

西安市の効果的水循環システム確立のための基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○尾崎心平 九州大学大学院 学生会員 井上和久
九州大学大学院 フェロー 楠田哲也 科学技術振興事業団 正会員 東修

1. はじめに

黄河流域に位置する中国西部の主要都市・西安市では近年、地下水の過剰摂取による地下水位の低下、ダム建設による自然表流水の減少、水処理施設の不足など水循環に係る問題が深刻化している。本研究では、西安市の自然条件・社会条件・各種統計データ等から水の利用及び排水に係る原単位を算定し、地域毎の水利用、排水状況を明らかにすることを目的とし、衛星画像・GISを用いた西安市諸条件のデータベース化及び解析を行った。

2. 西安市概要把握

1) 自然条件

西安市は図-1に示すように黄河の支流である渭河流域に位置し、面積は約10000km²に及ぶ。以下に各種統計資料に基づき整理した西安市の自然条件について示す。

①地形

図-2に西安市の地形図及び河川流況を示す。図は旧ソ連製の地形図を基に作成した。西安市南部には標高2000~3000mの山地が広がっており、それ以外の地域は比較的起伏の少ない平地となっている。

②河川流況及び地下水量

河川は各区、各県ごとに存在し、いずれも渭河に注ぐ(図-2参照)。また地下水量に関しては、統計データより、1993年に25.8億m³であったものが2001年に17.3億m³となっており、8年間で8.5億m³減少している。これを単純に西安市の面積(約10000km²)で割ると、年間約1mの速度で低下していることになる。

③降水量及び気温

西安市の年間平均降水量及び気温は、それぞれ526.4mm、13.8℃である。

2) 社会条件

図-3に2001年の人口分布状況を示す。これは西安市の郷鎮街道人口を衛星画像解析結果の居住区に振り分けたものである。人口が集中しているのは市区部及び各県の鎮である。市区部は400万人、各県は300万人になっている。なお、土地利用については地形図と人口分布図との比較において、平野部の人口の少ない地域では、畑地が殆どを占めている。

3. 水循環に係る検討

1) 水利用量

図-4に1990年及び2001年の水利用量を示す。2001年において西安市の水利用量は全体で15.5億m³である。農業用水は、1990年からの耕地面積の減少に伴って減っているのに対し、城鎮生活用水及び工業用水は人口増加、市区部における市街化の拡大、工業生産高の増加等により水利用量が増加している。図-5に水源利用量の推移を示す。水源として最も大きいものが地下水であり、2001年の利用量は10.6億m³にもものぼる。これは全体の7割を占め、1990年から地下水依

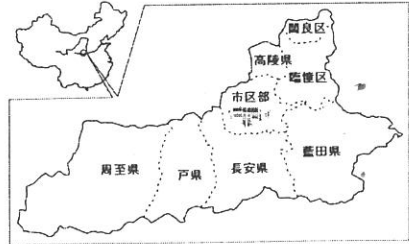


図1 西安市位置図

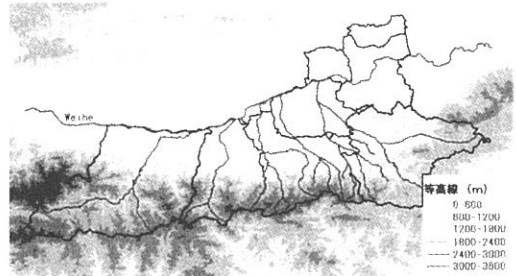


図2 西安市地形図及び河川流況

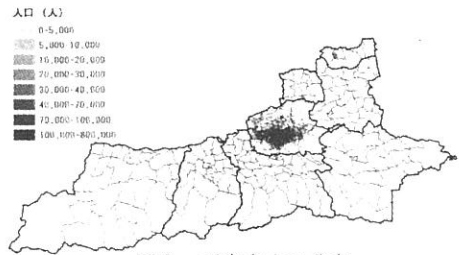


図3 西安市人口分布

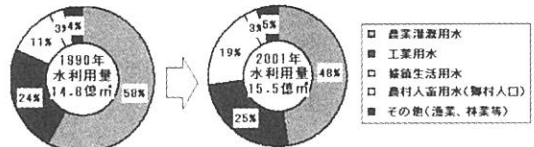


図4 水利用量の推移(1990-2001年)

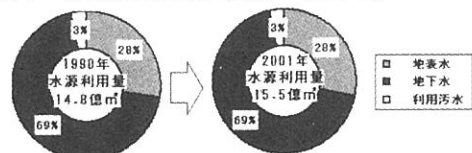


図5 水源利用量の推移(1990-2001年)

存が極めて大きいことがわかる。

2) 生活関連

図-6に地域別の生活用水量を示す。図より、生活用水全体のうち、市区部の市街化区域の生活用水が最も大きく2億 m^3 で全体の6割以上を占める。次いで、市区部の農業エリア及び各県の鎮における生活用水が0.9億 m^3 、各県農村部の生活用水0.3億 m^3 となっている。以上の結果と、人口データより算定したエリア毎の一人一日当たりの生活用水量を表-1に示す。市区部市街化区域と農村部では、5倍程度の格差がある。市区部では市街化の発達による事業用水量の増加、トイレの水洗化、洗濯機の普及等が進んでいるのに対し、農村部では、ブロックで囲んだだけのトイレ、河での洗濯等が見受けられ、そのため生活用水量に大きな差が生じているものと考えられる。ここでは生活排水は生活用水量と等しいと仮定した。

3) 農業関連

西安市の2001年の農業用水量は7.4億 m^3 であり、これを畑地（灌漑地）面積で割ると、1 ha当たりの灌漑用水量は3911 m^3 /ha・yearとなる。なお、ここでは水田面積が畑地灌漑地面積の3%と非常に小さいこと、畑地灌漑地の多くの地域で小麦とトウモロコシの二毛作が実施されることから、農地の単位面積当たりの水利用量は一様と仮定した。農業排水は、蒸発散量をアラネーグトリルの式を用いて求め、その他土壌浸透量を農林水産省データから算定した結果、2690 m^3 /ha・yearとなった。また、家畜用水の原単位を表-1に示す。これは（財）日本農業土木総合ホームページによるものである。家畜排水も、家畜用水と同様と仮定した。

4) 工業関連

西安市の2001年の工業用水量は3.9億 m^3 である。西安統計年鑑より、各工場を大・中・小規模に分類し、規模別の工業総生産額に応じて各工場に水利用量を割り当てた。表-1にその結果を示す。工業排水についても同様に、郷鎮毎の人口及び工場の規模を基に、統計資料から得られた総排水量を各工場に割り当てて算定した。

5) 西安市の水利用量算定

2) 3) 4) で算定した原単位を用いて地域毎の水利用量・排水量を求めた。図-7及び図-8に結果を示す。両者とも市区部に大きく集中しているが、これは都市部での生活用水、工業用水の需要が大きいためと考えられる。戸県・閩良区等は殆ど農業用水のみで年間1000万 m^3 以上利用しており、市区部と県で水の用途が全く違うことが読み取れる。また水源から水利用、排水の流れを用途別に算定し、整理した。その結果を図-9に示す。生活用水、工業用水のほとんどは未処理のまま河川へと放出されており、処理率はほんの10%程度に過ぎなかった。生活排水、工業排水は市街地に集中しているため、市区部における水処理施設の確保が急務であると言える。

4. 結論

- ①水の利用及び排出に係る原単位を求めた。
- ②西安市の生活、工業、農業等の各分野において、地域別の水利用量、排出量を明らかにした。
- ③GISデータ及び原単位の活用により、水循環に係るフロー図を作成した。

参考文献

- 1) 西安市志（第1巻）、西安出版社、1996
- 2) 西安統計年鑑1993～1998、2001、中国統計出版社
- 3) 中国郷、鎮、街道人口資料、中国統計出版社、2000

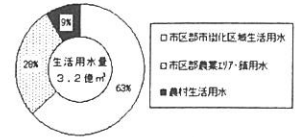


図6 生活用水量

生活用水	生活用水原単位 (Liter/person/day)
生活用水全体	126.4
1) 城鎮生活用水	158.8
2) 市区部生活用水	214.4
- 家庭用水	123.3
- 商業・事業用水	
3) 市区部農業用水	100.2
4) 農村生活用水	40.5
家畜用水	家畜用水原単位 (Liter/head/day)
肉牛	50
乳牛	50
豚	20
鶏	0.3
工場用水	工場用水原単位 (Liter/factory/day)
規模(大)	5950
規模(中)	893
規模(小)	18

表1 各種原単位一覧

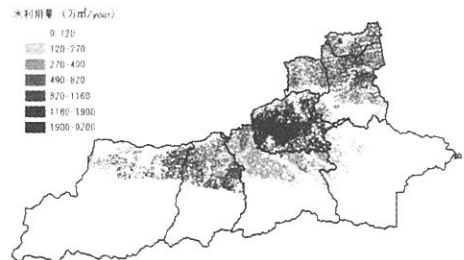


図7 地域別水利用量



図8 地域別排水量

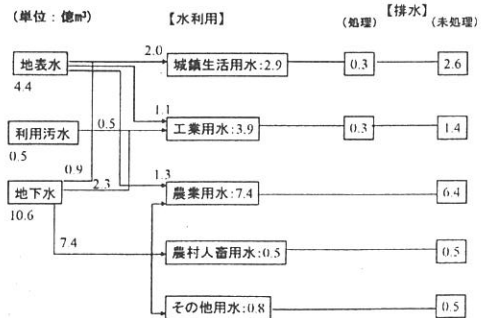


図9 水循環フロー図