

(54) 下水道事業の環境配慮の 現状について

THE PRESENT STATE OF ENVIRONMENTAL CARE IN SEWERAGE SYSTEMS

浮田 正夫*、城田 久岳**、中西 弘*、宇佐美 禎紀**

Masao UKITA, Hisatake SHIROTA, Hiroshi NAKANISHI and Sadatoshi USAMI

ABSTRACT: Recently, the concerns of sewerage services have been expanded variously other than the original role of stormwater collection, and wastewater disposal and treatment. The consciousness of the officers in charge about environmental care in sewerage systems was investigated through a questionnaire survey. The main results obtained are as follows.

(1) The importance of environmental care is evaluated almost same as the original indices like the percentage of sewerage service. The municipalities of around 50% of the service rate showed high concern for environmental care.

(2) The main factors of environmental care were effective use of sludge, water quality improvement and energy-saving. The degree of the satisfaction for their present situation about environmental care was generally low.

(3) The new index of the environmental care for sewerage services was proposed using COD removal rate, energy consumption per unit volume of sewage water and the rate of sludge use, although further improvement will be needed.

KEYWORDS: Sewerage system, Questionnaire survey, Environmental-care-index, Data analysis

1. はじめに

下水道事業は近年、普及率の向上とともに、雨水の排除、生活環境の改善および水質保全等の基本的役割を担いつつ、アメニティ下水道、ハイグレード下水道、省エネ型下水道など、新しい事業目標を模索しつつある^{1), 2), 3)}。このような多様化の背景には、高度技術社会および地球環境時代の到来という社会変化や、それに伴う市民ニーズや市民意識の変化がある。また、下水道整備の中心が大都市から地方の中小都市に移りつつある現状も考え合わせると、これからの下水道整備に求められることを十分に理解した上で、下水道事業の新しい目標を示すことは重要な課題である。

本研究の目的は、環境に配慮した下水道、すなわち「環境にやさしい下水道」とはどのようなものなのか、いかにあるべきかを明らかにすることである。低密度域での集合処理および分散処理の、環境サイドからみた合理的配置に関する考察については既に報告⁴⁾した。本稿では、下水道実務者の「環境にやさしい下水道」に対する意識を把握するためのアンケート調査を実施し、その結果を用いて、下水道の環境に対する配慮の現状を総合的に評価し得る「環境配慮指標」の開発を試みたものである。

* 山口大学工学部 Faculty of Engineering Yamaguchi University

** 宇部短期大学 Ube College *** 九州環境管理協会 Kyushu Environmental Evaluation Association

2. アンケート調査の概要

全国の下水道施設を有する469市町村と47都道府県の下水道実務者（課長・係長クラス）を対象にアンケート調査を実施した。調査期間は、1992年10月15日から同年12月21日までとし、郵送法により行った。有効回収数は380票（回収率73.6％）で、その内訳は単独公共下水道のみの市町村が246(64.7％)、終末処理場を持たない流域関連公共下水道のみの市町村が44(11.6％)、一部に流域下水道を持つ市町村が51(13.4％)、都道府県が39（10.2％）であった。アンケート回収状況を表1に示す。

表1 アンケートの回収状況（票数）

（ ）内：部分回収率（％）

普及率	市町村関係 単独公共 下水道	流域 下水道	一部流域 下水道	小計	都道府県 関係
20%未満	43(79.6)	4(50.0)	-	47(75.8)	-
20%以上40%未満	88(77.2)	6(37.5)	9(100)	103(74.1)	-
40%以上60%未満	70(90.9)	7(30.4)	13(92.9)	90(78.9)	-
60%以上80%未満	26(78.8)	16(57.1)	17(81.0)	59(72.0)	-
80%以上100%未満	19(79.2)	11(31.4)	12(81.0)	42(58.3)	-
合計	246(81.2)	44(39.3)	51(89.5)	341(72.7)	39(83.0)

アンケートの内容は、それぞれの下水道事業が「環境にやさしい下水道」としてどの程度の配慮をしているのか、また、どのような対策に重点を置くべきかを問うものである。まず、「環境にやさしい下水道」を具体的に考えるため、「放流先水域の水質改善方策（水質改善）」、「省エネルギー・エネルギー有効利用（省エネ）」、「処理水の有効利用（処理水利用）」、「汚泥の有効利用（汚泥利用）」、「土地空間の有効利用（土地利用）」および「総合治水に関する環境に配慮した下水道サイドの方策（総合治水）」の合計6つの評価項目（評価6項目）を提示した。そして、それぞれの項目について現状に対する評価（満足度）と、「環境にやさしい下水道」としての重要性（重要度）を質問した。なお、「水質改善」については、さらに具体的な方策として「処理水質の向上」、「合流式下水道の改善」および「放流先の選択」の3つの項目（下位3項目）を提示して、同様の質問を行った。

各項目（アイテム）の現状に対する評価の選択肢（カテゴリー）は「十分」、「やや十分」、「やや不十分」および「不十分」の4段階とし、中間カテゴリーに回答が集中することを避けるため、あえて中間カテゴリーは設定しなかった。同様に、重要性についても「重要である」、「やや重要である」、「やや重要でない」および「重要でない」の4段階を設定した。

なお、普及率の向上や浸水対策の充実等を従来の下水道事業目標（従来事業目標）とした上で、現時点でのその目標の重要度に対する「環境にやさしい」という新しい目標（環境事業目標）の相対重要度についても質問した。

3. アンケート調査結果

3.1 従来事業目標に対する環境事業目標の重要性

下水道の従来事業目標を10としたときの環境事業目標の相対重要度の集計結果を図1に示す。環境事業目標は、従来事業目標と比較して全体的には同程度の重要性があると考えられる。ただし、下水処理について直接事業を持たない流域下水道の事業体からの回答では、従来事業目標と比べてかなり低くなっており、現時点ではまだ普及率の向上に関心が高いことが推測される。図2は、単独公共下水道の事業体からの回答の

みを普及段階別に集計したものである。従来事業目標と比較した環境事業目標の重要性は普及率が上がるごとに高くなり、普及率40～60%で最も高くなり、従来事業目標と同程度の重要性となる。しかし、さらに普及率が上がると重要性は下がっていく。これから普及率40～60%の所が最も環境に配慮する余裕があり、さらに普及率が上がると若干醒めた目でこの問題をとらえているのではないかと推測される。

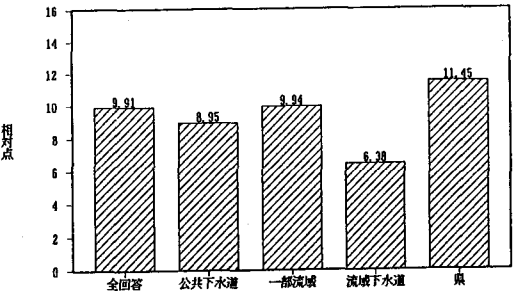


図1 環境事業目標の下水道種類別相対重要度

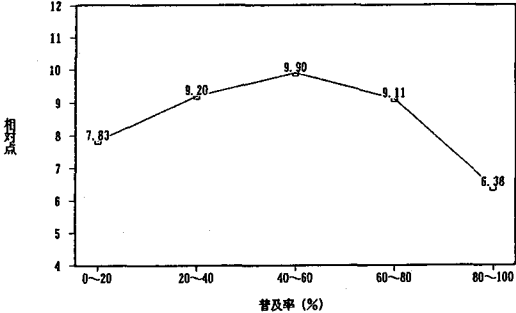


図2 環境事業目標の普及段階別相対重要度（単独公共下水道）

3.2 評価点による集計

各評価項目についてのカテゴリー回答結果を評価点（満足度および重要度）として表現するために、次の(1)式および(2)式により得点化処理を行った。

$$L = (87.5 \times A + 62.5 \times B + 37.5 \times C + 12.5 \times D) / 100 \quad (1)$$

$$P = 50 + \{(L - 50) / 37.5\} \times 50 \quad (2)$$

ここで、

- A: 「十分」あるいは「重要」の回答率 (%)
- B: 「やや十分」あるいは「やや重要である」の回答率 (%)
- C: 「やや不十分」あるいは「やや重要でない」の回答率 (%)
- D: 「不十分」あるいは「重要でない」の回答率 (%)
- P: 満足度（現状評価点）あるいは重要度（重要性評価点）

なお、これとは別に評価6項目について、下水道の従来事業目標を達成した時点での水質改善の重要性を10と仮定したときの各項目の相対的重要性を問う質問を設けていた。図3に(1)および(2)式によって求めた各項目の重要性評価点と、「水質改善」の相対的重要性10を重要性評価点85.7点に合わせて比例換算した各

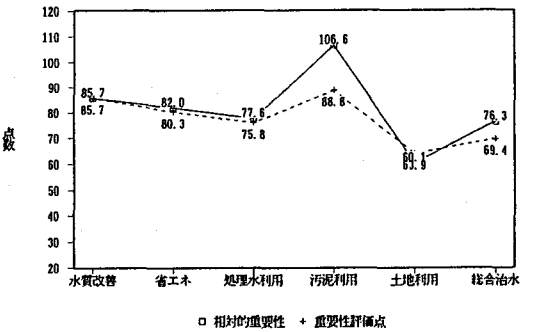


図3 数量回答による相対的重要性とカテゴリー回答による重要度の比較

項目の相対的重要性を示す。両者が同様の傾向を示すことから、先の得点化処理が妥当であると判断される。評価6項目の満足度（現状評価点）と重要度（重要性評価点）の関係を全回答によって図4に示す。同様に、「水質改善」の下位3項目について図5に示す。満足度は50点を超えるものが「水質改善」（59.1点）のみで、現状に対する満足度はどの対策に対しても低く、「処理水利用」（49.9点）、「土地利用」（48.6点）、「省エネ」（40.0点）、「汚泥利用」（39.4点）、「総合治水」（23.8点）の順で下がっている。重要度は満足度より全体的に高めの値となっており、「汚泥利用」（88.8点）が最も高く、「水質改善」（85.7点）、「省エネ」（80.3点）が比較的重要と考えられており、以下、「処理水利用」（75.8点）、「総合治水」（69.4点）、「土地利用」（63.8点）の順で下がっている。「水質改善」の下位3項目については、合流式下水道の改善に対する満足度が30.4点とかなり低いのが特徴的で、重要度にあまり差は見られなかった。

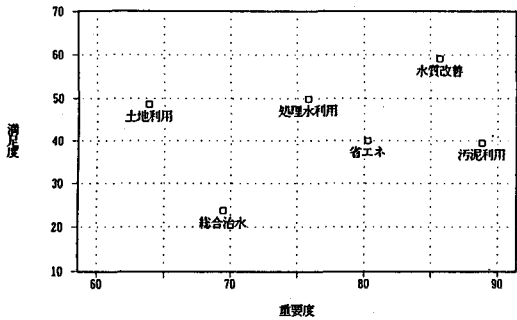


図4 評価6項目の満足度と重要度の関係

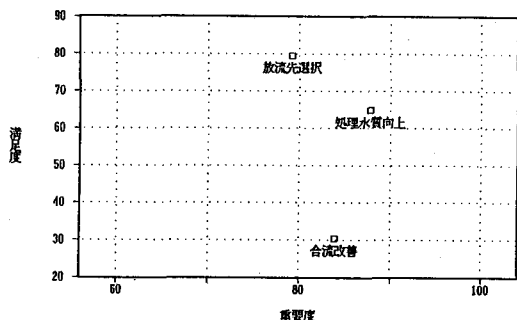


図5 「水質改善」3項目の満足度と重要度

3.3 評価に関する属性別クロス集計

現状および重要性の評価と下水道の種類、整備状況および都市規模のような属性との関係を見る目的で、属性別クロス集計を行った。

3.3.1 下水道の種類別集計

評価6項目の満足度（現状評価点）と重要度（重要性評価点）を下水道の種類等によって集計した結果を図6および図7に示す。

流域下水道の事業者からの回答では、「総合治水」についての満足度が高く、重要性も高く評価していた。つまり、終末処理場を持たない背景もあって、「総合治水」に対する関心が比較的高いものと思われる。県

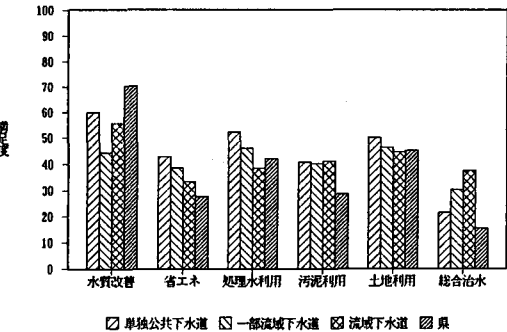


図6 下水道の種類別満足度

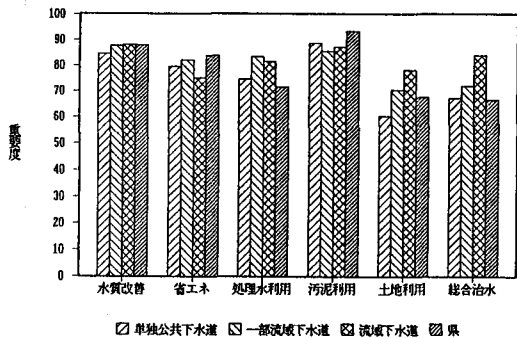


図7 下水道の種類別重要度

からの回答では、「水質改善」の満足度がきわめて高いのが特徴で、「総合治水」、「省エネ」および「汚泥利用」の満足度が低い。また、「汚泥利用」、「水質改善」および「省エネ」の重要性が高く評価されている。「総合治水」を除いて全般に、満足度が他の下水道より高いところでは重要度は逆に低くなるなど、対策がすでになされていると思われる項目の重要性は低下する傾向があることを示している。

3.3.2 下水道の普及段階別集計

普及段階と満足度との関係は、図8に示すように「水質改善」については普及段階が進むに従い低くなっており、「処理水利用」や「省エネ」なども同様の傾向を示した。逆に、「汚泥利用」については緩やかに高くなっており、普及率の向上の次の目標に汚泥対策が挙げられている様子がうかがえる。他の項目の内容が下水道事業にとって付加的な要素とも受け取られ易いのに対して、「汚泥利用」は処分問題とも絡んで優先されるべき要素との認識が高いものと考えられる。一方、各項目の重要度は普及段階の違いによってあまり大きな変化を示さず、環境にやさしい下水道の考え方にあまり差がないといつてよい。

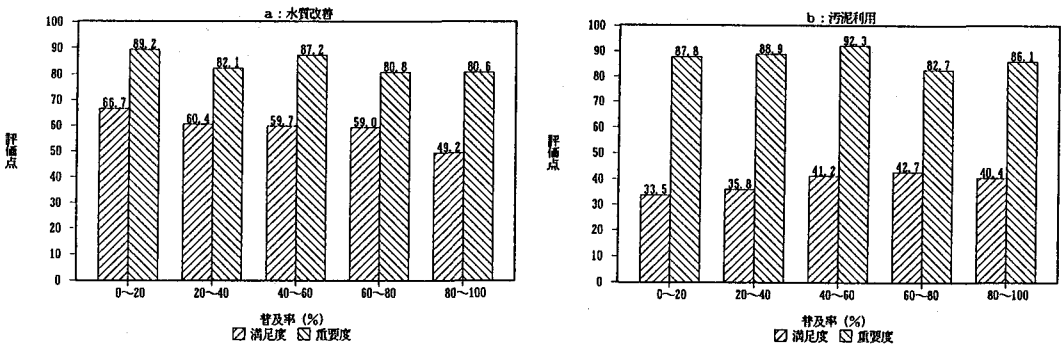


図8 下水道の普及段階別の満足度と重要度 (a:「水質改善」, b:「汚泥利用」)

3.3.3 都市人口規模別集計

各項目ともに、程度に若干差がみられるが人口規模が大きくなるほど満足度が低くなる傾向にあった。特に、図9に示すように「水質改善」でその傾向が強かった。これは、大都市ほど施設の老朽化や処理能力の限界、もしくは限界を越えた下水の流入により十分な処理を行うことができない状況にあること、周辺水域の水質状況が厳しいことなどを反映していると考えられる。例外的に、「総合治水」について100万人以上の

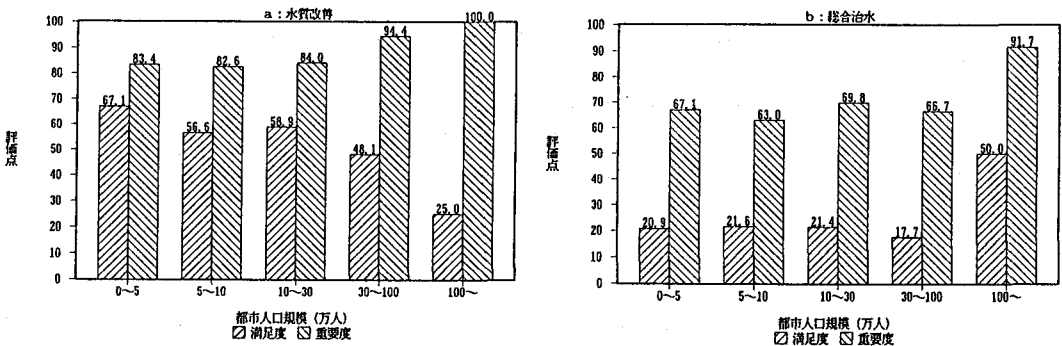


図9 都市人口規模別の満足度と重要度 (a:「水質改善」, b:「総合治水」)

市町村の満足度が突出しており、「総合治水」に関してのみ、かなり満足していることがわかった。一方、重要度は人口規模2万人以上あたりから人口規模が大きくなるにつれてやや高くなる傾向を示し、100万人以上ではどの項目でも最も高い値となった。概して、大都市ほど放流先水域の水質や汚泥処分、エネルギーおよび水資源などの環境問題意識が強い傾向がみられた。

4. 環境配慮指標の検討

ここでは、総合的な環境配慮の自己評価点を推定し、さらに、この環境配慮自己評価点を具体的に入手可能な客観データで説明することを検討し、客観的な環境配慮指標の作成を試みた。

4.1 環境配慮自己評価点

今回行ったアンケートでは各事業体の環境配慮の自己評価点を直接的に聞く質問を設けていなかったため、全回答を対象として以下のような手順で各評価項目に対する部分的な満足度から総合的な環境配慮自己評価点の推定を行った。

すなわち、回答ごとに各6項目の現状評価の4カテゴリーをそれぞれ87.5点、62.5点、37.5点、12.5点と得点化し、また、重みも回答ごとに重要性評価の4カテゴリーを87.5点、62.5点、37.5点、12.5点とした上で、評価6項目の合計が1となるように得点を換算した。そして、それぞれの現状評価の得点（ S_i ）と重み（ W_i ）を掛け合わせたものの合計をその事業体の環境配慮自己評価点とした。

$$Y = \sum (W_i \cdot S_i) \quad i=1 \sim 6 \quad (3)$$

次に、環境配慮自己評価点を目的変数に取り、各項目の現状評価の得点を説明変数として重回帰分析を行った。その結果、重回帰式は次式のようになり、決定係数は $r^2=0.95$ と良好な結果が得られた。

$$Y = 0.199 \cdot X_1 + 0.170 \cdot X_2 + 0.155 \cdot X_3 + 0.183 \cdot X_4 + 0.122 \cdot X_5 + 0.168 \cdot X_6 + 0.181 \quad (4)$$

ここで、Y：環境配慮自己評価点

- X_1 ：「水質改善」に対する現状評価の得点
- X_2 ：「省エネ」に対する現状評価の得点
- X_3 ：「処理水利用」に対する現状評価の得点
- X_4 ：「汚泥利用」に対する現状評価の得点
- X_5 ：「土地利用」に対する現状評価の得点
- X_6 ：「総合治水」に対する現状評価の得点

さらに、標準化偏回帰係数の低かった「処理水利用」、「土地利用」および「総合治水」を除いて再度重回帰分析を行った。その結果、 $r^2=0.97$ となり説明力が上がった。結果を(5)式に示す。

$$Y = 0.352 \cdot X_1 + 0.320 \cdot X_2 + 0.345 \cdot X_4 - 1.109 \quad (5)$$

4.2 各評価項目の客観データからの評価点への換算

各項目に対応させる客観データとしては、「水質改善」についてはCOD除去率、「省エネ」については処理水量当りの消費エネルギー量、「汚泥利用」については汚泥有効利用率と重金属(Zn)含有量を採用した。前三者のデータは下水道統計⁵⁾によった。重金属含量はアンケートの補足調査の回答によった。

客観データと現状評価の得点との相関関係から、換算式を得る作業は、各項目の重要性の4段階評価で

「重要である」と回答した市町村のみを取り上げて行った。換算方法の1)は、まず、現状評価の4カテゴリーごとに客観データの平均値を算出した。次に、その客観データの平均値と現状評価の得点との回帰直線を求め、その回帰式により客観データを客観評価点に換算した。

換算方法の2)は、逆に客観データの階級毎に現状評価の得点の平均値を算出した。次に、その現状評価の得点の平均値と客観データの各階級中央値との回帰直線を求め、(2)式による補正を行った上で客観データを客観評価点に換算した。原則として、方法1)および方法2)を組み合わせ、最も適合度のよい方法により、客観評価点への換算を行った。方法2)において用いたランク分けを表2に示す。

表2 客観データの相対評価によるランク分け（対数正規分布仮定）

ランク	中央値	COD除去率(%)	エネルギー消費(kcal/m3)	Zn濃度(mg/kg)
E	10	～ 76.7	3,005～	2,068～
D	30	76.7～84.8	1,757～3,005	1,144～2,068
C	50	84.8～90.1	1,027～1,757	633～1,144
B	70	90.1～93.6	600～1,027	350～ 633
A	90	93.6～	～ 600	～ 350

すなわち、「水質改善」とCOD除去率の関係については、方法2)の回帰式と、COD除去率をそのまま現状評価の得点とする式($y = x$)との平均の直線式を採用した。「省エネ」と処理水量あたりのエネルギー消費量の関係については、方法1)および2)の回帰式の平均の直線式を用いた。「汚泥利用」については、汚泥有効利用率との関係には方法1)の回帰式を用い、Zn濃度との関係には方法2)の回帰式を用いた。それぞれの換算式を表3に示す。

表3 客観評価点への換算式

a) 水質改善方策の現状評価点(Y_a)と平均COD除去率(X_a)
回帰式: $Y_a = 1.114 \times X_a - 25.9$
b) 省エネ・有効利用の現状評価点(Y_b)と 平均消費エネルギー(水量当り)(X_b)
回帰式: $Y_b = -0.043 \times X_b + 100.7$
c) 汚泥の有効利用率の現状評価(Y_c)と 平均有効利用率(X_{c1})あるいは、平均Zn含量満足点(X_{c2})
回帰式: $Y_c = 1.382 \times X_{c1} - 1.2$ ($r^2 = 0.858$)
回帰式: $Y_c = 0.175 \times X_{c2} + 23.1$ ($r^2 = 0.497$)

4.3 環境配慮指標の試算

以上のようにして算出した3つの評価項目に対する客観評価点を、先に示した重回帰式(5)に代入して、環境配慮の総合的な客観評価点を算出し、これを環境配慮指標とする。なお、回帰式による客観評価点が100を越える場合は100に、0を切る場合は0とした。

「汚泥利用」の項目に汚泥利用率を用いた場合、環境配慮指標の平均は47.3点となり、75点以上の高得点

の市町村は10.7%しかなく50点未満が69.6%を占めるという結果となった。環境配慮自己評価点と環境配慮指標の相関は図10に示すとおりであり、一応、5%危険率で有意であるが、十分とはいえない。汚泥のZn濃度を用いた場合、平均は49.5点となり、75点以上の高得点の市町村はなく、50点未満が35%で、分散が小さくなった。汚泥利用率を用いる方法の方がより適当であると考えられる。いずれにしても、客観指標とアンケートによる現状評価の相関が予想したほど明確でなく、現段階では十分説得力のある環境配慮指標を提案できるには至っていない。

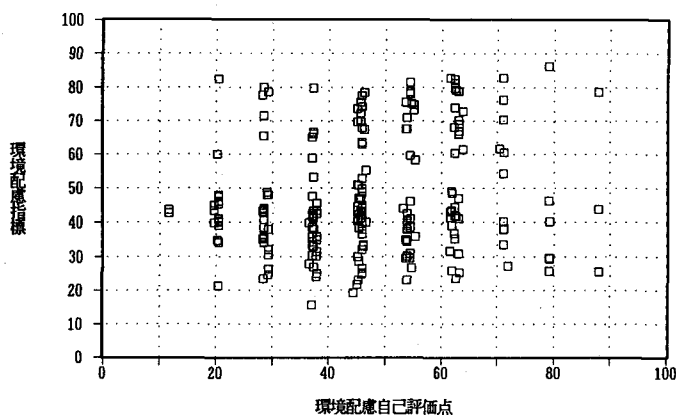


図 10 環境配慮自己評価点と環境配慮指標との関係

5. 結論

- (1) 環境事業目標の重要性は従来事業目標と全体的にはほぼ同程度であるが、流域下水道では普及率の向上にまだ関心が高いようであった。
- (2) 全体的にみて重要であると考えられる方策は汚泥の有効利用、放流先水域の水質改善方策および省エネルギー・エネルギー有効利用であることがわかった。また、現状に対する満足度はどの対策に対しても低く、十分な対策が行われていないことがわかった。
- (3) 普及率および人口規模の大きい都市ほど、特に放流先水域の水質改善方策などについて不満に感じていることがわかった。
- (4) 下水道事業の新しい評価指標として、COD除去率、エネルギー消費量、汚泥利用率などの客観データを用いた環境配慮指標の考案を行ったが、精度の上でまだ問題が残っている。

参考文献

- (1) 特集 下水道と水環境：月刊下水道 Vol. 15, No. 9(1992)
- (2) 第二世代下水道マスタープラン：東京都（平成4年7月）
- (3) 和田安彦：環境にやさしい21世紀型下水道、日本下水道新聞（平成5年1月1日号）
- (4) 浮田正夫、中西 弘、関根雅彦、城田久岳：低密度地域の生活排水処理方式の選択に関する考察、環境システム研究 Vol. 20, pp9-17(1992)
- (5) 昭和63年度版 公共下水道統計 行政編：日本下水道協会