

水利用・管理に関する研究

九州大学大学院 学生会員 井上 和久 科学技術振興事業団 正会員 東 修
 西安建築科技大学 CCES会員 王 曉昌 九州大学大学院 フェロー 楠田哲也

1. はじめに

中国では、1978年の改革・開放政策の開始以来、急速な経済成長を遂げており、農業・工業生産の増加や都市への人口流入により、水利用量の増加や深刻な水質汚染などの様々な問題が深刻化している。そうした中、中国が持続的な経済成長を成し遂げるためには発展の制約条件である水資源問題を解決しなければならない。本研究が対象とする、中国西部の主要都市・西安市は黄河最大支流である渭河流域に位置する（図1）。当地域においても近年、地下水の過剰摂取による地下水位の低下、急速な都市化による未処理排水の河川への流入等の水環境の悪化が懸念されている。中国政府の西部開発計画により当地域が今後さらに産業・科学・経済で発展していくことは明らかであるが、当面は水問題の解決が急務であると考えられる。今回、現地調査・各種統計データ・衛星画像解析及びGISを利用して西安市の水質汚濁源を把握すると同時に、原単位を算定し水利用・排水状況を解析したのでその結果について報告する。

2. 現地調査

2002年11月と2003年1月の2回西安市周辺の河川水質の概略値を把握するため図1に示す、Weihe-13地点・Zaohe-3地点・Bahe-3地点の計19地点について現地観測を実施した。調査項目は溶存酸素濃度、化学的酸素要求量、全窒素濃度、リン酸態リン濃度、重金属、pH、水温、生物化学的酸素要求量、濁度、電気伝導度の10項目である。図2はWeiheの各観測点における11月と1月のBOD₅の値を示している。上流であるW1～W3においても10～50mg/lと高い値を示している、さらに小都市に近いW4や西安市内からの流入があるW7～W9にかけては100mg/lを超え、250mg/l程度と非常に高い値を示しており、水質が悪化していることがわかる。これらの要因としては、上流の農村部においては人間・家畜糞尿を含む生活排水が処理されず河川に流入していること、都市部においては生活排水・工業排水の処理率は20%未満と非常に低く、未処理排水が大量に流れ込んでいるためであると考えられる。一部の地域では河川水が農業にも利用できない状況であり、早急な対応が必要であると考えられる。

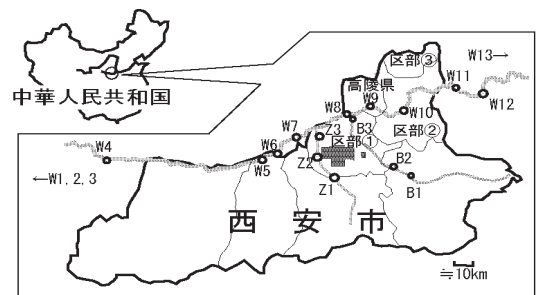


図1 調査対象地域

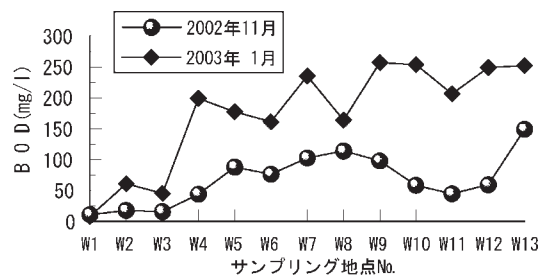


図2 各観測地点におけるBOD値

3. リモートセンシングによる土地利用状況の把握

西安市全域の土地利用状況を2001年から2002年までの衛星画像（LANDSAT-7:ETM+ センサ）解析により把握し、各種統計資料と比較検討することにより精度を確認した。図3は2001年5月（小麦収穫期）及び、2002年10月（トウモロコシ収穫期）の衛星画像解析結果を示している。この図から、耕地は畑地が大半を占めており、冬から初夏にかけては小麦が、夏から秋にかけてはトウモロコシが生産され、多くの地域で二毛作が行われていることが確認された。また、統計データと衛星画像解析による作付面積の比較では、ほぼ1対1の比率となり、解析結果は妥当であると考えられる。

4. 水循環に係る検討

(1) 水利用・排水量

図4は各種資料から算定した原単位を基に地域毎の水利用・排水量を示している。この図から、都市部での水利用・排水率が高いことがわか

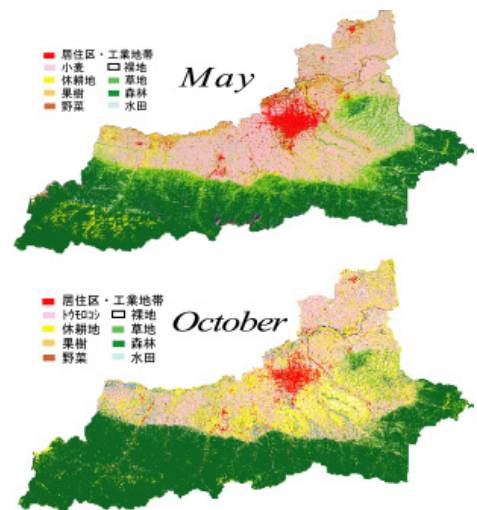


図3 5・10月の土地利用解析結果

キーワード：黄河・水循環・地理情報システム・リモートセンシング

連絡先：九州大学大学院・都市環境システム工学専攻・都市環境工学研究室

〒812-8581 福岡県福岡市東区6丁目10-1 Tel 092-642-3303 Fax 092-642-3322

る。西安市における水利用量は全体で 15.5 億 m³ であり、農業用水は 1990 年から耕地面積の減少に伴って減っている。一方、城鎮生活用水及び工業用水は人口増加、工業生産高の増加、市区部における市街化等により増加している。また、水源としては地下水への依存度が約 70% (10.6 億 m³) と非常に高く地盤沈下に拍車をかけている。また、一人一日あたりの生活用水量は市区部で約 214 ㍻/人・日、農村部で約 45 ㍻/人・日で 5 倍程度の格差があり今後生活水準の向上等により絶対的な水不足になることが懸念される。

(2)汚濁負荷量原単位の設定

資料に基づき、一人一日当たりの糞尿及び生活排水の BOD・窒素・リンの発生量を求めた。西安市市区部農村域及び各県農村部については糞尿の BOD 値は同じとしたが、生活排水からの BOD 値は生活排水量に比例するものとし、窒素・リンについても同様の手法で算定した。さらに、発生量を基に実際河川などに流出される汚濁負荷を算定した。その際、市区部（非農業地区）では污水处理場の污水处理率（22%）から、発生源の 8 割が河川等へ排出され、市区部（農業地区）及び鎮では下水処理施設の不備状況より、発生源の全てが河川等へ流入するとし、農村部未普及域では水洗トイレがないため、発生量の 10% が表面流出すると仮定した。家畜（牛・豚・禽）についても野外で排泄するものとし、土壌への浸透及び排水管の整備状況を考慮して流出率は 10% とした。化学肥料による負荷量は、年間施肥量中の窒素・リンの量に溶脱率を乗じて、単位面積当たりとした。BOD については、家畜における窒素/BOD (= 0.1) 比率と等しいと仮定した。工業排水による負荷量は、各工場を工業総生産値をもとに規模別に分類し、総工業排水負荷量をそれぞれに割り当てた。以上の結果を表 1 に示した。また図 7 にこれら原単位を基に BOD 負荷量、窒素負荷量、リン負荷量を示した。この図より、BOD 負荷量は人口が集中する地域で高くなっていることがわかる。これは現地調査結果と同様の傾向を示している。次に窒素負荷の場合には、農村部に比べ人口の集中する都市部になるにつれて高くなっていることがわかる、しかしながら西安市内に比べ西安市内周辺の農村部での負荷が特に高くなっている。リン負荷にも同様の傾向が認められる。これは西安市周辺で化学肥料を多用した農業が活発に行われているためであると考えられる。

図 7 において、山岳部での流出負荷量は推定値であり確定していない。現在衛星画像を使って植生を把握し、NDVI 値を用いて蒸発散量及び表面流出量を算定し、流出負荷量の解析を行っている。

図 7 において、山岳部での流出負荷量は推定値であり確定していない。現在衛星画像を使って植生を把握し、NDVI 値を用いて蒸発散量及び表面流出量を算定し、流出負荷量の解析を行っている。

5. まとめ

本研究の結論をまとめると以下の様になる。

- 1)西安市においては、今後水質悪化、産業発展等により絶対的な水不足が予測される。
 - 2)水環境悪化の要因としては、地域的な生活排水・工業排水の処理量及び処理能力格差と、施肥である。
- 今後は、都市用節水技術を加えたケースについて解析し、西安市の経済成長を継続させながら、且つ地球環境負荷低減に配慮した水循環システム構築に向けて考察を加えて行く予定である。

[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

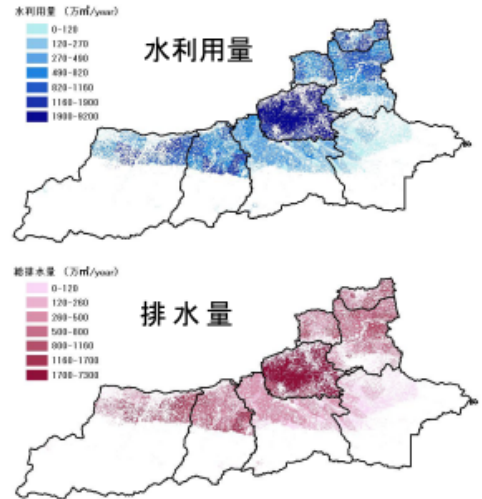


図 4 地域別水利用・排水量

表 1 排出量負荷原単位

	BOD (g/day)	窒素 (g/day)	リン (g/day)
人間(1人)			
市区部(非農)	35.0	4.6	0.7
市区部(農業)	25.6	4.8	0.7
農村部	1.8	0.46	0.06
家畜			
牛(1頭)	70.6	12.0	1.5
豚(1頭)	16.9	2.0	0.4
禽(1羽)	0.9	0.03	0.01
	BOD(t/year)	窒素(t/year)	リン(t/year)
化学肥料(1ha)	0.5	0.05	0.02
工業排水			
大(1社)	8.5	1.63	0.37
中(1社)	1.8	0.33	0.07
小(1社)	0.1	0.02	0.01

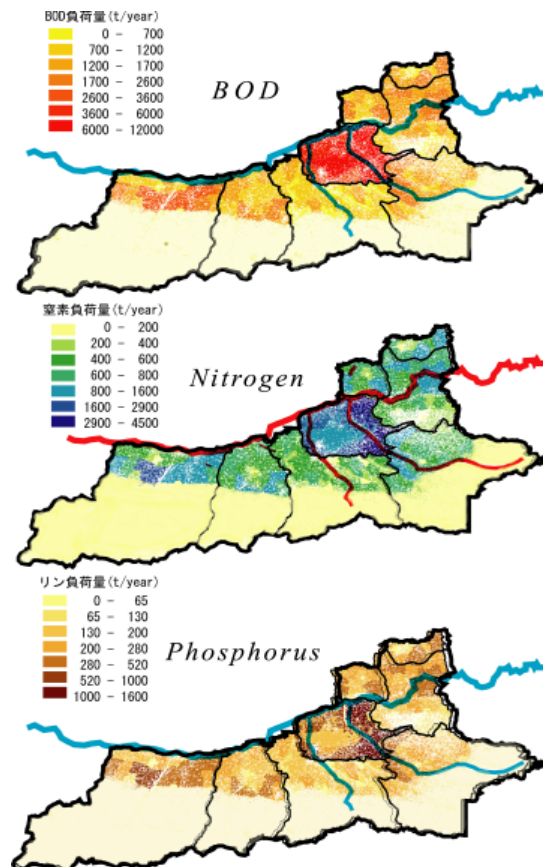


図 5 流出負荷量