中の汚濁物質を沈澱・吸着したり、水中に混成する微生物や河床に生息する生物群によって酸化分解して水を浄化する自浄作用がある。しかも、自然の状態では長い距離と時間を必要とし、しかも汚濁が河川の自浄能力を越えている場合は、汚濁が解消されないまま流下してしまう。そこで河川の持つ自浄システムを人為的に凝縮して、流水との接触面積を増やしてやれば、それだけ汚濁物質の沈澱・吸着および生息する生物群の働きは増大され浄化は促進する。この浄化方法が接触酸化法と呼ばれている方法である。

② 流速差による分離（砂利玉使用）

水中の懸濁物は、流速の速い場所では大きなものが沈澱し流速の遅い場所では小さなものが沈澱しやすい事が判っている。しかし、今までの浄化方式は均一の流速で定常状態を作り出す事によって浄化が行われている。この砂利玉使用の方法は同一場で流速の速い場所、遅い場所を作る事により、微細なものから大きなものまで分離し、除去する原理で浄化がおきている。

③ 薬品による除去（PAC使用）

凝集沈澱の原理は対象水に凝集剤を添加して浮遊物を凝集し沈降させて除去するもので、基本的には水を攪拌する施設があればよい。凝集に使う薬品には多くのものがあり、切開、塩化第二鉄、硫酸バンド、PAC、高分子凝集剤などが使用されている。

pH、色、費用、取り扱いやすさ、毒性などで問題の少ない硫酸バンドとPACが上水道などで多く利用されている。

6. 砂防における濁水対策工法アイデア

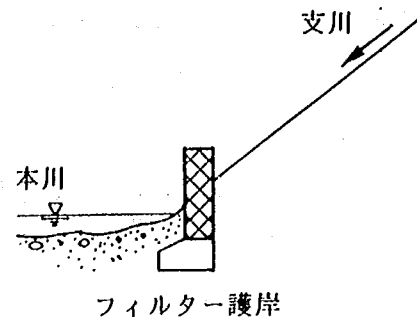
現段階で、砂防において考えられるアイデアとしては以下の項目があげられる。

(1) フィルター護岸

鋼製柵、ジオテキスタイルなどを用いて、
支川からの濁水进行处理する。

(2) 砂防ダムフィルターの効果増強

本実験手法が概当しており、問題点とし
ては目づまり対策があげられる。

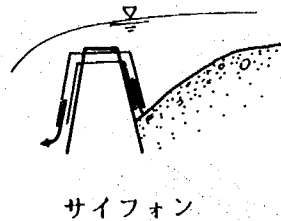
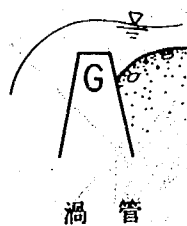


(3) 砂防ダムの大出水時貯砂効果増強

スリット砂防ダム+角落とし(出水時に使用)またはゲート付砂防ダムにより、貯留空間を確保
することが考えられる。

(4) 渦管、サイフォンによる高濃度水の吸引、沈砂

高濃度水は下層に帯水していることから下層水を吸引し、下流へ沈砂することを図る。



(5) 土砂生産防止

崩壊防止、土石流発生源対策として山腹工、床固工群等を実施する。

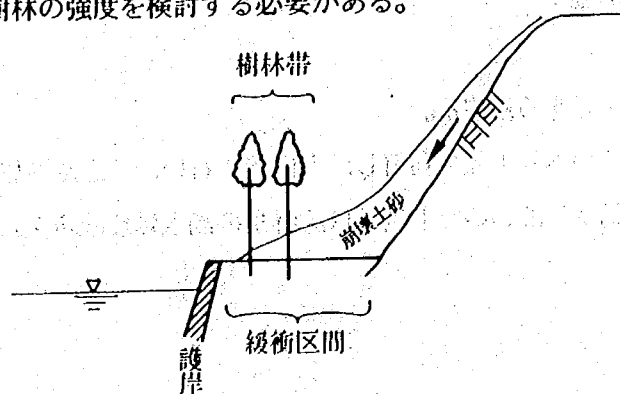
(6) 溪床土砂移動防止

床固工、帯工を入れ、不安定土砂の移動防止を図る。根源的な対策が図れる。

(7) 崩壊土砂流出防止樹林帯

山腹からの崩壊土砂が河道に入らないよう河岸沿いに樹林帯を設置する。

崩壊土砂に対して樹林の強度を検討する必要がある。



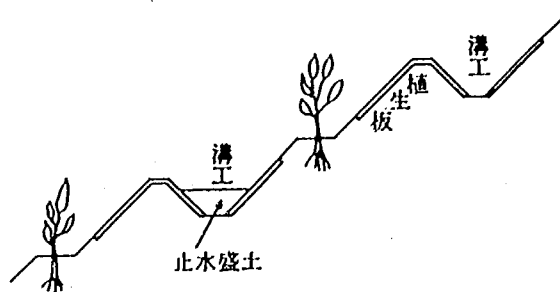
(8) 表土層の流出に強い山腹工の施工

林床の厚い樹林の整備をする。

(9) 水貯留も考えた山腹工・遊砂地の施工

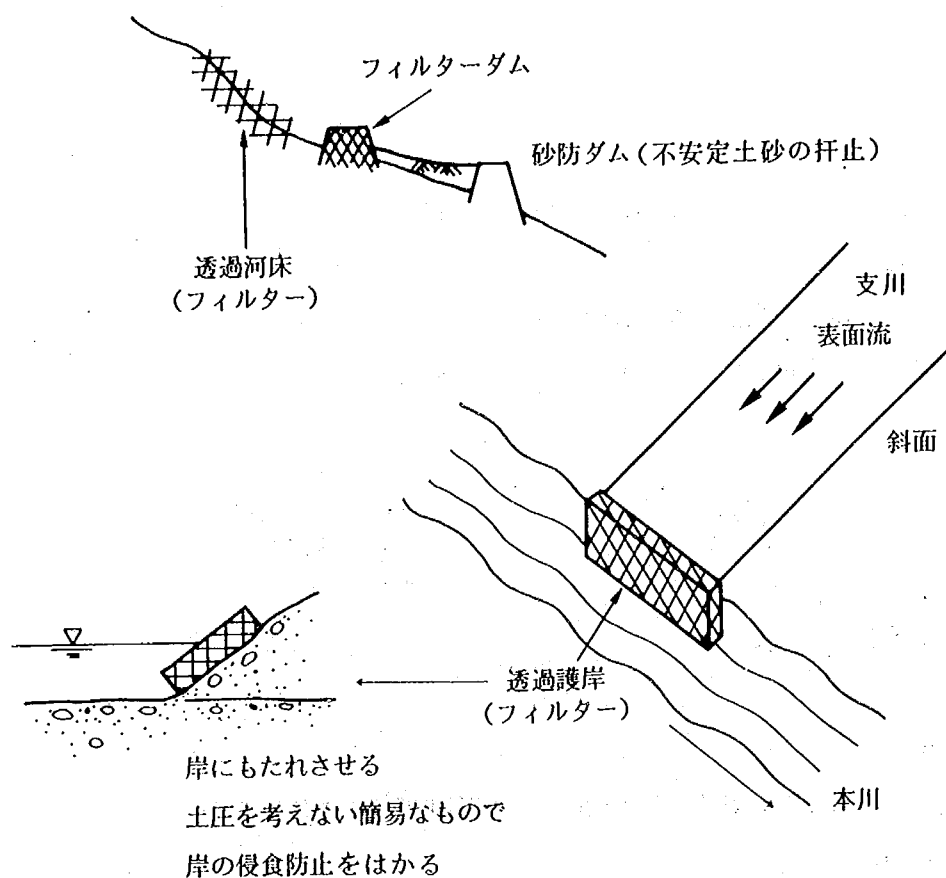
山腹工の溝により流水を一時貯留する。

また、浸透性の良い遊砂地に拡水させる。



(10) 総合濁水対策

個々の対策は大きくないが全体として大きな効果を持つように小規模な施設を総合的に組み合わせて使用する。



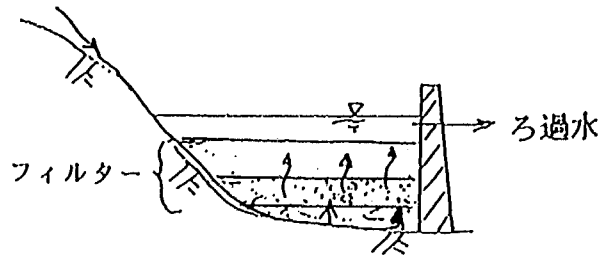
林道、崩壊地などの点的（ポイントソース）の濁水発生源に対しては沈砂地などの集中的（重点的）な対策を実施する。

(11) 上向流ろ過砂防ダムの施工

① 濁水発生時

濁水発生時には一定量をろ過する。

ろ過は上流ダムからのヘッド差を利用し、上向流で行い、ろ過水を放流する。上流より高濃度の濁水が流入すると効率が悪いので上流には沈降型の濁水処理砂防ダムを設置する。

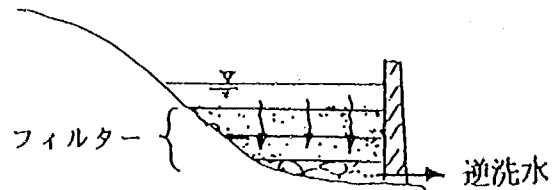


フィルターは上層ほど細粒径とする。フィルター層全てを有効活用するためである。

② 出水停止後（濁水回復後）

濁水回復後は逆洗を行って、ろ過能力の回復をする。

逆洗はろ過層の上部に残留するろ過水を用い、下から水抜きを行うことにより実施する。下流には逆洗水を処理する砂防ダムが必要である。



参考文献

- 1) 佐藤敦久：水環境工学～浮遊物質からみた環境保全，技報堂
- 2) 水山高久，井良沢道也，福本晃久：砂防における新技術・新工法に関する事例集，土木研究所資料第2919号，1990.9.
- 3) 合田 健：水環境指標，思考社，pp.362～383，1979.
- 4) 水質環境基準検討調査ワークショップ資料（筑波），1983.
- 5) 日本水産資源保護協会：水産用水基準，官公庁公害専門資料，19-1，pp.29～50，1984.
- 6) (株)日本建設機械化協会：建設工場に伴う濁水対策ハンドブック，技報堂，1985
- 7) 建設省徳島工事事務所：吉野川生物環境調査報告書，1976
- 8) 清水 裕：水環境管理のための水量，水質の目標値設定手法，土木技術資料 vol.33 No.4，1991

濁水対策に関する基礎実験報告書

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3011号

平成3年7月(1991)

砂防部砂防研究室

石川芳治・井良沢道也・小泉豊

要 旨

斜面侵食・溪岸侵食や河床洗堀にともなう土砂とともに細かな浮遊砂・微細粒子が生産され、河川に流出し濁水となり流下する。近年濁水が河川や海に与える影響が問題となっており、浮遊砂・微細粒子の除去または軽減を行うことは緊急な課題となっている。そこで水理実験により砂防施設により浮遊砂・微細粒子を除去するためのろ過施設の濃度の低減効果についての検討を行った。

キーワード：砂防、濁水、浄化手法、ろ過施設、水理模型実験

郵便はがき

3 0 5 - □ □

41円切手
をはって
下さい。

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

砂防研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第3011号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名

印