

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	http://id.nii.ac.jp/1060/00011985/

下水道の持続性評価モデルの開発に関する研究

国際地域学研究科国際地域学専攻博士後期課程
4810140001 上野修作

第1章 序論

日本の人口は2015年以降長期の人口減少過程に入っている。生活環境を良好に保つためには下水道の整備が必要であるが、これは建設に長い年月を要する大規模な施設である。建設後に人口や下水量が減少した場合に施設を縮小するのが難しいため、施設能力と流入下水量との差が大きくなると、その運営に影響が生じる。人口減少が下水道に与える影響を図1-1に示す。人口の減少に伴い下水量が減少し、稼働率の低下による処理単価の上昇や、管路内の流速低下による堆積物の増加により一人当たり維持管理費が増加する。一方下水道利用者の減少により費用を負担する人数も減少し、同じ単価では使用料収入が減少する。さらに人口の減少により発生する汚濁負荷量も減少するため、環境を維持するために必要な下水道の整備規模は以前より小さくなり、長期的には施設のダウンサイジングも必要となってくる。これに対して国は、「広域的な連携のための協議会の設置、民間企業による補完のための環境整備、財政支援制度の確立、適切な下水道使用料の徴収、人材の育成、知識の共有化、PPP/PFIの推進」などの施策を掲げている。

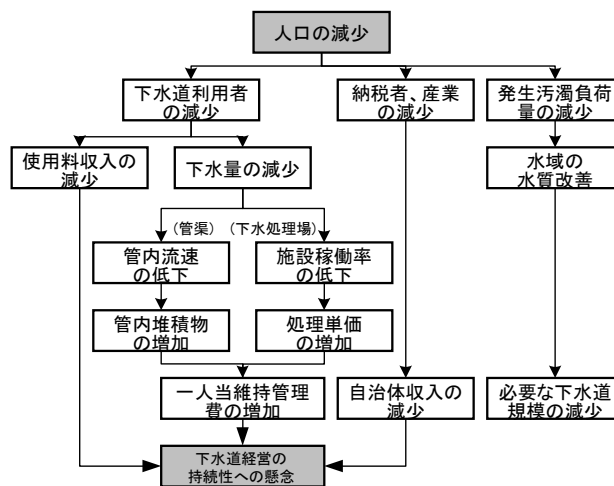


図 1-1 人口減少と下水道の課題
出所) 筆者作成

この下水道の持続性を考えるに、下水道の場合は環境改善により利用者以外にも裨益するため使用料だけでなく、国の補助金や自治体からの補填を行いながら事業が運営されるという特徴を有す。また施設の耐用年数が長いため、将来の利用者にも負担を求めるとして起債による財源調達が行われている。このように下水道は電力等の裨益が限定される事業とは異なり、公的資金による負担を前提とした事業といえ、事業の持続性を事業収支だけでは評価できない。これらの課題に対して、下水道事業の効率性や持続可能性についての研究はあるものの、人口から下水量、コストを時系列的に定量化したものはない。

以上の背景のもと、本研究では下水道事業の持続性を評価するために、「下水道持続性指標」を開発し、既

存下水道事業に対して評価した。さらに指標の経年変化や、人口や投資などの条件が変わった場合の傾向を把握するため、人口の増減、財源、返済計画を関連づけて財政を時系列的に計算できるモデルの構築を行い、複数の自治体に対して下水道持続性指標の将来予測を行った。

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2-1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2-1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。

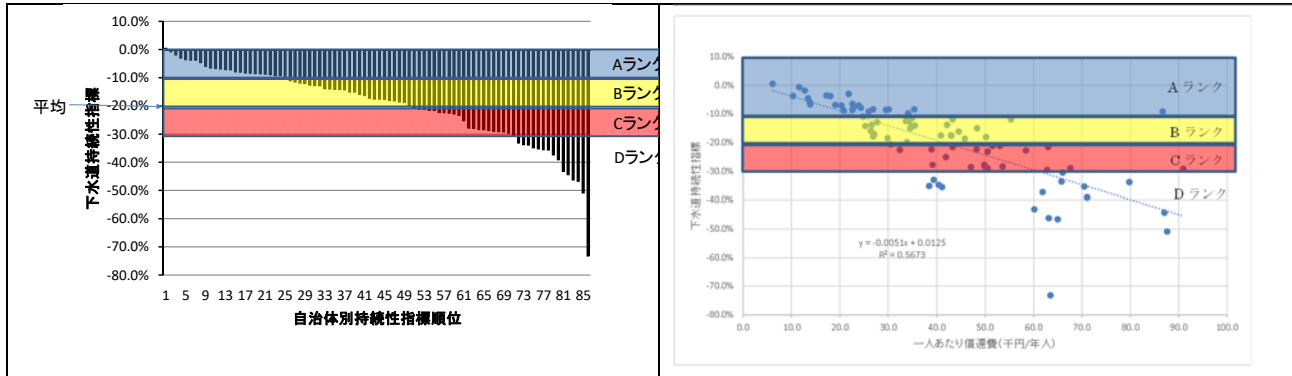


図 2-1 下水道持続性指標の分布、一人当たり償還費との相関とランク付け(平成 28 年度)

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。

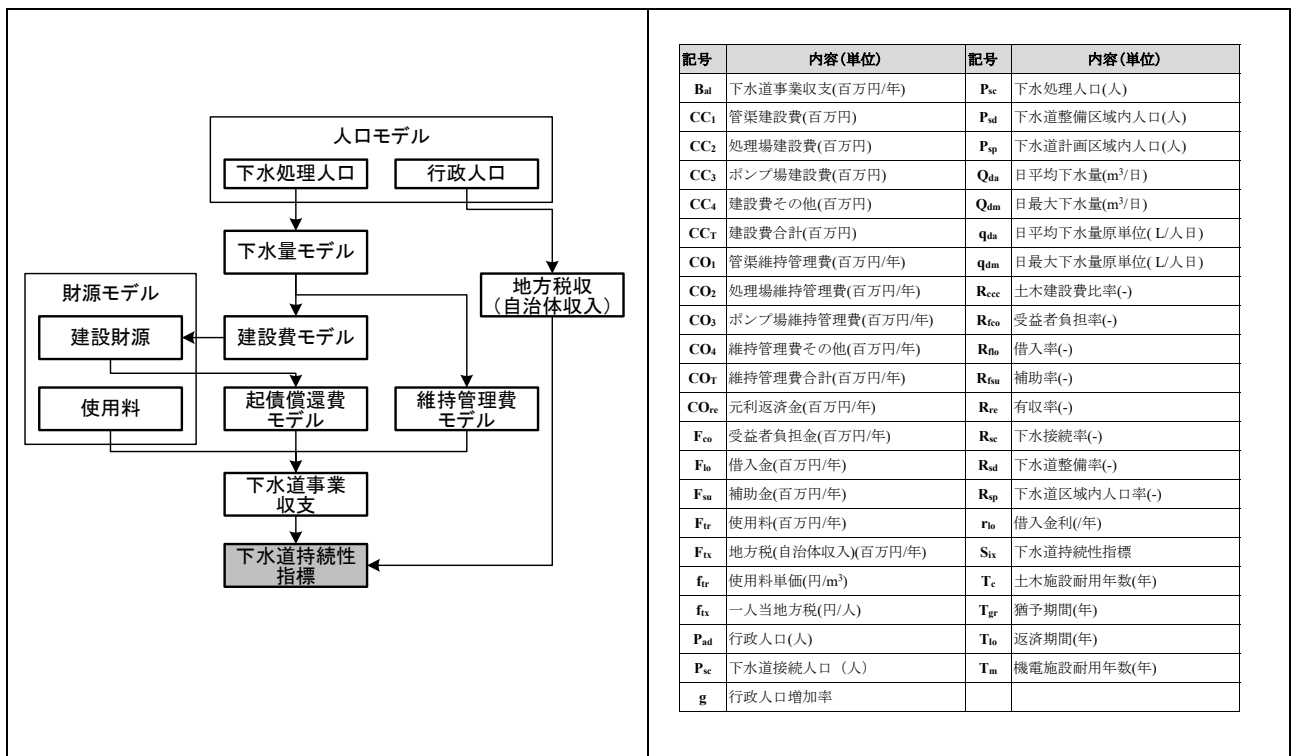


図 3-1 下水道事業持続性シミュレーションモデルの構造と変数一覧

出所) 筆者作成

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> $CO_T = \sum_{i=1}^4 CO_i$	<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> $S_{ix} = B_{al} / F_{tx}$
---	--

出所) 筆者作成

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荊田町(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。

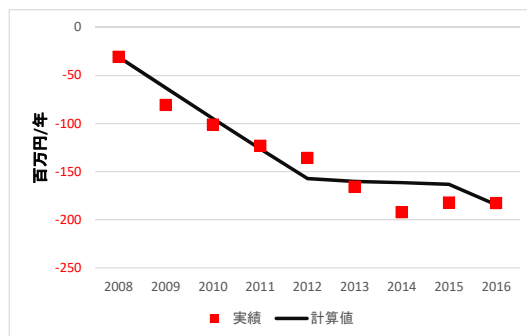


図 4-1 下水道事業収支の実績と計算値（松浦市）

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。

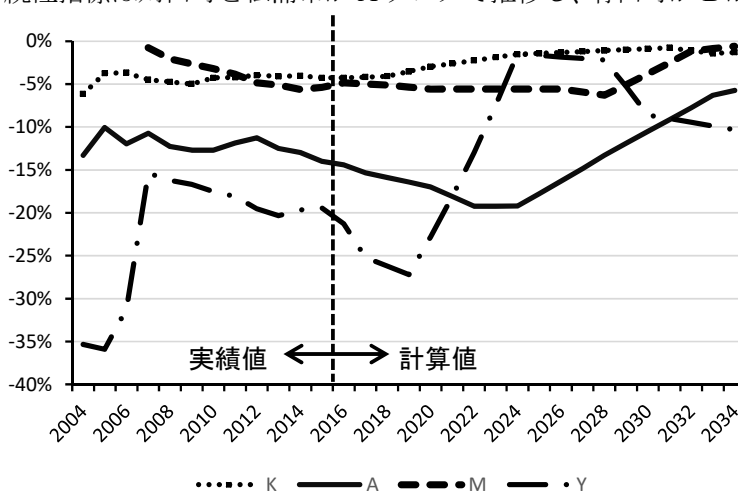


図 4-2 現状の人口動態で推移した場合の下水道持続性指標予測の自治体間比較

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。

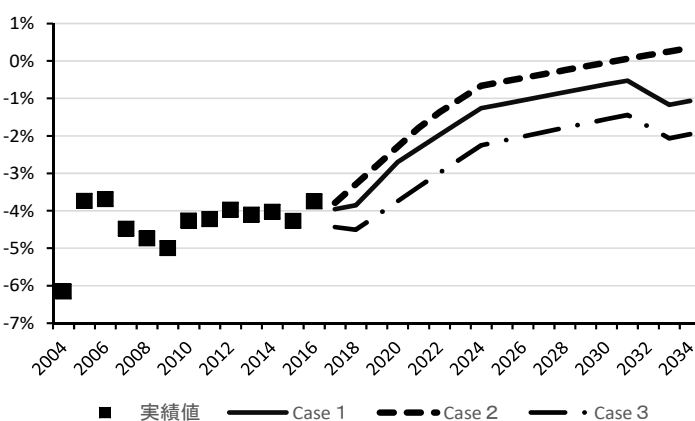


図 4-3 人口動態、更新の有無による下水道持続性指標のケーススタディ (苅田町)

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

荻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。荻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つては、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。

今回のケーススタディでは更新投資や人口の増減による影響を分析したが、PPP や広域化、IT 活用の影響を見る場合には、コスト部分にそれらの要因を考慮することで対応可能である。

第5章 結論

本研究では人口が減少していく社会において下水道事業を持続させるために、評価指標である「下水道持続性指標」の開発と、これを時系列的、定量的に予測、評価できるシミュレーションモデルの構築を目的とした。

第 2 章において、ナショナルミニマムとしての下水道であっても、自治体にも「下水道事業に負担できる費用」に限度があることを考慮し、下水道の持続性を事業の年次収支と自治体の自主財源（地方税）との比率で評価する「下水道持続性指標」を提案した。下水道持続性指標の大小には、自治体の規模、費用、収入が相互に関係するが、その中でも一人当たりの起債償還費が下水道持続性指標との相関が大きく、回帰分析により一次式の関係にあることを明らかにした。

第 3 章では、「下水道持続性指標」の将来を予測するために、下水道の財務を時系列に予測するシミュレーションモデルを構築した。下水処理場の維持管理費と稼働率の関連づけ、起債償還費の近似化などにより、統計データから構築できるモデルとした。

第 4 章では、第 3 章で構築したモデルに既存自治体の実績を分析してパラメータを設定し、シミュレーション結果を実績データと比較して適合性を確認した。これにより維持管理費や起債償還費も、構築したモデルで近似できることを確認した。さらに、構築したモデルを使用して「下水道持続性」のケーススタディを行い、追加の投資額や人口の変化に対する収支を予測するとともに、人口の変化による税収の変化も考慮した下水道持続性を定量的に予測できることを確認した。ケーススタディでは、起債償還費が下水道持続性指標の与える影響が大きいことと、下水道持続性指標が低い場合には、投資などのインパクトが大きく影響することが確認できた。ここでは人口動態や投資の有無による影響のケーススタディを行ったが、本モデルは人口や投資額を細かく設定できるため、PPP や広域化、IT 化などの投資の増加やコストの影響を予測できると考えられる。

「下水道持続性指標」は、単純な収支バランスだけで評価できない下水道の持続性について、収支を地方の自主財源との比率で一般化したものである。ナショナルミニマムである下水道も行政サービスのひとつとして、財源とバランスを保ちながら自立的な進めていくための指標として活用できると考えている。また各種施策を評価するためには時系列的な定量モデルが必要であり、ここで構築したモデルが活用可能と考えている。本研究が今後の都市経営に資することができれば幸いである。