

東京大学公共政策大学院  
2015年度 「事例研究（ミクロ経済政策・問題分析）」

## 地方公営上水道事業に関する定量分析

高橋雄一<sup>1</sup> 廣瀬 俊<sup>2</sup> 松縄 暢<sup>3</sup> 森 悠太郎<sup>4</sup>

- 
- 1 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2年
  - 2 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2年
  - 3 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2年
  - 4 東京大学公共政策大学院 経済政策コース 2年

## 目次

<b>Executive Summary</b> .....	3
1. 研究背景.....	4
1.1. インフラ維持管理・更新費削減の必要性.....	4
1.2. 歪な価格体系是正の必要性.....	5
1.3. 北九州市の現状.....	6
2. 民間委託による効果.....	7
2.1. 第三者委託とは.....	7
2.2. 分析の流れ.....	7
2.3. サンプル選択.....	8
2.4. パネルデータ分析.....	10
2.5. 回帰結果と示唆.....	10
3. 価格体系変更による効果.....	11
3.1. 価格体系変更とは.....	11
3.2. 分析方法.....	12
3.3. 分析結果.....	12
4. 研究のまとめと今後の課題.....	14
謝辞.....	15
参考文献.....	16
Appendix.....	17
Appendix I 検定結果.....	17
Appendix II 回帰分析結果.....	17

## Executive Summary

### 研究の背景と目的

現在、日本の上水事業については、将来的に維持管理・更新の財源が不足する可能性や、その歪な価格体系が余剰に悪影響を及ぼしているといった課題が指摘される。このような状況に対して、前者については民間のノウハウ活用によって事業費の削減が図られ、後者については価格体系是正によって余剰の改善が見込まれるのではないかと考えられている。しかし、こういった政策の効果を定量的に分析した先行研究は少ないのが実情である。これを踏まえ、本稿は、浄水施設の民間委託および価格体系変更の効果を明らかにすることを目的としている。

### 分析概要

本稿では、2009年4月に価格体系を是正した北九州市を例として取り上げ、①浄水施設の民間委託によりどれだけ費用を削減可能か、②価格体系の変化によりどれだけ余剰が変化したか、の2点を試算した。まず、浄水場民間委託の効果については、最近接処理距離マッチングにより措置群（第三者委託を実施した自治体）と対応する統制群（第三者委託を実施していない自治体）を抽出した上で、総務省「地方公営企業年鑑」の年次データを用いてパネルデータ分析を行い、浄水場の第三者委託の上水事業経常費用に対する影響を測定した。さらに、その分析結果を北九州市の上水事業に当てはめることで、仮に北九州市で浄水場の民間委託を行った場合に生じうる費用削減効果を試算した。価格体系変更の効果については、価格体系変更前後における平均有収水量と限界価格をそれぞれ算出したうえで、数値解析法を用いて価格体系変更による総余剰の変化を求めた。

### 分析結果

浄水場民間委託による費用削減効果は、年間処理力1000m<sup>3</sup>規模の浄水場を第三者委託する毎に、毎年9.81千円（上限13.73千円、下限5.9千円）発生すると予測された。また、これを北九州市に当てはめた場合には、その費用削減効果は、同市の上水事業の経常費用の約6.5%に相当する年間10億6872万円にのぼると試算された。また、北九州市における価格体系の変更については、限界価格の低下を通じて、総余剰を約1300万円増加させたという推計結果が得られた。

## 1. 研究背景

本稿における研究背景としては、以下の 2 つが挙げられる。また、本稿で対象として取り上げる北九州市の現状についても後述する。

### 1.1. インフラ維持管理・更新費削減の必要性

まず一つ目は、インフラの維持管理・更新費用に関するものである。日本における水道施設は高度成長期に整備されたものが多く、それらの老朽化が進むことにもない、今後、維持管理・更新需要が高まると予想されている。図 1-1 に示すように、近年、上水道管路の経年変化率<sup>5</sup>も徐々に高まってきている。一方で、自治体の財政が逼迫した状況においては、水道施設の維持管理・更新投資可能額が減少することも予想される。図 1-2 は、維持管理・更新需要が年々高まるのに対し、予想投資可能額は年々減少し、平成 32～37 年度のあたりで維持管理・更新需要が予想投資可能額を上回ることを示している。

このような状況下、全国の自治体にとっては、いかに水道施設の維持管理・更新費を削減し財源を確保するかが喫緊の課題となっている。その課題に対する解決策の一つとされるのが民間のノウハウの活用であり、現在、水道事業においても浄水場を主な対象施設として導入が進められている。本稿の目的の一つは、このような民間委託による水道事業の費用削減効果を定量的に検証することにある。

### 上水道管路の経年変化率（％）

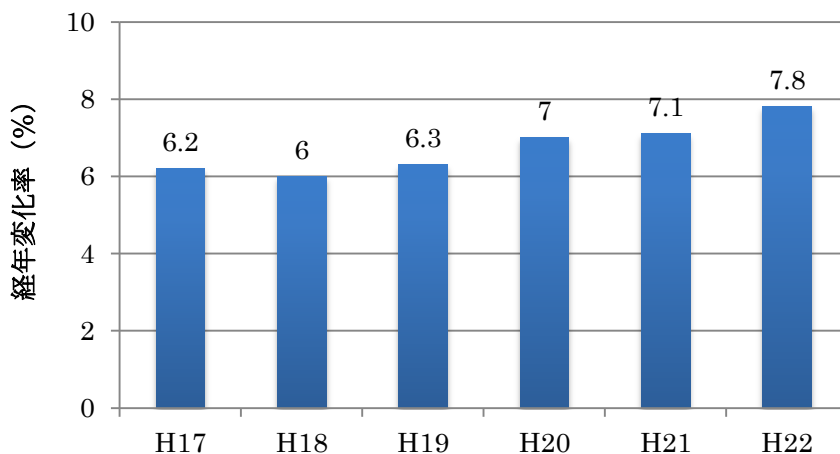


図 1-1 上水道管路の経年変化率

出所) 国土審議会水資源開発分科会(2013)「施設の老朽化対策と適切な維持管理」より  
筆者作成

<sup>5</sup> 上水道管路の経年変化率とは、上水道管路のうち法定耐用年数を超えたものの占める割合のことであり、以下の式により算出される。  
法定耐用年数を超えた管路延長／管路総延長×100

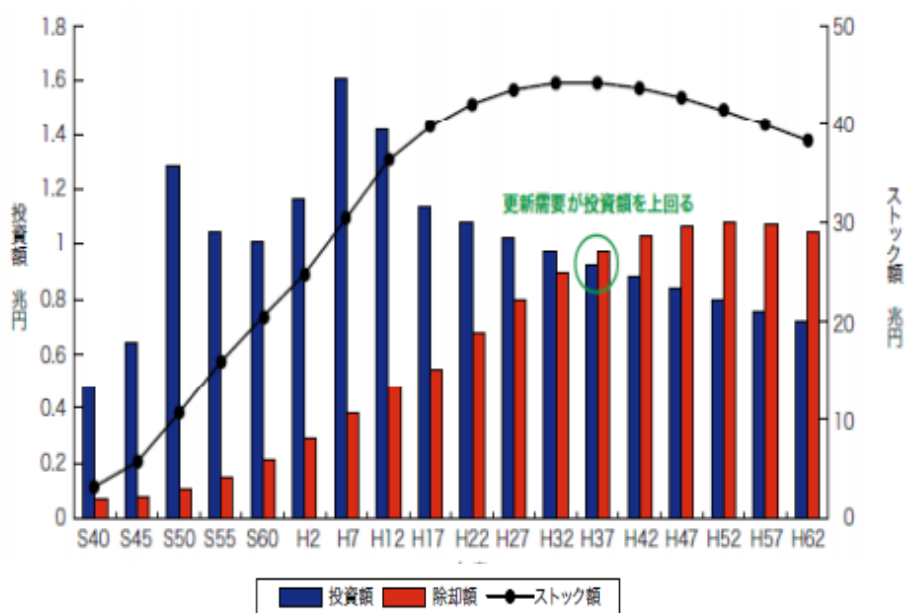


図 1-2 水道施設の更新費用等の推移

出所) 国土審議会水資源開発分科会(2013)「施設の老朽化対策と適切な維持管理」より引用

## 1.2. 歪な価格体系是正の必要性

研究背景の二つ目は、水道の価格体系の歪みに関するものである。現状、日本の水道料金は、図 1-3 のように、需要量に応じて負担総額が増加する従量料金部分とは別に、需要量によらない負担額が一定<sup>6</sup>の区間が存在する。この区間では、需要量が少なくなればなるほど単位当たり料金が高くなっており、消費者にとっては節水すると損をしてしまう仕組みとなっている。すなわち、この価格体系の歪みが家計の消費行動の歪みをもたらすことで、社会厚生が損なわれている可能性が考えられる。また、近年は、節水の必要性から前述の歪んだ価格体系を是正する自治体が増えており、この政策の効果について定量的に分析することは有意義であると考えられる。これらを背景とし、本稿では、水道価格体系の是正にともなう社会厚生の変化について定量的に分析を行うこととする。

<sup>6</sup> 需要量によらない一定の負担額は、基本料金と準備料金からなる。これらの詳細については、第 3 章の第 1 節を参照されたい。

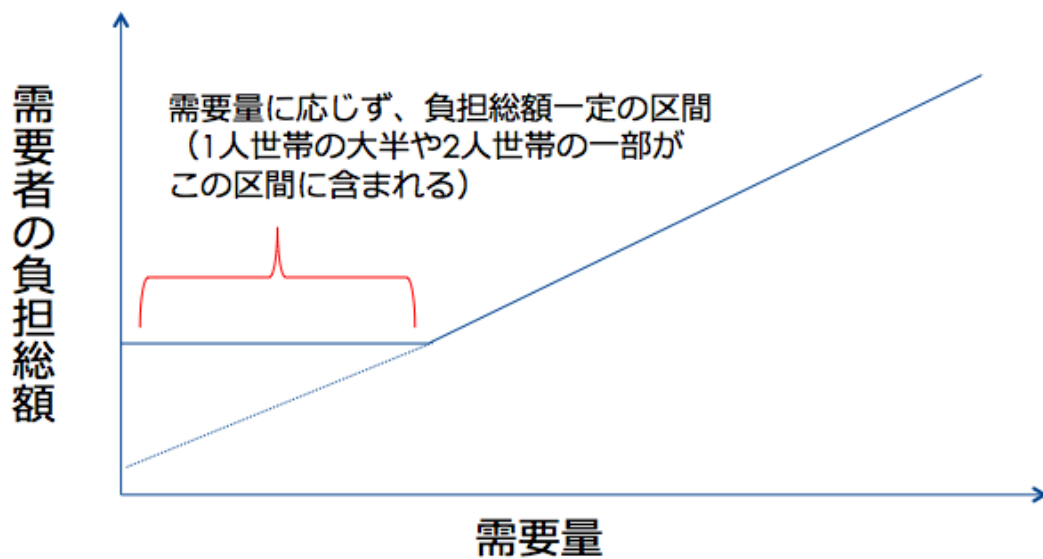


図 1-3 現状の水道価格体系

### 1.3. 北九州市の現状

本稿では北九州市を研究対象都市として扱う。北九州市上水事業の経常費用は平成 25 年では約 163 億 7300 万円であり、内訳は図 1-4 の通りである。円グラフから分かる通り、経常費用項目の中で最大のもは減価償却費であるため、設備投資による費用が著しく高い事業であることが推察される。また、平成 25 年における施設利用率（1 日当たりの平均配水量/配水能力）は 41.2%であり、平均すると約 6 割もの施設が遊休状態にある。そのため、本稿では既存施設の維持管理効率化や価格体系の是正に焦点を当てて分析を行うが、更なる経営改善には設備投資の効率化・縮小による費用削減努力も非常に効果的であることが推測される。

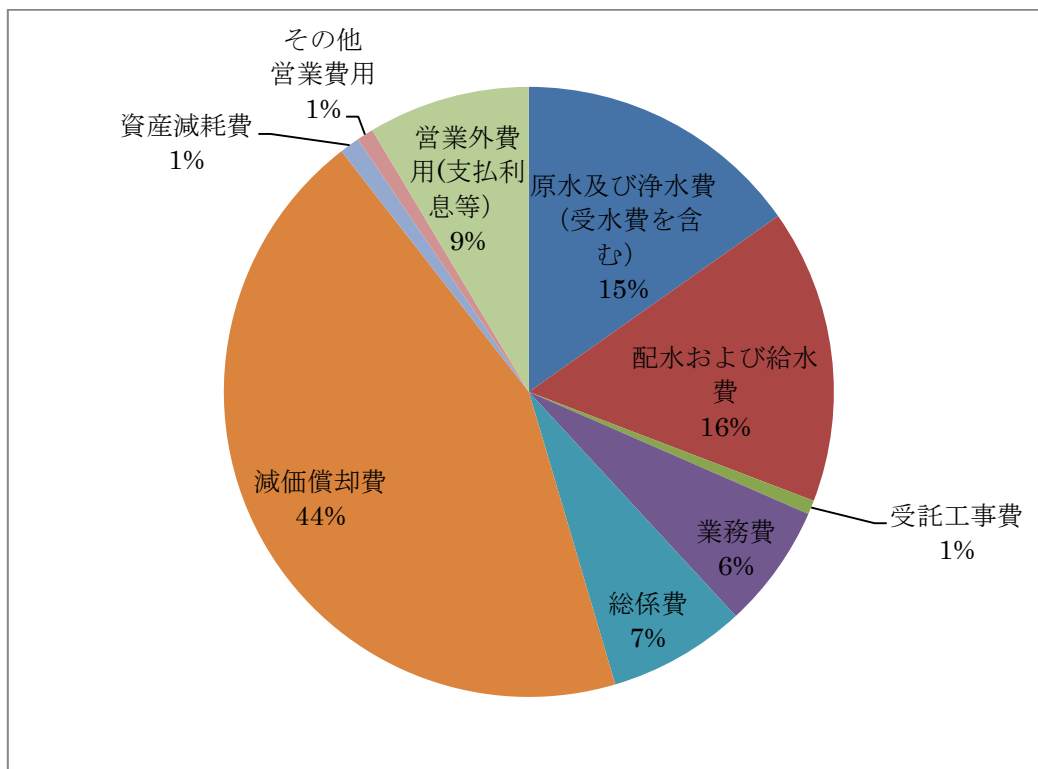


図 1-4 北九州市上水事業経常費用内訳 (平成 25 年)

## 2. 民間委託による効果

### 2.1. 第三者委託とは

研究背景で述べたとおり、2037年には日本の水道インフラ更新費用が現状の投資額を上回ると予測されているため、効果的な費用削減対策を実施することが急務であると考えられる。このような水道事業の維持・管理費用を削減する手法として、平成14年4月より、改正水道法(第24の3)に基づき、「第三者委託制度」が創設された。この制度にもとづき、水道事業を運営する地方公営企業は浄水場の運転管理や水質管理など水道の管理に関する技術上の業務を第三者(民間事業者など)に委託することが可能となった。

また第三者委託の業務範囲としては、浄水場のみならず配水施設などの設備も含まれるが、本稿では上水事業において、水質を直接的に左右するため、特に重要性が高いと予測される浄水場の委託にのみ焦点を当てて分析を行う。

### 2.2. 分析の流れ

現状、北九州市では浄水場の第三者委託が行われていないため、既に浄水場の第三者委託を実施した自治体のデータから委託の効果を分析し、北九州市の上水事業に当てはめることで、費用削減効果を試算する。そのため、まず最近接処理距離マッチングにより措置群(第三者委託を実施した自治体)と対応する統制群(第三者委託を実施していない自治体)を抽出し、「地方公営企業年鑑」の年次データを用いてパネルデータ分析を試みた。

### 2.3. サンプル選択

措置群としては「第三者委託実施状況」（平成 25 年度時点）より、浄水場に限り第三者委託を実施している自治体を用いた（計 9 都市<sup>7</sup>）。また、これらに対応する異質性の少ない統制群を抽出するために、以下の手順で最近接距離マッチングを行った。

① 浄水場民間委託ありの措置群の選定

「第三者委託実施状況」（平成 25 年度）の内、浄水場のみ委託と記載されている上水事業を措置群（9 事業者）として扱う。

② 最近接距離マッチングによる統制群の選定

①で求めた措置群の各事業について、全上水道事業のうち民間委託を実施していない事業の中から、「地方公営企業年鑑」における「普及率」と「固定資産使用効率」の値が最も近い事業をそれぞれ選び、統制群（9 事業者）として加える。

③ データの存在しない年度の排除

①、②で求めた措置群、統制群（計 18 事業者）から、統廃合の影響でデータの存在しない年度を除き、データセットを作成する。

これらの結果、措置群および統制群は下表 2-1 のようになった。また、参考として、最近接距離マッチング前後の全都市についての普及率 - 固定資産使用効率の散布図を示しておく。（図 2-1 および図 2-2 参照）

措置群	統制群
群馬県館林市	埼玉県蓮田市
鹿児島県薩摩川内市	島根県安来市
三重県津市	高知県宿毛市
神奈川県横須賀市	群馬県榛東村
熊本県宇城市	群馬県下仁田町
長崎県川棚町	徳島県板野町
愛媛県四国中央市	高知県いの町
三重県志摩市	富山県射水市
福岡県糸島市	京都府宮津市

表 2-1 措置群・統制群対応一覧

<sup>7</sup>大牟田市・荒尾市に関しては浄水場の協同利用等が実施されている等の異質性が存在するため除外した。



公営上水道 普及率－固定資産使用効率  
(処理前・全データ)

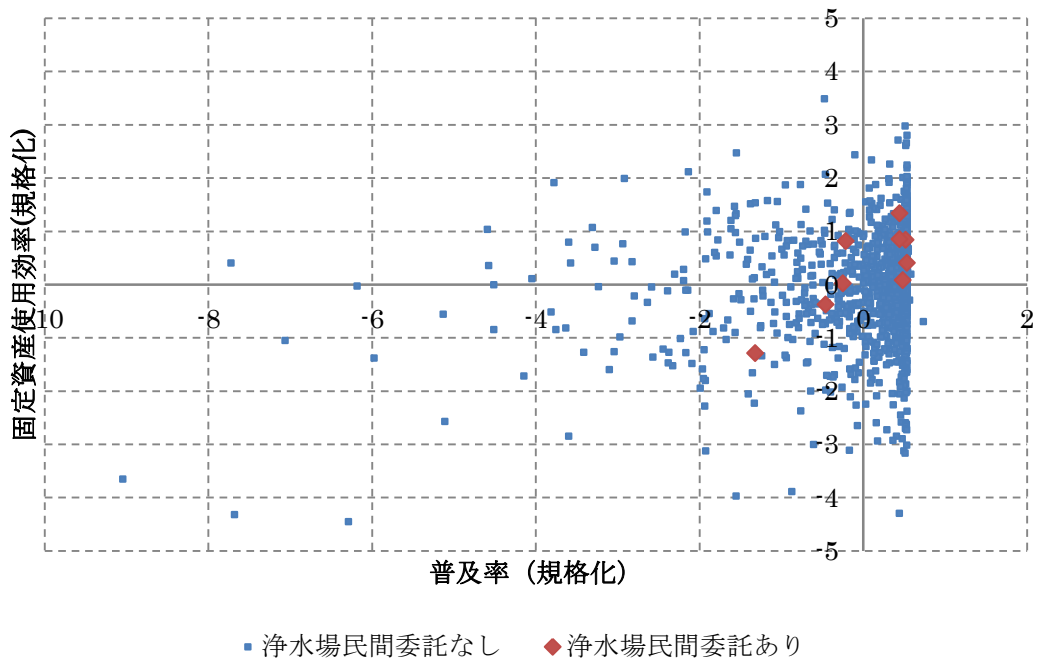


図 2-1 公営上水道 普及率－固定資産使用効率<sup>8</sup>  
(処理前・全データ)

<sup>8</sup> 普及率、固定資産使用効率はともに対数変換後に規格化を行った。なお、普及率は100%である都市が多かったため、それらをプロットしたグラフ上では普及率(規格化)が0.53付近を最大として壁が存在しているように見える。

## 公営上水道 普及率－固定資産使用効率 (最近接距離マッチング後)

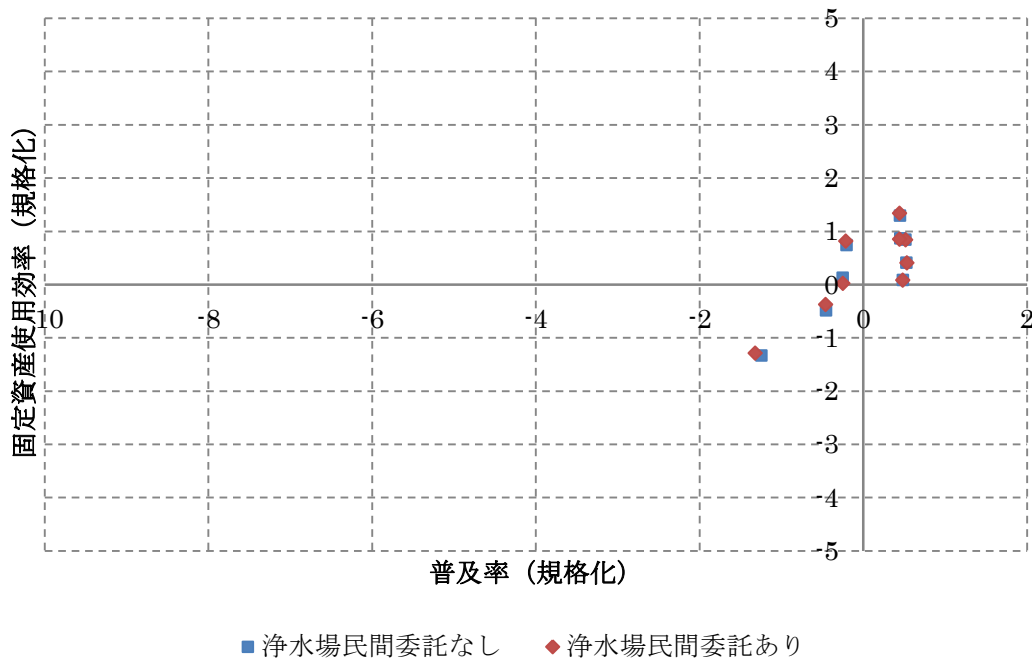


図 2-2 公営上水道 普及率－固定資産使用効率<sup>9</sup>  
(最近接距離マッチング後)

### 2.4. パネルデータ分析

2.3.で選択したサンプルを対象に、平成 16 年～25 年の総務省「地方公営企業年鑑」のデータを利用してパネルデータ分析を行う。具体的な推定モデルとしては下記を用いた。

$$C = \alpha + \beta_1 \cdot pop + \beta_2 \cdot qua + \beta_3 \cdot capa + \beta_4 \cdot third$$

$C$ : 上水事業の経常費用 (千円/年)

$pop$ : 現在給水人口 (人)

$qua$ : 年間総配水量 (千 $m^3$ /年)

$capa$ : 配水能力 (施設規模を表す) (千 $m^3$ /年)

$third$ : 第三者委託した浄水場の処理力合計 (千 $m^3$ /年)

### 2.5. 回帰結果と示唆

パネルデータ分析及び検定の結果、固定効果モデルが採択され (補足資料 1 参照)、下表 2-2 が示す結果となった。

<sup>9</sup> 普及率、固定資産使用効率はともに対数変換後に規格化を行った。

n=162 R-sq=0.9925

	係数(標準偏差)	p-value
現在給水人口** (pop)	9.76 5.00	0.05
年間総配水量*** (qua)	147.38 18.60	0
配水能力* (capa)	-13.21 7.93	0.10
第三者委託した浄水場処理力*** (third)	-9.81 1.98	0.00

\*:10%有意 \*\*:5%有意 \*\*\*:1%有意

表 2-2 変量効果モデルの結果

以上より、年間処理力 1000m<sup>3</sup>規模の浄水場を第三者委託する毎に、毎年 9.81 千円（上限 13.73 千円、下限 5.9 千円）の費用削減効果が発生することが予測される。これを北九州市に当てはめ、市内最大の穴生浄水場（処理力 30 万m<sup>3</sup>/日）を第三者委託した場合、年間の費用削減効果は

$$30 \text{ 万 (m}^3\text{/日)} \times 365 \text{ (日)} / 1000 \text{ (m}^3\text{/年)} \times 9.81 \text{ (千円)} \\ = 10 \text{ 億 } 6872 \text{ 万 (円)}$$

となる。これは北九州市（平成 25 年度）上水事業の年間経常費用の約 6.5%に相当する。また、third の信頼区間から、費用削減効果の上限は 15 億 296 万 865 円、下限は 6 億 4615 万 2711 円となることが予測される。

### 3. 価格体系変更による効果

#### 3.1. 価格体系変更とは

従来の日本の水道事業に関する価格体系は、主に基本水量付き従量制を採用している。つまり、基本水量（通常は 10m<sup>3</sup>）までは水の使用量に関係なく、支払額を一定とし、基本水量以上の水の使用量に関しては、1m<sup>3</sup>あたりの価格を需要量のブロックごとに設定している。基本水量内で発生する固定料金は基本水量料金と準備料金から構成される。このような価格体系、特に基本水量内で発生する基本水量料金制を採用している理由は、基本水量内での水使用を促し、公衆衛生を保持することにある。しかし、時代の移り変わりと共に、より重要な課題として、節水の必要性・一律料金の不公平性が重視され、上記のような価格体系を変更する自治体が増加しつつある。具体的には、基本水量料金を撤廃し、基本水量内でも従量料金を徴収するという変更が行われている（準備料金は依然、固定料金として徴収されている）。

本章では、このような価格体系の変更に伴う総余剰の変化や需要行動の変化に着目する。

しかし、一般的な効果の値を計測するのは時間がかかりすぎると判断したため、2009年4月に価格体系の変更があった北九州市を事例として用いて、北九州市における価格体系の変更による効果を計測した。なお、民間委託の分析と比較できるように市民に対する効果のみを計測するために口径13mm、20mmのデータのみを用いた。

### 3.2. 分析方法

分析には2つの方法を用いた。1つ目の分析方法は、需要関数の推定を行い、価格体系の変更前後における総余剰の変化を計測するというものである。需要関数の推定に際しては、価格体系の変更が行われていない大分市を統制群として用い、パネルデータ分析や北九州市の13mmの有収水量を用いた時系列分析などを行った。しかし、今回は妥当な需要関数の推定を行うことができなかったため、この分析方法を断念した。この原因としては、重要な地域特有の変数を見落としていることや、パネルデータ分析における個体数が少ないことなどが考えられる。2つ目の分析方法は、数値解析法を用いて総余剰の変化を計測するというものである。通常、数値解析法は需要関数のシフトが起きていないことが前提条件となるのだが、いくつかの仮定を置くことにより分析が可能となり、この方法を用いて結果を得ることができた。

### 3.3. 分析結果

数値解析法を用いて得られた価格体系の変更による総余剰の変化は約1300万円と計測された。この結果を得るまでの過程は以下のとおりである。

第一段階として、価格体系の変更前後3年間の平均有収水量と限界価格をそれぞれ算出した。その値は以下の表3-1図3-1のとおりである。価格体系の変更前後で、価格の下落とともに需要量が減少していることが分かる。

口径13mm平均有収水量(m <sup>3</sup> )		口径13mm限界価格(円/m <sup>3</sup> )	
変更前	変更後	変更前	変更後
15.79089439	14.84884791	124	122
口径20mm平均有収水量(m <sup>3</sup> )		口径20mm限界価格(円/m <sup>3</sup> )	
変更前	変更後	変更前	変更後
14.64416873	14.15290493	124	122

表 3-1 価格体系変更前後の平均有収水量と限界価格

第二段階として、得られた平均有収水量と限界価格のデータをもとに需要関数の形状を推測した。この場合、需要関数が右上がりである場合と、需要関数がシフトしている場合が考えられるが、需要関数が右上がりであるというのは直感と整合的ではない上、全ての先行研究において需要関数が右下がりという分析結果が得られていたため、需要関数がシ

フトしている場合のみを考えることとした。水道の水は必需財であると想定し、どれほど価格が上昇しても需要量はある一定の水量以下にはならないと推測し、以下の図 3-1 のような変化が起きているのではないかと推測した。このような需要関数では需要量が小さくなるほど需要の価格弾力性は小さくなっている。

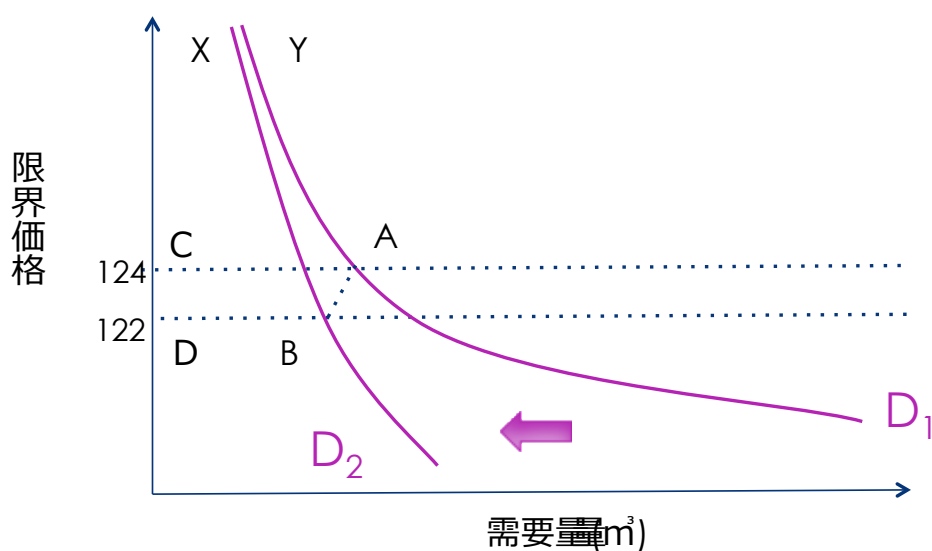


図 3-1 推測される需要曲線の変化

第三段階として、価格変化が小さいこと、および、需要量が小さくなると価格弾力性が小さくなることから、 $ABXY$  の面積を 0 に近似し、一世帯あたりの余剰の変化を台形部分  $ACDB$  の面積で近似した。この面積を世帯数分足しあわせ、市民の総余剰の変化を計測した。図の面積を計測すると各口径で約 30 円ほどであり、それに各口径の契約数を掛けると 1 年あたりの各口径の余剰の変化分を計測でき、それを足し合わせることによって上述の結果が得られた。

口径13mm消費者余剰の変化(円/年/人) 30.63974229	口径13mm契約数 284,481	口径13mm消費者余剰の変化(円/年) 8,716,424.53
口径20mm消費者余剰の変化(円/年/人) 28.79707366	口径20mm契約数 172,543	口径20mm消費者余剰の変化(円/年) 4,968,733.48

表 3-2 消費者余剰の変化

#### 4. 研究のまとめと今後の課題

本稿は、まず第 2 章において、浄水場を民間委託することによる事業費の削減額について回帰分析を行い、続く第 3 章では、北九州市の上水道価格体系の変更がもたらした消費者余剰の変化について数値解析法による分析を行った。

第 2 章におけるパネルデータ分析の結果、北九州市における最大の浄水場（穴生浄水場）の運営を民間委託した場合には、毎年 10 億 6872 万円（上限 15 億 296 万円、下限 6 億 4615 万円）の費用削減効果が生じると推定された。この金額は平成 25 年度の北九州市上水事業における経常費用の約 6.5%に相当するものであり、浄水場の民間委託は一定の事業費削減効果があると言える。次に、第 3 章における数値解析法による分析の結果、北九州市の上水道価格体系の変更は、約 1300 万円の総余剰の増加をもたらしたと計測された。なお、この総余剰の増加は、価格体系の変化にともない上水道の限界価格が低下し、それによって消費者余剰が増加したことによるものと考えられる。

また、本稿においていくつかの課題が残る。まず、浄水場の民間委託の効果については、本稿では一定の事業費用削減効果があり、北九州市に適用した場合には市の浄水事業経常費用の約 6.5%の削減が見込まれるという結果になったが、現実には北九州市を含む政令指定都市の大半で第三者委託が行われていない。大都市においては、第三者委託実施するうえで、何らかの障害が存在している可能性がある。よって、この原因を明らかにして対処しない限りは、大都市における民間委託の実現可能性は低いとも考えられる。更に、大半の自治体において、経常費用項目の中で最大のものは減価償却費であるため、より抜本的な費用削減には、第三者委託だけでなく、設備投資の縮小・効率化も必要であると考えられる。また、本稿では、浄水場民間委託によって費用削減効果が生じることを示すことはできたが、なぜそのような効果が生じるのかというメカニズムについては明らかにできていない。そのほかにも、価格体系変更に伴う余剰変化分析に際しては、本稿では数値解析法を用いたが、一度試みた需要関数の推定については断念せざるを得なかった。需要関数の推定に成功している先行研究では、多くの都市におけるデータを用いてパネルデータ分析を行っている。したがって、今後、需要関数を正しく推計する際には、より多くの都市のデータを用いた分析が必要になると言える。

## 謝辞

本稿の執筆にあたっては、多くの方にご協力を頂いた。特に指導教官である東京大学公共政策大学院の戒能一成先生、松村敏弘先生から、日頃より厳しいご指導とともに適切なアドバイスを頂いた。授業外においても、情報の提供など研究にあたって最適な環境を整えて頂いた。我々が有意義な研究を進めることができたのも、先生方のご支援のおかげである。そのほか研究に対して有益な助言サポートを頂いたすべての方々に厚く御礼申し上げたい。

なお、本稿におけるすべての誤りは、当然ながら筆者のみに帰する。

平成 27 年 8 月 筆者一同

## 参考文献

- 各市町村ホームページ
- 九州市上下水道局「水道事業経営 事業年報」
- 公益社団法人日本水道協会（2015）「水道料金算定要領」  
[http://www.jwwa.or.jp/houkokusyosyo/pdf/suidou\\_santei/suidou\\_santei\\_02.pdf](http://www.jwwa.or.jp/houkokusyosyo/pdf/suidou_santei/suidou_santei_02.pdf)
- 厚生労働省「都道府県別主要浄水場データ」  
[http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2012/dl/01\\_3\\_02.pdf](http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/tantousya/2012/dl/01_3_02.pdf)
- 厚生労働省健康局「第三者委託実施状況(大臣認可水道事業)」  
[http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/09-3\\_1.pdf](http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/09-3_1.pdf)
- 国土審議会水資源開発分科会(2013)「施設の老朽化対策と適切な維持管理」  
<http://www.mlit.go.jp/common/001020125.pdf>
- 総務省自治財政局編「地方公営企業年鑑」



## Appendix

### Appendix I 検定結果

①F 検定により、プーリング回帰モデルよりも固定効果モデルが優先されることが判明した。

F test that all u\_i=0: F(17, 140) = 42.07 Prob > F = 0.0000  
 補足資料 X (1) F 検定

②ハウスマン検定により、変量効果モデルよりも固定効果モデルが優先されることが判明した。よって、固定効果モデルが最も妥当なモデルであると考えられる。

	Coefficients			
	(b) fixed2	(B) .	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
pop	9.760242	7.816346	1.943896	4.178861
qua	147.3758	144.2175	3.158281	9.489292
capa	-13.20576	-16.10879	2.903026	6.898592
third	-9.813306	-10.18689	.373585	.6207208

b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg  
 B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

Test: Ho: difference in coefficients not systematic

chi2(4) = (b-B)'[(V\_b-V\_B)^(-1)](b-B)  
 = 32.97  
 Prob>chi2 = 0.0000

#### 補足資料 1 ハウスマン検定の結果

### Appendix II 回帰分析結果

①プーリング回帰モデル

. reg cost pop qua capa third

Source	SS	df	MS	Number of obs = 162		
Model	1.2017e+15	4	3.0043e+14	F( 4, 157) = 5514.69		
Residual	8.5530e+12	157	5.4478e+10	Prob > F = 0.0000		
Total	1.2103e+15	161	7.5172e+12	R-squared = 0.9929		
				Adj R-squared = 0.9928		
				Root MSE = 2.3e+05		

cost	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pop	8.285695	2.023062	4.10	0.000	4.289766	12.28163
qua	99.53538	18.41318	5.41	0.000	63.16586	135.9049
capa	6.623504	6.441537	1.03	0.305	-6.099751	19.34676
third	-11.12814	2.96971	-3.75	0.000	-16.99388	-5.262403
_cons	-90892.47	25358.97	-3.58	0.000	-140981.2	-40803.72

#### 補足資料 2 プーリング回帰モデルの結果

②固定効果モデル

. xtreg cost pop qua capa third,fe

```
Fixed-effects (within) regression          Number of obs   =    162
Group variable: id                        Number of groups =    18

R-sq:  within = 0.7588                    Obs per group:  min =     4
        between = 0.9936                    avg =           9.0
        overall = 0.9925                    max =           10

corr(u_i, Xb) = -0.8534                    F(4,140)        =   110.13
                                                Prob > F        =    0.0000
```

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
cost						
pop	9.760242	5.00501	1.95	0.053	-.1349329	19.65542
qua	147.3758	18.59736	7.92	0.000	110.6078	184.1437
capa	-13.20576	7.932745	-1.66	0.098	-28.88923	2.4777
third	-9.813306	1.978888	-4.96	0.000	-13.72567	-5.900938
_cons	-350188.5	457136.9	-0.77	0.445	-1253973	553595.8
sigma_u	418662.01					
sigma_e	100004.85					
rho	.94602206	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(17, 140) = 42.07 Prob > F = 0.0000

補足資料 3 固定効果モデルの結果

③変量効果モデル

. xtreg cost pop qua capa third,re

```
Random-effects GLS regression          Number of obs   =    162
Group variable: id                        Number of groups =    18

R-sq:  within = 0.7584                    Obs per group:  min =     4
        between = 0.9933                    avg =           9.0
        overall = 0.9924                    max =           10

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(4)    =   3489.34
                                                Prob > chi2     =    0.0000
```

	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
cost						
pop	7.816346	2.754496	2.84	0.005	2.417633	13.21506
qua	144.2175	15.99422	9.02	0.000	112.8694	175.5656
capa	-16.10879	3.91636	-4.11	0.000	-23.78472	-8.432865
third	-10.18689	1.879017	-5.42	0.000	-13.8697	-6.504086
_cons	-91559.68	61379.89	-1.49	0.136	-211862.1	28742.69
sigma_u	195461.57					
sigma_e	100004.85					
rho	.79253766	(fraction of variance due to u_i)				

補足資料 4 変量効果モデルの結果

---