

下水処理施設の管理会計システム*

Management Accounting System For Sewage Works Facilities*

堀倫裕**・小濱健吾***・貝戸清之****・小林潔司*****

By Michihiro HORI**・Kengo OBAMA***・Kiyoyuki KAITO****・Kiyoshi KOBAYASHI*****

1. はじめに

公共下水道事業は、地方財政法上の公営企業に位置づけられており、下水道事業の経営には、一般会計との間の適正な経費負担区分（雨水公費・汚水私費の原則）を前提とした独立採算制の原則が適用されている。下水道事業には、本来の目的である公共の福祉の増進に加えて、「常に企業の経済性を発揮する（地方公営企業法）」ことが求められている。

現状の下水道経営は、極めて厳しい財政状況に置かれており、一般会計からの基準外による費用繰入等により事業運営がなされている。下水道事業債の借入残高も33兆円を超え、その元利償還費は下水道管理費の約7割を占めるに至っている。経営の健全化・効率化へ向けて鋭意努力が重ねられているが、今後さらなる財政状態の悪化が懸念されているところである。

このような現状を改善していくためには、維持補修費用・再構築費用の縮減、企業債償還計画の適正化、下水道料金の適正化にあたって必要となるアカウントビリティの確保、等々の実現に寄与する支援ツールの開発が必要になる。そして、アセットマネジメントは、そのための有用な手段となりうる。

下水道施設のアセットマネジメント問題は、一般土木構造物のそれとは異なる特殊性を有している。例えば、土木構造物、建築物、各種設備・機器、等々、管理方式の異なる複数の資産群から構成されていること、修繕費を賄うべき下水道収入から再構築費用の資金調達のための起債まで、様々な財源が内包されていること、等々が挙げられる。

*キーワード：維持管理計画，計画情報

**正会員，工修，大成建設原子力本部原燃サイクル部

（東京都新宿区西新宿1-25-1 新宿センタービル，
TEL:03-5381-5315, E-mail:horii@ce.taisei.co.jp）

***学生会員，工修，京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

（京都市西京区京都大学桂Cクラスター332，TEL:075-383-3224，
E-mail:k.obama@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp）

****正会員，工博，大阪大学大学院工学研究科 グローバル若手研究者
フロンティア研究センター 特任講師

（大阪府吹田市山田丘2-1，TEL:06-6879-7598，
E-mail:kaito@ga.eng.osaka-u.ac.jp）

*****フェロー会員，工博，京都大学経営管理大学院 教授

（京都市左京区吉田本町，TEL:075-383-3224，
E-mail:kkoba@psa.mbox.media.kyoto-u.ac.jp）

したがって、下水道アセットマネジメントにおいて、維持管理計画を最適化し、事業の安定性・継続性を確保していくためには、異なる資産管理方式および資金調達方式を包含した、ライフサイクルコスト分析に基づく財務シミュレーションを実施することが必要となる。さらに、下水道事業は公営企業としての財務会計を有する場合も多く、財務会計と有機的に連携した管理会計を構築することが重要である。

以上のような問題意識の下、本研究では、下水道施設のアセットマネジメントに資する基礎情報を提供する管理会計システムを提案するとともに、財務シミュレーションを通じて、その有用性を実証的に検討する。

以下、本稿では、下水道施設のうち、下水処理場の水処理施設（以下、下水処理施設）を対象を絞って考察する。まず2.では本研究の全体像を示す。3.では下水処理施設を構成する各種資産を「土木系資産」と「その他資産」とに分類した上で、それぞれのライフサイクルコスト評価手法を概説する。4.では、ライフサイクルコスト評価に基づく財務シミュレーションの概要を示す。

なお、本稿のケーススタディは、現実の下水処理場の資産データを元に設定された標準的な下水処理施設のモデルケース（総資産数：約500）を対象に実施したものである。

2. 本研究の基本的な考え方

公営企業会計では、収益的収支と資本的収支とが明確に区分されており、維持補修費等の修繕費は収益勘定に、再構築費用等の建設改良費は資本勘定に、それぞれ分類・整理される¹⁾。そして、資本的支出に外部資金（企業債、国庫補助金、等）が不足する場合、収益勘定を経由して企業内に内部留保された補てん財源を用いることができるものとされ、資本的収支に関する財源の均衡が図られている。ここで補てん財源とは、利益剰余金処分額、収益勘定留保資金（現金支出を必要としない費用（減価償却費等）の合計額）等の資金をいう。

このような財務会計の勘定科目と本研究で取り扱う最適修繕政策および起債削減政策との関係を図-1に示すとともに、以下に概説する。

●収益的収支

<収入>	<支出>
下水道使用量	人件費
雨水処理負担金	動力費
受託工事収益	修繕費★
他会計補助金	薬品費
その他	受託料
計	受託工事費
	減価償却費(★)
	支払利息★★
	その他
	計
	差引損益

●資本的収支

<収入>	<支出>
企業債★(★)	下水道整備費★
国庫支出金(★)	企業債償還金★★
受益者負担金(★)	その他
その他	計
(補てん財源)	
計	

補てん財源
損益勘定留保資金
利益剰余金処分額
その他

★：最適修繕政策により削減が可能な項目
 ☆：起債削減政策により削減が可能な項目

図-1 財務会計の勘定科目と最適修繕政策および起債削減政策の関係

まず、LCCシミュレーション分析による修繕政策の最適化により修繕費が圧縮される。また修繕による延命効果で再構築が後年度に繰り延べられることにより、下水道整備費が縮減される。下水道整備費の縮減効果は、財務シミュレーションを通じて、再構築実施年度の起債の減少、後年度の企業債元金償還金および支払利息の削減、等となって把握される。

以上の検討を踏まえて作成された最適修繕計画は、江尻らが提案している繰延維持補修会計²⁾に基づく管理会計シミュレーションを通じて、平準化された修繕費の流列として予算計画に反映され、実施状況がモニタリングされることになる。

なお、管理会計上の繰延維持補修引当金および繰延不足維持補修引当金は、工学的な検討により算出された平均修繕費用および追加修繕費用に基づく引当金であり、財務会計上の修繕引当金に対応している。

さらに本研究では、補てん財源の戦略的運用による起債削減政策を取り上げる。現行制度は、一旦企業債を起債した後は、資金に余裕がある場合でも繰上げ償還は原則として認められておらず、利息を払い続けなければならない等、一般の社債等と比べて硬直的な運用となっている。そこでここでは、補てん財源として使用可能な財源として減価償却費相当額の収益勘定留保資金を取り上げ、 $C = \text{減価償却費} - \text{企業債元金償還金}$ (以下、Cと略記する)を管理会計情報の一部として把握しつつ、戦略的に資本的支出に充てて、起債を削減する方策について、財務シミュレーションを通じた検討を加える。

財務会計上、CおよびCの繰越累積額は、用途を特定した任意積立金の一種である建設改良積立金と関連付けて管理するのが適切であると考えられる。なお、建設改良積立金を取り崩して固定資産を取得した場合は、相当額を組入資本金として自己資本金に組み入れる操作が必要になる。

3. 各種資産のライフサイクルコスト分析

(1) 土木系資産のライフサイクルコスト分析

土木構造物は、適切な維持修繕を繰り返しながら、原則として永続的に使用すべき資産である。一方設備・機器等は、主要部品の供給可能期間に限りがある等の事情により、一般に、周期的な再構築を前提として維持補修戦略を検討すべき資産である。そこで本研究では、「土木系資産(土木構造物)」と「その他試算(各種機器・設備、建築物、他)」とに便宜上分類して、ライフサイクルコスト分析を実施する。

まず、土木系資産については、堀らの提案する下水道処理施設の最適点検補修モデル³⁾を用いる。詳細は参考文献に譲るが、本モデルは、下水道処理施設の劣化データの取得が極めて困難であるという実状に鑑み、入手可能な補修タイプ別工事数量に基づき、コンクリート版の集計的マルコフ劣化モデルを作成し、最適点検・補修間隔を決定するためのマルコフ決定モデルを定式化するものである。

ここでは一例として、非硫酸腐食系の劣化が支配的な構造物に関する損傷度定義と補修政策の集合を表-1と表-2に示す。また補修政策2を採用した場合のリスク管理水準と年平均費用の関係を図-2に示す。ここでリスク管理水準とは、損傷度4の状態の定常確率である。図より、リスク管理水準を0.25と設定すると、最適点検補修間隔は9年と決定される。その際の損傷度分布の推移は、図-3に示すとおりである。

表-1 土木系資産の損傷度ランクの定義

損傷度	劣化段階	劣化過程の定義
1	潜伏期	コンクリートの外観上の変状が見られない期間
2	進展期	コンクリートの変質が鋼材位置までに達する期間
3	加速期	鉄筋腐食が進行する期間
4	劣化期	コンクリートの断面欠損・鉄筋の断面減少などにより耐荷性の低下が顕著な期間

注：「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル(編著：日本下水道事業団)」を参考に設定。

(2) その他資産のライフサイクルコスト分析

その他資産には、様々な管理保全方式の資産が存在する。本研究では、その他試算の管理保全方式を表一3のように分類して検討を行った。表中の「状態監視保全」が、主要部品の供給年限まで、維持補修による延命化政策を採用可能な資産の類型である。

現状では十分なデータの蓄積が無いため、次のような簡易な扱いにより最適点検補修政策を求めた。まず、損傷度を0~4までの連続値で確定論的に記述し、部品交換および部品補修のタイミングを、それぞれ損傷度2および3と設定して、最適な補修戦略を比較・評価した。また、本来であれば、延命化政策による平均費用勾配と次世代の平均費用勾配とを比較して、各資産の現世代から次世代への再構築のタイミングを最適化することが望ましいが、現世代の劣化状態に関する信頼性の高いデータが得られなかったため、現世代は標準耐用年数に再構築が行われるとの仮定の下に、次世代以降の維持管理戦略の最適化を検討した。

4. 財務シミュレーション

(1) 管理会計シミュレーション

以上の検討で求めた最適点検補修政策に基づき管理会計シミュレーションを実施することで、繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金の推移を算出できる。

土木系資産を対象に算定した、繰延維持補修引当金と繰延不足維持補修引当金との和の残高の推移を図一4に示す。同図では、①計画通りに補修が実施できた場合（予算制約なし）に加えて、②第13回修繕時に5000万円の予算が不足した場合、③第13回および第14回修繕時に5000万円の予算が不足した場合、を併記している。予算不足等の事情により最適政策が実施できない場合、各期の平均費用に加えて追加の維持補修費用が必要となり、ライフサイクルコストが増加している様子が読み取れる。

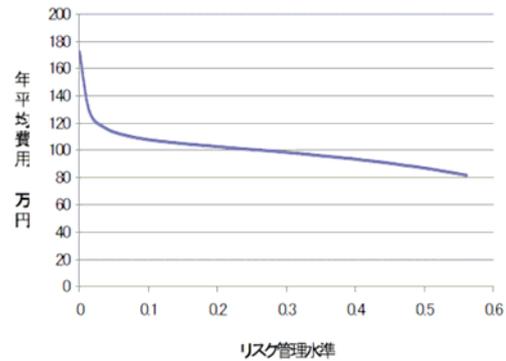
最適修繕政策の検討を踏まえた管理会計シミュレーションの実施により、適切なサービス水準の維持に要する予算を自律的に調達し、かつ十分な補修が継続的に行われているかどうかをモニタリングするための情報を得ることができる。

(2) 起債削減政策に関するシミュレーション

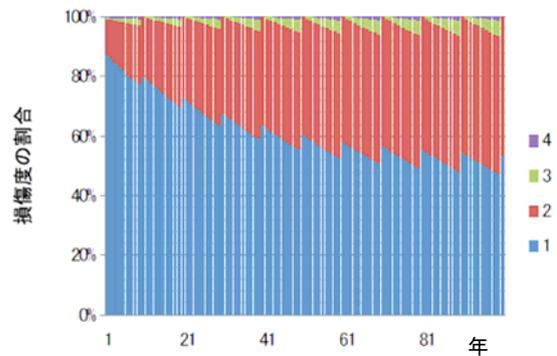
その他資産を含めた全資産について、2. で定義したCを財源とする起債削減政策に関するシミュレーションを実施した。起債削減政策の適用前後の企業債残高および支払利息の推移を、図一5および図一6に示す。計算条件は、償還期間30年（据置期間5年）、国庫支出金は非考慮とし、既存施設のみを対象とした。図からは、Cを用いた債権削減政策により、企業債残高および支払

表一2 補修政策集合（土木系資産）

政策1	損傷度4のみを補修し、損傷度1に回復させる
政策2	損傷度3, 4のみを補修し、損傷度1に回復させる
政策3	損傷度2, 3, 4を補修し、損傷度1に回復させる



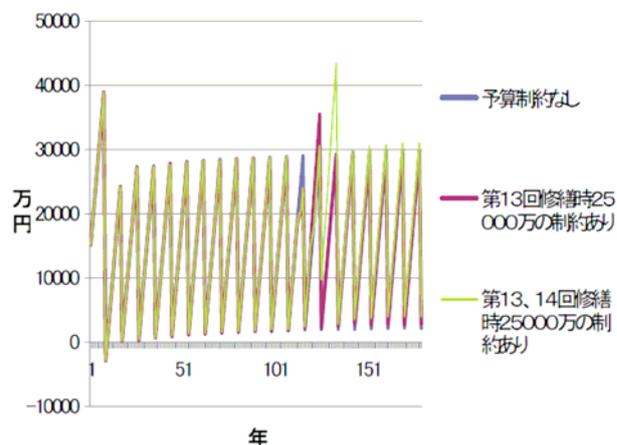
図一2 リスク～費用曲線



図一3 損傷度分布の推移（最適修繕政策）

表一3 その他資産の管理保全方式（機器レベル）

状態監視保全	予防保全的な部品交換等により延命化が可能な資産に関する保全形式
事後保全	損傷度が使用限界を超えた時点で再構築により更新される資産に関する保全形式
時間計画保全	あらかじめ定められた時間間隔で周期的に再構築を行う資産に関する保全形式



図一4 繰延維持補修引当金残高の推移（繰延不足維持補修引当金を加算して表示）

利息が削減されている様子が見えてくる。

本試算では、各年度の資金のフローとしてCを扱い、標準耐用年数が短い資産から優先的に充当して資金の回転を円滑化するという画一的な運用ルールを設定した。その他、例えばC相当額を建設改良積立金等に類した形でストックし、企業債元金償還が時期的に集中する資産群に対して戦略的に充当する等といった運用を行えば、企業債元金償還金の平準化を通じて、下水道事業の安定性・持続性を向上させることが可能になると考える。

5. おわりに

本研究では、下水処理施設を対象に、最適修繕政策を導出し、これに基づく管理会計システムを提案した。さらに、財務シミュレーションを通じて、その有用性を検証した。今後、より実務的な視点に立ったシステム開発、下水道施設全体を視野に入れた実証分析、等に取り組みたい。

- 1) 地方公営企業制度研究会：公営企業の経理の手引き，地方財務協会，2006
- 2) 江尻良，西口志浩，小林潔司：インフラストラクチャ会計の課題と展望，土木学会論文集，No. 770/VI-64，pp. 15-32，2004.
- 3) 堀 倫裕，小濱健吾，貝戸清之，小林潔司：下水処理施設の最適点検・補修モデル，第36回土木計画学研究・講演集，CD-ROM，IV-10，2007.



図-5 企業債残高の推移
(起債削減政策適用前後の比較)



図-6 支払利息の推移
(起債削減政策適用前後の比較)

下水処理施設の管理会計システム*

堀倫裕**・小濱健吾***・貝戸清之****・小林潔司*****

下水処理施設は、管理方式の異なる複数の資産群から構成されており、修繕や再構築に要する財源も様々である。したがって、維持管理計画を最適化し、事業の安定性・継続性を確保していくためには、異なる資産管理方式および資金調達方式を包含した、ライフサイクルコスト分析に基づく財務シミュレーションを実施することが必要となる。さらに、下水道事業は公営企業としての財務会計を有する場合も多く、財務会計と有機的に連携した管理会計を構築することが重要である。本研究では、下水処理施設のアセットマネジメントに資する管理会計システムを提案するとともに、財務シミュレーションを通じて、その有用性を実証的に検討する。

Management Accounting System For Sewage Works Facilities*

By Michihiro HORI**・Kengo OBAMA***・Kiyoyuki KAITO****・Kiyoshi KOBAYASHI*****

Sewage works facilities consist of various assets groups. And there are many kinds of financial resources. In order to optimize the maintenance plan, and to secure the stability and sustainability of sewage works management, it is necessary to carry out financial simulation based on the life-cycle cost analysis. Furthermore, it is important to develop management accounting system that is interlinked with the financial accounting system, because many sewage administration bodies have their financial accounting systems as public enterprises. In this paper, a management accounting system, which is designed to provide basic information for asset management of sewage works facilities, is presented. Also the applicability of the management accounting system presented in this paper is examined through financial simulations.