

## 下水道の持続性評価モデルの開発に関する研究

著者	上野 修作
学位授与大学	東洋大学
取得学位	博士
学位の分野	国際地域学
報告番号	32663甲第469号
学位授与年月日	2020-03-25
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1060/00011985/">http://id.nii.ac.jp/1060/00011985/</a>

氏 名（本籍地）	上野 修作（東京都）			
学 位 の 種 類	博士（国際地域学）			
報告・学位記番号	甲第 469 号（甲（国）第 28 号）			
学位記授与の日付	2020 年 3 月 25 日			
学位記授与の要件	本学学位規程第 3 条第 1 項該当			
学 位 論 文 題 目	下水道の持続性評価モデルの開発に関する研究			
論 文 審 査 委 員	主査	教授	工学博士	北脇 秀敏
	副査	教授	博士（工学）	荒巻 俊也
	副査	教授	博士（工学）	松丸 亮
	副査	教授	工学博士	花木 啓祐

## 【論文審査】

学位請求論文「下水道の持続性評価モデルの開発に関する研究」の著者である上野修作氏は、開発コンサルタントに勤務する実務者として長年開発途上国における上下水道分野の ODA による技術協力事業を実施してきた。氏はその過程で、これから途上国において整備が進む下水道が、自治体の財政規模の中で適正に維持管理され、事業として持続可能になるかという点に問題意識を持った。この問題に取り組むため、先んじて下水道の整備が進んだ日本を例に取り、人口減少時代の直中にある日本で下水道事業に対する支出が自治体の財政に占める負荷を定量化することを試みたのが本論文である。これにより途上国が下水道整備による財政支出にどのように備えておかなければならないかの留意点を考察することが可能になるため、日本の経験の途上国への移転の面から重要な研究テーマである。本論文では、「下水道持続性指標」を定義し、下水道事業が自治体の自主財源に対してどの程度の影響を与えているかを分析している。本論文は、今後こうした日本の経験をもとに途上国における下水道整備の際の留意事項に関して重要な示唆を与える物となっている。

次に論文の構成を示す。第 1 章では、序論として氏の経験に基づく研究の必要性を述べ、日本における人口減少が下水道に与える技術的、経済的影響について示した。第 2 章では各自治体における下水道の持続性を評価する指標を開発するとともに、一定の条件で選定された国内各自治体の下水道持続可能性の評価とランキングとを行った。第 3 章では、下水道事業の運営に必要な費用の構成要素を洗い出し、下水道事業収支を計算できるモデル式を構築している。これを用いて第 4 章では日本の各自治体において過去の事業収支とモデル式とから、現状合わせを行い、モデル中の各係数を求めた。これにより将来どのような対策を行えば下水道事業収支が改善するかを明らかにした。第 5 章は以上のことをまとめて結論とし、研究成果の今後の実務への応用の可能性を述べた。以下に論文の中心的内容である第 2、3、4 章の概要を示す。

## 第 2 章 下水道持続性指標の開発と自治体の評価

## (1) 下水道持続性指標の開発

下水道整備に関する国の方針は、将来的には下水道、農業集落排水施設、合併処理浄化槽等により污水处理施設を 100% 普及するものとし、下水道を単なる行政サービスではなく、ナショナルミニマムとして位置づけているが、この中でも下水道の占める割合は大きい。一方下水道事業の財務は、平成 28 年度決算において黒字事業の割合が 93.8% となっているものの、この収支の内訳をみると、使用料収入は法適用企業、法非適用企業でそれぞれ 46%、54% に過ぎず、それぞれ 10%、33% を占める他会計繰入金（補助金）が、下水道事業を持続的に運営されるために必要なのが現状である。この繰入金については、「雨水公費・汚水私費」及び独立採算の原則を踏まえた適切な使用料徴収を行う原則のもと、自然的・地理的条件の格差が考慮され、一定部分の汚水資本費については一般会計からの繰出しが必要と認められている。

現在の地方財政の構造は、地方公共団体が行政サービスの提供主体として大きな役割を果たし

ている反面、地方税収入の構成比は3割強にとどまっており、国庫支出金や地方債への依存度が高まっている。歳入面については、自主財源である地方税を基本としつつ、国からの財源への依存度合いをできるだけ縮小し、より自立的な財政運営を行えるようにすることが望ましく、行政サービスによる受益と負担の対応関係のより一層の明確化が必要とされている。下水道サービスは「地域における行政サービス」であり、「受益と負担の対応関係」という観点から、下水道事業と自主財源のバランスが重要であると考えられる。

このような状況を考慮して、下水道を利用者だけでなく国、自治体とともに負担していくこととし、コストが利用者、国、自治体を合わせた負担レベルの範囲内であれば持続可能と考える。上述のように「ナショナルミニマム」としての下水道であっても、下水道の収支が一般会計など他の財源から補填できないほどの多大の赤字を生じるレベルになると事業の存続は難しい。下水道事業の持続性を保つには、下水道収支と自治体収入のバランスが重要であると考え、持続性指標として「下水道事業収支が自治体収入に占める比率」を定義する。ここでの自治体収入には、用途を自治体が決定できる「一般財源」と、独自の収入である「自主財源」の2つの考え方があがあるが、ここでは「自立的な財政運営」ということ、及び海外案件でも「持続性」を対象とした検討ができるよう、交付金を含まない自主財源である地方税収入とした。収支が赤字の場合も下水道持続性指標はマイナス値で表現し、数値が小さいほど持続性が低いことを示す。

$$(\text{下水道事業持続性指標}) = (\text{下水道事業収支}) / (\text{自治体収入})$$

(2) 下水道持続性指標による既存下水道事業の評価とランク付け

既存の下水道事業に対して、定義式に基づき平成28年度における下水道持続性指標を算出した。母集団の特性を揃えるため、①地方公営企業法非適用、②分流式の単独公共下水道で下水処理場1ヶ所、③下水処理人口比率（下水処理人口/行政人口）50%以上のものとし、この分布をもとにランク分けを試みた。地方自治体の財政健全性の指標を参考に、下水道持続性指標-10%以上をAランク、-20%以上をBランク、-30%以上をCランク、-30%未満をDランクとし、これを図21の左側に示した。下水道持続性指標と各種要因との関係を分析したところ、一人当たり償還費の大きさと下水道持続性指標に相関がありこれを、図21の右側に示した。この母集団において、起債償還費が10,000円/年・人増加すると、5.1%ポイント下水道持続性指標が悪化する結果となった。

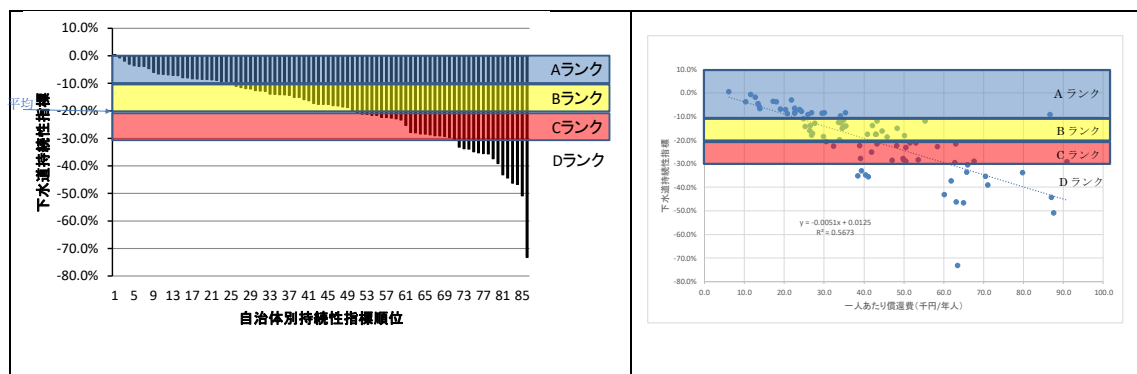


図 2-1 下水道持続性指標の分布、一人当たり償還費との相関とランク付け(平成28年度)  
出所) 公営企業年鑑、地方財政状況調査関係資料を基に筆者作成

### 第3章 下水道事業持続性シミュレーションモデルの構築

本研究では、人口や下水量の増減等に対応した建設費、維持管理費を算出し、収支を時系列的にシミュレーションして評価するためのモデルを構築する。これにより人口の増減だけでなく、異なる条件に対する持続性を定量的に評価することを目標とした。下水道事業持続性シミュレーションモデルの構造と変数一覧を図3-1に、モデル式一覧を表3.1に示す。

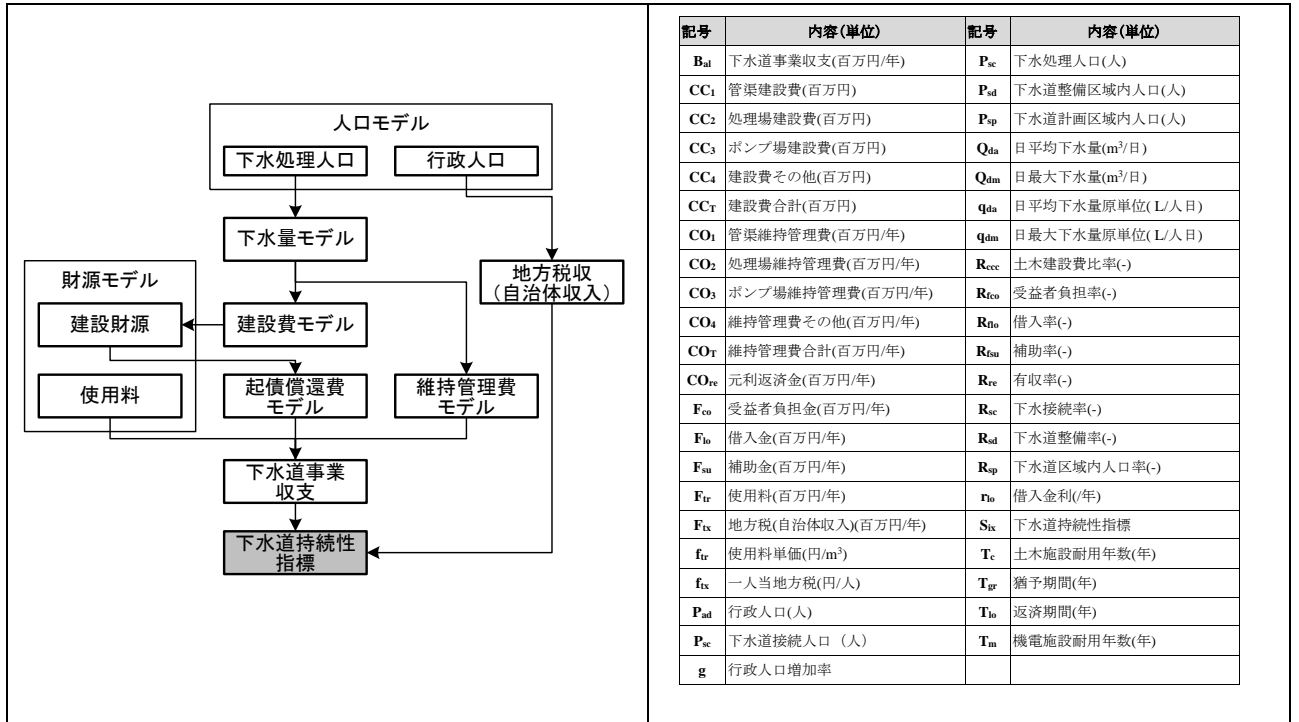


図 3-1 下水道事業持続性シミュレーションモデルの構造と変数一覧

表 3-1 下水道事業持続性シミュレーションモデルのモデル式

<p>①人口モデル</p> $P_{sp} = P_{ad} \cdot R_{sp}$ $P_{sd} = P_{sp} \cdot R_{sd}$ $P_{sc} = P_{sd} \cdot R_{sc}$ <p>②下水流量モデル</p> $Q_{da} = P_{sc} \cdot q_{da} / 1000$ $Q_{dm} = P_{sc} \cdot q_{dm} / 1000$ <p>③建設費モデル</p> $CC_T = \sum_{i=1}^4 CC_i$ <p>④維持管理費モデル</p> $CC_T = \sum_{i=1}^4 CO_i$	<p>⑤起債償還費モデル</p> $CO_{re} = F_{lo} \cdot \frac{r_{lo}(1+r_{lo})^{T_{lo}}}{(1+r_{lo})^{T_{lo}-1}}$ <p>⑥財源モデル (建設財源)</p> $F_{su} = CC \cdot R_{fsu}, F_{lo} = CC \cdot R_{flo}, F_{co} = CC \cdot R_{fco}$ <p>(使用料)</p> $F_{tr} = 365 \cdot Q_{da} \cdot f_{tr} \cdot R_{re}$ <p>⑦下水道事業収支</p> $B_{al} = F_{tr} - CO_T - CO_{re}$ <p>⑧自治体収入</p> $F_{tx} = f_{tx} \cdot P_{ad}$ <p>⑨下水道持続性指標</p> $S_{ix} = B_{al} / F_{tx}$
--	---

## 第4章 下水道事業持続性ケーススタディ

### (1)実績データによるパラメータの設定

ここでは3章で構築したモデルの基本式をもとに、実績データを解析して自治体ごとにパラメータを設定し、既存の下水道事業の実績が再現できるモデルを構築する。また、このモデルを用いて、設定したシナリオに対する各種の値を予測し、下水道持続性指標を予測することで、下水道持続性を評価する。

ケーススタディの対象とした自治体は、類似したものを選定することとし、単独公共下水道で分流整備を行っており、終末処理場が1つのものとした。また10年間のデータが利用可能な平成16年(2004年)以降のデータが得られる現在の法適用自治体として、平成14～15年に供用開始した3自治体のうち、人口規模が近い福岡県苅田町(K)、佐賀県有田町(A)を選定した。これに、事業着手時から企業会計が開始され、工事着手時点からのデータが活用可能な長崎県松浦市(M)と、財政再生団体である北海道夕張市(Y)の併せて4カ所を選定した。

実績データを解析してパラメータを設定し、このパラメータを用いて過去の収支実績を計算したところ図4-1のように適合していることが確認でき、これのパラメータを用いてケーススタディを行った。

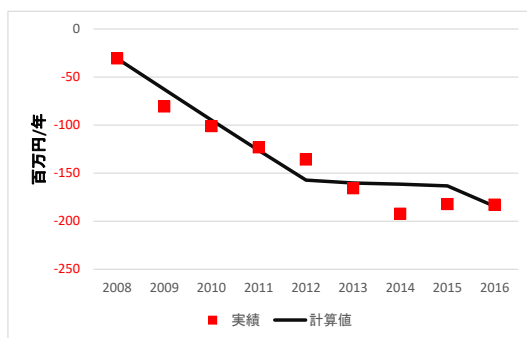


図 4-1 下水道事業収支の実績と計算値 (松浦市)

出所) 公営企業年鑑を基に筆者作成

### (2)下水道持続性指標の将来予測

前項までで構築したモデルを用い、維持管理費、起債償還費、地方税等を時系列的に計算して下水道持続性指標の将来予測を行った。ケースの設定は、今後必要になってくる更新投資による影響や、将来の人口増加/減少が過去の傾向と異なった場合を評価するため、次の3ケース(ケース1:現状の人口動態で推移した場合、ケース2:更新を行わなかった場合、ケース3:処理人口が現状維持の場合)とした。

ケース1では、行政人口、処理人口の増減率を過去の実績とし、更新費用は、機械電気設備の建設費と同額を供用開始後15、16年の2年に分けて見込み、また既存施設と同率の国庫補助を見込んだ。なお、人口が増加する場合でも既存施設で処理できる人口を上限とし、増設の費用は見込んでいない。ケース2、3は、これらの更新や人口の変化がなかった場合の予測である。

4つの自治体を比較して図4-2に示すが、持続性指標は苅田町と松浦市がAランクで推移し、有田町がBからA、夕張市がAからCランクの範囲で推移している。4つの自治体とも起債償還費が増加すると下水道持続性指標が低下し、減少すると上昇している。苅田町と松浦市では変

化幅が小さいが、有田町と夕張市では変化幅が大きく、これらの自治体では下水道事業収支の自治体収入に対する比率が大きいことが原因である。夕張市では 2030 年以降徐々に下水道持続性指標が悪化して A ランクから B ランクになっているが、これは下水道収支の悪化ではなく、人口減少による自治体収入の減少を反映したものである。

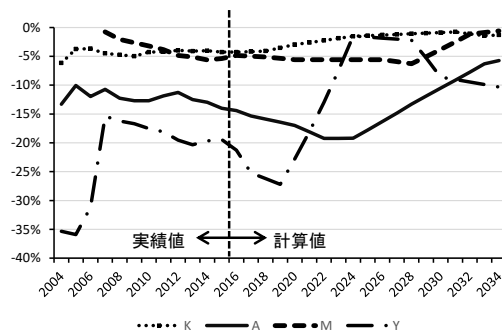


図 4-2 現状の人口動態で推移した場合の下水道持続性指標予測の自治体間比較

出所) 公営企業年鑑、地方財政状況調査関係資料を基に筆者作成

自治体ごとの下水道持続性指標の予測結果について、苅田町のものを図 4-3 に示す。更新の有無を比較したケース 1, 2 では、最初の更新を 2017~18 年、次の更新を 2032~33 年と設定しているため、これにより 2017~34 年平均で下水道持続性指標が 0.7%悪化する。この自治体では建設後 50 年を迎えていないため管渠など土木施設の更新を必要とせず、処理場・ポンプ場の機械・電気設備だけの更新であり、事業規模が小さかった。苅田町のケース 3 は処理人口の増加を見込んでいないため、ケース 1 より最終年の処理人口が約 4,000 人少ない。このため使用料も減少して下水道持続性指標が悪化しているが、その差はわずかに 0.9%である (2017~34 年平均)。人口減少によって使用料と維持管理費の両方が減少するため、下水道持続性指標への影響が小さいと考えられる。

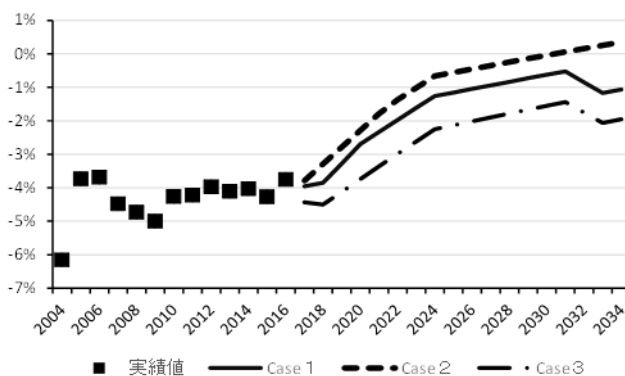


図 4-3 人口動態、更新の有無による下水道持続性指標のケーススタディ (苅田町)

出所) 公営企業年鑑、地方財政状況調査関係資料を基に筆者作成

苅田町以外の自治体についても予測したところ、更新の有無についてどの自治体も同様の傾向であったが、持続性指標の低い有田町、夕張市は変動幅が大きかった。苅田町のように持続性指

標が高い自治体は自主財源が大きいいため、赤字額が増加しても下水道持続性指標の変化が小さかった。この点でも下水道持続性指標は、自治体の持続性の高さを表現していると考えられる。更新に係る投資の有無によって、支出に関するインパクトへの影響を見たケース2では、下水処理場の機械・電気設備の更新相当の規模であっても、下水道持続性指標が小さい自治体にあっては、大きな影響があることが明らかになった。また人口の増加が計画と異なり、現在のまま推移した場合の影響を見たケース3では、どの自治体でも人口が少ない場合の方が、下水道持続性指標が小さくなるという結果となった。

#### 【審査結果】

上野修作氏の論文では、以上に述べたように人口減少時代における下水道収支の悪化という問題を定量的に分析するモデルを開発している。このモデルを用いて、我が国の下水道事業においてどのような方策が下水道の持続性に貢献するかを計算することが可能となった。また、これから下水道を整備することになる多くの開発途上国では、将来的な経済的持続性を確保するための方策を立案するための一助となる。上野氏は開発コンサルタントにおいて多くの途上国で下水道事業に携わっているが、本論文で得られた方法論が今後大いに途上国において役立つものと確信する。このように本論文は、学術的のみならず実務的な貢献度も高いもので、こうした成果は国際地域学研究科（国際地域学専攻）の博士学位審査基準に照らしても妥当な研究内容であると認められる。従って、所定の試験結果と論文評価に基づき、本審査委員会は全員一致をもって上野修作氏の博士学位請求論文は、本学博士学位を授与するに相応しいものと判断する。