

広域的な市街地等汚濁負荷削減 手法等に関する調査

(建設省、茨城県、千葉県、長野県、滋賀県、住宅・都市整備公団)

1. 研究の背景と目的

我が国の湖沼の多くは、重要な水源であると同時に、観光、レクリエーションの場ともなっており、その水質保全是重要な問題であるが、閉鎖性水域の特性から、水質改善がなかなか進まない状況にある。

このため、これまでも下水道整備を積極的に推進してきており、家庭や事業所から流出する汚濁負荷量は減少しているが、一方で路面や屋根等からの非特定汚染源（ノンポイントソース）からの堆積物の流出に起因する汚濁負荷量は、都市化の進行に伴って増加する傾向にある。

こうした市街地からの非特定汚染源負荷は、主として降雨の初期段階における市街地の洗い出し（フラッシング）により湖沼に流入するものと考えられるが、これまで十分な調査研究が行われているとは言えず、汚濁負荷の性状、流出機構等、まだまだ解明されていない面があり、有効な削減対策が講じられていない状況にあった。

そこで、平成5年に「市街地排水浄化対策研究会」（会長：中村 栄一・建設省土木研究所下水道部新下水処理研究官）が設置され、各モデル地区での雨天時汚濁負荷流出調査や解析の検討を行ってきた。平成10年度には、それらの研究成果をもとに、これからノンポイント対策を実施しようとする地方公共団体で、汚濁負荷の実態を把握し、適正な対策が計画できるように、基本的な検討事項や手順を示した「市街地から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、「(財)下水道新技術推進機構」を発刊するに至った。本年報では、本手引きの概要について報告する。

2. 手引きの構成

本手引きは、ノンポイント対策の概論とともに実態調査、流出負荷予測の手法を示し、対策メニューを紹介している。その内容構成は次のとおりである。

1. 総論
 - 1.1 非特定汚染源（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
2. 現地資料の収集
3. ノンポイント負荷の実態調査
 - 3.1 実態調査の目的
 - 3.2 調査箇所を選定
 - 3.3 水質項目の設定
 - 3.4 流出水の観測
 - 3.5 降雨観測
 - 3.6 調査結果の整理・分析
4. 流出負荷の予測
 - 4.1 負荷量予測の枠組み
 - 4.2 予測手法
 - 4.3 解析モデルの作成・検証
5. ノンポイント対策の検討

- 5.1 対策の基本方針
- 5.2 対策手法
- 5.3 対策効果の解析手法
- 5.4 対策効果の予測
- 5.5 対策の評価法

- 巻末資料1：湖沼における環境基準の達成状況
- 巻末資料2：ノンポイント負荷の湖沼への流出状況
- 巻末資料3：ノンポイント負荷の流出特性
- 巻末資料4：解析モデルの具体例
- 巻末資料5：浸透による負荷削減モデル化の試み
- 巻末資料6：事業費

3. 手引きの内容

1. 総論

1.1 非特定汚染源（ノンポイントソース）とは
 非特定汚染源（以下「ノンポイントソース」という）とは、流域から流出する汚濁負荷の汚染源のうち、生活系排水および産業系排水等の特定汚染源（以下「ポイントソース」という）以外の汚染源であり、多くの場合、雨天時において山地、農地や都市から流出するものである（図-1）。

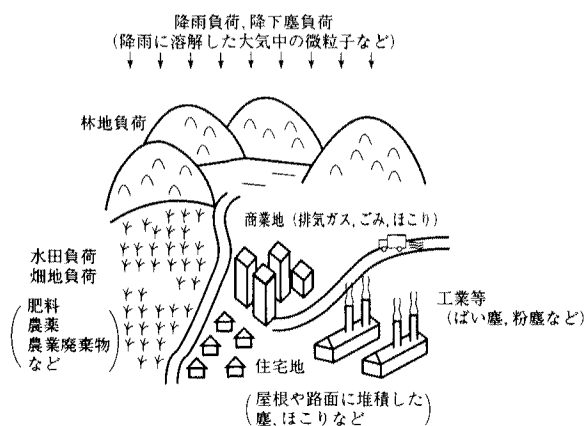


図-1 ノンポイント負荷の発生源¹⁾

1.2 目的

本手引きは、ノンポイントソースに関する対策を進めるにあたって、ノンポイント負荷の流出状況の把握方法および負荷削減の対策手法を提示し、効果的な対策の実施により、閉鎖性水域である湖沼の水質改善に資することを目的としている。

1.3 適用範囲

ノンポイント負荷のうち、下水道が整備されている市街地において、分流式下水道雨水管から流出する汚濁負荷を対象としている（図-2）。

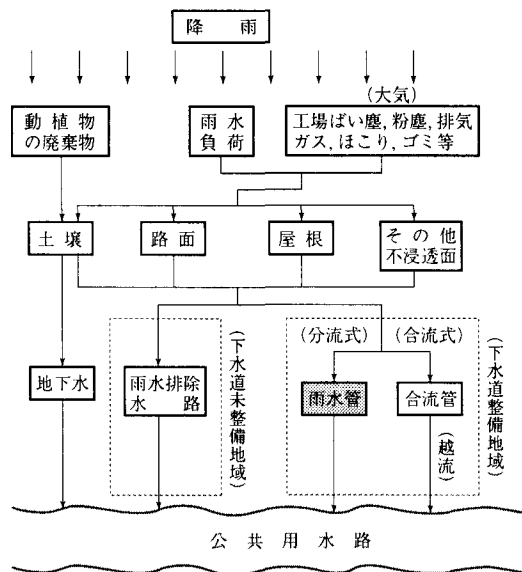


図-2 市街地負荷の公共用水域への流出過程¹⁾

1.4 本書の構成

ノンポイント対策の検討は、ノンポイント負荷の流出状況の把握、対策の検討から構成される。そのうち流出状況の把握については、現地資料の収集、ノンポイント負荷の実態調査、流出負荷の予測の3項目から構成される。

2. 現地資料の収集

検討対象排水区域の雨水排水施設の状況、土地利用の状況、降雨の状況等の資料より整理し、ノンポイント負荷の流出状況を把握するための基礎資料とする。

① 土地利用関係資料

土地利用（住宅、商業、工業等）および表面工種（屋根、道路、間地、裸地等）の資料を収集・整理し、流出負荷量との関係を把握するとともに、流出負荷量算出における数値計算のパラメータ設定に用いる。

② 管渠関係資料

排水施設平面図（雨水）をもとに、管渠や側溝の諸元（断面形状、勾配、延長）および排水系統を整理し、雨水流出計算および流出負荷量の計算に利用する。

③ 降雨関係資料

流出負荷量に影響を与える降雨データを到達時間等を考慮した適当な時間ピッチ（概ね、時間ピッチ=到達時間÷5を目安とする）で整理し、流出負荷量の予測および負荷削減対策効果の検討に利用する。

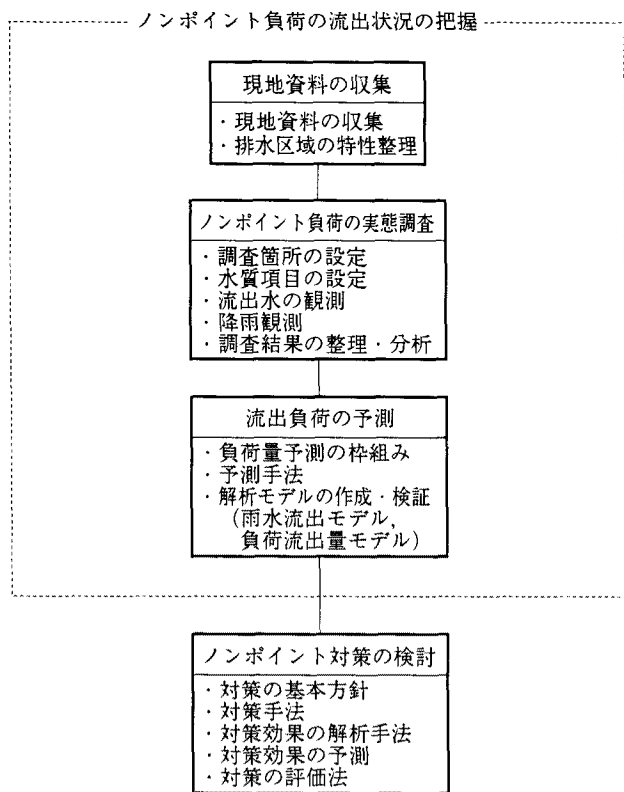


図-3 市街地におけるノンポイント対策検討フロー

④ その他

流域図, 既往の水質調査資料, 水洗化の整備状況資料など。

3. ノンポイント負荷の実態調査

3.1 実態調査の目的

ノンポイント負荷は、従来規制がなく、削減目標もないことから汚濁負荷としての認識が薄く、その実態については必ずしも十分に把握されていない状況にある。このため、対策の実施にあたってはノンポイント負荷の流出状況を把握することが必要である。

なお、実態調査は、①ノンポイント対策を実施する区域について行う場合と ②いくつかの対象区域を代表するモデル区域について行う場合に分けられる。

① 対策実施予定区域における実態調査

実態調査により、水質値や流出パターンを把握し、湖沼の水質との比較等を行い、対策における負荷削減目標の設定および最適な対策手法の選定に利用する。

② モデル区域における実態調査

実態調査により土地利用等の排水区域の特性と

雨水の汚濁状況を整理し、土地利用ごとの汚濁負荷の原単位の推定や、流出負荷量を予測する際の数値計算モデルのパラメータ設定に利用し、他の区域にも適用できるデータを整理することを目的とする。

3.2 調査箇所の選定

現地での観測調査によりノンポイント負荷の現状を把握する場合に、調査排水区域を設定し、放流口において雨水試料の採取や流量観測を行う。調査排水区域は、下水道整備の状況、排水面積、観測機器の設置等を考慮して選定する。

なお、調査排水区域の選定は、以下の条件を原則とする。

- ① 汚水系の下水道施設が整備されており雑排水等の流入がない区域
- ② 計測や試料採取が容易であること
- ③ 排水面積が10ha程度以上であること
- ④ 土地利用の特徴が比較的明確であること

3.3 水質項目の設定

放流先となる湖沼の富栄養化や環境基準等を考慮して、ノンポイント対策の対象とする水質項目を次のとおりとする。

(基本項目) BOD, COD, SS, T-N, T-P

(補助的項目) 水温, 電気伝導度 (EC), pH, 濁度

3.4 流出水の観測

ノンポイント負荷による流出負荷量は、雨水の水質、流量を観測し、その積により把握される。

(1) 対象降雨

降雨が自然現象であるため、降雨を選ぶことは困難である。データが充分といえる観測回数は決められないため、降雨量が小さいものから大きいものまで、できる限り多くの降雨を観測することが望まれる。

(2) 水質観測

① 観測の時間間隔

ノンポイント対策を効果的に実施するためには、排水区域における流出負荷量の時刻変化の特性を把握する必要がある。

② 観測方法

観測方法としては、人員による方法と自動採水装置を用いる方法が考えられる。

人員による方法は、雨水流出の状況を見ながら、採水の時間間隔や採水する時間帯を設定でき、流出負荷量の特性を適正に把握できると考えられる

が、流出がなかった場合には人員配置が無駄となる可能性もある。

また、採水ポンプを用いた自動採水装置による方法が考えられる。この方法は自動計測のセンサーとの一括した管理が可能となる。降雨量や水位に関して採水開始の条件を設定すれば自動的に採水が開始される。ただし、ハード的な制約から採取できるサンプル数が限られており、適切な採水時間間隔を設定する必要がある(図-4)。

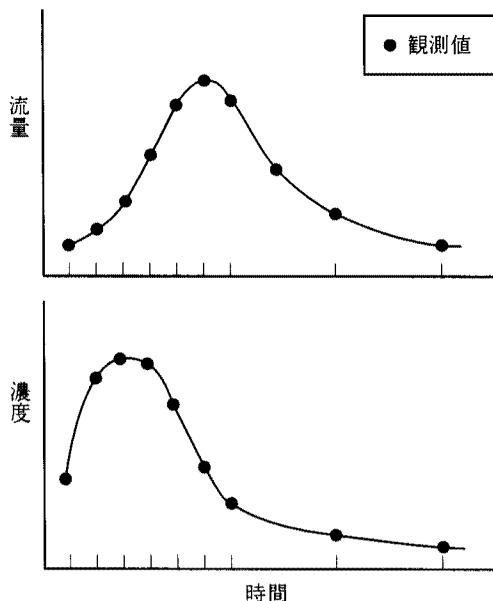


図-4 観測の時間間隔

(3) 流量観測

流量は直接観測することができないため、水路の水位をセンサー等で計測し、その水位を流量に変換して求める。また、流量の観測は、流出負荷量を把握するため、水質観測と同じ時刻に行う必要がある。

(4) その他

調査箇所によっては、晴天時に地下水や雑排水等の流れがあり、ノンポイント負荷の流出特性を正しく把握できない場合がある。このような影響を取り除くとともに、年間を通じた雨天時、晴天時別の汚濁負荷の流出実態を把握するために、晴天時の水質および流量を測定し、流出負荷量の状況を把握することが望まれる。

3.5 降雨観測

市街地のノンポイント負荷の流出は降雨に起因しており、降雨と雨水との関係を把握することが必要であることから、降雨量の計測は不可欠といえる。観測された降雨量データは流出率の算出に利用し、

流出特性の把握に活用する。

3.6 調査結果の整理・分析

観測された降雨量、流量、水質を整理して、雨天時のノンポイント負荷による流出負荷量の特徴を把握し、ノンポイント対策の必要性について検討する。

調査結果の整理した例を図-5に示す。

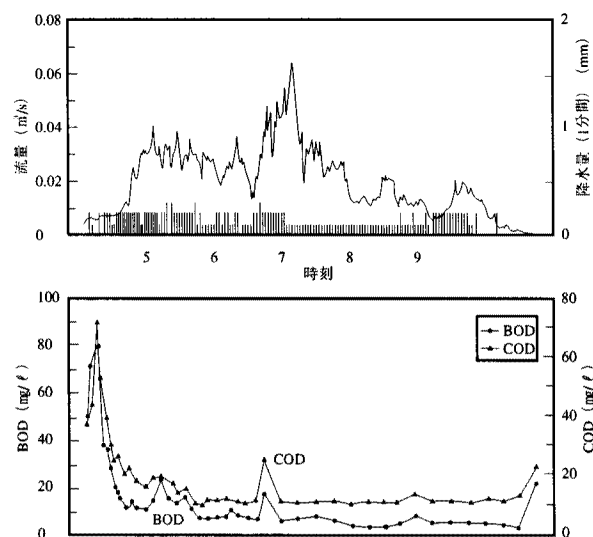


図-5 水質等経時変化図 (A市)

4. 流出負荷の予測

4.1 負荷量予測の枠組み

ノンポイント対策の検討にあたって、現況の流出負荷量の把握および負荷削減対策効果検討のため、流出負荷量の予測を行うこととなる。ノンポイント負荷による流出負荷量を予測し、各種対策手法の効果を定量的に評価するためには、分流式下水道における雨水排水の各過程を表現し得る解析モデルを用いる必要がある。

解析モデルとして、修正RRL法および土研モデルを想定した予測プロセス例を図-6に示す。

4.2 予測手法

ノンポイント対策では、流出負荷量の特徴から種々の降雨波形に対して、時々刻々の流出負荷量を予測する必要があり、その結果をもとに貯留池等の対策の効果等が評価される。このため、適切な解析モデルを用いる必要があり、対策の定量的な評価が必要な場合には、現地観測を実施し解析モデルの精度向上を図ることが必要である。

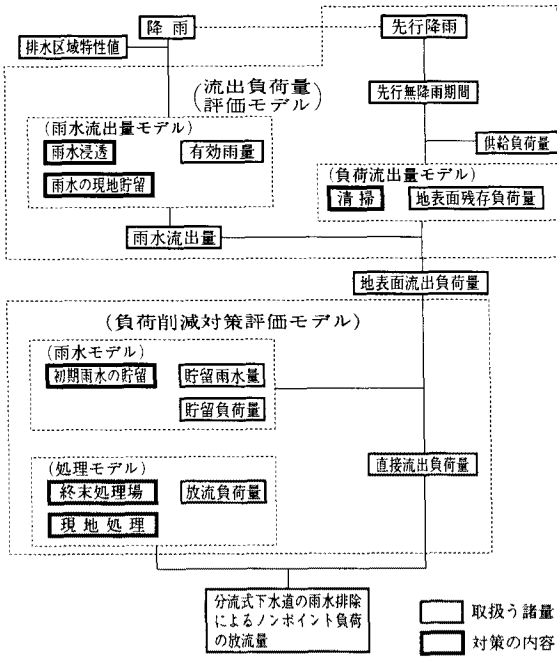


図-6 分流式下水道 (雨水) のノンポイント負荷による流出負荷量予測プロセス

また、流出過程を省略し概略の評価を行う場合には、降雨量、流出量、流出負荷量等の実測値をもとにした回帰式により評価することも可能である。

なお、対象区域の流出負荷量に関する資料が得られていないか数少ない場合には、解析モデルによる方法は有効である。一方、回帰式による方法は精度を確保するために数多くの実測データが必要である。

4.3 解析モデルの作成・検証

対象となる排水区域の諸元をもとに、解析モデルの各種パラメータを設定する。また、実測値が得られている場合には、パラメータの同定を行い、モデルの精度向上を図ることが望まれる。

5. ノンポイント対策の検討

5.1 対策の基本方針

分流式下水道の雨水を対象としたノンポイント対策は、雨水の流出過程に応じて検討する必要がある。雨水の流出過程を3つの過程に分けて検討する (表-1)。

5.2 対策手法

ノンポイント対策の手法は雨水の特徴や排水区域の土地利用状況等を踏まえて検討する。各対策

表-1 対策手法の基本方針

対象	流出過程	対策手法
雨	表面流出	貯留・浸透 路面等の清掃
	雨水管中の流下	污水管への分水 雨水管, 雨水桝等の清掃 雨水管, 雨水桝等の浸透
水	放流口	直接処理 貯留 (別途に処理必要)

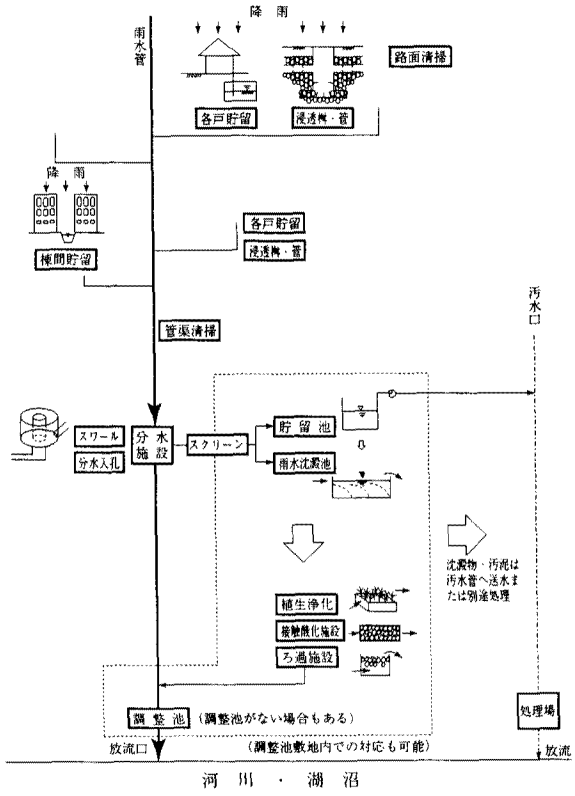


図-7 排水区域における対策施設の配置

施設を排水区域に配置すると図-7のようになり、表面流出過程や雨水管内の流下過程での貯留、浸透、清掃等と放流口での貯留、沈殿および処理となる。

5.3 対策効果の解析手法

ノンポイント対策の検討を行う際には、対策の規模とその効果について定量的に把握する必要がある。対策は数値シミュレーションにより検討されるため各対策手法を解析モデルに組み込む必要がある。対策手法における効果を把握するために、数値解析モデルへの適用を表-2にまとめた。

表-2 対策手法の数値解析モデルへの適用

対策手法	モデルへの適用
各処理施設	処理施設へ流入する汚濁負荷量に想定した除去率を乗じることにより除去負荷量を算出することで効果を検討する。
一時貯留 (管渠流入前)	有効雨量算出過程において、不浸透面積 I_{np} あるいは凹地貯留量を変化させる。
貯留池	流出ハイドログラフにおいて貯留池流入分を分割する。
路面清掃	路面等残存負荷量 P_{so} を減じる。
浸透施設 (枿、溝など)	不浸透域に浸透損失を考慮して有効降雨を算出する。堆積負荷は浸透施設の有無に関係なく減少する。

※数値解析モデルとして、修正RRL法+土研モデルを用いた場合の例を示した。

5.4 対策効果の予測

対策の効果は様々な降雨パターンに対応するため、年間値で評価する。降雨条件（年間降雨回数・年間降雨量・年間降雨時間）が平均的である年を選定し、その年の年間降雨を対策の予測条件として、負荷流出シミュレーションを行い、対策の効果を予測する。

5.5 対策の評価法

ノンポイント対策は、①負荷削減率による評価、②放流先水質（環境基準値、現状水質値）との比較による評価、③経済性の評価（対策施設の建設費、維持管理費等を考慮）等の事項から評価することができる。

① 負荷削減率による評価

ノンポイント対策を行うことにより、湖沼へ流

出するノンポイント負荷の削減率を表すものである。ノンポイント負荷は山林、水田、市街地などから雨水の流出とともに出てくるが、湖沼流域におけるノンポイント負荷の発生源別割合が推定されている場合には、各対策により流域全体でみた負荷の削減状況を推定できる。

② 放流先水質との比較による評価

放流先における水質の環境基準値や、現状の水質観測値と放流水質を比較し、対策による水質の改善の程度等が評価できる。

③ 経済性の評価

事業費と対策効果のバランスを考慮した対策を計画するため、基本的に必要な評価項目である。また、雨水を対象とした対策であり、定常的でない対策となるために、維持管理等をできるだけ簡便で安価に行えるような対策とすることも必要である。

4. まとめ

ノンポイント対策の実施例は、現在、ほとんどない状態である。本手引きが、ノンポイント対策の促進に貢献することを願うとともに、今後のモデル地区における実証実験の結果を踏まえて、より充実したものに改訂していく予定である。

<参考文献>

- 1) 和田安彦：都市における汚濁負荷と制御，雨水制御技術資料，Vol.7, pp.11-31

●この調査に関する問い合わせは 研究第二部長 前田 正博
 研究第二部主任研究員 本 靖夫
 研究第二部研究員 小林 卓矢
 研究第二部研究員 苧木新一郎