

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 5 日現在

機関番号：34310

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K13483

研究課題名（和文）下水道事業における下水排除方式と費用に関する実証研究

研究課題名（英文）Empirical Study on Drainage System and Cost in Sewerage Industry

研究代表者

北村 友宏（Kitamura, Tomohiro）

同志社大学・商学部・助教

研究者番号：10822900

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,500,000円

研究成果の概要（和文）：下水排除方式には、雨水と汚水を同一の下水道管に流す合流式と、両者を別々の下水道管に流す分流式がある。ただし、合流式には、処理能力を超えた量の汚水が未処理のまま河川や海に放流されるという短所があり、これが水質汚濁や景観悪化などの問題を引き起こしている。そのため、日本では分流式への変更が推進されている。

そこで本研究では、日本の下水道事業者を対象として、合流式下水管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループではどちらが効率的かについて検証した。

結果として、分流式下水管のみを採用している事業者グループのほうが合流式下水管を採用しているグループよりも費用面で効率的であることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本および海外における下水道事業の費用構造、効率性、グループ別最小化費用などの分析は多くなされているが、合流式下水管を採用しているか否かに着目した分析はほとんどなされていなかった。そこで、分流式下水管への置き換えが進んでいる日本のデータを用いた分析を行い、分流式下水管のみを採用している事業者グループのほうが合流式下水管を採用している事業者グループよりも費用面で効率的であることを明らかにし、分流式下水管の採用や分流式への置き換えの経済的メリットを示した。この点が、本研究の成果の意義である。

研究成果の概要（英文）：There are two types of sewage removal methods: a combined type in which rainwater and sewage flow into the same sewerage pipe, and a diversion type in which both flow into separate sewerage pipes. However, the combined type has the disadvantage that the amount of sewage that exceeds the capacity that the sewerage can treat is discharged into rivers or sea without being treated, which causes problems such as water pollution and landscape deterioration. Therefore, in Japan, replacement of the combination type with the diversion type has been promoted.

This study examined which is more efficient for Japanese sewerage companies, the group of companies that adopt the combined sewerage pipe and the group of companies that do not.

As a result, we found that the group of companies that adopted only the diversion type sewerage pipe was more cost effective than the group that adopted the combined sewerage pipe.

研究分野：公益事業の生産性・効率性に関する実証研究

キーワード：下水道 下水排除方式 確率的フロンティア分析 メタフロンティア 効率性

1. 研究開始当初の背景

近年、日本では人口減少や節水志向の高まりにより、下水道事業の料金収入が減少傾向にある。また、下水道管や下水処理場など、施設・設備の老朽化が進んでおり、さらに頻発する地震や台風などの自然災害に対処するため、下水道事業者は施設・設備の安全対策や防災対策としての設備投資を進める必要が生じている。これらの理由により、日本の下水道事業者の経営環境が今後、厳しさを増す可能性がある。よって、下水道事業者の効率的な経営が課題となりつつある。

ここで、下水排除の方式には合流式と分流式がある。合流式は雨水と汚水を同一の下水道管に流す方式で、分流式は雨水と汚水を別々の下水道管に流す方式である。日本においては、都市部や一部の地方部では合流式下水道管が整備されてきた一方、分流式下水道管が整備されてきた地域もある。2016年度時点では、日本の地方公営企業法適用公共下水道332事業者のうち、1事業者が合流式のみを、211事業者(約63.6%)が分流式のみをそれぞれ採用しており、残る117事業者(約35.2%)は合流式と分流式を併用している。合流式には、処理能力を超えた量の汚水が未処理のまま河川や海に放流されるというデメリットがあり、これが水質汚濁や景観悪化などの問題を引き起こしている。そこで、日本では2003年に下水道法施行令が改正され、合流式下水道の分流化や下水処理設備の改善などが推進されることとなった。

合流式下水道管を採用している事業者と採用していない事業者では、下水道管の総延長、下水処理対象人口、気候などの要因により、両者で下水処理の費用が異なっている可能性がある。すなわち、下水道事業の費用関数のグラフ上での位置(や形状)が、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループで異なる可能性が存在する。この場合、費用関数のグラフ上での位置などの違いを考慮せずに下水道事業者の効率性評価を行うと、誤った評価を下す恐れがある。さらに、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループではどちらが効率的かを把握し、後者のほうが効率的であることを示せば、分流式の採用に経済的メリットが存在するというエビデンスを示すことができる。

2. 研究の目的

本研究では日本の下水道事業者について、前述の合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループでは最小化費用のうちどちらが効率的かを検証することで、分流式下水道管の採用に経済的メリットが存在するかを明らかにすることを目的としている。

国外ではチリやポルトガルなどにおける下水道事業の効率性に関する研究が行われている。たとえば、Ferro and Mercadier (2016) はチリの水道事業と下水道事業の、料金収入を生じない給水・処理水量と効率性の関係を検証し、Molinos-Senante et al. (2016) はチリの水道事業と下水道事業の効率性水準を計測し、Caldas et al. (2019) はポルトガルの下水道事業における規模の経済性の有無を検証している。

国内においては、中山(2001)が日本の下水道事業の費用構造の把握を試みており、川村他(2009)は日本の下水道事業に対する補助金と事業者の効率性の関係を分析し、Kitamura (2019) は日本の水道事業者と下水道事業者について、上下水道の一体運営を行っている事業者はそうでない事業者に比べ、生産性水準が高いかどうかを検証している。

このように、国内外では下水道事業の効率性や費用構造などの実証研究が行われてきたが、下水排除方式の違いを考慮した効率性評価や、その違いによって最適な費用がどのように異なるかに関する研究はほとんどなされていない。そこで本研究においては、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループに分割し、両グループでの費用関数のグラフ上での位置(や形状)の違いを考慮しつつ、最終的にはどちらの事業者グループが効率的かを検証することで、合流式から分流式への交換の促進による経済的メリットを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では日本の地方公営企業法適用公共下水道事業者の事業者別個票データを用い、計量経済学的手法による実証分析を行った。個票データは、総務省『地方公営企業年鑑』から入手した。

まずは、研究開始時点においてデータセットの構築が完了していた、2016年度の横断面データを用いた分析を行った。前述のとおり、2016年度時点では該当の事業者が332事業者存在し、そのうち1事業者が合流式のみを、211事業者(約63.6%)が分流式のみをそれぞれ採用しており、残る117事業者(約35.2%)は合流式と分流式を併用している。「合流式のみ事業者と合流式・分流式を併用している事業者」と「分流式のみを採用している事業者」の2グループに分割すると、2016年度時点では前者のグループの事業者の割合は約36%となり、後者のグループは約64%となるので、計量分析を行うのに都合が良いと考えられる。

分析の手法は、以下のとおりである。まず、下水道事業の、グラフ上での最小化費用を示す費用フロンティアを推定する。この段階では、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループを1つの標本に統合して(プールして)分析を行った。本研究では確率的フロンティア分析(stochastic frontier analysis)を実行し、フロンティアを構成する費用関数と

して、可変費用関数を推定した。この関数の被説明変数である可変費用は、費用合計から固定費用に相当する支払利息と減価償却費を引いたものと定義した。そして、可変費用関数の説明変数としては、「汚水処理水量、下水管（污水管・合流管）の長さ、有形固定資産、職員賃金、人口密度」とした。この中で、人口密度は費用に影響を与え、具体的には人口低密度地域と高密度地域では費用が高く、人口密度が中程度の地域では費用が安いと考えられる（我が国下水道事業における広域化・共同化および官民連携の取り組みに関する生産性・効率性の計測共同研究体、2020）。本研究においても、この人口密度と費用の関係を想定した。

続いて、グラフ上での最小化費用を示す費用フロンティアについて、合流式下水道管を採用している事業者グループの費用フロンティアとそうでない事業者グループの費用フロンティア、そしてグループを総合した費用フロンティア（メタフロンティア）を導出し、各事業者・時点における実際にかかった費用が当該グループの費用フロンティアおよびグループを総合した費用フロンティアからどの程度離れているかを検証する。このときに用いる手法が、費用関数のグラフ上での位置の違いを考慮しつつ効率性評価を行うメタフロンティア分析である。なお、各グループの費用フロンティアを推定する際には、標本を両グループで分割することになる。

このメタフロンティア分析では、まず2つの「当該グループの費用フロンティア」および「グループを総合した費用フロンティア」の3つを確率的フロンティア分析により推定する。

続いて、技術ギャップ比（technology gap ratio）とよばれる指標の計算を行った。これは、各事業者・時点における実際にかかった費用の、グループを総合した最小化費用からの離れ具合を表す指標である。この指標は0から1の間の値をとり、1に近いほど実際にかかった費用がグループを総合した最小化費用（最適な費用）に近い水準であることを表す。この技術ギャップ比に両グループ間で大きな差が見られた場合は、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループでは処理技術水準に違いがあると結論付けることができる。

さらに、両事業者グループのうち効率的なグループは、技術ギャップ比の各グループ内での平均値が1に近い（グループを総合した最小化費用に近い費用水準で営業している）グループである。よって、前述の技術ギャップ比のグループ内平均値が1に近いのはどちらであることを確認することにより、合流式下水道管を採用している事業者グループとそうでない事業者グループではどちらが効率的であることを明らかにする。

2016年度の横断面分析を実行した後、2001年度から2017年度までのパネルデータを構築し、このパネルデータを用いて同様の分析を実行した。

4. 研究成果

2016年度の横断面データを用いた分析および2001年度から2017年度までのパネルデータを用いた分析を実行すると、ほぼ同様の結果となった。具体的には、技術ギャップ比のグループ内での平均値は、「合流式採用グループ」よりも「分流式採用のみ採用グループ」のほうが1に近い値となった。前述のとおり、技術ギャップ比が1に近いほど、実際にかかった費用がグループを総合した最小化費用（最適な費用）に近い水準であること、つまり、採用している技術が最適なものに近いことを意味する。よって上記の分析結果から、「分流式下水管のみを採用している事業者のグループ」の技術のほうが費用面で効率的である、すなわち、分流式下水管のみを採用している事業者グループの最適費用が合流式下水管を採用している事業者グループの最適費用よりも小さいことが明らかになった。このことから、分流式下水管の採用や、合流式下水管から分流式下水管への交換の促進には経済的メリットがあると考えられる。

ただし、本研究では費用フロンティアの位置に影響を与える要因を下水排除方式の違いと仮定し、非効率性に影響を与える要因は考慮しなかったが、最適な費用を表すフロンティアの位置に影響を与える要因と、非効率性に影響を与える要因を区別する必要があると考えられる。この両方の要因を厳密に区別することができれば、下水道事業の費用構造の解明につながる可能性がある。この点が、今後の課題として残されている。

<参考文献>

- Caldas, P., D. Ferreira, B. Dollery, and R. Marques (2019) "Are there scale economies in urban waste and wastewater municipal services? A non-radial input-oriented model applied to the Portuguese local government," *Journal of Cleaner Production*, vol.219: 531-539.
- Ferro, G. and A. C. Mercadier (2016) "Technical efficiency in Chile's water and sanitation providers," *Utilities Policy*, vol.43.A: 97-106.
- Kitamura, T. (2019) "Productivity analysis of vertical integrated management of water and sewerage industries in Japan," *International Public Economy Studies* (『国際公共経済研究』), vol.30: 67-77.
- Molinos-Senante, M., D. Guillermo, and R. Sala-Garrido (2016) "Assessing the efficiency of Chilean water and sewerage companies," *Environmental Science and Policy*, vol.61: 116-123.
- 川村 顕・大平 邦明・吉田 あつし (2009) 「公共下水道事業の効率性と補助金」 Department of Social Systems and Management Discussion Paper Series No. 1236, University of Tsukuba.
- 中山 徳良 (2001) 「下水道事業の費用構造」 『公益事業研究』 vol.53.2: 23-31.
- 我が国下水道事業における広域化・共同化および官民連携の取り組みに関する生産性・効率性の計測共同研究体 (2020) 『我が国下水道事業における広域化・共同化および官民連携の取り組みに関する生産性・効率性の計測共同研究体 評価書』 (令和2年2月版)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 北村友宏	4. 巻 222
2. 論文標題 日本における下水道事業のメタフロンティア分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 国民経済雑誌	6. 最初と最後の頁 59-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------