

# 水道事業における非効率性の検証

—— 非効率性の経年変化に着目して ——\*

齊藤 仁<sup>+</sup>

## 1. はじめに

日本では、水道事業は主に地方公営企業という形態で供給がなされている。民間企業ではなく、地方公共団体が設立した公営企業によって水の供給を行っているのである。この水道事業における地方公営企業は市町村で運営をされていることが多い。住民に身近なサービスとして市町村が運営をこれまで行ってきた。公営企業として運営されている理由としては、地方公営企業法第3条によると「地方公営企業は、常に企業の経済性を発揮するとともに、その本来の目的である公共の福祉を増進するように運営されなければならない。」<sup>1)</sup>と記載されている。このように公共性を満たしながら、企業としての経済性も発揮しながら運営を実施することが求められている事業の1つが水道事業である。

水道事業における公共性とはどのようなものが考えられるかという点、経済学的には1つ「市場の失敗」が考えられる。水道事業は主に装置産業だと考えることが可能であろう。装置産業では、初期に莫大な投資が必要となるが、その後の生産活動にそこまで大きな費用は掛からず、結果として供給する水の規模が大きくなるとそれに伴って平均費用は減減する（いわゆる規模の経済性）と考えられている。

仮に、このような産業を民間企業に任せると、より規模の大きな企業の方が平均費用は低くなるので、最終的には最も規模の大きな企業しか残らない可能性があり、いわゆる自然独占と呼ばれる状態になってしまう可能性が考えられる。このような状態では市場は機能せずに結果として、水の供給を受ける住民は高い価格（独占価格）を求められる可能性がある。このような市場の失敗を是正する一つの方法として公営企業として供給を行うことが考えられ、実際にそのような形態で水道事業は運営が行われている。またその時の価格付けとしては総括原価方式と呼ばれる方法を採用しており、水の供給にかかった費用を原則的に賄うように価格を設定するという方法である。これにより必要以上に高い価格とならないように設計されている。

しかし、水道事業を主に各市町村で担うことで、市町村間で住民の負担に差が生じる可能性

---

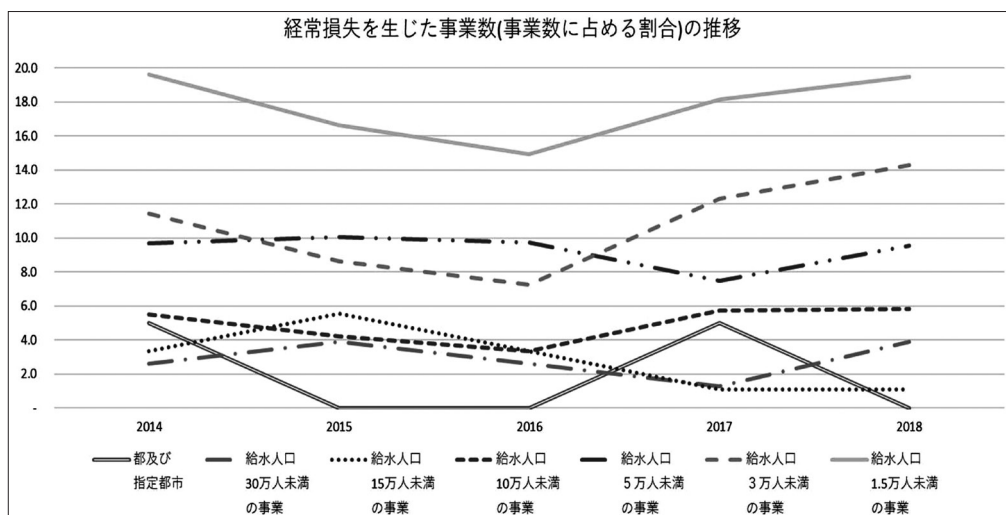
\* 本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金（基盤研究（B）20H01450）の助成を受けたものの一部である。また、本稿についての責任は、全て著者に帰す。

+ 連絡先：hsaito@wakayama-u.ac.jp

1) e-GOV 法令検索「地方公営企業法」より引用。

が考えられる。上述したように水道事業は規模の経済性が働く可能性があるので、給水規模が大きな自治体の方が平均費用は低くなる可能性があり、一方で給水規模が小さな自治体では平均費用が高くなる傾向が表れる可能性がある。この状況において総括原価方式により価格を決定すると、給水規模が小さい自治体の住民は高い価格を負担することになり、給水規模が大きな自治体の住民は比較的低い価格を負担するということになる。

実際に、事業者の給水規模別の経営状況をみる。図1は、人口規模別にみた水道事業における経常損失が生じた事業割合の2014年から2018年の推移を表している。これをみると、給水人口規模が最も小さいカテゴリーである給水人口1.5万人未満の事業者では15%から20%程度の事業者において経常損失が生じていることが分かる。その後、給水人口規模が大きくなると、経常損失が生じる割合は傾向として小さくなっていくことが分かる。



出所) 総務省『地方公営企業年鑑』各年度版より筆者作成

図1 水道事業における経常損失が生じた事業数(規模別)の推移<sup>2)</sup>

このことは、1つとして、規模の小さな事業者においては、高くなった費用をすべて料金では賄うことができていない可能性が考えられる。しかし、今後の日本の人口減少が進むことを考えると、水道事業において生じるであろう(平均)費用の上昇とそれをいかに独立採算で賄うような価格付けで運営を継続出来るようにするのかを考えるのは重要な点であろう。

そもそも公営企業で水道事業の運営を行うことに対して問題も存在する。地方公営企業で水

2) 『地方公営企業年鑑』の水道事業における「規模別経営状況」においては、給水人口30万人以上(都市および指定都市を除く)のデータも存在する。しかし、給水人口30万人以上の事業者において、経常損失が生じた事業は使用したすべての期間において0%であったため、本図からは除いている。

水道事業を供給する場合には、基本的にその地域で水道事業を供給するのは1社だけであり、自然独占の状況が発生する。そのような場合、自然独占の企業においてはX-非効率が生じる可能性が考えられる。これは、競合相手がいないことによる経営効率化を図るインセンティブの欠如などが挙げられる。

実際に水道事業に関しては、日本以外の国でも公的部門が関与していることも多々あり、水道事業において効率的な生産・供給、経営がなされているのかの研究が行われている。たとえば、日本以外の国のデータを用いて水道事業の効率性に関する検証を行ったものとしては、イングランドとウェールズ (Saal and Parker 2001, Saal et al. 2007)、ペルー (Lin 2005)、スロベニア (Filippini, Hrovatin, and Zoric 2008)、ドイツ (Zschille and Walter 2010) などの国のデータを用いた研究がなされている。

また、日本に限っても水道事業における効率性の研究は多数行われている。生産過程における効率性(技術効率性)を計測した比較的初期の研究としては、中山(2000)や高田・茂野(2001)、中山(2001)、中山(2002)などがある。これらの研究の特徴としては、特定の地域や似たような生産構造になると考えられるところにサンプルを限定して分析をしているところである。これらの研究における分析の結果、水道事業の生産・供給過程において技術的な非効率が生じていることを示唆している。

つぎの時期の研究の特徴としては分析の地域の対象をあまり限定しないことが1つあり、この時期の研究としては、原田(2004)や笠井(2010)、中村(2012a)、中村(2012b)などがある。さらに、この時期の研究の特徴としては、明らかにされた非効率の要因については、これまでと同様に価格について言及するとともに、ネットワーク密度や外部環境要因に非効率性の要因を求めるものがあるのも特徴的である。

そして、比較的最近の水道事業の技術非効率性に関して実証研究を行った研究としては、吉川ほか(2012)やPhillips(2013)、中山(2015)、矢根・矢根(2018)などがある。これらの研究では、サンプルの限定を行うことなく、外部環境要因を豊富にした点の特徴的である。すでに触れた笠井(2010)や中村(2012a)、中村(2012b)においても、給水人口や需要者密度、ネットワーク密度などが外部環境要因として用いられており、これらと技術非効率性の間にある関係に関する分析が行われていた。しかし近年では、外部環境要因としても、受水比率や地下水比率、原水の水質などと技術非効率性に関する関係についても分析が行われている。以上のように水道事業における技術非効率性を考える上で、外部環境要因としてどのような要因をコントロールする必要があるのかについての議論も深まってきている。

また水道事業における非効率性に関する研究ではこれ以外にも、費用面での非効率性である費用非効率性<sup>3)</sup>を計測する研究も存在する。これらの研究としては中山(2003)や中山(2007)、

---

3) 費用非効率性は、技術非効率性と配分効率性という2つの非効率性を含むものである。

Horn (2011), Horn and Saito (2011) などがある。費用非効率性に関する研究では、SFA (Stochastic Frontier Analysis) を用いた研究が主となっている。費用非効率性に関する研究においても、日本の水道事業において非効率性の存在を示唆する研究結果となっている。

日本の水道事業における技術非効率性に関する研究は比較的数量が多いのに対して、費用非効率性に関する研究が少ない。さらにいえば、近年のデータを用いた費用非効率性に関する研究は見当たらない。しかし、今後の水道事業を考える上では、費用面で効率的な水道事業の運営を如何に行っていくのが重要になる。さらに、水道事業は同じ事業体が継続して供給を行っていることが多いので、仮に費用非効率が生じている場合、非効率性は各事業体で時間を通じて変化するかといった経年変化について言及している研究はない。そこで、近年の水道事業において費用非効率性が生じているのかを検証し、さらに非効率性が生じている場合にその非効率性の経年変化についても検証することの2つが本稿の目的である。

## 2. 推定モデル

非効率性の検証については、SFA (Stochastic Frontier Analysis) や DEA (Data Envelopment Analysis) を用いて検証することが考えられる。SFA は Aigner, Lovell, and Schmidt (1977) や Meeusen and van den Broeck (1977) によって開発されて、その後の非効率性に関する研究で多く活用されている<sup>4)</sup>。一方の DEA は Charnes et al. (1978) によって開発されて、こちらもその後の非効率性に関する研究で多く活用されている。

SFA で効率性を検証する場合、費用関数や生産関数などを推定するが、その際には誤差項だけでなく確率的な非効率項もあわせて結合分布として分析を行い、通常誤差項だけの場合と比べて非効率項もあわせた結合分布の方が統計的な信頼性が高い場合には、非効率が生じていると考える方法である。よって、SFA で分析する際には、費用関数や生産関数などの推定および非効率項の分布の特定化が必要になる。

一方、DEA に関しては、与えられたデータを用いて、線形計画法によりベストプラクティスな生産もしくは費用フロンティアなどの計測を行う。そこで計測されたフロンティアから乖離が生じた部分を非効率として定義し、非効率性の計測を行うものである。

SFA は非効率性の分布についての仮定を置く必要があるが、非効率の有無に関して統計的な検定を行うことができるというメリットがある。DEA に関しては、基本的には誤差を許容せず、かつ非効率の有無に関しての統計的な検定が困難であるというデメリットがあるが、複数生産物モデルでの効率性の計測が可能であるというメリットがある。本稿では、水道事業の費用非効率性の有無を検証するのが1つの目的であるので、費用非効率性の有無に関して統計的

---

4) SFA についての詳細な説明は、Kumbhakar and Lovell (2003) が詳しい。

な検証を行うことができる SFA を用いて分析を行う。そこで、SFA を用いた費用非効率性の検証をするためにも、まず水道事業における費用関数の導出を行う。

本稿において各水道事業体は生産要素として、労働 (L) 資本 (K) の2つを生産に用いると想定し、各事業体が解くべき費用問題は、以下のように考えられる。

$$\begin{aligned} \min_{L, K} \quad & C = W_L L + W_K K \\ \text{s. t.} \quad & Y = AF(L, K) \end{aligned} \quad (1)$$

ここで  $W_L$  は労働の生産要素価格のことであり、 $W_K$  は資本の生産要素価格のことを表している。 $Y$  は生産量を表しており、 $A$  は生産関数における生産のシフトパラメータ、 $C$  は各事業体で実際にかかった総費用である。ここから考えることができる本モデルでの費用関数は、 $C = C(W_L, W_K, Y)$  となる。さらに、本稿では費用関数の形状としてトランスログ型費用関数を考える。その時の費用関数は以下の式が考えられる<sup>5)</sup>。

$$\begin{aligned} \ln Cost_{i,t} = & \alpha_0 + \alpha_y \ln y_{i,t} + \frac{1}{2} \alpha_{yy} (\ln y_{i,t})^2 + \sum_j \beta_j \ln(W_{j,i,t}) + \frac{1}{2} \sum_j \sum_l \beta_{j,l} \ln(W_{j,i,t}) \ln(W_{l,i,t}) \\ & + \sum_j \gamma_{yj} \ln y_{i,t} \ln(W_{j,i,t}) + \delta_N \ln N_{i,t} + \frac{1}{2} \delta_{NN} (\ln N_{i,t})^2 + \delta_{Ny} \ln N_{i,t} \ln y_{i,t} \\ & + \sum_j \theta_{Nj} \ln N_{i,t} \ln(W_{j,i,t}) + \tau \cdot RC_{i,t} + \mu \cdot \ln Pop_{i,t} + \sum_t \pi_t \cdot Year\_Dummy_t \\ & + V_{i,t} ; j = L, K \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $Cost$  は総費用を指し、総費用は労働費と資本費、その他費用の合計である。労働費としては職員給与費を用い、資本費としては、「支払利息と減価償却費、受水費うち資本費相当分を合計したもの」を用いた。その他費用については、「動力費と光熱水費、通信運搬費、修繕費、材料費、薬品費、路面復旧費、委託料、受水費、その他費用の合計から受水費うち資本費相当分を差し引いたもの」を用いた<sup>6)</sup>。

生産要素価格としてはそれぞれ以下のように算出を行った。労働の生産要素価格 ( $W_L$ ) としては労働費を職員数計で除することで求め、資本の生産要素価格 ( $W_K$ ) としては資本費を有形

5) 本稿の推定モデルは、中山 (2003) や齊藤ほか (2021) で用いられている変数を基に、設定を行っている。また費用関数の推定をする際には、1次同次の制約やシェア関数との連立方程式を用いた分析が行われることが多いが、SFA を用いて費用関数を推定する際には、これらの情報を用いずに推定を行う場合が多い。この点に関しては今後検討すべき課題であると考えられる。

固定資産で除することで求めた。生産量を表す $Y$ としては、年間総有収水量を用いる。

また先行研究では、水道事業の費用関数を考える際には、ネットワーク変数の導入を行っている研究が多数存在する。そこで本稿でも、ネットワークに関する変数( $N$ )として導送配水管総延長を用いた。さらに、そのほかのコントロール変数として、受水費( $RC$ )は受水費を総費用で除し100を掛けた値を、年度による変化を年度効果( $Year\_Dummy$ )としては各年が1、それ以外の年は0となる変数を、また各事業体から給水を受けている人口<sup>7)</sup>( $Pop$ )を用いている。

ここで(2)式においては、このモデルの乖離部分には非効率性も入っていると考える。そこで、このモデルの乖離部分 $v_{i,t}$ を非効率項と通常の誤差項に分けられると考え、誤差項 $v_{i,t}$ は以下の(3)式のようにになると仮定する。

$$v_{i,t} = u_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

ここで、 $u_{i,t}$ は非効率項を表し、 $u_i \sim N^+(0, \sigma_u^2)$  (i.i.d) であると仮定する。 $\varepsilon_{i,t}$ はIIDの誤差項を表し、 $\varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$  (i.i.d) であると仮定する。以上のモデルにおいて最尤法を用いて推定を行う。さらに非効率性における経年変化の効果をみるために非効率項に関しては(4)式のように仮定する。Battese & Coelli (1992) においては、パネルのSFAの手法の1つとして非効率項が時間によって非効率性が変化するモデル (Time-varying decay inefficiency model) が提唱された。このTime-varying decay inefficiency modelでは非効率項( $u_{i,t}$ )を以下の(4)式のように仮定する。

$$u_{i,t} = \exp\{-\eta(t - T_i)\} u_i \quad (4)$$

$\eta$ は減衰パラメータ (decay parameter) と言われる。ここで $t$ は分析期間のタイミングを表しており、 $t=T_i$ の時が最後の期間であり、事業体 $i$ の最後の期間は、その事業体の基本的な(ベースとなる)非効率性を含んでいると考える。ここで $\eta$ が正のとき、非効率の度合いは時間

✓ 6) 本来であれば、その他の投入財の生産要素価格も(1)式および(2)式に加えて分析をする必要はあるだろうが、水道事業における「その他の投入財の生産要素価格」を定義することは困難であると考え。先行研究である中山(2003)などにおいては、各年のGDEを用いるなどの工夫がされている。本稿では、その他の投入財の生産要素価格は各年で変化すると考え、年度効果を用いて、コントロールを試みている。しかし、この点に関しては、今後改善が必要となるだろう。

7) これを現在給水人口という。

を経るごとに事業体のベースの非効率水準に向けて減少していく。 $\eta$  が負の場合は、非効率の度合いは時間を経るごとに事業体のベースの非効率水準に向けて増していく。 $\eta$  が 0 の場合、 $u_{i,t} = u_i$  となり、非効率性は時間によって変化せずに、各水道事業者の中で一定の値となる<sup>8)</sup>。

### 3. 推定結果

使用したデータは、2012年に地方公営企業会計制度の見直しが行われ、その改正による適用開始年となる2014年度から、本稿を作成時点で入手可能な最新年である2018年度までの5年間である。また対象とした水道事業者は、末端給水事業者のうち都道府県と企業団を除いた市町村別のデータである<sup>9)</sup>。データは、総務省『地方公営企業年鑑』から入手した。使用したデータの記述統計については、以下の表1のとおりである。

表1 記述統計

変数	観測数	平均	標準偏差	最小	最大
総費用 (cost)	5,914	1534740	3839116	25095	6.96E+07
年間総有収水量 (Y)	5,920	8857.116	23216.38	61	380430
資本の生産要素価格 (wk)	5,920	0.063137	0.022436	0.014482	0.240365
労働の生産要素価格 (wL)	5,914	6531.919	1462.007	662.2	16213.75
ネットワーク変数 (n)	5,918	498.0764	737.2099	1	9412
受水費 (RC)	5,914	0.005407	0.011993	0	0.145299
現在給水人口 (pop)	5,920	81287.87	212455.4	604	3749040

出所) 筆者作成

上記の(2)式に(3)式および(4)式を用いて、分析を行った推定結果が、以下の表2である<sup>10)</sup>。パネルのSFAでは、 $\eta = 0$ であるかどうかの検定することで、Time-invariant inefficiency modelかTime-varying decay inefficiency modelのどちらで推定するべきかを検定することが出来る。ここで帰無仮説： $\eta = 0$ を検定すると、この検定は $\chi^2$ 分布にしたがうことになる。検定の結果、P値は0.0033であるので、帰無仮説は採択されない。つまり、Time-varying decay inefficiency modelで推定した方が統計的な信頼性は高いと検定された。よってここでは、Time-varying decay inefficiency modelの推定結果のみを記載する。

8) これはTime-invariant inefficiency modelと呼ばれる。

9) 推定の際にバランスド・パネルであることが求められるので、期間の途中で広域連合などを組むなどしてサンプルとして一部がないものについては、推定サンプルからは外している。よって、本稿で使用したデータは、5年間すべてのデータが存在する1184事業者のみである。

10) 本稿では、分析に際してはLIMDEP10を用いて推定を行った。

表2 推定結果

推定結果（上段が係数，下段が標準誤差）			
Constant	5.45714***	RC	3.96131***
	(0.66516)		(0.21568)
LNY	-1.23896***	LNPOP	0.69789***
	(0.06596)		0.01309
LNWL	-0.12701	YEAR_2015	-0.00636
	(0.13055)		(0.00455)
LNWK	0.62189***	YEAR_2016	-0.00555
	(0.13153)		(0.0044)
LNY2	0.08433***	YEAR_2017	0.00852*
	(0.0049)		(0.00487)
LNWL2	0.00319	YEAR_2018	0.02017***
	(0.01464)		(0.00534)
LNWK2	0.09684***	分散に関するパラメータの推定値	
	(0.01107)	Lambda ( $\lambda$ )	9.69774***
LNWLWK	-0.03211**		Sigma (u)
	(0.0132)	0.64579***	
LNYWL	0.13460***	減衰パラメータ ( $\eta$ ) の推定値	
	(0.00693)	Eta ( $\eta$ )	-0.00485***
LNYWK	0.03660***		
	(0.00559)		
LNNWL	-0.18495***		
	(0.00858)		
LNNWK	0.00461		
	(0.00534)		
LNN	2.02291***		
	(0.07912)		
LNN2	0.07084***		
	(0.00127)		
LNYN	-0.06842***		
	(0.003)		
Log likelihood function : 4792.80082			
AIC = -9537.6			
AIC/N = -1.611			
N = 5920 (1184 individuals)			

注) \*\*\*は1%, \*\*は5%, \*は10%での有意水準を表している。また $\lambda$ は $\sigma_u/\sigma_v$ を, Siguma (u) は $\sigma_u$ を表している。  
出所) 筆者作成

まずは、生産量が総費用に与える影響であるが、一次項に関しては負に有意であり、二次項に関しては正に有意であるという結果となった。ここから想定されることは、生産量を初期に増やすと総費用が減少していき、その後底辺を迎えてのちに生産量の増加は総費用の増加につながるということである。これは理論で想定されることとは若干相違があるので、今後のモデ



ルの修正や解釈には注意が必要である。

次に、生産要素価格が総費用に与える影響であるが、労働の生産要素価格に関しては一次項および二次項は有意な影響を与えていないが、資本の生産要素価格に関しては一次項および二次項は正に有意な影響を与えている。労働の生産要素価格については、一つとしては業務委託などが進んでいるので、現在の変数の作成方法において改善が必要となるのかもしれない。資本の生産要素価格に関しては、理論と整合的な符号が得られていると考えられる。

ネットワーク変数については、一次項および二次項において、両方とも正に有意な結果となっており、ネットワークが長くなると総費用は増大するという結果となった。受水費に関しては、ほかの事業者から受水する費用の割合が高くなると総費用は増加するという結果となった。また人口についても給水人口が増えると総費用は増加するという結果となった。年度効果については、当初は年度により費用の増加はあまり見られなかったが、データの最後の方においては費用の増加が起こっている可能性を示している。

最後に、非効率性の有無に関しては、 $\lambda$ および $\sigma_u$ 両方とも有意であり、非効率性を含んだモデルの方が統計的な信頼性が高いと考えられるので、水道事業においては費用非効率性が存在する可能性が本推定結果から示唆される。また減衰パラメータ ( $\eta$ ) は負に有意な影響を与えており、これはこの期間で見ると非効率性の度合いが時間を経るごとに増加していつている可能性があることが分かる。

#### 4. 非効率性に関する考察

ここでは推定された分析結果から、具体的な費用非効率性 ( $CE$ ) の値を計算する。確率的費用非効率  $u$  は観察できない。そこで、実際の費用非効率性の指標は費用非効率 ( $u$ ) の条件付期待値をとることで計算し、費用非効率性値 ( $CE$ ) は (5) 式のように定義することができる。

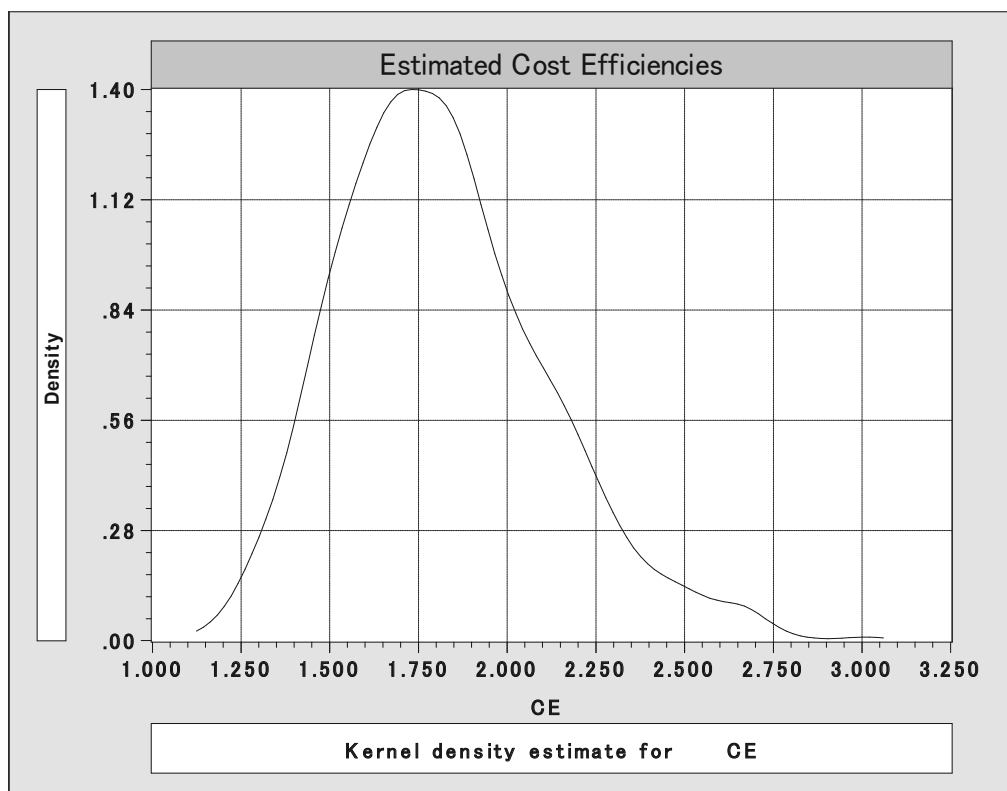
$$CE = E[\exp(u) | v] \quad (5)$$

費用関数による上記の定義による費用非効率性は1から $\infty$ まで取ることが考えられる。ここで、計算された費用非効率性値 ( $CE$ ) が1に近い値であれば費用効率的であり、一方で費用非効率性値 ( $CE$ ) が1より大きくなっていけば費用非効率の度合いが高くなることを指している。全サンプルにおいて (5) 式に基づき費用非効率性を求め、記述統計にまとめたのが表3である。またその分布を描いたのが、図2である。

表3 費用非効率性値 (CE) に関する記述統計

	平均	標準偏差	最小	最大	観測数
費用非効率性値 (CE)	1.819443	0.291083	1.17036	3.03361	5920

出所) 筆者作成



出所) 筆者作成

図2 推定された非効率性の分布状況

表3を見ると、費用非効率指標の値の平均値が1.82であり、これは効率的な事業体と比べて平均的に約82%の費用非効率が存在するということになる。また図2を見ると、約75%程度(CEが1.75)の費用非効率がある箇所に最も多くの事業体があることが分かり、かなり効率的に運営されている事業体(ここではCEが1.25)はかなり少数であることも分かる。このことから、水道事業においては、もっと効率化を図ることができる可能性が示唆される。

## 5. まとめ

日本の水道事業は、公共性と経済性を満たすために地方公営企業により運営をされている。

多くの場合、その地方公営企業の運営を行っているのが、市町村である。水道事業のような規模の経済が働くと考えられるような産業において、民間企業に供給を任せると市場の失敗により自然独占になってしまう可能性がある。その結果として水道の供給を受けたい住民は高い水道料金を負担しなければいけない可能性があり、そうならないためにも公的部門が関与している。

しかし、地方公営企業が水道事業の運営を行った場合、独占価格にはならず、民間企業が供給を行うことと比べると水道料金を抑えることができる可能性がある。しかし、自然独占になってしまい費用効率化を図るインセンティブが低い可能性がこれまで指摘されてきている。そのような中で、日本を含めて様々な国において、水道事業において効率的な運営がなされているのかの研究がされてきている。

また、今後の人口減少という局面を考えると、水道事業を効率的に運営することが重要になってきている。これまでの研究をみると、日本の水道事業における技術非効率性に関する研究は比較的数量が多く存在する。一方で、費用非効率性に関する研究が少なく、特に近年のデータを用いた費用非効率性に関する研究は見当たらない。さらに日本において、水道事業は同じ事業体（自治体）が継続して供給を行っていることが多く、仮に費用非効率が生じている場合、非効率性は各事業体で時間を通じて変化するかといった経年変化について言及している研究はない。そこで本稿では、近年の水道事業において費用非効率性が生じているのかを検証した。さらに非効率性が生じている場合にその非効率性の経年変化についても検証した。

本稿の分析の結果より明らかになったのは以下のことである。まず近年の日本の末端給水事業のパネルデータを用いて分析した結果、費用非効率性が平均で82%程度存在することがあることが明らかとなった。また経年変化をみると、傾向としては事業体ごとに時間を経るにつれて、費用非効率性の度合いが悪化していつているということが明らかとなった。

現在の日本の水道事業における料金設定の方法では、高い費用というのは、高い料金につながりやすい。さらに人口減少が進む日本では、平均費用の増加も考えられ、このような費用非効率率を含んだままの費用構造である場合、さらなる水道料金の上昇を招く可能性が考えられる。少しでも費用効率的な運営をできるような政策を考える必要があるだろう。

最後に本稿に残された課題であるが、費用非効率性に関する検証については、さらにいくつもの分析手法も併用しながら、より精度の高い分析をする必要があるだろう。本稿で使用したSFAでもある程度は想定する非効率項に関する仮定に分析結果が影響を受ける可能性がある。そこで、異なる仮定のSFAや異なる方法としてDEAおよび一般化費用関数などを用いて分析をすることでより精度の高い分析ができるだろう。また本稿の分析結果において、経済理論と若干整合しないと考えられる結果も一部出ており、変数の選定などで再考の余地もあるだろう。

## 参考文献

- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of econometrics*, 6(1), 21-37.
- Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1992). Frontier production functions, technical efficiency and panel data: with application to paddy farmers in India. *Journal of productivity analysis*, 3(1), 153-169.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.
- Filippini M., N. Hrovatin and J. Zoric (2008). Cost Efficiency of Slovenian Water Distribution Utilities: an application of stochastic frontier methods. *Journal of Productivity Analysis*, 29, 169-182.
- Horn, T. (2011). Incorporating water purification in efficiency evaluation: evidence from Japanese water utilities. *Applied Economics Letters*, 18(18), 1789-1794.
- Horn, T. and Saito, H. (2011). Cost Efficiency and Scale Economies of Japanese Water Utilities. *Proceedings : International Conference On Applied Economics*, 245-252.
- Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. K. (2003). *Stochastic frontier analysis*. Cambridge university press.
- Lin, Chen (2005). Service quality and prospects for benchmarking: Evidence from the Peru water sector. *Utilities Policy*, 13, 230-239.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International economic review*, 18(2), 435-444.
- Phillips, M. A. (2013). Inefficiency in Japanese water utility firms: a stochastic frontier approach. *Journal of Regulatory Economics*, 44(2), 197-214.
- Saal D.S. and D. Parker (2001). Productivity and price performance in the Privatized Water and Sewerage Companies of England and Wales. *Journal of Regulatory Economics*, 20, 61-90.
- Saal, D. S., D. Parker and T. G. Weyman-Jones (2007). Determining the Contribution of Technical Change, Efficiency Change and Scale Change to Productivity Growth in the Privatized English and Welsh Water and Sewerage Industry: 1985-2000. *Journal of Productivity Analysis*, 28, 127-139.
- Zschille, M., & Walter, M. (2010). Cost efficiency and economies of scale and density in German water distribution. *Working Paper. Berlin: German Institute for Economic Research (DIW)*.
- 笠井文雄 (2010) 「わが国水道事業の効率性に関する考察—サービス品質と外部環境要因を考慮した比較分析」『商学研究科紀要』第71巻, pp.337-350。
- 齊藤仁・菅原宏太・倉本宜史 (2021) 「水道事業における規模の経済性の測定—長期費用関数と短期費用関数の推定より—」『地方分権に関する基本問題についての調査研究会報告書・専門分科会 (座長: 堀場勇夫)』(財団法人 自治総合センター), 第1章 pp.48-92。
- 高田しのぶ・茂野隆一 (2001) 「水道事業の効率性格差とその要因」『筑波大学農林社会経済研究』第18号, pp.31-47。
- 中村春雄 (2012a) 「環境要因が日本の水道事業の効率性に与える影響に関する分析」『公益事業研究』第64巻第1号, pp.15-24。
- 中村春雄 (2012b) 「DEAによる日本の水道事業の部門別効率性の分析」『公益事業研究』第64巻第2号, pp.11-21。
- 中山徳良 (2000) 「水道事業における技術非効率性の計測と原因」『公益事業研究』第52巻第2号, pp.91-96,109。
- 中山徳良 (2001) 「兵庫県における水道事業の効率性と生産性」『地域学研究』第32巻第3号, pp.161-173。
- 中山徳良 (2002) 「水道事業の経済効率性の計測」『日本経済研究』第45号, pp.23-40。
- 中山徳良 (2003) 「一般化費用関数による配分効率性の計測と検定」『日本の水道事業の効率性分析』, pp.95-112。
- 中山徳良 (2007) 「確率的フロンティアとパネルデータを用いたわが国の水道事業の費用効率性と規模の

- 経済性の計測」日本地域学会第44回(2007年)年次,セッションC 特別セッション 地方公共団体・地方公営企業の実証分析,2007年10月8日,日本地域学会。
- 中山徳良(2015)「日本の水道事業の技術効率性に影響を与える要因の分析」『オイコノミカ』第52巻第1号, pp.101-112。
- 原田禎夫(2004)「水道事業の効率性分析」『経済学論叢』第55巻第4号, pp.101-134。
- 矢根遥佳・矢根真二(2018)「パラメトリックな確率的生産フロンティアへの環境要因の影響:水道事業の不均質性と不均一分散へのSFAの適用」『桃山学院大学経済経営論集』第59巻第4号, pp.155-179。
- 吉川丈・磯合良輔・矢根遥佳・矢根真二(2012)「確率的生産フロンティアと環境変数—技術効率性効果フロンティアモデルの上水道事業への適用—」『桃山学院大学経済経営論集』第53巻第4号, pp.59-97。

## Measuring the cost efficiency of Japanese Water Utilities: An Application of the Time-varying Decay Inefficiency Model

Hitoshi SAITO

### Abstract

Most Japanese water utilities are public entities. They operate their services independently at the municipal level. There is no regulation to promote cost efficiency in their performance. The water price is set to obtain revenue to cover costs (i.e., operating and capital costs). Therefore, it is possible that some water utilities do not try to minimize costs during their operation and inefficiencies accrue. We used the stochastic cost frontier analysis, with a time-varying decay inefficiency model, on data from 1184 Japanese water utilities from 2014 to 2018 to estimate their cost efficiency. The results show that their average cost inefficiency is more than 82%, and the degree of inefficiency has increased over time.