

広域的な市街地等汚濁負荷削減 手法等に関する調査研究

1. 背景と目的

降雨の初期段階に市街地の洗い出し（フラッシング）により湖沼に流入する汚濁負荷（非特定汚染源負荷）については、流出機構や性状などが未だ解明されておらず、有効な削減対策も含めて今後の調査研究の成果が待たれているところである。

この非特定汚染源負荷（ノンポイントソース）の削減に関する調査研究として、本機構では平成5年に「市街地排水浄化対策研究会」を設置し、各県のモデル地区において雨天時汚濁負荷流出調査や解析の検討を行った。平成9年度には、これら研究成果について、ノンポイント対策を実施しようとする地方公共団体が、汚濁負荷の実態を把握し、適切な予測手法と対策を選定するための、基本的な検討事項や手順を示した「市街地のノンポイント負荷に関する手引き（実態把握と予測手法及び対策）」、建設省都市局下水道部監修－平成10年3月－（財）下水道新技術推進機構」を発刊した。

また、この手引きに基づき、平成10年度から4カ年にわたり、実施設の評価、実証実験、工種別調査を行い、ノンポイント負荷削減に向けた対策計画の立案にあたって留意すべき事項について「市街地のノンポイント対策の手引き（案）」として平成14年3月にとりまとめ発刊した。

2. 研究内容

本年度は、平成12年度に引き続き、ノンポイント流出負荷の実態調査と、ノンポイント対策施設の実証実験や実施設での調査結果をもとに、ノンポイント負荷削減目標の設定、対策手法の選定、対策施設の設計・維持管理に至る手順についてとりまとめを行った。

3. 研究の経緯

表-1にこれまでの研究経緯を示す。

表-1 これまでの研究経緯

	茨城県	千葉県	長野県	滋賀県
対策手法	貯留+ろ過	貯留	貯留	(貯・沈) +湿地
平成5年度	—	流出実態調査	—	—
平成6年度	流出実態調査	流出実態調査	流出実態調査	流出実態調査
平成7年度	流出実態調査	—	流出実態調査	流出実態調査
平成8年度	流出実態調査 堆積物調査	流出実態調査 堆積物調査	堆積物調査	流出実態調査 堆積物調査
平成9年度	堆積物調査	堆積物調査	堆積物調査	流出実態調査 堆積物調査
「市街地のノンポイント負荷に関する手引き」の作成				
平成10年度	—	実施設の評価	—	実証実験
平成11年度	実証実験	実施設の評価	実証実験	実証実験
平成12年度	実証実験	実施設の評価 工種別調査	実証実験 工種別調査	—
平成13年度	工種別調査	—	実証実験 工種別調査	工種別調査
「市街地のノンポイント対策に関する手引き（案）」の作成				

4. 工種別ノンポイント負荷流出調査

4.1 目的

重点的に対策を実施すべき地区の絞り込みや、効率的なノンポイント負荷削減対策を行うために、土地利用や、路面と屋根といった工種によるノンポイント負荷流出の違いを把握することを目的とした。

4.2 調査方法

調査は、路面と屋根、雨天時調査と晴天時調査に分けて行った。雨天時調査は降雨時に実際に流出するノンポイント負荷を確認するもので、路面流出雨水を道路側や排水管等から採水し、水質分析を行った。

一方、晴天時調査は路面の堆積負荷（残存負荷）の絶対量を把握することを目的としたもので、調査地点に散水し、その流出水の水質および流出量を調べ負荷量原単位を試算した。なお、水質調査項目は、BOD、COD、SS、T-N、T-Pの5項目とした。

4.3 調査地点の概要

調査地点は、周辺の土地利用を考慮し、表-2のとおり選定した。

表-2 調査地点概要

県名	調査地点名	周辺環境	雨天時調査	晴天時調査
茨城県	桜川橋	住宅地	路面	路面
	小岩田		—	
	水郷橋		—	
	歩道	商業地	—	
	土浦駅前		—	
	神立	工業地	路面と屋根	
	刈谷橋	住宅地	路面	
三日月橋	路面			
滋賀県	名神高速	住宅地	路面	—
	国道1号		路面と屋根	—
	西草津（路面）		路面	路面
	西草津（屋根）	屋根	—	
	大路	商業地	—	路面
長野県	天竜橋	住宅地	路面	路面
	岡谷		屋根	—
千葉県	湖北台	住宅地	路面と屋根	路面

4.4 調査結果

4.4.1 路面と屋根の流出負荷の違い

同一降雨日において路面と屋根の流出負荷量調査結果から、路面の流出がかなり大きいことが分かった。表-3に調査地区の流出負荷量、屋根と路面の面積率を示す。

この調査結果をもとに、調査地区の流出負荷割合を算出したが、その割合は、T-Nを除く項目については概ね路面：屋根で8：2前後、T-Nについては、路面：屋根で約6：4前後であった。図-1にCODの流出負荷量割合を示す。

表-3 流出負荷量（COD）と屋根、道路の面積率

	流出負荷量 (Kg/ha)		流域内面積率 (%)	
	屋根	路面	屋根	路面
神立	0.507	3.506	21.9	16.6
国道1号	0.510	3.104	14.3	22.8
西草津	0.599	1.608		
岡谷	0.254	1.548	16.9	33.1
湖北台	0.250	1.550	19.8	19.7

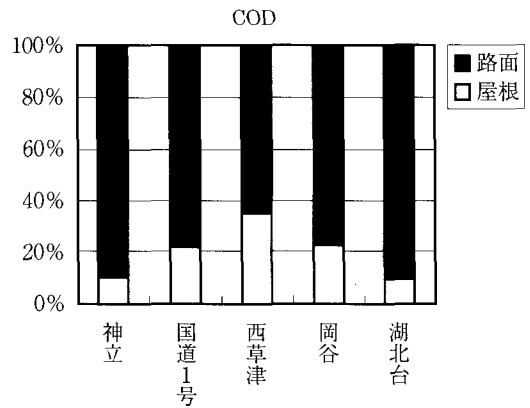


図-1 路面と屋根の流出負荷量割合

4.4.2 土地利用と流出負荷量の関係

高速道路や交通量の多い道路、工業地における負荷量は他の地区に比べて高い傾向にあるものの、その他の地区については明確な傾向が認められず、土地利用による流出負荷量は明確にできなかった。

図-2にCODの例を示す。

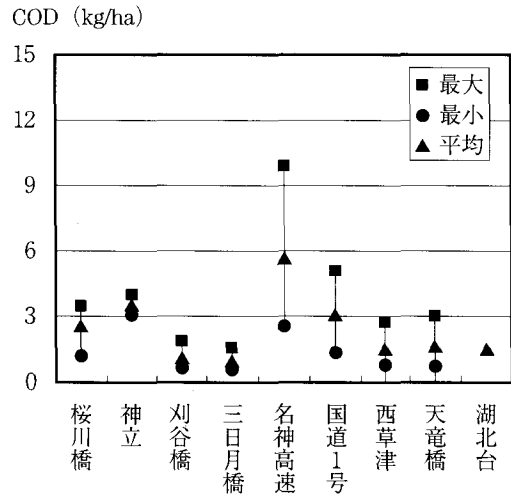


図-2 土地利用による路面流出負荷量の違い

4.4.3 雨天時と晴天時調査の流出負荷量の関係

晴天時調査の残存負荷量と雨天時の流出負荷量に一定の関係があれば、今後ノンポイント流出実態調査を行う際に多くの労力を要する雨天時調査を晴天時調査に置き換えることが可能となる。しかし、晴天時における人工的な散水では降雨を十分に再現することができなかつたことや、調査日前の路面清掃の影響など不確定な要素が多いことなどから、今回の調査では両者に一定の関係を見いだすことができなかった。

晴天時と雨天時の流出負荷量の関係を得るためには、今後同様の調査を重ね十分なデータを収集し分析する必要があると考えられる。

5. ノンポイント実証実験による主な知見

5.1 ファーストフラッシュについて

水質分析の結果、流出雨水の各水質項目にファーストフラッシュが確認された。ファーストフラッシュは、累加流出高で1～2mm以下の範囲にある場合が多い。この結果は、効率的な対策規模を検討する際の参考とすることができる。図-3、4に我孫子市の例を示す。

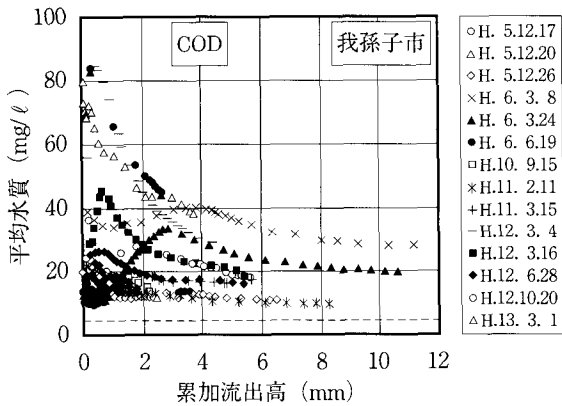


図-3 累加流出高と平均水質の関係

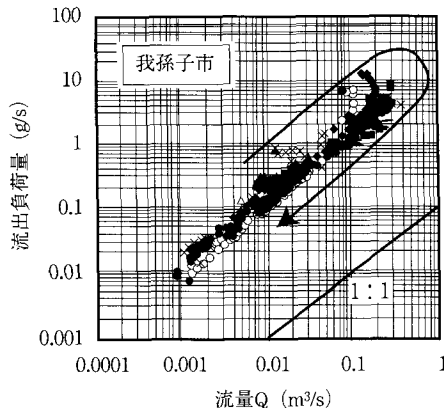


図-4 流量と流出負荷量の関係

5.2 流出雨水における水質項目間の相関

水質項目間には高い相関を有する場合があります、水質分析時に検体数を効率的に少なくすることが可能である。ただし、相関は地域によって多少のバラツキがあるので、予め地域特性を把握しておく必要がある。表-4、5に長野県（岡谷市）および茨城県（牛久市）の例を示す。

表-4 水質項目間の相関（岡谷市）データ数411

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
BOD	1				
COD	0.94	1			
SS	0.82	0.77	1		
T-N	0.55	0.67	0.39	1	
T-P	0.82	0.88	0.92	0.54	1

表-5 水質項目間の相関（牛久市）データ数575

	BOD	COD	SS	T-N	T-P
BOD	1				
COD	0.83	1			
SS	0.31	0.50	1		
T-N	0.64	0.75	0.21	1	
T-P	0.65	0.70	0.55	0.65	1

5.3 降雨波形と水質の関係

一般的に水質濃度は、ファーストフラッシュ後徐々に低下し、ある一定の水質濃度になる傾向にある。ただし、SSはファーストフラッシュ後であっても降雨強度の高い降雨があれば、降雨波形に追従して再度高濃度の水質が観測される傾向にある。

図-5に岡谷市の例を示す。

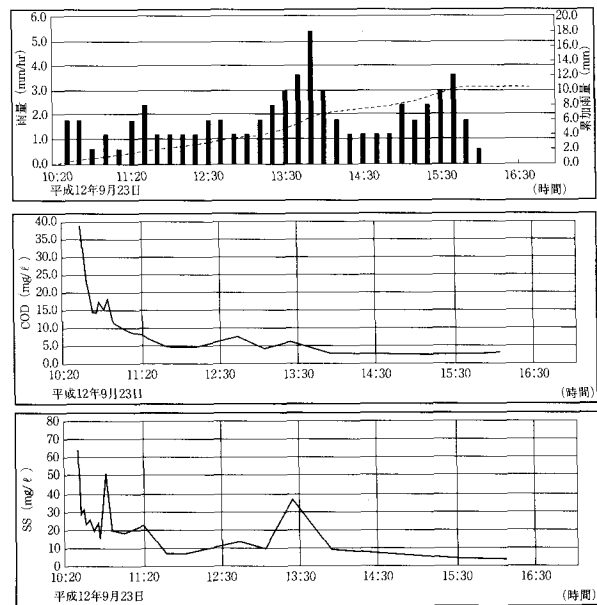


図-5 降雨波形と水質の関係

5.4 年間シミュレーションについて

年間総流出負荷量やノンポイント対策による効果を把握する場合、全ての降雨を観測することは現実的ではないことから、修正RRL法+土研モデルを用いることで年間の評価ができることが確認できた。

5.4.1 パラメータの適合性

土研モデルのパラメータである路面等残存負荷量 P_{s0} は用途地域ごとに表-6のような標準値がある。これに対し、実測値をもとにシミュレーション計算を行いキャリブレーションしたパラメータ値は、地域あるいは降雨によって差異が見られ、標準値に対する修正率は概ね0.5~2.0の範囲であった。表-7に主な計算定数の一般値からの修正率を示す。

表-6 路面等残存負荷量 (P_{s0}) の一般値 (kg/ha)

工種	用途	BOD	COD	SS
屋根		0.2	0.3	2.2
路面	住宅地	3	7	10
	商店街	12	16	24
	工場街	5	8	10

表-7 主な計算定数の一般値からの修正率

観測地点	不浸透面積率	初期路面等残存負荷量			残存負荷流出係数			備考
		BOD	COD	SS	BOD	COD	SS	
志賀町	0.63	1.00	1.00	1.00	2.00	1.50	1.50	
大津市	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
茅野市	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00	1.00	1.00	
岡谷市	0.64	1.00	1.00	3.00	0.75	0.75	0.75	
我孫子市	1.00	1.00	0.67	1.00	1.00	1.00	1.00	
牛久市	0.67	1.50	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	
つくば市	0.37	0.50	0.50	1.00	2.00	2.00	2.00	
柏市	0.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

注) ・一般値については、不浸透面積率は表面工種の面積率より、その他の定数は下記の文献に示される平均値をもとに設定した。

・参考資料：土木研究所資料 第1704号
下水道管路施設設計の合理化に関する調査報告書()
—合流式下水道の改良に関する調査—
昭和56年8月 建設省土木研究所

5.4.2 T-N, T-Pのモデルへの適用

土研モデルの対象とする水質項目はBOD, COD, SSであるが、湖沼の富栄養化対策に資するためにはT-N, T-Pについても適用する必要がある。このことについては、T-N, T-Pの流出負荷がCODの流出パターンと類似していることからCODのパラメータを参考にT-N, T-Pのパラメータを設定することが可能であることが分かった。図-6にCODのパラメータによるT-N, T-Pの負荷量計算結果を示す。

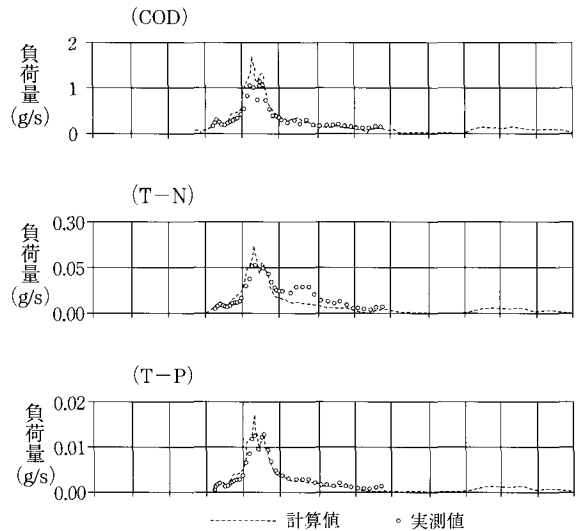


図-6 CODのパラメータによるT-N, T-Pの負荷量計算結果

5.5 対策手法について

実証実験および実施の規模は、流域換算規模で4~5mm程度であるが、総雨量が10~20mm程度の降雨であれば、貯留池対策が最も効果的であることが分かった。なお、ここでいう負荷削減率とは貯留または沈殿した負荷量を全量処理した場合の削減率を意味する。以下に各対策手法と負荷削減率との関係を示す。

5.5.1 貯留・沈殿対策について

貯留対策は、施設規模に対して流出率を考慮した降雨規模が同等かそれ以下であれば十分な効果が期待でき、降雨量が大きくなればなるほど削減率は低下する結果となった。図-7に貯留・沈殿対策と負荷削減率の関係を示す。

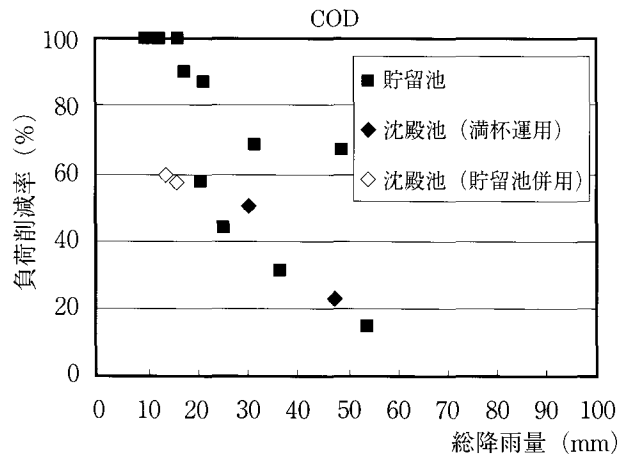


図-7 貯留・沈殿対策と負荷削減率の関係

5.5.2 ろ過対策について

直接ろ過に加え、凝集剤を添加あるいは貯留池を通過させるといった組み合わせを行ったが、今回の実験ではあまり削減率の向上は見られなかった。

図-8にろ過対策と負荷削減率の関係を示す。

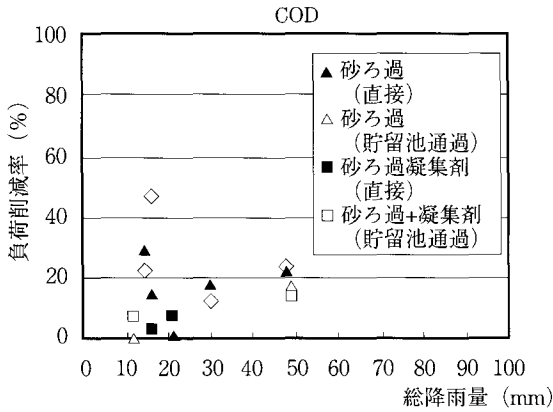


図-8 ろ過対策と負荷削減率の関係

5.5.3 植生対策について

植生による効果は、植物による吸収だけでなく湿地での沈殿等を含めた全体としての効果である。沈殿池と貯留池では沈殿池通過後の方が植生による削減率が高い(沈殿池そのものの効果が低かったため)。また、植物の違いによる大きな違いは見られなかった。図-9に植生対策と負荷削減率の関係を示す。

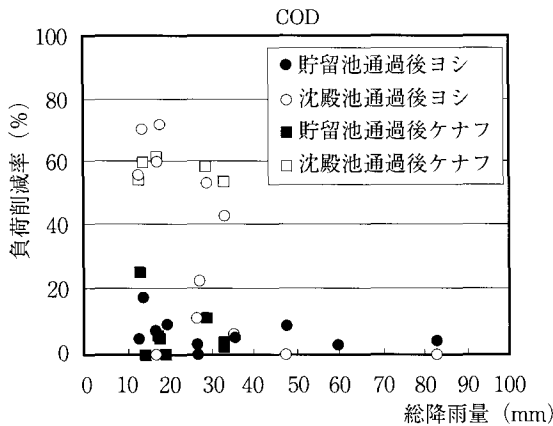


図-9 植生対策と負荷削減率の関係

5.6 適正な対策施設規模について

図-10に、長野県(岡谷市)における対策規模と年間負荷削減率の年間シミュレーション結果を示す。この地区では、貯留池対策で実証実験を行っており、対策施設規模は4.12mmである。なお、貯留池の効果(負荷削減率)は、貯留池流入負荷量=負荷削減量として評価している。今回の結果から、ファーストフラッシュが見られる降雨初期(1~2mm

程度)の対策規模の場合、負荷削減率は約30~50%となっており、仮に負荷削減率を80%まで引き上げようとするればおおよそ5mmの施設規模が必要となることが分かる。

このことから、ノンポイント対策施設の規模は、上位計画における削減目標を念頭に必要量を設定することが基本となるが、ノンポイント流出負荷のファーストフラッシュを対象とした効率的な規模を設定する必要がある。

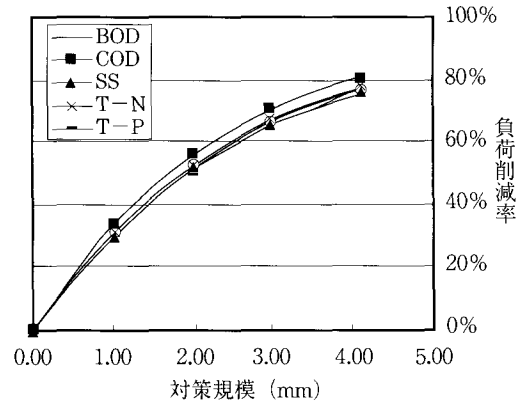


図-10 対策規模と年間負荷削減率の関係 (岡谷市) 対策施設: 貯留池

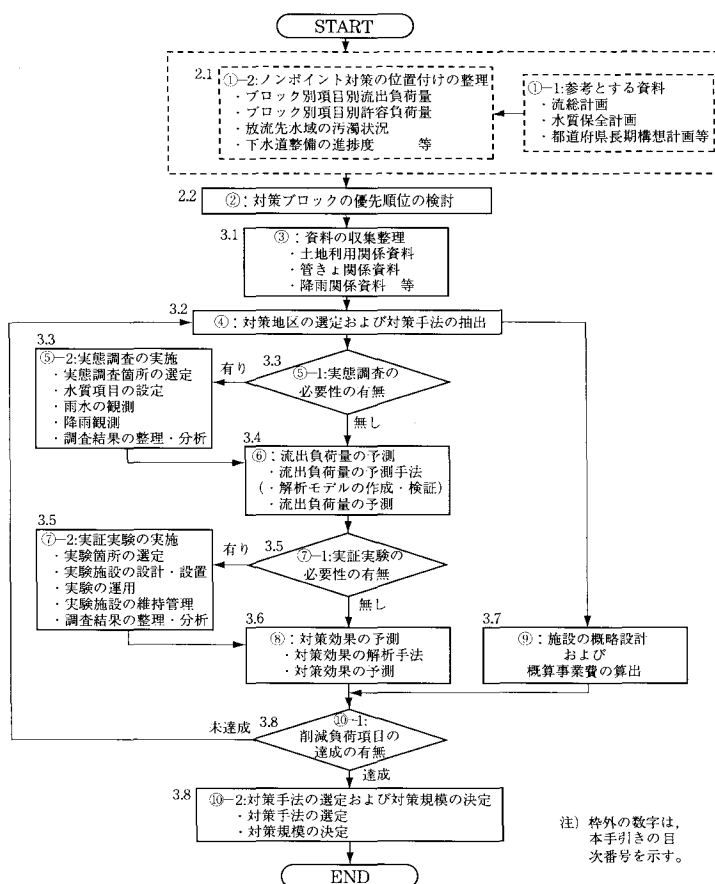
6. 今後の課題

平成5年度より始められた市街地からのノンポイントソースに関連する調査結果については、得られた知見を整理して、今回、「市街地のノンポイント対策に関する手引き(案)」としてとりまとめたところである。この手引き(案)が有効に活用され、市街地のノンポイント対策の計画的な実施や、湖沼等閉鎖性水域における水環境改善に効果を発揮することを期待するものである。また、手引き(案)の作成の中で下記に示す課題が残されており、今後、事業実施の中でさらに検討が進められることに期待するところである。

- ・対策施設に流入後の処理・処分方法
流入水の処理場への返送や貯留槽堆積物等の処分方法の検討
- ・対策施設の維持管理、運用方法
降雨の取り込み方法、メンテナンスなど

7. 手引き(案)の構成

次項に手引き(案)の構成を紹介する。



1. 総 則

- 1.1 非点源汚濁源（ノンポイントソース）とは
- 1.2 目的
- 1.3 適用範囲
- 1.4 本書の構成
- 1.5 対策計画の検討フロー
- 1.6 用語の定義

2. ノンポイント負荷削減目標の設定

- 2.1 ノンポイント対策の位置付けの整理
- 2.2 対策実施ブロックの優先順位の検討

3. ノンポイント対策手法の選定

- 3.1 資料の収集整理
- 3.2 対策地区の選定および対策手法の抽出
- 3.3 ノンポイント負荷の実態調査
- 3.4 流出負荷量の予測
- 3.5 ノンポイント対策の実証実験
- 3.6 対策効果の予測
- 3.7 施設の概略設計および概算事業費
- 3.8 対策手法の選定および対策規模の決定

4. 対策施設の設計・維持管理

- 4.1 雨水浸透ます

4.2 雨水ます清掃

- 4.3 貯留池
- 4.4 沈殿池
- 4.5 ろ過施設
- 4.6 植生浄化

5. その他の取り組み

巻末資料

- 資料1 湖沼における環境基準の達成状況
- 資料2 ノンポイント負荷の湖沼への流出状況
- 資料3 汚濁負荷削減対策の整理
- 資料4 ノンポイント負荷の流出特性
- 資料5 表面工種別ノンポイント負荷流出特性
- 資料6 滋賀県における実証実験計画例
- 資料7 解析モデルの具体例
- 資料8 浸透による、ノンポイント負荷削減のモデル化の試み
- 資料9 対策施設の費用関数
- 資料10 ノンポイント対策施設の費用負担例
- 資料11 米国におけるノンポイント対策と関連排出規制制度
- 資料12 滋賀県における計画策定例

●この研究を行ったのは

研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員
 研究第二部研究員

高相 恒人
 田代 敏郎
 篠岡 賢進
 田中 孝
 馬上 英機

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長
 研究第二部主任研究員
 研究第二部研究員
 研究第二部研究員

高相 恒人
 篠岡 賢進
 馬上 英機
 舩岡 秀一