



上下水道事業における多様化の経済性

北村, 友宏

(Citation)

神戸大学経済学研究科 Discussion Paper, 2005:1-10

(Issue Date)

2020

(Resource Type)

technical report

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81012508>



上下水道事業における多様化の経済性

北村 友宏

April , 2020

Discussion Paper No.2005

GRADUATE SCHOOL OF ECONOMICS

KOBE UNIVERSITY

ROKKO, KOBE, JAPAN

上下水道事業における多様化の経済性

北村 友宏*

2020年4月9日

要約

日本の水道事業と下水道事業は、料金収入の減少や所要設備投資費用の増加などにより、今後財政状況が厳しさを増すとされている。こうした状況の中、日本では、設備の共同利用などによる費用削減を目的の1つとして、上下水道の一体的運営化が進んでいる。

本稿では、この上下水道の一体的運営化に経済的メリットが存在するか否かを、多様性の経済性の観点から検証する。この目的を達成するために、2016年度における横断面個票データを用い、水道・下水道事業の投入物距離関数を確率的フロンティア分析により推定した。そして、その推定値を用い、多様化の経済性指標を計測した。

分析の結果、水道事業と下水道事業には多様化の経済性が存在することが明らかになった。これは、水道事業と下水道事業を別々の事業者が運営するよりも、1事業者での一体的運営を行ったほうが低費用での運営ができることを意味する。低費用での運営は、水道と下水道の設備の共有などにより実現できると考えられる。よって、上下水道の一体的運営化には、多様化の経済性の観点から経済的メリットが存在する可能性がある。

キーワード：水道，下水道，一体的運営，距離関数，多様化の経済性

1 はじめに

日本の水道事業および下水道事業は、今後財政状況が厳しさを増すとされている。その理由の1つが、人口減少や節水志向の高まりにより、事業者の料金収入の減少が予想されることである。また、設備の老朽化対策や防災対策の必要性の高まりによって、必要な設備投資費用が増加しつつあることも、事業者の財政状況が厳しさを増す理由の1つとして考えられる。こうした状況において、日本では、設備の共同利用などによる費用削減を目的の1つとして、上下水道事業の一体的運営化が進んでいる。本稿のデータによれば、2016年時点で70%を超える事業者が上下水道の一体運営を行っている。

日本の上下水道事業に関しては、規模の経済性、密度の経済性、費用、生産性、効率性、最適規模に着目した実証研究が多くなされている。上下水道両方を分析した研究としては、たとえば田平（1998）とKitamura（2019）がある。田平（1998）は、滋賀県の上下水道においては規模の経済性が観察されなかったことを報告している。また、Kitamura（2019）は日本において上下水道の一体的運営を行っている事業者は、分離運営を行っている事業者より必ずしも生産性が有意に高いわけではないことを示した。日本の水道事業を対象とした

* 神戸大学大学院経済学研究科講師；E-mail: kitamura@econ.kobe-u.ac.jp

研究は、たとえば Mizutani and Urakami (2001), Urakami (2007), Urakami and Parker (2011) がある。Mizutani and Urakami (2001) は、水道事業において密度の経済性とわずかな規模の不経済が存在すること、および給水の最適人口規模が約 766,000 人であることを示した。Urakami (2007) は水道事業内での浄水部門と配水部門の垂直統合には費用削減効果が存在することを明らかにしている。また、Urakami and Parker (2011) は水道事業体間の水平的合併には費用の増加傾向を抑える効果があることを示している。さらに、日本の下水道事業体の分析を行った研究として、中山 (2001), 寺田 (2003), 川村他 (2009) などがある。中山 (2001) は、下水道事業においては密度の経済性と投入物の代替性の存在を示したが、規模の経済性の存在は示されなかった。寺田 (2003) は、全体的に人口の少ない地域で下水処理を行う事業体ほど効率性が悪いものの、中には処理人口が少なくても効率性の高い事業体も存在することを明らかにした。また、川村他 (2009) は下水道事業に対する国庫補助金や一般会計からの繰入金 は事業体の資本の過剰蓄積を招いていること、および下水道未接続率、職員給与、市町村からの一般会計繰入金が下水道事業の非効率運営を引き起こしていることを示した。

これらの既存研究のうち、Urakami (2007) と Kitamura (2019) は垂直統合や垂直的一体運営に着目している。ただし、Urakami (2007) は前述のとおり水道事業内での部門垂直統合の効果を検証している。また、Kitamura (2019) は上下水道の垂直的一体運営の効果を生産性の観点から分析しているが、水道事業体と下水道事業体を別々のサンプルとして分析しており、一体的運営を行っている事業体が上水道と下水道で設備を共有している場合に投入物使用量の測定値にバイアスが生じ、その数値データを用いて分析された可能性がある。

そこで本稿では、水道事業体と下水道事業体を 1 つのサンプルとして同時に分析することで前述のバイアスを緩和し、日本において進行している上下水道の一体的運営の経済的メリットについて厳密で精緻な把握を行うことを試みる。その際に、Coelli and Fleming (2003) が提案した手法を用い、1 事業体が複数の財・サービスを産出するほうが、別々の事業体が財・サービスを 1 種類ずつ個別で産出するよりも低費用で産出できることを表す「多様化の経済性 (diversification economies)」に着目した分析を行う。これにより、上下水道の一体的運営には多様化の経済性が存在するか否かについて検証する。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 節では日本における上下水道事業の一体的運営化の進捗状況について、第 3 節では多様化の経済性について説明する。第 4 節では本稿の実証分析で用いるモデルについて、第 5 節では用いるデータについて述べる。第 6 節では分析結果について説明し、第 7 節では結果について考察する。そして第 8 節では本稿の結論と残された課題を述べる。

2 日本における上下水道事業の一体的運営化

日本の水道事業および下水道事業は、地方公営企業が運営している。すべての水道事業体には地方公営企業法が適用されているが、下水道事業体には同法が適用されている事業体（以下、法適用事業体）と適用されていない事業体（以下、法非適用事業体）が存在する。総務省 HP によれば、法適用事業体は企業会計方式（発生主義会計および複式簿記）を採用し、貸借対照表や損益計算書の作成が義務付けられている。他方、法非適用事業体は官公庁会計方式（現金主義会計および単式簿記）を採用し、貸借対照表や損益計算書の作成は必ずしも必要ではない。

日本においては上下水道事業の一体的運営化が進んでいる。本稿の分析対象である 2016 年度において、上下水道の一体的運営を行っている事業体および分離運営を行っている事業体の数は、Kitamura (2019) および Urakami et al. (2019) によって、以下の方法で算出されている。

まず、公共下水道事業体に関しては、水道産業新聞社『下水道年鑑』と水道産業新聞社『水道年鑑』の両方に同一の事業体名が存在すれば水道との一体的運営を行っているとし、そうでなければ水道と分離していると

表 1 一体的運営および分離運営を行っている事業体数（2016 年度時点）

	公共下水道事業		水道事業
	法適用	法非適用	
一体的運営	907	277	856
分離運営	272	55	132
不明	—	—	286
合計	1,179	332	1,274

（出所）Kitamura (2019) および Urakami et al. (2019) より筆者作成

して、総務省『地方公営企業年鑑』の公共下水道事業体（法適用と法非適用両方）のデータセットにその情報を付加した。

次に、水道事業体に関しては、『地方公営企業年鑑』における事業体名と日本水道協会『水道統計』の事業体名を照合し、前述の作業において水道との一体的運営を行っている（『下水道年鑑』と『水道年鑑』の両方に同一の事業体名が存在する）ことが確認された事業体は下水道との一体運営を行っているとし、そうでなければ下水道と分離しているとした。しかしながら、『水道統計』には掲載されているが『地方公営企業年鑑』には掲載されていない事業体が存在する。これは、『地方公営企業年鑑』には事業者レベルのデータが収録されているのに対し、『水道統計』には認可レベルのデータが収録されているためである。この、水道事業体のうち『地方公営企業年鑑』に掲載されていない事業体は、下水道との一体運営を行っているか否かが「不明」とした。

上記の作業を行った結果として算出された、公共下水道事業体（法適用・法非適用）と水道事業体それぞれに関する、上下水道一体的運営を行っている事業体数、分離運営を行っている事業体数、どちらなのかが不明であった事業体数が、表 1 に示されている。この表によれば、公共下水道事業に着目すると、2016 年度時点では 1,179 事業体中 907 事業体（約 76.9%）の事業体が上下水道の一体的運営を行っていることが分かる。

3 多様化の経済性

本稿では上下水道一体的運営の経済的メリットの指標として、多様化の経済性（diversification economies）に着目する。本稿における多様化の経済性とは、2つの事業体がそれぞれ水道事業と下水道事業を別々に運営するよりも、1事業体が水道事業と下水道事業を両方運営したほうが低費用での運営ができることである。Coelli and Fleming (2003) によれば、多様化の経済性指標は範囲の経済性指標の下限推定値である。範囲の経済性ではなく多様化の経済性を測定することの長所は、事業体の費用最小化行動を仮定することなく評価できる点である（Coelli and Fleming, 2003）。

4 実証モデル

4.1 投入物距離関数

本稿では多様化の経済性指標を測定するため、Coelli and Fleming (2003) と同様に、上下水道事業の投入物距離関数を計量経済学的手法により推定する。投入物距離関数は、

$$d(\mathbf{y}, \mathbf{x}) = \max_{\rho} \{ \rho : (\mathbf{x}/\rho) \in L(\mathbf{y}) \}, \quad (1)$$

のように定義される。ここで、 \mathbf{x} は投入物使用量ベクトル、 \mathbf{y} は産出量ベクトル、 $L(\mathbf{y})$ は \mathbf{y} を産出することが可能な投入物使用量の集合である。また、

$$\rho > 1,$$

である。この文脈において、距離とは、 \mathbf{y} を産出するための実際の投入物使用量と最小の投入物使用量との距離である。

簡単化のために、事業者が2種類の投入物を用いて1種類の財・サービスを産出する場合を考えよう。図1では横軸に第1投入物の使用量 x_1 、縦軸に第2投入物の使用量 x_2 をとった平面上に等量曲線が描かれている。この等量曲線は、 y の量を産出するのに必要な最小の第1投入物と第2投入物の使用量の組み合わせを示している。

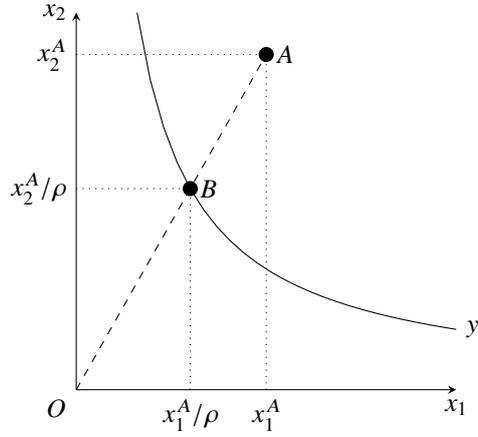
図1において、事業者が点 A で産出を行っているとしよう。点 A は等量曲線の右上方に位置し、事業者が第1投入物を x_1^A だけ使い、第2投入物を x_2^A だけ使い、産出物を y の量だけ産出している。ただし、 y の量の産出は、等量曲線上の点 B においても可能である。すなわち、第1投入物使用量と第2投入物使用量を同時に $1/\rho$ 倍し、両者の投入物使用量をそれぞれ x_1^B と x_2^B に減らしても、 y の量を産出することができる。よって、点 A においては、投入物を使いすぎているという意味で、非効率が発生している。これを技術非効率という。産出量を減らすことなくすべての投入物使用量の値を $1/\rho$ 倍することのできる最大の ρ が、投入物距離となる。なお、投入物距離関数に関する詳細は、例えば Coelli et al. (2005) や Kumbhakar et al. (2015) を参照されたい。

(1) の関数形は未知のため、実証分析により推定を行う際には近似を行う。産出物を M 種類、投入物を N 種類として、説明変数にコントロール変数を含め、(1) の各変数を対数変換し、2次近似をして誤差項を付けると、

$$\begin{aligned} \ln d_i = & \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_{Y,m} \ln y_{m,i} + \sum_{n=1}^N \beta_{X,n} \ln x_{n,i} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^M \beta_{Y,m,l} (\ln y_{m,i}) (\ln y_{l,i}) \\ & + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^N \beta_{X,n,k} (\ln x_{n,i}) (\ln x_{k,i}) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \beta_{Y,X,m,n} (\ln y_{m,i}) (\ln x_{n,i}) + \beta_Z \ln z_i \\ & + \frac{1}{2} \beta_{Z,Z} (\ln z_i)^2 + \sum_{m=1}^M \beta_{Y,Z,m} (\ln y_{m,i}) (\ln z_i) + \sum_{n=1}^N \beta_{X,Z,n} (\ln x_{n,i}) (\ln z_i) + v_i, \end{aligned} \quad (2)$$

のように表される。ここで、添え字の i は事業者の番号を表す。 d_i は事業者 i の投入物距離、 $y_{m,i}$ は事業者 i における産出物 m の産出量、 $x_{n,i}$ は事業者 i における投入物 n の使用量、 z_i は事業者 i におけるコントロール変数である。また、 v_i は平均ゼロで正負の実数値をとりうる誤差項であり、正規分布に従っていると仮定する。なお、産出量、投入物使用量、コントロール変数はすべて、対数変換前にそれぞれの幾何平均で除して基準化する。

図1 等量曲線と距離関数



(出所) Coelli et al. (2005) および Kumbhakar et al. (2015) を参考に筆者作成

投入物距離関数は、投入物使用量に関して1次同次である。よって、(2)に、投入物使用量に関して1次同次の線形制約

$$\begin{aligned}
 \sum_{n=1}^N \beta_{X,n} &= 1 \Leftrightarrow \beta_{X,N} = 1 - \sum_{n=1}^{N-1} \beta_{X,n}, \\
 \sum_{n=1}^N \beta_{Y,X,m,n} &= 0, \\
 \sum_{n=1}^N \beta_{X,Z,m} &= 0, \\
 \forall k, \sum_{n=1}^N \beta_{X,n,k} &= 0,
 \end{aligned} \tag{3}$$

を課す。また、2次の項の対称性の線形制約

$$\begin{aligned}
 \forall m, l, \beta_{Y,m,l} &= \beta_{Y,l,m}, \\
 \forall n, k, \beta_{X,n,k} &= \beta_{X,k,n},
 \end{aligned} \tag{4}$$

も課す。

ここで、(2)の被説明変数である投入物距離の対数值 $\ln d_i$ は観測不能なので、右辺に移項する。さらに、(2)に1次同次制約(3)と対称性制約(4)を代入することにより、(2)の右辺に出現した $\ln x_{N,i}$ を左辺に移項すると、

$$\begin{aligned}
 -\ln x_{N,i} &= \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_{Y,m} \ln y_{m,i} + \sum_{n=1}^{N-1} \beta_{X,n} \ln \frac{x_{n,i}}{x_{N,i}} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^M \beta_{Y,m,l} (\ln y_{m,i}) (\ln y_{l,i}) \\
 &+ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{k=1}^{N-1} \beta_{X,n,k} \left(\ln \frac{x_{n,i}}{x_{N,i}} \right) \left(\ln \frac{x_{k,i}}{x_{N,i}} \right) + \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^{N-1} \beta_{Y,X,m,n} (\ln y_{m,i}) \left(\ln \frac{x_{k,i}}{x_{N,i}} \right) + \beta_Z \ln z_i \\
 &+ \frac{1}{2} \beta_{Z,Z} (\ln z_i)^2 + \sum_{m=1}^M \beta_{Y,Z,m} (\ln y_{m,i}) (\ln z_i) + \sum_{n=1}^{N-1} \beta_{X,Z,m} \left(\ln \frac{x_{n,i}}{x_{N,i}} \right) (\ln z_i) + v_i - u_i,
 \end{aligned} \tag{5}$$

となる。これにより、(5)の左辺が観測可能な $-\ln x_{N,i}$ となった。ここで、

$$u_i = -\ln d_i,$$

である。投入物距離関数の性質から、 d_i は 1 以上の値をとるので、 u_i は 0 以上の値をとる。前述のとおり、この u_i すなわち $-\ln d_i$ は観測不能なので、 u_i を半正規分布に従う確率変数とみなせば、(5) は u_i を非効率項とする確率的フロンティアモデルと考えることができる。よって、本稿の実証分析では確率的フロンティア分析を行い、(5) を最尤法で推定する。

4.2 多様化の経済性指標による判断

Coelli and Fleming (2003) によれば、

$$\forall m \neq l, \frac{\partial^2 d_i}{\partial y_{m,i} \partial y_{l,i}} > 0, \quad (6)$$

が成立していれば、多様化の経済性が存在する。投入物距離関数の性質より、

$$\forall m, \frac{\partial d_i}{\partial y_{m,i}} < 0,$$

である。また、

$$\frac{\partial^2 d_i}{\partial y_{m,i} \partial y_{l,i}} = \frac{d_i}{y_{m,i} y_{l,i}} \cdot \left(\frac{\partial^2 \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i} \partial \ln y_{l,i}} + \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i}} \cdot \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{l,i}} \right),$$

であり、

$$\forall m, l, d_i > 1, y_{m,i} > 0, y_{l,i} > 0,$$

であるから、

$$\frac{\partial^2 d_i}{\partial y_{m,i} \partial y_{l,i}} > 0 \Leftrightarrow \frac{\partial^2 \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i} \partial \ln y_{l,i}} + \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i}} \cdot \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{l,i}} > 0,$$

である。よって、(5) の係数推定値から、

$$\frac{\partial^2 \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i} \partial \ln y_{l,i}} + \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{m,i}} \cdot \frac{\partial \ln d_i}{\partial \ln y_{l,i}}, \quad (7)$$

を計算し、その符号が正であれば、多様化の経済性が存在することが分かる。

5 データ

本稿の実証分析では、2016 年度における日本の水道事業体と法適用公共下水道事業体の横断面個票データを結合したものをを用いる。水道事業体のデータ（認可レベル）は日本水道協会『水道統計』（2016 年度版）から、法適用公共下水道事業体のデータ（事業者レベル）は総務省『地方公営企業年鑑』（2016 年度版）から、それぞれ入手した。認可レベルの水道事業体のデータは事業者レベルに変換したうえで、事業者レベルの公共下水道事業体のデータと結合した。サンプルには、上下水道の一体的運営を行っている事業者と分離運営を行っている事業者の両方が含まれている。

イギリスの上下水道のデータを結合して分析を行った Saal and Parker (2000) と同様に、産出物は水道と下水道それぞれ 1 種類ずつとした。本稿では、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

表 2 記述統計

変数名	平均値	中央値	最小値	最大値	標準偏差
水道管延長 (m)	1,082,494.07	570,012.50	63,382.00	27,893,028.00	1,958,445.93
下水道管延長 (km)	729.81	351.00	12.00	14,294.00	1,286.82
有形固定資産 (千円)	145,131,908.41	48,854,760.00	4,544,031.00	7,479,388,160.00	484,859,850.06
職員数 (人)	107.52	28.50	3.00	4,853.00	347.61
その他営業費 (千円)	3,576,465.53	1,252,485.00	74,013.00	240,923,008.00	14,667,995.54
人口密度 (人/ha)	50.42	42.81	7.97	165.92	27.25

(注) 観測値数は 304 である。

組みに関する生産性・効率性の計測共同研究体 (2020) で用いられている産出物変数を参考に、水道事業の産出物は導水管・送水管・配水本管・配水支管の総延長 (水道管延長) とし、下水道事業の産出物は污水管・合流管の総延長 (下水道管延長) とした。

投入物は資本、労働、その他の 3 種類とし、資本変数には有形固定資産を、労働変数には職員数を用いた。その他の投入物は、営業費合計から人件費・支払利息・減価償却費を引いたもの (その他営業費) と定義した。

さらに、事業体の給水・処理区域における人口密度をコントロール変数として用いる。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) によれば、人口密度は費用や事業運営の非効率性に影響を与え、具体的には人口低密度地域と高密度地域では効率性が悪く、人口密度が中程度の地域では効率性が良いと考えられる。本稿においても、この人口密度と非効率性の関係を想定する。

なお、上下水道の一体的運営を行っているか否かについては第 2 節で述べた方法により確認した。そして上記の変数のうち、有形固定資産、職員数、その他営業費は、上下水道の一体的運営を行っている事業者に関しては水道事業と下水道事業における値を合計した。

用いる変数に欠損値のある事業体を除外すると、観測値数は 304 となった。この 304 事業体に関する、分析に用いる変数の記述統計が表 2 に示されている。この表によれば、すべての変数において散らばりが大きく、規模の小さな事業体から規模の大きな事業体まで存在し、人口密度の低い地域で運営している事業体もあれば高い地域で運営している事業者もあることが分かる。

6 分析結果

表 3 は、第 4 節で述べた投入物距離関数 (5) の推定結果を示している。産出を表す水道管延長と下水道管延長の 1 乗項の係数はどちらも負の値として推定され、有意水準 1% で統計的に有意である。また、投入物使用量である有形固定資産と職員数の 1 乗項の係数推定値はどちらも正で、有形固定資産に関しては有意水準 1% で、職員数に関しては有意水準 10% で、それぞれ統計的に有意である。さらに、人口密度の 1 乗項と 2 乗項の係数推定値はどちらも負で、1 乗項に関しては有意水準 1% で、2 乗項に関しては有意水準 10% でそれぞれ統計的に有意である。

続いて、多様化の経済性の存在の有無を検証するため、係数推定値を第 4 節の (7) に代入し、その符号を確認する。各変数の幾何平均において評価すると、(7) の値は 0.426 と、正の値となった。また、(7) はすべての観測値 (事業体) においても正の値が得られた。

表3 距離関数推定結果

	係数推定値	外積行列に基づく標準誤差	
水道管延長 (対数)	-0.335	0.076	***
下水道管延長 (対数)	-0.611	0.071	***
有形固定資産 (対数)	0.402	0.132	***
職員数 (対数)	0.122	0.070	*
1/2 × 水道管延長 (対数) 二乗	-0.218	0.103	**
1/2 × 下水道管延長 (対数) 二乗	-0.228	0.079	***
1/2 × 有形固定資産 (対数) 二乗	0.016	0.246	
1/2 × 職員数 (対数) 二乗	0.202	0.097	**
水道管延長 (対数) × 下水道管延長 (対数)	0.222	0.087	**
有形固定資産 (対数) × 水道管延長 (対数)	0.002	0.110	
職員数 (対数) × 水道管延長 (対数)	0.066	0.084	
有形固定資産 (対数) × 下水道管延長 (対数)	0.009	0.108	
職員数 (対数) × 下水道管延長 (対数)	-0.027	0.086	
有形固定資産 (対数) × 職員数 (対数)	-0.173	0.130	
人口密度 (対数)	-0.653	0.090	***
1/2 × 人口密度 (対数) 二乗	-0.270	0.152	*
人口密度 (対数) × 水道管延長 (対数)	-0.003	0.082	
人口密度 (対数) × 下水道管延長 (対数)	-0.103	0.091	
人口密度 (対数) × 有形固定資産 (対数)	-0.064	0.160	
人口密度 (対数) × 職員数 (対数)	-0.147	0.098	
定数項	-0.089	0.053	*
誤差項分散	0.154	0.021	***
非効率項分散	0.161	0.050	***
対数尤度	87.228		

(注1) 表中の***, **, *はそれぞれ有意水準 1%, 5%, 10% で統計的に有意であることを表す。

(注2) 観測値数は 304 である。

7 考察

投入物距離関数の推定結果より、産出変数の1乗項の係数は、水道も下水道も負の値で、有意水準1%で統計的に有意であった。また、投入物使用量の1乗項の係数推定値はすべて正で、conventionalな有意水準で統計的に有意であった。よって、各変数の幾何平均においては、他の条件を一定としたうえで産出が増えれば非効率性が低く（効率性が良く）なり、投入が増えれば非効率性が高く（効率性が悪く）なるという、距離関数の性質と整合的な結果が得られた。

続いて、人口密度の1乗項と2乗項の係数推定値はどちらも conventional な有意水準で統計的に有意であったが、符号はどちらも負である。これは、人口密度が高い地域ほど水道および下水道事業の効率性が良いことを表しており、第5節で述べた仮説とは異なる結果となった。よって、用いる変数の再検討が必要であると考えられる。

そして、投入物距離関数の係数推定値を用いて第4節の(7)を計算した結果、各変数の幾何平均においても、すべての事業体においても、正の値となった。このことから、(6)も正の値となるので、水道事業と下水道事業には多様化の経済性が存在することが明らかになった。これは、2つの事業体がそれぞれ水道事業と下水道事業を別々に運営するよりも、1事業体が水道事業と下水道事業を両方運営したほうが低費用での運営ができることを意味する。低費用での運営は、水道と下水道の設備の共同利用などにより実現していると考えられる。よって、日本において進んでいる上下水道の一体的運営化には、多様化の経済性の観点から経済的メリットが存在する可能性がある。

8 結論と課題

今後財政状況が厳しさを増すとされている日本の水道事業と下水道事業においては、両事業の一体的運営化が進んでいる。本稿のデータによれば、2016年度時点で70%を超える事業体が上下水道の一体的運営を行っている。本稿では、この上下水道の一体的運営に経済的メリットが存在するか否かを、計量経済学的手法を用いた実証分析により検証した。具体的には、2016年度における水道事業者と下水道事業者の横断面個票データを結合したサンプルを用い、投入物距離関数を確率的フロンティア分析により推定し、その結果から多様化の経済性 (diversification economies) の指標を計測した。

分析の結果、水道事業と下水道事業には多様化の経済性が存在することが明らかになった。これは、水道事業と下水道事業を別々の事業体が運営するよりも、1事業体が両事業を運営したほうが低費用での運営ができることを意味する。この結果は、上下水道の一体的運営を行っている事業体が、水道と下水道の設備の共有などにより、低費用での運営を実現していることを反映していると考えられる。よって、日本において進捗している上下水道の一体的運営化には、多様化の経済性の観点から経済的メリットが存在する可能性がある。

本研究にはいくつか課題が残されている。まず、横断面分析を行ったため、分析の精度に欠けている可能性がある。今後はパネルデータを構築し、複数年度のデータを用いた分析により、さらに分析を精緻化することが必要である。次に、投入物距離関数の変数の定義についても考察が必要である。たとえば、本稿では産出変数として水道管延長と下水道管延長を用いたが、給水・処理人口や給水・処理面積なども産出変数になりうる。また、本稿ではコントロール変数である人口密度の係数に関して、仮説と異なる結果が得られたことから、産出や投入の変数の定義に依存して結果が変化する可能性がある。今後の研究では、異なる変数の定義での分析も行い、結果の頑健性の確認を行う必要がある。以上を今後の課題としたい。

謝辞

本研究は国土交通省による令和元年度下水道技術開発 (GAIA プロジェクト) の助成を受けたものです。

参考文献

- Coelli, T. and E. Fleming (2003) "Diversification economies and specialisation efficiencies in a mixed food and coffee smallholder farming system in Papua New Guinea," Contributed paper selected for presentation at the 25th International Conference of Agricultural Economists, August 16–22, 2003, Durban, South Africa.
- Coelli, T.J., D.S.P. Rao, C.J.O'Donnell and G.E. Battese (2005) *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, second ed., Springer, New York, NY, USA.
- 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.
- Kumbhakar, S.C., H. Wang and A.P. Horncastle (2015) *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata*, Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- Mizutani, F. and T. Urakami (2001) "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations," *Papers in Regional Science*. vol.80.2: 211–230.
- Saal, D.S. and D. Parker (2000) "The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model" *Managerial and Decision Economics*, vol.21.6: 253–268.
- Urakami, T. (2007) "Economies of vertical integration in the Japanese water supply industry," *Jahrbuch für Regionalwissenschaft*, vol.27.2: 129–141.
- Urakami, T. and D. Parker (2011) "The effects of consolidation amongst Japanese water utilities: a hedonic cost function analysis," *Urban Studies*, vol.48.13: 2807–2827.
- Urakami, T., T. Tanaka, T. Nakaoka and T. Kitamura (2019) "Wide area consolidation and vertical integration of the Japanese sewerage industry: an initial analysis," Working Paper no.2019–04, Faculty of Business Administration, Kindai University.
- 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.
- 総務省 HP 『地方公営企業の概要』 https://www.soumu.go.jp/main_content/000178063.pdf, 2020 年 4 月 7 日 検索.
- 田平正典 (1998) 「滋賀県下市町村の上・下水道事業の費用分析：生産関数による接近」『彦根論叢』 vol.311: 95–116.
- 寺田守正 (2003) 「下水道事業評価における包絡分析法 (DEA) 適用可能性」『同志社政策科学研究』 vol.4.1: 123–142.
- 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) .