

## 第6章 上水道事業における規模の経済性と密度の経済性

### 第1節 はじめに

近年、上水道事業において広域化が推進されている。広域化の根拠の一つは、上水道事業における規模の経済性の存在である。確かに給水量1単位あたりの費用を比較すれば、規模が拡大するにしたがって費用が逡減する傾向がみられる。しかしながら、このことをもってすぐに規模の経済性の存在論拠とすることはできない。たとえば、各上水道事業体が所管する地域の人口密度には大きな差があり、これが見かけ上、規模に関する費用逡減をもたらしているのかもしれないからである。

上記の点を確かめるためには、経済理論に基づいた水道事業の費用構造に関する実証研究が必要となる。

本章では上水道事業の費用関数を推計し、さらに、規模の経済性の他に密度の経済性という概念を導入して、この二つの観点から広域水道事業を論ずることを目的とする。以下、第2節では、上水道事業の費用構造を概観し、第3節では、規模の経済性と密度の経済性を定義する。第4節では、費用関数のモデルとデータを説明し、第5節では推計結果を述べる。

上水道事業は水道事業者に対して用水供給のみを行なう用水供給事業と、消費者まで水を送り届ける末端給水事業の二つに分けられるが、本稿ではこれらを区分して分析を行う。なお、末端給水事業は、二以上の市町村にまたがって整備運営される広域事業と一市町村により経営される単独事業の二つに分けることができる。

## 第2節 上水道事業の費用構造

はじめに、上水道事業の費用構造を概観しておこう。図6-1は、末端給水事業の $1\text{m}^3$ 当たりの給水原価を事業体の規模別にみたものである<sup>1</sup>。これによると、給水人口が15万人以上30万人未満の事業体においては、 $1\text{m}^3$ 当たりの給水原価が200円以上の事業体は約15%ある。規模が小さくなるにつれてその割合は増え、1.5万人以下の事業体では、約4割が給水原価が $200\text{円}/\text{m}^3$ 以上となっている。反対に、給水人口が30万人以上になると、給水原価 $200\text{円}/\text{m}^3$ 以上の事業体は増え始めており、見かけ上、規模に関して平均費用が逡減を示している。

一方、用水供給事業については、同種のデータが入手できなかったので、本研究の対象範囲とした関東地方の11の事業体について、有収水量と有収水量 $1\text{m}^3$ あたりの費用の関係を図6-2に示した。これをみると、両者には負の相関関係があるように見える<sup>2</sup>。

しかし当然のことながら、以上の事実をもって上水道事業に規模の経済性が存在するということを断定するわけにはいかない。すなわち、上水道事業の費用構造を規定する要因としては、規模の経済性以外にも、①投入要素の価格差（特に賃金）、②人口密度等の立地条件、③技術効率性<sup>3</sup>、等の要因があり、図6-1、6-2のような費用構造はこれらの影響が合成して発現していると考えられるからである。

---

<sup>1</sup> ここではデータの都合上から、給水人口を規模の代理指標として用いている。

<sup>2</sup> ただし相関係数は0.471であり、統計的有意性は低い。

<sup>3</sup> 本章では、技術的効率性については明示的に扱わなかった。しかし、近年進められている水道事業体の合併を考えると、合併が職員のモラルに及ぼす影響は、技術効率性に大きく関係してくると思われる。なお、上水道事業の技術効率性に関しては、高田[8]がある。

図6-1 事業体の規模別にみた1m<sup>3</sup>当たりの給水原価  
(末端給水事業)

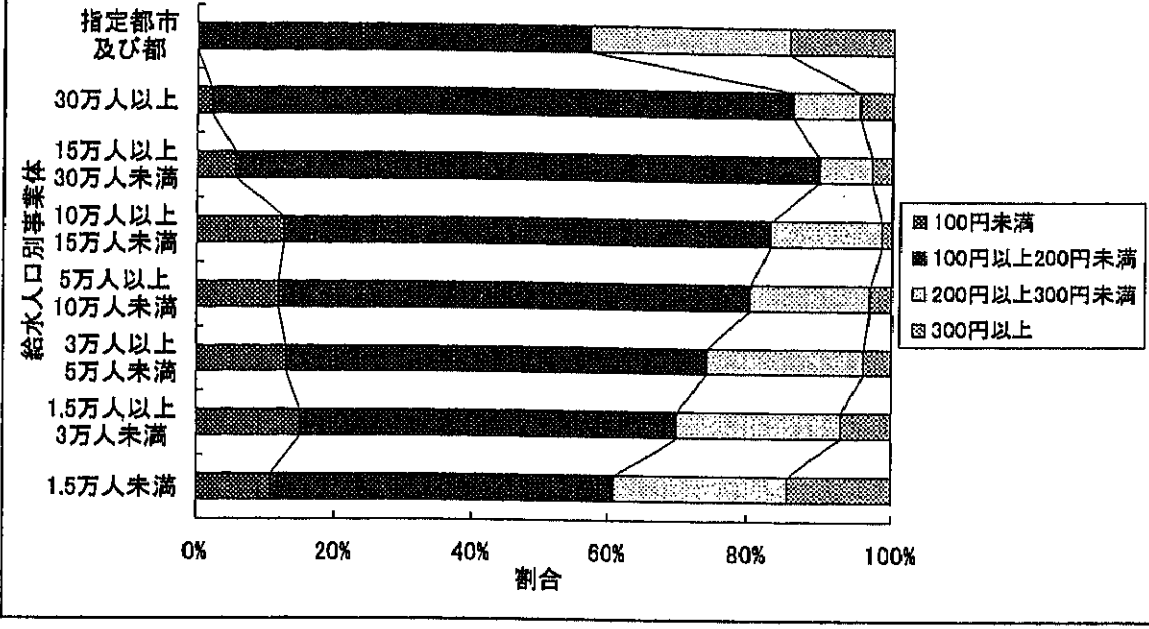
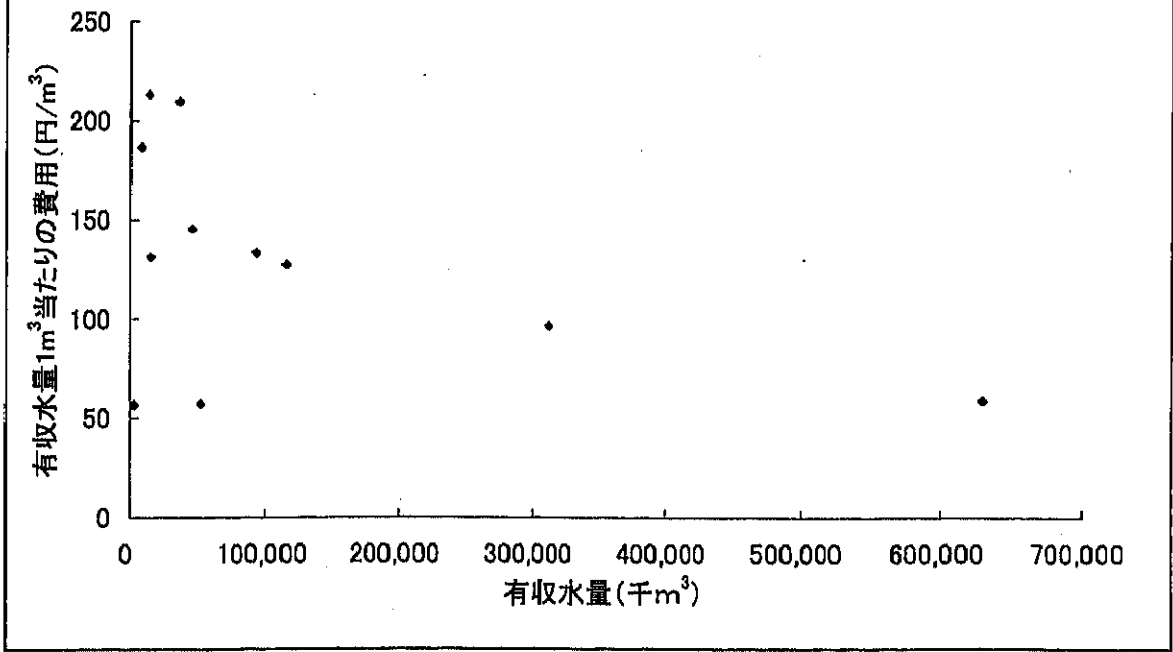


図6-2 有収水量と一単位当たりの費用(用水供給事業)



### 第3節 規模の経済性と密度の経済性

以下の節では上水道事業の費用関数を計測し、規模の経済性をその他の要因から識別することにする。まず、計測に入る前に、規模の経済性および密度の経済性について定義しておこう<sup>4</sup>。

規模の経済性 (return to scale; RTS) は、「生産要素のすべてを同率で増加させたときに、生産量がそれ以上の率で増加する」ことを意味し、次のように表す。

$$RTS = \frac{1}{\varepsilon_y + \varepsilon_n}$$

但し  $\varepsilon_y$  は、総費用の産出財弾力性であり、

$$\varepsilon_y = \frac{\partial c}{\partial y} / \frac{c}{y}$$

$\varepsilon_n$  は総費用のネットワーク弾力性であり、

$$\varepsilon_n = \frac{\partial c}{\partial N} / \frac{c}{N}$$

密度の経済性 (return to density; RTD) とは、「ネットワークを一定にし、生産要素のすべてを同率で増加させたときに、生産量がそれ以上の率で増加する」ということであり、次式で表す。

$$RTD = \frac{1}{\varepsilon_y}$$

規模の経済性がネットワークと生産要素を同時に拡大させるということであるのに対し、密度の経済性は、ネットワークを一定としたまま生産要素を拡大させるということに違いがある。ここでいうネットワークとは、「ヒト、モノ、

---

<sup>4</sup> 本章における規模の経済性および密度の経済性の定義は、Caves *et al.*[1]によるものである。

エネルギーまたは情報を運ぶために形成され、階層構造を持ち、場所の制約を伴う物理的媒体」<sup>5</sup>を意味している。

さて、上水道事業における密度の経済性とはいかなるものなのだろうか。林[3]は上水道事業の「ネットワークの経済性」<sup>6</sup>について次のように述べている。

「もっとも静的なネットワークの代表例とされる水道の場合でも、たとえば別荘地などにおいて一戸だけが離れて建っている場合には、相当の負担をしなければ水道を引くことができない。それに対して一定範囲にまとまった需要が出れば、その需要家のコストが下がる。このようなケースには正の NE（ネットワークの外部性）がある、と考えるよかろう。また、まったく逆に新たな需要が出たために、在来の水道管を太くするなどの工事が必要で、付加的なコスト増をとまなう場合は負の NE があると考えることができる。（括弧内筆者）」<sup>7</sup>。

この例で特徴的なことは、「一戸だけ離れた別荘が加入する」場合と、「既存の加入者がまとまっている地域に新しく加入する」場合を考えてみると、規模の拡大という面では同じであってもコストの面で違いがあるのである。これは、消費者或いは、供給者がその場所を動くことができないという物理的な制約があり、また、ネットワークの形成に多額の固定費用が必要となるためである。このような場所の制約と多額の固定費用のために、密度という物理的な条件が上水道事業の場合には特に重要になり、このことが密度の経済性をも

---

<sup>5</sup> 林[3]p18 参照。

<sup>6</sup> ここで用いる経済性の密度の経済性は、Katz *et al.*[5]による「ネットワークの経済性」に近い概念であると考えられる。彼らは電話を例に取り、「既存のネットワーク、新規の A が加入すると、既にネットワークに入っていた B は自らの契約についてなんらの変更をしないで、A にたいする通話が可能になるという便益」をネットワークの経済性による便益としている。ネットワークの経済性の大きな特徴は、需要者側に発生する規模の利益、加入者の外部性(subscriber externalities)を取り上げているということにある。

<sup>7</sup> 林[3]p179-181 参照。

たらずと考えられるのである。

#### 第4節 モデル及びデータ

##### (1) モデル

上水道事業の費用関数を以下のように定式化する。

$$C=f(Y,W,N,D)$$

C: 総費用

Y: 産出量

W: 賃金率

N: ネットワーク

D: ダミー

上式には投入財価格として賃金率のみを採用している。これは、資本のレンタルプライスや経常投入財の価格には地域間の格差が比較的少なく、分散がないと仮定したためである。

この関数をトランスログの形で展開すると次のようになる。

$$\begin{aligned}\ln C &= \alpha_0 + \alpha_d D + \alpha_n \ln N + \alpha_w \ln W \\ &+ \beta_{nw} \ln N \ln W + \frac{1}{2} \beta_{nn} (\ln N)^2 + \frac{1}{2} \beta_{ww} (\ln W)^2 \\ &+ \alpha_y \ln Y + \beta_{ny} \ln N \ln Y + \beta_{wy} \ln W \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 + u\end{aligned}$$

シェパードの補題により労働のコストシェア式 (SHL) を次のように導き、

費用関数と連立させて推計し、推計の効率を高めることにした<sup>8</sup>。

$$\frac{\partial C}{\partial W} = L \text{なので}$$
$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln W} = \frac{WL}{C} \text{より}$$

$$SHL = \alpha_w + \beta_{nw} \ln N + \beta_{ww} \ln W + \beta_{wy} \ln y + v$$

費用関数と労働のコストシェア式を連立させて推計する場合、攪乱項  $u$  と  $v$  の間には相関があると考えられるので、繰り返しのある Zellner の効率的推定法を用いた。

## (2) データ

分析の対象とするのは、関東地方の 11 の用水供給事業、同じく、関東地方の 22 の末端給水広域事業、単独事業については茨城県内の事業体のうち時系列でみて十分なサンプルのとれた 58 事業体である。末端給水事業と用水供給事業については Chow 検定を行ない、パラメーターがそれぞれ異なっているという帰無仮説が棄却できなかつたので、両者を区分して推計する。ただし、末端給水事業では、末端給水広域事業と単独水道事業については、両者を一つのデータセットに含め、ダミー（広域：1、単独：0）で区別した。

これらの事業体について 1981 年から 1995 年までのデータをプールしたパネルデータを作成した。なお、合併等に伴う事業休止年、事業開始年については、明らかに異常値と思われるものが含まれているので、これらはサンプルから除外している。また、有収水量 10,000 千  $m^3$  以上の事業体は、他の事業体と比べ、極端に規模が大きいので、これについてもサンプルから除外した。

---

<sup>8</sup> 費用関数の特定化、推計については、川村[6]を参考にした。

データソースは、地方公営企業経営研究会編『地方公営企業年鑑』各年版である。

総費用 (C) としては、職員給与費、支払利息、減価償却費、受水費、その他経常投入費を含んだ費用合計を用い、『国民経済計算年報』の中間投入デフレーター (1990 年基準) で実質化した。

産出量 (Y) には、年間総有収水量 (千  $m^3$ ) を用いている。有収水量とは、料金として回収することのできた水の総量である。

賃金率 (W : 千円/人) は、年間職員給与費を職員数で除して求めている。本来ならば、職員の年齢構成、職種構成等の差を考慮に入れるべきであるが、データの制約上、できなかった。尚、賃金率についても『国民経済計算年報』の総生産デフレーター (1990 年基準) で実質化した。

ネットワーク (N) には、「階層構造を持ち、場所の制約を伴う物理的媒体」という定義から導配水管総延長 (千m) が適当と考え、これを用いた。

なお、計測にあたっては、いずれの変数もサンプルの平均値を 1 とする基準化を行なった。

## 第 5 節 推計結果

費用関数の推計結果は表 6-1、6-2 の通りである。表 1 の末端給水事業の推計結果をみると、パラメーターはほぼ、安定しており、決定係数は、コストシェア式については 0.037 と低いものの、費用関数については 0.794 であり、概ね良好である。表 2 の用水供給事業の推計結果もパラメーターは安定しており、決定係数は費用関数で 0.900、コストシェア式で 0.391 と良好である。本



表 6-1 費用関数の推計結果

(末端給水事業)		
パラメーター	推計値	(t 値)
$\alpha_0$	-0.212	(-9.955***)
$\alpha_d$	0.308	(10.641***)
$\alpha_n$	0.379	(10.266***)
$\alpha_w$	1.143	(44.109***)
$\beta_{nw}$	-0.378	(-7.506***)
$\beta_{nn}$	0.440	(5.895***)
$\beta_{ww}$	-0.712	(-5.084***)
$\alpha_y$	0.535	(18.983***)
$\beta_{ny}$	-0.280	(-5.014***)
$\beta_{wy}$	0.227	(6.676***)
$\beta_{yy}$	0.312	(6.765***)
費用関数の決定係数		0.790
コストシェア式の決定係数		0.034
サンプル数	75	

(註) \*\*\*1%水準で有意。

表 6-2 費用関数の推計結果

(用水供給事業)		
パラメーター	推計値	(t 値)
$\alpha_0$	0.348	(4.544***)
$\alpha_n$	0.614	(3.759**)
$\alpha_w$	1.056	(16.307***)
$\beta_{nw}$	-0.259	(-1.853**)
$\beta_{nn}$	0.400	(0.787 )
$\beta_{ww}$	0.630	(4.627***)
$\alpha_y$	0.460	(4.000***)
$\beta_{ny}$	-0.750	(-2.948***)
$\beta_{wy}$	-0.110	(-1.506**)
$\beta_{yy}$	0.478	(3.518 )
費用関数の決定係数		0.907
コストシェア式の決定係数		0.410
サンプル数	11	

(註) \*\*\*1%水準で有意。

\*\*10%水準で有意。

来ならば、ここで、費用関数の準凹性、一次同次性の検定をするべきであるが、本稿では、投入要素から資本のレンタルプライス等を落としているので、これらの検定は行なえない。

これらのパラメーターを用いて、次のように、規模の経済性と密度の経済性を求めた。

$$RTS = \frac{1}{(\alpha_y + \beta_{ny} \ln N + \beta_{wy} \ln W) + (\alpha_n + \beta_{nw} \ln W + \beta_{nn} \ln N + \beta_{ny} \ln Y)}$$

$$RTD = \frac{1}{\alpha_y + \beta_{ny} \ln N + \beta_{wy} \ln W}$$

結果は表 6-3 のようになる。末端給水事業では、規模の経済性の場合には不経済の状態にあるものから経済性が働いているものまで、様々である。密度の経済性は、全て経済性が発揮されているが、事業体によってその度合いが違うことがわかる。用水供給事業体の場合は、規模の経済性も密度の経済性も事業体によってかなり差がある。

規模の経済性についてさらに詳しくみるために、単独事業の平均費用曲線(図 6-3)、末端給水広域事業の平均費用曲線(図 6-4)、用水供給事業の費用曲線(図 6-5)を描いた。

図 6-3 をみると、単独事業の費用曲線は、右下がりとなっている。特に規模が小さいうちは、総費用の低下が急速であることがわかる。単独事業では、有収水量が 2,000 千 m<sup>3</sup> 未満の事業体は全体の約 35%、2,000 千 m<sup>3</sup> 以上 5,000 千 m<sup>3</sup> 未満の事業体が約 29%、合わせて約 64%が有収水量 5,000 千 m<sup>3</sup> 未満の事業体である(1995 年)。このような小規模事業体においては、規模拡大はメリットをもたらすことが予想できる。

図 6-4 をみると、末端給水広域事業の平均費用曲線は右下がりとなっている。これも、規模が小さいうちは、総費用の低下が急速であることがわかる。また、この図からは判然としないが、有収水量 20,000 千 m<sup>3</sup> で平均費用が最低の 134.43 円になり、それ以降再び上昇している。

表 6-3 規模の経済性と密度の経済性

	規模の経済性			密度の経済性		
	平均	最低値	最大値	平均	最低値	最大値
末端給水事業	1.02	0.597	1.955	2.115	1.055	6.428
用水供給事業	0.188	-26.557	24.717	0.821	-19.625	10.876

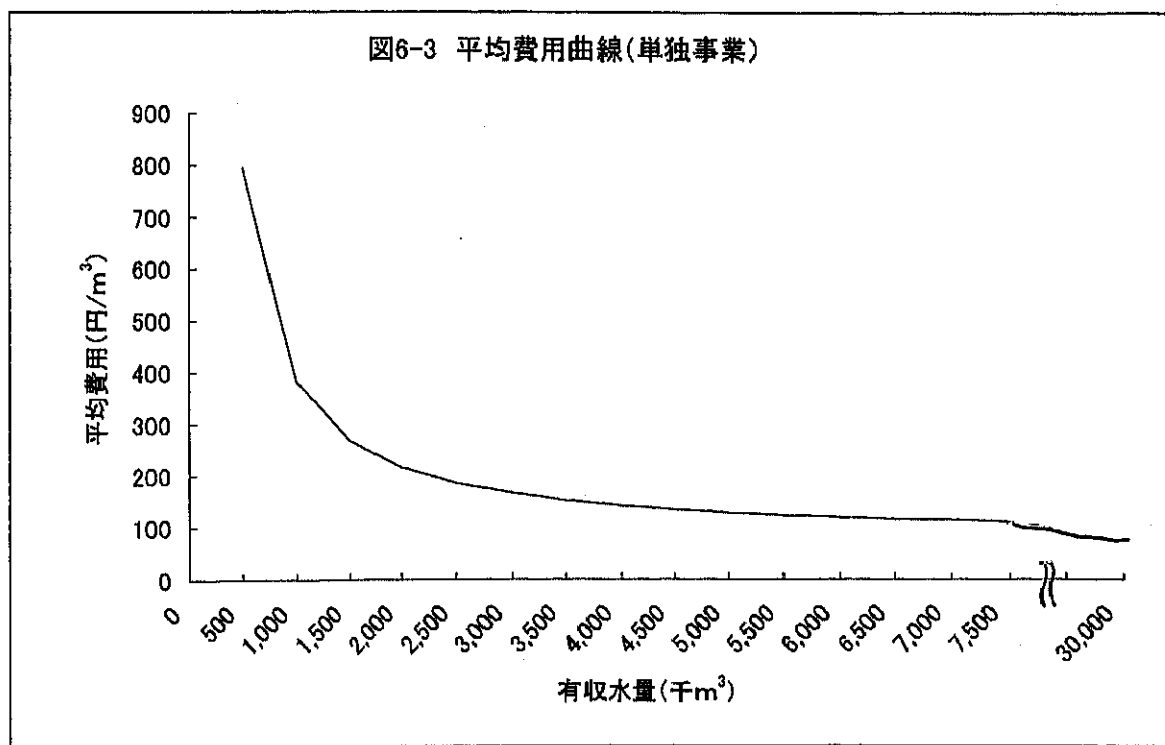


图6-4 平均費用曲線(末端給水広域事業)

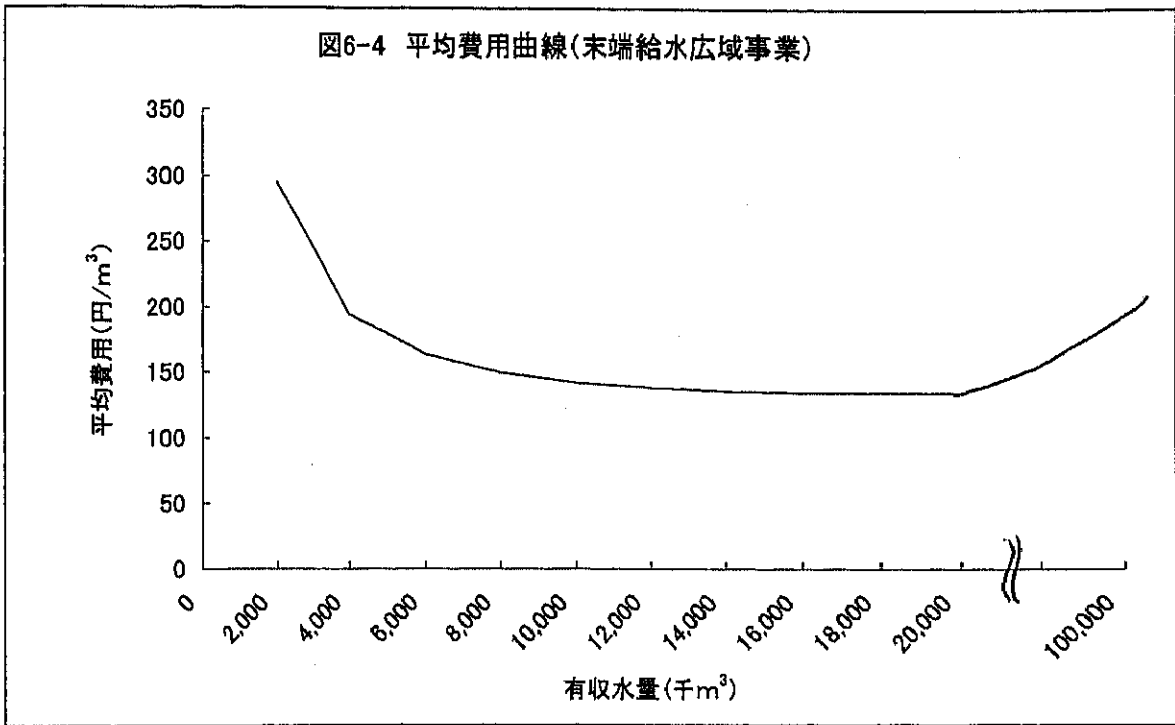


图6-5 平均費用曲線(用水供給事業)

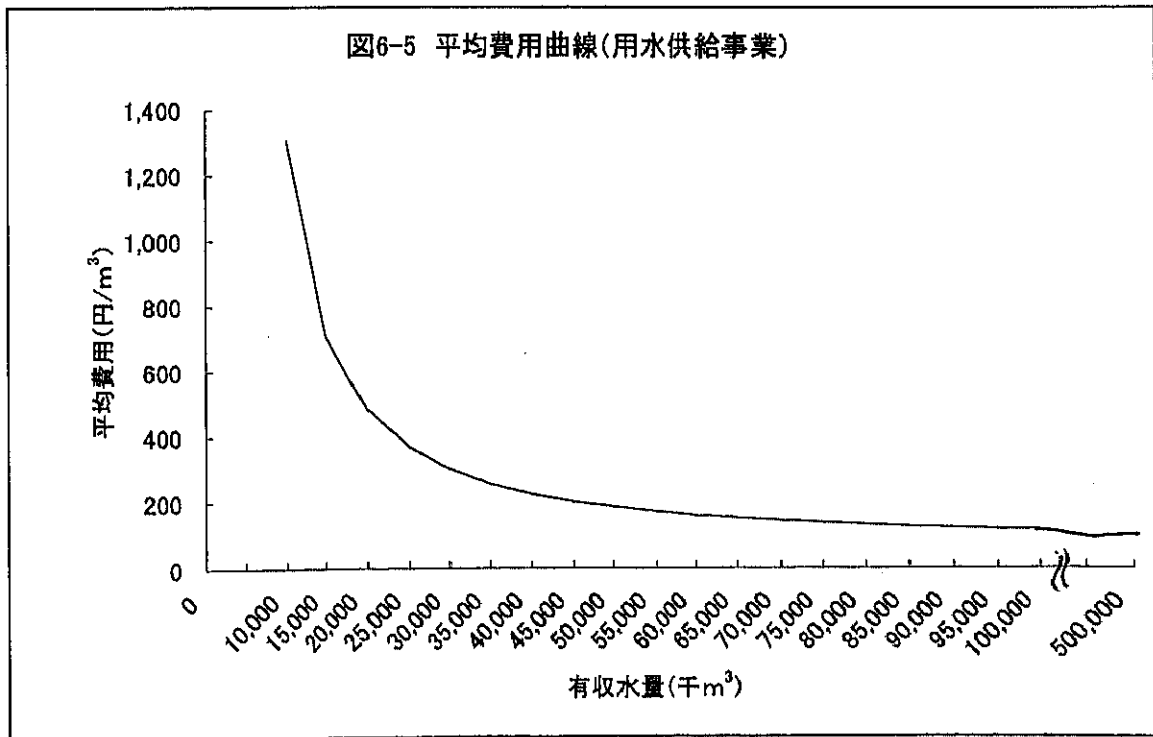


図 6-5 をみると、用水供給事業の費用曲線は右下がりである。また、これも、規模が小さいうちに、急激な費用低下が起きている。

## 第 6 節 むすび

最後に、本研究で明らかになった点をまとめてむすびとしたい。

(1) 上水道事業の多くは、現在、スケールメリットを充分享受していない状態にある。特に、単独事業のうち、全体の 6 割強を占める有収水量 5,000 千  $m^3$  未満の事業体においては、規模拡大した場合に、総費用の著しい減少が期待できる。

(2) 末端給水広域事業では、有収水量 20,000 千  $m^3$  以上の事業体は規模の不経済の状態にある。

(3) 密度の経済性は、上水道事業の費用構造を強く規定している。しかしながら、その度合いは決定的なものではなく、規模要因もまた大きな影響力を持つ。

以上のことから、規模の不経済の状態にあるいくつかの事業体をのぞけば、合併による広域化は多くの事業体にとってスケールメリットをもたらすと考えられる。もちろん、合併は経済的な効率性だけではなく、事業体の特質、水道水の安定供給、水質といった様々な観点から総合的に判断されるべきであり、上記の結果だけから直截にその是非を判断することはできない。今後はこれらの点を踏まえて、合併が水道事業に及ぼす影響を総合的に分析を進めることが

重要であると思われる<sup>9</sup>。

---

<sup>9</sup> 合併に関する先行研究として井上[4]があり、合併が進まない理由について指摘されている。また、供給の安定に関する研究として住友[7]、水質に関する研究として早貸[2]がある。