Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-07-02

日本の水道事業の需要･供給に関わる計量分析

浦上，拓也

(Degree)
博士（経営学）
(Date of Degree)
2001-03-31
(Date of Publication)
2008-07-31
(Resource Type)
doctoral thesis
(Report Number)
甲2285
(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1002285

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。

「日本の水道事業の需要・供給に関わる計量分析」

浦上拓也

目次 i

図のリスト iii
表のリスト iv

序論 1

第１章　日本の水道事業 5
1.1　はじめに 5
1.2　水道事業の定義 6
1.3　歴史的変遷 7
1.4　規制政策 10
1.4.1　参入・退出規制 10
1.4.2　料金規制と料金算定方式 11
1.4.3　サービス水準の規制 13
1.5　国庫補助制度 13
1.6　水道事業の現況 15
1.6.1　供給の状況 15
1.6.1a　規模別事業者数 15
1.6.1b　規模別費用内訳 16
1.6.1c　給水人口あたり職員数、ネットワーク距離 16
1.6.2　需要の状況 17
1.6.3　水道料金の状況 19
1.7　まとめ 21

第２章　費用関数推定 23
2.1　はじめに 23
2.2　先行研究 24
2.3　費用関数の定式化、規模・密度の経済性の定義 28
2.4　サンプル・データの説明 31
2.5　推定結果 35
2.6　最適規模の導出 40
2.7　まとめ 42

第３章　家庭用の水需要関数推定　44
3.1　はじめに　44
3.2　先行研究　45
3.3　方法論　49
3.3.1　モデルの設定　49
3.3.2　サンプル・データの説明　52
3.4　推定結果　53
3.5　まとめ　57

第４章　家庭用以外の水需要関数推定　58
4.1　はじめに　58
4.2　先行研究　59
4.3　方法論　61
4.3.1　モデルの設定　61
4.3.2　サンプル・データの説明　65
4.4　推定結果　65
4.5　まとめ　68

第５章　限界費用価格設定とラムゼイ価格設定　69
5.1　はじめに　69
5.2　先行研究　70
5.3　方法論　72
5.3.1　限界費用の導出　73
5.3.2　ラムゼイ価格の導出　74
5.4　計測結果　77
5.5　まとめ　83

第６章　結論－論文全体のまとめと残された課題－　85

補論　92

参考文献　102

図のリスト

図３．１　　区画別逓増型従量料金体系　50
補論図３．１　従量制　93
補論図３．２　水量付従量制　94
補論図３．３　均一制　95
補論図３．４　実測値と推定値の比較　98

表のリスト

表1.1	水道法による水道事業の分類	7
表1.2	事業者数の推移	8
表1.3	普及率の推移	9
表1.4	経営主体別事業者数	10
表1.5	費用積み上げ型の水道料金算定方法	12
表1.6	国庫補助制度の対象	14
表1.7	規模別事業者数・現在給水人口	15
表1.8	規模別費用内訳（有収水量 1 m^3当たり）	16
表1.9	給水人口当たり職員数・導送配水管路延長	17
表1.10	用途別年間有収水量・契約件数	18
表1.11	口径別年間有収水量・契約件数	19
表1.12	規模別給水原価・供給単価・水道料金	20
表1.13	家庭用水道料金（10 m^3当たり月額）の内々価格差	21
表2.1	先行研究	25
表2.2	費用関数の定義式	28
表2.3	係数制約	29
表2.4	コスト・シェア方程式	30
表2.5	規模の経済性と密度の経済性の定義式	31
表2.6	変数の定義	32
表2.7	推定された変数の結果	34
表2.8	基本統計量	35
表2.9	推定結果	36
表2.10	LR 検定	38
表2.11	サンプル平均における RTS、RTD	39
表2.12	規模別の RTS、RTD	39
表3.1	先行研究	46
表3.2	需要のシフト要因	49
表3.3	P_{MP}上昇に伴う需要量と価格の変化	51
表3.4	モデル式、価格弾力性・所得弾力性	52
表3.5	基本統計量	53
表3.6	推定結果	54

表３．７　価格弾力性、所得弾力性　55
表３．８　先行研究との比較　56
表４．１　先行研究　59
表４．２　先行研究において採用された価格以外の説明変数　64
表４．３　モデル式、価格弾力性　64
表４．４　基本統計量　65
表４．５　線形モデルの推定結果　66
表４．６　対数線形モデルの推定結果　67
表４．７　価格弾力性　68
表５．１　先行研究　71
表５．２　平均費用、密度の経済性、限界費用　77
表５．３　価格弾力性　77
表５．４　規模別総費用・産出量　78
表５．５　MC 価格、ラムゼイ価格　79
表５．６　料金収入と総費用との関係　79
表５．７　規模別の乖離度の比較　80
表５．８　先行研究との乖離度の比較　82
補論表１．１　サンプル　92
補論表３．１　ダミー変数なしでの推定結果　97
補論表４．１　基本統計量　99
補論表４．２　推定結果　100

序論

1. 研究の目的

日本の近代的水道事業は、明治20（1887）年、横浜においてはじめて誕生した[1]。その当時、水系伝染病が蔓延し、また、建物はほとんどが木造建築であったために、火災の発生も大きな社会的問題であった。このような状況の中で、公衆衛生の確保、防火対策をその大きな目的として、水道事業はスタートしたのである。以来、100余年を経た今日において、これらの当初の目的はほぼ達成されたものと考えられている。

水道事業は、その生活必需的な特性から、他の公益事業とは異なり、設立当初から今日まで市町村営主義の原則が貫かれ、地方自治体が直接運営するという地方公営企業という経営形態を維持してきた[2]。この、地方に密着した事業形態によって、高度成長期の追い風にも後押しされて、今日、その普及率において96%を超えるまでに成長し、水道サービスを必要とする人々のほとんどすべてに供給が行き渡ることとなった。

このように、日本の水道事業は設立当初の目的を達成し、また、生活必需的なサービスとしてのいわば「国民皆水道」がほぼ達成されたといっても過言ではないだろう[3]。

ところで、このように国民生活の根幹を支える水道事業においても、世界の規制緩和の潮流を全く無視するわけにはいかなかった。他の公益事業分野では、たとえば電気通信分野において1985年の電電公社民営化、鉄道分野において1987年の国鉄分割民営化、さらに、電気・ガス事業分野では、1995年の電気・ガス事業法改正以降、相次ぐ事業法改正に伴う一部参入自由化、インセンティブ料金規制の導入等、そして最近では1999年のNTTの東西地域、長距離、国際通信の分社化など、独占的経営の弊害を排除し、市場競争導入によって経営効率化を図ろうとする政策が次々に実行されていった。このような状況の中で、水道事業においても1996年8月に『水道料金制度調査会答申』が出され、その中で水道料金制度の見直し、情報

---

[1] 竹中（1939）第3章参照。
[2] 公企業の経営形態に関するより詳しい説明は、佐々木（1991）176-180頁、佐々木（1994）202-218頁、佐々木他（1997）6-11頁参照。
[3] 佐々木（1992a）3頁参照。

公開ガイドラインの作成が提言された。しかし、その規制緩和のスピードは、他の公益事業分野のドラスティックな経営改革に比べると、比較的緩やかなものにとどまっている。

日本の水道事業が他の公益事業分野に対して規制緩和のスピードが緩やかである理由は、いくつか考えられる。その一つは、やはり水道事業の地理的制約であろう。すなわち、水道水源は移動が不可能であり、新たに水源を確保し水道事業に参入することは非常に困難である。したがって、そのような水道事業に競争を導入することは事実上不可能でろう。また、別の理由として、そのサービスの持つ特殊性にもみることができると考える。生活衛生面、さまざまな産業の必需財的性格から見ても、同様に必要不可欠と考えられる、電気・ガスに比べると、その重要度はさらに大きいことは周知の事実であろう。この国民生活の根幹に関わる部分を市場競争にさらしてしまうことは、安全性、さらには経営の安定性に対するリスクを大きくすることになる。したがって、水道事業の規制緩和に関しては万全を期すことが必要であり、いわば試験的な規制緩和の導入は極力避けなければならない。

我々は、日本の水道事業が他の公益事業分野に対して、統計的・計量経済学的な分析の蓄積が遅れた理由の一つに、以上の点が影響しているのではないかと考えるのである。諸外国では、世界的な規制緩和の潮流の中で、当然のように水道事業も他の公益事業分野に劣らず、その事業運営に対し、統計的・計量経済学的な分析が行われていた。また、日本においても、電気通信、鉄道、電気事業分野において早くから多くの研究者が分析を行ってきた。そして、水道事業においても、ここ数年になり、ようやく一部の研究者において統計的・計量経済学的な分析が試みられるようになってはいるものの、その数も他の産業に比べるとまだまだ少ないのが現状であろう。

本研究は、この未だ計量経済学的分析が及んでいない水道事業において、その供給サイドと需要サイドの両面において計量経済学的な分析を行うことを大きな目的としている。

2. 分析の枠組み

本論文の構成は以下の通りである。まず、第１章では、水道事業を概観する。具体的には、まずはじめに、本研究が扱うことになる「水道事業」の定義を行う。これによって、分析の対象が明らかにされ、問題意識を絞り込むことが可能になる。

その後、議論すべき問題の範囲を明確にするために、規制政策や補助金政策について簡単に整理する。最後に、現在の状況について具体的なデータを交えながら見ていくことにする。

続く第2章では、供給サイドにおける水道事業の計量分析を行う。供給サイドにおいて問題となるのは、果たして適切な規模で供給が行われているかどうか、という点である。水道事業は、膨大なネットワーク（導・送・配水管といったパイプライン網）を所有する、施設集約型産業であることは周知の事実である。この場合、規模の経済性が大きく働くことから、地域独占的な供給が認められ、そこには適切な運営が行われるように規制が課されることになる。しかし実際には、日本の水道事業者が、その市町村営主義ゆえに、全国において約 2,000 もの事業者が存在し、その規模を見ても、給水人口 5,000 人程度のものから、1 千万人を超えるものまで実にバラエティーに富むものとなっている。このような点を考慮しても、果たして水道事業が適正な規模において供給が行われているのかは疑問が残るところである。そこで、この問題を明らかにする方法として、費用関数の推定を行い、規模の経済性、密度の経済性を計測することが考えられる。これによって、どの程度の規模において平均費用が最小となるのかが明らかになる。また、この章の分析結果は第5章の料金設定において有用な情報を提供することになる。

この第2章に対し、第3章、第4章では、需要サイドにおける計量分析を行う。需要サイドにおいて問題となるのは、今後水の需要がどのように変化いていくのか、そしてそれらはどのような影響によるものなのか、という点であろう。水の需要は高度経済成長に伴い、飛躍的に上昇してきた。そして、その上昇分は、新規設備の増設という方法でこれまで対処されてきた。しかし、経済の停滞に伴い、水需要の伸びも成熟化する中で、これまでのように新しい設備投資費用をそのまま料金に転嫁することは、消費者にとって大きな負担と感じられるようになってきた。そして、消費者のニーズに合わせた料金体系の整備など、新たに取り組むべき課題も現れつつある。このような状況の中で、需要に関する分析の必要性はますます高まってきている。そこで、第3章では、家庭用の水需要関数を推定し、家庭用の水需要が水道料金に対しどの程度反応するのか、また、所得やそれ以外の要因がどの程度家庭用水需要に影響を及ぼしているのかを検証する。そして、第4章では、家庭用以外の需要関数の推定を行い、家庭用以外の水需要が水道料金に対してどの程度反応するのか、また、それ以外にどのような要因に影響を受けているのかを明らかにする。このそれぞれの需要関数推定から、家庭用では、価格弾力性、所得弾力性が計測され、家庭用以外においては価格弾力性が計測される。これらの情報はまた、第2章

と同様、第5章における料金設定に用いられる。

次に、第5章では、第2章、第3章、第4章の推定結果を用いて、水道事業における水道料金の比較分析を行う。日本の水道事業では、水道料金の設定は実質的に各事業者に任せられており、各事業者のおかれた地理的、環境的諸条件から、その内々価格差は 10 倍程度と、他の公益事業分野に比べると、非常に大きなものとなっている。そこで、本研究では、この現在設定されている料金が、経済理論上導かれる水道料金と果たしてどの程度乖離しているのかを明らかにする。具体的には、限界費用価格設定が行われた場合と、ラムゼイ価格設定が行われた場合の水道料金を第2章、第3章、第4章の結果を用いて導出し、現在設定されているの価格との乖離度を計測する。

そして最終第6章結論において論文全体のまとめを行う。まず、本論文を通して得られた結果について整理する。そして、本論文で用いられた分析手法について、その改善すべき問題点ついての整理を行う。さらに、以上の点をふまえ、今後検討すべき課題についての整理も行う。

なお、この博士論文は、筆者が神戸大学大学院経営学研究科の 5 年間の在籍期間中に行った研究の成果をとりまとめたものである。本論文と、既に提出・発表・公表された、あるいは発表予定の論文との関係は以下の通りである。

まず、第1章は、1998 年 1 月に提出した神戸大学大学院経営学研究科修士論文の第1章を加筆修正したものである。

次に、第2章は神戸大学大学院経営学研究科水谷文俊教授との共同研究（Mizutani and Urakami,1999,2001）の成果である。

続く第3章は、公益事業学会の機関誌『公益事業研究』第 52 巻、第 2 号に掲載された論文（浦上、2000）を加筆修正したものである。

最後に、第4章、第5章はともに博士論文作成のために新たに行われた研究である。ただし、第5章に関しては、さらに加筆修正したものを 2001 年の公益事業学会全国大会において報告する予定である。

第１章　日本の水道事業

1.1　はじめに

本論文の目的は、序章において述べてきたように、これまでほとんど行われてこなかった、水道事業における計量分析を行うことである。ところで、一言で水道事業といっても、その定義次第ではかなり広範囲なものまで含まれてしまい、そのため本論文の意図する計量分析の対象が曖昧となり、得られた結果の解釈が不明確なものとなってしまう。そこで、このような問題を回避するために、まず本論文で扱う水道事業とは何かを明らかにしなければならない。

次に、水道事業が定義されたならば、今度はそれがいつ創設され、どのような発展経緯をたどってきたのか、その歴史的変遷についてみておかなければならない。これは、計量分析においてしばしば問題となる、歴史的なバイアスの有無を明らかにするためにも必要である[4]。

さらに、水道事業の歴史を一通り概観し終えたならば、次は計量分析の対象と目的を絞り込むために、規制政策について見ておかなければならない。これは、欧米の水道事業とは異なり、日本では市町村営主義の原則の下、ほとんどすべてが地方公営企業として運営されているが、その規制政策を明らかにすることによって、日本において行われるべき計量分析がどのようなものかを明確にすることができる。また、水道事業はその事業の性格上公費が導入されるケースがあるが、それがどのような部分に投入されているのか、つまり、いわゆる国庫補助政策の範囲を明らかにすることは、計量分析の対象範囲をより明確にするために必要となるであろう。

以上の議論を受けて、最後に後の分析をふまえて水道事業の現況として、供給サイド、需要サイド、水道料金の状況について簡単に整理する。

本章の構成は以下の通り。まず第２節において、本論文を通して用いられる「水道事業」という言葉そのものが一体何を表すのか、その定義を行う。続く第３節では、水道事業が設立された経緯から、現在までの変遷を見ていく。第４節では、地方公営企業としての水道事業に課される規制政策に関して、参入・退出規制、料金規制、サービス水準の規制を中心に見ていく。第５節では、地理的、環境的諸条件

---

[4] たとえば、Morgan(1977)では、歴史的なバイアス（たとえば公営の水道事業者は民営が参入しないような悪条件の下でも事業運営を行ってきた）の存在を念頭に置いて分析結果の解釈を行い、政策決定を行わなければならないと指摘している。

から不可避的に生じる費用に対する、国庫補助政策を見ていく。そして、第6節では、現在の水道事業の状況について、供給サイド、需要サイドそれぞれの側面から見ていく。そして最終第7節において本章のまとめを行い、後の章において行われる計量分析の目的を簡単に整理する。

1.2 水道事業の定義

本研究の目的は、すでに述べたように日本の水道事業において、供給サイドと需要サイドにおける計量経済学的な手法を用いた分析を行うことである。そこで、まず本論文で分析の対象とする「水道事業」について定義しておかなければならない。

水道法第 3 条において「水道」とは「導管及びその他の工作物により、水を人の飲用に適する水として供給する施設の総体をいう。ただし、臨時に施設されたものを除く。」と定義されている。そして、同じく「水道事業」は「一般の需要に応じて、水道により水を供給する事業をいう。ただし、給水人口が百人以下である水道によるものを除く。」と定義されている。つまり、給水人口が 100 人に満たないものは、水道法に定める「水道事業」の対象とはならず、同法をはじめとする水道事業に関連する法的規制受けることはない。この「水道事業」はさらにいくつかに分類されている。まず、「給水人口が 5 千人以下である水道により、水を供給する水道事業」を「簡易水道事業」、次に、「水道により、水道事業者に対してその用水を供給する事業。ただし、水道事業者又は専用水道の設置者が他の水道事業者に分水する場合を除く。」を「水道用水供給事業」、最後に、「寄宿舎、社宅、療養所等における自家用の水道その他水道事業の用に供する水道以外の水道であって、百人を超える者にその居住に必要な水を供給するもの。ただし、他の水道から供給を受ける水のみを水源とし、かつ、その水道施設のうち地中又は地表に施設されている部分の規模が政令で定める基準以下である水道を除く。」を「専用水道」と定義している。以上の議論を整理したものが次頁表1.1である。

本研究で分析の対象とする水道事業は、上の水道事業の定義のうち、簡易水道事業、水道用水供給事業、専用水道を除いたものである。したがって、定義するならば「水道により水を供給する事業であって、直接に消費者に水を供給（末端給水）し、かつその給水人口が5,000人を超えるもの。」となる[5]。以下、本研究では水道

[5] 本研究における定義は、『地方公営企業年鑑』に記載されている「末端給水事業」、また、『水道統計』

表１.１　水道法による水道事業の分類

水道事業	水道により水を供給する事業。ただし給水人口が 100 人以上のもの。
簡易水道事業	水道事業のうち、給水人口が 5,000 人以下のもの。
水道用水供給事業	消費者に直接給水（末端給水）を行わず、水道事業者にのみ用水を供給するもの。
専用水道	寄宿舎、社宅、療養所等の自家用に供給するもの。

（備考）：

(1)水道法第 3 条より作成。

事業といえば 5,000 人以上の末端給水を行う事業を意味するものであり、他の簡易水道事業、水道用水供給事業、専用水道とは明確に区別する。

1.3　歴史的変遷

日本における近代的な水道は、明治 20（1887）年、横浜においてはじめて施設された。その当時、コレラ等の水系伝染病が流行しており、また木造建築物が多かったため火災も多く、水道設置の目的はその保健衛生面からの伝染病の防止と防火に重点が置かれていた。その後、明治 23（1890）年、水道はその役割から所有主体は公営が望ましいとし、この時はじめて法により明確に市町村営主義が打ち出され、水道事業は地方公営企業として出発することになった。以来、100 余年を経た現在においても未だこの市町村営主義は維持され続けている[6]。

水道事業および簡易水道事業、専用水道、水道用水供給事業の事業者数の推移を経年的に見たものが次頁の表１.２である。

明治 20（1887）年には水道事業では前述の横浜の事業者一カ所であったのが、大正 14（1925）年には、それ以前のわずか 4 年間の間で各事業ともに 2 から 3 倍近い増加を示している。さらに第 2 次世界大戦後の昭和 30 年代以降は、簡易水道布設に対する国庫補助制度（昭和 27（1952）年）が創設されたこともあり急激に増加す

に記載されている「上水道事業」に対応している。どちらも水道法に明確に定義された言葉ではなく、一般的な呼称として用いられているものである。ちなみに、当然のことながら『地方公営企業年鑑』の末端給水事業には私営の事業者は含まれていない。また、同年鑑には上水道事業という言葉も出てくるが、それは末端給水事業と用水供給事業の両方を含んだ総称として用いられている。

[6] 日本の水道事業の歴史は、たとえば、竹中（1939）第 3 章、寺尾（1981）第 3 章に詳しい。

表１.２　事業者数の推移

年号	水道	簡易水道	専用	水道用水供給	計
明治 20年（1887）	1	1			2
25年（1892）	4	1	1		6
30年（1897）	6	1	2		9
35年（1902）	7	2	5		14
40年（1907）	10	6	10		26
44年（1911）	23	11	18		52
大正 元年（1912）	30	12	28		70
5年（1916）	43	17	44		104
10年（1921）	55	38	84		177
14年（1925）	106	117	101		324
昭和 元年（1926）	122	153	116		391
5年（1930）	198	328	174		700
10年（1935）	277	463	278		1,018
15年（1940）	339	547	428		1,314
20年（1945）	357	571	545	2	1,473
25年（1950）	383	756	739	2	1,878
30年（1955）	485	3,453	1,154	4	5,096
35年（1960）	1,051	11,236	2,692	5	14,984
40年（1965）	1,416	14,131	3,283	15	18,845
45年（1970）	1,662	14,021	3,646	35	19,364
50年（1975）	1,828	13,219	3,921	71	19,039
55年（1980）	1,896	12,148	4,128	85	18,257
60年（1985）	1,934	11,303	4,177	98	17,512
平成 2年（1990）	1,964	10,546	4,277	105	16,892
7年（1995）	1,952	9,828	4,090	110	15,980
8年（1996）	1,960	9,709	4,005	110	15,784

（備考）：

(1)室石(1991)、104 頁、表－2 より引用。

(2)平成 2 年以降は『水道統計』より作成。

ることとなった。その後昭和 50 年代以降は急激な増加見ることはなくなったが、その理由の一つには日本全体における水道整備がほぼ完成を見たこと、また別の理由としては、広域化等により事業者の統廃合が進み、事業者数という観点から見ると、それほどの伸びを見ない、もしくはかえって減少傾向にあるということがあげられるだろう。

それでは、水道の普及の状況についてみてみることにしよう。（表１.３参照。）平成８年度末（1997 年３月）現在において全国の総人口は１億 2,582 万人となっ

表1.3　普及率の推移

年度	総人口 (千人)	給水人口 (千人)	普及率 (%)
明治20(1887)年	38,703	70	0.2
25(1892)年	40,508	193	0.5
30(1897)年	42,400	897	2.1
35(1902)年	44,964	1,247	2.8
40(1907)年	47,416	1,759	3.7
大正元(1912)年	50,577	4,962	9.8
5(1916)年	53,496	7,411	13.9
10(1921)年	56,120	10,094	18.0
昭和元(1926)年	60,210	12,783	21.2
5(1930)年	63,872	14,976	23.4
10(1935)年	68,662	19,970	29.1
15(1940)年	71,400	24,150	33.8
20(1945)年	72,200	25,110	34.8
25(1950)年	83,200	22,366	26.2
30(1955)年	89,496	28,821	32.2
35(1960)年	93,419	49,915	53.4
40(1965)年	98,275	68,242	69.4
45(1970)年	103,720	83,754	80.8
50(1975)年	112,279	98,397	87.6
55(1980)年	116,860	106,914	91.5
60(1985)年	121,005	112,881	93.3
平成元(1989)年	123,280	116,379	94.4
2(1990)年	123,557	116,379	94.7
4(1992)年	124,567	118,471	95.1
5(1993)年	124,933	119,086	95.3
6(1994)年	125,313	119,710	95.5
7(1995)年	125,424	120,096	95.8
8(1996)年	125,823	120,730	96.0

(備考)：

(1)社団法人日本水道協会（1993)『水道のあらまし』231-233 頁より引用。

(2)給水人口は、昭和 25 年以前が計画給水人口、それ以降は現在給水人口である。

また、簡易水道、専用水道も含めた値である。

(3)平成 4 年以降のデータは、『水道統計』による。

ておりそのうち現在給水人口が 1 億 2,073 万人を占め、水道の普及率は 96.0%に及んでいる。これは、わが国の地形的な特徴として必ずしも平野部にのみ人々が住んでいるのではなく、また離島もかなり多く存在することも考えるとかなり評価できる数字であると考えられる。しかし未だなお水道の恩恵を被ることのできない人々が約 509 万人いることは忘れてはならない問題である。

1.4 規制政策

それでは次に、水道事業における規制政策についてみていくことにする。先にも述べたように、水道事業はその設立当初から市町村営主義が明確に示され、これまで原則として地方公共団体により運営されてきた。つまり、水道事業は施設集約型産業であり、またその事業の性質上、事業運営は各地方公共団体にゆだねた方が、より細かなサービスの供給が期待されるとして、事業者に地域独占を認め、そこにさまざまな規制を課すという方法が採られてきたのである。ここでは、規制政策の中でも特に参入・退出規制、料金規制、サービス水準に関する規制を取り上げてその詳細を見ていくことにする。

1.4.1 参入・退出規制

水道事業が市町村営を原則とし、地方公営企業として運営されていることはこれまで述べてきたとおりである。しかし、必ずしもすべて公営でなければならないというわけでもない。

表 1.4　経営主体別事業者数

(1996 年度)

経営主体	事業者数
都道府県	6
市	615
町	1,161
村	90
組合	77
私営	11
計	1,960

(備考)：

(1)『水道統計』より作成。

表1.4にもあるように、わずかながら民間の事業者も存在している。確かに、水道法第 6 条によると、水道事業への参入は厚生大臣の認可事項であり、原則として市町村が経営するものとされているが、一方で民間の新規参入者に対しても、その区域に含む市町村の同意を得た場合に限り、水道事業を経営できるとされている。ただし、同法第 9 条において「厚生大臣は、地方公共団体以外の者に対して水道事業経営の認可を与える場合には、これに必要な期限又は条件を附することができる」というように、参入時において非常に厳しい条件が付されたり、また、同法 42 条にあるように、地方公共団体の判断によって自ら供給した方が公益の増進につながると判断された場合には、厚生大臣の許可を得て民間の所有する水道事業を買収することができるとされている。確かに私営事業者が、全体に対して 0.56%存在してはいるが、これはその地域の要請によって運営されているものであり、いわゆる一般企業のような営利を目的としたものではない[7]。したがって、水道事業の参入規制に関してみれば、設立当初からの市町村営主義を支持する形で制度化されていると見ていいだろう。

一方、水道事業におけるの退出規制に関しては、事業の休止・廃止の場合は市町村営、私営に限らず厚生大臣により許可を受けなければならない、とされている。（水道法第 11 条）したがって、退出に関しては公・民を問わず非常に厳しく規制されることになる。

以上、水道事業における参入・退出規制について見てきた。水道事業は設立当初において、その事業特性上、市町村営が望ましいとされた。そしてそれを受けて、明確に法によって市町村営主義が打ち出されて以来、今日までその基本理念が引き継がれてきたと見ていいだろう。事実、それは現在の水道法第 8 条によって明確に地域独占がうたわれていることからも明らかである。こうしてみると、ここ数年になって、他の公益事業では、相次いで一部、あるいは全事業分野における参入自由化が認められつつある中で、水道事業では今日において未だ参入にも退出にも厳しい規制が課されていると見ていいだろう。

1.4.2 料金規制と料金算定方式

続いて、料金規制についてみていくことにする。これまで、参入、退出に関する規制について水道法をもとに見てきた。しかし、この水道法では料金に関する規定として、水道料金の変更を行う際に市町村営は届出制、私営の水道事業者に関して

---

[7] 太田（1994）20-21 頁参照。

は認可制であることを定めているだけである。(水道法第 14 条) つまり、水道料金の設定に関しては、基本的に各事業者にまかされており、法律において料金決定方式に関して何ら規定はされていない。

そこで、実際の料金決定方法に関して、社団法人日本水道協会により『水道料金算定要領』が示され、水道料金のあり方としてある一定の基準が設けられている。そこでは水道料金の算定にあたって「水道使用者の公正な利益と水道事業の健全な発展を図り、もって地域住民の福祉の増進に寄与するよう配慮されなければならない」と示されており、その基本原則として「水道料金は、過去の実績及び社会経済情勢の推移に基づく合理的な給水需要予測と、これに対応する施設計画を前提とし、誠実かつ能率的な経営の下における適正な営業費用に、水道事業の健全な運営を確保するために必要とされる資本費用を加えて算定しなければならない。」と定められている。

このような基本原則のもとで、実際の水道料金設定方式には費用積み上げ型の総括原価主義が採用されている。その具体的な算定式は表1.5のとおりである。

表1.5　費用積み上げ型の水道料金算定方法

費用項目	算定式
総費用	営業費用＋資本費用
営業費用	人件費＋薬品費＋動力費＋修繕費＋受水費＋減価償却費＋資産減耗費＋その他維持管理費－控除額
資本費用	支払利息＋資産維持費

(備考)：

(1)『水道料金算定要領』より作成。

ここに示される営業費用は先にも述べたように、「誠実かつ能率的な経営のもとにおける適正な」費用でなければならず、また、資本費用は「水道事業の健全な運営を確保するために必要とされる」費用でなければならない。しかし、総括原価主義のもとでは、費用に関する情報は事業者に偏っており（情報の偏在性)、そこでは、かかる費用をすべて料金に転嫁可能であるから、経営効率化へのインセンティブが働きにくい。また、仮に経営努力をしたとしても、そのコスト削減分はすべて料金引き下げに回され、内部留保が認められず、結果として経営努力へのインセンティブが働きにくいという指摘がある。そこで、水道事業においても、他の公益事業と同じように、総括原価主義ではあるが、内部留保を認めるレートベース方式の

導入が検討されてはいるものの、結論として、『水道料金算定要領』において、公営企業としての水道事業は「資本調達の方途について大きな制約をうけていること」を理由に採用できないとしている。

1.4.3 サービス水準の規制

水道事業におけるサービス水準に関する規制には、水質基準（水道法第 4 条）、施設基準（水道法第 5 条）、給水義務（水道法第 15 条）、給水装置の構造及び材質の基準（水道法施行令第 4 条）、水道技術管理者の資格（水道法施行令第 5 条、水道法施行規則第 13 条）、水質検査（水道法第 20 条）、定期及び臨時の水質検査（水道法施行規則第 14 条）、衛生上の措置（水道法第 22 条）、衛生上必要な措置（水道法施行規則第 16 条）があげられる。それぞれに関してここで細かく見ていくことはしないが、先の参入、退出規制や料金規制といった経済的規制に対して、このサービス水準に関わる規制といった、いわゆる社会的規制は、経済的規制が緩和の方向で議論されているのに対して、逆に強化されていると見ていいだろう。これは、消費者の立場から見れば、安全性が強く求められている中で、当然といえば当然のことでもある。しかし、一方でこの規制強化は、水道事業にとって費用負担伴っていることも事実であり、そのための国庫補助制度、あるいは広域化による対処など、現在の水道事業の取り組むべき一つの大きな問題となっているといえるだろう。

1.5 国庫補助制度

既に見たように、水道事業は、独立採算を原則として運営されなければならない。しかし、周知のように水道事業は巨大な設備を必要とする施設集約型産業であり、そこで必要となる費用のすべてを水道料金として徴収することは、事実上不可能なことである。そのため、水道料金によって回収不可能な費用に関しては、公費による負担が認められている。（経費負担区分の原則）この水道料金によって回収不可能な費用に関して、地方公営企業法第 17 条では「その性質上当該地方公営企業の経営に伴う収入を持って当てることができない経費」、「当該地方公営企業の性質上能率的な経営を行ってもなおその経営に伴う収入のみをもって当てることが困難であると認められる経費」というように定義している。したがって、これに該当する部分の経費に関しては公費による負担が行われることになる。

それでは、実際にどのような部分に関して公費による負担が行われているのかに

関して、国庫補助の対象区分について見てみよう。

表１.６　国庫補助制度の対象

区分	補助対象	補助率
水道水源開発施設	大規模かつ先行投資となるダム等の施設	1/3～1/2
水道広域化施設	2 以上の市町村にまたがる水道事業または水道用水供給事業の新増設	1/4～1/3
浄水場排水処理施設	浄水施設から排出される排水の処理施設の新増設	1/4
水質検査施設等施設の設置	2 以上の水道事業者が行う共同の水質検査設備及び水道水源自動監視施設の設置	1/4
高度浄水施設	清浄で異臭味等のない水道水の供給を確保するための高度な処理を行う浄水施設の新増設	1/3
緊急時給水拠点確保等事業	災害時等の緊急時における給水の安全性を高めるため、配水池の容量を増大させる事業及び緊急時連絡管の整備	1/3
水道管路近代化推進事業	厚生大臣が認める老朽度の高い石線セメント管及び鉛管の更新事業並びに直結給水を行うための管路更新等	1/4～1/3

（備考）：

(1)『水道便覧』より作成。

(2)水道水源開発施設は、さらに水資源開発公団によるものとその他のものに分けられる。

表１.６に示されるように、国庫補助の範囲は多岐にわたっている。しかし、ここで注目すべきは、そのどれもが施設の建設もしくは更新事業に関する補助となっている点であろう。つまり、ともすれば水道事業運営において、経営効率化努力を阻害しているという誤解を招きかねない補助金政策は、実は明確に公費負担区分の原則に従って行われているものであり、それ以外の、いわゆる運営上生じる操業費（operating cost）は、独立採算の原則にのっとってすべてサービスの対価としての料金収入で回収されているのである。当然、公費負担がどの範囲においてなされるべきかの基準は、恒常的なものではなく、その時代の状況や経営環境をふまえながら常に検討されなければならない。すなわち、水道事業において補助金政策は、いわば車の両輪のように、独立採算の原則を維持していく上で欠くことのできないものとなっているのである。

1.6 水道事業の現況

これまで、本論文で分析の対象となる水道事業を定義し、その設立の経緯から歴史的変遷、また、規制政策、補助金政策についてみてきた。以下では、水道事業の現在の状況について、後の分析の目的とあわせ、供給面と需要面のそれぞれについてみていくことにする。

1.6.1 供給の状況

1.6.1a 規模別事業者数

それでは、まず供給の状況として、1996 年度における全国の事業者数を規模別にみていくことにしよう。

表１.７　規模別事業者数・現在給水人口

（1996 年度）

規模	事業者数	現在給水人口（千人）
100 万人以上	13	33,380
50 万～100 万人未満	8	5,539
25 万～50 万人未満	52	17,881
10 万～25 万人未満	126	19,030
5 万～10 万人未満	188	12,992
3 万～5 万人未満	203	7,808
2 万～3 万人未満	214	5,250
1 万～2 万人未満	516	7,315
0.5 万～1 万人未満	487	3,578
0.5 万人未満	138	490
建設中	15	-
計	1,960	113,263

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

表１.７にも明らかなように、事業者数に関して言えば、給水人口規模で 5 万人未満の事業者が全体の約 80.3％を占めているのに対し、現在給水人口では逆に 5 万人以上の事業者で全体の 77.1％を占めることとなっている。このことは、わずか 20％程度の事業者によって水道事業全体のおよそ 80％が供給されており、残る 20％に対して、水道事業全体の約 80％の事業者が供給を行っていることを示し、非常に多くの小規模事業者の存在を示すものとなっている。

それでは、果たしてこの規模のアンバランスが結果として費用格差の原因となっているのかどうかについて、いくつかの視点から見ていこう。

1.6.1b　規模別費用内訳

まず、規模別費用内訳について見てみる。

表１.８　規模別費用内訳（有収水量１㎥当たり）

（1996 年度）

規模	人件費	動力費	修繕費	薬品費	支払利息	減価償却費	受水費	計
100 万人以上	43.03	5.39	27.00	1.80	31.07	36.74	13.41	201.05
50 万～100 万人未満	37.00	3.97	15.32	0.73	34.90	33.21	39.90	187.94
25 万～50 万人未満	37.48	5.01	7.59	0.87	30.20	30.23	26.47	162.62
10 万～25 万人未満	31.66	5.59	8.57	0.79	25.92	28.80	35.72	159.10
5 万～10 万人未満	29.86	6.06	8.83	0.80	27.69	31.62	38.50	164.25
3 万～5 万人未満	30.01	7.04	8.40	1.07	32.94	33.66	30.38	164.41
2 万～3 万人未満	28.69	7.62	9.27	1.07	33.42	34.72	36.05	171.15
1 万～2 万人未満	30.57	8.94	9.87	1.11	37.30	38.55	24.15	172.05
0.5 万～1 万人未満	38.67	10.14	11.52	1.28	44.18	43.72	19.79	197.11
0.5 万人未満	47.46	8.99	10.07	1.47	41.78	44.75	11.34	235.18
平均	36.13	5.95	14.65	1.18	30.92	33.69	26.25	177.76

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

この表からも明らかなように、小規模事業者ほど、人件費、資本費が割高となっており、この費用項目が特に小規模事業者の経営を圧迫しているものと考えられる。やはり、水道事業を取り巻く地理的条件が、この大きな要因として考えられ、今後水道事業政策を検討している上でこの要因は最も考慮されるべきものとなることが言えるだろう。

1.6.1c　給水人口あたり職員数、ネットワーク距離

次に、人件費、資本費をさらに詳細に検討するために、現在給水人口当たりの職員数、導送配水管路延長を見てみる。

次頁の表１.９から明らかなことは、現在給水人口千人当たり職員数を見ると、同1 万人未満の事業者に関して相対的に過大な傾向が見られる。一方で、導送配水管路延長を見ると、規模が小さな事業者ほど過大になる傾向が顕著に見られる。比較的大規模な事業者が都市部に集中しており、その人口密度も大きい点を考慮すると、地方部に位置すると見られる小規模事業者にとって、人口が密集していない地域に

おいて導送配水管を施設することは非常に非効率であることが分かるだろう。

表１.９　給水人口当たり職員数・導送配水管路延長

（1996 年度）

規模	現在給水人口 1000 人当たり 職員数（人）	現在給水人口 一人当たりの 導送配水管路延長（m）
100 万人以上	0.44	2.46
50 万～100 万人未満	0.53	3.34
25 万～50 万人未満	0.56	3.87
10 万～25 万人未満	0.50	4.34
5 万～10 万人未満	0.49	5.37
3 万～5 万人未満	0.51	6.06
2 万～3 万人未満	0.47	6.93
1 万～2 万人未満	0.52	8.11
0.5 万～1 万人未満	0.65	10.01
0.5 万人未満	1.07	13.71
平均	0.55	4.48

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

1.6.2　需要の状況

以上、供給の状況について簡単に見てきたが、今度は需要の状況についてみてみることにしよう。

次頁の表１.１０は用途別料金体系を採用している事業者における各用途区分に対する有収水量、契約件数、契約件数 1 件あたりの一月あたり有収水量を示したものである。これに対し、表１.１１は口径別料金体系を採用している事業者の、有収水量、契約件数、契約件数 1 件あたりの一月あたり有収水量を示したものである。

まず、表１.１０を見てみると、日本の水道事業では全体として約 70.1%が家庭用に対して供給が行われていることがわかる。また、家庭用以外においては、営業用、工場用、官公署学校用で約 26.4%となっており、これらの用途区分でほとんどの水道水が需要されていると見ていいだろう。さらに、それぞれの用途区分における一月あたりの使用量を見てみると、工場用においてもっとも使用量が大きく、それに比べると家庭用はかなり小さな値となっている[8]。

[8] ところで、人々が衛生的な日常生活を送る上で必要最小限の水使用量が、一人一日 250ℓ～280ℓであることを考えるならば、表１.１０の値は仮に 1 件あたり 2.5 人～3 人とした場合、だいたい 233.22ℓ～279.87ℓとなり、人々の衛生的な生活はほぼ達成されていると見ていいだろう。

表１.１０　用途別年間有収水量・契約件数

（1996 年度：1,098 事業）

内訳	年間有収水量（千㎥）	契約件数（件）	月１件当たり（㎥／件・月）
専用栓			
家庭用　一般	3,967,165 (64.5)	15,753,491 (87.4)	20.99
集合	401,421 (6.5)	479,595 (2.7)	69.75
営業用	1,032,161 (16.8)	1,218,053 (6.8)	70.62
工場用	297,493 (4.8)	97,956 (0.5)	253.08
官公署学校用	297,248 (4.8)	154,389 (0.9)	160.44
公衆浴場用	28,757 (0.5)	3,975 (0.0)	602.87
船舶用	4,183 (0.1)	1,030 (0.0)	338.43
その他	111,264 (1.8)	299,364 (1.7)	30.97
小計	6,139,692 (99.9)	18,007,853 (99.9)	28.41
共用栓	2,435 (0.0)	6,098 (0.0)	33.28
計	6,142,127 (99.9)	18,013,951 (99.9)	28.41
公共栓	4,384 (0.1)	17,343 (0.1)	21.07
合計	6,146,511 (100)	18,031,294 (100)	28.41

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

(2)かっこ内は構成比（%）

一方、用途別料金体系に対して、近年では 1996 年 8 月の『水道料金制度調査会答申』にもあるように、「個々の給水原価を反映した、客観的公正性が確保できる」料金体系としての口径別料金体系が導入されつつある[9]。この口径別料金体系では、表１.１１を見ても明らかなように、もはや用途区分ごとの使用量の比較を行うことはできないが、口径 20 ㎜以下のもので全体の約 71.2%を占めていることを考えると、おそらくこれらの口径が用途別料金体系における家庭用に対応しているものと考えられる。

[9] 用途別料金と口径別料金のより詳しい説明は、寺尾（1981）第６章を参照。

表１.１１　口径別年間有収水量・契約件数

（1996 年度：847 事業）

口径	年間有収水量（千㎥）		契約数（件）		月１件当たり（㎥／件・月）
13mm	3,128,830	(40.0)	14,495,309	(54.7)	17.99
16mm	11,287	(0.1)	27,940	(0.1)	33.66
20mm	2,492,350	(31.1)	10,312,209	(38.9)	20.14
25mm	587,254	(7.3)	1,262,848	(4.8)	28.75
30mm	94,254	(1.2)	66,661	(0.3)	117.83
40mm	447,742	(5.6)	183,607	(0.7)	203.22
50mm	393,323	(4.9)	74,350	(0.3)	440.85
75mm	381,847	(4.8)	32,502	(0.1)	979.03
100mm	204,227	(2.5)	9,207	(0.0)	1848.48
125mm	5,314	(0.1)	83	(0.0)	5335.34
150mm	138,472	(1.7)	1,617	(0.0)	7136.26
200mm 以上	114,794	(1.4)	1,162	(0.0)	8232.50
その他	22,971	(0.3)	38,430	(0.1)	49.81
合計	8,022,665	(100)	26,505,925	(100)	25.22

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

(2)かっこ内は構成比（%）

1.6.3　水道料金の状況

それでは、最後に給水原価、供給単価、そして実際に徴収された家庭用の水道料金についてみてみよう。

給水原価は実際に水を飲料用に加工して各消費者に給水することにかかった費用をその有収水量（料金徴収の対象となった水量）で割ったものであるから、各規模ごとにかかった費用格差を正確に示している。単純にここにあげられた数字から判断するならば、比較的中規模の事業者群（給水人口規模で 10 万～25 万人未満）においてもっとも小さな値となっている。これに対し、供給単価を見てみると給水原価においてもっとも高い値を示した小規模事業者ほど小さな値を示しており、逆に比較的大規模のものほど大きくなっている。これは、やむを得ず水道料金が高額になった場合に、水道事業の持つサービスの特殊性から、地域間の不公平性を是正す

表１．１２　規模別給水原価・供給単価・水道料金

（1996 年度）

規模	給水原価 (A) (円/㎥)	供給単価 (B) (円/㎥)	(B) / (A) (%)	家庭用 基本料金 20 ㎥当たり (C) (円)	家庭用 超過料金 1 ㎥当たり (円)	(C)/20＊(B) (%)
100 万人以上	201.05	181.74	90.4	2,145	113	59.0
50 万～100 万人未満	187.94	173.49	92.3	2,451	96	70.6
25 万～50 万人未満	162.61	153.76	94.6	2,226	105	72.4
10 万～25 万人未満	159.11	149.03	93.7	2,324	112	78.0
5 万～10 万人未満	164.25	154.29	93.9	2,486	117	80.6
3 万～5 万人未満	164.41	155.39	94.5	2,707	130	87.1
2 万～3 万人未満	171.15	158.22	92.4	2,794	134	88.3
1 万～2 万人未満	172.05	155.20	90.2	2,873	140	92.6
0.5 万～1 万人未満	197.12	168.40	85.4	3,152	154	93.6
0.5 万人未満	234.90	141.21	60.1	2,991	143	105.9
平均	177.76	163.36	91.9	2,829	136	86.6

（備考）：

(1)『水道統計』より作成。

(2)給水原価＝（総費用－受託工事費）／年間有収水量

(3)供給単価＝給水収益／年間有収水量

るためにもうけられた高料金対策としての起債等の特別措置によるものである。この内々価格差を経年的に見てみると、表１．１３にもあるように、昭和 52（1977）年には家庭用 10 ㎥当たりの内々価格差（最高／最低）は 26.7 倍あったものが、平成 6（1994）年現在ではで 9.7 倍となっている。これは、昭和 57（1982）年 4 月に広域的水道整備計画区域内の高料金水道に対する補助制度が発足し、同時に自治省が高料金水道特別債を制度化したことによる。また、昭和 60（1985）年 5 月には同じく高料金対策強化を目的として、水源開発施設、水道広域化施設の補助制度が改正されたことも内々価格差是正に大きな役割を果たしたものと考えられる。

表１.１３　家庭用水道料金（10 m³当たり月額）の内々価格差

	最高(a) (円)	最低(b) (円)	平均(c) (円)	(a)/(b)	(a)/(c)
昭和 52（1977）年	3,750	140	-	26.7	-
60（1985）年	3,700	250	1,125	14.8	3.3
61（1986）年	4,370	300	1,162	14.6	3.8
62（1987）年	4,370	300	1,188	14.6	3.7
63（1988）年	4,370	300	1,208	14.6	3.6
平成元（1989）年	4,500	300	1,258	15.0	3.6
2（1990）年	4,500	300	1,271	15.0	3.5
3（1991）年	3,300	300	1,269	11.0	2.6
4（1992）年	3,193	301	1,284	10.6	2.5
5（1993）年	3,090	310	1,302	10.0	2.4
6（1996）年	3,090	319	1,329	9.7	2.3

（備考）：

(1)水道事業の経営効率化に関する研究会（1995）および経済企画庁物価局（1996）より作成。

1.7　まとめ

この章の目的は、後の章において行われる計量分析のまえに、日本の水道事業を概観することにあった。そこでは、まず本研究で扱う水道事業が一体どのようなものなのか、その定義を行い、続いてその歴史的変遷についてみてきた。その後、水道事業における規制政策と補助金政策について、日本の水道事業の独特な経営環境をふまえながらその内容と意義について検討した。そして、最後に実際に水道事業の市場状況がどのようになっているのかについて、事業規模ごとにさまざまなデータを参照しながら検討した。以下、本章において明らかにされ、かつ後の計量分析の解釈において非常に重要となるような、いくつかの日本の水道事業の特徴について簡単に整理する。

①日本の水道事業はほとんどすべてが公営である。

序論、もしくは本章のあらゆるところで日本の水道事業がその設立当初から市町村営主義にのっとって運営されてきたことは説明されてきた。そして実際に、第４節において参入、退出にも厳しい規制が存在し、事実上民間による参入は不可能であることを見てきた。具体的には、表１.４に示されるように私営の事業者はわずか

11（約 0.1%）存在するのみである。

②水道事業運営にかかる費用は、原則として水道料金として徴収されている。

第５節で見たように、日本の水道事業は独立採算を基本原則としている。しかし、水道事業が施設集約型産業であるがゆえに、いかなる能率的な経営をもってしても回避不可能な費用については国庫補助等による公費負担が行われている。このことは言い換えれば、制度的に公費をもって充てられている以外の費用については、すべて水道料金として徴収されていると言える。

③日本の水道事業は、わずか 20%程度の事業者によって、全給水人口の約 80%に供給が行われている。

第６節でも述べたように、このことは明らかに規模のアンバランスの存在を示すものである。このことが果たして費用非効率性に結びついているのかどうかを明らかにすることは、非常に意義あることであろう。

④小規模事業者の費用非効率性の要因として、人件費、資本費が考えられる。

表１.８、表１.９で見たように、明らかに小規模事業者ほど人件費、資本費が過大となっている。このことはまた、水道事業の費用分析において特に注目すべきものであることを示すものである。

⑤日本の水道事業は、全供給量の約 70%が家庭用である。

第６節ではまた、需要の状況としてどのような用途区分に水が供給されているかを見た。そして、そのほぼ 70%が家庭用用途に利用されていることが明らかとされた。このことを鑑みると、将来の水需要予測において家庭用用途に影響を与える要因が一体何であるのかを明らかにすることは、非常に意義あるものと考えられる。

⑥水道料金を給水人口規模別に見ると、比較的中規模（10～25 万人）の事業者において最も低廉な料金となっている。

表１.１２を見る限り、比較的中規模の事業者において給水原価も供給単価も最低となっている。しかし、果たしてこれが費用効率的な規模を示すものかどうかは即断することができない。したがって、統計的・計量経済学的な分析手法を用いたより科学的な方法によってこの点を明らかにする必要があるだろう。

第２章　費用関数推定

2.1　はじめに

本章以降より、水道事業の計量分析を行うが、特にこの章では、費用関数の推定を行い、規模の経済性、ネットワーク距離を一定とした場合の密度の経済性、さらに、産出量とネットワーク距離に関して平均費用を最小にするような規模（最適規模）の導出を行う。

これまで幾度となく述べてきたように、日本の水道事業は、その設立当初より、市町村営主義の原則の下、主に地方公営企業によって運営されてきた。そして、第１章で見たように、きわめて多数の小規模事業者が存在することとなり、結果としてそれが費用格差、あるいは料金格差につながっているのではないかとの問題意識を持つに至ったのであった。

周知のように、水道事業とは巨大な配水管網を所有する、いわゆる施設集約型産業である。そこでは、膨大な設備投資が必要であり、競争による二重の設備投資、あるいはサンク・コストを防止するためにも、独占を認め規制を課すことによって安全で安定的でかつ効率的な事業運営を確保しようとする政策が採られてきた。このことは、水道法によって明確に地域独占がうたわれ、また厳しい参入・退出に関する規制、水質規制等がもうけられていることからも明らかである。

しかし、我々がここで問題とするのは、現状の多数の小規模事業者の存在が果たして地域独占の下で効率的な事業運営を可能にするのか、という点である。第１章でも見たように、明らかに小規模事業者ほど人件費、資本費において過大となっており、また、近年の水質規制（特に検査水準）の強化、あるいは高度浄水処理の導入に見られるような消費者側からの「おいしい水」の要求に対して、もはや小規模事業者単独では対処不可能な状況となってきているのである。さらに、今後老朽管の更新、新規水源の開拓が必要となってくると、ますます小規模事業者であることのデメリットは大きなものとなっていくと考えられる。

このような状況を受けて、本章では、日本の水道事業において果たしてどの程度まで規模の拡大によって費用効率化のメリットを享受可能なのか、また、具体的にもっとも費用効率的となる規模がどの程度なのかを明らかにしようとする。その具体的な計測手法が、費用関数推定による規模・密度の経済性の計測であり、また平均費用を最小とする規模（最適規模）の導出なのである。

本章の構成は以下の通り。まず第2節において諸外国で行われた費用関数推定研究のレビューを行う。次に第3節において費用関数の定式化を行い、規模の経済性、密度の経済性の定義を行う。続く第4節において、サンプルとデータの説明を行い、第5節において推定結果とその解釈を行う。また、第6節では、産出量とネットワーク距離に関して平均費用を最小とする規模（最適規模）の導出を行う。そして、最終第7節において本章のまとめを行う。

2.2 先行研究

公益事業分野において費用関数を推定し、規模の経済性を計測した研究は非常に多く、それは水道事業においても例外ではない。次頁表2.1は、筆者がこれまで入手することのできた先行研究を、分析の対象となった地域、採用されたデータの年、採用された費用関数の関数型、密度の経済性（return to network density, RTD）、規模の経済性（return to scale, RTS）の計測結果について整理したものである。

以下、本節では後の分析のために、特に採用された費用関数について詳細なレビューをおこなうことにする。

まず、分析に用いられた費用関数に関して、先行研究では 2 通りのものが採用されている。一つは、Crain and Zardkoohi (1978)をのぞく Bruggink (1982)以前の研究において採用されたものであり、いわゆる経済学的な理論的背景を持たない費用関数である。これに対し、Crain and Zardkoohi (1978)および Feigenbaum and Teeples (1983)以降の研究では、「企業は生産関数（production function）を制約として、投入要素費用（cost of input foctor）を最小化する」という経済学上の企業の行動原理をもとにして導出された費用関数を採用している。前者の場合、単に費用を被説明変数とし、それに影響を及ぼすと考えられる要因を説明変数として回帰したものであるのに対して、後者の経済学の理論的背景を持つ費用関数は、費用が産出量と投入要素価格の関数として表され、かつ採用されるモデルによっては経済学の理論との整合性を保つために、推定されるパラメータに対していくつかの制約が課されることになる。（この点については後に説明される。）

次に、採用された関数型についてみていくと、大きく分けて 3 つのモデルが採用されていることがわかる。それぞれ線形（linear）モデル、対数線形（log-linear）モデル、トランスログ（translog）型のモデルである。先に述べた経済学の理論的背景を持たない費用関数ではその関数型としてほとんど線形（linear）もしくは対数線形

表２.１　先行研究

研究者	対象地域	データ年	関数型	RTD	RTS
Ford and Warford (1969)	U.K.	1965-66 (cross)	log-linear	1.14	-
Man and Mikesell (1976)	U.S.	1973 (cross)	linear	1.03	-
Morgan (1977)	U.S.	1970 (cross)	linear	1.09	-
Crain and Zardkoohi (1978)	U.S.	1970 (cross)	log-linear (C-D)	1.28	-
Bruggink (1982)	U.S.	1960 (cross)	log-linear	1.32	-
Feigenbaum and Teeples (1983)	U.S.	1970 (cross)	translog	1.16	-
Kim (1987, 1995) Kim and Clark (1988)	U.S.	1973 (cross)	translog	1.26	0.99
Bhattacharyya et al. (1994)	U.S.	1992 (cross)	translog	1.06	-
Bhattacharyya et al. (1995a)	U.S.	1992 (cross)	translog	0.99	-
Bhattacharyya et al. (1995b)	U.S.	1992 (cross)	translog	0.97	-
浦上 (1998)	日本	1994 (cross)	log-linear (C-D)	1.06	-
高田、茂野 (1998)	日本	1981-95 (pool)	translog	2.12	1.02
桑原 (1998)	日本	n.a. (pool)	translog	1.59	-
Renzetti (1999)	Canada	1991 (cross)	translog	1.25 1.47	-
Mizutani and Urakami (1999)	Japan	1994 (cross)	translog	1.10	0.92

（備考）：

(1)cross ：クロスセクション・データ、pool：プーリング・データ。

(2)C-D：コブ・ダグラス型（Cobb-Douglas）

(3)RTS：規模の経済性（return to scale）、

RTD：密度の経済性（return to network density）。

(4)Renzetti(1999)の RTD は上段が家庭用、下段が家庭用以外における値となっている。

（log-linear）モデルが採用されている。これに対し、経済学の理論的背景を持つ費用関数は、関数型として対数線形モデル、もしくはトランスログ型のモデルが採用されている。この場合の対数線形モデルは、一般にコブ・ダグラス（Cobb-Douglas）型とも呼ばれるものであり、先の制約としての生産関数にコブ・ダグラス型のモデルを採用して導出されたものである。この関数型はまた、投入要素価格の係数に 1

次同次性の制約が課され、その他、代替弾力性が 1、規模（密度）の経済性の計測値が規模に関係なく一定という特徴を持つ。一方、トランスログ型のモデルは Cristensen, Jorgenson and Lau(1973)によって開発されたものであり、その導出は、説明変数のゼロの近傍で 2 次のテーラー展開を行うことから導くことができる。この関数型の特徴としては、先のコブ・ダグラス型に対して、規模の違いによって規模の経済性の値が異なり、代替弾力性が臨機応変に変化するといった特徴を持つ。また、それ以外にも、どの投入要素のペアもその投入量の比率が一定であることはないなど、それまで考えられてきたさまざまな関数型に対し、よりフレキシブル（flexible）なものとなっている[10]。したがって、近年では費用関数推定の研究ではこの関数型が一般的に採用されているようである。

以上、採用された費用関数の特徴、続いてそれぞれの関数型の特徴についてみてきた。これまでの議論により、費用関数はその理論的背景に経済学的な基礎が必要であること、また、採用される関数型としてはトランスログ型が最もフレキシブルであり、応用可能性が高いことを見てきた。しかし、ここまでの議論では関数型においてさまざまなメリットを見い出すことができるものの、単に費用は産出量と投入要素価格の関数であり、それ以外の費用に影響を及ぼす要因が何ら考慮されていない。事実、実際の水道事業はさまざまに異なる経営環境の下で運営されており、それら諸条件をうまくコントロールしなければ、より正確な結果を導くことはできない。そこで、先行研究ではこれらの点についていくつかの工夫を行っており、本論文ではその中でも特に 2 つの点について注目し、その具体的な方法についてみていくことにする。

まず第一の工夫として、費用や規模の経済性の計測結果に影響を与えるであろうと考えられるネットワークの存在を考慮しようというものである。つまり、水道事業が巨大なパイプライン網によって水を供給しているというネットワーク型産業であることから、そのネットワークの違いによっては当然かかる費用も異なって来るであろうし、結果としての規模の経済性の計測結果も変わってくると考えられるのである。たとえば、給水人口と配水量が同じ規模の事業者がある場合、もしその人口密度に大きな差があれば、当然人口密度が大きいほどネットワーク密度も大きくなり、逆に人口密度が小さければそこで必要となる水を配水するためのパイプライ

---

[10] ところで、トランスログ・モデルを採用する場合、経済理論との整合性を確保するために、以下の4つの条件を満たさなければならない。それは、①対称性の条件（symmetry condition）、②単調性の条件（monotonicity condition）、③同次性の条件（homogeneity condition）、④凹性の条件（concavity condition）である。このうち、①対称性の条件、③同次性の条件はモデルに制約としてあらかじめ課すことがで

ンの総延長距離は大きくなり、結果として費用に大きな差が生じてしまうと考えられる。したがって、このような場合では単に規模の変数として配水量のみを用いてしまうと費用の格差要因を適切に説明できないであろうし、あるいは結果としての規模の経済性の計測値に大きなバイアスが生じてしまうことが考えられる。そこで、この問題を回避する具体的な方法として、費用関数にネットワーク変数を組み込むこと、さらに、規模に関する経済性の計測値として、ネットワークを一定にした場合の密度の経済性（return to network density, RTD）と、ネットワークと産出量が同時に変化した場合の規模の経済性（return to scale, RTS）のそれぞれの計測結果を算出することが考えられている[11]。先行研究においては、Kim(1987,1995)、Kim and Clark(1988)の一連の研究においてこれらの方法が採用されている。

第二の工夫として、産出に伴う質的要因を考慮しようということが考えられている。つまり、各事業者ごとに取水源が異なり、また、取水そのものの質もさまざまであり、そこで必要となる浄水方法も異なるであろう。このような、飲料水としての水の生産に伴う質的要因は事業者によってさまざまであり、この点を考慮しなければ同じ産出量でも当然費用に与える影響は異なると考えられる。この問題に対処する具体的な方法としては、費用関数の説明変数として産出量をそのまま用いるのではなく、その部分に総合的な産出の指数としての質的要因を含んだ関数（hedonic function、ヘドニック関数）を用いることが考えられている[12]。先行研究においては、Feigenbaum and Teeples (1983)、Bhattacharyya et al. (1995a)がこの方法を採用し、より分析の精緻化を図っている。

以上、本節では先行研究を概観し、次節以降の実証分析の準備的な意味も含め、特に分析上の具体的な方法論に絞ったレビューを行った。そこでは、経済理論的背景を持つ費用関数が必要とされ、その関数型としてはよりフレキシブルと考えられるトランスログ型の費用関数モデルが最も応用可能性があることを見た。さらに、より分析を精緻化させるために、費用関数にネットワーク変数と産出に伴う質的要因を含んだヘドニック関数が用いられていることを見てきた。次節では、ここでの議論をふまえ実際に本論文において分析を行う際の、費用関数の定式化、その他規模、密度の経済性の定義を行う。

きるが、それ以外の②単調性の条件、④凹性の条件は事後的なチェックが必要となる。

[11] したがって、RTD は短期の規模の経済性、RTS は長期の規模の経済性と考えることもできる。

[12] この方法は、Spady and Friedlaender(1983)によってはじめて費用関数に採用された方法である。

2.3 費用関数の定式化、規模・密度の経済性の定義

表2.2 費用関数の定義式

モデルタイプ	定義式・制約条件式	
Model 1 コブ・ダグラス・モデル	$\ln C = \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k$	(2.1)
制約条件	(a) $\Sigma_i \beta_i = 1$	
Model 2 トランスログ・モデル	$\ln C = \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k$ $+ 1/2\, \alpha_{QQ} (\ln Q)^2 + 1/2\, \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_i)(\ln P_j)$ $+ 1/2\, \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl} (\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln Q)(\ln P_i)$ $+ \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln Q)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln P_i)(\ln N_k)$	(2.2)
制約条件	(a) $\Sigma_i \beta_i = 1$、$\Sigma_i \delta_{Qi} = 0$、$\Sigma_j \lambda_{ij} = 0$、$\Sigma_i \zeta_{ik} = 0$ (b) $\lambda_{ij} = \lambda_{ji}$、$\zeta_{ik} = \zeta_{ki}$	
Model 3 ヘドニック・モデル	$\ln C = \alpha_0 + \alpha_Q \ln Y + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k$ $+ 1/2\, \alpha_{QQ} (\ln Y)^2 + 1/2\, \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_i)(\ln P_j)$ $+ 1/2\, \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl} (\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln Y)(\ln P_i)$ $+ \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln Y)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln P_i)(\ln N_k)$	(2.3)
	where $\ln Y = \ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h$	(2.4)
制約条件	(a) $\Sigma_i \beta_i = 1$、$\Sigma_i \delta_{Qi} = 0$、$\Sigma_j \lambda_{ij} = 0$、$\Sigma_i \zeta_{ik} = 0$ (b) $\lambda_{ij} = \lambda_{ji}$、$\zeta_{ik} = \zeta_{ki}$ (c) $\Sigma_h \eta_h = 1$	

（備考）：

(1)変数の定義：

C：総費用

Q：産出量

P_i：投入要素価格（i＝l：人件費、e：動力費、k：資本費、m：修繕費）

N_k：ネットワーク変数（k＝n：ネットワーク距離、c：稼働率）

Y：産出指数

Z_h：産出に伴う質的要因（h＝tr：浄水水準、hr：世帯変数、ndm：非ダム比率、nug：非地下水比率）

(2) α_0、α_Q、β_i、γ_k、α_{QQ}、λ_{ij}、μ_{kl}、δ_{Qi}、δ_{Qk}、ζ_{ik}、η_h：係数（パラメータ）

(3)制約条件：

(a)投入要素価格に関する１次同次性の制約

(b)対称性の制約

(c)産出指数に対する質的要因に関する１次同次性の制約

本研究では、前節での議論をふまえ、関数型として 3 つのものを採用することにした。まず第一に、コブ・ダグラス型モデル（Cobb-Douglus model）である。第二は、通常のトランスログ型モデル（translog model）（以下、トランスログ・モデルと呼ぶ。）である。第三は、トランスログ・モデルにおいて産出量の代わりに、その質的要因を組み込んだ産出指数を用いたヘドニック関数付きのトランスログ型モデル（translog model with hedonic specification of output）（以下、ヘドニック・モデルと呼ぶ。）である[13]。それぞれの定義式と推定方法は前頁表２.２のように表される。

費用関数の定義式、制約条件、各記号の定義（notation）は表２.２に示されたとおりである。ここで、具体的な推定方法の説明を行う前に、トランスログ型のモデルとコブ・ダグラス型のモデルの関係について簡単に見ておくことにする。Christensen and Greene(1976),p.666 にも示されているように、2 つの関数型の間には表２.３のような係数制約が存在している。

表２.３　係数制約

係数制約	制約式
(a)相似拡大性 homotheticity	$\delta_{Qi}=0$、$\delta_{Qk}=0$、$\mu_{kl}=0$ (for k≠1)、 $\zeta_{ik}=0$
(b)同次拡大性 homogeneity	$\alpha_{QQ}=0$、$\delta_{Qi}=0$、$\delta_{Qk}=0$、$\mu_{kl}=0$、 $\zeta_{ik}=0$
(c)代替弾力性が 1 unitary elasticities of substitution	$\lambda_{ij}=0$

表２.３における(a)相似拡大性（homotheticity）、(b)同次拡大性（homogeneity）とは、規模の変数（産出量、ネットワーク）に関して、それぞれ相似拡大的か、同次拡大的かどうかを示すものである。また、(c)代替弾力性が 1（unitary elasticities of substitution）とは、投入要素価格に関する代替の弾力性に関する制約を示すものである。したがって、これらすべての制約を課した場合、それはコブ・ダグラス型となり、逆にすべての制約を取り去ったものがトランスログ型となる。この意味で、トランスログ型のモデルがいかにフレキシブルな関数であるのかが理解される。

次に、費用関数の推定方法についてみてみよう。まず、すべての費用関数モデル

[13] トランスログ・モデル、ヘドニック・モデルともに変数はサンプル平均で基準化されている。これは先に説明したように、トランスログ型の関数がゼロの近傍でテーラー展開されて導かれたことに対応するものである。また、この基準化によって単調性の条件、凹性の条件の検証が容易になるというメリットがある。黒田（1981）171-177 頁参照。

に共通して、第 i 番目のコスト・シェアが以下の式で表される。

$$S_i = P_i X_i / C \tag{2.5}$$

ここで、S_i は第 i 番目の投入要素価格のコスト・シェア、X_i は第 i 番目の投入要素をあらわしている。ここで、シェパードの補題（Shepherd's Lemma）[14]を用いると、コスト・シェア方程式は各モデルにおいてそれぞれ表２.４のように表される。

表２.４　コスト・シェア方程式

モデル	コスト・シェア方程式	
Model 1	$S_i = \beta_i$	(2.6)
Model 2	$S_i = \beta_i + \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_j) + \delta_{Qi} (\ln Q) + \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln N_k)$	(2.7)
Model 3	$S_i = \beta_i + \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_j) + \delta_{Qi} (\ln Y) + \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln N_k)$	(2.8)

費用関数の推定には、各モデルの費用関数式と、コスト・シェア式のうち 1 本を除いた合計 4 本の方程式が用いられる。ここで、各方程式の誤差項間にのみ相関があると想定し、各サンプルごとに相関はないと仮定する。これは、いわゆる「見かけ上無相関の回帰（Seemingly Unrelated Regression, SUR）モデル」[15]と呼ばれるものであり、推定方法としては、繰り返し FGLS 推定法が用いられる[16]。これによって、ＭＬ推定量を得ることができる[17]。

以上、本研究で推定される費用関数のモデルの定式化と、その推定方法について説明した。続いて、密度の経済性（RTD）、規模の経済性（RTS）の定義を行う。本

---

[14] 導出は、

$$\partial \ln C / \partial \ln P_i = (\partial \ln C / \partial C)(\partial C / \partial P_i)(\partial P_i / \partial \ln P_i) = (P_i / C)(\partial C / \partial P_i)$$

ここで、コストを投入要素価格で偏微分したもの（$\partial C / \partial P_i$）は、最適投入要素量（$X_i$）に等しいから、

$$= (P_i / C) X_i = P_i X_i / C = S_i.$$

となる。

[15] Zellner(1962)によってはじめに提唱された方法である。このモデルの想定が存在する場合、有効性のある無しに関わらず OLS によって一致推定量が得られる。したがって、GLS を用いればより有効な推定量が得られる。詳しくは、Greene(1993),pp.674-676 参照。

[16] Greene(1993),pp.676-682 参照。

[17] 通常、Model 1 のコブ・ダグラス型費用関数は、その推定方法として OLS が用いられる。しかし、本研究では、この方法を採用した場合、単調性の仮定が満たされなかった。そこで、Model2,Model3 と同様に、SUR にて推定を行うことにした。結果は後に示されるように良好なものとなった。同様の結論が、Greene(1993), pp.689-693 においても紹介されている。

研究では、Caves et al.(1985)の定義に従い、以下のように定義した[18]。

$$RTD = 1 / [\partial \ln C / \partial \ln Q] \tag{2.9}$$

$$RTS = 1 / [(\partial \ln C / \partial \ln Q) + (\partial \ln C / \partial \ln N_n)] \tag{2.10}$$

ここで、(2.10)ではネットワークをも考慮した規模の経済性が定義されているが、ここでは産出量とネットワーク距離を拡大した場合の経済性を考えており、したがって、稼働率は(2.10)の定義式に含めないことにした。したがって、本研究で採用された関数型（Model 1～3）のそれぞれにおける規模の経済性、密度の経済性の計算式は表２.５のようになる。

表２.５　規模の経済性と密度の経済性の定義式

	RTD	RTS
Model 1	$1 / \alpha_Q$	$1 / (\alpha_Q + \gamma_n)$
Model 2	$1 / [\alpha_Q + \alpha_{QQ}(\ln Q) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln N_k)]$	$1 / [[\alpha_Q + \alpha_{QQ}(\ln Q) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln N_k)] + [\gamma_n + \Sigma_k \mu_{nk} (\ln N_k) + \delta_{Qn} (\ln Q) + \Sigma_i \zeta_{in}(\ln P_i)]]$
Model 3	$1 / [\alpha_Q + \alpha_{QQ} (\ln Q + \Sigma_h \eta_h Z_h) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln N_k)]$	$1 / [[\alpha_Q + \alpha_{QQ}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h Z_h) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln N_k)] + [\gamma_n + \Sigma_k \mu_{nk} (\ln N_k) + \delta_{Qk}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h Z_h) + \Sigma_i \delta_{in}(\ln P_i)]]$

2.4　サンプル・データの説明

今回用いられているサンプルは、『地方公営企業年鑑（平成 6 年度版）』に集計されている末端給水事業 1,891 事業者の中から、まず、都および指定都市営の 15 事業者を採用し、さらに、規模の影響を取り除くために、現在給水人口で 3 万人以上 5 万人未満、5 万人以上 10 万人未満、10 万人以上 15 万人未満、15 万人以上 30 万人

[18] 今回レビューした先行研究の中で、Feigenvaum and Teeples(1983)では、規模の経済性の定義として Christensen and Greene(1976)の定義である、$RTS = 1 - [(\partial \ln C / \partial \ln Q) + (\partial \ln C / \partial \ln N_n)]$を採用している。本研究で本文のような定義を行った理由としては、導出が容易であること、そのほかの多くの先行研究が採用しており、計測結果の比較が容易であること、があげられる。したがって、表２.１に示された Feigenvaum and Teeples(1983)の計測結果は筆者が再計算したものである。

未満、30 万人以上の各規模別に 20 の事業者を無作為に抽出した。しかし、このサンプルの中にはデータの制約から 3 事業を除かなければならず、結果として 112 のサンプルで分析を行うこととした。(サンプルに採用された事業者は補論表 1.1 参照。)

また、データは基本的に『地方公営企業年鑑』から得ている。ただし、採用された変数によっては、補足的に『水道統計』『地域経済総覧』『経済統計年報』から得た。それぞれ採用された変数の定義と簡単な計算式は表 2.6 の通りである。

表 2.6　変数の定義

変数	記号	内訳・計算式
総費用	C	人件費＋動力費＋資本費＋修繕費
産出量	Q	年間総配水量
単位あたり人件費	P_l	人件費／職員数
単位あたり動力費	P_e	動力費／電力消費量
単位あたり資本費	P_k	(政府保証債利子率＋減価償却率) ＊100
単位あたり修繕費	P_m	修繕費／償却資産
ネットワーク距離	N_n	配水管延長距離
稼働率	N_c	(一日平均配水量／一日取水能力) ＊100
浄水水準	Z_{tr}	(年間浄水量＋受水量) ／取水能力
世帯変数	Z_{hr}	一般世帯における需要／全需要区分の需要量
非ダム比率	Z_{ndm}	{1－(ダム取水量／取水能力)} ＊100
非地下水比率	Z_{nug}	{1－(地下水取水量／取水能力)} ＊100

ところで、表 2.6 に示されたデータの中で、電力消費量と配水管延長距離の 2 つに関しては特別に回帰分析によって推定された値を用いることにした。その理由として、まず電力消費量に関しては、いかなる統計書にも各事業者ごとの電力消費量は記載されておらず、結果として推定せざるを得なかったということ。また、配水管延長距離に関しては、『水道統計』に各事業者ごとの配水管延長距離が記載され

ているものの、それをそのまま用いたのでは、産出量と強い相関（0.991）をもってしまい、分析上多重共線性の問題を招いてしまう。したがって、別の定義により配水管延長距離を推定する必要があったということ[19]。以下、この 2 つのデータの推定方法とその結果について述べることにする。

まず、都道府県ベースのデータを用いて、電力消費量を被説明変数とし、配水池・配水塔有効容量を説明変数とする回帰分析を行った。そして、その推定回帰式に各事業者ごとの配水池・配水塔有効容量のデータを代入し、推定電力消費量を得ることとした[20]。

この推定方法が妥当であることを検証するために、平成 6（1994）年度の神戸市のデータを用いて実績値と推定値の比率を調べたところ、（実績値／推定値）= 0.684 となった。これは、他に複数の方法を用いた中でも、最も説明力のある結果であり、電力消費量の推定方法として許容できるものと考える。

ところで、ここで行われた推定では、まだすべてのデータが得られたわけではない。というのは、配水池・配水塔有効容量のデータは現在給水人口規模で 10 万人以上の事業者にしかなく、結果として 70 サンプルしか推定できないからである。そこで、まだ推定電力量が得られていない残りの 42 サンプルに関して、その配水池・配水塔有効容量を得るために、次のような推定を行った。先に配水池・配水塔有効容量のデータが得られた 70 サンプルについて、配水池・配水塔有効容量を被説明変数とし、配水量を説明変数とする回帰分析を行った。

次に、配水管延長距離を得るために以下のような操作を行った。まず、配水管の口径 50 ㎜以下のものを配水管の幹線から枝分かれして、各戸に直結させるための管であると考え、この部分が産出量との相関を生じさせていると仮定した。そこで、残る口径 75 ㎜以上の配水管をネットワーク変数として採用することにした。しかし、このデータは各市町村ベースでは存在せず、そのため都道府県単位のデータを用い、口径 75 ㎜以上の配水管延長距離を被説明変数として、計画給水面積上での回帰分析を行った。その推定回帰式を用いて、各事業者ごとの口径 75 ㎜以上の配

---

[19] このようにデータの欠損値に対して推定された値（予測値）を用いることの計量経済学上の問題として、推定値は一致推定量であるから、最終的に費用関数推定によって得られた推定値も一致性を持つが、予測値の分散は真の分散であるかどうかは不明であり、したがって、結果として推定された費用関数の分散に影響を与えることが考えられる。そのため、費用関数推定の係数推定値が 0 という仮説検定を過剰に棄却してしまう可能性も存在するが、後の示されるように係数推定値のうち 1 次の係数のほとんどが 1%水準で有意となっており、本研究では以上の問題を認識しているものの、結果としての推定値はより高い水準で有意となっていることから特に大きな問題はないと考えた。

[20] したがって、ここでは都道府県ベースの電力消費量の推定式と、各事業者ベースのそれとは関数の構造が同じであると仮定していることになる。

水管延長距離を推定することにした[21]。

ただし、この回帰分析が実際のデータとどの程度整合性があるのかは、どの統計書にも詳細なデータが記載されておらず、確認することはできなかった。しかし、産出量との相関は0.704となっており、分析には十分採用可能であると考える。

以上の推定式と結果をまとめたものが表2.7である。

表2.7　推定された変数の結果

従属変数	電力消費量 $\ln E_e$	配水池・配水塔 有効容量 W_c	配水管延長距離 $\ln N_n$
constant	6.459*** (0.763)	11,787 (8,955)	9.591*** (0.733)
$\ln W_c$	0.914*** (0.059)	-	-
Q_d	-	1.434*** (0.036)	-
$\ln S_a$	-	-	0.834*** (0.100)
adj-R^2	0.840	0.959	0.600
サンプル数	47	70	47

(備考)：

(1)推定式は以下の通り。

(a) $\ln E_e = \rho_0 + \rho_1 \ln W_c$

(b) $W_c = \rho_2 + \rho_3 Q_d$

(c) $\ln N_n = \rho_4 + \rho_5 \ln S_a$

E_e：電力消費量、W_c：配水池・配水塔有効容量、Q_d：年間総配水量、N_n：配水管延長距離、S_a：計画給水面積。

(2) かっこ内は標準偏差。*** 1%水準で有意。

したがって、これまでの議論をふまえて今回費用関数推定に採用された各変数の基本統計量は表2.8の通りとなる。

[21] ここでも、都道府県ベースの配水管延長距離の推定式と、各事業者ベースのそれとの関数の構造が同じであることを仮定していることになる。

表２.８　基本統計量

変数	単位	平均	標準偏差	最小	最大
C	千円	9,176,550	26,324,800	340,684	229,239,000
Q	千 m^3	66,620	185,132	2,954	1,746,210
P_l	円／人・年	7,595,050	1,294,805	4,283,410	10,718,100
P_e	円／ kwh	12.523	8.175	2.054	56.314
P_m	-	62.391	569.604	0.431	6,036.264
P_k	-	7.593	0.691	5.894	9.858
N_n	m	754,451	770,766	72,399	5,229,933
N_c	-	83.811	12.566	41.200	113.100
Z_{tr}	-	0.483	0.262	0.155	1.000
Z_{hr}	-	0.783	0.055	0.665	0.881
Z_{ndm}	-	85.553	24.786	12.647	100.000
Z_{mug}	-	68.172	33.664	1.000	100.000

2.5　推定結果と

本章で推定された費用関数の結果は次頁表２.９の通りである。

表２.９を見ても明らかなように、１次の係数推定値を見る限り、稼働率の係数推定値をのぞいて、すべての推定結果が予想された符号を示し、かつ非常に高い有意水準で有意となった。この点は、推定の際に欠損データに予測値を採用し、結果として誤差項の分散推定値に何らかの影響を与えていると考えられるとしても、十分な有意性を保つものと評価される。また、モデルの当てはまりを示す決定係数を見ても非常に高い値を示しており、モデルの説明力に関しても十分に評価されるものとなった。

それでは、先にも述べた、費用関数における、経済理論との整合性を保つための４つの条件について見てみよう。このうち、同次性と対称性の条件は推定の際に制約式として導入済みであり、したがって残る単調性と凹性の条件のチェックを行う。まず、単調性の条件に関しては以下の条件を満たさなければならない。

$$\partial C/\partial P_i = (\partial C/\partial \ln C)(\partial \ln C/\partial \ln P_i)(\partial \ln P_i/\partial P_i) = (C/P_i)(\partial \ln C/\partial \ln P_i)$$
$$= (C/P_i)\, S_i > 0 \qquad (2.11)$$

ここで、(C / P_i)は必ず正であるから、コスト・シェア（S_i）が常に正となるかどうかをチェックすればよい。いま、コスト・シェア方程式は、表２.４に与えられ

表2.9 推定結果

係数	Model 1	Model 2	Model 3	係数	Model 1	Model 2	Model 3
α_0	22.940	23.043	23.039	λ_{mm}	-	0.119	0.117
	[0.062]***	[0.053]***	[0.049]***			[0.008]***	[0.007]***
α_Q	0.884	0.913	0.907	λ_{mk}	-	- 0.074	- 0.073
	[0.043]***	[0.054]***	[0.048]***			[0.008]***	[0.008]***
β_l	0.264	0.210	0.208	λ_{kk}	-	0.234	0.227
	[0.009]***	[0.020]***	[0.019]***			[0.043]***	[0.047]***
β_e	0.047	0.031	0.030	ζ_{ln}	-	- 0.038	- 0.033
	[0.005]***	[0.010]***	[0.010]***			[0.013]***	[0.012]***
β_m	0.103	0.330	0.330	ζ_{lc}	-	- 0.076	- 0.070
	[0.014]***	[0.019]***	[0.017]***			[0.048]	[0.047]
β_k	0.586	0.428	0.432	ζ_{en}	-	- 0.014	- 0.014
	[0.011]***	[0.019]***	[0.020]***			[0.007]**	[0.006]**
γ_n	0.207	0.179	0.140	ζ_{ec}	-	0.005	- 0.001
	[0.060]***	[0.080]**	[0.072]*			[0.025]	[0.024]
γ_c	- 0.447	0.020	-0.007	ζ_{mn}	-	0.032	0.029
	[0.230]*	[0.261]	[0.235]			[0.014]**	[0.013]**
α_{QQ}	-	0.108	0.126	ζ_{mc}	-	0.100	0.106
		[0.049]**	[0.044]***			[0.053]*	[0.050]**
δ_{Ql}	-	0.032	0.026	ζ_{kn}	-	0.020	0.017
		[0.010]***	[0.009]***			[0.014]	[0.014]
δ_{Qe}	-	0.001	0.0003	ζ_{kc}	-	- 0.028	- 0.035
		[0.005]	[0.004]			[0.052]	[0.052]
δ_{Qm}	-	- 0.024	- 0.021	μ_{nn}	-	0.203	0.182
		[0.010]**	[0.009]**			[0.099]**	[0.088]**
δ_{Qk}	-	- 0.008	- 0.005	μ_{nc}	-	- 0.011	0.033
		[0.010]	[0.010]			[0.236]	[0.224]
δ_{Qn}	-	- 0.142	- 0.166	μ_{cc}	-	1.085	0.187
		[0.061]**	[0.054]***			[1.113]	[1.008]
δ_{Qc}	-	0.153	0.185	η_{tr}	-	-	0.074
		[0.171]	[0.152]				[0.055]
λ_{ll}	-	0.188	0.180	η_{hr}	-	-	1.183
		[0.042]***	[0.044]***				[0.075]***
λ_{le}	-	- 0.004	- 0.004	η_{ndam}	-	-	- 0.264
		[0.011]	[0.011]				[0.059]***
λ_{lm}	-	- 0.036	- 0.035	η_{nund}	-	-	0.007
		[0.008]***	[0.008]***				[0.011]
λ_{lk}	-	- 0.148	- 0.141				
		[0.041]***	[0.044]***				

(次ページに続く)

（前ページの続き）

λ_{ee}	-	0.025	0.026				
		[0.006]***	[0.006]***				
λ_{em}	-	- 0.009	- 0.010				
		[0.004]**	[0.004]**				
λ_{ek}	-	- 0.012	- 0.013	R^2	0.897	0.955	0.967
		[0.012]	[0.012]				

（備考）：

(1)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意。**5%水準で有意。*10%水準で有意。

(2) R^2は疑似決定係数であり、システム全体ではなく、費用関数のみに関するあてはまりの尺度である。また、その定義式は、

$$[\Sigma(C^{\#}-C^{-})(C^{\wedge}-C^{-})]^2/[\Sigma(C^{\#}-C^{-})^2][\Sigma(C^{\wedge}-C^{-})^2]$$

である。$C^{\#}$は観測地、C^{-}は平均値、$C^{\wedge}$は推定値。和合、伴（1995）27頁参照。

ているとおりである。まず、サンプル平均の点において、すべてのモデルにおいて$S_i = \beta_i$が成り立つから、表2.9を見ると、どのモデルにおいても単調性の条件は満たされている。次に、サンプルの全範囲におけるケースについて検証すると、Model 1は当然満たされるものの、Model 2、Model 3については、ごく一部の事業者においてコスト・シェアが負の値を示しており、結果としてサンプル全範囲においては単調性の条件を満たすことはできなかった。

次に、凹性の条件についてみてみる。Diewert and Wales(1987)より、まず、以下のようなヘッセ行列式を考える。

$$|\mathbf{H}| = |\partial^2 C/\partial P_i \partial P_j| \tag{2.12}$$

このとき、

$$\partial^2 C/\partial P_i^2 = (C/P_i^2)[S_i(S_i-1)+\lambda_{ii}] \tag{2.13}$$

$$\partial^2 C/\partial P_i \partial P_j = (C/P_iP_j)[S_iS_j+\lambda_{ij}] \quad (i \neq j) \tag{2.14}$$

となる。この(2.13)はヘッセ行列式の対角要素であり、(2.14)は非対角要素である。凹性の条件は、このヘッセ行列式が半正値定符号（negative semidefinite）となることであり、これは(2.13)式において$[S_i(S_i-1)+\lambda_{ii}] < 0$となることをチェックすればよいこととなる。まず、サンプル平均の点についてみてみると、先ほどと同様に$S_i =$

β_i が成り立ち、また、導出の仮定で λ_{ii} は消えてしまうので、$\beta_i(\beta_i -1)$の符号について見ればよい。結果、すべてのモデルにおいて凹性の条件は満たされることとなった。次に、サンプル全範囲についてみてみると、Model 1 は当然満たされるものの、Model 2、Model 3 については、やはり一部符号が正となる事業者が現れ、結果としてサンプル全範囲においては凹性の条件を満たすことはできなかった。

以上の結果は、少なくともサンプル平均の近傍において経済理論との整合性が確保されていることを示すものであり、個別のケースにおいては一部満たさない事業者が存在しているということであろう。

それでは、どのモデルが費用関数としてもっとも適切か、という点について検証してみよう。その方法としては、LR 検定を用いる。まず、Model 1 と Model 2 の間における係数制約は表２.３で見たとおりである。また、Model 2 と Model 3 の間における係数制約はヘドニック関数の質的変数のすべてのパラメータが 0 というものである。ここでは、それぞれ「すべての（制約としての）係数が 0」を帰無仮説として検定を行う。結果は表２.１０のとおりである。

表２.１０　**LR 検定**

	Model 1	Model 2	Model 3
Log of likelihood function	255.162	400.598	411.205
LR		290.872[a]	21.214[b]
$\chi^2_{0.01}$(n)		36.191(19)	13.277(4)

（備考）：

(1)かっこ内の n は制約の数。

(2)a は Model 1 は Model 2 の間の LR 検定値。b は Model 2 と Model 3 の間の LR 検定値。

(3) $\chi^2_{0.01}$ は(2)のそれぞれに対する有意水準 1%点におけるカイ 2 乗の値。

この表を見ても明らかなように、どのモデル間においても係数制約が 0 という帰無仮説は有意に棄却されることとなった。つまり、Model 1 と Model 2 において、相似拡大的、同次拡大的、代替弾力性が 1 という帰無仮説は棄却されることとなり、コブ・ダグラス型よりもトランスログ型のモデルの方が採択される。また、Model 2 と Model 3 において、ヘドニック関数がないという帰無仮説が棄却され、結果としてヘドニック関数が採択されることとなった。以上の結果より、本研究では Model 3 のヘドニック付きトランスログ型費用関数がもっとも適切であるということになった。

最後に、以上において推定された費用関数の結果から、規模の経済性(return to scale, RTS）と密度の経済性（return to network density, RTD）を導出してみよう。先の表２.５の定義に従って導出した結果は、表２.１１のとおりである。

表２.１１　サンプル平均における **RTS、RTD**

	Model 1	Model 2	Model 3
RTD	1.131	1.095	1.101
RTS	0.917	0.895	0.921

（備考）：

(1)Model 1、Model 2 における RTD、RTS は、それぞれサンプル平均における値となっている。

サンプル平均において、ネットワークを一定とした場合、密度の経済性がやや存在することが明らかとなった。一方、ネットワークを含めた規模の経済性を見ると、サンプル平均の点においては、もはや経済性は失われているといえるだろう。ところで、トランスログ型費用関数の利点として、規模の違いによって異なる規模・密度の経済性が導出されることは先に述べたとおりである。そこで、規模を 4 つに分けてそれぞれ規模・密度の経済性を導出することにした。その結果が表２.１２である。

表２.１２　規模別の **RTS、RTD**

	Model 2		Model 3	
	RTD	RTS	RTD	RTS
Scale 1	1.056	0.891	1.055	0.966
Scale 2	1.160	0.880	1.177	0.905
Scale 3	1.190	0.886	1.214	0.881
Scale 4	1.341	0.864	1.402	0.856

（備考）：

(1)規模の大きさはそれぞれ以下のとおりである。かっこ内は事業者数。

Scale 1：産出量 100 百万㎥以上の事業者　(15)

Scale 2：産出量 20 百万㎥以上 100 百万㎥未満の事業者　(35)

Scale 3：産出量 10 百万㎥以上 20 百万㎥未満の事業者　(29)

Scale 4：産出量 10 百万㎥未満の事業者　(33)

この表を見ても明らかなように、どの規模においてもネットワークを一定とした場合の密度の経済性が存在した。一方で、ネットワークを含めた規模の経済性はどの規模においてもすでに失われていることが明らかとなった。

次に、それぞれ規模ごとに見ていくと、密度の経済性に関しては、規模が小さいほど経済性の値が大きくなっており、このことは、ネットワークを一定とした場合において、産出量の拡大によって規模のメリットが大きく得られることを示している。一方、ネットワークを含めた規模の経済性に関しては、もはやどの規模においても経済性は失われており、密度の経済性と比較して考慮すれば、ネットワークの拡大による規模のメリットはほとんど得られないといえるだろう。

2.6 最適規模の導出

続いて、産出量とネットワーク距離に関して平均費用を最小化するような規模（最適規模）の導出を行う。その方法は以下の通りである。

まず、平均費用関数を導出する。(2.3)式より、総費用関数は

$$\begin{aligned}\ln C = {} & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Y + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k \\ & + 1/2 \ \alpha_{QQ} (\ln Y)^2 + 1/2 \ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_i)(\ln P_j) \\ & + 1/2 \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl} (\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln Y)(\ln P_i) \\ & + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln Y)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln P_i)(\ln N_k)\end{aligned} \tag{2.15}$$

また、(2.4)式より、ヘドニック関数は、

$$\ln Y = \ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h \tag{2.16}$$

(2.16)式を(2.15)式に代入すると、

$$\begin{aligned}\ln C = {} & \alpha_0 + \alpha_Q (\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h) + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k \\ & + 1/2 \ \alpha_{QQ} (\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)^2 + 1/2 \ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_i)(\ln P_j) \\ & + 1/2 \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl} (\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln Y)(\ln P_i) \\ & + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln P_i)(\ln N_k)\end{aligned} \tag{2.17}$$

この(2.17)式は、次のように書き換えることができる。

$$
\begin{aligned}
C = \mathrm{EXP}[\ & \alpha_0 + \alpha_Q(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h) + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k \\
& + 1/2\ \alpha_{QQ}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)^2 + 1/2\ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij}(\ln P_i)(\ln P_j) \\
& + 1/2\, \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl}(\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi}(\ln Y)(\ln P_i) \\
& + \Sigma_k \delta_{Qk}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik}(\ln P_i)(\ln N_k)]
\end{aligned} \tag{2.18}
$$

したがって、平均費用関数はこの(2.18)式をQで割ったものとして求められる。

$$
\begin{aligned}
AC &= C / Q \\
&= (1/Q)\,\mathrm{EXP}[\ \alpha_0 + \alpha_Q(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h) + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k \\
&\quad + 1/2\ \alpha_{QQ}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)^2 + 1/2\ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij}(\ln P_i)(\ln P_j) \\
&\quad + 1/2\, \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl}(\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi}(\ln Y)(\ln P_i) \\
&\quad + \Sigma_k \delta_{Qk}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik}(\ln P_i)(\ln N_k)]
\end{aligned} \tag{2.19}
$$

産出量とネットワーク距離に関してこの平均費用を最小化することから、1 階の条件より、

$$
\begin{aligned}
\partial(AC)/\partial Q &= \partial(C/Q)/\partial Q \\
&= (C/Q^2)\,[(\partial \ln C/\partial \ln Q) - 1] = 0
\end{aligned} \tag{2.20}
$$

$$
\begin{aligned}
\partial(AC)/\partial N_n &= \partial(C/Q)/\partial N_n \\
&= [1/(N_n Q)]\,(\partial \ln C/\partial \ln N_n) = 0
\end{aligned} \tag{2.21}
$$

ここで、$C \neq 0, Q \neq 0, N_n \neq 0$ であるから、

$$(\partial \ln C/\partial \ln Q) - 1 = 0 \tag{2.22}$$

$$\partial \ln C/\partial \ln N_n = 0 \tag{2.23}$$

以上より、産出量とネットワーク変数以外の変数をサンプル平均で固定すると、(2.22)(2.23)式は以下のようになる[22]。

---

[22] ここでは、(2.24)(2.25)式にもあるように、稼働率をサンプル平均で固定しており、その意味で「現在の状況の下」での最適規模を導出していることになる。一方、もし仮に「稼働率を 100%にする」という長期的な視野に立った最適規模を導出するならば、(2.24)(2.25)は以下のようになる。

$$\alpha_Q + \alpha_{QQ}\ln Q + \delta_{Qn}\ln N_n - 1 = 0 \tag{2.24}$$

$$\gamma_n + \mu_{nn}\ln N_n + \delta_{Qn}\ln Q = 0 \tag{2.25}$$

よって、(2.24) (2.25)より $\ln Q = 1.366$、$\ln N_n = 0.482$ となり、結果として平均費用を最小とする産出量、ネットワーク距離は、それぞれ 2 億 6100 万㎥、1221km となった。

さらに、ここで導出した最適規模を給水人口規模で表すために、次のような操作を行った。まず、現在給水人口を被説明変数とし、産出量、ネットワーク距離を説明変数として回帰分析を行った。その結果は以下の通り。

$$\ln V_p = 1.198 + 0.942\ln Q + 0.043\ln N_n \tag{2.26}$$

(0.249) (0.018) (0.026) adj.$R^2 = 0.981$

ここで、V_p は現在給水人口であり、かっこ内は標準偏差である。次に、先ほど導出した産出量とネットワーク距離を代入して、最適規模としての現在給水人口を計算すると、77 万人という結果になった。したがって、日本の水道事業において、産出量とネットワーク距離から見た最適事業規模は、給水人口において 77 万人規模の事業者であり、日本の水道事業の普及率がおよそ 96%であることを考えるならば、人口 80 万人規模の大都市においてもっとも費用効率的な水道事業が達成されることになるだろう。

2.7 まとめ

本章では、日本の水道事業における費用関数を推定し、そこからネットワークを一定とした場合の密度の経済性、ネットワークを含めた規模の経済性、さらには、産出量とネットワーク距離に関して平均費用を最小とするような規模（最適規模）

$$\alpha_Q + \alpha_{QQ}\ln Q + \delta_{Qn}\ln N_n + \delta_{Qc}\ln N_c - 1 = 0 \tag{2.24'}$$

$$\gamma_n + \mu_{nn}\ln N_n + \mu_{nc}\ln N_c + \delta_{Qn}\ln Q = 0 \tag{2.25'}$$

この連立方程式を解くと、平均費用を最小とする産出量とネットワーク距離は、11 億 8600 万㎥、4676km となった。これを後に議論されるように給水人口規模にすると、337 万人となる。

を導出することが大きな目的であった。

まず、密度の経済性に関しては、サンプル平均においてその経済性の存在が確認され、また、規模ごとに見てもより小規模の事業者ほど大きな密度の経済性の存在が確認された。一方、規模の経済性については、サンプル平均においてもはや経済性は失われており、規模ごとに見てもすべての規模において経済性が失われていることが確認された。このことは、ネットワークを一定として産出量の拡大を行った場合、規模のメリットが享受でき、それはより小規模の事業者ほど大きいことを示すものである。しかし、ネットワークをも拡大した場合、もはや規模のメリットは得られず、したがって、日本の水道事業者はすでに過大なネットワーク設備を保持している可能性が考えられる。

次に、最適規模に関しては、自治体の人口規模においておよそ 80 万人規模がもっとも費用効率的であることが明らかとなった。もちろん、この規模がもっとも効率的という結果になったとはいえ、現在のすべての小規模事業者をこの程度にまで統合してしまうことが、費用効率化の最善の策であるわけではない。そこには、地理的制約、環境的制約、歴史的制約など様々な問題が複雑に絡み合っており、それらを全く無視して規模のメリットを得ることは不可能である。したがって、今回得られた結論は、一つのベンチマークとして今後の水道事業政策の議論に活かされるべきであろう。

第３章　家庭用の水需要関数推定

3.1　はじめに

第２章では、水道事業の費用関数の推定を行った。本章と次章第４章では、需要サイドにおける計量分析としての需要関数の推定を行う。まず、本章では家庭用の水需要に焦点を当てた需要関数の推定を行う。家庭用以外の水需要における需要関数推定は次章において行われる。それでは、まずはじめに水需要関数を推定する意義について、簡単に整理してみよう。

かつて、高度成長期において、水需要の原単位が経済成長とともに増加する中、日本の水道事業は、需要を所与として後追い的に供給力を増強するという政策を絶えず強いられてきた。また、そこで必要となる新規設備投資費用は、料金値上げとして消費者に転嫁されていた。当時、消費者は十分な経済力を持っており、水道事業者にとっては、料金問題よりも水の安定供給、水の量の確保のほうがより大きな関心事だったのである。

しかし、近年、地球環境制約上水資源が稀少化し、新規設備投資費用も高額化の一途をたどるようになると、高度成長期のように増加する需要を単に供給力の増強で補うことは、実質上不可能となりつつある。また、近年の経済成長の停滞により、水道料金の値上げは、消費者にとっても経済的負担としてとらえられるようになってきた。このような状況の中で、水道事業者が、単に需要の伸びを所与として見るのではなく、需要に影響を及ぼす要因が一体何であるのかという点について、より正確な情報を得、そしてそこから将来のあるべき需要量を予測することは、必要不可欠なものとなってきたと考えるのである。ところで、以上のような需要分析の必要性が考えられるものの、これまで日本ではほとんどこのような研究の蓄積がなされてこなかった。そこで本章では、各水道事業者ベースで集計されたデータを用いて、価格や所得といった経済変数を組み込んだ家庭用の水需要関数を推定する。

本章の構成は以下の通り。まず、第２節において先行研究のレビューを行う。次に第３節において、需要関数の定式化、価格弾力性、所得弾力性の定義を行い、採用されたサンプル、データの説明を行う。そして第４節において推定結果を示し、その解釈を行い、最終第５節において本章のまとめを行う。

3.2 先行研究

日本と諸外国において行われた先行研究を、分析の対象となった地域、サンプルの集計単位、採用されたサンプルの種類、所得以外の需要のシフト要因の項目ごとに整理したものが次頁表3.1である[23]。

この表を見ても分かるように、実に古くから、またさまざまな地域によって家庭用における水需要関数推定が行われてきていることがわかる。この家庭用の水需要関数を推定する最も大きな目的は、水道料金に対する需要の価格弾力性を計測することにある。これは、水道事業における水道料金設定において、その水道料金によって需要がどの程度増減するのかを予測することは非常に重要と考えられているからである。また、この水道料金に対する需要の反応の程度は、その事業者のおかれた地理的条件、気候的条件、さらには社会・文化的な条件によって異なってくることが当然予想される。これらのことからも、この需要関数推定の研究がさまざまな地域において行われていることが理解されるだろう。そして、この価格弾力性の計測を行うために、実にさまざまな工夫が行われてきた。本研究では、この点に関して4つの観点から整理してみたいと思う。

まず第一に、集計単位としてどのレベルのものを用いるのか、また、それに伴ってデータ・セットとしてどのようなものを用いるのか、の選択である。これは、分析者の研究の目的に大きく依存して来るものであるが、たとえば全米といった地域ごとの価格弾力性の違いを見るためには、その集計単位として都市、あるいはコミュニティ・ベースのサンプルが採用されるだろうし、ある限られた地域内において消費者の需要動向を分析するためには家庭ベースのデータが採用されるだろう。また、それに伴ってどのようなデータ・セットを採用するのかについては、集計単位が大きくなるほど都市別、あるいは事業者別に集計されたデータが用いられる傾向があり、また、家庭ベースといったより小さな集計単位の分析には非集計データが用いられる傾向を見ることができる。ただし、この非集計データは公的に整備されることが稀であり、また、個人でこれを作成するためには非常に時間とコストがかかり非現実的である。したがって、分析に用いられるデータ・セットとして非集計データを用いることは、そのデータに対するアクセス可能性が大きく影響すると考えられる。

---

[23]本来、諸外国において行われた需要関数推定の研究は非常に多く、それらをすべて入手することは不可能であるから、ここでは筆者が入手できたもののみを取り上げることにした。

表3.1　先行研究

研究者（年）	対象地域	集計単位	サンプル	需要のシフト要因
Wong (1972)	イリノイ州 シカゴ 同シカゴ郊外	コミュニティ (集計)	time (1951-61) cross (1961)	気温
Young (1973)	アリゾナ州 タクソン	事業者 (集計)	time (1946-64) time (1965-71)	降雨量
Gibbs (1978)	フロリダ州 マイアミ	家庭 (非集計)	pool (1973) 四半期	世帯人員、 暖房のある家庭の割合、 季節ダミー
Foster and Beattie (1979)	全米	都市 (集計)	cross (1960)	降雨量、世帯人員、 地域ダミー
Danielson (1979)	ノースカロライナ州 ラレイ	家庭 (非集計)	pool (1969-74) 月次	降雨量、気温、世帯人員
Billings and Agthe (1980)	アリゾナ州 タクソン	都市 (集計)	time (1974-77) 月次	下水道料金、 蒸発・降雨量
Hanke and De Mare (1982)	スウェーデン マルモ	家庭 (非集計)	pool (1971-78) 四半期	大人の数、子供の数、 降雨量、家建築年ダミー
Young, Kinsley and Sharpe (1983)	ワシントンDC 周辺	家庭 (非集計)	pool (1974-79) 四半期	世帯人員、季節ダミー、 水浄化施設の有無、 食器洗浄機の有無、 トレンド
Williams (1985)	全米	事業者 (集計)	cross (1970)	降雨量
Nieswiadomy and Molina (1989)	テキサス州 デントン	家庭 (非集計)	panel (1976-80) 月次 (1981-85) 月次	芝地の規模、降雨量、 家の大きさ
Griffin and Chang (1990)	テキサス州	コミュニティ (集計)	pool (1983-85) 月次	水道料金変更ダミー、 人種構成、気候
Schneider and Whitlatch (1991)	オハイオ州 コロンバス周辺	コミュニティ (集計)	pool (1959-77)	世帯人員、 単身世帯比率、降雨量、 1期前の消費量
Nieswiadomy and Molina (1991)	テキサス州 デントン	家庭 (非集計)	pool (1976-80) 月次 (1981-85) 月次	1期前の消費量、 水をまく土地の面積、 降雨量

（次ページへ続く）

（前ページの続き）

清水 (1991)	日本	都市 (集計)	cross (1987)	世帯人員、人口、 水洗便所普及率、気温
Nieswiadomy and Cobb (1993)	全米	事業者 (集計)	cross (1984)	降雨量、降雪量、 世帯人員、地域ダミー、 1939以前の住宅比率、 持ち家比率、受水比率、 節約プログラムダミー
Hansen (1996)	コペンハーゲン	需要区分 (集計)	pool (1981-90)	電気料金、気候条件
Dandy, Nguyen and Davies (1997)	オーストラリア アデレード	家庭 (非集計)	pool (1978-91)	資産価値、部屋の数、 家庭菜園の面積、 プールの有無、 世帯人員、居住年数

（備考）：

(1)集計単位の項目において、かっこ内は集計データか非集計データかを示す。

(2)サンプルの項目における記号の定義は以下の通り。time：タイムシリーズ・データ、cross：クロスセクション・データ、pool：プーリング・データ、panel：パネル・データ。ここで、あえてプーリング・データとパネル・データを区別したのは、パネル・データを用いることによる計量経済学上の配慮を行っているものとそうでないものを区別するためである。かっこ内は採用されたサンプルの年。かっこ下に表示されたものはそれぞれ、四半期：四半期データ、月次：月次データ。表示されていないものはすべて年次データ。

(3)需要のシフト要因とは、需要関数に採用された説明変数の内、所得変数以外に需要曲線をシフトさせる要因として採用されたもの。

第二は、サンプルとしてどのような種類のものを採用するのか、の選択である。これも分析者の目的と大きく関連するものであるが、傾向としてみるならば、全米といった広域的な分析をする場合、クロスセクション・データ（cross-sectional data）が用いられ、ごく限られたエリアの分析においては、プーリング・データ（pooling data）が用いられるようである。これらの点は、先のデータへのアクセス可能性の影響も考えられるだろう。さらに、データの期間として、年次データ、四半期データ、月次データをそれぞれ採用されているが、これもやはり分析者がどのレベルにおける分析を行うのか、というその分析の目的と大きく関係している。

第三に、需要のシフト要因としてどのような変数を組み込むのか、という選択である。一般に、経済理論では、需要は所得と価格の関数であると説明される。すなわち、家庭用水需要の場合では水道料金と、各家庭の所得の関数として説明されることになる。しかし実際にはそのほかの様々な要因が家庭用水需要に影響している

ことが予想され、場合によってはそれらをうまくコントロールしなければ、より正確な価格弾力性の計測が困難になることもある。したがって、先行研究においては実にさまざまな変数が採用されている。この分類については、後に詳しく説明を行う。

最後に、ここでの表には取り上げていないが、先行研究においては採用する価格変数の取り扱いに非常に注意を払っていることが指摘される。これは、水道料金体系に二部料金制が採用されている場合が多く、また、その従量部分に関して区画別逓増（逓減）型従量料金制を採用するケースが多い。このような料金体系の下では、果たしてどのような価格変数が適切なのか、あるいは逆に消費者が実際に料金体系にしたがって需要を増減させているのか、もしくは料金体系に関する認識は全くなく、ただ単に結果として支払う料金にのみ関心があるのではないか、これらの問題点を明らかにしようとする先行研究も非常に多い。この点に関しては、次節モデルの特定化のところでさらに詳細に検討する。

以上が大まかに先行研究において行われてきた、価格弾力性をより正確に計測するための工夫である。ところで、日本においてこのようなアプローチの研究を行ったものは非常に少ない。もちろん、“工学的な”観点から水需要予測を行ったものは、日本にも多く存在する[24]。（最近のものでは、たとえば、小泉他（1988）、小泉他（1996）、小泉他（1999）がある。）しかし、“経済学的な”観点からの分析は、筆者の知る限り、清水（1991）の一例を見るだけである。このように、日本においては経済理論を背景とした水道事業における需要関数推定を行った研究の蓄積はなく、したがって、諸外国において行われた研究を参考にしながら、日本の実状にあった分析を模索していかなければならない。

本研究では、次節以降の分析のために、まず先行研究において採用された需要のシフト要因を整理する。この需要のシフト要因の分類には特に明確な定義はないが、あえて分類してみるならば、次頁表３.２のように整理される。

この表に分類したように、一般に所得以外の需要のシフト要因には、気候、世帯構成、生活状況に関する変数が採用されているようである。また、研究者によっては、その他と示しているように、対象とした地域独特な需要のシフト要因を採用しているものもある。本研究では、以上の分類に従い、気候要因に夏期（6 月～8 月）の平均気温（Temp）、世帯要因に一世帯あたり人員（Memb）、生活要因に水洗トイ

---

[24] ここで、“工学的な”という表現を用いたのは、“経済学的な”というものが需要の説明要因として、価格や所得といった経済的な変数を採用しているのに対し、それらを全く用いず、単に天候や時間といった変数のみを用いて、主に工学的な分野においてなされた研究であることを表すためである。

レのある住宅比率（Toil）を採用することにした。

表3.2　需要のシフト要因

項目	変数
気候要因	気温、降雨量、降雪量、季節ダミー等
世帯要因	世帯人員、大人・子供の数、単身世帯比率等
生活要因	水洗便所普及率、暖房のある家の割合、水浄化施設の有無、食器洗浄機の有無、芝地の規模、持ち家比率等
その他	水道料金変更ダミー、人種構成、地域ダミー、節水プログラムダミー等

（備考）：

(1)その他とは、上記要因以外の、研究の対象となった地域独特の需要のシフト要因であり、たとえば、Griffin and Chang (1990)では水道料金体系の変更（当該月もしくは2ヶ月前に変更があった：1、ない：0）および人種構成（ヒスパニックの割合）を採用しており、Nieswiadomy and Cobb (1993)では地域ダミー（カリフォルニア州の事業者：1、そうでない事業者：0）および節水プログラムダミー（節水を促す政策を行っている事業者：1、そうでない事業者：0）を採用している。

3.3　方法論

3.3.1　モデルの設定

本研究で採用される家庭用水需要関数の一般式は以下のように示される。

$$Q_R = f(P_i, I, W_j) \tag{3.1}$$

ここで、Q_Rは家庭一世帯あたり水使用量であり、P_iは価格（i = AP もしくは i = MP、DV）、I は所得、W_jは所得以外の需要のシフト要因（j = Temp , Memb , Toil）である。さらに本研究では、先行研究のレビューにおいて触れたように、価格変数に対して若干の配慮を行った。この点について具体例を交えてさらに詳細に検討する。

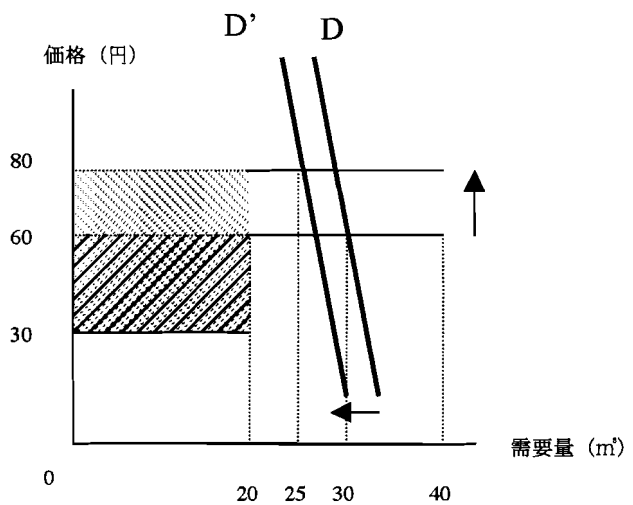
まず、先行研究の多くがこの価格変数として平均の価格（average price , P_{AP}）[25]も

[25] 実際に支払った水道料金をその需要量で割ったものである。

しくは限界の価格（marginal price, P_{MP}）[26]を用いている。しかし、日本のように多くの事業者において区画別逓増型従量料金制が用いられている場合、単に P_{AP} や P_{MP} のみを用いたのでは、需要関数の推定結果においてより正確な価格弾力性が計測困難であるという指摘がある[27]。そこで、議論の簡単化のために以下の具体例を示して説明を行う。

まず、第 1 段が 0 m³から 20 m³まで 30 円、第 2 段が 20 m³から 40 m³まで 60 円の 2 段階のシンプルな区画別逓増型従量料金体系を考える。（図 3．1 参照。）消費者 A はこの料金体系の下で 30 m³を消費したとする。このとき、消費者 A の直面する限界価格（P_{MP}）は 60 円であり、実際に支払った水道料金は 30*20+60*10=1200 円であるから、平均価格（P_{AP}）は 1200/30=40 円となる。また、ここで新たな価格変数（P_{DV}）として「すべての量を限界価格で支払った額－実際に支払った額」（差の変数：difference variable）を定義する。したがって、P_{DV}=30*60-1200=600 円（下図左斜線部分）となる。そして、第 1 段の価格（下の例では 30 円）を intramarginal rate（IMR）と呼ぶことにする。

図 3．1　区画別逓増型従量料金体系



以上の準備の後に、IMR が一定で P_{MP} が 60 円から 80 円に上昇した場合を考える。このとき消費者 A は料金上昇のために需要量（Q_R）を 25 m³に減らしたとする（D

[26] これは逓増型あるいは低減型の料金体系を前提としたもので、消費者が直面する最終区画の単位あたり従量料金である。したがって、均一料金制であれば P_{MP} はゼロとなる。
[27] Billings and Agthe(1980), pp.74-77.

→D')。したがって、この場合 P_{MP} は 80 円、実際に支払う額は 30*20+5*80=1000 となるから、P_{AP} は 1000/25=40 円となる。また、P_{DV} は 25*80-1000=1000 円（上図右斜線部分）である。以上を整理したものが表3.3である。

表3.3　P_{MP} 上昇に伴う需要量と価格の変化

	Q_R	P_{MP}	P_{AP}	P_{DV}
料金上昇前	30	60	40	600
料金上昇後	25	80	40	1000

以上の例が示すものは、需要関数推定に用いる価格変数の候補として、P_{AP} のみもしくは P_{MP} のみを用いることは適切ではないということである。つまり、表3.3にもあるように、料金上昇前と後で需要量が減少しているにもかかわらず、P_{AP} は一定のままである。したがって、P_{AP} ではより正確な価格弾力性の計測が困難となる。一方、P_{MP} のみを用いた場合はどうであろうか。この場合、IMR が一定であれば価格変数の候補としては適切であるように思われる。しかし、もし P_{MP} が一定で IMR が上昇（減少）した場合、当然需要量の減少（上昇）が起こると考えられ、ここでも P_{MP} のみを用いた価格弾力性はバイアスを持ってしまうと考えられるのである。そこで考え出されたのが P_{MP} と P_{DV} の併用という方法であり、この方法であれば、P_{MP} と IMR の変化を同時にとらえることができる[28]。

ところで、この P_{MP} と P_{DV} は消費者が明確に料金体系に関する情報を持っている場合には有用であるが、仮に消費者がこの料金体系についてほとんど情報を持っていない場合、必ずしも有意な結果が得られるとは限らない。つまり、消費者は P_{MP} や P_{DV} ではなく、トータルとしての水道料金にのみ反応しているのであり、この場合価格変数としては P_{AP} のほうがより適切なものと考えられるのである。

以上、本研究ではこれらの議論をふまえ、価格変数として P_{AP} のみを用いるものと、P_{MP} と P_{DV} を併用するものの2通りを採用することにした。

さらに、実際に推定する際の関数型には、線形モデル（linear model）と対数線形モデル（log-linear model）を採用した。これらは、関数型がシンプルであり、価格弾力性、所得弾力性の計測が容易であること[29]、また、ほとんどの先行研究におい

[28] 詳しくは、Billings and Agthe(1980),pp.73-77.を参照。
[29] 線形モデルは需要量に応じて価格および所得弾力性は変化するが、一方で対数線形モデルではそれらは一定と仮定される。

て一方もしくは両方が採用されており、それらとの計測結果の比較が容易である、という利点を持つ。したがって、需要関数の推定式とそれに対応する価格弾力性、所得弾力性の定義式は表３.４のようになる。

表３.４　モデル式、価格弾力性・所得弾力性

モデル	関数型	モデル式	価格弾力性 (ε_{Pi})	所得弾力性 (ε_{I})
Model 1	線形	$Q_R = \theta_0 + \theta_{AP} P_{AP} + \iota_I I + \xi_{Temp} W_{Temp} + \xi_{Memb} W_{Memb} + \xi_{Toil} W_{Toil}$	$\theta_{AP} (P^-_{AP} / Q^-)$	$\iota (I^- / Q^-)$
Model 2	線形	$Q_R = \theta_0 + \theta_{MP} P_{MP} + \theta_{DV} P_{DV} + \iota_I I + \xi_{Temp} W_{Temp} + \xi_{Memb} W_{Memb} + \xi_{Toil} W_{Toil}$	$\theta_{MP} (P^-_{MP} / Q^-)$	$\iota (I^- / Q^-)$
Model 3	対数線形	$\ln Q_R = \theta_0 + \theta_{AP} \ln P_{AP} + \iota_I \ln I + \xi_{Temp} \ln W_{Temp} + \xi_{Memb} \ln W_{Memb} + \xi_{Toil} \ln W_{Toil}$	θ_{AP}	ι
Model 4	対数線形	$\ln Q_R = \theta_0 + \theta_{MP} \ln P_{MP} + \theta_{DV} \ln P_{DV} + \iota_I \ln I + \xi_{Temp} \ln W_{Temp} + \xi_{Memb} \ln W_{Moil} + \xi_{Toil} \ln W_{Toil}$	θ_{MP}	ι

(備考)：

(1)上付の$^-$はサンプル平均を意味している。また、計測結果はこのサンプル平均における値の他に、全サンプルの値を代入した結果も導出した。

(2)Model 3、Model 4 の価格弾力性は P_{DV} 一定の場合の値である。

3.3.2　サンプル・データの説明

本章で用いるサンプルは、第２章で採用されたものと同じものである。しかし、データの制約の問題など、いくつかのサンプルを除かざるを得ず、結果として需要関数推定に用いられたサンプルは 109 となった[30]。

また、一世帯あたり水使用量は『水道統計』から、価格は一世帯あたり水使用量を導いた後、『水道料金表』記載の各事業者の料金体系に照らし合わせて得た。さ

[30] 採用されたサンプルのそれぞれの事業者名については補論表１.１を参照。

らに、所得、一世帯あたり人員は『地域経済総覧』、気温は『アメダス観測年報』『地域気象観測所一覧表』、水洗トイレのある住宅比率は『市区町村の指標』より得た[31]。これらの基本統計量は表3.5の通り。

表3.5　基本統計量

変数	単位	平均	標準偏差	最小	最大
Q_R	m^3／世帯・月	22.22	3.70	13.09	33.19
P_{AP}	円／m^3	113.71	31.70	52.28	241.86
P_{MP}	円／m^3	140.85	40.49	60.00	240.00
P_{DV}	円	1394.29	616.94	150.00	3140.00
I	千円／人・月	300.81	40.56	216.92	435.00
W_{Temp}	℃	25.65	1.84	18.33	28.70
W_{Memb}	人／世帯	2.92	0.35	2.22	4.08
W_{Toil}	%	77.49	19.17	5.10	97.70

3.4　推定結果

以上の準備の後、OLS を用いて推定を行った[32]。また、残差の異常値に対しダミー変数による修正を加えた[33]。結果は次頁表3.6の通り。

表を見ても明らかなように、ほとんどすべての係数において有意な結果が得られた。また、それぞれの係数推定値の符号に関してみれば、有意である無いに関わらずすべて予想通りの符号を示している。それでは、まず線形モデル（Model 1、Model 2）から見ていくと、2 通りの価格変数ともに有意となっており、それぞれの価格変数が需要に与える影響の大きさは、若干 P_{MP} の方が大きいものの、ほぼ等しいと判断できるだろう。また、2 つの価格変数の違いによる他の変数への影響もほとんど見られない。さらに P_{DV} については、P_{DV} の上昇が需要量の増加をもたらすという予想通りの結果となり、その推定値も有意に現れた。これは、P_{MP} だけでは説明できない価格の変化をうまくとらえたことを意味しており、今回行った価格変数への配慮がうまく作用したことを示している。次に所得の係数を見ると、Model 1 では 10%

[31] それぞれの導出方法に関しては補論3.Aを参照。
[32] 集計データを用いた場合、各サンプル内の世帯数が異なれば分散不均一性を生じる可能性が存在する。Johnston(1991),pp.293-298.そこで、本研究では「分散均一である」を帰無仮説とする LM 検定を行った。結果として、帰無仮説は有意に棄却されず、結果として分散均一が採択されることとなった。
[33] 詳しい説明は補論3.Bにおいて行われる。

表3.6　推定結果

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
θ_0	-11.186 [4.192]***	-10.379 [4.347]**	-0.703 [0.635]	-1.002 [0.619]
θ_{AP}	-0.025 [0.008]***	-	-0.125 [0.040]***	-
θ_{MP}	-	-0.030 [0.009]***	-	-0.140 [0.046]***
θ_{DV}	-	0.001 [0.001]**	-	0.040 [0.027]
ι_I	0.013 [0.007]*	0.012 [0.007]	0.193 [0.092]**	0.205 [0.096]**
ξ_{Temp}	0.574 [0.131]***	0.566 [0.135]***	0.684 [0.142]***	0.713 [0.145]***
ξ_{Memb}	5.119 [0.755]***	4.738 [0.746]***	0.686 [0.099]***	0.640 [0.098]***
ξ_{Toil}	0.033 [0.016]**	0.035 [0.016]**	0.076 [0.030]**	0.077 [0.031]**
Dum1	8.440 [1.221]***	7.931 [1.228]***	0.332 [0.054]***	0.320 [0.055]***
Dum2	-5.844 [1.406]***	-6.009 [1.400]***	-0.323 [0.063]***	-0.338 [0.063]***
adj R^2	0.604	0.603	0.629	0.625

（備考）：

(1)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意、**5%水準で有意、*10%水準で有意。

水準で有意となったものの、Model 2 では有意とならなかった。また、需要への影響の程度から見ても、他の変数より影響が小さい結果となった。これはやはり、家計消費支出に占める水道料金の割合が約 1%にすぎない[34]ことを考えると、妥当な結果と見ることができる。さらに、今回所得以外の需要のシフト要因として採用した他の 3 つの変数を見ると、気温と一世帯あたり人員の需要に与える影響の程度は、価格や所得の影響に比べてずいぶん大きいことが明らかとなった。一方で水洗トイレ比率の影響の程度は価格のそれと大差ない結果となった。最後にダミー変数を見ると、その係数推定値は、先の表3.5における一世帯あたり需要量の標準偏差をはるかに上回るものとなっており、これはやはり該当する事業者のデータの収集方法、あるいはデータの定義そのものが、今回の分析において行った定義にあてはまらなかった可能性が考えられる。

[34] 総務庁統計局『家計調査年報（平成6年度版）』によると、標準世帯における水道料金支払額（4,392円/月）の実消費支出額（425,397円/月）に占める割合は1.03%、同消費支出額（343,348円/月）に占める割合は1.28%となっている。

次に、対数線形モデル（Model 3、Model 4）についてみてみる。対数線形モデルにおいても、係数推定値の符号条件はすべて予想通りのものとなった。まず、価格変数から見てみると、価格変数の違いによる他の係数への影響はほとんど見られない。また、P_{AP} と P_{MP} の係数推定値がほぼ等しいという点を考えると、本研究においては、価格変数の選択によって価格弾力性の計測結果にそれほど大きな影響があるとは考えられない。しかし、線形モデルでは有意となって現れた θ_{DV} は対数線形モデルでは有意とはならなかった。次に、所得変数を見ると、符号条件は予想通りのものであり係数推定値も有意であった。その他の需要のシフト要因はすべて有意な結果となった。

以上、推定結果を整理すると、本研究が意図したように、家庭用水需要においてもそれは価格と所得の関数として説明されることが明らかとなった。しかし、その需要への影響の程度の観点から見ると、その大きさは非常に小さいものであった。一方で、所得以外の需要のシフト要因として組み込まれた変数は、予想される符号を示し係数も有意に現れ、かつその影響の程度は価格や所得よりはるかに大きいものであった。また、分析上価格変数に若干の配慮を行ったが、それは分析結果に大きな影響を与えるものではなかった。

それでは、本研究のもう一つの目的として取り上げた、価格弾力性と所得弾力性の計測結果についてみていくことにする。今回の分析によって得られた価格弾力性、所得弾力性の計測結果は表３.７の通りである。

表３.７　価格弾力性、所得弾力性

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
ε_{Pi}	-0.128 (-0.047~-0.359)	-0.190 (-0.064~-0.414)	-0.125	-0.140
ε_{I}	0.176 (0.103~0.281)	-	0.193	0.205

（備考）：

(1)かっこ内はサンプル全体における計測結果の範囲を示す。

(2)Model 2 の所得弾力性は係数推定値が有意でないため、導出していない。

この結果より、線形モデルにおけるサンプル平均での弾力性の計測結果と対数線形モデルでの弾力性の計測結果はほぼ等しいと見ることができるだろう。また、線形モデルでは、サンプル全体においても価格弾力性において-0.047~-0.414、所得弾

力性において 0.103~0.281 となり、結果として価格弾力性、所得弾力性ともに非弾力的であることが明らかとなった。以上の結果を先行研究と比較したものが表3.8である。

表3.8　先行研究との比較

研究者（年）	価格弾力性	所得弾力性
Wong (1972)	-0.46~-0.62	0.64~1.03
Young (1973)	-0.60~-0.65	-
Gibbs (1978)	-0.51~-0.62	0.51~0.65
Foster and Beattie (1979)	-0.30~-0.69	0.63
Danielson (1979)	-0.27~-0.36	有意でない
Billings and Agthe (1980)	-0.49	1.68
Hanke and de Mare (1982)	-0.15	0.11
Young, Kinsley and Sharpe (1983)	-	算出不可
Williams (1985)	-0.22~-0.62	0.34~0.61
Nieswiadomy and Molina (1989)	-0.36~-0.86	0.10~0.20
Griffin and Chang (1990)	-0.35	0.36
Schneider and Whitlatch (1991)	-0.11~-0.26	0.21
Nieswiadomy and Molina (1991)	-0.17~-0.58	0.07~0.19
清水 (1991)	-0.32	有意でない
Nieswiadomy and Cobb (1993)	-0.15~-0.64	0.57~0.64
Hansen(1996)	-0.003~-0.10	有意でない
Dandy, Nguyen and Davies(1997)	-0.28~-0.77	0.14~0.38
本研究（2000）	-0.05~-0.41	0.10~0.28

（備考）：

(1)価格及び所得の係数が有意なもののみ表示した。

先行研究と本研究をあわせた傾向として、一部を除いて価格弾力性も所得弾力性もともに非弾力的となっている。これは、世界的に見ても家庭用水需要の持つ一つの特徴といえるだろう。また、本研究の計測結果は、どちらの弾力性においても相対的に低い値を示した先行研究の結果と一致するものとなった。その理由を考えてみると、まず所得弾力性に関していえば、先にも指摘したように、水道料金に対する支出は家計消費支出のわずか 1%程度に過ぎず、したがって家庭用水需要は所得に反応的ではないことが考えられる。一方、価格弾力性の場合、家計消費支出に占める水道料金支払いの割合が低いとはいうものの、水道料金を全く意識せずに水を消費しているとは一概には言えないのではないかと考えるのである。つまり、消費者は水道料金がどの程度であったかは認識しており、またそれによって使用量が多い少ないの情報は得ているものと思われる。しかし、実際の需要行動の段階になる

と、水道料金とは異なる次元で消費活動が行われているのだろう。したがって、結果として今回の分析結果も示しているように、家庭用水需要は、価格と所得よりもそれ以外の要因が大きく影響していることにつながっているのではないだろうか。

3.5 まとめ

本章の目的は、日本の家庭用水需要において、経済理論が求める価格や所得の要因が果たして本当に有意に影響を及ぼしているのかを実証することにあった。結果として、両方ともに有意に影響を及ぼしうるとなったものの、その程度に関しては相対的に低いことが明らかになった。また、その価格弾力性（-0.047~-0.414）と所得弾力性（0.103~0.281）を先行研究と比較した結果、両方ともに先行研究においてより小さな値を導き出したものとほぼ同じ値を示した。これらのことは、日本の家庭用水需要において、水道料金に対する支出は、家計消費支出に占める割合が約 1%程度にすぎないこと、また、水道料金を介して水需要が多かったかどうかの情報は得ていると考えられるものの、それが水の節約的利用に直接結びついていないのではないか、という点を反映しているものと考えられる。

同時に、所得以外の需要のシフト要因として夏期の平均気温、一世帯あたり人員、水洗トイレのある住宅比率の変数を組み込んで需要関数の推定を行ったが、そのどれもが有意に家庭用水需要に影響を及ぼしており、かつ、それらは価格や所得よりはるかに大きい程度の影響力を持つことも明らかとなった。

しかし、今回の分析にもまだまだ改善の余地があることは事実である。そのいくつかを指摘するならば、まず第一にデータの信頼性の向上であろう。今回定義した一世帯あたり住宅比率一つを見ても、基本統計量として示したように現実に考えられる以上の最大と最小の格差が見られた。これは、データの集計方法、各事業者において異なるデータの定義そのものをより正確に把握する必要があることを意味している。第二に、先行研究でも実にバラエティーに富んでいたサンプルの選択である。今回は日本全国を対象とした分析を行ったが、あるいは地域を限定するならば、より正確で細かいデータが入手可能になるかもしれない。また、経年的な分析を行うこともできるだろう。最後に、変数の選択である。今回は、先行研究をふまえ、いくつかの代表的な変数を採用したが、分析における決定係数の低さ、またダミー変数によって処理しなければならなかった異常値の存在についても、データの信頼性の向上とあわせて、さらなる需要への影響要因の模索を行う必要があるだろう。

第4章　家庭用以外の水需要関数推定

4.1　はじめに

本章では、家庭用以外の用途区分における水需要関数の推定を行う。それではまず、この区分における需要関数推定の分析の必要性から考えてみる。

今日の日本の水道事業において、需要関数推定アプローチからの分析の必要性については、第3章で述べたとおりである。そしてそこでは、家庭用の水需要関数が推定された。もちろん、日本の水道事業の特徴として、水道事業の全供給量に占める家庭用の割合は実に 7 割を超えるものであり、家庭用からの水道料金収入は水道事業運営で大きな位置を占めるものとなっている。しかし、実際の料金メニューは、負担力主義の原則から、比較的負担力の小さい家庭用に対して割安な料金体系が設定され、一方比較的負担力の大きい家庭用以外に対しては割高な料金体系が設定されている[35]。このような、いわば差別的な料金メニューの設定は現時点において明確な規準もなく、各事業者によって様々に設定されているところである[36]。

本研究では、このような料金設定に対して、より客観的な基準によって水道料金を導出しようと試みる。その具体的な料金設定方式として、限界費用価格設定方式とラムゼイ価格設定方式を検討する。この限界費用価格設定方式に関しては、第2章で導出された結果を用いることができる。しかし、ラムゼイ価格設定方式に関しては、第3章で導出された結果に加えて、家庭用以外の用途における価格弾力性が必要となる。そこで、本章では家庭用需要以外の用途区分における水需要関数の推定を行い、その価格弾力性の計測を行う。そして、それぞれの価格設定方式から導出された水道料金に関する議論は、次章第5章において行われる。

本章の構成は以下の通り。まず、次節第 2 節において先行研究を概観し、続く第 3 節において本章において採用される需要関数のモデルの定式化、採用される変数の設定、サンプル・データの出所等の説明を行う。以上の準備の後に、第 4 節において推定結果を示し、その結果の解釈を行う。そして最終第 5 節においてまとめを行う。

---

[35] 小原他（1981)、162-168 頁参照。

[36] 家庭用と家庭用以外における差別的料金の議論は用途別料金体系を採用している場合の議論である。そこでは、料金設定方式が恣意的であるという批判が存在する。寺尾（1981）第6章参照。そのため第1章でもふれたように近年では1996年8月の『水道料金制度調査会答申』において口径別料金体系

4.2 先行研究

諸外国において、家庭用用途以外の水需要関数を推定した研究はいくつか存在する。今回はその中で、筆者が入手できたもののみについて紹介する。

表４．１　先行研究

研究者（年）	対象地域	データ年	用途区分	価格弾力性
Williams and Suh(1986)	全米	1976 (cross)	家庭用 商業用 産業用	-0.180～-0.484 -0.226～-0.360 -0.438～-0.976
Schneider and Whitlatch (1991)	コロンバス州 オハイオ	1959-77 (pool)	家庭用 商業用 産業用 政府用 学校用 全体	-0.110 -0.234 -0.112 -0.438 -0.384 -0.161
Renzetti(1992)	カナダ バンクーバー	1982 (cross)	家庭用（夏） 家庭用（冬） 産業用	-0.649 -0.014 -1.913
Renzetti(1999)	カナダ オンタリオ	1991 (cross)	家庭用 家庭用以外	-0.124 -0.593
本研究（2000）	日本	1994 (cross)	家庭用以外 全体	-0.360~-0.367

（備考）：

(1) cross：クロスセクション・データ、pool：プーリング・データ。

水需要関数を各用途区分ごとに推定する目的は、研究者によってさまざまである。まず、Williams and Suh(1986)では、適切な料金体系の構築には各用途区分ごとの価格弾力性の情報が不可欠であり、そのためそれまであまり行われてこなかった各用途区分ごとの需要関数推定を行っている。次に、Schneider and Whitlatch(1991)では、単に各用途区分ごとの価格弾力性を計測することを第一目的としているものの、プーリング・データを用いた過小サンプルによる情報ロスの回避、時系列的な、あるいは企業ごとの特性を見るためのダミー変数の導入といったモデルの改良、さらには OLS によるバイアスを回避するための GLS の採用というように計量経済学的な分析上の精緻化に焦点が置かれているようである。さらに、Renzetti(1992)では、季

に移行することが示された。

節別ピークロード・プライシングの是非を検証するために、各四半期毎に需要関数を推定し、そこから得られる価格弾力性をもとにラムゼイ価格を設定し、各用途区分ごとに推定された需要関数を用いて水道事業全体の消費者余剰の計測を行っている。最後に、Renzetti(1999)では、現在設定されている価格と推定された限界費用との乖離がどの程度過剰消費をもたらし、水道事業全体としての厚生損失をもたらしているのかを見るために、各用途区分ごとに需要関数の推定を行っている。

このように、各用途区分ごとに需要関数を推定する目的は、その研究が最終的に何を明らかにしたいのかによって異なっている。しかし、一方で需要関数推定の方法そのものはそれぞれの研究によってそれほど大きく異なっているわけではない。そのアプローチは大きく 2 つに分けることができる。一つは、Renzetti(1992)で行われているように、企業の生産関数を考え、その投入要素の一つとして水需要を考え、いわゆる要素需要関数を推定するというものである。このアプローチでは、サンプルとして各企業ごとのデータが必要となる。もう一つは、Williams and Suh(1986)、Schneider and Whitlatch(1991)、Renzetti(1999)において行われているように、各水道事業者によって集計されたデータを用いて、各用途区分ごとの需要関数を推定するという方法である。このアプローチでは、需要関数は“平均的な”各用途区分の需要家の行動を説明することになる。この両者のアプローチの違いは、その需要関数の導出のもととなっている経済理論にも見ることができるが、実際の推定において最も大きく異なるのは、採用されるサンプルの違いであろう。前者では水を生産要素として利用している各企業ごとのデータが必要となるが、後者では各水道事業者によって集計されたデータさえあればよい。したがって、研究上のコスト面を考慮すれば後者のアプローチを選択するものが多くなると考えられる。

先行研究のレビューの最後として、推定結果としての価格弾力性の計測結果を見てみよう。表４．１を見て言えることは、Renzetti(1992)の産業用を除いてすべての用途区分において価格弾力性は非弾力的となっていることである。また、家庭用の需要の価格弾力性よりは、家庭用用途以外の価格弾力性の方が大きい傾向にあることも明らかであろう。以上のことは、水はどの用途区分においても必要不可欠な必需財であり、価格の変動に対してあまり敏感に反応するものではない、そしてその傾向は家庭用の用途区分においてより強く現れる傾向にあるということを意味している。

4.3 方法論

4.3.1 モデルの設定

本稿では、先行研究のレビューにおいて触れたように、需要関数推定のアプローチとして、各水道事業によって集計されたデータを用いた需要関数の推定を行う。その場合に、家庭用以外の用途区分として特に細かい分類を行わず、全体の需要から家庭用需要を除いた「家庭用以外」における需要関数を推定する[37]。（この点に関しては補論４.A 参照。）採用される需要関数の一般式は以下のように示される。

$$Q_N = f(P_i, W_{Keiki}, W_{Kibo}) \tag{4.1}$$

Q_N は家庭用以外の一月当たりの契約 1 件当たり水需要量、P_i は価格変数、W_{Keiki} は景気変数、W_{Kibo} は都市規模をあらわす変数である。以下では、これらの変数についてさらに詳しい説明を加えることにする。

まず Q_N として、ここでは家庭用以外全体の水需要を工場数、卸売商店数、小売商店数、飲食店数をウェイト付けして足し合わせたもので割ったものを採用した。この導出方法については以下の通りである。

本来ならば、「家庭用以外」においてはその需要区分の需要量を契約件数で割ったものを用いるべきであろう。しかし、第１章の表１.１０、表１.１１にもあるように、用途別、口径別ともに各区分ごとに契約件数当たり使用量がさまざまであり、これらを集計した家庭用以外の需要量をその契約件数で割った値が意味するものは不明である。そこで、本研究では契約件数の代わりに各事業者の位置する地方自治体における工場数、卸売商店数、小売商店数、飲食店数をその代理変数とすることにした。そのとき、表１.１０にもあるように、工場用と営業用では契約件数当たり使用量が異なることから、以下のようにウェイト付けを行うことにした。

$$X_{Sub} = 3.584X_{Fac} + X_{Whol} + X_{Ret} + X_{Res} \tag{4.2}$$

ここで、

$$3.584 = Q_{Fac} / Q_{Com} \tag{4.3}$$

---

[37] 各水道事業者によって集計データを用いるのは、各企業ごとに水需要をはじめとするデータを入手することは非常に困難なためである。また、家庭用の用途以外に詳細な分類を行わない理由は、補論４.A を参照。

ここで、X_{Sub} は営業用契約件数の代理変数、X_{Fac} は工場数、X_{Whol} は卸売商店数、X_{Ret} は小売商店数、X_{Res} は飲食店数である。また、Q_{Fac} は表１.１０に示されている、1996 年度の水道事業全体の一月当たりの工場用 1 件当たり有収水量であり、Q_{Com} は同じく水道事業全体の一月当たりの営業用 1 件当たり有収水量である。

以上より、Q_N は次の式で表される。

$$Q_N = Q_{TotalN} / X_{Sub} \tag{4.4}$$

ここで、Q_{TotalN} は家庭用以外全体の水需要量である。

さらに以下では、この Q_N 変数の意味するものを考えてみる。まず、便宜的に家庭用以外の水使用量がすべて工場用と営業用に利用されていると考える。ここで、仮に工場用契約件数を K_{Fac}、営業用契約件数を K_{Com} とし、それぞれの月 1 件当たり使用量を 210 ㎥、70 ㎥とする。すると、家庭用以外有収水量は、

$$210K_{Fac} + 70K_{Com} \tag{4.5}$$

となる。また、今回定義した代理変数を計算すると、

$$3\,K_{Fac} + K_{Com} \tag{4.6}$$

となり、したがって(4.4) を(4.5)で割ると、70 となる。これは営業用月 1 件当たり有収水量となることが分かる。ゆえに、本研究で用いられる Q_N 変数も営業用月 1 件当たり有収水量として考慮することが可能である。もちろん、この想定には 2 つの問題点が存在する。まず第一に、家庭用以外には工場用、営業用の用途以外の需要が含まれているという点である。この点に関して表１.１０を用いて検討すると、家庭用以外の有収水量を便宜的に $3.584K_{Fac} + K_{Com}$ で割ってみると、1,777,952,000／(1,569,127*12) = 94.42 となり、実際の営業用月 1 件当たり有収水量の約 1.3 倍に当たる。さらに、実際に今回の分析で用いられる Q_N 変数の平均値を見ると 105.41 となっており、さらに先の数字を上回ることになった。この点が今回の分析上の問題点の一つであることを考慮しておかなければならない。第二に、今回はウェイト付けとして各事業者とも一律に 3.584 という数字を用いた。本来ならば当然各事業者によって異なるウェイト付けを行わなければならないが、その値は入手不可能であり、暫定的にすべての事業者において工場用月 1 件当たり有収水量と営業用月 1 件

当たり有収水量の比率がすべて同じであるという想定をおかざるを得なかった。この点も今回の分析上の問題点の一つであることに留意しなければならない。

それでは変数の説明に戻ると、価格変数 P_i において i = AP30、AP50、AP70、AP90、AP110、AP130 であり、これは用途別料金体系を採用している事業者に関しては「営業用」の料金表、口径別料金体系を採用している事業者に関しては「口径 25mm」の料金表より、それぞれ 30 m^3、50 m^3、70 m^3、90 m^3、110 m^3、130 m^3水を需要した場合の平均の水道料金を算出したものである。この変数に関してさらに若干の説明を加えると、まず、「家庭用以外」における料金算定の際に「営業用」を用いたのは、先の説明にもあるように、今回定義した Q_N が営業用月 1 件当たり有収水量となるからである。また、口径別において 25mm の料金表を用いたのは、用途別の営業用に対応させる場合 30mm 以上では 1 件当たり需要量が非常に大きくなりすぎること、したがって 25mm の料金表がその使用目的を考えても妥当であると考えたためである。この点については明確な裏付けをとることが非常に困難であり、今後さらに検討する必要がある。

次に、平均の水道料金を算出する際に、30 m^3、50 m^3、70 m^3、90 m^3、110 m^3、130 m^3を採用したのは、第１章の表１.１０、表１.１１にもあるように、用途別料金体系における営業用の平均使用量が約 70 m^3であること、また、口径別料金体系における口径 25mm の平均使用量が約 30 m^3であること、さらに、今回の定義によって計算された Q_N の平均の値が約 105 m^3であり、この使用範囲における平均価格が今回設定した「家庭用以外」の使用区分の直面する価格であると考えたためである。この価格変数は、Williams and Suh(1986)においても同様のものが採用されており、その方法に準じたものである[38]。

さらに変数の説明に戻ると、景気変数 W_{Keiki} は代理変数として工業製品出荷額を採用した。この景気変数としては一般には GDP 等のデータが用いられる。しかし、市町村ベースのデータとなると、代理変数を用いる必要がある。そこで、まず都道府県ベースのデータを用いて県内総生産額と工業製品出荷額の相関をとった。結果として、東京都を除いたもので 0.91 となった。本研究では、市町村と都道府県のデータが同じ動きをするものと見なし、したがって、景気変数の代理変数として工業製品出荷額を採用することは十分可能であると判断した。

最後に、都市規模 W_{Kibo} として、ここでは行政区域内人口を用いた。

変数の選択に関しては、先行研究において採用された変数を参考にした。

---

[38]詳しくは、Williams and Suh(1986),p.1280 を参照。

表４.２　先行研究において採用された価格以外の説明変数

研究者（年）	説明変数
Williams and Suh(1986)	企業数、夏期の平均気温、企業の収益、生産の付加価値額。
Schneider and Whitlatch (1991)	一人当たり所得、世帯人数、単身世帯比率、夏期の平均降水量。
Renzetti(1992)	水道以外の生産投入価格、企業の生産量。
Renzetti(1999)	企業数、気候要因。

この表４.２では、商業用、産業用もしくは家庭用以外の用途区分において、価格変数以外に採用された説明変数をまとめたものである。このうち、Schneider and Whitlatch (1991)は商業用需要の説明変数として、家庭用に用いられたものをそのまま用いている。また、Renzetti(1992)では、企業の投入要素需要関数を推定しており、したがって、本稿では残る２つの研究において採用された変数を参考にした。まず、企業の収益、もしくは企業の付加価値生産額に変わる変数として、景気に関する変数を採用し、企業数は 1 件当たり需要量を算出する過程で用いているので、代わりの規模の変数として都市規模を表す行政区域内人口を用いることとした。また、実際は、気候に関する変数として夏期（6 月～8 月）の平均気温を含めた推定も行ったが、全く有意な結果が得られなかったので、ここでは取り上げないこととした。

以上のように今回推定される需要関数に採用する変数が決定された。また、実際に推定する際の関数型には線形モデル（linear model）と対数線形モデル（log-linear model）を採用することにした[39]。したがって、モデル式と価格弾力性の導出式は以下の表のようになる。

表４.３　モデル式、価格弾力性

モデル式	価格弾力性（ε_{Pi}）
$Q_N = \theta_0 + \theta_i P_i + \xi_{Keiki} W_{Keiki} + \xi_{Kibo} W_{Kibo}$	$\theta_i (\bar{P}_i / \bar{Q}_N)$
$\ln Q_N = \theta_0 + \theta_i \ln P_i + \xi_{Keiki} \ln W_{Keiki} + \xi_{Kibo} \ln W_{Kibo}$	θ_i

（備考）：

(1)上付の$^{-}$はサンプル平均を意味している。

[39]この線形モデルと対数線形モデルを用いたのは、(a)価格弾力性の計測が容易に行えること、(b)先行研究においてほぼすべてがこれらの関数型を用いており、結果の比較が容易に行えることがあげられ

4.3.2 サンプル・データの説明

サンプルは、第3章と全く同じものを用いた。分析に用いられるデータの出所はそれぞれ以下の通り。

まず、需要量のデータは『水道統計』より得た。価格変数は、各事業者ごとに『水道料金表』より算出した。景気変数、都市規模はともに『地域経済総覧』より得た。以上、採用された変数の基本統計量は表4.4の通り。

表4.4　基本統計量

変数	単位	平均	標準偏差	最小	最大
Q_N	m^3／人・件	105.409	51.778	2.654	297.003
P_{30}	円／m^3	156.948	50.878	60.000	315.000
P_{50}	円／m^3	164.472	44.428	73.600	289.000
P_{70}	円／m^3	174.368	45.898	75.429	298.000
P_{90}	円／m^3	180.081	48.011	76.444	311.778
P_{110}	円／m^3	186.626	51.450	78.000	320.545
P_{130}	円／m^3	190.972	53.173	78.846	326.615
W_{Keiki}	十億円／月	60.192	108.107	0.994	634.907
W_{Kibo}	百万人	469.199	1181.605	31.517	10886.107

4.4 推定結果

以上の準備の後、最小二乗法（OLS）を用いて推定を行った[40]。結果は表4.5および表4.6の通り。

表4.5は線形モデルを用いて推定されたものであり、表4.6は対数線形モデルによって推定された結果である。どちらも、価格変数の違いによって Case1-1~6、Case2-1~6 と分類されている[41]。それぞれの推定結果を見ても明らかなように、

る。

[40] 通常、集計データを用いた場合分散不均一性の存在が考えられる。そこで表4.5、表4.6のすべてのケースにおいて「分散均一である」ということを帰無仮説として LM 検定を行った。結果として、すべてのケースにおいて分散均一の帰無仮説は棄却されなかった。

[41] 表4.5と表4.6を比較すると、表4.6では景気変数が除かれている。これは、景気変数を含めて推定した場合、すべて価格変数のケースにおいて係数がすべて有意でないか、F検定値が棄却されないかのどちらかとなった。そのため、さらに景気変数と都市規模のどちらか一方を除いたもので分析

表４.５　線形モデルの推定結果

	Case 1-1	Case 1-2	Case 1-3	Case 1-4	Case 1-5	Case 1-6
θ_0	106.260 [16.242]***	115.644 [18.855]***	114.600 [19.262]***	113.493 [19.029]***	108.368 [18.491]***	107.853 [18.326]***
β_{30}	-0.051 [0.097]	-	-	-	-	-
β_{50}	-	-0.107 [0.111]	-	-	-	-
β_{70}	-	-	-0.096 [0.108]	-	-	-
β_{90}	-	-	-	-0.087 [0.104]	-	-
β_{110}	-	-	-	-	-0.055 [0.096]	-
β_{130}	-	-	-	-	-	-0.051 [0.094]
ξ_{Keiki}	0.076 [0.048]	0.078 [0.048]	0.080 [0.048]*	0.081 [0.048]*	0.079 [0.048]	0.079 [0.048]
ξ_{Kibo}	0.005 [0.004]	0.006 [0.004]	0.006 [0.004]	0.006 [0.004]	0.006 [0.004]	0.006 [0.004]
adj. R^2	0.028	0.034	0.033	0.032	0.029	0.029
F	2.048	2.279*	2.228*	2.198*	2.067	2.057

（備考）：

(1)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意、*10%水準で有意。

(2)F はパラメータのすべてが 0 であるという帰無仮説に対する検定統計値である。有意水準は上記と同様。

すべての需要関数推定式において決定係数は非常に低いもとのなった。しかし、本研究ではモデルのあてはまりよりも、むしろ価格変数の係数推定値の有意性の方に注目しており、そのためモデルそのものが採択可能かどうかについては「すべての係数が 0」を帰無仮説とする F 検定統計値をあわせて検討することにした。以上の点をふまえてそれぞれの結果を見てみると、表４.５に示された線形モデルの結果では、すべての価格変数と都市規模の係数が有意とはならなかった。一方で、Case1-3 と Case1-4 については帰無仮説が 10%水準で棄却され、かつ景気変数が有意となった。このことは、家庭用以外の需要に対し、景気が影響している可能性を示すものである[42]。次に、表４.６に示された対数線形モデルの結果を見ると、Case2-3、Case2-4、

を行ってみたが、景気変数のみを含めた場合、同様の問題が生じたために、結果として価格変数と都市規模のみによって推定した結果のみを表示することとした。

[42] この点に関しては先の議論と合わせて考えると、家庭以外の水需要は気候要因によって説明されるものではなく、景気によって影響を受けている可能性があり、第２章において明らかにされた、家庭用水需要が気候の影響を強く受けるということと比較して考えると、非常に対照的な結果となった。

表４.６　対数線形モデルの推定結果

	Case 2-1	Case 2-2	Case 2-3	Case 2-4	Case 2-5	Case 2-6
θ_0	4.873 [0.940]***	5.693 [1.064]***	5.898 [1.082]***	5.931 [1.069]***	5.813 [1.048]***	5.900 [1.045]***
β_{30}	-0.147 [0.182]	-	-	-	-	-
β_{50}	-	-0.317 [0.212]	-	-	-	-
β_{70}	-	-	-0.360 [0.215]*	-	-	-
β_{90}	-	-	-	-0.367 [0.213]*	-	-
β_{110}	-	-	-	-	-0.341 [0.207]	-
β_{130}	-	-	-	-	-	-0.361 [0.208]*
ξ_{Kibo}	0.073 [0.049]	0.082 [0.049]*	0.088 [0.049]*	0.091 [0.050]*	0.091 [0.050]*	0.095 [0.050]*
adj. R^2	0.007	0.022	0.027	0.028	0.026	0.029
F	1.393	2.210	2.248*	2.574*	2.438*	2.595*

（備考）：

(1)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意、*10%水準で有意。

(2)F はパラメータのすべてが０であるという帰無仮説に対する検定統計値である。有意水準は上記と同様。

Case2-6 において F 検定が棄却され、かつ価格変数と都市規模の係数が有意となった。また、Case2-5 に関しては、帰無仮説が棄却され、かつ都市規模の係数のみが有意となった。これは、家庭用以外の需要と価格との関係が対数線形モデルにおいてより有意に説明できたことを意味するものである。さらに価格変数として 70 m^3 と 90 m^3における平均価格が有意となっており、これは日本全体で見た営業用の月 1 件当たり平均使用量とほぼ対応している。

それでは次に、価格弾力性の計測結果についてみていくことにする。今回の分析によって得られた価格弾力性の計測結果は次頁表４.７の通りである。

表４.７は、日本における家庭用以外の水需要に関しては価格に対して非弾力的であるということを示している。これを先行研究と比較すると、諸外国で推定されたものと比較すると、Renzetti(1999)で推定されている家庭用以外のものより若干低くなっているが、Williams and Suh(1976)における商業用の計測結果と比較してみるとおおむね同じ値となっている。さらに、第２章において推定された家庭用の価格弾力性と比較すると家庭用以外の方が大きな値として計測されている。この点は、

表4.7　価格弾力性

	Case 2-3	Case 2-4	Case 2-6
ε_{Pi}	-0.360	-0.367	-0.361

(備考)：

(1)価格変数の係数が有意なもののみその弾力性の計測を行った。

日本における水道料金設定において、家庭用よりもそれ以外の部分においてより高い水道料金が課されるように設定されており、このことが原因となっていることがまず考えられる。また、水の使用形態の観点から考えると、家庭用では日常生活に必需的な利用がされている一方で、営業用を含めた家庭用以外の部分では、財またはサービスの生産のための投入要素として利用されており、家庭用に比べるとより価格弾力的になることは容易に考えられるであろう。

4.5　まとめ

本章の目的は、家庭用以外の用途区分における需要関数を推定し、その価格弾力性を計測することにあった。論文中で述べてきたとおり、日本において家庭用以外の用途区分において需要関数を推定することは、その公表されているデータを考慮する限り、非常に困難なものといえる。したがって、今回本稿において推定された需要関数もそのデータの設定方法等留意すべき点は非常に多い。しかし、そのような限定的な分析の中においてもいくつかの明らかになった点も存在する。まず第一に、家庭用以外の用途区分においてその需要は景気の影響を受けている可能性が存在すること。第二に、価格や都市規模も家庭用以外の水需要の説明要因として考えられること。第三に、日本の家庭用水需要の価格弾力性に比べると、家庭用以外のそれの方がより価格弾力的であり、その値は-0.360～-0.367 程度であること。

最後に、幾度となく述べてきたが、水道事業において家庭用以外の用途区分における需要関数推定を行うことは、そのデータの制約など、非常に困難である。しかし、そのような状況の中で、今回行った分析はいくつかの留保条件はあるものの、現時点においてもっとも「真の値」に近い分析結果であると考える。

第5章　限界費用価格設定とラムゼイ価格設定

5.1　はじめに

これまで、第2章において費用関数を推定し、第3章で家庭用の水需要関数を推定し、第4章では家庭用以外の水需要関数を推定してきた。次に、本章ではこれらの推定結果を用いて、水道事業の料金問題に関する分析を行う。

日本では、第1章でも見たように、水道料金の設定方式として費用積み上げ型の総括原価方式が採用されている。その水道料金の設定は、水道法等の法律によって明確に規定されているのではなく、日本水道協会によって作成された『水道料金算定要領』によってその基本的な考え方が示されているだけであり、実際は各事業者の裁量に任されているのが現実である。この、費用積み上げ型の総括原価方式による水道料金は、その料金算定が原価に立脚しているという点で非常に透明性が高く、何より事業の存続に必要な費用を確実に回収可能であるという点で優れた料金設定方式と考えられている。しかし、その一方で、この方式であれば「効率化へのインセンティブに欠ける」、計上された費用そのものが果たして適正であるかどうかの情報は事業者にしか知ることができないという「情報の偏在性」など、いくつかの問題点が存在することも事実である[43]。これに対し、1996 年 8 月の『水道料金制度調査会答申』では、水道料金設定方式の「レートベース方式」への移行や、「情報公開」の推進など、水道事業の効率化へ向けての提言が示されたところである。

ところで、これまでの議論は、「より効率的な生産を行って実現できる水道料金」というものが「現在設定されている水道料金」よりも「より低いだろう」という前提にたって行われてきたものである。しかし、そこでは「より効率的な生産を行って実現できる水道料金」がどの程度なのかの情報が全く存在しない。今後、より具体的に水道事業政策が検討されていく中で、こうした「効率的な生産を行った場合に実現される費用、および水道料金」に関する情報が必要不可欠なものになるということは容易に想像のつくことであろう。

そこで、本章では「水道事業が効率的な生産を行った」場合に実現される水道料金の導出を行い、それらと現在設定されている水道料金との比較を行う。この、「効率的な生産を行った場合に実現される水道料金」として、本章では 2 つの価格設定

---

[43] たとえば経済企画庁物価局（1996）参照。

方式より導かれる料金を採用した。一つは、ファースト・ベスト・プライシングとしての限界費用価格設定であり、もう一つはセカンド・ベスト・プライシングとしてのラムゼイ価格設定である。この限界費用価格設定とは水道事業の限界的な生産にかかる費用のみを消費者に負担させ、それによって「経済的厚生を最大化する」という意味で「ファースト・ベスト」な料金設定方式である。しかし、規模の経済性が存在する場面においては、この料金設定方式では赤字が発生し、そのため何らかの方法によってその赤字分を補填しなければならない。これに対し、ラムゼイ価格設定は、各需要家の価格弾力性を基準として料金を設定しようとするものであり、そこでは「収支均衡を条件として、経済的厚生が最大化」される。この「収支均衡」を条件としているという意味で、一般にファースト・ベストに対し「セカンド・ベスト」な料金設定方式とよばれる[44]。本章では、水道事業においてこの 2 つの料金設定が行われた場合に、それらが現在設定されている価格[45]に対しどれほど乖離しているのかを検証する[46]。

本章の構成は以下の通り。まず、第 2 節において先行研究のレビューを行う。次に第 3 節において方法論の説明を行う。そして第 4 節において分析結果を示し、第 5 節において本章のまとめを行う。

5.2 先行研究

これまで、水道事業において家庭用と家庭用以外の用途区分において費用関数と需要関数を推定し、代替的な価格を導出し、現在の価格との比較分析を行った研究は、Renzetti(1992)、Kim(1995)、Renzetti(1999)がある。それぞれの研究を表にまとめると次頁表5.1のようになる。

まず、Renzetti(1992)ではカナダのバンクーバーにおいて季節別ピークロード料金を導入した場合、現行の料金に対して消費者余剰が増加するのかの検証を行った。その季節別ピークロード料金として、限界費用価格設定を行った場合とラムゼイ価格設定を行った場合の 2 通りのケースを採用している。結果として、ここでは限界

---

[44] 植草（1991)、111-112 頁参照。

[45] ここで「現在設定されている価格」とは、本研究の分析に採用された事業者の家庭用、家庭用以外のそれぞれ月 1 件当たり水使用量に対し、水道料金表によって算出された水道料金の 1 ㎥当たりの平均価格をさらに全事業者で平均した値である。

[46] したがって、本研究は具体的な料金体系を意識した議論を行うものではなく、単に現在設定されて

表5.1　先行研究

	Renzetti(1992)	Kim(1995)	Renzetti (1999)
地域	Vancouver, Canada	U.S.	Ontario, Canada
データ	pool	cross	cross
費用関数	(1975Ⅰ-1986Ⅳ；四半期)	(1973年；年次)	(1991年；年次)
需要関数	家庭用 (データ年不明；月次) 産業用 (1982年；区分不明)	-	家庭用、家庭用以外 (1992年；年次)
モデル			
費用関数	translog (単一生産物、短期・長期)	translog (複数生産物、長期)	translog (複数生産物、長期)
需要関数	translog (家庭用、産業用)	-	log-linear (家庭用、家庭用以外)
限界費用	SRMC　LRMC Winter 4.35 53.89 Spring 6.61 71.05 Summer 8.94 85.83 Fall 6.22 55.15 (単位：$/1000 m³)	家庭用：16.06 家庭用以外：14.38 (単位：¢/1000gallons)	家庭用：0.873 家庭用以外：1.492 (単位：$/m³)
価格弾力性	家庭用：-0.649 産業用：-1.913	家庭用：-0.40 家庭用以外：-0.75	家庭用：-0.124 家庭用以外：-0.593
ラムゼイ価格	家庭用　産業用 Winter 9.1 7.1 Spring 13.9 10.8 Summer 180.1 140.1 Fall 13.1 10.2 (単位：$/1000 m³)	家庭用：45.09 家庭用以外：22.01 (単位：¢/1000gallons)	-

(備考)：

(1)pool：プーリング・データ、cross：クロスセクション・データ。

(2)Kim(1995)は需要関数の推定は行っておらず、価格弾力性はGoddard et al.(1978)からの引用である。

(3)SRMCは短期限界費用、LRMCは長期限界費用。

費用価格設定を行い、それによって生じた赤字分は各消費者に固定費用として徴収する方法によって全体としての消費者余剰が増加することとなり、ラムゼイ価格では消費者余剰の増加を見ることはできなかった。このRenzetti(1992)において採用された分析方法についてもう少し詳細に見てみよう。ここでは費用関数の推定において単一生産物費用関数が採用されている。つまり、家庭用、産業用ともに費用構造が同じであると想定されていることになる。また、需要関数推定においては家庭用、産業用それぞれに対して推定されており、家庭用においては、各水道事業ごとに集

いる水道料金と、計算上導出される料金の「水準」の比較を行おうとするものである。

計されたデータをもとに需要関数が推定されているのに対し、産業用においては、企業ごとにデータが収集され、水を生産に必要な投入要素と考える、つまり投入要素需要関数が推定されている。

次に、Kim(1995)の研究について見てみよう。ここでは、現行の価格に対し、限界費用価格設定を行った場合と、ラムゼイ価格設定を行った場合に、それぞれどの程度乖離しているのかについて検証を行った。結果は、あくまでもラフ（rough）な計測結果であると断った上で、ラムゼイ価格設定による水道料金は、限界費用価格設定を行った場合よりも現在設定されている価格により近いものであることが明らかとなった。つまり、現在の価格はファースト・ベストな価格よりもセカンド・ベストな価格により近いことを示している。ここでも、先と同様にもう少し分析の方法について詳細に検討する。Kim(1995)では、費用関数として複数生産物費用関数を採用し推定を行った。つまり、水道事業は家庭用とそれ以外という 2 つの異なる生産物を生産していると想定していることになる。

最後に Renzetti(1999)について見てみよう。ここでは Kim(1995)で採用された方法と全く同じ方法を用いて、現在の価格がファースト・ベストな限界費用価格設定を行った場合の水道料金に対してどの程度の過剰需要を引き起こしているのかの検証を行っている。この議論の背景には現在の水道料金が限界費用以下の水準において設定されており、結果として消費者が過剰に水の消費を行っているのではないか、という問題意識が存在する。結果は家庭用以外においてより過剰需要を引き起こしていることが明らかとなった。ここでも同様に分析の方法についてもう少し詳細に見てみると、Kim(1995)と同様に費用関数として複数生産物費用関数が採用されている。また、需要関数の推定は、家庭用と家庭用以外においてそれぞれ別々に推定されており、ここでは両方ともに各水道事業者によって集計されたデータを用いた推定が行われている。

以上、先行研究について簡単な整理を行った。以下では、先行研究をふまえながら、本章において行われる分析の方法論についての説明を行う。

5.3 方法論

本章の目的は、限界費用価格設定を行った場合とラムゼイ価格設定を行った場合に、現在の水道料金とどの程度乖離しているのかを明らかにすることであった。そのためには、まず限界費用とラムゼイ価格を導出しなければならない。以下、それ

ぞれの導出方法について説明する。

5.3.1 限界費用の導出

限界費用を導出するためには、まず費用関数を推定しなければならない。ところで、本章では、家庭用と家庭用以外におけるラムゼイ価格の導出を試みており、そのためには Kim(1995)あるいは Renzetti(1999)で行われたように、家庭用と家庭用以外に対する水を生産すると考えて複数生産物費用関数を推定する方法が適切かもしれない。しかし、2 つの点でこの方法は採用しなかった。まず第一は、Kim(1995)、Renzetti(1999)と同様に複数生産物費用関数の推定を試みたが、家庭用と家庭用以外のそれぞれの生産量の間には強い相関（0.912）があり、多重共線性の影響から有意な結果を得ることができなかった。第二は、そもそも日本の水道事業では、家庭用においても家庭用以外においても全く同じ質の水の生産が行われており、単に配水先が家庭用かそれ以外かということで、生産の過程でそれぞれ生産方法が異なるわけではない、ということがあげられる。したがって、本研究では、家庭用と家庭用以外に対する水は同時に生産されており、結果として家庭用に対しても家庭用以外に対しても水の生産にかかる平均費用も限界費用も同じである、つまり費用関数は一つであると想定した。したがって、費用関数は、第 2 章で推定され、モデル間の検定の結果もっとも説明力があるとされたヘドニック・モデルを用いる。

(2.3)(2.4)式より、

$$\begin{aligned}\ln C = {} & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Y + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k + 1/2\ \alpha_{QQ} (\ln Y)^2 \\ & + 1/2\ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij} (\ln P_i)(\ln P_j) + 1/2\, \Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl} (\ln N_k)(\ln N_l) \\ & + \Sigma_i \delta_{Qi} (\ln Y)(\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk} (\ln Y)(\ln N_k) \\ & + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik} (\ln P_i)(\ln N_k) \end{aligned} \tag{5.1}$$

ここで、

$$\ln Y = \ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h \tag{5.2}$$

さらに、限界費用（MC）は以下のように定義される。

$$\begin{aligned} MC = {} & \partial C / \partial Q = (\partial C / \partial \ln C)(\partial \ln C / \partial \ln Q)(\partial \ln Q / \partial Q) = (C/Q)(\partial \ln C / \partial \ln Q) \\ & = AC\,(1 / RTD) \end{aligned} \tag{5.3}$$

ここで、AC は平均費用であり、RTD は第２章で定義されたように、ネットワークを一定とした場合の密度の経済性である。まず、平均費用は(2.19)より、

$$
\begin{aligned}
AC &= C / Q \\
&= (1/Q)\,EXP[\,\alpha_0 + \alpha_Q(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h) + \Sigma_i \beta_i \ln P_i + \Sigma_k \gamma_k \ln N_k \\
&\quad + 1/2\ \alpha_{QQ}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)^2 + 1/2\ \Sigma_i \Sigma_j \lambda_{ij}(\ln P_i)(\ln P_j) \\
&\quad + 1/2\,\Sigma_k \Sigma_l \mu_{kl}(\ln N_k)(\ln N_l) + \Sigma_i \delta_{Qi}(\ln Y)(\ln P_i) \\
&\quad + \Sigma_k \delta_{Qk}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h \ln Z_h)(\ln N_k) + \Sigma_i \Sigma_k \zeta_{ik}(\ln P_i)(\ln N_k)] \qquad (5.4)
\end{aligned}
$$

次に、RTD は表２.５より、

$$RTD = 1 / [\,\alpha_Q + \alpha_{QQ}(\ln Q + \Sigma_h \eta_h Z_h) + \Sigma_i \delta_{Qi}(\ln P_i) + \Sigma_k \delta_{Qk}(\ln N_k)] \qquad (5.5)$$

5.3.2 ラムゼイ価格の導出

ラムゼイ価格は、「収支均衡を制約条件として、経済厚生を最大化する」ような価格として導出される。これを、水道事業を例にとって考えてみる。

まず、収支制約式が以下のように与えられる。

$$P_R Q_R + P_N Q_N - C_{Total} = 0 \qquad (5.6)$$

ここで、Q_R は家庭用需要、Q_N は家庭用以外需要、P_R は家庭用の価格、P_N は家庭用以外の価格、C_{Total} は水道事業全体の総費用である。

次に、家庭用の水需要と家庭用以外の水需要の逆需要関数をそれぞれ $P(Q_R)$、$P(Q_N)$ とすると、経済厚生（＝水道事業における消費者余剰）は以下のように表される。

$$[\int P(Q_R)\,dQ_R] + [\int P(Q_N)\,dQ_N] - C_{Total} \qquad (5.7)$$

この(5.6)式を制約とする、(5.7)式の最大化問題を考える。そのため、ラグランジュ乗数 ψ を用いると、ラグランジュ関数は、

$$L = [\int P(Q_R)\,dQ_R] + [\int P(Q_N)\,dQ_N] - C_{Total} + \psi\ [P_R Q_R + P_N Q_N - C_{Total}] \qquad (5.8)$$

1階の条件より、

$$\partial L / \partial Q_R = P_R - \partial \ C_{Total} / \partial Q_R + \psi [(\partial P_R / \partial Q_R) Q_R + P_R - \partial \ C_{Total} / \partial Q_R] = 0 \quad (5.9)$$

$$\partial L / \partial Q_N = P_N - \partial \ C_{Total} / \partial Q_N + \psi [(\partial P_N / \partial Q_N) Q_N + P_N - \partial \ C_{Total} / \partial Q_N] = 0 \quad (5.10)$$

$$\partial L / \partial \psi = P_R Q_R + P_N Q_N - C_{Total} = 0 \quad (5.11)$$

ここで、$P(Q_R) = P_R$、$P(Q_N) = P_N$と表され、家庭用の需要および価格は、家庭用以外の需要および価格とは独立と仮定される。

この(5.9)、(5.10)式を変形すると、

$$(P_R - MC_R) / P_R = \psi / (1 + \psi) \varepsilon_R \quad (5.12)$$

$$(P_N - MC_N) / P_N = \psi / (1 + \psi) \varepsilon_N \quad (5.13)$$

ここで、$\partial C_{Total} / \partial Q_R = MC_R$ 、$\partial C_{Total} / \partial Q_N = MC_N$ であり、それぞれ家庭用の限界費用、家庭用以外の限界費用である。また、ε_R、ε_Nは家庭用、家庭用以外のそれぞれの需要の価格弾力性であり、それぞれ$\varepsilon_R = -(\partial P_R / \partial Q_R)(Q_R / P_R)$、$\varepsilon_N = -(\partial P_N / \partial Q_N)(Q_N / P_N)$をみたす。

この(5.12)、(5.13)式より、以下の式が導出される。

$$[(P_R - MC_R) / P_R] \varepsilon_R = [(P_N - MC_N) / P_N] \varepsilon_N \quad (5.14)$$

この(5.12)は「ラムゼイルール」とよばれる[47]。また、(5.11)式と(5.14)式より家庭用と家庭用以外のラムゼイ価格（P^S_R、P^S_N）が求められる。

上に示した限界費用に関しては、先にその導出の方法について説明した。また、総費用と産出量に関しては第2章で定義されたように、産出規模ごとの値が用いら

[47] 以上のラムゼイ価格に関するより詳細な議論は、たとえば植草（1991）、奥野・鈴村（1988）、清野（1993）を参照。

れる。ところで、産出量に関して、ここではさらに家庭用とそれ以外に分ける必要がある。今回は、日本全体の用途別料金体系を採用している事業者の家庭用有収水量とそれ以外の比率を用いて産出量を配分することにした。

最後に、残された価格弾力性の導出に関する説明を行う。価格弾力性の推定は、家庭用のものに関しては第3章で導出されたものを用いる。家庭用以外のものに関しては、第4章で導出されたものを用いる。それぞれの需要関数の推定式は以下の通り[48]。まず、家庭用では、表3.4のModel 3より、

$$\ln Q_R = \theta_0 + \theta_R \ln P_R + \gamma \ln I + \xi_{Temp} \ln W_{Temp} + \xi_{Memb} \ln W_{Memb} + \xi_{Toil} \ln W_{Toil} \tag{5.15}$$

次に、家庭用以外では、表4.3の対数線形モデルを採用して、

$$\ln Q_N = \theta_0 + \theta_N \ln P_N + \xi_{Kibo} \ln W_{Kibo} \tag{5.16}$$

ここで、P_Rは、家庭用1件当たりの平均価格（円／㎥）であり、I は所得、W_{Temp}は夏期（6～8 月）の平均気温、W_{Memb}は世帯当たり人員、W_{Toil}は水洗トイレのある住宅比率である。また、P_Nは、営業用において月90㎥使用した場合の平均価格（円／㎥）であり[49]、W_{Kibo}は都市規模である。

以上の需要モデルに対し、それぞれの価格弾力性は以下のように導出される。まず、家庭用の価格弾力性（ε_R）は、

$$\varepsilon_R = \partial \ln Q_R / \partial \ln P_R = \theta_R \tag{5.17}$$

次に、家庭用以外の価格弾力性（ε_N）は、

$$\varepsilon_N = \partial \ln Q_N / \partial \ln P_N = \theta_N \tag{5.18}$$

---

[48] 第3章、第4章ではともに線形モデルと対数線形モデルを用いて、採用する説明変数によっていくつかのケースを推定している。ここで採用されているモデルは、第4章において対数線形モデルのみ有意な結果が得られたため、第3章からも同じ対数線形モデルであり、かつ第4章において採用されているように、価格変数として平均価格を用いているモデルを引用することにした。したがって、価格弾力性はともに一定の値となり、規模別の導出を行うことはできなかった。

[49] ここで、家庭用以外における価格変数として月90㎥を採用したのは、単に需要量のサンプル平均にもっとも近いという理由からである。

5.4 計測結果

第2章で議論されたサンプル平均と規模に対して、それぞれ平均費用、密度の経済性、そしてその時の限界費用は以下の通りである。

表5.2　平均費用、密度の経済性、限界費用

	AC	RTD	MC
Mean	151.729	1.101	137.854
Scale 1	148.004	1.055	140.321
Scale 2	162.496	1.177	138.042
Scale 3	162.662	1.214	134.043
Scale 4	197.053	1.402	140.574

（備考）：

(1)規模の大きさはそれぞれ以下のとおりである。かっこ内は事業者数。

Scale 1：産出量100百万m³以上の事業者　(15)

Scale 2：産出量20百万m³以上100百万m³未満の事業者　(35)

Scale 3：産出量10百万m³以上20百万m³未満の事業者　(29)

Scale 4：産出量10百万m³未満の事業者　(33)

さらに、需要の価格弾力性の計測結果は以下の通りである。

表5.3　価格弾力性

ε_R	ε_N
-0.125	-0.367

以上の準備の後に、限界費用価格設定を行った場合の価格（MC 価格）、ラムゼイ価格設定を行った場合の価格（ラムゼイ価格）の導出を行う。MC 価格に関しては、限界費用価格設定方式に基づいて、表5.2で導出された値をそのまま用いる。ラムゼイ価格に関しては、先の(5.11)式と(5.14)式に表5.2、表5.3で得られた結果を代入して導出する。詳しい導出方法は以下の通り。

まず、今回の想定では家庭用と家庭以外の限界費用が等しいから、$MC_R = MC_N = MC_{Total}$となる。まず、(5.14)式をP_Nに関して整理すると、

$$P_N = P_R \varepsilon_N MC_{Total} / [P_R \varepsilon_N - (P_R - MC_{Total}) \varepsilon_R] \tag{5.19}$$

このとき、$P_R > MC_{Total}$ と仮定される。(5.19)式を(5.11)式に代入すると、

$$P_R Q_R + [P_R \varepsilon_N MC_{Total} / [P_R \varepsilon_N - (P_R - MC_{Total}) \varepsilon_R]] Q_N - C_{Total} = 0 \tag{5.20}$$

この(5.20)式を、P_R の２次方程式として整理すると、

$$(Q_R \varepsilon_N - Q_R \varepsilon_R) P_R^2 + (Q_R MC_{Total} \varepsilon_R + \varepsilon_N MC_{Total} Q_N - C_{Total} \varepsilon_N + C_{Total} \varepsilon_R) P_R$$
$$- C_{Total} MC_{Total} \varepsilon_R = 0 \tag{5.21}$$

よって、解の公式より、

$$P_R = [-\upsilon \pm \sqrt{(\upsilon^2 - 4\tau\phi)}] / 2\tau \tag{5.22}$$
$$\tau = Q_R \varepsilon_N - Q_R \varepsilon_R$$
$$\upsilon = Q_R MC_{Total} \varepsilon_R + \varepsilon_N MC_{Total} Q_N - C_{Total} \varepsilon_N + C_{Total} \varepsilon_R$$
$$\phi = - C_{Total} MC_{Total} \varepsilon_R$$

ところで、価格が正という条件より、(5.22)式の右辺において負の符号が採択される。また、先に導出の過程で $P_R > MC$ と仮定したが、結果としてこれは満たされている。

以上の準備の後に、表５.２、表５.３、そして以下に示す表５.４の値を代入すると、表５.５の結果が得られる。（この表５.５には、実際に消費者が支払っている価格（現在の価格）として、各規模ごとの価格変数のサンプル平均もあわせて表示されている。）

表５.４　規模別総費用・産出量

	TC (千円)	Q_R (千㎥)	Q_N (千㎥)
Mean	10,108,184	47,300	19,320
Scale 1	52,622,803	252,441	103,110
Scale 2	6,846,209	29,913	12,218
Scale 3	2,479,923	10,825	4,421
Scale 4	1,262,707	4,550	1,858

表5.5　MC価格、ラムゼイ価格

	MC価格	ラムゼイ価格		現在の価格	
		家庭用	家庭用以外	家庭用	家庭用以外
Mean	137.854	155.171	143.301	113.711	180.081
Scale 1	140.321	149.871	143.434	100.826	194.116
Scale 2	138.042	168.761	147.166	106.011	180.167
Scale 3	134.043	170.090	144.471	117.196	178.301
Scale 4	140.574	212.628	158.916	124.532	175.025

それぞれの価格を見ると、MC 価格では、Mean もしくは Scale2 程度の規模においてもっとも小さくなる傾向が見られる。これに対し、ラムゼイ価格と現在の価格の家庭用では、規模が大きいほど価格も大きく、現在の価格の家庭用以外では、逆に規模が大きいほど価格は小さくなる傾向が見られる。

次に、それぞれの価格が採用された場合の水道料金収入と総費用を比較したものが表5.6である。

表5.6　料金収入と総費用との関係

	MC価格 (%)	ラムゼイ価格 (%)	現在の価格 (%)
Mean	90.855	100.000	87.629
Scale 1	94.809	100.000	86.403
Scale 2	84.940	100.000	78.472
Scale 3	82.407	100.000	82.944
Scale 4	71.339	100.000	70.629

この表より明らかなことは、当然最初の仮定により、ラムゼイ価格では費用をすべて賄うこととなったが、MC 価格および現在の価格においては、規模が大きいほど費用を賄う比率は大きくなっていることがわかる。まず、MC 価格に関しては規模が小さいほど密度の経済性も大きくなっていることを考えれば、当然の結果が示されたといえるが、現在の価格に関しては、規模のより小さな事業者ほど現在設定されている価格では、大きな赤字を被ることが示されており、そこには何らかの補助金等による補填が必要となることは明らかであろう。

それでは、以上で示された MC 価格、ラムゼイ価格と現在の価格との乖離の程度を Kim(1995)で定義された指標を用いて見てみることにしよう。この結果は表5.7

のとおり。

表５.７　規模別の乖離度の比較

	乖離度	家庭用	家庭用以外
Mean	DF 1	-0.175	0.306
	DF 2	0.365	-0.204
Scale 1	DF 1	-0.281	0.383
	DF 2	0.486	-0.261
Scale 2	DF 1	-0.232	0.305
	DF 2	0.592	-0.183
Scale 3	DF 1	-0.126	0.330
	DF 2	0.451	-0.190
Scale 4	DF 1	-0.114	0.245
	DF 2	0.707	-0.092

（備考）：

(1)乖離度（difference ratio, DF）の定義は Kim(1995)に従った。

DF 1 : price-marginal cost margins

$(P_C - MC) / MC$

DF 2 : relation of actual to second-best prices

$(P_S - P_C) / P_C$

ここで、P_Cは現在の価格、MC は限界費用、P_Sはラムゼイ価格。

ところで、DF 1 の分子は現在の価格から限界費用を引いたものであるから、この値が負であれば現在の価格は限界費用よりも小さいことを意味し、結果として（規模の経済性が存在する範囲で現在の価格は平均費用より低い限界費用をさらに下回っているので）赤字を発生することになる。逆に正であれば、その値が大きくなればなるほど赤字を発生する程度が小さくなることを示す。一方、DF 2 の分子は、ラムゼイ価格から現在の価格を引いたものであるから、値が小さくなればなるほど赤字の発生する程度は小さくなる。それでは、表５.７の結果について見ていくと、まず、全体として現在設定されている水道料金は、家庭用において MC 価格よりも小さく、家庭用以外においてラムゼイ価格よりも大きくなっていることが見て取れるであろう。これを乖離度の観点から見てみると、現在の価格と限界費用との乖離の程度（DF 1）は、家庭用、家庭用以外ともに規模が小さくなるほど小さくなっており、現在の価格とラムゼイ価格との乖離の程度（DF 2）に関しては、家庭用以外では DF 1 と同じように規模が小さいほど小さくなっているものの、家庭用において

は、逆に規模が小さいほど大きくなっていることがわかる。この結果は、家庭用において規模が小さいほど MC 価格に近い価格設定が行われていることを示すものである。一方で、規模が大きいほどラムゼイ価格に近くなっているように見えるのは、単に規模が小さい事業者ほど家庭用のラムゼイ価格がかなり大きく導出されていることによるものである。また、家庭用以外においては現在の価格がラムゼイ価格よりもかなり高く設定されており、その差は規模が大きいほど大きいということを示すものである。

以上、規模別に MC 価格、ラムゼイ価格、現在の価格を比較し、さらにそれぞれの乖離度を比較して明らかになったことは、どの規模においても家庭用の現在の価格は限界価格よりも低く設定されており、この需要区分においては水道事業は赤字を被っていることが明らかであろう。一方、家庭用以外においては、どの規模においてもラムゼイ価格より大きくなっているものの、その程度は規模が大きいほど大きくなっており、結果として、表5.6にも明らかなように、規模が大きい事業者ほど現在の価格設定では費用の回収率が高い結果となっている。これは、水道事業における用途別の費用負担のあり方を反映したものであり、家庭用よりも家庭用以外の用途区分においてより割高な水道料金が設定されており、かつ、その料金格差はより規模の大きな事業者ほど大きくなっているということであろう。

最後に、諸外国において計測されたケースとの比較を行う。まず、価格弾力性についてみてみると、表5.1を見ても明らかなように、本研究を含めて、より価格弾力性が高いと考えられる家庭用以外の用途における水道料金の方が低い値となっている。これは、需要の価格弾力性の小さな事業者からより高い水道料金を徴収するとするラムゼイ価格設定の理論と一致するものである[50]。一方、Renzetti(1992)にあるように、季節別のラムゼイ価格を見ると、より価格弾力性の大きい夏の需要に対し、より高い価格の設定が行われている。これは、夏の限界費用に対し LRMC が、冬の限界費用に対し SRMC が意図的に採用された結果であるが、これは本研究を含め他の研究と大きく異なる点でもある[51]。

次に、現在の価格と MC 価格、ラムゼイ価格との乖離度の比較を行ってみる。それぞれまとめたものが次頁の表5.8である。

---

[50] 奥野・鈴村（1988)、164-170 頁参照。

[51] 経済効率性のみを追求するラムゼイ価格では、ここで見てきたように、より価格弾力性の低い家庭用の消費者により高い料金を設定してしまい、「公平性」という観点から見ると問題が存在する。そのため、「公平性」の問題を解決する方法を考慮しなければならないが、その意味で Renzetti(1992)はそ

表５.８　先行研究との乖離度の比較

乖離率	用途区分	Renzetti(1992)		Kim(1995)	Renzetti(1999)	本研究
DF 1	家庭用	Summer	-1	1.58	-0.63	-0.18
		Winter	-1			
	家庭用以外	Summer	0.79	0.40	-0.51	0.31
		Winter	18.84			
DF 2	家庭用	-		0.10	-	0.37
	家庭用以外	Summer	0.60	0.09	-	-0.20
		Winter	-0.88			

(備考)：

(1)乖離度の定義は表５.７と同じ。

(2) Renzetti(1992)は Summer と Winter の値のみ表示した。なお、カナダバンクーバーでは家庭用水道料金は年間一律に徴収されており、したがって現行の単位当たり価格が０とされている。したがって、限界費用との乖離度は-1 ラムゼイ価格との乖離度は算出不能となった。

(3)「本研究」は、サンプル平均の値である。

表５.８において、Renzetti(1992)の結果は先にも触れたように、限界費用として意図的に夏に対して高く、冬に対して低い値が設定されており、本研究の結果と単純に比較することはできない。そのため他の研究との比較を見ていくことにする。

まず、Kim(1995)の研究では、家庭用、家庭用以外ともに現在の価格は限界費用よりも大きく、かつ、ラムゼイ価格よりも小さいものとなっている。一方、Renzetti(1999)の研究では、家庭用、家庭用以外ともに現在の価格が限界費用よりもかなり小さいものとなっている。この両研究に対し、日本の場合、家庭用において現在の価格は限界費用よりも小さく、家庭用以外においては、逆にラムゼイ価格よりも大きいものとなっている。次に、その乖離の程度に関してみてみると、Kim(1995)の結果はよりラムゼイ価格に近いことを示しており、この意味で米国では多少赤字を被っているものの、水道料金はほぼ収支均衡となるように設定されていると見ていいだろう。一方、Renzetti(1999)では、家庭用、家庭用以外ともに DF 1 が負でありかつかなり乖離度が大きいことから、カナダにおいて水道料金は大きく赤字を被っていると見られる。これらの諸外国の結果に対し、本研究の結果は、サンプル平均において、限界費用との乖離については、DF 1 が負であるものの、カナダのケースに比べると十分小さなものとなっている。一方、家庭用以外においては DF 2 が負となっており家庭用の赤字はかなりの程度改善されていると見ていいだろう。

の解決策の一つの提案を行っていると評価されるだろう。

以上、諸外国の研究との比較を整理すると、米国においては水道料金は家庭用、家庭用以外ともにセカンド・ベストとしてのラムゼイ価格に近い程度に価格設定されており、すなわち需要家の価格弾力性に応じた料金設定によって収支均衡を実現しようとする傾向が見られる。一方、カナダの場合、家庭用、家庭用以外ともに水道料金は限界価格よりもかなり低く設定されていることから、水道事業が大きく赤字を被っていることは明らかであり、あるいはカナダでは水道がいわば公共財として運営されていると見ることもできるであろう。これに対し、日本では家庭用において MC 価格よりも低く、また、家庭用以外においてラムゼイ価格よりも高い料金が設定され、そこにはより負担力のある需要家から、より負担力の小さな需要家へのいわゆる内部補助が行われているという傾向が見て取れるであろう。

5.5 まとめ

本章の目的は、日本の水道事業において現在設定されている水道料金が、その代替的な価格設定方式としての、限界費用価格設定（ファースト・ベストな料金設定）とラムゼイ価格設定（セカンド・ベストな料金設定）を行ったときの水道料金に対し、どの程度乖離しているのかを検証することにあった。まず、導出された価格を比較すると、全体として、家庭用において現在設定されている価格はファースト・ベストな価格（MC 価格）よりも低く、家庭用以外においては、セカンド・ベストな価格（ラムゼイ価格）よりも高いものであることが明らかとなった。次に、乖離度の観点から見てみると、より小規模な事業者ほど、家庭用の現在の価格は MC 価格に近いものとなり、また、家庭用以外においてはより小規模な事業者ほどラムゼイ価格に近いものとなった。このことは、言い換えれば、より大きな事業者ほど家庭用以外により高い料金を課すことで家庭用において発生した赤字を回収しているということになり、それは表5.6において示された結果と整合的であった。

また、以上の結果を諸外国のケースと比較してみると、米国では水道料金は結果として赤字を被っているものの、よりラムゼイ価格に近い値に設定されており、一方でカナダのケースでは、水道料金は限界価格よりもかなり低い値に設定されていた。これに対し、日本のケースでは、家庭用において MC 価格以下の価格設定を行い、家庭用以外においてはラムゼイ価格あるいは平均価格よりも高い価格設定が行われていた。これらの結果は、それぞれ国によって水道料金に関する政策の違いを明確に反映したものであると考えられる。

以上、本章において得られた結果を簡単に整理した。本章の分析は、第2章から第4章の結果を受けて行われたものであり、たとえば第4章で指摘されたように、いくつかの想定をおかざるを得ない状況の下で行われた分析であるという意味で、いわば“暫定的な”結果であることに留意しなければならない。したがって、今後より分析の精緻化に取り組む必要がある。

また、もう一つ指摘しておかなければならないことは、本章において導出された代替的な価格として、MC 価格とラムゼイ価格が採用された。しかし、この MC 価格は平均費用が逓減している状況の下で必ず企業に赤字を発生してしまい、何らかの方法でその赤字を補填する必要がある。消費者余剰を最大化するという意味で、MC 価格はファースト・ベストな料金ではあるが、赤字の補填が必要となるという意味で実行可能な価格設定であるとはいえない。一方、もう一つ導出されたラムゼイ価格は、収支均衡を実現しつつ、経済厚生（ここでは消費者余剰）を最大化する料金である、という意味で、セカンド・ベストな料金ではあるが、先にも述べたように、より価格弾力性の低い需要家から、より高い水道料金を徴収する料金設定方式であり、公平性という観点からは政策的に受け入れられる料金設定方式ではない。したがって、今回採用された代替的な価格はいずれも現実的に実行可能な価格設定ではない、ということに留意しなければならない。そこで、今後はこの公平性をも考慮した新たなセカンド・ベスト価格を検討する必要があるだろう。

第6章　結論－論文全体のまとめと残された課題－

本論文の目的は、これまでほとんど行われてこなかった、日本の水道事業における計量分析を試みることにあった。論文を通して得られた結論は、公表されたデータを用いて、経済理論をベースとして計量経済学的手法を用いて得られた結果を基にしているという点で、これまでの議論に対して「より科学的」であると評価されるだろう。しかし、一方で我々は、これらの分析手法を用いることによる「落とし穴」にも注意しなければならない。つまり、あたかも「もっともらしい結果」を求めるあまり、データが語っている「真実」を見失うおそれがある、ということである。本論文では、このデータが語る「真実」を一貫して追及することを心がけてきた。したがって、たとえば第4章では一見すると非常に説明力に乏しい結果が示されているが、変数を変えてみたり、データを変えてみたり、推定方法を変えてみたりと、様々な代替的な方法を用いて「もっとも真実に近い」と考えたものが本論文で示された結果なのである。多くの先行研究が指摘しているように、計量経済学的な手法は必ずしも「万能」ではなく、そこには多くの留保条件が伴うことをまた認識しておかなければならない。

本章では、以上のことをふまえて、本論文を通して得られた結論を 1.費用関数推定、2.需要関数推定、3.水道料金の比較、のそれぞれの項目ごとに整理し、さらに、4.残された課題、として今回の分析において残された問題点、さらにその中から今後検討すべき課題について整理することで本論文全体のまとめとしたい。

1.　費用関数推定

費用関数推定によって明らかにされた点は、以下の通りである。

①ネットワークを一定とした場合の密度の経済性は、規模が小さいほど大きく存在し、規模がもっとも大きくなる事業者では、ほぼコンスタントとなった。

②産出量とネットワークを同時に変化させた場合の規模の経済性は、すべての事業者においてもはや失われている。

③産出量とネットワーク距離に関して、平均費用を最小とするような現在給水人口規模は、77万人程度であった。

①に関しては、すべての事業者において現在所有しているネットワーク（配水管網）の下で、産出量を拡大することによって十分規模のメリットが存在することを示すものである。一方で、②に関しては、すべての事業者においてもはや現在所有しているネットワークを拡大することにはメリットはなく、逆に仮に何らかの原因によってネットワークを延長する必要がある場合には、必ず費用非効率になることを示している。以上、①と②の議論を総合すると、現在のネットワークを所与として、たとえば大口需要家としての大規模工場の新規立地など、需要量が増加する場合には産出規模を拡大することによって費用効率化のメリットを享受することができるが、たとえば未普及地域への供給のための配水管延長など、需要量の伸びはそれほど期待できないが単にネットワークのみを拡大しなければならない場合には必ず費用非効率となるといえるだろう。

次に、③に関しては、現在の水道事業の状況であれば、産出量とネットワーク距離に関して平均費用を最小とするような事業規模は、現在給水人口規模に換算すると約 77 万人程度となる、ということである。つまり、政令指定都市として認定を受けるようないわゆる大都市程度の事業規模がもっとも費用効率的であることを示すものである。ただし、ここで注意しなければならないことは、現在の小規模水道事業をそのままこの程度にまで広域統合すれば必ず費用効率化のメリットを享受可能か、ということに関しては、その事業者のおかれた地理的、環境的諸条件、さらには行政的な調整など、様々な問題が複雑に絡み合っており、一概に結論づけることはできない。したがって、今回示された結論は一つの目安と考えられるべきものといえるだろう。

2. 需要関数推定

需要関数の推定によって明らかにされた点は以下の通りである。

①家庭用需要の価格弾力性、所得弾力性はともにきわめて非弾力的であり、その値は先行研究とおおむね整合的であった。

②夏期の平均気温、世帯人員、トイレのある住宅比率は家庭用需要の有意な説明要因であり、とりわけ前 2 者はその影響力に関して、価格や所得をはるかにしのぐものであった。

③家庭用以外の需要の価格弾力性は非弾力的であり、その値は先行研究とおおむね整合的であった。

④家庭用と家庭用以外の需要の価格弾力性は、家庭用以外のほうがより大きな値を示した。

①に関しては、家庭用の水需要は、その生活必需的な性格を考えれば価格非弾力的となることは明らかであり、そのことは世界中において共通しているということであろう。また、水道料金に対する支出が、総支出に占める割合が 1%程度であることを考えれば、所得非弾力的となることも容易に想像のつくところであろう。したがって、②にも示されたように、家庭用の水需要は価格や所得よりもむしろ、気候や世帯状況、また生活様式によって大きな影響を受けていると考えられる。

③に関しても、家庭用と同様に水道水が必需的な財であり、それほど価格に対して敏感に反応するものではない、ということであろう。しかし、④に示されたように、家庭用と家庭用以外の用途における価格弾力性を比較するならば、後者のほうが“より価格弾力的である”ということは容易に想像できるものであろう。

3. 水道料金の比較

経済理論の下で導出された水道料金と現在設定されている水道料金との比較分析から明らかにされた点は以下の通りである。

①現在設定されている家庭用の水道料金は、MC 価格よりも低いものであった。
②現在設定されている家庭用以外の水道料金はラムゼイ価格よりもかなり高いものであった。
③日本の水道事業では、家庭用に対して相対的に割安な、一方で家庭用以外に対しては相対的に割高な料金設定がなされており、その料金収入と総費用を比較すると、規模が小さな事業者ほど赤字を被っていることが明らかとなった。
④諸外国のケースでは、米国において家庭用、家庭用以外ともにラムゼイ価格設定に近い程度に料金設定がなされており、カナダでは家庭用、家庭用以外ともに MC 価格よりもかなり低い程度に料金設定がなされている。

①に関しては、日本の水道事業がその設立当初から一貫して取り続けてきた立場である「公衆衛生の確保」があるように、家庭用に対しては比較的割安な料金を設定することによって積極的に水の需要を促し、公衆衛生を確保しようとする政策を反映したものと考えられる。それに伴って、②に関しては、家庭用において生じた

赤字分を「負担力主義」の名の下に家庭用以外の用途区分に対して相対的に割高な料金設定を行ってきたことを反映したものであろう。このようないわば「内部補助」的な料金設定は、公衆衛生の確保がほぼすべての国民において満たされ、かつ長引く経済停滞の中、かつて考えられていたほど家庭用以外の用途における負担力が大きなものとなっていない、つまり水道料金が家庭用以外において経済的負担と考えられるようになってきた今日において、もはや再検討すべき大きな課題となってきていることも事実である。その結果が、一つは用途別料金体系から口径別料金体系への移行であり、さらには 1996 年 8 月の『水道料金制度調査会答申』によって示されたいくつかのより弾力的な料金メニューの導入に関する提言に示されたものであろう。

次に、③に関しては、やはり大規模事業者ほど家庭用以外において割高な料金設定が行われており、これは、大都市ほど経済的に負担力のある企業あるいは工場が立地していることを反映したものであろう。このことはまた、小規模事業者が単に「規模が小さい」ことによってデメリットを被っているのではなく、それ以外にも地理的、環境的諸条件が事業運営を困難なものとしていることを示す一つの要因である考えられる。

最後に、④に関しては、諸外国のケースと比較した場合、特に米国とカナダのケースを見ると、それぞれ国によって水道事業政策のあり方、特に水道料金政策のあり方を明確に反映しているものと考えられる。すなわち、米国においてはよりラムゼイ・プライシングに近い料金設定を行うことによって収支均衡を確保しようとしているのに対し、カナダにおいてはあたかも水道が公共財であるかのように供給されており、実際家庭用用途に関しては水道料金は税金の一部として徴収され、いわゆる従量料金が存在していないケースも見られる。これに対し、日本の水道事業では、家庭用と家庭用以外において内部補助的な料金設定が行われているなど、諸外国とは対照的な結果を示すこととなった。

4. 残された課題

以上、本論文を通して行われた計量分析によって明らかにされた点を整理してきた。本章の冒頭にも述べたように、今回行われた分析は、あくまでも水道事業のある一部分を実証的に明らかにしたものであり、そこから得られた結論もまたいくつかの分析上の留保条件を伴うものであった。

ここでは、論文全体のまとめとして今回の分析によって残された問題点と、今後

の課題について整理する。

①果たして水道事業は費用最小化行動をとっているのか

今回推定された費用関数は、そもそも「企業は生産関数を制約として投入要素費用を最小化している」という想定の下で導出されたものである。つまり、水道事業が費用最小化を行っていることを前提として行われた分析であった。ところで、日本の水道事業は、そのほとんどが地方公営企業として運営されている。また、これまで経営学、経済学の学問領域では、企業が公企業として運営される場合、そこには費用効率化のインセンティブが働きにくいなど、公企業が費用最小化行動をとっていないことを示す理論がいくつも考えられてきた。このように、理論上は日本の水道事業も費用最小化行動をとっていない可能性が考えられるが、果たしてそれが事実であるかどうかは不明である。この点はまた、単に公表されたデータをもって判断することは非常に困難である。以上の点は、今回の分析において残された問題点の一つである。

しかし、この問題に対する解決策がないわけではない。筆者の知る限り、二つの方法が考えられる。一つは、技術非効率を考慮した生産フロンティアを想定し、これをもとに費用関数を導出した、確率フロンティア費用関数（stochastic frontier cost function）を推定する方法であり、先行研究では Bhattacharyya et al.(1995b)において採用されている。もう一つは、一般化費用関数（generalized cost function）あるいはシャドー費用関数（shadow cost function）と呼ばれるものであり、投入要素価格に配分非効率性を考慮した方法がある。この方法は、Bhattacharyya et al.(1994)、Bhattacharyya et al.(1995a)において採用されている。このほか、DEA（Data Envelopment Analysis）と呼ばれるノン・パラメトリックな生産フロンティアのみを求める方法も存在する。ここでは、より詳細な説明を行うことができないが、いずれにしても、先の「水道事業が費用最小化行動をとっている」という想定をより一般化しているという意味で評価されるものであり、今後検討する必要性は十分にあるものと考えられる。

②より政策オリエンテッドな需要分析を行うためには

今回推定された家庭用、家庭用以外の用途区分における需要関数は日本全体における需要特性を明らかにしたものである。これまで、水道事業において経済学的な理論的背景を持つ需要関数が推定されていなかった点を考えると、今回の分析はその先駆的な研究として評価されるものの、実際の政策に対し何らかの提言を行える

までには至っていない。そのため、より政策オリエンテッドな分析にしていくためのいくつかの方法を検討しなければならない。先ず第一に考えられることは、分析の対象となるエリアを限定することである。つまり、諸外国においては、実に様々な地域において研究がなされていたように、水道需要は地域によって特殊な要素を多く含む可能性が考えられ、そのためにはその地域に実情にあった需要分析が必要となる。第二は、時系列的な要素を組み込む、ということである。今回行われた分析は、クロスセクション・データが採用され単年度において需要に影響を与える要因を分析しただけのものであった。しかし、時系列的な、たとえば景気といった要因が水道需要に大きく影響していることも容易に考えられ、そのような変数をも考慮した分析が今後必要となってくるであろう。以上のサンプルの選択に対し、第三として、具体的な政策を意識した分析を行う、ということも考えられるであろう。すなわち、今後重要な問題として考えられている、水道料金体系の変更、つまり基本水量制の廃止、逓増度の強化（緩和）など、これらの変更がどの程度需要に影響を与えるのかは、水道事業者にとって非常に有用な情報となると考えられる。さらに、第四として取り上げるべき課題は、家庭用以外の用途区分をより細かく分析する必要がある、ということである。今回は、データの制約上家庭用以外全体としての需要分析しか行うことができなかった。しかし、営業用と工場用を比較しても、その需要形態、需要量、需要への影響要因のどれをとっても性質が異なることは明らかであり、これらをひとまとめとして分析を行ったことは、今回残されたもっとも大きな問題点である。今後、より弾力的な料金メニューが構築されていくとするならば、これらの用途区分それぞれの需要分析が必要となることは明らかであろう。

以上、いくつかの需要分析の方法について検討してきたが、これらの分析を行う上でもっとも重要になってくるのが、先にもふれたようなデータの存在である。特に、『地方公営企業年鑑』、『水道統計』といった業務統計が整備され、全国の水道事業者において統一的なデータが公表されているとはいえ、そのどの項目をとっても、各事業者において解釈が様々であり、記載されているデータがすべて同じ定義のものを示しているということはないようである。もちろん、多少の誤差であればサンプル数を増やすことによってその影響を減らすことはできるものの、今回行った分析から得られた教訓をふまえると、一概にサンプル数を増やすだけでは回避不可能なケースが多く存在した。そのため、分析を行うには個々のデータの吟味が非常に重要であることを念頭に置いておかなければならないだろう。さらには、家庭用以外におけるより細かな用途区分ごとの需要分析を行うためには、もはや公表されたデータでは分析不可能であり、独自にアンケート調査などによってデータを作

る必要も出てくるであろう。

③水道料金の公平性

最後に、今回行われた水道料金の比較分析について検討してみる。今回、経済理論上導かれる料金として、限界費用価格設定方式から導出された MC 価格、ラムゼイ価格設定方式から導出されたラムゼイ価格を取り上げた。この MC 価格に関しては費用関数推定の結果から導出されるものであり、その問題点と改善策については先程述べたとおりである。一方、ラムゼイ価格に関しては、費用関数から導出される限界費用の他に、需要関数から導かれる価格弾力性が必要となり、より正確な価格弾力性の導出、という観点からいえば、やはり本文で述べてきたような価格変数としてどのようなものを採用すべきか、という問題が考えられるだろう。また、頼子巻かなく文語とのラムゼイ価格の導出という観点から見ると、本章の需要関数推定の今後の課題のところでもふれたように、家庭用以外における用途区分ごとの価格弾力性の計測が必要となってくるであろう。しかし、ラムゼイ価格の導出において考えなければならない問題として、ラムゼイ価格の導出に伴う想定そのものが果たして実行可能なものかどうかということがあげられる。そもそも、ラムゼイ価格は「収支均衡を制約として、経済厚生（ここでは、消費者余剰と定義）を最大化する」価格として導出されるが、そこでは経済効率性のみが考慮され、結果として価格弾力性のより小さい家庭用においてより高い料金が設定されてしまう。このような状況では、「公平性」という観点から適切な料金設定方式とはいえず、その意味で今回導出されたラムゼイ価格は、現実には実行不可能な料金設定といわざるを得ない。この点が今回の大きな問題点であろう。今後新たな料金設定方式を考慮するためには、「収支均衡を制約として、公平性を維持しつつ消費者余剰を最大化する」価格設定方式について検討していく必要があるだろう。

補論表１.１　サンプル

規模区分	事業者名	サンプル数
都道府県営及び指定都市営	千葉県、東京都、神奈川県、札幌市、仙台市、千葉市、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市、広島市、北九州市、福岡市	15
30万人以上	旭川市、秋田市、宇都宮市、新潟市、横須賀市、金沢市、岐阜市、静岡市*、豊橋市、豊田市、豊中市、吹田市、和歌山市、岡山市、松山市、長崎市、大分市、越谷・松伏水道企業団	18
15万人～30万人	苫小牧市、青森市、盛岡市、日立市、春日部市、上尾市、佐倉市、三鷹市、秦野市、高岡市、富士市、一宮市、春日井市、茨木市、宝塚市*、高知市、宮崎市、石巻地方広域水道事業団、山武郡市広域水道企業団、長生郡市広域市町村圏組合	20
10万人～15万人	室蘭市、伊勢崎市、新座市、三郷市、流山市、小松市、瀬戸市、伊勢市、松原市、羽曳野市、橿原市、生駒市、防府市、岩国市、今治市、延岡市、桶川北本水道企業団、稲沢中島水道企業団、春日那珂川水道企業団	19
5万人～10万人	岩見沢市、大館市、戸田市、八潮市、市原市、岡谷市、伊那市、島田市、袋井市、蒲郡市、向日市、八幡市、上福岡市*、加西市、田辺市、筑紫野市、諫早市、西春日井郡東部水道企業団、長浜水道企業団、銅山川上水道企業団	20
3万人～5万人	本荘市、下館市、美濃加茂市、岩倉市、久居市、御所市、竹原市、小野田市、島原市、本渡市、石垣市、守谷町、毛呂山町、亀田町、播磨町、岩出町、姶良町、水原町外３ヶ町村水道企業団、尾張北部水道企業団、斐川町宍道町水道企業団	20

（備考）：

(1)*はデータの制約上、需要関数推定のサンプルからはのぞかれている。

補論３.A　家庭用水需要関数の推定に用いられた変数の導出方法

Q_R

データの出所は『水道統計』である。一世帯あたりの水使用量を算出するに当たり、用途別、口径別の各料金体型ごとに次のような操作を行った。まず、用途別料金体系においては、家庭用一般用の年間総有収水量を家庭用一般用契約数で割ったものを用いた。次に、口径別料金体系においては、口径 13 ㎜の年間総有収水量を同契約数で割ったものを用いた。この口径別料金体系に関しては、必ずしも家庭用の用途すべてが口径 13 ㎜を利用しているわけではないが、一世帯あたり家庭用水需要は、口径 16 ㎜も口径 20 ㎜の場合もそれほど大きな差はないものと考えた。

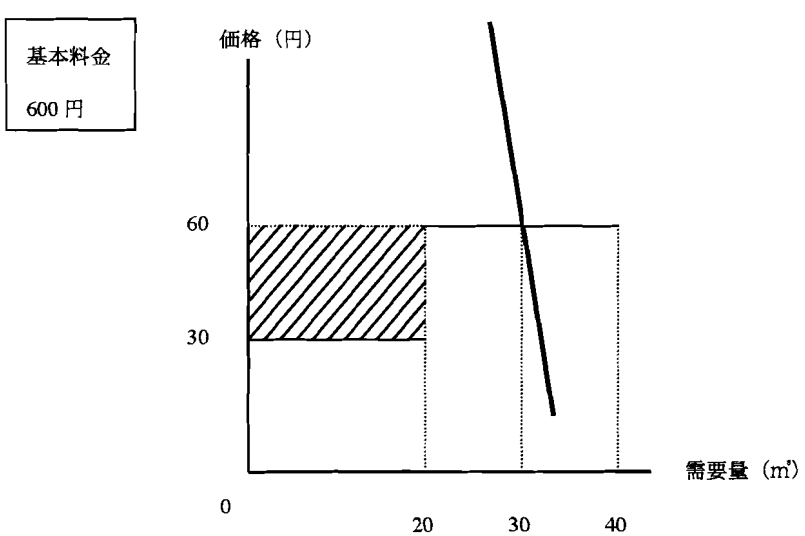
P_{AP}、P_{MP}、P_{DV}

データは『水道料金表』より得た。水道料金は、Q_R で求めた需要量を各事業者の料金体系に照らし合わせ算出した。日本の水道事業はほとんどすべてが二部料金制を採用しているが、今回のサンプルではさらに大きく３つのパターンに分類される。それぞれ区画別逓増型従量料金制（以下、従量制）、基本水量付区画別逓増型従量料金制（以下、水量付従量制）、基本水量付均一型従量料金制（以下、均一制）と呼ばれるものである。そこで、それぞれに対し以下のような算出方法を用いた。

(a)従量制

従量制を図に表すと以下のように示される。

補論図３.１　従量制



この料金体系の特徴は水の使用如何に関わらず、契約していれば必ず基本料金が徴収され、かつ需要量すべてに従量料金が加算される。したがって上の例であれば、各料金は以下のように算出される。

P_{AP} = (600+30*20+60*10)/30 = 60 円

P_{MP} = 60 円

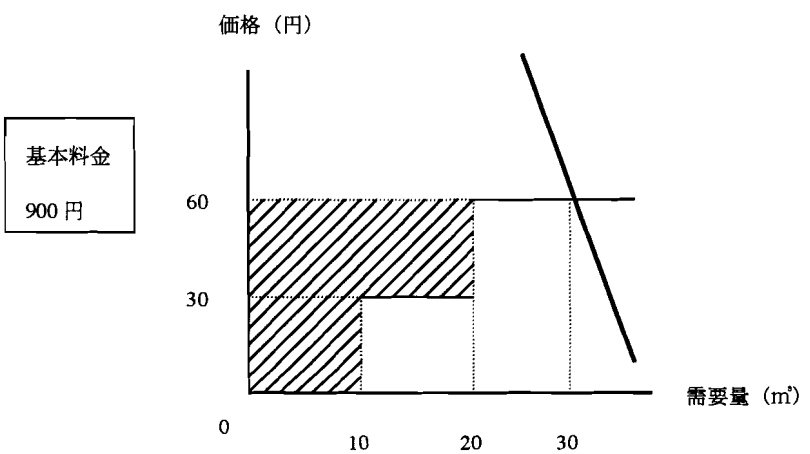
P_{DV} = 60*30-1200 = 600 円

なお、P_{DV} に関しては、その定義が「従量部分の価格をすべて P_{MP} とした場合－実際に支払った水道料金」であるから、結果として計算式は上式となり、それは前頁図の左斜線部分を示す。

(b)水量付従量制

水量付従量制を図に示すと以下のようになる。

補論図３.２　水量付従量制



この料金体系の特徴は、基本水量として 10 ㎥までは定額 1200 円と固定されており、この基本水量を超える部分に関して従量料金が適用される。したがって、上の例ではそれぞれの価格は以下のように算出される。

P_{AP} = (900+30*10+60*10)/30 = 60 円

P_{MP} = 60 円

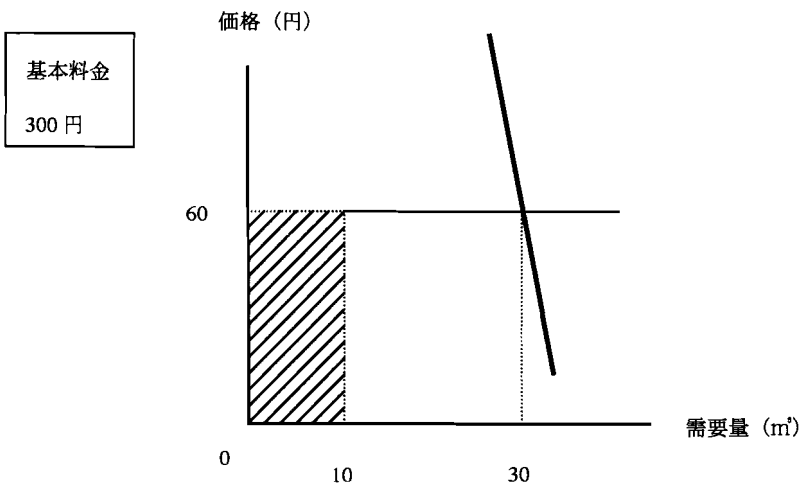
P_{DV} = 60*30-900 = 900 円

このとき、P_{DV} の算出に関して基本水量の部分を従量部分と見なすかどうかについてであるが、基本水量にかかる料金を高めに設定し、従量部分を低く押さえている事業者と、逆に基本水量にかかる料金を低く抑え、従量部分を高くしている事業者とさまざまであり、今回は一律基本水量の部分まで P_{DV} として計算に入れることにした。

(c)均一性

均一性を図に示すと以下のようになる。

補論図３.３　均一制



均一性の特徴は、従量部分が常に一定という点である。したがって基本水量がなければ P_{AP} と P_{MP} は常に同一となる。あるいは P_{MP} は考慮する必要がないということになる。しかし、今回のサンプルではすべて基本水量付であり、この場合 P_{AP} と P_{MP} が異なるケースがでてくる。したがって、この料金体系においても以下のようにそれぞれの価格変数を算出することにした。

P_{AP} = (300+60*20)/30 = 50 円

P_{MP} = 60 円

P_{DV} = 60*30-1200 = 600 円

I

データは『地域経済総覧』より得た。本来ならば各世帯あたりの所得のデータが望ましいが、今回は納税義務者一人あたりの課税対象所得額（一月あたりに換算）をその代理変数として用いることにした。また、たとえば東京都営、神奈川県営、広域企業団営、といった複数市町村に供給している事業者に関しては、それぞれの市町村のデータの平均を代理変数とした。

W_{Temp}

データは『アメダス観測年報』『地域気象観測所一覧表』から得た。気象データの場合、全国の各市町村ベースのデータは存在せず、気象庁管轄の観測所ごとのデータが存在するのみである。したがって、今回はサンプルの直近の観測所のデータを当該事業者のデータとした。また通年の気温のデータの平均を取ってしまうと、寒暖の激しい地域ではデータの変動そのものが相殺されてしまい有意な結果が得られないと考え、今回は特に夏期（6月～8月）の平均気温を用いることにした。

W_{Memb}

データは『地域経済総覧』より得た。これは、当該市町村の人口をその世帯数で割ったものである。I と同様に複数市町村に供給している事業者に関しては、その平均を用いている。

W_{Toil}

データは『市区町村の指標』から得た。この資料には 1987 年と 1993 年のデータしか存在しないため、1987 年から 1993 年の年平均増加率を算出し、その 1 年分の増加分を 1993 年のデータに加えたものを採用した。さらに、この資料において水洗トイレのある住宅比率のデータは、各市ベースにしか存在せず、したがって広域水道企業団の場合、その中に一つでも市が含まれていればそのデータを代理変数として用いた。また、残る町村のものに関しては、直近の市のデータを代理変数として採用することにした。

補論３.B　ダミー変数を含まない場合の家庭用水需要関数推定

Model 1 から Model 4 を推定した結果は補論表３.１の通りである。この時点では決定係数が非常に低い。そこで、実際に計測された値と推定された値をグラフにしてみたものが補論図３.４である。

この図を見る限りいくつかのデータが決定係数を大きく引き下げているものと考えられる。したがって、残差（実測値－推定値）をとり、この残差のが特に大きいものを異常値としてダミー変数を用いて処理を行うことにした。まず、プラスの残差ダミー（Dum1）を京都市、吹田市、和歌山市、岩国市、春日那珂川水道企業団に適用し、マイナスの残差ダミー（Dum2）を加西市、松山市、長崎市に適用した。そしてダミー変数を用いて推定を行った結果が本文表３.６である。結果としてダミー変数による処理によって係数推定値の値はほとんど変化がないが、その t 値に若干の改善が見られるものもあり、決定係数は飛躍的に改善されることとなった。

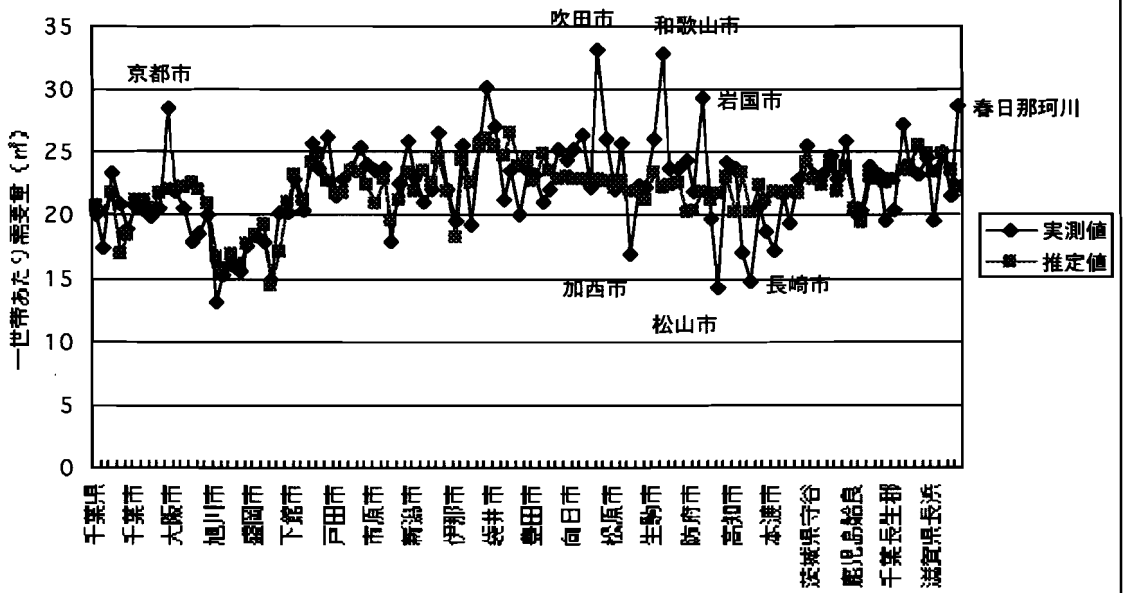
補論表３.１　ダミー変数なしでの推定結果

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
θ_0	-11.106 [5.405]**	-8.243 [5.498]*	-0.693 [0.813]	-0.947 [0.795]
θ_{AP}	-0.025 [0.010]**	-	-0.139 [0.051]***	-
θ_{MP}	-	-0.039 [0.012]***	-	-0.163 [0.059]***
θ_{DV}	-	0.002 [0.001]***	-	0.059 [0.035]*
ι_I	0.012 [0.009]	0.010 [0.009]	0.120 [0.117]*	0.203 [0.122]*
ξ_{Temp}	0.636 [0.165]***	0.563 [0.168]***	0.707 [0.177]***	0.709 [0.182]***
ξ_{Memb}	4.710 [0.950]***	4.416 [0.926]***	0.661 [0.124]***	0.619 [0.123]***
ξ_{Toil}	0.032 [0.021]	0.031 [0.020]	0.070 [0.039]*	0.070 [0.039]*
adj R^2	0.340	0.363	0.387	0.383

（備考）：

(1)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意、**5%水準で有意、*10%水準で有意

補論図３．４　実測値と推定値の比較



補論4.A　用途別需要関数の推定

第4章では、家庭用以外全体の需要関数の推定を行った。しかし、本来ならばより細かく分類された需要関数を推定することが望ましい。それは、それぞれの需要区分ごとに価格弾力性が異なることは容易に予想されることであり（実際にSchneider and Whitlatch(1991)は各用途区分ごとに異なる価格弾力性を計測している。)、もしそうであるならば、そこに課される水道料金体系のあり方も当然変わって来るであろう。そこで、補論4.A においても各水道事業者によって集計されたデータを用いた需要関数推定について検討を行った。

第1章の表1.10、表1.11にもあるように、用途別において各用途区分ごとの契約件数当たり使用量は容易に導出可能であるが、口径別に関しては給水対象に関わらず、口径の大きさによって有収水量が計測され、かつ契約件数も把握されており、明確に用途ごとに区分することは不可能である。また、第2章で行ったように、たとえば20mm 以下の口径を家庭用として定義することも考えられるが、表1.10、表1.11を比較検討する限り、家庭用以外の区分に関してはその方法は不可能である。

そこで、まず用途別料金体系を採用している事業者のみによって営業用の需要関数を推定することにした。用途別料金体系を採用している事業者は、本稿で抽出されたサンプル 109 のうち、41 のみである。また、その中でも営業用有収水量として全く計上していない事業者が 4 事業者存在するので、結果として用いられるサンプルは37となった。基本統計量と推定結果は以下の通り。

補論表4.1　基本統計量

変数	単位	平均	標準偏差	最小	最大
Q_N	m^3／人・件	105.808	49.282	27.480	232.030
P_{AP}	円／m^3	165.123	48.144	77.328	296.421
W_{Keiki}	十億円／月	62.089	126.309	1.316	537.578
W_{Kibo}	百万人	425.698	771.390	35.702	3265.035

（備考）：

(1) Q_N は用途別料金体系における営業用有収水量をその契約件数で割ったものである。

(2) P_{AP} は Q_N を料金表に照らし合わせて得た、1 m^3当たりの平均価格である。

(3) W_{Keiki}、W_{Kibo} の定義は論文中のものと同じ。

補論表4.2　推定結果

	Case 1	Case 2	Case 3
θ_0	118.435 [27.333]***	4.791 [1.393]***	4.931 [1.353]***
θ_{AP}	-0.154 [0.162]	-0.090 [0.272]	-0.197 [0.273]
ξ_{Keiki}	0.077 [0.098]	0.072 [0.057]	-
ξ_{Kibo}	0.019 [0.016]	-	0.120 [0.068]*
adj. R^2	0.140	-0.007	0.034
F	2.951**	0.869	1.625

(備考)：

(1)推定式はそれぞれ以下の通り。

Case 1: $Q_N = \theta_0 + \theta_{AP}P_{AP} + \xi_{Keiki}W_{Keiki} + \xi_{Kibo}W_{Kibo}$

Case 2: $\ln Q_N = \theta_0 + \theta_{AP}\ln P_{AP} + \xi_{Keiki}\ln W_{Keiki}$

Case 3: $\ln Q_N = \theta_0 + \theta_{AP}\ln P_{AP} + \xi_{Kibo}\ln W_{Kibo}$

(2)変数の定義は、価格変数以外は本文と同じである。価格変数は、用途別有収水量をその契約件数で割り、一月当たりに換算したものである。

(3)かっこ内は標準偏差。***1%水準で有意、**5%水準で有意、*10%水準で有意。

(4)F はパラメータのすべてが 0 であるという帰無仮説に対する検定統計値である。有意水準は上記と同様。

(5)推定方法は OLS であり、LM 検定の結果から、分散均一とする帰無仮説は棄却されなかった。

結果を見ると、どのモデルも採用された変数の係数が有意とはならないか、もしくは「すべてのパラメータが 0」の帰無仮説を棄却できなかった。この結果が意味するものは、営業用の用途区分では消費者は価格やその他の変数とは全く関係なく水の消費活動を行っているというものではなく、おそらく各水道事業者によって「営業用」としての用途区分の定義が曖昧であり、そこから得られるデータそのものがすでにバイアスをもっている可能性が考えられる。事実、営業用として有収水量を計上していない事業者も存在しており、つまり、小売商店や飲食店はどの地域にも必ず存在しているにも関わらず、事業者によってはそれを営業用として分類していないのである。この点に関しては、神戸市水道局における聞き取り調査からも確認済みである。また、この神戸市水道局における聞き取り調査においては、営業用に

限らず、たとえば工場用においても、水を大量に消費する工場から、ほとんど消費しない工場までさまざまであり、おそらく水道事業者によって集計されたデータを用いても有意な分析結果は得られないだろうということだった。したがって、これら用途別の需要関数の推定を行うためには、本文中にも述べているように、各企業、工場、小売店、飲食店等から直接データを入手して分析することが最も正確な方法であると考えられる。しかしそのためには膨大な手間と費用が必要であり、これは今後と検討課題とせざるを得ない。

以上のようなことから、今回の分析では各用途別に細かく分類した需要関数の推定は行わなかった。そこで、Renzetti(1999)において行われているように、家庭用に対して、それ以外の全体における需要関数の推定を試みることにした。

引用・参考文献

[英語文献]

Baumol,W.J., J.C.Panzar, and R.D.Willig(1988), *Contestable Markets and Theory of Industry Structure(revised edition)*, Harcourt Brace Jovanovich, New York.

Bhattacharyya,A., E.Paker and K.Raffiee(1994), "An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities," *Land Economics*, Vol.70, No.2, pp.197-209.

Bhattacharyya,A., T.R.Harris, R.Narayanan, and K.Raffiee(1995a), "Allocative efficiency of rural Nevada water systems: a hedonic shadow cost function approach," *Journal of Regional Science*, Vol.35, No.3, pp.485-501.

_____ (1995b), "Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities," *Regional Science & Urban Economics* , Vol.25, No.6, pp.759-784.

Billings,R.B. and D.E.Agthe(1980), "Price elasticities for water : A case of increasing block Rates," *Land Economics*, Vol.56, No.1, pp.73-84.

Bruggink,T.H.(1982), "Public versus regulated private enterprise in the municipal water industry : a comparison of operating costs," *Quarterly Review of Economics and Business* , Vol.22, No.1, pp.111-125.

Byrnes, P., S.Grosskopf and K.Hayes(1986), "Efficiency and ownership: further evidence," *The Review of Economics and Statistics* , Vol.68, No.2, pp.337-341.

Caves,D.W., Christensen,L.R., Tretheway,M.W. and R.J.Windle(1985), "Network effects and the measurement of returns to scale and density for U.S. railroads," In A.F.Daughety (ed.), *Analytical Studies in Transport Economics*, Cambridge University Press, New York, pp.97-120.

Chiang,A.C.(1984), *Fundamental Methods of Mathematical Economics(3rd edition)*, McGraw-Hill, Auckland.

Christensen,L.R. and W.H.Greene,(1976), "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy* , Vol.84, No.4, pt.1, pp.655-676.

Christensen,L.R., D.W.Jorgenson and L.J.Lau(1973), "Transcendental logarithmic production frontiers," *The Review of Economics and Statistics*, Vol.55, No.1, pp.28-45.

Clark, R. M. and R.G.Stevie(1981), "A water supply cost model incorporating spatial

variables," *Land Economics* , Vol.57, No.1, pp.18-32.

Crain,W.M. and A.Zardkoohi(1978), "A test of the property-rights theory of the firm : water utilities in the United States," *The Journal of Law & Economics* ,Vol.21, No.2, pp.395-408.

Dandy,G., T.Nguyen and C.Davies(1997), "Estimating residential water demand in the presence of free allowances," *Land Economics*, Vol.73, No.1, pp.125-39.

Danielson(1979), "An analysis of residential for water using micro time-series data," *Water Resources Research*, Vol.15, No.4, pp.763-67.

Diewert,W.E. and T.J.Wales(1987), "Flexible functional forms and global curvature conditions," *Econometrica*, Vol.55, No.1, pp.43-68.

Feigenbaum,S. and R.Teeples(1983), "Public versus private water delivery : a hedonic cost approach," *The Review of Economics and Statistics* , Vol.65, pp.672-678.

Ford,J.L. and J.J.Warford(1969), "Cost function for the water industry" *The Journal of Industrial Economics* , Vol.18, No.1, pp.53-63.

Foster Jr.,H.S. and B.R.Beattie(1979), "Urban residential demand for water in the United States," *Land Economics*, Vol.55, No.1, pp.43-58.

Gibbs,K.C.(1978), "Price variable in residential water demand model," *Water Resources Research*, Vol.14, No.1, pp.15-18.

Greene,W.H.(1993), *Econometric Analysis(3rd edition)*, Prentice-Hall, New Jersey.

Griffin,R.C. and C.Chang(1990), "Pretest analysis of water demand in thirty communities," *Water Resources Research*, Vol.26, No.10, pp.2251-55.

Hanke,S.H. and L.De Mare(1982), "Residential water demand : A pooled, time series, cross section study of Malmo, Sweden," *Water Resources Bulletin*, Vol.18, No.4, pp.621-25.

Hansen,L.G.(1996), "Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen," *Land Economics*, Vol.72, No.1, pp.66-79.

Hunt,L.C. and E.L.Lynk(1995), "Privatisation and efficiency in the UK water industry : an empirical analysis," *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* , Vol.57, No.3, pp.371-388.

Johnston,J.(1991), *Econometric Methods(3rd edition)*, McGraw-Hill, Auckland.

Kim,H.Y.(1987), "Economies of scale in multi-product firms : an empirical analysis," *Economica* Vol.54, No.214, pp.185-206.

_____(1995), "Marginal cost and second-best pricing for water services," *Review of*

Industrial Organization , Vol.10, No.3, pp.323-328.

Kim,H.Y. and R.M.Clark(1988), "Economies of scale and scope in water supply," *Regional Science & Urban Economics* ,Vol.18, No.4, pp.479-502.

Layard,P.R.G. and A.A.Walters(1978), *Microeconomic Theory*, McGraw-Hill, New York. （邦訳、荒憲治郎（監訳）(1982)『ミクロ経済学－応用と演習－』創文社。）

Maddala,G.S.(1992), *Introduction to Econometrics* , Macmillan Publishing Company, New York.（邦訳、和合肇（訳）(1996)『計量経済分析の方法』シーエーピー出版。）

Mann,P.C. and J.L.Mikesell(1976), "Ownership and water system operation," *Water Resources Bulletin* ,Vol.12, No.5, pp.995-1004.

Mizutani,F.(1994), *Japanese Urban Railways* , Avebury Ashgate Publishing Company, Aldershot.

Mizutani, F. and T. Urakami(1999), "An examination of economies of scale in the Japanese water supply industry", *Kobe University Discussion Paper Series*, No.9929.

_____(2001), "Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations", *Papers in Regional Science*, forthcoming.

Morgan,W.D.(1977), "Investor owned vs. publicly owned water agencies : an evaluation of the property rights theory of the firm," *Water Resources Bulletin* ,Vol.13, No.4, pp.775-781.

Nieswiadomy,M.L. and D.J.Molina(1989), "Comparing residential water demand estimates under decreasing and increasing block rates using household data," *Land Economics*, Vol.65, No.3, pp.280-89.

_____(1991), "A note on price perception in water demand models," *Land Economics*, Vol.67, No.3, pp.352-59.

Nieswiadomy,M.L. and S.L.Cobb(1993), "Impact of pricing structure selectivity on urban water demand," *Contemporary Policy Issue*, Vol.51, No.3, pp.101-13.

Novshek,W.(1993), *Mahematics for Economists*, Academic Press, San Diego.（邦訳、奥口孝二、小林信治（訳）(1996)『経済数学－基礎と応用－』多賀出版。）

Oum,T.H. and W.G.Waters Ⅱ(1997), "Recent developments in cost function reserch in transportation," In C. Gines de Rus and C.Nash, *Recent Developments in Transport Economics*, Ashgate Publishing Limited, Aldershot, pp33-73.

Raffiee, K., R.R.Narayanan, T.Harris and J.M.Collins(1993), "Cost analysis of water utilities : a goodness-of-fit approach," *Atlantic Economic Journal* , Vol.21, No.3,

pp.18-29.

Renzetti,S.(1992), "Evaluating the welfare effects of reforming municipal water prices", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.22, No.1, pp.147-163.

_____(1999), "Municipal water supply and sewage treatment : costs, prices, and distortions", *Canadian Journal of Economics*, Vol.32, No.3, pp.688-704.

Schneider,M.L. and E.E.Whitlatch(1991), "User-specific water demand elasticities," *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol.117, No.1, pp.52-73.

Spady,R.H. and A.F.Friedlaender(1978), "Hedonic cost functions for the regulated trucking industry," *The Bell Journal of Economics*, Vol.9, No.1, pp.159-179.

Teeples,R. and D.Glyer(1987), "Cost of water delivery systems : specification and ownership effects," *The Review of Economics and Statistics* ,Vol.69, No.3, pp.399-408.

Terza,J.V. and W.P.Welch(1982), "Estimating demand under block rates : Electricity and water," *Land Economics*, Vol.58, No.2, pp.181-88.

Toyama,Y., Y.Fujii, H.Sasaki, M.Sugaya, M.Uekusa and S.Yamaya ed.(2000), *Pubulic Utility Industries in Japan,* MSU Public Utilities Papers, Michigan.

Varian,H.R.(1992), *Microeconomic Analysis(3rd edition)*, W.W.Norton & Company, New York.

Williams,M.(1985), "Estimating urban residential demand for water under alternative price measures," *Journal of Urban Economics*, Vol.18, No.2, pp.213-25.

Williams,M and B.Suh(1986), "The demand for urban water by customer class", *Applied Economics*, Vol.18, No.12, pp.1275-1289.

Wong,S.T.(1972), "A model on municipal water demand : A case study on northeastern Illinois," *Land Economics*, Vol.48, No.1, pp.34-44.

Young,R.A.(1973), "Price elasticity of demand for municipal water : A case of Tucson, Arizona," *Water Resources Research*, Vol.9, No.5, pp.1068-72.

Young,C.E., R.K.Kinsley and W.E.Sharpe(1983), "Impact on residential water consumption of an increasing rate structure," *Water Resources Bulletin*, Vol.19, No.1, pp.81-86.

Zellner,A.(1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias," *Journal of the American Statistical Association*, Vol.57, pp.348-368.

[日本語文献]

石井晴夫（編）（1996）『現代の公益事業－規制緩和時代の課題と展望－』NTT 出版。

石井晴夫（1996a）「変革期にあるアメリカ水道事業経営の現状と課題(1)(2)(3)」『公営企業』8 月号 30-38 頁、9 月号 53-59 頁、10 月号 32-39 頁。

_____（1996b）「転換期にあるわが国水道事業経営の現状と課題(1)(2)」『公営企業』11 月号 35-42 頁、12 月号 37-43 頁。

_____（1997）「転換期にあるわが国水道事業経営の現状と課題(3)」『公営企業』1 月号 79-86 頁。

石井隆一（1981）「水道事業経営の現状と課題」『都市問題研究』第 33 巻、第 8 号、44-64 頁。

伊藤規子（1994）「英国水道事業における経済的規制」『三田商学研究』第 36 巻、第 6 号、1-18 頁。

岩田暁一（1983）『経済分析のための統計的方法（第 2 版）』東洋経済新報社。

植草益（1991）『公的規制の経済学』筑摩書房。

浦上拓也（1998）「わが国の水道事業における規模の経済性」神戸大学大学院経営学研究科修士論文。

_____（2000）「日本の家庭用水需要関数の推定－集計データを用いて－」『公益事業研究』第 52 巻、第 2 号、97-102 頁。

太田正（1994）「水道事業と規制緩和」『公益事業研究』第 46 巻、第 2 号、19-36 頁。

_____（1998）「水道事業の経営形態に関する考察（上、中、下）」『公営企業』10 月号 10-20 頁、11 月号 10-17 頁、12 月号 14-25 頁。

奥野正寛、鈴村興太郎（1988）『ミクロ経済学Ⅱ』岩波書店。

小原隆吉（監修）、小松秀夫（著）（1981）『水道財政と料金－理論と実務－』日本水道新聞社。

衣笠達夫（1995）『公益企業の費用構造－Contestable Market 理論による分析』多賀出版。

清野一治（1993）『規制と競争の経済学』東京大学出版会。

黒田昌裕（1984）『実証経済学入門』日本評論社。

経済企画庁物価局（編）（1996）『公共料金ハンドブック』社団法人経済企画協会。

_____（1997）『公共料金－競争導入と情報公開－改革の提言』大蔵省印刷局。

小泉明、稲員とよの、千田孝一、川口士郎（1988）「多元 ARIMA モデルによる水使用量の短期予測」『水道協会雑誌』第 57 巻、第 12 号、13-20 頁。

小泉明、稲員とよの、具滋茸（1996）「都市における水需要変動の統計的分析」『水道協会雑誌』第65巻、第5号、32-41頁。
小泉明、稲員とよの、荒井康裕、具滋茸（1999）「水需要予測に関する季節別モデル分析」『水道協会雑誌』第68巻、第9号、37-47頁。
小林康彦（1972）「英国における水道広域化の進展」『水道協会雑誌』第454号、2-20頁。
坂本森男（1991）「水道事業経営の現状と課題」『都市問題研究』第43巻、第8号、82-100頁。
佐々木弘（1973）『イギリス公企業論の系譜』千倉書房。
_____（1974）「地方公営企業の環境適応－イギリス水道事業構造の最近の展開－」『ビジネスレビュー』第22巻、第1号、24-38頁。
_____（1985）「現代社会と水問題の諸相」『都市問題研究』第37巻、第8号、3-20頁。
_____（1991a）「地方公営企業」一河秀洋、喜多登、佐々木弘、鈴木守、橋本徹、米原淳七郎『地方財政入門（第3版）』有斐閣、第5章、161-206頁。
_____（1991b）「公益企業規制における“Equity”と“Fairness”：この面への配慮の一層の必要性にむけて」『経済学論究』第45巻、第3号、43-69頁。
_____（1992a）「わが国水道事業の広域化に向けて」『関西大学商学論集』 第37巻、第3.4合併号、45-68頁。
_____（1992b）「公益企業」「公企業」大阪市立大学経済研究所（編）『経済学事典』岩波書店、370-371、376-377頁。
_____（1992）「インセンティブ規制：特にプライス・キャップ規制方式の意図と実際」『松山大学論集』第4巻、第3号、98-134頁。
_____（1994）「公企業と協同組合：その基本的特徴と諸形態」増地昭男、佐々木弘（編）『現代企業論』八千代出版、第8章、183-236頁。
_____（1996）「プライス・キャップ規制方式の「評価」等をめぐって」『国民経済雑誌』第173巻、第2号、1-12頁。
佐々木弘、公営企業金融公庫総務部企画課（監修）（1995）『講座公営企業のための経営学』財団法人地方財務協会。
佐々木弘、浦上拓也（1998）「水道事業分野における公営と民営の経営実績の比較－欧米の諸研究のリヴューを中心に－」『公営企業』11月号、52-60頁。
清水純一（1991）「家庭用水の需要関数の計測」『農業総合研究』第45巻、第2号、27-43頁。

関根則之（1983）『改訂地方公営企業法交通事業健全化法逐条解説（第5版）』財団法人地方財務協会。
社団法人日本水道協会（1993）『水道のあらまし』社団法人日本水道協会。
竹中龍雄（1939）『日本公企業成立史』大同書院。
地方公営企業制度研究会（編）（1997）『地方公営企業の概要』財団法人地方財務協会。
寺尾晃洋（1981）『日本の水道事業』東洋経済新報社。
_____（1992）「水道料金へのアプローチ」『関西大学商学論集』第34巻、第2号、195-216頁。
_____（1992）「広域行政の経営システム－とくに水道広域化の場合について－」『関西大学商学論集』第36巻、第6号、31-50頁。
遠山嘉博（1992）「イギリス水道事業の国有化と民営化」『関西大学商学論集』第37巻、第3．4合併号、87-116頁。
野村宗訓（1993）「イギリス水道事業の民営化－業界再編成の進展と規制体系の整備－」『公益事業研究』第45巻、第1号、23-54頁。
橋本勇（1984）「水道事業を考える」『都市問題研究』第36巻第7号、30-56頁。
林敏彦（編）（1990）『公益事業と規制緩和』東洋経済新報社。
藤田正一（1993）「水道事業の経営指標－施設効率性・生産性・経営財務を中心として－」『公営企業』、7月号、10-18頁。
村松祐二（1992）「今日の水道事業経営－加入金をめぐる現状－」『北見大学論集』第27号、13-29頁。
室石泰弘（1991）「わが国の水道の現状と課題について」『都市問題研究』第43巻、第8号、101-118頁。
山田淳（1985）「都市生活と需要」『都市問題研究』第37巻、第8号、21-41頁。
山谷修作（1992）『現代日本の公共料金』電力新報社。
米原淳七郎（1993）「水道料金論」『公益事業研究』第45巻、第1号、1-22頁。
和合肇, 伴金美（1995）『TSPによる経済データの分析（第2版）』東京大学出版会。

[統計データ]

芦屋市水道部『芦屋市水道事業会計決算』。
尼崎市水道局『尼崎市水道局統計年報』。
気象庁（監修）『アメダス観測年報（時日別値）（1991年～1994年）CD-ROM版』財団法人気象業務支援センター。

気象庁（編）『地域気象観測所一覧表（平成10年版）』財団法人気象業務支援センター。
厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課（監修）『水道便覧』社団法人日本水道協会。
神戸市水道局『神戸市水道事業年報』。
社団法人日本水道協会（編）『水道統計－施設・業務編－』社団法人日本水道協会。
＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿『水道料金表（平成7年4月1日現在）』社団法人日本水道協会。
総務庁統計局『家計調査年報』財団法人日本統計協会。
＿＿＿＿＿＿『社会生活統計指標－市区町村の指標』財団法人日本統計協会。
地方公営企業経営研究会『地方公営企業年鑑』財団法人地方財務協会。
東洋経済新報社（編）『地域経済総覧』東洋経済新報社。
豊中市水道局『水道事業年報』。
西宮市水道局『水道事業年報』。

[答申その他資料]

社団法人日本水道協会（1997）『水道料金算定要領（平成9年10月改定）』。
社団法人日本リサーチ総合研究所（1997）『地方公共料金のあり方に関する調査：報告書』。
社団法人日本リサーチ総合研究所（1998）『地方公共料金のあり方に関する調査Ⅱ：報告書』。
水道事業の経営効率化に関する研究会（1995）『水道事業の経営効率化に関する研究会報告』。
水道料金制度調査会（1996）『水道料金制度調査会答申』。
地方公営企業経営活性化研究会（1992）『広域水道の現状と課題に関する調査研究報告書』。
21世紀を展望した新しい地方公営企業のあり方に関する調査研究委員会（1998）『21世紀を展望した新しい地方公営企業のあり方に関する論点整理』。
物価安定政策会議特別部会公共料金情報公開検討委員会上下水道料金作業部会（1999）『物価安定政策会議特別部会公共料金情報公開検討委員会上下水道料金作業部会報告』。