

5. 处理水を利用した河川水質、水量、景観改善の効果と LCA 評価

1. はじめに
 2. 研究の概要
 - 2.1 研究の背景
 - 2.2 研究の目的
 - 2.3 当該分野における学術的特色・位置づけ、独創的な点、予想される効果と意義
 - 2.4 全体構成
 3. 都市内河川環境実態調査
 4. 河川環境改善事業実施により実現する河川環境の推測
 - 4.1 河川環境改善事業の設定
 - 4.2 事業実施後の河川環境の推測
 5. 河川環境整備事業の価値評価
 - 5.1 イメージ写真の作成
 - 5.2 アンケート調査概要
 - 5.3 WTP の算出
 - 5.4 来訪頻度の増加量の算出
 6. 環境効率性の高い河川整備事業の検討
 - 6.1 環境効率
 - 6.2 ライフサイクルコスト
 - 6.3 ライフサイクル環境負荷
 - 6.4 環境効率指標
 7. まとめ
- 参考文献

1. はじめに

公共事業の実施効果評価は不可欠になりつつあるが、事業実施による便益・効果の評価方法として確立されたものはない。これは河川整備事業においても同様である。しかし、河川整備事業を都市域における環境創造事業とし、人々に癒しの空間を提供していくには、市民の評価を考慮した事業内容とする視点が必要である。

そこで、高度処理下水処理水環流等の河川環境改善事業実施によって得られる水環境を環境シミュレーション手法を用いて明らかにするとともに、これら事業の実施により得られる環境に対する市民の評価を定量的に評価する。また、これらの評価を通じて、河川事業の環境創出システムとしての価値を評価する手法、ならびに、市民から見た河川整備事業の満足度を示す指標を見いだす。さらに、河川整備事業そのものによって生じる環境負荷を把握するとともに、事業計画に環境配慮を取り入れ、河川整備事業を環境効率性の高いものとするための考慮事項を明らかにする。

本研究は、環境の経済評価手法である仮想評価法（CVM）を河川事業に適用する手法を検討し、河川整備事業に対する市民の満足度を示す指標を見いだして、事業の効果評価手法を提案するものである。同時に、河川事業をその環境効率性からも評価して、総合的な視点から、優れた河川事業を選定する手法を提示していくものである。

本研究では、まず、現在の河川環境と各種河川環境改善事業実施により得られる環境に対する周辺地域居住市民の意識・評価を明らかにした。次に河川環境のCVMによる価値評価を通じて、河川環境に対する意識レベルと価値（投資）評価の関係を明らかにした。そして、これらより河川整備事業に対する市民の満足度を示す指標を見いだすことにより、事業の効果評価手法を提案した。そして、河川環境整備事業計画に環境配慮を取り入れ、事業を環境効率性の高いものとするための考慮事項を明らかにした。

2. 研究の概要

2.1 研究の背景

豊かで安らぎのある生活へのニーズが高まるなか、清らかで表情豊かな河川の流れや身近な水辺環境などへの関心が強くなっている。そのため、近自然化工法の導入、河川敷や堤防の環境整備、さらには高度処理した下水道の導水による通常時河川流量の確保とこれによる流況等の改善がおこなわれつつある。しかし、このような事業がすべて市民に高く評価されているとは限らず、中には多額の費用を投じたにも関わらず、市民の評価の低いものもある。

一方、公共工事の効率性、効果的な実施ならびに透明性の観点から、様々な事業で費用効果分析の重要性が高まっている。例えば下水道では、平成10年に「下水道事業における費用効果分析マニュアル（案）」が作成され、下水道による生活環境改善効果を算出することを通じて、事業実施の意義を定量的に評価している。また、下水道高度処理基本計画の検討において、高度処理プロジェクトを実施した場合と実施しない場合の費用効果を評価することも行われている。河川整備事業においても、このような事業実施効果の評価は不可欠であるが、事業実施による便益・効果の評価方法として確立されたものはない。

しかし、河川整備事業を都市域における環境創造事業とし、人々に癒しの空間を提供していくには、市民の評価を考慮した事業内容とする視点が必要である。

2.2 研究の目的

水環境の保全・創出を目的とする高度処理下水処理水環流による河川環境整備事業の実施により得られる水環境を環境シミュレーション手法を用いて明らかにするとともに、これら事業の実施により得られる環境に対する市民の評価を定量的に評価する。

また、これらの評価を通じて、河川事業の環境創出システムとしての価値を評価する手法、ならびに、市民から見た河川整備事業の満足度を示す指標を見いだす。

さらに、河川整備事業そのものによって生じる環境負荷を把握するとともに、事業計画に環境配慮を取り入れさせ、河川整備事業を環境効率性の高いものとするための考慮事項を明らかにする。

以上の研究は、都市域内にあって貴重な水辺環境を提供できる可能性を有しているが、現状ではさほど良好ではない環境条件であり、平常時水量も少ないため、市民による利用が積極的に行われていない中小規模の河川を対象として実施する。

2.3 当該分野における学術的特色・位置づけ、独創的な点、予想される効果と意義

公共事業の効果評価の重要性は認識されつつあるが、実際に事業実施により得られる環境状態の質を評価する手法は確立されていない。本研究では、環境の経済評価手法である仮想評価法（CVM；ある状態の環境に関する支払い意志額を、関係者あるいはその一部の人々から直接聞きだし、その額を統計的に処理することによって、その環境の価値を計る手法）を河川事業に適用する手法を検討し、河川整備事業に対する市民の満足度を示す指標を見いだして、事業の効果評価手法を提案するものである。同時に、河川事業をその環境効率性からも評価して、総合的な視点から、優れた河川事業を選定する手法を提示する研究である。

2.4 全体構成

(1) 都市内河川環境実態調査

都市域を流下し、貴重な水辺環境を提供できる可能性を有しているが、現状ではさほど良好ではない環境条件（水質、水量、流況、親水性等）であり、平常時水量も少ないため、市民による利用が積極的に行われていない河川を対象に、その環境状態を調査する。

調査により、下水処理水を環流することによって河川環境を大きく変容できる河川を選択し、導入すべき河川環流事業の要件を明らかにする。

(2) 下水高度処理水環流等の河川環境改善事業により得られる河川環境像の定量化

対象河川において高度処理下水処理水環流等の河川環境改善事業を実施した際に得られる河川環境像を環境シミュレーション手法を用いて明らかにする。

環境シミュレーション手法にはわれわれが開発した「流域水環境評価シミュレーションシステム」を

用いる。このモデルでは、河川流域の種々の条件変化に対応した河川の流況・水質の変化を予測し、かつその結果をビジュアルに表現できるものである。また、河川流況変化を市民に評価していただくために、下水処理水環流後の河川景観と親水性を3次元グラフィックで表現する。

(3) 住民の河川環境に対する意識・評価の調査

現在の河川（貴重な水辺環境を提供できる可能性を有しているが、現状ではさほど良好ではない環境条件にあり、平常時水量も少ない）環境に対する周辺地域居住市民の意識・評価をアンケート調査により明らかにする。

同時に、下水処理水環流事業等の実施により得られる環境をイメージ写真、イメージビデオ、3次元グラフィックにより提示し、これに対する市民の評価を調査・解析する。

(4) 河川環境整備事業の価値評価

下水高度処理水環流等による河川環境整備事業の価値を、環境の経済評価手法である仮想評価法(CVM)を適用して評価する。これは先に実施した河川環境に対する意識・評価の調査の回答者グループ（環境改善を行う河川周辺の市民）だけでなく、市民全体に対しても実施し、河川環境に対する意識レベルと価値評価の関係を考察する。

そして、その成果を踏まえて、河川整備事業に対する市民の満足度を示す指標を見いだして、事業の効果評価手法を提案する。

(5) 環境効率性の高い河川整備事業の検討

今後の公共事業では、事業実施により得られる便益・サービスの価値を高めると同時に、事業そのものによって生じる環境負荷を少なくすることが必要である。この際に用いられる指標が環境効率である。

下水処理水環流事業等による河川環境改善の環境効率を評価し、その結果より、事業計画に環境配慮を取り入れさせ、河川整備事業を環境効率性の高いものとするための考慮事項を明らかにする。

3. 都市内河川環境実態調査

対象としたA川は、流域面積 16 km^2 、延長 5.3 km で河床勾配 $1/5,000$ と緩やかな勾配を持つ都市内河川である。生息魚類としては、コイ、フナ、オイカワ、ブラックバス、ブルーギルが確認されている。

河川の周辺地図を図3.1に示す。住宅地内を流れるA川周辺には自然空間やオープンスペースが少ないとことから、住民にとって貴重な空間となっている。

しかし、A川は、洪水対策のために河道は広く設計されており、晴天時の河道にはほとんど水が流れていらない状態である。護岸もコンクリートブロックで整備されており、護岸勾配もきつく（1:1、1割勾配）親水性に乏しい状態である（写真3.1）。

また、水質はBOD $3\sim5\text{mg/L}$ 、COD $3\sim7\text{mg/L}$ 、T-N $1.0\sim2.6\text{mg/L}$ 、T-P $0.1\sim0.6\text{mg/L}$ 、SS $2\sim$

31mg/Lである。基準点での環境基準は「C」類型（BOD5mg/L以下）を満たしているものの、夏季には、場所により5mg/Lを超えるところもあり、水の流れが無い場所では臭いもある。

対象河川の河川環境は決して良好とは言えないが、河川周辺には他にレクリエーションや運動ができるオープンスペースがないためやむを得ず、周辺住民は、高水敷を散歩やジョギング、落差工付近の比較的水量の多い場所では釣り等のレクリエーションの形で利用している。しかし、水質が良好でないため、水と直接触れるような用途では、利用されていない。

このように利用空間として住民のニーズはあるものの、それを満足させる環境が整っていない河川を対象とした。

住民のニーズを満足できるよう、環境が改善されれば、よりいっそう利用用途が広がり、周辺住民の河川に対する価値観は飛躍的に向上すると考えられる。

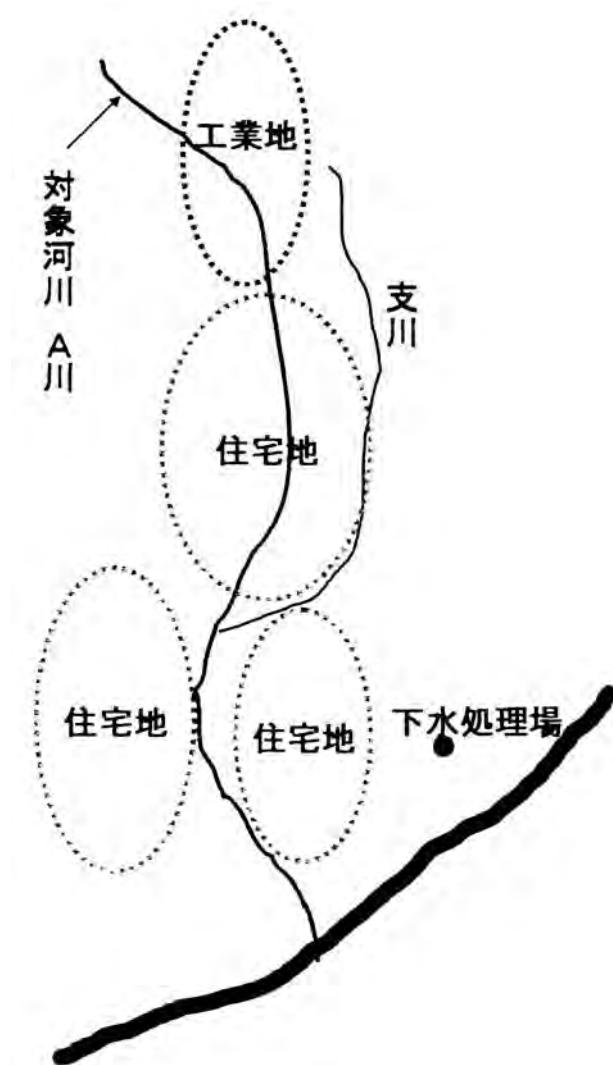


写真 3.1 対象河川の配置図

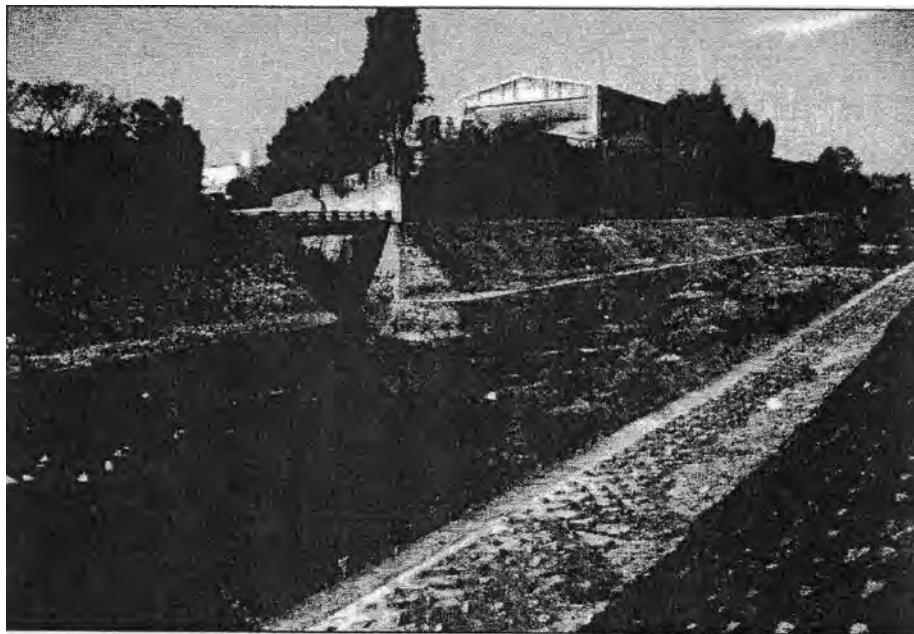


写真 3.1 対象河川

4. 河川環境改善事業実施により実現する河川環境の推測

4.1 河川環境改善事業の設定

1999 年にこの対象河川の周辺住民に対し、河川環境に対する意識をアンケート調査し、河川環境の改善してほしい点を明らかにした（図 4.1）。「水をきれいにする」、「緑豊かな水辺にする」、「水の流れをよくする」等の項目が A 川の周辺住民の要望として強いことがわかっている。

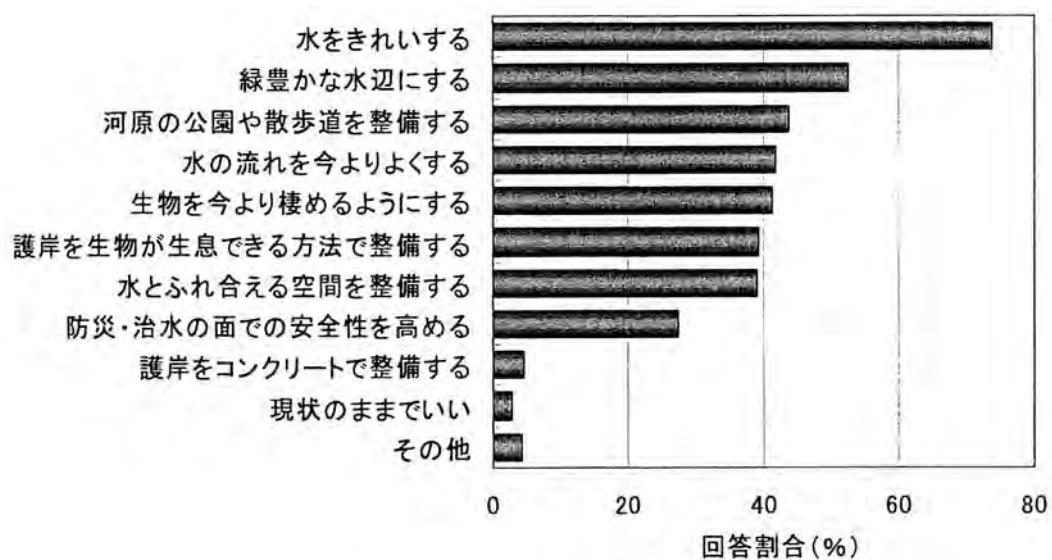


写真 4.1 望んでいる改善点

そこで、要望を達成する方策として、

- ① 処理水還流事業
- ② 直接浄化事業
- ③ 護岸整備事業

の3つの環境整備事業を設定した。これらの事業について環境効率評価を行う。

1) 下水処理水還流事業

還流用水質は標準活性汚泥法に凝集剤添加循環式硝化脱窒法と急速ろ過を加えた処理法で高度処理された処理水（BOD濃度1mg/L）¹⁾と設定した。還流用管渠および還流用ポンプ施設を新たに建設し、河川下流に位置する既存の処理場で還流用の水を処理する。還流距離は、一部既存の送水管を使用するとして新規敷設1,000mと設定した。管渠径は既存の送水管と同様の300mmとした。還流量は、現況河川流量の50%である約7,800m³/dayと設定した。また、ポンプ施設1、ポンプ数1とした。運用は高度処理、ポンプ運転とする。

2) 直接浄化事業

直接浄化方法は、礫間接触酸化法を用いる。計画処理水量は現況河川流量の50%である約7,800m³/dayと設定した。施設の設定については、処理水量が同等である石神井川の音無橋浄化施設²⁾を参考にした。礫槽面積は46.7m²、濾槽厚は全体で1,000mmとし、目標除去率は50%^{3)～4)}とした。運用は、取水ゲートの開閉、浄化施設の清掃および取水口のゴミ除去とする。

3) 護岸整備事業

多自然型護岸工法を用いて護岸整備を行い、より多くの生物が生息できる環境を創出するとともに、親水性の向上を図る。護岸整備を行う範囲は、現在高水敷に散歩道が整備されている区間の約1,700mの両岸とした。護岸の建設には、基礎工、木目枠工、ふとんかご工、巨石積工（練）、張り芝工⁵⁾を用いた。運用は、堤防除草工を年1回行うと設定した。

4.2 事業実施後の河川環境の推測

各事業を実施した場合の環境状況のシミュレーション解析により予測を行う。

対象河川の上流部付近では、幹線道路や鉄道があるため住宅が極めて少ない区間がある。また、この区間では、河川沿いにフェンスが張られ、人が近づけない状態である。そのため、この区間を除いた河川下流端から上流へ3.7kmの範囲を効果予測評価の対象区間とした。支川が上流端より1.9kmの地点に流入している。現況の河川流況、水質については、2000年10月に行った水質調査の結果を用いる。

（1）流速の変化予測

河川を1区間100mで計37区間に区切り、各地点の流速を不等流解析（標準逐次計算法）により算出した。考慮する損失は、摩擦損失、流入損失とした。なお、直接浄化事業、護岸整備事業については、流速は変化しないものとし、評価の際には、現況の流速の値を用いた。

流速の予測結果を図4.2に示す。還流事業では各地点の流速が現状に比べ13%～51%増加して、0.04～0.12m/sになる。

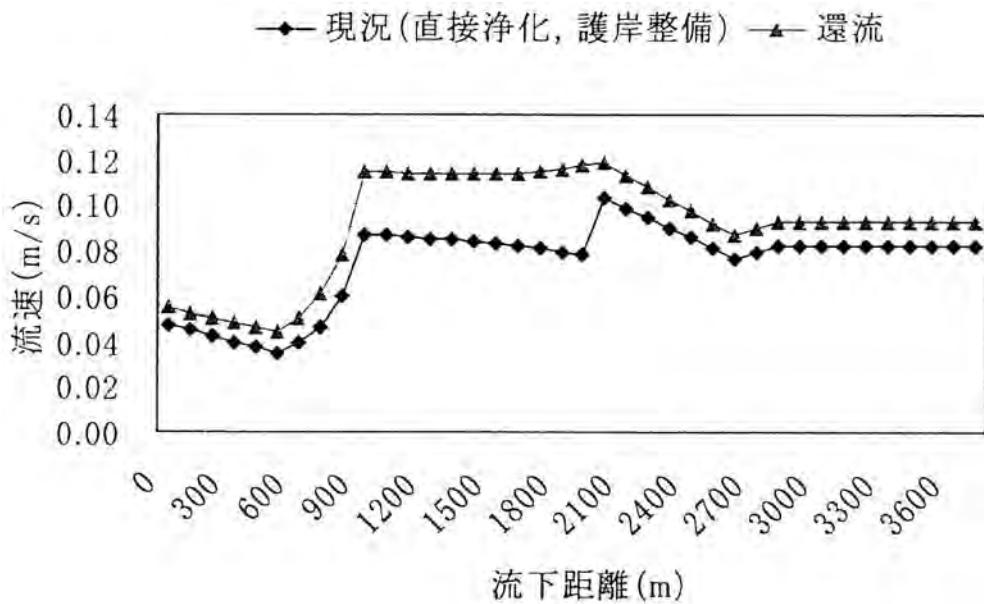


写真 4.2 流速予測結果

(2) 水質の変化予測

流下負荷量の算出には移流・拡散に加え、底泥の巻上げによる負荷量、自然浄化、支川からの流入負荷量を考慮し計算を行った。予測結果を図 4.3 に示す。

① 還流事業の場合

現状と比較すると支川との合流付近の流下距離 2,000m 地点以降では、水質改善効果は小さくなるが、それ以前の地点では BOD 濃度約 2.0mg/L 程度の改善がみられた。河川全域の平均値をとると、BOD 濃度約 1.0mg/L 程度の水質改善である。

② 直接浄化事業の場合

河川全体で BOD 濃度は 2.5mg/L 以下となっており、この数値は環境基準の B 類型を満たす値となっている。

③ 護岸整備事業の場合

護岸整備事業では、事業を行っても水質は変化しない。

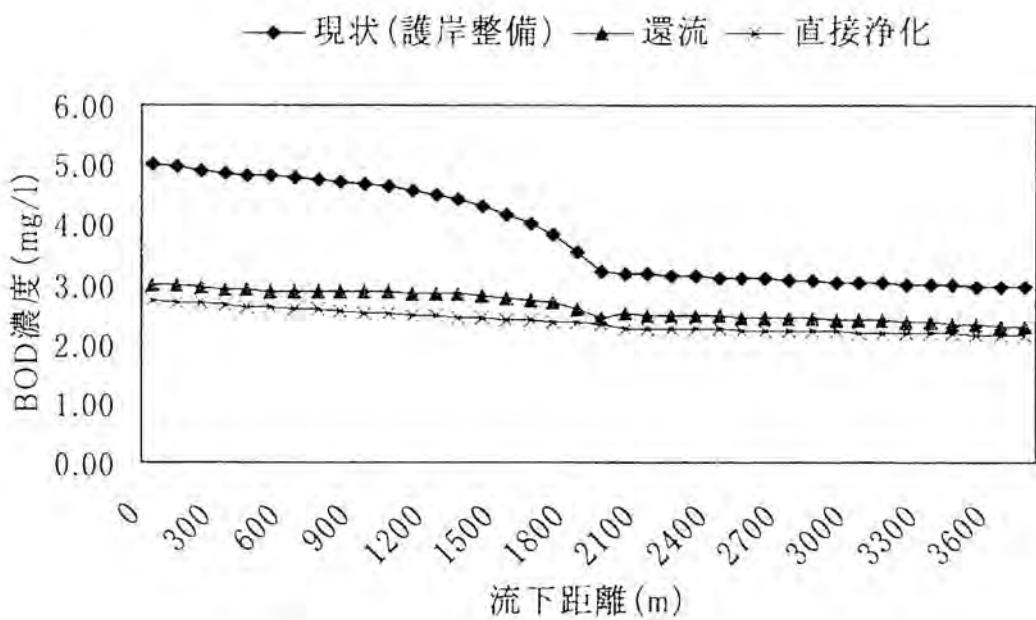


写真 4.3 水質予測結果

5. 河川環境整備事業の価値評価

5.1 イメージ写真の作成

住民の河川環境に対する満足度を調査する。この満足度は、各事業に対する住民の支払い意思額（以下 WTP）と河川への来訪頻度の増加量で評価した。WTP を定量するにあたり、CVM を用いた。CVM には評価対象の伝達ミスによるバイアスが生じることがある。具体的な問題を以下に示す。

- ① 事業実施による創出される環境状況（水質改善や流況変化）を BOD 値等の水質指標や、流速値で表現しても、回答者はイメージしにくい。
- ② 「水がきれいになる」、「生物が増える」といった説明だけでは、抽象的でありイメージしにくい。また個人でのイメージが異なる。
- ③ 水質環境基準に示されている生息可能魚類を用いて水質を表現する方法が多く用いられているが、魚類の生息は、水質の他に、水温、流速、水深、底質も影響するため、一概に魚類で水質を表現するには問題がある。

そこで本研究では、これらの問題を解消し、回答者が抱く環境改善事業後のイメージを統一化するために、各事業の説明文とともに画像編集ソフトを用いて河川の写真を加工し事業前と事業後のイメージ写真を並べて提示することにした。

イメージ写真に用いる設定値は各地点でのシミュレーション結果の平均値とする。各事業の設定値を以下に示す。

	水質 (BOD (mg/L))	流速 (m/s)
還流事業	2.6	0.092
直接浄化事業	2.4	0.075
護岸整備事業	3.8	0.075

イメージ写真の出来具合が結果に大きく影響をあたえるため、事業後のイメージ写真作成では以下の点について特に留意した。

- ① 事業を行うことによる変化がわかりやすい特殊な場所の写真を使うのではなく、A川のどの地点でも見られるような景観の写真を用いる。
- ② 還流事業、直接浄化事業においては、流況、水質の変化が中心になるため、水面をクローズアップした写真を用いる。
- ③ 護岸整備事業においては、護岸の変化がアンケート回答者に理解されやすくするため、河川全体を写した写真を用いる。
- ④ 事業実施後のイメージ写真では、水質、流速のシミュレーション結果に基づく状況を設定する。
- ⑤ 加工材料となる画像は、A川から上記の設定に近い場所の写真を使用し、A川において、設定値に近い場所がない場合は、河川状況が類似している河川の写真を使用する。
- ⑥ 還流事業では、流況、特に流速が変化すると考え、A川の流速 0.094m/s、水質 3.1mg/L 地点での水面写真を加工材料として用いる。水質の設定値を満たすため、加工材料の不透明度を 100 % から 80 % に下げ、流れのある水面の形状を維持しつつ、水の透明度をあげることで対処する。
- ⑦ 直接浄化事業では、A川において水質の設定値を満たす場所は存在しない。そこで、他の河川で設定値を満たしている場所（水質 1mg/L、流速）の水面写真を加工材料とする。
- ⑧ 護岸整備事業では、流況に関しては変化しないとし、事業実施前と同様とする。護岸の加工材料としては、他の河川の写真を使用する。
- ⑨ 写真の加工では、変化する状況以外は、事業実施前後で、同一になるようする。

5.2 アンケート調査概要

A川の両岸 500m 以内に居住している住民を対象に 2000 年 10 月下旬から 11 月下旬にかけて、アンケート調査を行った。調査方法は、直接訪問形式を用いた。有効回答数は 310 件である。質問方式は支払いカード方式を用いた。

支払いカード方式を用いるにあたり、回答者がより幅広い選択ができるように一度ある金額を提示し、その事業計画に賛成かそうでないかを質問し、賛成ならばより高い金額の選択肢を、賛成でないならば提示金額より低い金額の選択肢を提示し、金額の選択範囲の幅を広げた。示した金額は次に示す計 15 である。

提示金額の範囲 (一月あたり、支払い期間: 30 年)				
0 円	50 円	100 円	150 円	200 円
300 円	400 円	500 円	800 円	1,000 円
1,500 円	2,000 円	3,000 円	5,000 円	5,000 円以上

アンケート調査で用いた各事業の説明文を以下に示す。

- 1) 還流
下流部にある下水処理場より、きれいになった水をポンプで上流へ運び、再び川へ戻す（還流事業）というものです。この事業を行うことにより、水量を増やし川の流れを作り出し、川の水質が改善されます。
- 2) 直接浄化
水質をよくする一つの方法です。水辺の岩や石の表面に付着している微生物（バクテリア）の浄化能力を利用して人工的に自然の浄化作用を作り出し、水をきれいにするものです。
- 3) 護岸整備
A 川をより親しみやすい水辺空間にするために、下のイメージのような水辺に近づきやすく、そして生物（魚、昆虫等）が生息できるようにするものです。

5.3 WTP の算出

各事業の WTP を図 5.1 に示す。

図 4.1 で示したように、住民は水をきれいにすることを最も望んでいることから、水質浄化を主目的とする直接浄化事業の WTP が最も高くなったものと考えられる。

水質浄化の次に住民が望んでいた事項は、緑豊かな水辺にすること、河原の公園や散歩道を整備することであった。この希望を反映して親しみやすい水辺を創出することを主目的としている護岸整備事業の WTP が 2 番目に高くなっている。

住民の 3 番目の要望は水の流れを今よりもよくすることであった。水量を増やし川の流れを作り出すことを主目的としている還流事業の WTP が 3 番目の額となっていることと一致している。

WTP の値と住民の望んでいる環境改善項目が同様の傾向を示していることから、イメージ写真を用いることで、アンケート回答者により事業のイメージを具体的に伝えることができ、WTP の額に事業価値が反映できていると評価できる。

5.4 来訪頻度の増加量の算出

現在の河川への来訪頻度と河川環境改善事業実施後の予想される来訪頻度を質問し、事業実施による来訪頻度の推移を図化した。これを図 5.2 に示す。

いずれの事業においても、その実施により現在よりも来訪頻度が増加すると評価されている。護岸整備が最も来訪頻度が増加すると考えられており、他の 2 事業よりも事業価値が高く評価されている。

来訪頻度に回答者数を乗じ総回答者数で除したものを年間一人当たりの平均来訪回数とし、その現在と事業実施後の差を来訪頻度増加量とすると、各事業の来訪頻度増加量は次のようになつた。

還流事業 - 27.8 回/年/人増加

直接浄化事業 - 23.4 回/年/人増加

護岸整備事業 - 45.9 回/年/人増加

護岸整備事業は他の事業の 2 倍近い来訪頻度増加が期待できることがわかる。

護岸整備事業では、散歩道や親水施設等が整備されることから、住民は河川を利用することで、直接

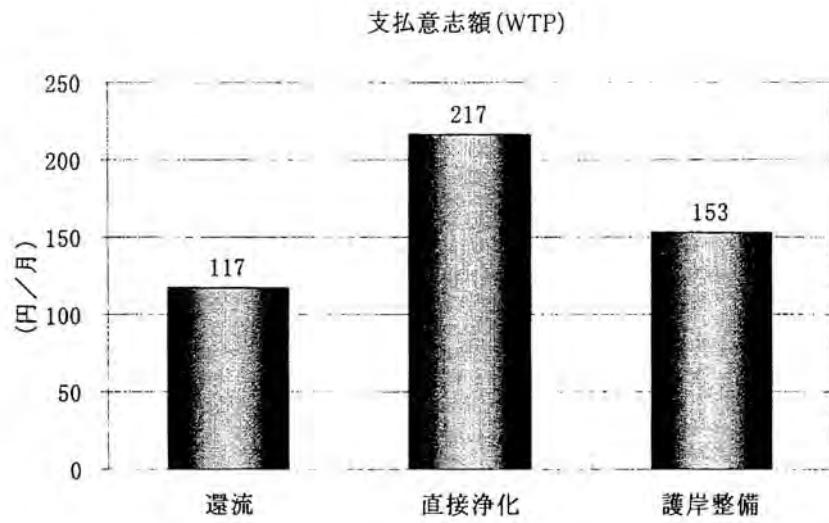


写真 5.1 各事業に対する WTP (1世帯あたり)

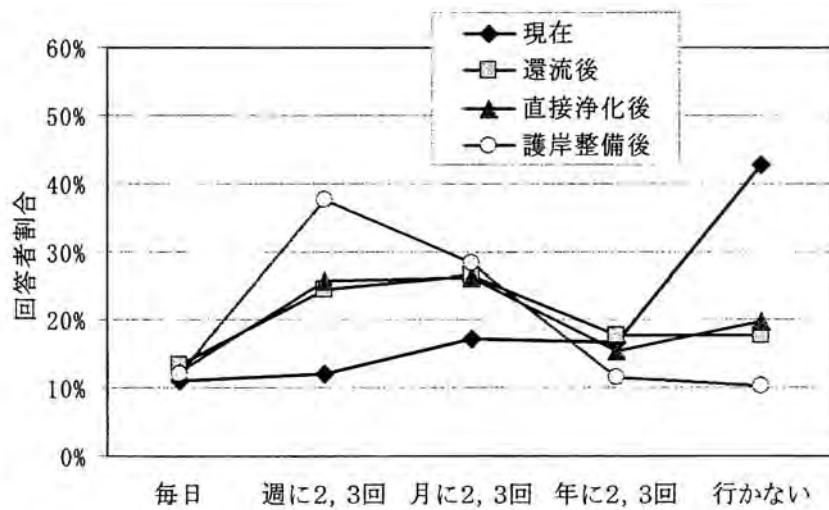


写真 5.2 河川環境改善事業実施による来訪頻度の変化予測（住民評価）

的に事業による便益を享受することができる。これに対し、直接浄化事業、還流事業では、河川環境は改善されるものの、その改善内容を住民は便益として直接に享受しにくい。これらのことにより、護岸整備が他の事業よりも来訪頻度を増加させ、事業価値が高いと評価されたと考えられる。

しかし、WTP では直接浄化事業が最も高く評価されており、WTP と来訪頻度量の結果には異なる傾向がある。この要因として、両項目において評価される価値が違うことが挙げられる。すなわち、来訪頻度の増加量では、利用価値が評価され、WTP では、利用価値よりも非利用価値（ここでは存在価値）が評価されていると考えられる。直接浄化事業、護岸整備事業において、WTP と来訪頻度量の結果の傾向が逆転したことは、非利用価値が利用価値を上回ったことを示す。このことから河川の価値を住民は、利用の観点からだけではなく、河川が存在しているという観点からも評価していると予想さ

れる。

6. 環境効率性の高い河川整備事業の検討

6.1 環境効率

環境効率を定量化する式は評価対象によって異なってくるが、基本的には製品価値、顧客満足度、付加価値等の対象物の価値をコストや環境負荷、環境影響等で除したものと定義されている。

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品性能 or サービス or 顧客満足度}}{\text{(エコ・エフィシエンシー)} \text{ ライフサイクルの環境影響}} \quad (6.1)$$

これを環境保全、環境創造を行う公共事業に適用すると次のようになる。また、費用便益比についても示す。

$$\text{環境効率} = \frac{[\text{事業効果 or 事業によってもたらされるサービス or 住民満足度}]}{\text{(エコ・エフィシエンシー)} \text{ [ライフサイクルの環境影響]}} \quad (6.2)$$

$$\text{費用便益比} = \frac{[\text{事業効果 or 事業によってもたらされるサービス or 住民満足度}]}{[\text{ライフサイクルの費用}]} \quad (6.3)$$

本研究では、分子を「住民満足度」として評価を行った。

6.2 ライフサイクルコスト

評価対象を以下に示す。

	建 設 時	運 用 時
還 流	還流用管渠の建設 ポンプ施設の建設 高度処理施設の運用	ポンプ施設の製造・運用 高度処理施設の建設
直接浄化	直接浄化施設本体、施設機器設備にかかる 建設費	光熱費・諸経費、清掃費・人件費
護岸整備	護岸建設資材量、使用機械量および人件費	堤防除草工にかかる使用機械量および人件費

耐用年数は還流施設、直接浄化施設については 30 年、護岸については 45 年と設定した。

算出結果を図 6.1 に示す。還流事業は建設費・運用費ともに最も高い。これは、還流事業では、新たに高度処理施設、ポンプ施設を建設するため、その建設費と高度処理施設の維持管理費がかかるためである。

直接浄化事業は、建設費 175 万円/年と建設費が最も安い。運用費も 120 万円/年と還流事業の運用費と比べ 1/20 以下で済む。

護岸整備事業のコストの大半は資材費用である。運用は堤防除草工にかかる使用機械と人件費だけであり、堤防除草工は年 1 回行えば良いため、運用時コストは 19 万円/年と非常に小さい。

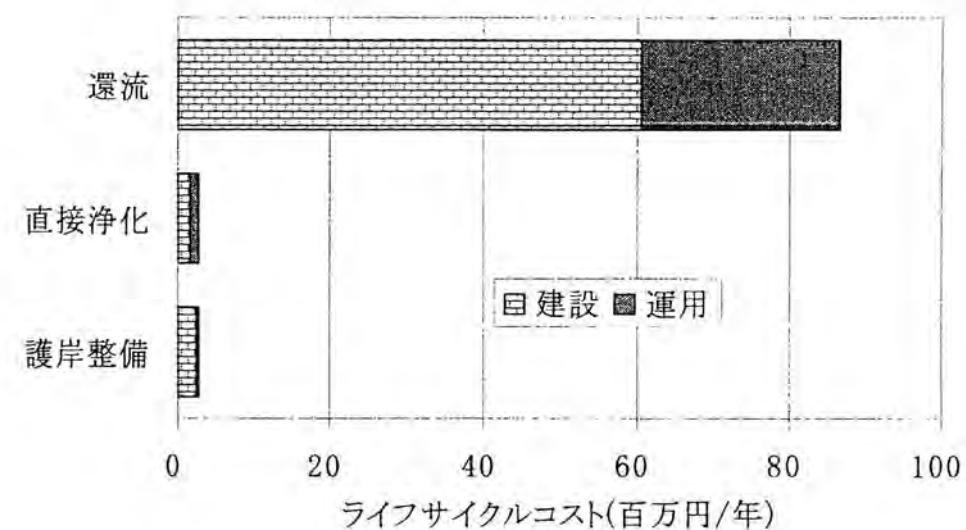


写真 6.1 ライフサイクルコスト算出結果

6.3 ライフサイクル環境負荷

環境改善事業の環境負荷を算出する際の評価範囲は、コストの評価範囲と同様である。環境負荷項目は CO₂ 排出量である。環境負荷の算出結果をそれぞれの耐用年数で除し、1 年間あたりの CO₂ 排出量を算出したものを図 6.2 に示す。最も高コストであった還流事業が CO₂ 排出量でも最も多い。護岸整備事業はコスト面では直接浄化事業の約 0.9 倍であるが、CO₂ 排出量では 3.6 倍となる。

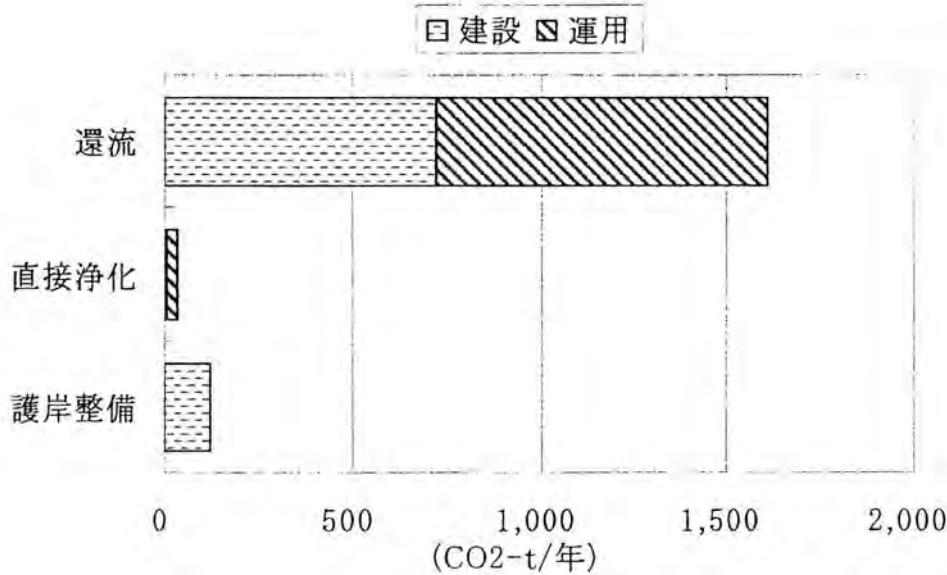


写真 6.2 ライフサイクル環境負荷算出結果

6.4 環境効率指標

環境効率を評価する際の「住民満足度」を各事業に対する住民の支払い意思額と来訪頻度増加量という2つの評価値で推察したが、これら数量をそのまま用いて環境効率を算出すると、用いる評価値によって得られる環境効率の値が異なってしまう。そこで、それぞれの評価値を相対指標化することとした。また、住民満足度を相対評価値で表現するのに合わせて、「ライフサイクルの環境影響（負荷）」も相対値化した。算出式を式(6.4)に示す。なお、評価項目は、それぞれ単位が異なるため、算出式では基本事業の評価値を1.0とした場合の、相対的評価値を用いる。

$$EE_W = \frac{W}{E^{-1}}$$

$$EE_F = \frac{F}{E^{-1}} \quad (6.4)$$

ここに、 EE_W ：相対的WTP評価値による環境効率指標、 EE_F ：相対的来訪頻度増加評価値による環境効率指標、 W ：相対的WTP評価値、 F ：相対的来訪頻度評価値、 E ：相対的環境負荷評価値である。なお、基準となる事業の評価値を1.0として他の事業の評価値を相対値化する。

WTP、来訪頻度増加量、ライフサイクル環境負荷の相対的評価値は、直接浄化事業の評価値を1.0とした場合における、各事業の評価値の相対値とする。なお、評価値が大きくなるほど、高い評価を表すようにするために、相対的環境負荷評価値については逆数をとる。

また、環境効率評価値と比較検討するため、費用便益比についても算出する。算出式を式(6.5)に示す。

$$\text{費用便益比 } BC = \frac{W \times P \times Y}{C \times Y} \quad (6.5)$$

ここに、BC：費用便益比、W：各事業の平均支払い意志額、P：河川両側 500m 以内に居住する世帯数、C：各事業の年間コスト、Y：耐用年数とする。なお、P = 8,709 世帯である。

算出した環境効率指標と費用便益比を図 6.3 に示す。

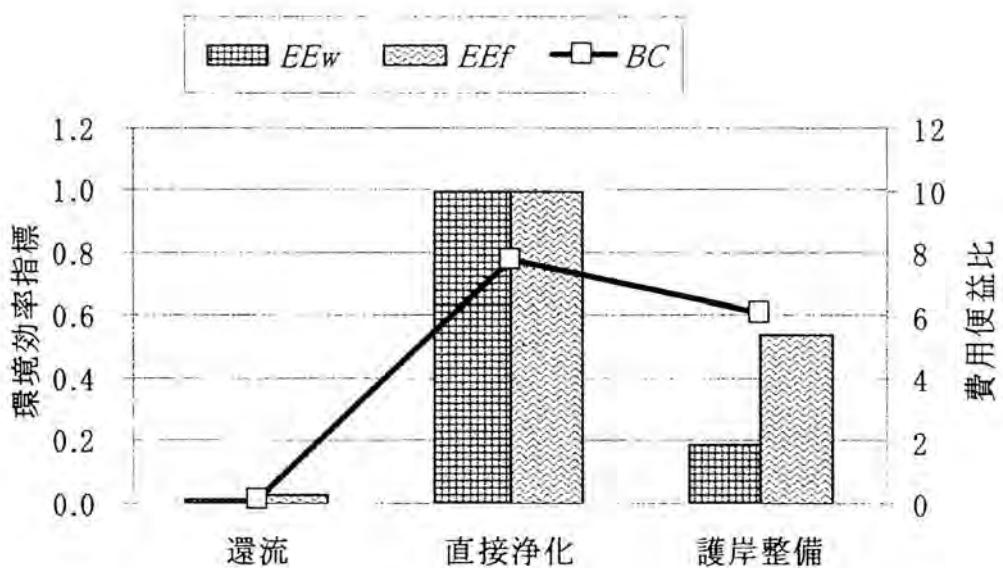


写真 6.3 各事業の環境効率指標と費用便益比

今回の設定条件では、3 つの事業のうち、最も環境効率が高いのは、直接浄化事業である。環境負荷が最も小さかったこと、費用便益比が 7.8 と高いことによる。環境効率指標と費用便益比の双方が最も高い評価となった直接浄化事業は、経済的、環境的にすぐれた事業と住民に評価されている。

どの評価指標でも最も評価が低かったのは、処理水還流事業である。WTP、環境負荷いずれもが 3 つの事業のなかで最も評価が低く、来訪頻度増加量においても高い評価が得られなかつたことが要因である。また、費用便益比も 0.14 と最も低い。

処理水還流事業では、送水管の敷設やポンプ施設の建設、高度処理による良好な還流水質の確保など、事業実施にあたり高いコストと多くの環境負荷が生じる。今回の設定条件では、これらのコスト、環境負荷を上回る住民満足度を評価できなかった。

これには、住民の下水処理水への認識が低いこと、水資源有効利用の観点からの評価の欠如が大きく影響していると考えられる。現在、水資源の枯渇、水循環の再生が問題となっていることから、下水処理水の再利用は注目されており、処理水還流事業が経済効率に優れ、環境調和の高い事業になるためには、コスト、環境負荷の削減とともに、下水処理水、処理水再利用への認識を高めていくことが必要である。

7. まとめ

都市内河川の環境改善事業（下水処理水還流事業、直接浄化事業、護岸整備事業）を環境効率から評価した。河川周辺住民の満足度として、事業に対する住民の支払い意思額（WTP）と来訪頻度の増加量を定量評価した。また、事業実施に伴う CO₂ 排出量、コストを定量評価し、これら評価項目から環境効率評価を行った。とくに事業に対する住民の WTP を算出するにあたり、アンケート回答者の事業に対するイメージを統一するため、イメージ写真用いた CVM を行った。

得られた知見を以下に示す。

- ① WTP の結果は、アンケート調査で明らかにされた「河川環境の改善してほしい点」の結果と同様の傾向を示しており、算出した WTP は住民の評価を反映したものであった。シミュレーション結果に基づくイメージ写真を用いることは、アンケート回答者により事業のイメージを具体的に伝えることができる有意な手法である。
- ② 護岸整備事業は、散歩道や親水施設等を整備することから、他の事業よりも、直接的に事業による便益を享受することができる。そのため、住民の河川に対する利用価値が増加し、来訪頻度の増加につながったと考える。
- ③ 直接浄化事業の相対的 WTP 評価値が相対的来訪頻度評価値よりも高く評価されたことより、住民は河川の利用という観点だけではなく、河川の環境、存在という観点からも事業評価を行っている。
- ④ 環境効率指標と費用便益比の双方が最も高い評価となったのは直接浄化事業であった。経済的で環境負荷が小さく、住民ののぞむ環境改善を達成できることがこの評価結果を導いたと考える。
- ⑤ 処理水還流事業では、送水管の敷設やポンプ施設の建設、高度処理による良好な還流水質の確保など、事業実施にあたり高いコストと多くの環境負荷が生じる。今回の設定条件では、これらのコスト、環境負荷を上回る住民満足度を評価できなかつた。これには、住民の下水処理水への認識が低いこと、水資源有効利用の観点からの評価が加味されていないことによる。処理水還流事業が経済効率に優れ、環境調和の高い事業になるためには、コスト、環境負荷の削減とともに、下水処理水、処理水再利用への認識を高めていくことが必要である。

今回導入した具体的な事業効果をイメージ写真にて表現したアンケート調査は住民満足度の調査に対して有効な手法である。しかし、環境効率、費用便益評価は、評価項目の設定条件や、今後も検討の余地はある。また、事業の効果や便益、住民満足度、地球環境への負荷において、今回対象とした水質、流速、CO₂ 排出量等の項目以外にも、考えられる様々な項目に対し、可能な限り評価に組み込む必要がある。

今後、持続可能な社会の発展のためには、環境効率、費用便益が高く、かつ住民のニーズに合った事業を選択していく必要がある。そのためには今回行ったような、環境効率、費用便益を用いた評価手法を確立することは重要である。

参考文献

- 1) infoBIWA, 滋賀の下水道, <http://www.biwa.ne.jp/~kawasima/mamoru/gesui/gesui.html>
- 2) 土屋十園 (1999) 都市河川の総合親水計画. pp.191-215, 伸山社サイテック, 東京
- 3) 長内武逸 (1990) 碓間接触酸化法による河川水の直接浄化. 用水と廃水, 38(8), 26-31
- 4) 渡辺吉男 (1998) 汚濁河川. 水路の直接浄化技術, 用水と廃水, 40(10), 58-63
- 5) 株式会社ホクコンホームページ, ホクコン情報シリーズ'97 – vol.2, <http://www.hokukon.co.jp/>