

渭河流域内の諸都市における水利形態の解明

九州大学工学部 学生会員 ○柴田勝史 科学技術振興機構 正会員 東 修
 九州大学大学院 学生会員 井上和久 九州大学大学院 フェロワー 楠田哲也

1. はじめに

中国内陸部に位置する渭河流域では、近年の急速な産業発展とそれに伴う人口増加により水需要量が急増し、ダム建設による河川水量の減少や、水処理施設の不足による河川水質の悪化、地下水の過剰摂取による地下水位の低下といった水循環に係わる諸問題が顕在化している。本研究では、流域内の水利用システムの改善を目的として、水利用に係わる基礎データベースを作成し、GIS解析により流域内の水利用形態を把握した。

2. 渭河流域諸条件の整理

渭河流域は、図-1に示すように中国内陸部に位置し、総面積は約14.4万km²である。流域は陝西省、甘肅省、寧夏自治区の3つの行政区にまたがっていて、それぞれが占める割合は陝西省49%、甘肅省43%、寧夏自治区8%である。流域内全域が乾燥気候に属し、年平均降水量は400~800mm、年平均気温は6~12°Cで、標高の高い北西部にいくほど、降水量及び平均気温が共に減少する傾向がある。

渭河流域の土地利用状況を図-2に示す。図より流域南東部に居住区及び工業地帯の集中が見られる。耕地の大部分は流域内東部に分布し、主な農作物は小麦とトウモロコシである。

2001年の流域内総人口は3100万人で、その内、城鎮(都市部)人口が2030万人(65.5%)、郷村(農村部)人口が1070万人(34.5%)である。人口は主に西安市を中心とする流域南東部の関中平原や大河川の河道沿いに集中する。

3. 水利用量の算定及び考察

流域内における水利用量の算定に用いた用水原単位を表-1に示す。農業用水及び生活用水原単位は各省自治区ごとの値を用いたが、工業用水及び家畜用水原単位についてはそれぞれ中国国内平均値及び(財)日本農業土木総合ホームページを参考にした。

流域内における水利用量の用途別割合(2001年)を図-3に、用水量の水源別割合(2001年)を図-4に、1992年及び2001年での水利用量の用途別構成割合を図-5に、また流域の水利用量分布を図-6に示す。図-4より、流域内での水利用総量は72.7億m³であるが、その内で農業用水が48.5億m³と最も多く全体の67%を占める。次いで、生活用水量が11.8億m³、工業用水量が10.8億m³と共に15%程度でほぼ等しく、家畜用水量は全体の2%である。水源別で見ると(図-4)、農業部門では河川水由来が全体の76%を占めるが、残りの部門は逆に地下水由来の割合が多く、全体では河川水由来が58%とやや多い。図-5より、水利用量全体は10年間で約11%の増加となっているが、用途別で見ると、農業部門があまり変化がないのに対し工業及び生活部門は増加が大きい。また図-6より、灌漑地域が多い流域内東部、特に工場や居住区の集中する南東部において水利用量が多いことが分かる。

農業用水

1992~2001年の10年間で流域の灌漑地面積が約5%減少した影響で、農業用水量は10年間で約4%の減少と比較的安定して推移している。また表-1を見ると、陝西省の農業用水原単位は国内平均値(7185m³/ha/yr)を下回っているものの、甘肅省及び寧夏自治区の値は共に国内平均値の約1.3倍であり、流域内で2倍以上の格差がある。この格差の主な要因は農業形態の地域別相違であると推測される。その理由として、農業用水原単位を支配する要因としては作付作物の種類と農業形態が考えられるが、作物種類に関しては流域内で著しい相違が見られない。しかし、農業形態に関しては、陝西省の一部で大規模な節水型灌漑農業を行っている地域がある一方で、経済的に貧困な地域が多い甘肅省や寧夏自治区では農業施設の未整備や老朽化が目立ち、農業用水の有効利用率が30%未満の地域も存在



図-1. 渭河流域の位置

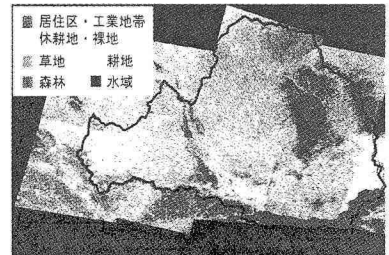


図-2. 流域の土地利用状況

表-1. 用水原単位一覧

		陝西	甘肅	寧夏
農業	[m ³ /ha/yr]	4275	9285	8985
生活	[L/人/day]	184	73	110
		46	49	30
家畜	[L/頭/day]			
	大型家畜		50	
	羊		20	
	豚		30	
工業	規模以上	軽工業		0.005
		重工業		0.015
	規模以下	軽工業		0.004
		重工業		0.004

※規模以上工業企業とは、製品の年間売上げ額が500万元以上である企業をいう

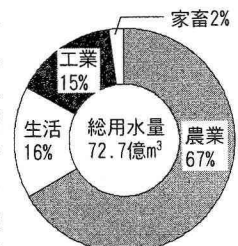


図-3. 用途別水利用割合

する。また、平野部や河川周辺の地域は地下水位の深さが10m以下で取水が容易であるため、農業用水を必要以上に汲み上げる農家も少ない。

工業用水

工業用水は都市部の経済成長に追従して10年間で1.9倍となり、増加率が最も大きい。ただ、ここ数年は工業総産値が増加する一方で用水量は減少する傾向にあり、全体的には工場設備の節水型化が進展しつつあることを示唆する。しかし、郷鎮企業のような中小規模企業の多くは工業用水を再利用しておらず、また工業排水は未処理のままである。この未処理工業排水や生活排水による水質汚染が都市部の河川においては深刻な問題となっている。現地調査の結果、工場数が多い流域南東部におけるBOD₅は50～150mg/Lと非常に高く、水質が極めて劣悪である。特に冬季においては、河川の水量が少なく希釈効果が小さいためにBOD₅が150mg/L近くにもなり、河川が黒く濁っている状態である。

生活用水

生活用水量は10年間で1.45倍となり、都市部の生活水準の向上と共に増加の一途をたどっている。表-1を見ると、城鎮生活用水原単位は陝西省、甘肅省、寧夏自治区のいずれも国内平均値(219L/人/day)を下回っており、特に甘肅省では国内平均値の33%に過ぎない。中国国内の他の大都市と比較すると、陝西省でさえ城鎮生活用水原単位が約100L/人/dayも少ない。従って今後、都市部では生活水準の向上に伴う用水原単位の増加が予想される。郷村についても、都市部ほどの急激な原単位の上昇はないと思われるものの、郷村生活用水原単位が国内平均値(89L/人/day)の35～55%程度であることから、徐々にではあるが原単位の上昇が推測される。これらの原単位の上昇と人口増加が相まって生活用水量の増加は今後も続くと推測される。また図-4より、生活用水及び工業用水の70%以上は地下水源に依存していることから、居住地区や工業地区が密集する都市部における取水量の増加が今後も続く、都市部近郊や河川沿いの地域を中心に地下水位低下等の問題が生じる恐れがある。

流域内諸都市の節水化に向けた検討

渭河流域では今後の都市開発に伴い水需要量が急増することが予想される。新たな水資源の開発が見込めない状況で、水の需要と供給のバランスを適正に保ちながら将来の水需要量の増加に対応するには、流域内部で水の有効利用化を図る必要がある。本来ならば、カスケード式水利用や中水の導入等を含めた広域的な社会基盤の整備により流域の節水化を図ることが望ましい。しかしながら、都市部においても道路や上下水道等の基本的な社会基盤が未整備な地域があるという状況と諸都市の経済水準を考慮すれば、節水施設の建設に対する優先度は極めて低い。

従って現実的には、地域の状況に応じた狭域的な節水化対策が求められる。生活用水量の増加が懸念される都市部においては、各家庭での節水コマ設置の義務付けや、商業施設や企業内での中水循環系の確立、また工業企業に対しては再生水処理設備設置の義務化や排水の質及び量的規制も有効である。農村部においては、老朽化した水利施設の整備や蒸発防止のための用水路の埋設化等による農業用水の有効利用率の向上が急務である。また、地下水源への依存度が大きい都市では、都市部近郊の農業地帯で農業用水源の河川水割合を大きくすることで、将来の都市部での地下水取水量増加に備える等の対策も可能である。

5. まとめ

本研究における結論は以下の通りである。

- 1)渭河流域における農業、工業、生活等の各用途別水利用量を明らかにした。その結果、流域内の水利用総量72.7億m³の内67%は農業用水が占め、残りの約30%を生活及び工業用水が同程度の割合で占めている。
- 2)GIS解析により流域内の水利用量分布を把握した結果、全取水量の大部分が流域内南東部の関中地区に集中することが明らかとなった。また社会状況と照査した結果、流域内西部では農業用水の有効利用率が低い地域が多く、関中地区では地下水位の低下が生じるなど、流域内の水資源が有効に利用されていない。

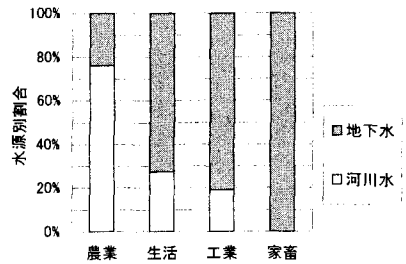


図-4. 用水量の水源地別割合

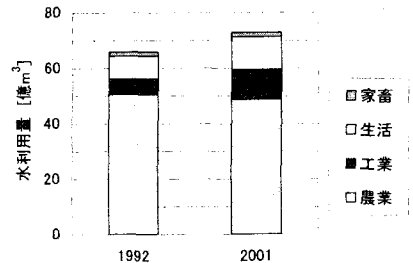


図-5. 水利用量の用途別構成割合

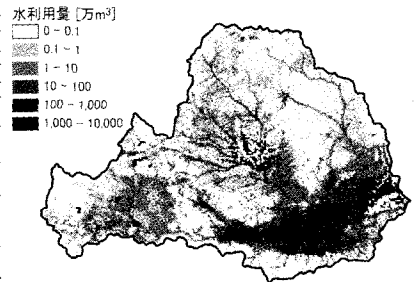


図-6. 水利用量の分布状況