

山西省における水資源管理政策の評価 ー工業用水を中心としてー

石 峰・白川博章・井村秀文

1. はじめに

山西省は、北京市の南西で、黄河の中流に位置する。面積 156,271km²、全国の 1.63%に占める。山西省の長所は煤（石炭）、短所は水である。石炭生産量は、4.5 億 t（2003 年：中国国内 1 位/31 省市）で、水資源量総量は、全国の 0.46%（2000 年）に過ぎない¹⁾。1980 年代から工業をはじめ、経済の急成長と人口の増加により、水の需給ギャップは増加しつつある。そのため、地下水水位の低下、水質の悪化を招くとともに、省内最大の川の汾河では断流が常態化している。

水資源を効率的に管理するには有効な水資源政策が必要である。山西省は石炭など鉱物資源が豊富な地域で、発電、鉄鋼などエネルギー・重工業が立地している。これらはいずれも大量に水資源を使用する産業である。しかも、80 年代から工業 GDP 増加率が農業の増加率と比べて遥かに高い²⁾。したがって、水資源管理の一環として、工業における水資源管理政策は大きな役割を担っている。

本研究の目的は工業セクターを中心として、山西省で実施されている水資源管理政策の効果を検討することである。以下では、まず、直接規制、価格政策、および企業の節水対策の現状に関する現地調査結果を述べ、次に、用水価格の妥当性について、一般均衡分析で検討した結果を述べる。

2. 現地調査

2.1 調査対象

調査対象は、汾河の断流現象が起こった地点であり、かつ山西省の首都でもある太原市とした。太原市は中国北部の主要な工業都市であり、この地域で産する豊富な石炭を利用して、冶金、機械、化学工業などが立地している。2000 年における人口は 336.39 万人、GDP は 346.53 億元であり、1 人当たり GDP は 10,301 元で中国の全国平均の 1.46 倍、汾河流域の 1.81 倍である。しかし、多年平均の降水量は 468.4mm しかない。1 人当たりの年間水資源量は 243m³で、全国平均値の 10.6%、黄河流域の平均の

表 2.1 太原市の社会経済状況

	多年平均降水量 (mm)	人あたり年水資源 量 (m ³)	人口(万人)		GDP (100 million)		人あたり GDP(元/人)
			農業人口	非農業人口	総GDP	工業	
太原	468.4	243.0	126.5	209.9	346.5	266.7	27393.7
汾河流域	—	—	959.1	413.4	782.9	442.9	8162.9
山西省	—	—	2386.0	861.8	1643.8	706.4	5137.0
黄河流域	459.6	721.0	5106.8	1834.1	5066.8	—	9921.6
全国	823.9	2313.0	89594.0	36989.0	89388.5	39566.0	9977.1

(出所) 各年鑑により筆者作成

33.7%に過ぎない。(表 2.1) 深刻な水不足に直面している中国北部地域の中でも、とりわけ逼迫した状況にある。

2.2 調査時期と内容

現地調査は 2005 年の 2 月と 9 月の 2 回行った。2 月には、太原市環境保護局、市節水オフィス、水務局、市政局、河西北中部污水浄化公司、楊家堡污水处理場を訪問して、インタビュー調査を行った。また、楊家堡污水处理場をはじめ、4 箇所の污水处理場と節水灌漑地区の現地視察を行った。2 月の調査を通じて、太原市の水資源及び水利用の現状、現行の政策、水処理の状況及び水質管理政策を把握した。調査結果は今年 4 月の地球研ニュースレターで報告した。

さらに、詳しく導水の影響及び工業の水利用現状を明かすために、9月に第2次現地調査を行った。太原市水道局にインタビューをし、工業用水について、採掘業・食品業・石炭加工業・機械産業など用水量の多い産業を中心として調査を実施した。訪問調査した企業は太原市の西山煤電株式会社に所属する西銘炭鉱、山西水塔集団八場、太原煤炭气化集団有限責任公司に所属する第2コークス工場、太原重工集団である。以下に、9月の第2次現地調査結果を報告する。

2.3 調査結果

2.3.1 導水の影響

水資源不足及び水質改善の抜本的な打開策として提案され、実行されたのが黄河本流からに導水する「万家寨導水工程（プロジェクト）」であった。このプロジェクトは国家水利局と山西省、内モンゴル自治区政府の協力の下に、総投資 60.58 億元で、黄河中流に建設する万家寨ダムから年間 12 億^{トン}（黄河の水量の約 3%）を取水し、山西省の省都である太原市、朔州市及び大同市に導水するという一大プロジェクトである。長さ 43.5 kmの主幹線と、長さ 101.72 kmの南支線、長さ 166.88 kmの北支線から構成している。毎年 6 億 4000 万^{m³}の水を太原市へ供給する。5 億 6000 万^{m³}の水を朔州市と大同市に供給する。

1993 年に施工し始め、2003 年 10 月末に南支線が完成し、太原市に毎日 21 万^{トン}の水を供給し始めた。これによって、太原市の水資源問題は緩和された。しかし、調査によると、黄河からの導水はコストが高く、8-10 元/^{トン}である。一般市民はもとより、企業にとっても、かなり重い負担である。現在省・市政府が一部分を負担しているが、今後、政府の負担は徐々に削減していく方針で、個人・企業の負担は大きくなる見込みである。導水前後の水料金などの状況を表 2.2 に示す。導水前後の水価格は高くなったが、水使用量はあまり変化しない。黄河水の使用により井戸を閉鎖し、節水効果と相俟って地下水の利用は減少した。



図 2.1 万家寨導水工程
<http://www.sxga.com.cn> <http://www.tidi.ac.cn>

表 2.2 導水前後の状況

		導水前	導水後
供水状況	地下水	50 万 ^{トン} /日	29 万 ^{トン} /日
	黄河水	0	21 万 ^{トン} /日
買う価格			黄河水は 2.28 元/ ^{トン}
売り価格	水資源費	0.1 元/ ^{トン}	0.5～0.6 元/ ^{トン}
	生活用水費	1.75 元/ ^{トン}	2.45
	工業用水費	2.7	3.3
地下水使用状況			219 の井戸閉鎖、23.4 ^{トン} /日を節約した（2.4 ^{トン} は節水により）
漏失率		15%	
用水現状		工業 40% 生活 60%	
今後の価格変化		0.2～0.3 元を上げる予定	

2.3.2 工業の節水状況

2005 年 9 月に工業用水を中心に節水状況を調査した結果を Appendix に示す。鉄鋼会社、コークス会社及び機械会社の水の循環使用率は 90%以上で、非常に高い水準である。また、生産高は年々増えるに対して、新規取水量は次第に減少していることも調査の結果明らかになった。

調査結果により企業の万元生産高当たり新規用水量を求めた。これを 2003 年の中国及び日本の万元生産高新規用水量と比較した。比較結果を表 2.3 に示す。太原市の工業の節水レベルは、先進国の日本の水準に近く、既に高い水準にあることが分かった。

表 2.3 太原市の工業における節水レベル

太原市 (調査)			中国 (2003) ²⁾		日本 (2003) ³⁾
企業名	万元生産値 新規用水量	100万円産値新 規用水量 ¹⁾	産業	万元生産値 新規用水量	100万円産値新 規用水量
西銘炭鉱 (西山煤电株式 社)	2.53	18.2	石炭採掘業	31.8	—
山西水塔集団八場	6.5	46.7	食 料 品	47.2	50.4
第2コークス工場 (太原煤炭 气化集团有限责任公司)	12.1~16.2	87.0~116.5	石油・石炭製品	40.6	32.9
太原重工	3.25	23.4	一般機械器具	7.0	7.3
太原鉄鋼	10.1	72.6	鉄 鋼 業	54.8	122.7

1) 2003 年の平均為替で換算した値。 <http://www.searchina.ne.jp/exchange/>

2) 中国環境統計年報 2003

3) 平成 15 年工業統計表「用地・用水編」データ (経済産業省経済産業政策局調査統計部)「平成 17 年 5 月 31 日公表」

2.4 調査のまとめ

現地調査を通じて、現地で実施されている政策及びその影響を把握した。主な結果を以下に示す。

- 水資源の絶対的不足で、導水プロジェクトを導入するに至った。
- 給水コストの上昇により価格の改定が必要である。
- 工業に於いて、直接規制は主な節水政策手段である。
- 企業の節水対策は進んでおり、水の循環率は非常に高い。
- 工業生産高あたりの水使用量も先進国の水準に近づきつつある

以上の調査結果を踏まえて、この地域の水資源管理政策について、本研究で、工業用水における価格水準の妥当性を検証する。

3. 工業における水価格水準の検討

3.1 分析方法

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。

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 Lall ³⁾ や Chen⁴⁾ がある。Wang and Lall 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/トンの結果を得た。Chen 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 Lall 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。

3.2 一般均衡分析による工業用水価格の分析

3.2.1 データとパラメータの推計

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 が作成した 1995 年の山西省産業連関表を用いた。ただし、Chen 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。企業の直接税は 1996 年版の山西省統計年鑑を用いて、1995 年値を用いた。

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。

山西省の地域内財と他地域財との間が不完全代替であるアーミントン仮定で定義する。代替性のパラメータは、Xie⁵⁾を参考に設定した。その他のパラメータはキャリブレーション方法で決まった。

3.2.2 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。負担率は以下の式により定義する。

$$\text{負担率} = (MV - MC) \times WQ / PS \quad (3.31)$$

ここに、MV は限界価値、MC は限界費用、WQ は水使用量、PS は営業余剰である。

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、他の財への代替などは考慮していない。

計算した業種別の負担率は図 2.2 に示す。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。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。

山西省では、現在、工業用水の利用料金を引き上げている。今回の調査によって、約 3.3 元/トに達した。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。

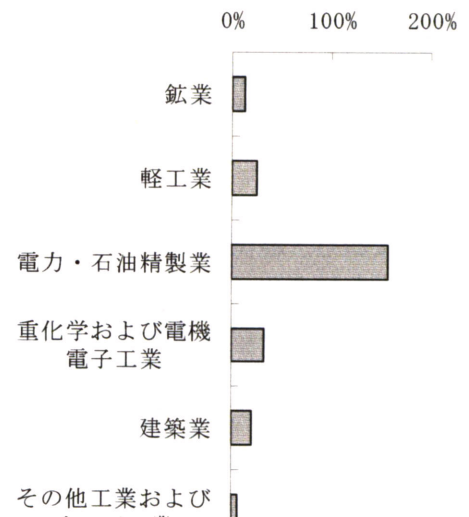


図 2.2 業種別負担率

5. 終わりに

5.1 本研究で得られた成果と知見

1) 現地調査により水資源状況政策などの把握を試みた。

深刻な水不足に直面し、様々な水資源施策が実施されている山西省の首都都市太原市を対象として、現地調査を行った。調査した結果、水供給政策において、絶対的な水資源不足のため、水環境の改善及びこれからの経済発展のため、黄河から導水する政策を実施している。高い導水コストのため、今後、水価格の再設定する必要がある。また、水利用政策において、厳しく用水制限政策を実施され、工業用水の循環率及び生産値あたりの用水量のレベルは高いであることが判った。

2) 経済モデルを用いて水資源政策について検証と評価を試みた。

山西省 1995 年の産業連関表をデータベースとして、小国開放一般均衡モデルを構築した。そのモデルを使って、工業用水の限界価値を求めて、実際の工業用水料金と比べた結果、工業用水価格水準が低いであることが判明した。但し、これは、1995 年のデータに基づいた分析で、現在の工業用水価格水準が妥当かどうかは新しいデータで検証する必要がある。

5.2 今後の課題

- 現地調査項目の詳細化、調査範囲の拡大。
- 調査により、現状を反映できるデータベースの整備と充実。
- 水供給量変化による社会経済影響
- 中日間比較により、中国水資源政策の評価。
- 汚水の再資源化問題の研究
- 水資源に優しい経済構造のあり方の研究

参考文献

- 1) 範堆相(2005)：山西省水資源評価,中国水利水電出版社,pp1 - 17.
- 2) 山西省統計局：山西省統計年鑑各年版, 中国統計出版社.
- 3) Wang H and Lall S: Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Assessment, World Bank Working Paper Series 2236, p.23, 1999.
- 4) 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.
- 5) Jian X: Environmental policy analysis A general equilibrium approach, British Library

Appendix : 工業用水を中心に節水状況を調査した結果

企業名	西銘炭鉱（西山煤电株式会社）		山西水塔 集团八場	第2コークス工場（太原煤炭気化 集团有限责任公司）		太原重工	太原鉄鋼
性質	国営		郷鎮企業	国営		国営	国営
年生産値	4.32億元（西山煤电株式会社 は100億元）		今年1.2億 去年1.8億	9億元		18億（2003） 28億（2004） 40億（2005）	290億（2004）
従業員数	6000人 家族30000		1200人	650		8000	
年生産量	360万トン		10万トン	93万トン			460万トン
生産品価格	120元/トン			去年1000元/トン今年800元/トン			
取引先	70%以上省外輸出（北京）			北京首鋼		三峡	
生活用水量	ボイラ用水	1000トン/日		450トン/日			
	家族風呂	400トン/日					
	従業員風呂	300トン/日					
	その他生活用水	2500トン/日					
価格	1.49元/トン			2.45元/トン			
生産用水量	300トン/日		地下水： 7.8万トン	水道水	3000から4000トン/日	180万トン/年 (2001) 130万トン/ 年 (2005)	18万トン/日 (90年 代初) 8万トン/日 (2004)
				汚水処理水	1440トン/日	90～100万トン/年	13～14万トン/日
				循環使用量	102560トン/日	2370万トン/年	
価格	採掘に伴う湧く水なので 0		水資源費 だけ	水道水	1.3元(1998) 2.7元(導水前) 3.3元 (現在)	4.5元/トン	3.3元/トン
水：総コストの占め率	0		7%	0.85%		低い、データなし	
汚水排出量	700トン/日		なし	生活污水だけ		40～50万トン/年	15万トン/日
汚水処理後 再利用	量	300トン/日	0	60*24		90～100万トン/年	13～14万トン/日
	用途	花とかの水遣り、道路用水		コークス洗う		清掃	冷却
	コスト	0.6元/トン		10元/トン		1.32元/トン	0.5元/トン
節水設備	国内先端的			国内先端的		国内先端的	国内先端的
万元生産値新鮮水用水量	2.53トン		6.5トン	12.1～16.2トン		3.25トン	10.1トン
トン生産品用水量	0.0304トン			1.9トン			9.63トン
注	生活の供水は一日一時間だけ、 ひどい時三日間に一時間だけ ある		生産は新 鮮水に依 存する、 政府の保 護政策で 価格低 い、	水の循環使用率95%以上で、節水 投資600万元でトンコークス用水 量は3.5トンから1.9トンまで減り ました。世界レベルの1.2トンま で減るには2億トンの投資が要る		水の循環使用率 92%以上である水 料金はコストの占 め率は低いので、 節水動機は用水定 額である。	水の循環使用率 95%