

社会資本整備事業の時系列評価のための 環境会計表の開発 ～名古屋市下水道事業を対象として～

田畑智博¹・富士友紀乃²・文多美³・森杉雅史⁴・井村秀文⁵

¹ 学生会員 工修 名古屋大学大学院 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

² 工学 多治見市役所 (〒507-8703 岐阜県多治見市日ノ出町二丁目15番地)

³ 学生会員 工修 名古屋大学大学院 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

⁴ 正会員 工博 名古屋大学助手 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

⁵ 正会員 工博 名古屋大学教授 環境学研究科都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

本研究では、自治体の下水道事業を対象とし、過去からの施設の建設や維持・補修、運用等にかかるコスト・エネルギー等のフロー及び資産等のストックに関する時系列的データから本事業を評価可能な、時系列環境会計表の枠組みを開発した。また本会計表を名古屋市の下水道事業に適用し、事業価値の評価を試みた。時系列環境会計表は、フローである投入項目(コスト、エネルギー)と排出項目(水質、汚泥処理量、CO₂排出量)、ストックである資産項目(資産額)の3項目とし、1965年から2001年において各データを時系列的に集計した。結果として、特に管渠建設後の補修・更新に要するエネルギーは、耐用年数を経過するまで増加し続けることが明らかとなった。少子高齢化等将来の社会トレンドを考慮して、処理施設の建設計画を作成することが重要であると示唆される。

Key Words: Time Series Environmental Accounting Table, Life Cycle Evaluation, Social Overhead Capital, Sewage Treatment Enterprise

1. はじめに

近年環境アカウンタビリティの向上のため、環境保全対策のコストと得られた効果を定量的に評価可能な環境会計の、企業への導入が盛んである。また例えば横須賀市¹⁾、東京都下水道局²⁾、名古屋市上下水道局³⁾等、自治体の社会資本整備事業にも導入が進められている。

環境会計は単年度のフローの投入と排出のみを捉えたものである。そのため継続的に環境保全活動を進めている企業ほど、新規保全活動による単年度の保全効果が小さくなる傾向にある。そのため環境省⁴⁾は、環境会計をフローとして捉えるだけでなく、過去の環境保全活動の成果や環境保全のための支出をストックとして捉えることを提案している。このことは、特に自治体の社会資本整備事業にも当てはまる。

社会資本整備事業は過去からの施設の建設や維持・補修、設備の導入、運用等にかかるコスト・エネルギー等のフローと資産等のストックの蓄積により、一定のサービスを提供することが可能となる。そのため事業価値は、単年度のフローの

みの評価ではなく、ストックも考慮した複数年度のライフサイクル的な評価により決定することが望ましい。しかしこのような評価は、企業への導入を前提とした、既存の環境会計の枠組みでは限界がある。

そこで本研究では、下水道事業を対象とし、本事業のフロー・ストックに関する時系列的データを用いることで事業価値のライフサイクル的な評価を可能とする、時系列環境会計表の枠組みの開発を行った。また本会計表を名古屋市の下水道事業に適用し、本事業の評価を試みた。

2. 時系列環境会計表の枠組みの開発

下水道事業に関する時系列環境会計において今回対象とした項目と分類は、表-1の投入項目、排出項目、資産項目の3項目9分類である。なお今回は、施設の廃棄は研究の対象外とする。

表-1を踏まえ、本研究で提案する時系列環境会計表の枠組みを表-2に示す。投入項目のうちの施設の運営に関する

コスト、エネルギー及び排出項目は、単年度別のフローとして計上される。投入項目のうち施設の建設、補修・更新に関するコスト、エネルギーは、過去から累積的にデータ集計することにより、現在からみた施設のストックとして計上される。資産項目はストックとして計上される。

本会計表を作成することで、例えば施設ストックの蓄積に対する処理の効率性評価、ストックの維持・補修による自治体のコスト負担評価、少子高齢化等によるコスト負担を考慮した将来の下水道処理能力、方式の選定等といった事項について、定量的に論じることが可能となるといえる。

3. 名古屋市の下水道事業への時系列環境会計表の適用

3.1. 名古屋市の下水道事業について

名古屋市では明治後期に下水道の建設が始まった⁵⁾。当初は排水目的であったが、河川の汚れ対策のため、1930年に日本初の活性汚泥法による処理場が移動した。1960年代には処理区域人口の激増に合わせて処理施設の新設、増設が相次ぎ、現在下水道の人口普及率は97%に達している⁶⁾。2001年における市内の下水処理場は15ヶ所、汚泥処理場は3ヶ所あり、管渠の総延長は7,264kmに及ぶ。

3.2. 時系列環境会計表の作成

ここではケーススタディとして、名古屋市の下水道事業に時系列環境会計表を適用する。会計表の作成年度は1965～2001年度とする。但し1987年度以前に関しては、1965年度より5年度おきでしかまとまったデータを得ることができなかった。またデータ制約のため、全ての市全体での処理施設をまとめにして、時系列環境会計表のデータ集計を行った。

以下に会計表の対象分類別のデータの集計方法について記す。

1) 一般データ(表-1のa)

名古屋市上下水道局⁹⁾のデータを用いた。

2) 建設・運用時のコスト(表-1のb, c)

建設改良コストは、新たな施設(処理場、ポンプ場)の建設及び既存の施設の改築・更新のために投入されるコストである。ただし「改築」は、排水区域の拡張等に起因しない「対象施設」の全部または一部の再建あるいは取替えを行うことを指し、このうち標準耐用年数に達したものの場合は「更新」標準

表-1 時系列環境会計表の対象項目と分類

①投入項目	
a. 一般データ	処理区域人口、人口普及率、面積普及率、下水道使用料
b. コスト	建設改良コスト(管渠、処理場、ポンプ所)* 運用コスト(下水管、下水処理、その他)
c. エネルギー	建設エネルギー(管渠、処理場、ポンプ所)* 運用エネルギー(処理場、ポンプ所)
②排出項目	
d. 水域への排出	処理水量、除去率(BOD、COD、SS、T-N)、雨水排水量
e. 廃棄物の排出	汚泥処理量、埋立処分量
f. エネルギーの消費	電力使用量、燃料使用量
g. 大気への排出	電力、燃料使用に伴うCO ₂ 排出量
③資産項目	
h. 処理施設の資産	管渠総延長、施設数(下水処理場、汚泥処理施設、ポンプ所)
i. 処理施設の資産額	土地、建物、構築物、機械・装置、車両運搬具、工具・備品

*: 建設分、補修・更新分を含む

表-2 時系列環境会計表の枠組み

	分類	1965	1970	～	2000	2001
①投入項目	a					
	b					
	c					
②排出項目	d					
	e					
	f					
	g					
③資産項目	h					
	i					

耐用年数に達していない場合を「改良」と呼ぶ。また運用コストは、下水道事業の運用のために投入されるコストである。このうち管渠清掃、管渠調査、管渠補修に係るコストを下水管コストとし、下水処理場と汚泥処理場の運用・補修に係るコストを下水処理コストとする。

施設の年度別の建設・運用時に係る投入コスト、エネルギー推計のフローを図-1に示す。建設・運用時の総投入コストは名古屋市上下水道局⁹⁾及び日本下水道協会⁷⁾のデータを用い、これを1983年基準で価値換算した。換算式を次式に記す⁸⁾。

$$C_{vij} = \frac{C_{ij}}{(1+r)^{j-1}} \quad (1)$$

但し、 C_{vij} : j 年目の施設 i の建設コストの現在価値[円]、 C_{ij} : j 年目の施設 i の建設コスト[円]、 r : 割引率[-]、 i : 施設(1: 処理場、2: ポンプ場)、 j : 基準年からみた年数、割引率は4%と設定する⁸⁾。

処理場、ポンプ場別の建設総コストは、それぞれの工事分類別(土木、建築、建設設備、機械、電気)の建設コストを足し合わせたものとなる。

工事分類別総コストについては、十分なデータが得られなかった。そのため、名古屋市の工事概況⁹⁾から建設総コストを

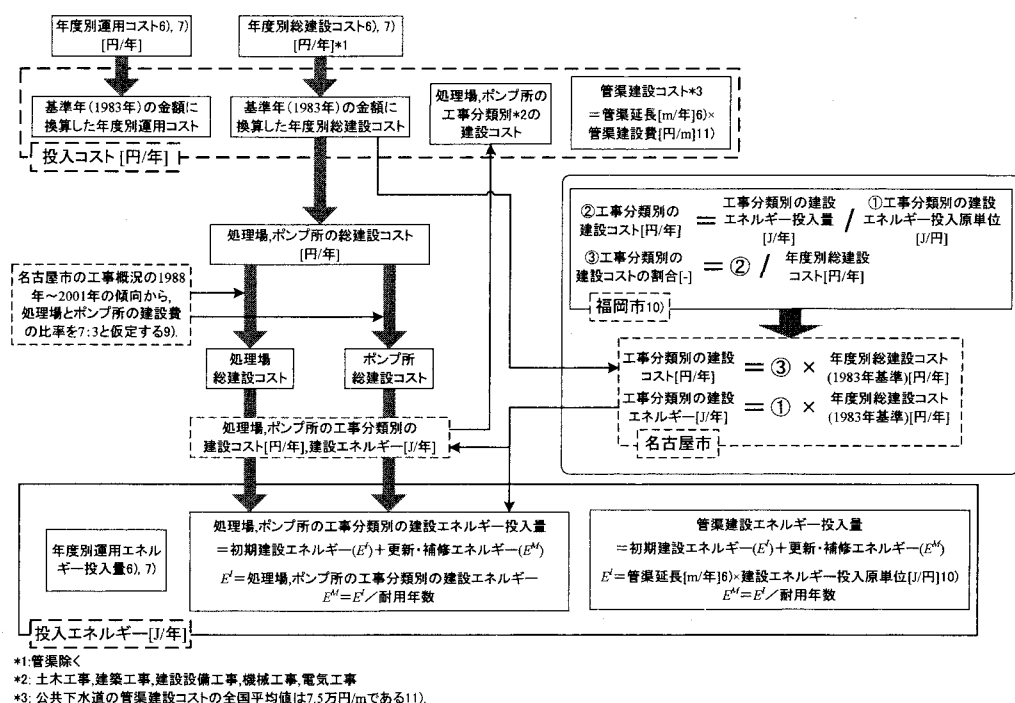


図-1 年度別の建設・運用時の投入コスト、投入エネルギー推計のフロー

処理場とポンプ場とに分配するとともに、井村¹⁰⁾が福岡市の下水処理施設でLCAを行った際のデータを用い、図-1に示す方法で工事分類別の建設コストを推計した。

管渠建設コストは、図-1に示す方法で算出した¹¹⁾。

3) 建設・運用時の投入エネルギー(表-1のb, c)

建設時投入エネルギーは施設の建設及び補修・更新時に投入されるエネルギーである。また運用時投入エネルギーは、施設運用のために毎年投入されるエネルギーである。

処理場、ポンプ所、管渠の建設エネルギーは、井村¹⁰⁾が行った方法により推計した。具体的には、建設エネルギーを初期建設エネルギーと補修・更新エネルギーとに分類し、図-1に示す方法で推計した。各設備の耐用年数は、土木・建築設備が50年、機械設備が15年、電気設備が20年、管渠が50年と設定した¹⁰⁾。但しデータ制約から、1965年以降の建設事業のみを対象とし、それ以前に建設された設備の耐用年数は考慮していない。

処理場、ポンプ場別の建設総エネルギーは、それぞれの工事分類別(土木、建築、建設設備、機械、電気)の建設エネルギーを足し合わせたものとなる。

4) 水域の排出(表-1のd)

ここではBOD除去率の算出方法について述べる。市全体でのBOD除去率は、次式で示すように、各処理場のBOD除

去率を各処理場の処理水量で重み付け平均をとり、市全体での処理水量で割ることで算出した。

$$BOD = \frac{100}{\sum_{n=1}^N Q_n} \sum_{n=1}^N \left(\frac{BOD_n^{\text{in}} + BOD_n^{\text{out}}}{BOD_n^{\text{in}}} \times Q_n \right) \quad (2)$$

但し、BOD: 市全体でのBOD除去率[%]、 BOD_n^{in} : 処理場 n における流入水のBOD[ppm]、 BOD_n^{out} : 処理場 n における放流水のBOD[ppm]、 Q_n : 処理場 n の年間処理水量[m³]、 N : 処理場数。

COD, SS, T-Nの除去率についても、上式で算出する。

5) 廃棄物の排出(表-1のe)

名古屋市上下水道局⁹⁾のデータを用いた。

6) エネルギーの消費、大気への排出(表-1のf, g)

電力・燃料使用によるエネルギー消費量は、名古屋市上下水道局⁹⁾のデータを用いた。また電力・燃料使用に伴うCO₂排出量は、電力・燃料使用によるエネルギー消費量に、環境省¹²⁾算定によるCO₂排出係数を掛け合わせることで推計した。

7) 施設の資産、資産額(表-1のh, i)

下水道事業において所有する資産及び資産額は、名古屋

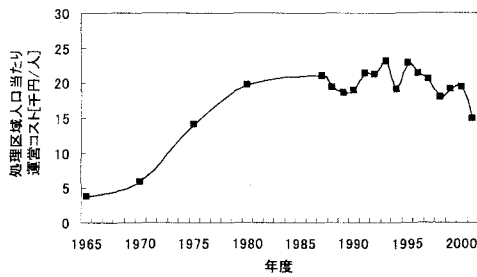


図-2 処理区域人口当たりの運用コスト

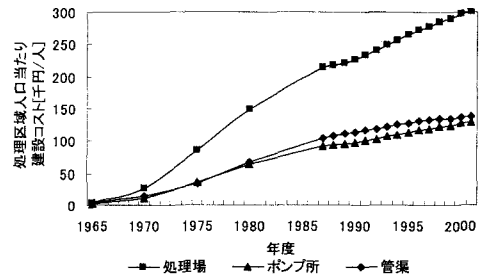


図-3 処理区域人口当たりの累積建設コスト

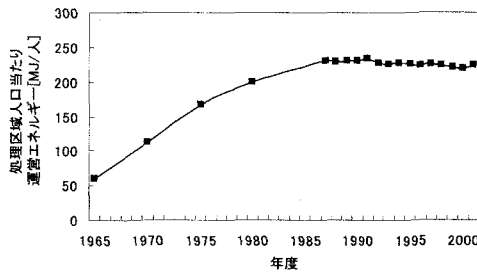


図-4 処理区域人口当たりの運用エネルギー

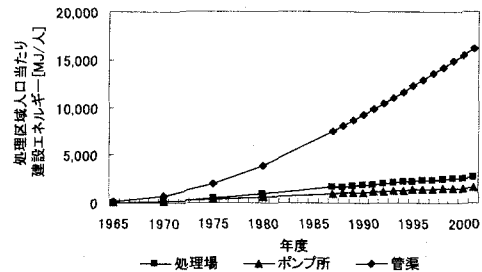


図-5 処理区域人口当たりの累積建設エネルギー

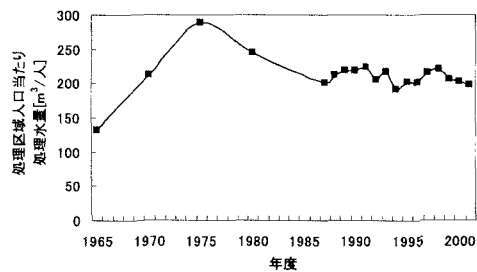


図-6 処理区域人口当たりの処理水量

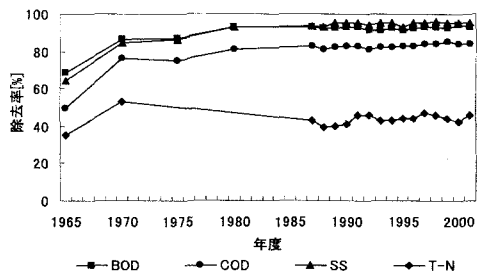


図-7 BOD,COD,SS,T-Nの除去率

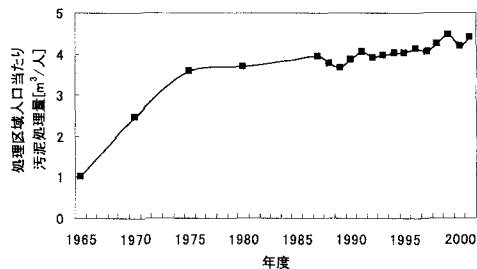


図-8 処理区域人口当たりの汚泥処理量

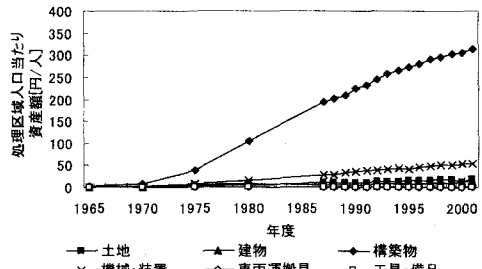


図-9 処理区域人口当たりの累積資産額

市下水道局のデータを用いた⁸⁾。但し資産額については、2000年度を100として物価換算を行った¹³⁾。

4. 作成結果の考察

前項により集計したデータを用いて、時系列環境会計表を

作成した。ここでは作成結果を用いて、会計表の各項目について結果の考察を行い、下水道事業の事業価値の評価を行った。以下に各項目の結果と考察を記す。

1) 投入項目

処理区域人口当たりの運用コストの結果を図-2 に、また処理区域人口当たりの建設コストの結果を図-3 に示す。前者がフロー、後者がストックの集計結果となる。1960 年から 1980 年にかけて、処理場の新設・増設が相次いで行われた。そのため運用コストは、1980 年代まで増加し続けている。1990 年代以降はほぼ一定のラインで増減しながらも、減少傾向にある。建設コストも 1980 年代まで増加し続け、その後ポンプ所と管渠の建設コストはほぼ横ばいとなっている。処理場の建設コストについては、1990 年代以降は漸増傾向にあるが、処理場の老朽化に伴う維持・補修コストの増加、高度処理方式導入等の影響によるものと考えられる。

処理区域人口当たりの運用エネルギーの結果を図-4 に、また処理区域人口当たりの建設エネルギーの結果を図-5 に示す。コストの場合と同じく、前者がフロー、後者がストックの集計結果となる。運営エネルギーは運営コストの場合と同じく、1980 年代まで増加し続けているが、その後はほぼ横ばいとなっている。処理場とポンプ所の建設エネルギーは 1960 年代から現在までほぼ漸増もしくは横ばいにある。これに対して、管渠の建設エネルギーの増加が著しい。

建設エネルギーの推計においては、「施設は、耐用年数が経過するまでに、施設の建設エネルギーと同じだけのエネルギーが更新に必要となる(井村¹⁹⁾)」ことを前提としている。管渠の耐用年数は土木・建築設備の 50 年を採用しており、耐用年数が経過するまでの補修・更新エネルギーの累積を考慮しなければならない。また管渠は毎年度延長されているため、毎年度の建設エネルギー投入の積み重ねがこの結果に繋がったものと考えられる。そのため、仮に現時点で新たな管渠の建設が行われていないとしても、補修・更新に伴うエネルギー投入量は管渠が耐用年数を経過するまで増加し続け、将来的にエネルギー面、コスト面で下水道事業の負担となることが考えられる。

2) 排出項目

処理区域人口当たりの処理水量の結果を図-6 に、BOD、COD、SS、T-N の除去率を図-7 に、処理区域人口当たりの汚泥処理量の結果を図-8 に示す。これらはフローの集計結果となる。

処理水量は 1970 年代にピークを迎えている。これは処理能力の向上により全体の処理水量が大幅に増加したが、処理区域人口が少なかったため、一人当たりの処理水量が多くなったことに起因する。それ以降全体の処理水量はほぼ一定であるが、処理区域人口が増加したため、一人当たりの処理水量はほぼ一定のラインで増減するようになった。

BOD、COD、SS の除去率は、処理水量の場合と同じく増加し続け、1980 年以降は 80%以上の除去率を確保している。これに対し T-N の除去率は 1960 年代より 40%前後のままである。BOD、COD、SS の除去率をこれ以上向上させることは困難である。また除去率の低い T-N の除去率向上のため、高度処理方式の本格導入が急務である。

BOD、COD、SS の除去率増加に比例して、汚泥処理量も増加している。これは活性汚泥法導入等により汚泥生成量が増加したためである。水質向上と汚泥処理量増加は表裏一体であり、リサイクル等汚泥処理方式の確保が求められる。

3) 資産項目

処理区域人口当たりの資産額の結果を図-9 に示す。これはストックの集計結果となる。1970 年代以降の構築物は、他に比べて資産額の増加が顕著になっている。これは施設の新規建設による資産数の増加、管渠延長の継続的な増加によるものである。

4) まとめ

名古屋市の下水道事業は、1960 年から 1980 年にかけて行われた処理場の整備によるストックの蓄積により、ある一定の処理能力を有するようになった。しかし問題点として、管渠の場合のように、新規施設建設が行われなくても、施設の補修・更新にかかるエネルギーは投入され続けることが明らかとなった。例えば将来的に少子高齢化が現実のものとなった時に必要処理能力以上の処理施設を抱えていた場合、余剰分の補修・維持のためのコストやエネルギーが自治体に大きな負担となって押し掛かってくることが想定される。そのためこのような社会トレンドを考慮しながら、下水処理施設の建設計画を作成することが重要であると示唆される。

5. おわりに

以下に本研究で得られた知見を記す。

- 1) 下水道事業を対象とし、本事業のフロー・ストックに関する時系列的データを用いることで事業価値のライフサイクル的評価を可能とする、時系列環境会計表の枠組みの開発を行った。
- 2) 本会計表を用いて名古屋市の下水道事業の事業価値の評価を試みた。施設の建設コストはほぼ横ばいであったが、特に管渠の補修・更新エネルギーは、建設後も耐用年数が経過するまで増加し続ける結果となった。
- 3) 管渠のように、新規施設建設が行われなくても、施設の補修・更新にかかるエネルギーは投入され続けることが明らかとなった。少子高齢化等の将来の社会トレンドを考慮しながら、下水処理施設の建設計画を作成することが重要であると示唆される。

課題としては、時系列環境会計表を作成するに当たっては、

データ制約が一番の問題となり、推計に頼らざるをえない部分が多かった。そのため本会計表を他自治体の下水道事業に適用する際には、各自治体で必要なデータの整備が行われること、またデータの値の統一化がなされることが望ましいといえる。

謝辞: 研究を進めるにあたり、名古屋市上下水道局よりヒアリング調査にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 東京都下水道局:
<http://www.gesui.metro.tokyo.jp/jigyoku/kanho/contents.htm>
- 2) 横須賀市:
<http://www.city.yokosuka.kanagawa.jp/k-kaikai/>
- 3) 名古屋市上下水道局:
http://www.water.city.nagoya.jp/report_pages/kankyou_report/kankyou_report.html
- 4) 環境省: 環境会計の現状と課題, 2004.
- 5) 名古屋市下水道局: 名古屋市下水道事業史, 1991.
- 6) 名古屋市下水道局: 昭和 62 年度~平成 14 年名古屋市下水道事業概要, 1988-2003.
- 7) 日本下水道協会: 昭和 40 年度~昭和 46 年度, 昭和 50 年度, 昭和 51 年度, 昭和 53 年度, 昭和 55 年度, 昭和 56 年度, 昭和 58 年度下水道統計, 1966-1972, 1976-1977, 1979, 1981-1982, 1984.
- 8) 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.
- 9) 名古屋市下水道局: 昭和 63 年度~平成 13 年度名古屋市下水道事業報告書, 1989-2002.
- 10) 井村秀文, 銭谷賢治, 中嶋芳紀, 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.
- 11) 建設省(現国土交通省), 厚生省(現環境省), 農林水産省: 統一的な経済比較のできるマニュアル作成の考え方, 2000.
- 12) 環境省: 温室効果ガス排出量算定方法に関する検討結果
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1209/index.html>
- 13) 総務省統計局:
<http://www.stat.go.jp/data/cpi/index.htm>

Development of Time Series Environmental Accounting Table for Evaluating the Enterprise Value of Social Overhead Capital -In the Case of Sewage Treatment Enterprise in Nagoya City-

Tomohiro TABATA, Yukino FUJI, Moon Da mi,
Masafumi MORISUGI and Hidefumi IMURA

In this study, a framework of time series environmental accounting table that is possible a life cycle evaluation of an enterprise value of social overhead capital from past to now was developed. The table was applied to a sewage treatment enterprise in Nagoya city. In creating the table, flow data (cost and energy consumption in construction, maintenance and administration of a treatment facility, water quality, CO₂ emission and so on) and stock data (asset value and so on) from 1965 to 2001 were aggregated. At the result, energy consumption in the maintenance of a sewage pipe continued increasing by end of the life duration after construction. Therefore, to make a construction plan of the sewage treatment enterprise considering a social trend in future such as dwindling birthrate and an aging population is important.