

中国の水資源管理における価格政策に関する研究 — 山西省を例として —

白川博章¹・石峰²・井村秀文³

¹正会員 博士（学術）名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）

E-mail: sirakawa@urban.env.nagoya-u.ac.jp

²非会員 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）

³正会員 工博 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻（〒464-8601 名古屋市千種区不老町）

中国、特にその北部では、深刻な水不足に直面している。水不足の原因の一つは、水の使用料金が低すぎて、企業などの節水に対するインセンティブが働いていないためではないかと考えられる。工業用水の価格水準を検討する方法として、水1単位の利用で生み出されている価値（限界価値）と単位当たりの使用料（限界費用）との差を比較する方法がある。本研究では、中国山西省を対象とし、一般均衡分析を用いて、工業用水の限界価値を推計した。その結果、約3.5元/ℓ（1995年価格）という結果を得た。山西省の省都である太原市における1995年の工業用水価格は1.3元/ℓであった。すなわち、工業用水の限界費用は限界価値の37%に過ぎない。

Key words: China, water shortage, pricing policy, marginal value, marginal cost, CGE

1. 研究の背景と目的

中国は、1980年から2003年にかけて、年平均約8%という、驚異的なペースで経済成長を遂げた¹⁾。その結果、膨大な資源需要が発生し、資源不足が懸念されている。このため、資源管理のあり方について様々な議論が行われている。水資源管理の合理化の議論もその一つである。

2000年版の中国水資源公報²⁾によれば、中国全体の1人当たり水資源量は2,138m³である。しかし、地域格差が大きく、特に北部の水不足が深刻である。省および主要都市のレベルでみると、1人当たりの水資源量が最も少ないのは、天津市（32.0 m³/人）であり、次いで北京市（124.3m³/人）、寧夏省（127.6m³/人）、上海市（187.4 m³/人）、河北省（216.5 m³/人）、山西省（252.6 m³/人）と、上海市を除き、北部の省や市が並ぶ（図1参照）。世界の

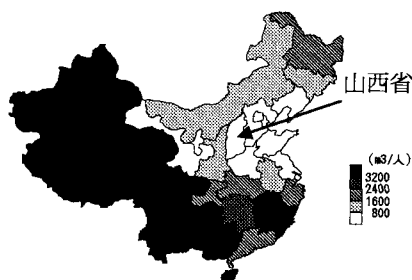


図-1 1人当たり水資源量（2000年）

（出所）中国水資源公報2000年より作成。

他地域における1人当たり水資源量と比較すると、アメリカ（2,577 m³/人）、日本（3,393 m³/人）、イギリス（2,465 m³/人）であり中国北部の水資源がいかに少ないかが分かる³⁾。

1997年には、黄河の河口から上流700kmにかけて水がなくなる断流現象が起きた。この深刻な水資源不足を背景として、中国では1990年代後半から、

工業用水の利用料金が見直されている。例えば、天津市における 1998 年の工業用水の価格は 0.25 元/t、北京は 0.28 元/t であった。しかし、それ以降、何度か料金が改定され、2001 年には天津市は 3 元/t、北京市は 2.4 元/t へと、それぞれこの 3 年間で 12 倍と 8.7 倍に上昇した⁴⁾。

こうした工業用水の価格見直しの背景には、主に 3 つの事情がある。第 1 は、中国では水不足にもかかわらず、生産にかかる水の消費量が先進国に比べて多いという指摘もある。そこで、価格上昇によって企業に対する節水や水の再利用へのインセンティブ効果が高まることが期待されている。第 2 は、貴重な水資源が工場排水により汚染されていることである。企業が水の使用量を減らすことで、排水の減少も期待される。第 3 は、水供給事業に対する財源調達の重要な手段となることである。

水は他の財との代替性が低い財であるため、工業用水の価格上昇は経営に大きな影響を与える可能性もある。そこで、工業用水の適切な料金について検討が行われている。料金水準を検討する方法として、水 1 単位の利用が生み出した価値（限界価値）と単位当たりの使用料（限界費用）との差を比較する方法がある。完全競争状態では、限界価値と限界費用は一致する。そこで、推計した限界価値と実際の料金の乖離を調べれば、料金水準検討の手がかりとなる。

本研究では、中国北部で水不足に直面している地域の一つである、山西省を対象とし、一般均衡分析を用いて、工業用水の限界価値を計測する。次に、この値を実際の工業用水の費用と比較することによって、料金水準の妥当性を検討する。

2. 山西省の水需給要構造

(1) 山西省における水需給要構造

山西省は、北京市の南西、黄河の中流域に位置する（図 1 参照）。2003 年における 1 人当たり GDP は、7,435 元である⁵⁾。全国の値が 9,101 元であるから、全国の平均よりも貧しい地域である。また、GDP の構成は、1 次産業が 8.8%、2 次産業が 56.6%、

第 3 次産業が 34.6% である。

山西省における水の用途を図 2 に示す。2003 年における新規取水使用量は、55.75 億 t であり、内訳は、農林水産業 62.7%、工業 22.9%、その他 14.9% である。水の消費量およびこの比率は、1994 年以降、大きな変化はない。

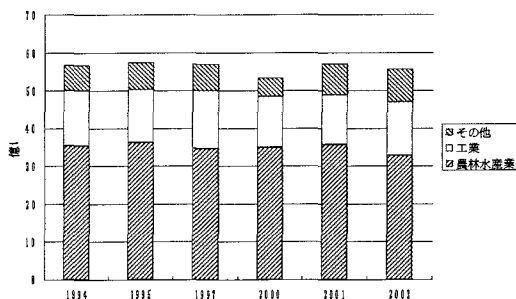


図-2 山西省における新規取水の用途

(出所) 1995 年は Chen⁶⁾より、他は山西省統計年鑑⁷⁾より作成。

図 3 に、1995 年における新規取水の用途の詳細を示す。工業用水の中で、消費量が多いのは、電力・石油精製業であり、全体の 9.2%を占める。次に、重化学工業および電機電子工業 8.5%、鋅業 3.3%と続く。

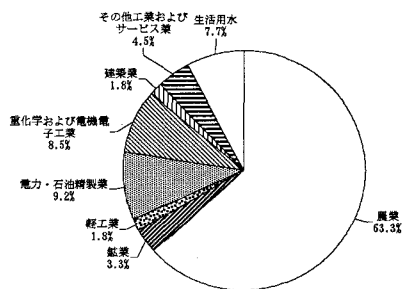


図-3 山西省における新規取水の用途 (1995 年)

(出所) Chen⁶⁾より作成。

図 4 に全水使用量に対するリサイクル水の使用量の割合 (リサイクル率) を示す。農業用水を除くと、リサイクル水が水の全使用量に占める割合は、82.5%である。最もリサイクル率が高いのは、電力業であり、約 91.6%である。次いで、金属素材業

82.7%，化学工業 79.3%，紡績業 74.2%と続く。

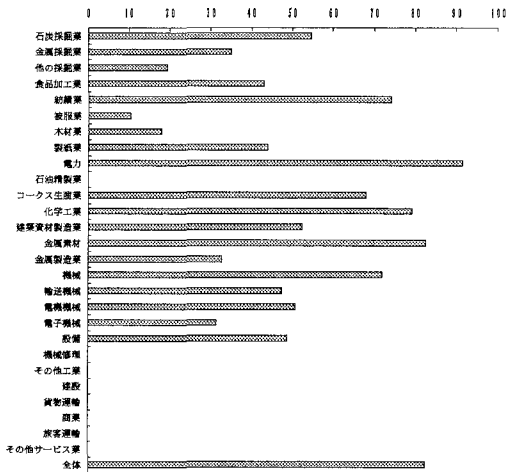


図-4 業種別リサイクル水利用率 (1995 年)

(出所) Chen⁶⁾よりより作成。

(2) 既往研究

中国において工業用水の限界価値を計測した研究としては、Wang and Lall⁸⁾ や Chen⁶⁾がある。Wang and Lall⁸⁾ は、1993 年に中国全土の 2000 件の工場のデータを用いて、トランスログ生産関数を用いて工業用水の限界価値を計測した。その結果、平均で、2.45 元/t という結果を得た。Chen⁶⁾は、1965 年から 1995 年の山西省における工業部門のデータをもとに、やはりトランスログ生産関数を用いて工業用水の限界価値を推計した。その結果、工業用水の限界価値は 6.65 元/t であった。

ただし、回帰分析の結果は、外れ値や選択した回帰モデルの影響を受け、大きく変化する可能性もある。例えば、Wang and Lall⁸⁾は、産業別に工業用水の限界価値を計算したところ、電力業における工業用水の限界価値は 0.05 元/t、輸送機械製造業における工業用水の限界価値は 26.8 元/t と、実に 536 倍も違う値を得た。

一般均衡分析は、ある財の供給量が変化することによる、様々な財の量と価格への影響も検討することを目的としている。そこで、一般均衡分析では、社会会計表と呼ばれる資金循環表をまず作成する。すなわち、経済主体のそれぞれがどのような財・サービスや生産要素を取引しているかを把握すること

から始める。この社会会計表は基準均衡の経済を示している。この基準均衡を分析の基礎におく一般均衡分析は、回帰分析と同様に分析結果はモデルの影響を受けるが、回帰分析よりも外れ値の影響を抑えることができる可能性がある。したがって、回帰分析の結果と一般均衡分析の結果は、乖離することとも考えられ、工業用水の料金水準に対して、既往研究とは異なる評価結果を得る可能性もある。そこで、本研究では一般均衡分析を用いて工業用水の限界費用を推計し、既往研究の結果と比較する。

3. 一般均衡分析による工業用水価格の分析

(1) 分析モデル

分析に用いたモデルを以下に示す。

a) 企業部門

$$Y_j = b_j(L_j^{\beta_l^l} C_j^{\beta_c^c}) \quad \text{式(1)}$$

$$X_{i,j} = ax_{i,j} Z_j \quad \text{式(2)}$$

$$Y_j = ay_j Z_j \quad \text{式(3)}$$

$$C_j = \left\{ \frac{p_j^y \beta_j^y}{p_c} \right\} Y_j \quad \text{式(4)}$$

$$L_j = \left\{ \frac{p_j^y \beta_j^l}{p_l} \right\} Y_j \quad \text{式(5)}$$

$$p_i^z = ay_j p_j^y + \sum_i ax_{i,j} p_i^q \quad \text{式(6)}$$

b) 投資・貯蓄部門

$$X_i^v p_i^q = \lambda_i (SH + SG + SC + SF) \quad \text{式(7)}$$

$$SH = ss^h \sum_i p_k L_j \quad \text{式(8)}$$

$$SG = ss^g (T_g + \sum_j T_j^z) \quad \text{式(9)}$$

$$SC = \sum_j p_k K_j \quad \text{式(10)}$$

c) 家計部門

$$X_i^h = \frac{\alpha_i}{p_i^q} \left(\sum_j p_j L_j - SH \right) \quad \text{式(11)}$$

d) 政府部門

$$X_i^g p_i^g = \mu_i (T_g + \sum_j T_j^z - SG) \quad \text{式(12)}$$

$$T_g = \tau_g \sum_j p_c C_j \quad \text{式(13)}$$

$$T_j^z = \tau_j^z p_j^z Z_j \quad \text{式(14)}$$

e) 域内外収支

$$p_i^e = p_i^{we} \quad \text{式(15)}$$

$$p_i^m = p_i^{wm} \quad \text{式(16)}$$

$$SF = \sum_i p_i^{wm} M_i - \sum_i p_i^{we} E_i \quad \text{式(17)}$$

$$X_i = ac_i \left\{ \sigma_i M_i^{-\rho_i} + (1 - \sigma_i) D_i^{-\rho_i} \right\}^{\frac{1}{1+\rho_i}} \quad \text{式(18)}$$

$$D_i = X_i \left\{ \frac{(ac_i)^{\rho_i} p_i^q (1 - \sigma_i)}{p_i^d} \right\}^{\frac{1}{1+\rho_i}} \quad \text{式(19)}$$

$$M_i = X_i \left\{ \frac{(ac_i)^{\rho_i} p_i^q \sigma_i}{p_i^d} \right\}^{\frac{1}{1+\rho_i}} \quad \text{式(20)}$$

$$Z_i = at_i \left\{ \gamma_i E_i^{\rho_i} + (1 - \sigma_i) D_i^{-\rho_i} \right\}^{\frac{1}{\rho_i}} \quad \text{式(21)}$$

$$E_i = Z_i \left\{ \frac{(at_i)^{\rho_i} p_i^z \gamma_i}{p_i^d} \right\}^{\frac{1}{1-\rho_i}} \quad \text{式(22)}$$

$$D_i = Z_i \left\{ \frac{(at_i)^{\rho_i} p_i^z (1 - \gamma_i)}{p_i^d} \right\}^{\frac{1}{1-\rho_i}} \quad \text{式(23)}$$

f) 市場均衡

$$X_i = X_i^h + X_i^g + X_i^v + \sum_j X_{i,j} \quad \text{式(24)}$$

$$\sum_j L_j = \overline{LS} (1 - unem) \quad \text{式(25)}$$

$$\sum_j K_j = \overline{KS} \quad \text{式(26)}$$

g) 水資源制約

$$WUQU(agr)Z(agr) \leq AGWS \quad \text{式(27)}$$

$$WUQU_j Z_j - WUQU(agr)Z(agr) \leq INWS \quad \text{式(28)}$$

$$WUQU_j Z_j = WU_j \quad \text{式(29)}$$

h) 工業用水の限界価値

$$\Delta Y / \Delta INWS \quad \text{式(30)}$$

変数およびパラメータの説明は以下のとおり。

i) 変数

(jは産業インデックス, iは財インデックスで省略)

Y: 生産要素付加価値	L: 労働
C: 資本	X _{ij} : 中間投入財
X _g : 政府消費	X _v : 投資
Z: 生産高	E: 移出・輸出財
M: 移入・輸入財	D: 域内生産・消費財
X: 合成財	SH: 家計貯蓄
SC: 企業貯蓄	SG: 政府貯蓄
SF: 域外からの純移入	
T _g : 直接税	T _z : 生産税
p _y : 付加価値価格	p _q : 合成財価格
p _c : 資本価格	p _l : 労働賃金
p _z : 域内生産価格	p _d : 域内財価格
p _m : 移入・輸入財価格	p _e : 移出・輸出財価格
Z(agr): 農業総生産	WU _j : 用水需要量
AGWS: 農業用水供給量	INWS: 工業用水供給量
$\overline{KS}$: 資本供給	$\overline{LS}$: 労働力供給

j) パラメータ

α : 家計支出割合係数	b: 生産関数の規模係数
β^l : 労働投入割合係数	β^c : 資本投入割合係数

ay_j :生産要素合成財投入係数 ax_{ij} :中間財投入係数
 μ :政府消費支出割合係数 $WUQU_j$:用水原単位
 $WUQU_{(agr)}$:農業用水原単位 τ^g :直接税率
 λ_i :投資消費支出の割合係数 τ^z :生産税率
 ss^h :家計の平均貯蓄性向
 ss^g :政府の平均貯蓄性向
 σ :アーミントン関数の投入割合係数
 at :CET 関数の規模係数
 γ :CET 関数の投入割合係数
 ρc_i :アーミントン関数係数
 ρt_i :CET 関数係数

(2) データ

分析に用いたデータを以下に記す。本研究では、統計資料の制約から、分析対象年次を 1995 年に設定した。まず、各業種の水の消費量、中間投入額、労賃、資本投資額、家計消費、政府消費、生産税以外の税に関するデータは、Chen^⑥ が作成した 1995 年の山西省産業連関表を用いた。ただし、Chen^⑥ の推計した産業連関表には、移出と輸出および移入と輸入は分かれていないため、本モデルでは明示的に輸出・輸入は扱っていない。

また、分析に際しては、28 部門を 7 部門（農業、鉱業、軽工業、電力・石油精製業、重化学工業・電子電機産業、建築業、その他工業およびサービス業）に統合した。なお、ここでは簡略化のため、サービス業に供給される水も工業用水の価格と同一であると仮定している。

山西省と他地域との代替性のパラメータは、Xie^⑦ を参考に設定した。企業の生産税は 1996 年版の山西省統計年鑑を用いて、1995 年値を用いた。なお失業率は統計資料の関係から考慮していない。

(3) 分析結果

分析には、数値計算ソフトの GAMS を用いた。

分析の結果、工業用水の限界価値は約 3.5 元/t と推計された。山西省の省都である太原市における 1995 年の工業用水の単価は、1.3 元/t である。したがって、限界費用は限界価値の 37% に相当する。

また、1.3 元/t から 3.5 元/t へ利用料金の引き上げ

が、各業種にとってどの程度の負担になるかを検討した。具体的には、使用料金上昇分を現行の表流水使用量に乘じ、それを営業余剰で除して、負担の度合い（負担率）とした。ただし、ここでは、工業用水の価格上昇にともなう、上昇分の製品価格への転化、他の財への代替やリサイクル率の上昇などは考慮していない。

図 5 に業種別の負担率を示す。負担率は、電力・石油精製業が突出しており、追加的負担は営業余剰の 1.5 倍に達する。その他の産業は、営業余剰の額よりも追加的負担額の方が小さく、重化学および電機電子工業 32%、軽工業 26% と続く。

電力業のリサイクル率は既に 90% を超えている。したがって、リサイクル水の利用率を増やすことにも限界がある。工業用水料金の値上げは、電力業に特に大きな影響を与えることを示唆している。

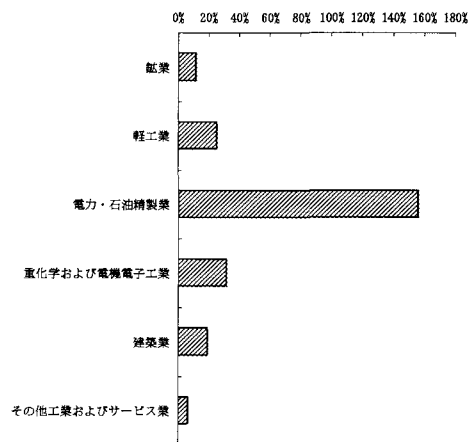


図-5 業種別負担率の比較

（出所）筆者作成。

4. 結論

本研究の分析から、山西省における工業用水の限界価値は、3.5 元/t という値を得た。Chen^⑥ のトランスログ生産関数による工業用水の限界価値の推計結果は、6.34 元/t であった。1995 年における実際の工業用水の価格は 1.3 元であったため、当時の工業用水の料金水準は、低すぎた可能性がある。また、工業用水料金値上げの影響は、特に電力業に対して

大きかった。

中国では経済成長が優先され、資源の利用や環境問題にともなう社会的費用が製品価格に十分には内部化されていなかったと考えられる。こうした政策は、産業振興によって地域の雇用を創出し、住民の所得向上に貢献する側面がある一方、産業内での資源の有効利用だけでなく、資源の賦存状況に応じた産業構造の構築を阻害してきたとも考えられる。

山西省では、現在、工業用水の利用料金を引き上げている。1997年における太原市の工業用水価格は1.5元/t、2001年に1.8元/tと段階的に工業用水の価格を引き上げており、2004年には、約3元/tに達した。現時点の価格水準が、適切かどうかを検討するためには、データを更新して検討する必要がある。

今後は、工業用水と他の財との代替の弾力性を検討し、水の供給制限や工業用水価格の影響を分析することが必要である。

謝辞：

本研究は、大学共同利用機関法人：人間文化研究機構・総合地球環境学研究所のプロジェクトである「近年の黄河の急激な水循環変化とその意味するもの」と、独立行政法人：科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業のプロジェクトである「黄河流域の水利用・管理の高持続性化」の一環として行われたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) World Bank: *World development indicators*, World Bank, CD-ROM, 2005.
- 2) 中華人民共和国水利部: 中国水資源公報 2001, <http://project.jica.go.jp/china/033140E0/water/#01>
- 3) 世界資源研究所, 国連環境計画, 国連開発計画, 世界銀行: 世界の資源と環境, 日経 BP 社, p389, 2001.
- 4) 中国価格情報網: <http://www.cpic.gov.cn/zonghe/>
- 5) 中国人民共和国国家統計局: 中国統計年鑑, 各年版, 中国統計出版社.
- 6) Chen X.: *Shanxi water resource input - occupancy - output table and its application in Shanxi Province of China*, Paper for the thirteenth International Conference on Input-Output Techniques, 2002.
- 7) 山西省統計局: 山西省統計年鑑各年版, 中国統計出版社.
- 8) Wang H and Lall S: *Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Assessment*, World Bank Working Paper Series 2236, p.23, 1999.
- 9) Jian X: *Environmental policy analysis A general equilibrium approach*, British Library Cataloguing in Publication Data, p.152, 1998.

Study on the pricing policy for water management in China : Case study in Shanxi Province

Hiroaki SHIRAKAWA, Feng SHI and Hidefumi IMURA

Northern part of China is facing serious water shortage these days. It is considered that too low price of industrial water prevents for companies to save water. This study examined the marginal value of industrial water in Shanxi province by using computational general equilibrium model (CGE). The marginal value of industrial water is estimated 3.5 yuan/t in 1995. Actual unit price of industrial water is 1.3 yuan/t. It means that the marginal cost of industrial water is about 37% of the marginal value of it.