

## 河川水環境改善手法のエコ・エフィシエンシー評価

Evaluation of Eco-Efficiency of Improving Methods for Water Polluted River

多田律夫\*      三浦浩之\*\*      和田安彦\*\*      尾崎 平\*  
Ritsuo Tada\*      Hiroyuki MIURA\*\*      Yasuhiko WADA\*\*      Taira Ozaki\*

**ABSTRACT;** Recently, we must make public enterprises cost effective and environmental friendly. Methods of environmental conservation for water pollution are not exception. We examined environmental quality of a small river which was improved by the methods of environmental conservation. The conservation methods are sewer construction, the spread of private sewerage treatment tank for household wastewater, stream purification system in the flood plain and flow back system of advanced treated water for upstream of the river in a sub-urban area. And we estimated the costs and environmental loads of the environmental conservation for entire their life cycle. Moreover, we investigated the relation between environmental quality and cost or environmental loads. Therefore, we presented more cost effective and more environmental conscious methods of environmental conservation.

**Keywords;** Eco-efficiency, cost effective, environmental friendly, public enterprise, treated water flow back system

### 1. はじめに

近年、人々の生活レベルの向上に伴い、河川に対してゆとりと潤いのある快適な空間、親水活動の場を求めるようになった。しかし、自己水源を持たない都市内の中小河川では、河川流量が少なく、平常時流量の枯渇が問題となっている。水質汚濁と流量不足の問題を抱えている都市内の中小河川が存在し、このような河川の水環境を適正化する手段として、近年、下水高度処理水の上流還元が注目されている<sup>1)3)</sup>。一方、近年の地球環境問題の高まりの中で、持続可能な発展（Sustainable Development）の視点が公共事業にも必要とされるようになってきており、自治体の環境保全行動計画においてそのことが明文化されつつある<sup>4)</sup>。すなわち、河川環境改善事業においても環境負荷が少なく環境調和性の高い事業とすることが求められているのである。また、近年の財政事情から、事業に係る経費を削減し、コストパフォーマンスの高い公共事業とすることも非常に重要となっている。したがって、ある河川環境改善方策の環境面での実施効果が高くても、高コスト、高環境負荷であることは避けねばならない。公共事業の実施方策選択では、複数の代替案から、より効果的で、かつ、ライフサイクル全体で環境への負荷ならびにコストの少ない案を採用する（エコ・エフィシエンシー）必要がある。本論文では、下水道未整備流域を流下する河川の水環境改善事業を対象に(1)河川水環境改善手法を導入にした際の水環境改善効果ならびにライフサイクルのコスト、環境負荷の定量と、(2)ある河川水質目標を達成するために行う河川水質改善手法のライフサイクルのコスト、環境負荷を定量し、各手法を相対評価することにより改善効果が高く、環境負荷面、コスト面あるいは両面で優れた手法を選択する方法とその適用例を示した。

### 2. エコ・エフィシエンシー評価の方法

#### (1) エコ・エフィシエンシー評価の考え方

エコ・エフィシエンシーとは日本語で環境効率と訳されるが、最初の文字エコとはエコロジー資源、

\* 中央復建コンサルタンツ株式会社 Chuo Fukken Consultants

\*\* 関西大学工学部土木工学科 Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kansai University

エコノミー資源を意味し、エフィシェンシーとは両資源の最適活用を意味する<sup>5)</sup>。

しかし、一般的に環境改善・創造型の社会資本整備において整備効果の高い手法は、コスト、環境負荷も多くなるというトレード・オフの関係が生じる場合や、整備効果の目標が同一の際、手法によっては低環境負荷であるが、高コストといったトレード・オフの関係が生じる場合がある。

このようなトレード・オフ問題を解決するためには整備手法自体の技術革新（低コスト・低環境負荷技術）も必要であるが、現段階で重要なことのひとつとして事業実施者が事業に関連する情報を提供し、事業実施により便益を得る市民と協議を行い、トレード・オフの関係にある事業に対して、得られる効果と費用、環境負荷のバランスを如何にとるかを決定することである。

本論文では、事業者と市民が協議を行う際に必要となる複数代替案を事業効果と地球環境、コストの調和から評価する考え方の一例を示す。

対象とする河川水環境改善手法は①下水道整備、②小型合併処理浄化槽設置、③河川直接浄化施設、④高度下水処理水還流とし、事業の代替案に対するエコ・エフィシェンシー評価手順を図-1に示す。

ここで、ライフサイクルのコストならびに環境負荷からの各方針の相対的評価値は次式で評価する。

$$Ep_A = REI_A / REI_S \quad (1)$$

ここで、 $Ep_A$ ；方策Aの相対的低コスト度または相対的環境調和度、 $REI_S$ ；基準となる方策のコストまたは環境負荷、 $REI_A$ ；方策Aのコストまたは環境負荷である。基準となる方策は最もコストあるいは環境負荷の少ないものとする。したがって基準となる方策の相対的コスト評価値ならびに相対的環境負荷評価値は1.0である。

## (2) 河川水環境の評価

河川環境には水質や流量、流速、水深といった流況的なものや景観、動植物の生息環境、親水性といった様々な環境が考えられ、それらを定量的に評価する必要がある。しかし、景観は主観的な評価によるところが多く視点位置や評価者による差が大きいことから定量的に評価しづらい。また、動植物の生息や親水性は周辺環境や河川形状などにより大きく異なるため、これも定量化が困難である。一方、親水活動の促

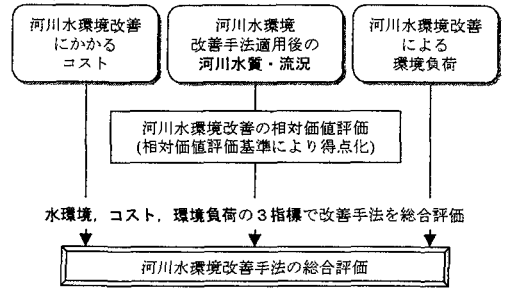


図-1 河川水環境改善手法のエコ・エフィシェンシー評価手順

表-1 水深の相対価値評価基準

| 水 深               | 好感率 | 相対価値 |
|-------------------|-----|------|
| 0 cm 以上 5 cm 未満   | —   | 0.0  |
| 5 cm 以上 20 cm 未満  | 大   | 1.0  |
| 20 cm 以上 40 cm 未満 | 普   | 0.4  |
| 40 cm 以上          | 小   | 0.2  |

表-2 流速の相対価値評価基準

| 流 速                   | 好感率 | 相対価値 |
|-----------------------|-----|------|
| 0.2 m/s 未満            | 普   | 0.50 |
| 0.2 m/s 以上 0.5 m/s 未満 | 大   | 1.00 |
| 0.5 m/s 以上            | 小   | 0.25 |

表-3 流速の相対価値評価基準

| 流速                    | イメージ        | 相対価値 |
|-----------------------|-------------|------|
| 0.2 m/s 未満            | ほとんど流れを感じない | 0.25 |
| 0.2 m/s 以上 0.4 m/s 未満 | 流れがわかる      | 1.00 |
| 0.4 m/s 以上 0.7 m/s 未満 | はっきりした流れ    | 1.00 |
| 0.7 m/s 以上 1.1 m/s 未満 | 速い流れ        | 0.50 |
| 1.1 m/s 以上            | 極めて速い流れ     | 0.25 |

進や流況の違いによる人の持つイメージについては既往研究<sup>6),7)</sup>により水深と流速の関係などから明にされつつあり、定量的評価が可能である。また、水質についても定量可能である。

そこで本研究では河川環境の一指標として、流況（水深、流速）、水質を取り上げ、それらを統合して評価を行う。水深については萩原ら<sup>6)</sup>による好感率に基づいて相対価値評価点を表-1に示すように与え、流速では萩原らによる好感率ならびに島谷<sup>7)</sup>による流速イメージを用いてそれぞれに相対価値評価点を与え（表-2、3）、その平均値を評価点とした（図-2）。水質は環境基準から図-3に示す基準を設定した。河川水環境の統合化は各指標に重み付けを行い、次式により行った。

$$Ep_A = D_S \times W_D + S_S \times W_S + Q_S \times W_Q \quad (2)$$

ここで、 $Ep_A$ ；相対的河川水環境適切度、 $D_S$ ；水深の相対価値、 $S_S$ ；流速の相対価値、 $Q_S$ ；

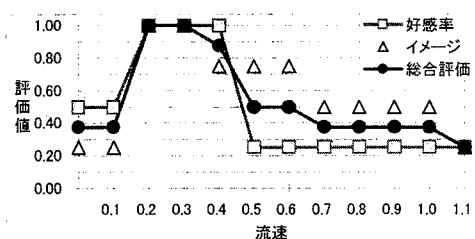


図-2 流速値と評価値

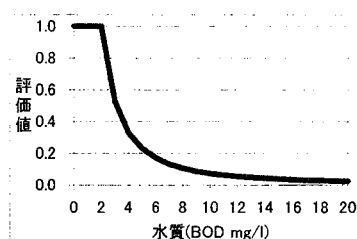


図-3 水質値と評価値

表-4 各生活排水処理施設の評価対象

| 生活排水浄化方策  | 建設                           | 運用・維持管理        |
|-----------|------------------------------|----------------|
| 下水道       | 資材製造, 管きよ製造 (処理施設は既設)        | 二次処理施設, 高度処理施設 |
| 小型合併処理浄化槽 | 資材製造, 浄化槽製造, 設置              | 曝気ブロー等         |
| 河川直接浄化施設  | 資材製造, 掘削工事, 施設建設工事           | 圧入ポンプ, 曝気ブロー   |
| 高度処理水還流   | 資材製造, 管きよ製造, 還流用管きよ, 還流ポンプ施設 | ポンプ施設          |
| 既存し尿処理施設  |                              | し尿処理, 汚泥輸送・処理  |
| 大型合併処理浄化槽 | 資材製造, 浄化槽製造, 設置              | 曝気ブロー等         |
| 単独処理浄化槽   | 資材製造, 浄化槽製造, 設置              | 曝気ブロー等         |

表-5 各生活排水処理施設に伴う CO<sub>2</sub> 排出原単位の算出結果

| 生活排水処理施設                 | 原単位算出項目       | 原単位                      | 備考                                                                        |
|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 下水道<br>(二次処理施設)          | 管きよ敷設(φ500)   | 54kg-C/m                 | 管きよ敷設工事に必要な機材の消費量より算出                                                     |
|                          | (φ300)        | 43kg-C/m                 | "                                                                         |
|                          | 処理施設運用        | 0.14kg-C/m <sup>3</sup>  | 下水処理場運用時 CO <sub>2</sub> 排出量と処理水量の関係 <sup>8)</sup> より算出                   |
|                          | 処理施設更新(機械)    | 0.19t-C/百万円              | 下水処理施設建設時 CO <sub>2</sub> 排出量の 16% <sup>9)</sup>                          |
|                          | (電気)          | 0.06 t-C/百万円             | " 5% <sup>9)</sup>                                                        |
| 高度処理施設建設                 | (下水処理施設建設)    | (1.21t-C/百万円)            | (下水処理施設建設時の CO <sub>2</sub> 排出量 <sup>8)</sup> とコスト <sup>9)</sup> の関係より算出) |
|                          | 高度処理施設建設      | —                        | 二次処理施設建設時 CO <sub>2</sub> 排出量の 40%で建設できると想定 <sup>*1)</sup>                |
|                          | 高度処理施設運用      | —                        | " 30%で運用できると想定 <sup>*1)</sup>                                             |
| 還流施設                     | ポンプ施設建設       | 15.2t-C/百万円              | 建設時の CO <sub>2</sub> 排出量 <sup>10)</sup> とコスト <sup>9)</sup> の関係より算出        |
|                          | 管きよ敷設(φ700)   | 73kg-C/m                 | 管きよ敷設工事に必要な機材の消費量より算出                                                     |
|                          | ポンプ施設運用       | 0.02kg-C/m <sup>3</sup>  | ポンプの消費電力のみ考慮(定格電力 360kW, 吐出量 0.5m <sup>3</sup> /s) <sup>*2)</sup>         |
| 小型合併処理浄化槽<br>(5人槽)       | 浄化槽建設         | 1.20t-C/基                | 浄化槽製造および設置に必要な機材の消費量より算出                                                  |
|                          | 浄化槽運用         | 0.07t-C/年・基              | ポンプの消費電力のみ考慮(定格電力 71W) <sup>*2)</sup>                                     |
| 大型合併処理浄化槽<br>(1,000人槽)   | 浄化槽運用(ブロー)    | 9.03t-C/年・基              | 消費電力のみ考慮(定格電力 3.7+5.5kW)                                                  |
|                          | (ポンプ)         | 0.017kg-C/m <sup>3</sup> | " (定格電力 1.5kW, 167l/分) <sup>*2)</sup>                                     |
|                          | 浄化槽更新(機械)     | 0.23t-C/百万円              | 浄化槽建設時 CO <sub>2</sub> 排出量の 19% <sup>*3)</sup>                            |
|                          | (電気)          | 0.02t-C/百万円              | " 2% <sup>*3)</sup>                                                       |
|                          | (浄化槽建設)       | 1.21t-C/百万円              | 下水処理場建設時 CO <sub>2</sub> 排出負荷原単位を代用 <sup>8)</sup>                         |
| 河川直接浄化施設<br>(3m×18m×25m) | 浄化施設建設        | 118.20t-C/基              | 浄化施設製造および設置に必要な機材の消費量より算出                                                 |
|                          | 浄化施設運用        | 25.51t-C/年・基             | ポンプの消費電力のみ考慮(定格電力 11kW+2台×7.5kW) <sup>*2)</sup>                           |
| 単独処理浄化槽                  | 浄化槽運用         | 0.03t-C/年・基              | ポンプの消費電力のみ考慮(定格電力 31W)                                                    |
|                          | 浄化槽更新(建設)     | 0.72t-C/基                | 浄化槽製造および設置に必要な機材の消費量より算出                                                  |
| し尿・汚泥処理施設                | 処理施設運用        | 11.8kg-C/kl              | 消費電力量と A 重油消費量より算出 <sup>*2, *4)</sup>                                     |
|                          |               |                          | (消費電力量 58.3kWh/kl, A 重油消費量 7.1l/kl) <sup>11)</sup>                        |
|                          | 処理場更新<br>汚泥運搬 | 下水道と同様<br>—              | 下水処理場の機械・電気設備の値を代用<br>車両の燃料消費のみを考慮 <sup>*5)</sup>                         |

\*1: 高度処理施設の建設時・運用時 CO<sub>2</sub> 排出量については、本論文では CO<sub>2</sub> 排出量が費用にほぼ比例すると仮定し、高度処理施設の建設時・運用時コストが二次処理施設のそれぞれ約 40%、30%であるため、二次処理施設の建設時・運用時 CO<sub>2</sub> 排出量の 40%、30%と想定した。

\*2: 電力消費による CO<sub>2</sub> 排出負荷原単位は 0.112kg-C/kWh を用いた<sup>12)</sup>。

\*3: 下水処理場建設時の工事別の金額と CO<sub>2</sub> 排出量の関係および集合合併処理浄化槽の工事別金額の関係より設定した。

\*4: A 重油消費による CO<sub>2</sub> 排出負荷原単位は 0.74kg-C/l を用いた。

\*5: バキューム車容量 8kl, 平均収集・運搬距離 15km, 車両燃費 3.5km/l, 軽油の CO<sub>2</sub> 排出負荷原単位は 0.779kg-C/l<sup>13)</sup>とする。

水質の相対価値,  $Wd$ ; 水深の重要度(0.25),  $Ws$ ; 流速の重要度(0.25),  $Wq$ ; 水質の重要度(0.5) である。

本来, 重み付けを行うには対象流域において

アンケート調査等を実施し, 設定する必要があるが, 今回はモデルケースとして水質重視型の重みを設定した。

(3) LCA:ライフサイクル環境負荷の評価

本研究の分析範囲は河川水環境改善施設の建設時（資材製造、施設建設）と運用・維持管理時（プラント稼働、管理施設稼働、輸送、施設・設備の更新）とする。環境負荷としてはデータの整備されているCO<sub>2</sub>排出量を用いる。耐用年数は土木構造物を30年、機械・電気設備および浄化槽を15年とした。検討する河川水環境改善手法ならびにその他の生活排水浄化方策における評価対象を表-4に示す。各生活排水処理施設の整備事業で算出したCO<sub>2</sub>排出原単位をまとめて表-5に示す。

(4) LCC:ライフサイクルコストの評価

ライフサイクルコストは、評価期間30年で費用を算出し、1年当たりの費用に換算した。LCC評価の対象項目は、建設費（Initial Cost）及び運用・維持管理費（Running Cost）とした。本研究では既往の費用関数および原単位を用いた<sup>9),14),15)</sup>。

3. 河川水環境改善手法のエコ・エフィシエンシー評価

(1) モデル評価河川

モデル評価河川は平常時の自然系水量の割合が少なく、中流部にある住宅地からの単独処理浄化槽、合併処理浄化槽の排水流入により水質の悪化が顕著な都市近郊河川H川（都市近郊上流小河川・下水道未整備開発地域）とした。H川の流域面積は9.5km<sup>2</sup>、延長6.4kmで河床勾配は1/1000～3/1000と緩やかな勾配を持つ河川である。流域人口は15,300人で、生活排水処理は単独処理浄化槽60%、合併処理浄化槽23%、下水道11%、汲み取り6%となっている。

住宅地より上流の水質は2.5(BODmg/l)で、浄化槽排水の流れ込む中流部ではこれが10.5～14.5(BODmg/l)と悪化している。基準点での環境基準は「B」類型(BOD3mg/l以下)であるが、現実には10mg/lを超えている。

この河川の水環境改善手法として、①下水道整備、②合併処理浄化槽設置、③河川直接浄化施設設置、④下水処理水還流施設導入を検討する。ここで、下水道未整備にも関わらず下水処理水還流施設導入を検討するのは、対象河川では現況でも自然系水量が少ないことから、水流の停滞と河床への汚泥堆積が見られ、今後の下水道整備によってさらにこの状況が悪化すると考えられるために、処理水還流によって水流を生じさせることが水環境改善になるためである。

(2) 河川水環境改善手法と評価

検討する河川水環境改善手法の内容は次のものである。

|           |                                                                                                                      |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 下水道整備     | 下水道未整備地域(89%)に下水道を整備、処理水は他水系に放流                                                                                      |
| 合併処理浄化槽設置 | 単独処理浄化槽を合併処理浄化槽に転換、汲み取り式の家庭に合併処理浄化槽を設置<br>処理放流水質：BOD12.8mg/l                                                         |
| 河川直接浄化    | 設置位置 河川への生活排水等流入位置（計5地点）<br>処理放流水質（既往研究 <sup>16)</sup> における流入濃度と流出濃度の関係式より算出）                                        |
| 下水高度処理水還流 | 下水道整備後に下水高度処理水を還流<br>還流量：0.5m <sup>3</sup> /s（現況下流端流量の約4倍）、還流位置：居住地域上流端<br>高度処理方法：凝集沈殿法＋急速ろ過法＋活性炭吸着法 還流水質：BOD2.5mg/l |

各改善手法実施後の対象河川の水深、流速、水質を図-4に示す。

また、相対的河川水環境適切度を次に示す。

| 下水道  | 小型合併 | 直接浄化 | 還流   |
|------|------|------|------|
| 0.61 | 0.54 | 0.47 | 0.86 |

水深は0.05～0.2mの範囲が相対価値が高いが、下水高度処理水還流では河川全域でこの範囲内とできる。合併浄化槽設置と河川直接浄化では中流部以降で0.05m以上の水深を確保できる。下水道整備では最下流付近で0.05m以上となる以外は水深は浅く、景観上好ましくない。

流速では0.2～0.4m/sの範囲にあると相対価値が高くなるが、下水高度処理水還流では少し流速が早すぎる状況にあり、反対に他の手法では少し流速が遅い状況にある。

水質では下水道整備ならびに下水高度処理水還流により環境基準を達成できるが、他の手法では環境基準達成が困難である。しかし、いずれの手法でも下流水質基準点の水質はBOD5mg/l以下にはできている。

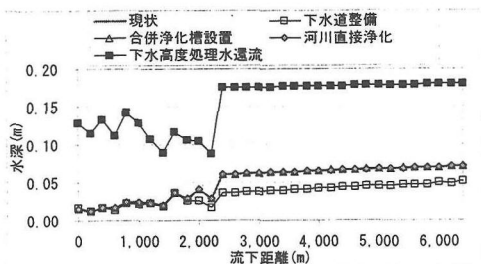


図-4(1) 改善手法実施後の河川水深

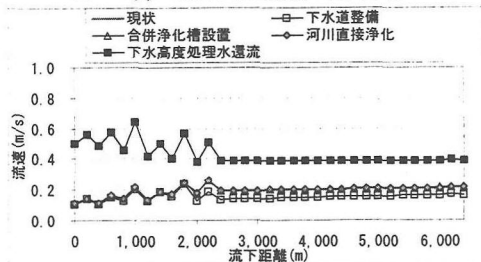


図-4(2) 改善手法実施後の河川流速

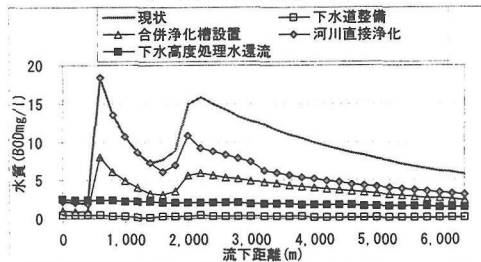


図-4(3) 改善手法実施後の河川水質

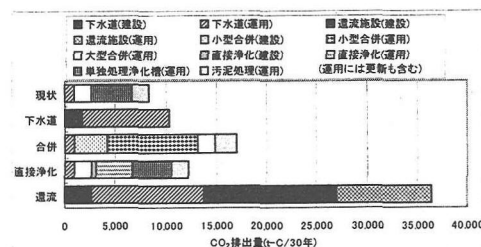


図-5 現状および各改善手法実施後のCO<sub>2</sub>排出量

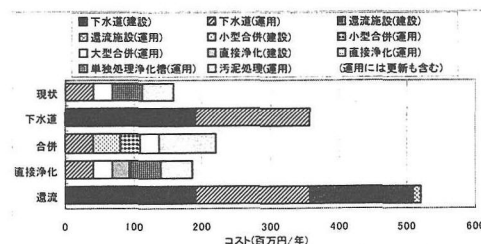


図-6 現状および改善手法実施後のコスト

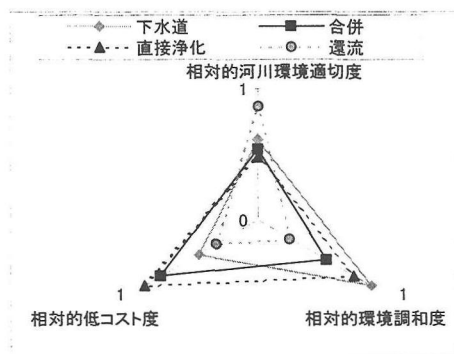


図-7 各手法のエコ・エフィシェンシー評価

### (3)LCAによる環境調和度評価

各改善手法実施におけるライフサイクルでのCO<sub>2</sub>排出量を図-5に示す。また、相対的環境調和度を以下に示す。

| 下水道  | 小型合併 | 直接浄化 | 還流   |
|------|------|------|------|
| 1.00 | 0.61 | 0.84 | 0.28 |

還流施設のCO<sub>2</sub>排出量が多い理由は下水道整備後に還流施設の整備を行うと想定したことと、今回設定した還流量が多い(0.5m<sup>3</sup>/s)ためである。また、下水道に比べ小型合併処理浄化槽のCO<sub>2</sub>排出量の方が多いのは、浄化槽は分散処理のため運用時のCO<sub>2</sub>排出量がやや多く、さらに、更新時のCO<sub>2</sub>排出量が多いためである。

### (4)LCCによる低コスト度評価

各改善手法実施後のコストを図-6に示す。また、相対的低コスト度を以下に示す。

| 下水道  | 小型合併 | 直接浄化 | 還流   |
|------|------|------|------|
| 0.52 | 0.85 | 1.00 | 0.36 |

管きょ敷設に要するコストが高いため、還流および下水道の実施によるコストが他の改善手法に比べ高い。

### (5)エコ・エフィシェンシー評価

各評価をまとめて図-7に示す。すべての指標で評価値が大きいかほど優れていることを意味するが、今回の設定条件においてバランス良く優れているのは下水道整備である。合併処理浄化槽は低コスト度では河川直接浄化施設に次いで高いが、河川水環境適切度および環境調和度では検討4手法の中で3番目である。

河川直接浄化施設は河川水環境適切度が最も低い、低コスト度は最も高く、環境調和度は下水道に次いで高い。

下水高度処理水の還流は、今回検討した改善

手法の中で低コスト度および環境調和度では最も低い、河川水環境調和度は最も高い。また、他の手法は水質のみの改善策であるのに対し、還流は水深、流速などの量的な改善策でもあるというメリットがある。

4. 目標達成のための河川水質改善手法の  
コ・エフィシェンシー評価

公共事業としての河川環境改善では、人々が要望する河川環境の質的レベルを満たしつつ、コスト、環境負荷の小さい改善手法を選定する必要がある。そうでないと、河川にとって過剰な環境改善効果を発揮し、そのためコストや環境負荷を必要以上にかかる事業を選択してしまう可能性がある。

河川環境には2(2)で述べたように様々な要素があるが、現段階で景観や動植物の生息、親水性などは定量評価が困難である。本研究では動植物の生息や親水活動の促進、河川に対するイメージの向上等が水質と直接的な関係にあると考え、目標水質を設定した上で、上述した4手法の組み合わせにより目標水質達成可能なケースを設定し、コスト面、環境負荷面から評価を行った。ただし、水質項目は環境基準で定められているBODとし、モデル評価河川等の条件は前章と同様である。

(1)設定ケース

H川の環境基準がB類型であることと、現状のBOD濃度10mg/lを超えていることから目標水質は3, 5, 8, 10mg/lとした。H川で各目標水質を達成可能なケースを表-6に示す。

(2)環境負荷評価

各目標水質を達成する際に生じる環境負荷を比較して図-8に示す。

今回の設定条件では、いずれの目標水質においても、還流施設を整備した場合にCO<sub>2</sub>排出量が最も多くなり、特に目標水質が3mg/l、5mg/lの場合は他の手法と比べてCO<sub>2</sub>排出量は2倍以上となる。これは、目標水質値を低くするには多くの還流量が必要となり、その結果、ポンプ施設の建設と運用に伴うCO<sub>2</sub>排出量が増加するためである。

一方、下水道を整備した場合がCO<sub>2</sub>排出量は最も少ない。これは下水道では集約処理であるために運用時の環境負荷が相対的に少ないというメリットがある上に、管きょ敷設時のCO<sub>2</sub>排出量がさほど多くないためである。

表-6 目標達成のための河川水環境改善手法

| 目標水質   | ケース       | 河川水環境改善手法の内容                                  |
|--------|-----------|-----------------------------------------------|
| 3mg/l  | Case1(3)  | 下水道(整備率:98.3%)                                |
|        | Case2(3)  | 下水道(整備率:92.5%)+還流施設(還流量:0.5m <sup>3</sup> /s) |
| 5mg/l  | Case1(5)  | 下水道(整備率:96.4%)                                |
|        | Case2(5)  | 還流施設(還流量:0.4m <sup>3</sup> /s)                |
| 8mg/l  | Case1(8)  | 下水道(整備率:95.2%)                                |
|        | Case2(8)  | 直接浄化(3基)+一部合併併処理浄化槽                           |
|        | Case3(8)  | 還流施設(還流量:0.13m <sup>3</sup> /s)               |
| 10mg/l | Case1(10) | 下水道(整備率:94.6%)                                |
|        | Case2(10) | 一部合併併処理浄化槽                                    |
|        | Case3(10) | 直接浄化(2基)+一部合併併処理浄化槽                           |
|        | Case4(10) | 直接浄化(3基)+一部合併併処理浄化槽                           |
|        | Case5(10) | 還流施設(還流量:0.07m <sup>3</sup> /s)               |

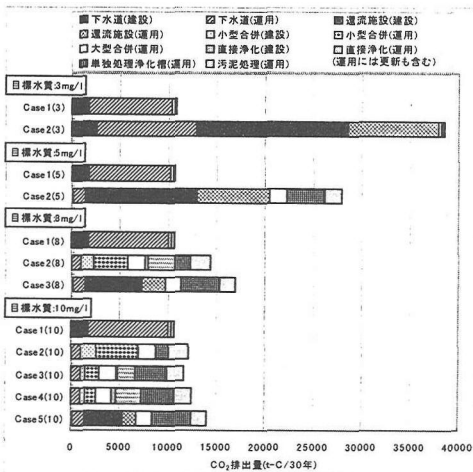


図-8 目標水質達成時の各改善手法のCO<sub>2</sub>排出量

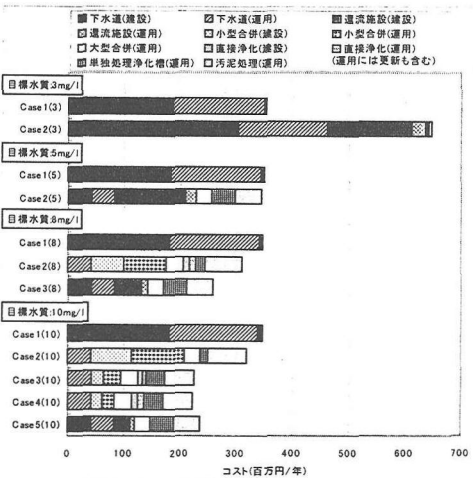


図-9 目標水質達成時の各改善手法のコスト

### (3)ライフサイクルコスト評価

各目標水質を達成するために必要なライフサイクルコストを比較して図-9に示す。今回の設定条件では管きょ敷設費用が高いため下水道を整備した場合にコストが最も高い。また、目標水質が8、10mg/lの場合には、還流施設の整備でも還流量が少なく済むためコスト的には有効な手法である。目標水質が10mg/lの場合においてCase2(10)～Case4(10)はいずれも合併処理浄化槽の単独整備あるいは河川直接浄化施設との併用整備であるが、併用整備の方がコストは安価である。

### (4)河川水質改善手法の選択

ある河川水質改善目標を達成する際に、ライフサイクルにおける環境負荷とコストの両方が少ない手法があれば、これを選択すればよいが、環境負荷とコストがトレード・オフの関係となることも生じる。例えば、目標水質を8mg/lとした場合には、最もCO<sub>2</sub>排出量の少ない下水道整備がコストでは最も高価となる。このような場合の手法選択では、事業実施者と事業により便益を得る市民が、関連する情報を公開した上で事業についての議論を行い、達成される環境の質と、生じる環境負荷、コストを総合的に評価して、事業を選択していく必要がある。

## 5. まとめ

持続可能な発展のために環境調和性の高いインフラ整備が必要となっている。本論文では河川水環境改善手法を対象に、効果面とコスト面、さらに環境負荷面から、代替案選択を行った。その結果、環境負荷を評価指標に追加することで、従来の実施効果に対するコストからの評価とは異なる手法の選択が優位となる場合もあった。インフラ整備は人間社会にとって安全性や快適性の向上に寄与するが同時にその整備・運用において多額の費用を必要とし、環境へ負荷を与えている。したがって、持続可能な社会システムの構築のためには、今回行った評価手法のように各代替案のライフサイクルでの効果とコスト、環境負荷を相互に比較し、環境調和性とコストパフォーマンスの高い手法を選択する必要がある。

### 【参考文献】

- 1) (社)土木学会：都市水環境の保全・再生と下水道の役割に関する調査報告書，平成9年。
- 2) (社)雨水貯留浸透技術協会「構想策定マニュアル」検討委員会（委員長虫明功臣）「都市の水循環再生構想策定マニュアル」，平成9年度。
- 3) (社)日本下水道協会「下水道懇談会」：下水道懇談会審議結果報告書，平成10年3月。
- 4) 例えば，「京都府地球環境保全行動計画」。
- 5) Livio D.DeSimon and Frank Popoff, 山本良一監訳：エコ・エフィシェンシーへの挑戦，日科技連，1998.11
- 6) 萩原良巳，萩原清子：都市環境と水辺計画，勁草書房，pp.121，1998。
- 7) 島谷幸宏：河川風景デザイン，山海堂，pp.73，1994。
- 8) 鶴巻峰夫，藤岡荘介，内藤弘：下水道終末処理施設のライフサイクルでの環境負荷の定量化について，第4回地球環境シンポジウム講演集，pp.57-62，1996.7。
- 9) (社)日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説(平成8年度版)，建設省都市局下水道部，1997。
- 10) 井村秀文，銭谷賢治，中島芳紀，森下兼年，池田秀昭：下水道システムのライフサイクルアセスメント：LCE 及びLC-CO2による評価，土木学会論文集，No.552/Ⅶ-1，pp.75-84，1996.1。
- 11) 井上雄三，河村清史，田中勝：し尿処理技術の開発の動向，都市清掃，Vol.47，No.202，pp.465-476，1994.10。
- 12) (社)環境情報科学センター：製品などによる環境負荷評価手法等検討調査報告書，p.38，1998.3。
- 13) 酒井寛二：土木建設物の二酸化炭素量原単位の推定，第4回地球環境シンポジウム講演集，pp.43-48，1996.7。
- 14) (社)日本下水道協会：下水道事業における費用効果分析マニュアル(案)，1998。
- 15) (財)日本環境整備教育センター：平成6年度 合併処理浄化槽による生活排水処理の高度化・安定化に関する研究報告書，1995。
- 16) 本橋敬之助，立木英機：湖沼・河川・排水路の水質浄化―千葉県の実施事例―，海文堂出版，1997。