

西の湖における浄化事業の定量評価と今後の浄化対策の方向性について

西田 哲哉¹・辻井 健太²

¹東近江土木事務所 河川砂防課

²東近江土木事務所 河川砂防課

西の湖において水質予測モデルを構築し、これまで実施されている浚渫事業等の浄化対策の水質改善効果を定量的に評価するとともに、西の湖における現状の課題を整理した。また、これらの課題を踏まえて、今後水質改善を進めていくための対策として、流域対策の推進に加え、維持管理等のコスト縮減や生物環境、河川利用等の観点も取り入れた河川対策メニューを抽出し、流域一体となった浄化対策の枠組みを検討した。

キーワード 西の湖、浚渫事業、水質予測モデル、浄化対策

1. はじめに

西の湖では、下水道事業や農業集落排水事業等の浄化対策に加え、水質の悪化している湾奥部において底泥からの湖水中に溶け出す汚濁負荷量（溶出負荷量）の削減を目的に、平成12年度から継続して浚渫事業（底質改善対策）を実施している。その結果、湖内水質は徐々に改善されてきたが、依然として琵琶湖に比べ水質は悪化している状況である。

本検討では、水質予測モデルを用いて各種浄化対策の効果を定量的に評価するとともに、数年後に浚渫事業が完了する予定であることから、西の湖の水質改善を推進していくための今後の浄化対策の方針を検討した。

2. 西の湖の浚渫事業の概要

(1) 西の湖の概要

西の湖は近江八幡市に位置する琵琶湖最大の内湖であり、ヨシ群落は近畿地方で最大級の109haに及ぶ。ヨシ原を主体とする大規模な湿地帯には、数多くの貴重な動植物が確認されており、ラムサール条約湿地に登録されるとともに、ヨシ群落保全地域に選定されている。

西の湖の諸元は表-1のとおりである。

表-1 西の湖の諸元

湖面積	2.85km ²
平均水深	約1.5m
流域面積	59.0km ²
総貯水容量	約4.28×10 ⁶ m ³
滞留時間	約19日

(2) 浚渫事業の概要

水質や底質の悪化が著しい西の湖湾奥部において、水質悪化に影響を及ぼしている底泥の強汚泥（T-P含有量1.2mg/g以上）を可能な限り除去することを目標に、平成12年度より面積147,000 m²、容積60,400 m³の浚渫を実施している。

浚渫は、高濃度薄層浚渫工法によりおこない、送泥管により処理ヤードに圧送し、天日乾燥を行っており、平成22年度までに約6万m³の汚濁土、約63tのリンを除去した。

また、平成24年度には面積16,800 m²の区域で8,400 m³の浚渫を実施する予定である。

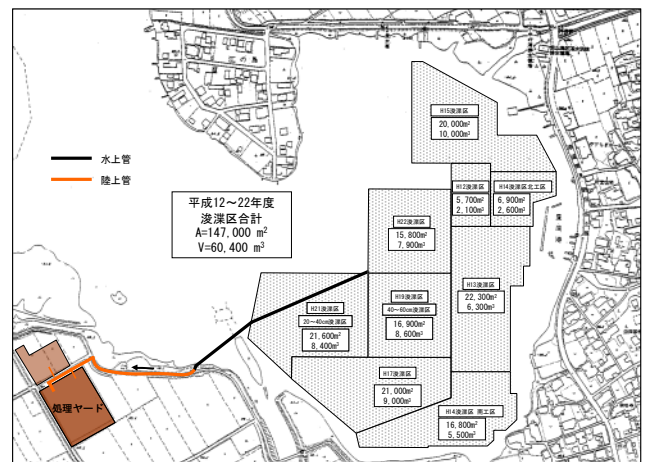


図-1 浚渫の実施範囲

(2) 浚渫事業の現状の課題

これまで実施されたモニタリング調査結果から、浚渫

により湾奥部の汚濁度の高い底泥が除去されており、T-P含有量が小さくなるなどの底質改善効果は見られているが、流入河川からの汚濁負荷等の影響で再堆積が見られ、底質目標が達成できていない状況である。

また、湾奥部の湖内水質も改善されているが、流入する小中排水路及び安土川の水質は悪く、流入河川からの負荷が底泥に沈殿するため、流入負荷が削減されない場合、継続的な浚渫の実施が必要となる。

3. 各種浄化対策の定量化

(1) 西の湖水質予測モデルの構築

西の湖の水質特性を再現し、西の湖でこれまで実施された各種浄化対策の負荷削減量を定量的に評価するために、西の湖全域を対象とした水質予測モデルを構築した。

水質予測モデルは、水域を格子状に分割した平面二次元多層の数値モデルとし、河川流入及び水位変化による流れを取り扱う流動モデルと、移流・拡散、内部生産などを取り扱う水質モデルで構成した。

表-2 西の湖水質予測モデルの概要

項目	モデルの概要	
基本設定	対象範囲	西の湖全域
	水平分割	50m×50m
	鉛直分割	4層
	対象期間	年間(2010年(平成22年) 流況を対象)
流動モデル	予測モデル	多層シグマモデル
	計算項目	流向・流速・水温
	基本式	連続の式、運動方程式、水温の拡散方程式、密度の状態方程式
	外部制御条件	流入：流入河川の流量、流出：西の湖水位 湖面：気温、日射、風向・風速等の気象条件
水質モデル	予測モデル	富栄養化モデル
	計算項目	COD, T-N, T-P, DO, SS, クロロフィルa
	基本式	物質の移流・拡散方程式、生物・化学的課程の変化式
	外部制御条件	流入：流入河川の汚濁負荷量、流出：長命寺川水質 湖底：溶出負荷(季節的に変化)、DO消費

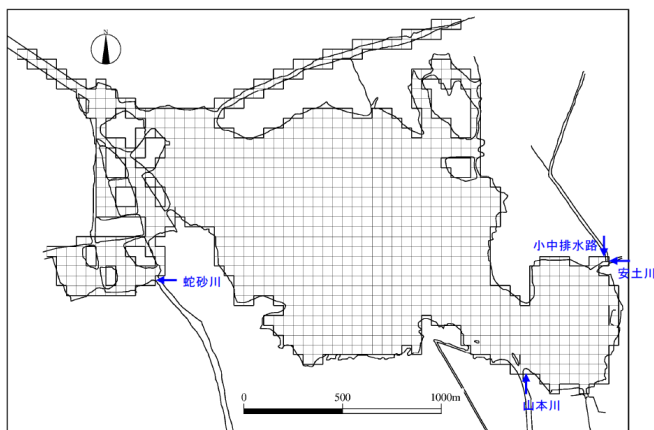


図-2 計算対象範囲(平面分割)

(2) 各種浄化対策のモデルへの反映方法

各種浄化対策の効果は、対策前として1995年(平成7年)、対策後(現況)として2010年(平成22年)を対象

とし、流域からの発生負荷量の削減及び事業実施による浄化効果をモデルに反映させることで算出した。

表-3 評価を行う浄化対策の概要

浄化対策	対策なし(H7を想定)	対策あり(H22を想定)
下水道整備	整備人口 13,358 人	整備人口 38,737 人
農業集落排水施設	整備人口 0 人	整備人口 630 人
合併浄化槽の設置	整備人口 3,417 人	整備人口 3,564 人
小中之湖水質保全対策施設	COD 除去率 0% T-N 除去率 0% T-P 除去率 0%	COD 除去率 20.1% T-N 除去率 30.1% T-P 除去率 46.3%
浚渫事業	浚渫面積 0m ²	浚渫面積 147,000m ²

a) 下水道事業、農業集落排水事業、合併浄化槽の設置

1995年から事業が実施されなかった場合を想定した発生負荷量(対策なし)と各事業のみが実施された発生負荷量(2010年:対策あり)を算出し、対策なし、対策ありのそれぞれの発生負荷量を対象とした水質予測結果から事業の効果算定した。

発生負荷量算出に用いた1995年(平成7年)フレームは、「平成10年度国土総合開発事業調整費 琵琶湖の総合的な保全のための計画調査」(滋賀県河港課)における蛇砂川・日野川流域ブロックから西の湖流域フレームを抽出したものを使用した。また、2010年(平成22年)フレーム及び原単位は、環境審議会(第6期湖沼計画に関する協議)の現況再現シミュレーションで使用したGIS形式のメッシュデータ及び原単位を使用した。

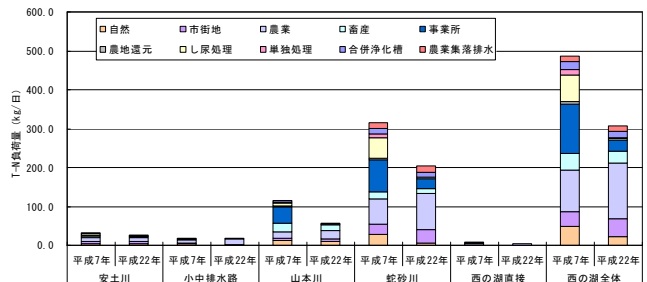


図-3 西の湖流域の発生負荷量(T-P)

b) 小中之湖水質保全対策施設

小中之湖水質保全施設の効果は、既往の調査結果をもとに小中排水路流入水の除去率を算出し、小中排水路の対策前後の流入負荷量条件として設定した。

表-4 小中排水路流入水の除去率

区分	COD	T-N	T-P
削減率	20.1%	30.1%	46.3%

c) 浚渫事業

浚渫事業の効果は、浚渫区及び未浚渫区で実施された溶出試験結果をもとに、浚渫実施前後の溶出速度を算出し、浚渫面積に応じた溶出負荷量として設定した。

底層からの栄養塩の溶出速度は、湖内の水温、DOの季節変化に伴う底泥からの溶出量の変化を考慮するため

に、図-4に示すとおり、水温とDOの関数で設定した。

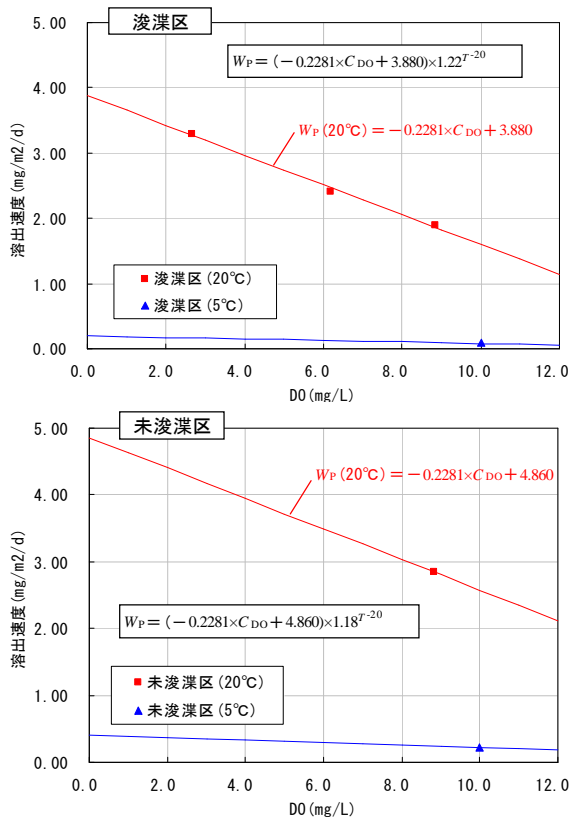
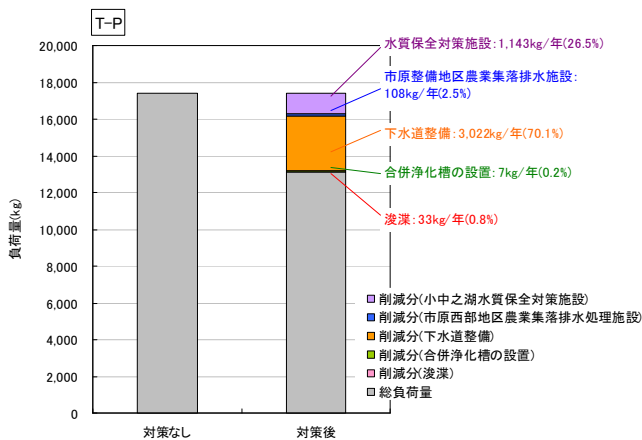


図-4 底泥からの溶出速度 (T-P)

(3) 各種浄化対策の評価

各種浄化対策によるT-P負荷削減効果は、図-5に示すとおり、下水道整備による負荷削減効果が7割、小中之湖水質保全対策施設の負荷削減効果が3割を占めている。

浚渫事業は夏季に効果が得られていると考えられるが、年間の負荷削減効果は小さくなっている。また、農業集落排水施設は、1施設の効果を算定していることから負荷削減効果は小さくなくなり、合併浄化槽の設置は、下水道整備に転換を図っているため負荷削減効果は小さくなっている。



T-P年間負荷算定方法：

湾奥部のT-P濃度×流入河川流量(山本川, 安土川, 小中排水路)

図-5 T-P年間負荷量

また、下水道事業及び浚渫事業によるリン1tあたりの削減に必要な費用を比較すると表-5に示すとおりであり、費用の面では浚渫事業による西の湖内のリンの削減がより効率的であると考えられる。

表-5 リン1tあたりの削減に必要な費用

	費用	削減量	千円/t
下水道整備	11,077,976(千円/年)	460(t/年)	24,107
浚渫事業	945,220(千円/11年)	63(t/11年)	15,003

(4) 予測モデルの精度向上

平成24年度は、以下の3点について水質予測モデルの改良を行い、より正確に各種浄化対策による水質改善効果の定量化を行う予定である。

① 河川からの流入負荷量

出水時の湖内への流入負荷実態が十分把握できていないことから、出水時調査を継続して実施し、河川からの流量、負荷量設定方法の精度向上を図る。

② 底泥からの栄養塩溶出量

底泥からの栄養塩溶出量は、水温、DOの関数で溶出速度として設定しているが、夏季においても湖内水質濃度が高いと底泥からの溶出量が小さいことが確認されている。そのため、底泥の間隙水調査、酸素消費速度調査を新たに実施し、底泥からの栄養塩溶出量と湖内水質、間隙水、T-P含有量の関係を分析し、湖内の水質変化・季節変化による底泥からの溶出量変化を評価できる溶出量設定方法を検討する。

③ 小中之湖水質保全施設の浄化効果

水質保全施設は、粒子分の沈降やヨシによる植生浄化を期待していることから、浄化効果の季節変化、各態の浄化効果を踏まえて除去率を設定するために、季節別に水質調査を実施し、年間を通じた水質改善効果を評価する。

4. 西の湖における今後の浄化対策の方針検討

(1) 西の湖における浄化対策の課題

これまでに実施されたモニタリング調査結果及び水質予測モデルを用いた浄化対策効果の評価結果から、西の湖における浄化対策の課題は以下の4点が挙げられる。

- ① 西の湖の水質改善には、流域からの排出負荷量の削減が効果的であることから、流入負荷量の削減を推進していく必要がある。
- ② 流入負荷量の大きい河川で浄化対策を行うと効果的であることから、河川の特徴を踏まえて、効率的な浄化対策を実施していく必要がある。
- ③ 浚渫により、汚濁土を除去しているが、再堆積が見られることから、継続した実施が必要である。
- ④ 現状では、浚渫による西の湖の水質改善効果は小さいと考えられるが、自然の浄化機能が回復することで、効果が期待できる。

(2) 浄化対策の基本方針

今後、効率的に西の湖の水質を改善していくためには、浚渫などの河川事業とあわせて、西の湖の水質に影響を与えている生活排水、農業排水等の流入負荷の削減が必要である。また、行政・地域住民・産業活動で連携できる施策の洗い出しや役割分担を明確にし、関係機関や地域住民が一体となった浄化対策の枠組みが重要である。

a) 流域対策の推進

流入負荷削減を推進していくためには、住民の関心を高めていくとともに、関係機関や活動団体の活動内容を浄化対策メニューとして盛り込み、行政・地域住民・産業活動の連携・協働、活動内容の広報・啓発を推進していくために、自発的かつ継続的に取り組んでいく枠組みを構築する必要がある。

b) 効率的な河川対策

効率的に負荷削減を行うためには、より汚濁源に近い河口域や汚濁支川対策などにより効果的に流入負荷を削減する必要がある。

さらに、維持管理等のコスト縮減や生物環境、河川利用等の観点も取り入れ、浚渫事業の継続を含めた河川対策を検討する。

(3) 浄化対策の枠組み

西の湖の浄化対策を推進していくためには、2007年（平成19年）8月に作成された「西の湖の浄化・再生に向けた提言」（西の湖湾奥部浄化事業調整会議）を踏まえ、役割分担を明確にし、連携・協働して浄化対策を推進していくとともに、計画のフォローアップを行っていくことが重要である。

表-6 浄化対策メニューと役割分担（案）

	地域住民	農業者	事業場	行政			
				流域市町	県・環境	県・農林	県・土木
下水道事業				○	○		
水酸化率向上	○			△支援			
合併浄化槽の設置・管理	○			△支援	△支援		
工場排水対策			○	△支援	△支援		
流域対策				△支援		△支援	
みずすまし構想		○		△支援			
自主活動 (環境学習、清掃活動など)	○	○	○	△支援		△支援	
河川事業							○
浄化事業の実施	△参加	△参加	△参加	△参加			
モニタリング	△参加	△参加	△参加	△参加	○		△参加

○:主体的に取り組む、△:支援(啓発・広報を含む)あるいは参加

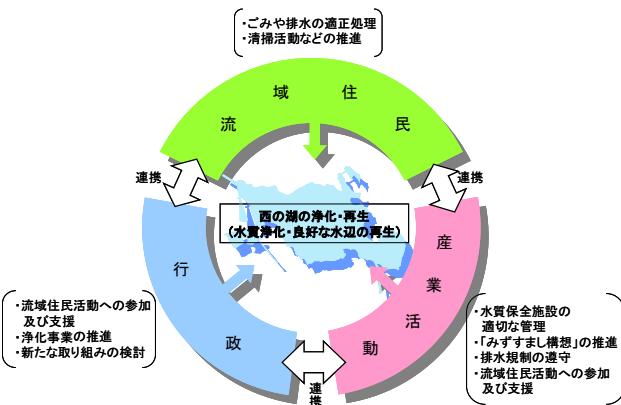


図-6 「西の湖の浄化・再生に向けた提言」イメージ

これらを実践していくためには、順応的管理（PDCAサイクル）として、計画段階から地域が参画し、自らが考え、行動していくとともに、計画のフォローアップを行っていくことが重要であることから、実務レベルによるWGの開催や有識者の意見聴取等を取り入れ、調整会議の場で合意形成を図っていく。

5. 河川対策メニュー（案）の検討

(1) 湖辺域の浅場造成

西の湖湾奥部は、コンクリートの直立護岸となっており、波浪の増大や波浪による底泥の巻き上げによる透明度の低下、水質悪化による自然の浄化機能の低下が課題と考えられ、西の湖の湖辺域に期待できる機能回復を目的とした浅場整備による浄化対策が考えられる。

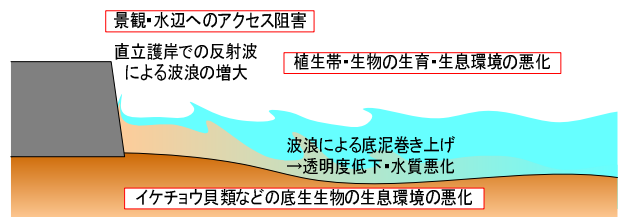


図-7 湖辺域の現状の課題

浅場整備では、生物の生育・生息環境、豊かな自然景観とともにヨシの植栽や生物調査などの環境学習等の場としての利用も期待できることから、流域住民と一体となった整備・維持管理が可能であり、流域対策の促進にも繋がると考えられる。

表-7 浅場造成の対策事例

対策名	対策内容・対策イメージ
植生帯整備	<ul style="list-style-type: none"> 波浪抑制、底泥の巻き上げ抑制による透明度向上、水質改善 生物の生息環境の拡大、沈水・抽水植物による汚濁物質の捕捉、生物の活性化による水質浄化
砂浜整備	<ul style="list-style-type: none"> 波浪抑制、底泥の巻き上げ抑制による透明度向上 砂浜による汚濁物質の捕捉による水質改善 生物の生息環境の拡大、観水性の向上

(2) 流入河川における河口域対策

湖内への流入負荷削減を目的に、図-8に示すように流入河川の特徴を踏まえた効果的で実現可能な河口域対策メニューが考えられる。

小中排水路、山本川では図-9に示すように出水時に粒子態が大きいことから、河口に沈殿ピット等を設ける対策が効果的であり、効率的な維持管理が可能となる。

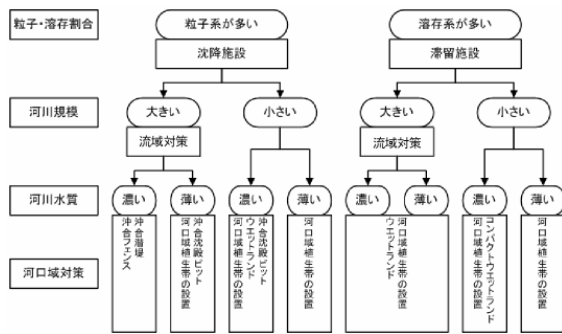


図-8 河川の流入負荷特性を踏まえた河口域対策

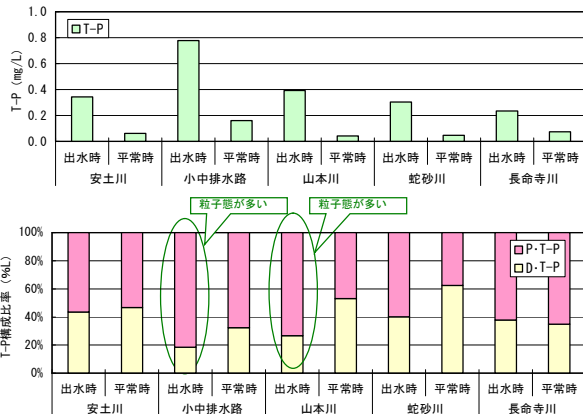


図-9 各河川のT-P水質特性

6. 終わりに

西の湖水質予測モデルを活用することで、西の湖でこれまで実施された各種浄化対策の水質改善効果を定量化し、西の湖の浄化対策における課題を明確にすることができた。その結果、今後も継続して水質改善を進めていくためには、流域対策のさらなる推進と効率的な河川対策が有効であることがわかった。

内湖に求められる機能として、「自然環境の保全機能（生物多様性を確保する機能）」、「水環境の保全機能」、「利用を促進し、自然と人とをつなぐ機能」が期待されている。

これらを踏まえ、検討した今後の浄化対策の方針を具体化するために、西の湖に期待する機能（浄化対策目標）を明確にし、流域一体となった浄化対策の枠組みを構築していく必要がある。