特集1・湖沼における面源負荷

琵琶湖の水質と面源負荷

大槻 均*

1. はじめに

琵琶湖・淀川水系の水環境をさらに改善するために、(財)琵琶湖・淀川水質保全機構では、琵琶湖を含む淀川水系に関係する府県と共同で琵琶湖・淀川水環境改善対策総合調査として面源負荷削減対策調査を実施した。本調査では、これまでの知見を踏まえ、今後の面源負荷対策に関する調査・研究の方向性を提示して戴くために、学識経験者による「面源負荷削減対策委員会」を設立し、面源負荷流出特性の把握、面源負荷対策および削減効果の検討を行ったが、特に琵琶湖流域における検討結果を報告する。

2. 調査内容

(1) 既往の調査、研究資料の整理

面源負荷に関する既存・最新の調査研究資料を収集整理し、流域の面源負荷分布、流出負荷特性等の把握に資する資料とした。

(2) 面源負荷流出特性の把握

衛星写真を用いたリモートセンシング手法により、琵琶湖流域の面源負荷（土地利用）分布を把握するとともに、面源負荷の概念、流出機構や原単位を整理し、各流域別の面源負荷の分布状況を試算し、削減対策検討の基礎資料とした。

(3) 面源負荷流出特性調査

既往調査研究成果の補完を目的に、山林、農地、市街地での雨天時流出特性の実態調査を行った。また、微量有害物質のうち、事例の少ない流域全体のトリハロメタン前駆物質の調査を実施した。

(4) 面源負荷対策の検討

上記の結果に基づいて、以下のような項目について検討した。

① 琵琶湖流域における面源負荷対策の検討

② 今後の面源負荷対策の検討

(5) 面源負荷削減効果の検討

琵琶湖流域における今後推進すべき面源負荷削減対策の対象分野や手法を抽出し、対策実施による負荷削減効果について試算した。

2.1 今後の面源負荷対策の取組みに向けた現状と課題

今後の面源負荷削減対策の取組みに向けての現状の課題を整理すると表1のように集約される。面源負荷対策に関する課題の全般を支配するのは、定量化および対策の困難さであり、今後は対策の評価にあたって有効に活用可能な定量化手法として、従来からの原単位の把握とともに、汚濁負荷の排出や流出・流下の形態に影響を及ぼす要因、たとえば農地における施肥量と灌漑方法、市街地における晴天時堆積物と表面流出量との関係、などから面源負荷量を把握する視点が必要となることが示唆される。

2.2 面源負荷分布特性の把握

本調査では、今後の流域管理を行ううえで有効と考えられる衛星リモートセンシング技術を用いて、流域の土地利用・面源負荷分布の把握検討を行った。

使用する衛星データ（LANDSAT TMデータ）は、約10年間の間隔を置いて現在と過去の2時期および各時期で異なる季節のものをを用いた。なお、現状のデータは1995年前後のものとし、過去のデータは1985年前後のものとした。

リモートセンシング手法によって分類した1995年の土地被覆図は、図-1に示すように、琵琶湖沿岸では、特に東岸流域で水田と市街地が顕著である。琵琶湖北湖流域では森林が約7割を占め、水田が2割弱、市街地については約1割となっている。琵琶湖南湖流域では、市街地と森林が共に4割弱を占めており水田が2割弱となっている。

* (財)琵琶湖・淀川水質保全機構
Hitoshi OHTSUKI

表 1 面源負荷削減対策に向けた現状と課題

項 目	現 状	今 後 の 課 題
面源負荷の 排出過程	・ 諸計画で用いられている原単位の 範囲が大きく、実態を把握しにくい。 ・ 根拠とする調査データは殆どが 1970～1980年までのもの。 ・ 時代変化や対策効果との関係が把 握しにくい。 ・ 全般に調査事例が少ない。	定量化の向上と対策効果を把握可能な評価手 法の確立 ・ 調査データの少ない分野のデータの取得 ・ 地域特性、季節変化を考慮した評価 ・ 対策評価に結びつく排出負荷量の評価手 法（流量との関係づけ、発生源との関係 づけ等）
面源負荷の 流達過程	流域全体の排出負荷量評価では、一 律の流達率を乗じて、年間の流入負 荷量を算定するのが一般的。	流域規模や土地利用特性、流達特性に応じた 設定、空間スケール、時間スケールの精度は どの程度かの合意形成。
面源負荷 流出解析	・ 負荷流出機構は理論的には概ね確 立されているが、その検証データ が不足。 ・ 従来、よく用いられるL-Q式によ る評価は対策効果による変化を考 慮しにくい。 ・ 下水道分野では、土研モデル、海 外モデル等、実用化されている。 ・ 近年は、GIS等を利用し大流域を 対象する計画策定支援型モデルの 提案がなされている。	①施策決定支援モデルの確立 ・ 流域全体の対策を方向づけるための面源負 荷評価モデルの精度はどうあるべきかの合 意形成。 ②モデル検証データの有効な取得方法の確立 ③水循環計画、経済性評価のニーズ
対策実施に 係わる事項	①事業効果の評価が困難なため事業 化し難い ②既往の主な対策事例 ・ 道路清掃 ・ 水田（施肥方法改善） ・ 大規模雨水専用幹線、他 （雨水対策が主目的）他	①対策効果の評価手法の確立 ②対策手法の技術開発 （自然浄化機能の積極的な活用） ③住民参加型対策 ④関係機関の連携
計測手法	・ 定期観測：月 1 回程度が多い。 ・ 主要地点では、自動で毎時観測	・ 面源負荷を対象とした計測精度の検討 ・ 計測の自動化、省力化 ・ 流域一体となった管理手法、管理体制

(1) 現況および将来の流出負荷量の算定

① 算定の目的

今後、推進していくべき面源負荷削減対策の方向性を見いだすために、まず、琵琶湖・淀川流域における現況の流出負荷量と既存施策の実施によって予測される流出負荷量の変化を算定し、各流域の面源負荷分布の特性を整理した。

面源系負荷の原単位については、既往資料においては（ ）中に示すようにかなりの幅があるが、本検討では概ね平均値として、表2のとおり設定した。

(2) リモートセンシングによる面源負荷量の算定結果

琵琶湖流域における面源負荷量は、ランドサットにより分類した1995年の土地利用別面積をフレームとして図-2に示す原単位を乗じて算出した。

北湖流域

水田、市街地、森林からの負荷比率が高い。水田

表 2 面源負荷排出原単位（単位：kg/k㎡/日）

土地利用区分	COD	T—N	T—P
市街地	39.6 (9.3～103.6)	5.60 (1.20～9.40)	0.90 (0.20～1.80)
水田	28.0 (13.7～55.0)	6.82 (-2.30～11.30)	0.49 (-0.10～0.90)
畑地・ゴルフ場	4.5 (2.4～8.6)	27.40 (8.03～60.00)	0.20 (0.10～0.30)
森林・その他	4.9 (1.1～8.6)	0.90 (0.08～2.00)	0.07 (0.01～0.40)

注1)（ ）内の数値は、原単位の算定に用いたデータの範囲を示す。

は、CODで35%、T—Nで32%、T—Pで32%と高いのが特徴的である。次いで、市街地はCODで28%、T—Nで15%、T—Pで33%と土地利用面積比率では10%であるが負荷比率は高い。

琵琶湖流域

土地被覆項目	1995年 (ha)	面積比率 (%)
森林	198,387	65.22
水田	53,692	17.65
畑地	2,722	0.89
草地	7,119	2.34
裸地	2,876	0.95
市街地	37,159	12.22
ゴルフ場	2,211	0.73
合計	304,167	100.00

凡例

	森林
	水田
	畑地
	草地
	裸地
	市街地
	水域
	ゴルフ場

図-1
土地利用分類図 (1995年)

図-2

琵琶湖の面源負荷量 (COD)

琵琶湖北湖流域

琵琶湖南湖流域

南湖流域

琵琶湖南湖流域では、北湖に比べ市街地負荷の比率が高いのが顕著であり、CODで62%、T-Nで37%、T-Pで66%を占める。次いで比率が高いのは水田であり、CODで21%、T-Nで21%、T-Pで17%である。

2.3 面源負荷対策の検討

2.3.1 面源負荷削減対策

面源負荷対策として一般的に以下の表3に示す対策手法が考えられる。

2.3.2 琵琶湖流域における面源負荷削減対策の検討

面源負荷削減対策の取組みは、基本的に制御可能なすべての場所で行うことが重要である。本調査では、各流域に占める面源負荷の動向から、特に重点

表3 対策手法

市 街 地	発生抑制	発生源除去
	流出抑制	雨水流出量制御
		雨水の処理
		河川水の処理
農 業 地 域	発生抑制	水路等の流路変更
	発生抑制	発生源対策
そ の 他	流出抑制	水管理の改善
		生態系での浄化
		浸食・崩壊の防止

的な対策が必要な分野について検討した。表4には、既存施策に追加して実施すべき対策を示した。

2.3.3 対策工法の負荷削減効果と実施規模

現段階における個別対策の削減効果を設定し、実施規模については、平成22年までの期間での事業計画に概ね沿った場合、さらに面源負荷削減対策を推進した場合の2つの設定を行い、各々対策を実施した場合の面源負荷削減量を算定した。

想定1：(既計画規模)

琵琶湖総合保全整備計画における面源負荷削減に係る追加施策の計画規模を基本として設定。

想定2：(推進計画規模)

農地排水対策は想定1と同じ。

市街地排水対策を既計画規模に加えて、さらに推進した場合を想定。

2.4 面源負荷削減対策実施による負荷削減効果

面源負荷削減対策を実施した場合の負荷削減効果について、図-3に示した。

想定2は、想定1とほぼ同様の対策内容で、その実施面積の拡大を想定したものである。両者を比較

してわかるとおり、面源負荷削減対策は、流域全体の広い範囲で実施することで、より大きな効果が発現する。

2.4.1 琵琶湖における面源負荷削減量算出結果

図-3に示すように、COD、T-Nに関しては、想定2（推進計画規模）の対策により既存施策既成時と比べて市街地で北湖と南湖共に約4割の顕著な削減効果が見られる。T-Pについても市街地において北湖、南湖共に約5割の削減効果が見られる。

水田についてもT-N、T-Pに関して、想定2（推進計画規模）の対策により既存施策既成時と比べて北湖、南湖共に約4割の削減効果が見られる。CODについては、北湖・南湖共に約2割の削減効果が見られる。

2.4.2 流出負荷量（点源負荷＋面源負荷）に対する面源負荷量の削減量算出結果

これまでの調査報告（第3次湖沼水質保全計画）の点源負荷量と本調査における面源負荷量から、琵琶湖における流出負荷量を算出し、想定1および想定2の対策による削減効果についても算出した。

図-4に示すように、北湖においては、COD・T-NそしてT-Pについて想定2の対策により既存施策既成時と比べて約2割の削減効果が見られた。南湖においても想定2の対策により既存施策既成時と比較して約3割の削減効果がみられる。

3. お わ り に

今後、現地データを蓄積し、面源負荷流出実態の精度向上を図り、またこれと併せて、対策手法の開発およびその効果評価システムを構築することにより琵琶湖流域における効果的な面源負荷削減対策の

表4 流域別の面源負荷特性と対策の方向性

流 域	土地利用特性	その他の流域特性	流出負荷量の動向	主要な面源負荷削減対策の分野
琵琶湖北湖流域	山林、水田が多い。 山 林：68% 水 田：18% 市街地：10% その他：4%	・下水道整備率低い	将来は、水田、市街地、山林の順で点源に比べて面源が大きい。	・農業排水対策 ・市街地対策 ・山林適正管理 ・流入河川浄化
琵琶湖南湖流域	市街地が多い。 山 林：38% 水 田：17% 市街地：36% その他：9%	・下水道整備率比較的高い。	COD、T-Pでは市街地排水が最も大きくなる。水田CODも負荷比率10%を越える。	・市街地対策 ・農業排水対策 ・流入河川浄化

注) 土地利用面積はリモートセンシングによる値。その他は、畑地、ゴルフ場、草地、裸地を示す。

図-3 面源負荷削減対策による面源負荷量の削減効果

凡例 □ 点源系負荷 ▨ 面源系負荷

図一 4 面源負荷削減対策による流入(流出)負荷量の削減効果(COD)

計画立案が可能となると考えられる。なお、面源負荷の検討においては、その基礎条件である流域の土地利用状況を面的にかつ継続的に把握することが重要である。近年の急速な技術の進歩により、地球観測衛星による広範囲で詳細な情報を多頻度にて取得可能となっており、本調査で用いている、地球観測衛星によるリモートセンシングによる土地被覆分布把握についても、より詳細なデータを取得することが可能となり、面源負荷把握に大きく貢献することが期待される。

最後に、本調査を進めるうえで有益なるご助言を頂きました宗宮委員長を初め、中村委員、浮田委員、海老瀬委員、大久保委員、國松委員、本多委員、山田委員、和田委員および作業を担当していただいた国際航業株式会社の関係者の皆さんに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 國松孝男、村岡浩爾編著、河川負荷のモデル解析、技報堂出版 1989
- 2) 和田安彦著、ノンポイント汚濁源のモデル解析、技報堂出版 1990
- 3) 和田安彦著、ノンポイント負荷の制御、技報堂出版 1994
- 4) 宗宮功編著、自然の浄化機構、技報堂出版 1990
- 5) 楠田哲也編著、自然の浄化機構の強化と制御、技報堂出版 1994
- 6) 岩佐義朗編著、湖沼工学、山海堂 1990
- 7) 岡太郎・菅原正孝編著、都市の水環境の新展開、技報堂出版 1994
- 8) 菅原正孝他著、持続可能な水環境政策、技報堂出版 1997
- 9) 國松孝男・菅原正孝編著、都市の水環境の創造、技報堂出版 1988
- 10) 虫明功臣・石崎勝義・吉野文雄・山口高志編著、水環境の保全と再生、山海堂 1987

●私の環境教育●

植田善太郎

泉大津市立上條小学校
〒595-0006 泉大津市東助松町東3-13-1
TEL 0725-21-2006 FAX 0725-31-4992
E-mail: zen-ueda@bea.hi-ho.ne.jp

小学校における土の学習を中心にした環境学習

自己紹介：1991年日本環境教育学会第2回大会において「土の学習」を提唱。以来小学校教育の中に環境教育を進めていこうと土壌教育の実践に取り組んでいる。1999年3月「環境教育のための生態系概念育成に関する教材開発研究」なる修士論文で大阪教育大学大学院を修了。

前回の学習指導要領の改訂で、小学校5年生理科の内容から「草木の育ちと土」の単元が削除されました。この改訂によって、私が環境教育に取り組み出す契機が生まれました。

それまでは、発芽の条件を学習したあとで、植物が生長するためには水と豊かな土が必要であることを順に学習するという展開になっていました。改訂後は「土」の扱いがなくなり、「水」だけが取り上

げられました。レタスの水耕栽培などが脚光を浴びるのがこの頃です。

「植物の生長に水のみを強調することは自然界の仕組みを学習する理科の目標とかけ離れたものではないだろうか」というのがその頃の私の思い

でした。そして、学習指導要領では軽視された、土の働きを見直す学習を充実しようと考えたのです。

環境教育の基礎の部分形成するものの中に、生態系概念の学習があります。すなわち生態学の学習ですが、その対象として土壌はさきわめて重要な環境要因であろうと考えます。いわゆる土壌教育が、小学校の学習の中にしっかり位置づける必要があると考えています。

これまでに、土に関わる学習プログラムとして小学校6年間で18単元の内容を盛り込んだものを作成しています。次回の学習指導要領の改訂では3年生理科の「土と石」がなくなります。土を扱う教材が教科教育から減少していく傾向にあるわけです。土に関わる学習プログラムは、環境教育の基礎の部分形成する学習として位置づけようと考えています。