

中国・洛惠渠灌区における地下水挙動と塩類集積について

水利用学分野 小谷 和也

キーワード：地下水深、SAR、EC 値、イオン濃度

1. はじめに

洛惠渠灌区は中国の西北部で陝西省大荔県にあり、南は渭河、東は黄河に臨んでいる。黄土高原の最南部の標高 360m から 440m の平坦な台地に位置している。洛河から取水している洛惠渠は、主要幹線用水路の総延長が 235.7km で、灌漑面積が 51,817ha におよぶ。洛惠渠地域はもともと湖であり、古層沈積黄土の河流台地によって成立している。年平均降水量は 550mm で、黄土高原のなかでは多い方であるが、半乾燥地に相当し、灌漑が不可欠である。また、小麦やトウモロコシ、綿花が主要な作物となっている。現在、この地域での問題点は農地の塩類化、低い灌漑効率、維持管理費の高騰といったことが挙げられる。そこで、本研究では農地の塩類化に注目し、地下水挙動が塩類集積に及ぼす影響について検討した。

2. 調査概要

洛惠渠灌漑区は洛河を挟んで東側の洛東地区と西側の洛西地区に二分されるが、本研究ではより塩害の激しい洛東地区の約 33,000ha を対象とした。用いた材料は、2002 年 8 月、2003 年 10 月、2004 年 3、6、8 月に実施した現地調査で得た約 80 箇所の観測井から採水した地下水データ、および 2004 年 6、8 月の現地調査で得た観測井周辺の土壌表層間隙水の電気伝導度 (ECp) データである。ECp は各観測井の周辺を東西南北の方向に各 3~6 点ずつ WET センサー(Δ T 社)を用いて測定し、平均したものである。地下水水質は電気伝導度(ECw)、陰イオン、陽イオンをそれぞれ電気伝導度測定計(YSI 社)、イオンクロマトグラフ(島津製作所)、原子吸光計(島津製作所)を用いて測定した。陰イオンについては Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、陽イオンについては Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺をそれぞれ分析した。

3. 分析結果

図 1 は 2002 年 8 月、2003 年 10 月、2004 年 3、6、8 月の地下水深と ECw との関係を示す。この図から地下水深が浅い井戸ほど高い ECw 値を示す傾向がみられる。地下水深が 10m 以下の観測井の平均 ECw 値が 3.82 dS/m であるのに対し、地下水深 10m 以上のそれは 1.68 dS/m であった。図 2 は地下水深とイオン濃度(K⁺と NO₃⁻を除く)との関係を示した図である。図 2 から ECw と同様に地下水深が浅くなるにつれてイオン濃度が高くなる傾向がうかがわれる。しかし、K⁺と NO₃⁻は地下水深に関係なくほぼ一定の値であった。図 3 は地下水深とナトリウム吸着比(SAR)との関係を示した図である。SAR は灌漑水による土壌のナトリウム質化の危険性を表す値であり、式(1)より求めることができる。

$$SAR = Na^+ / \{ (Ca^{2+} + Mg^{2+}) / 2 \}^{1/2} \quad (1)$$

ここで Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺の単位は meq/L である。図 3 をみると、イオン濃度ほど顕著ではないが、高 SAR 値は地下水深が浅い井戸で多くみられる。しかし、イオン濃度の場合

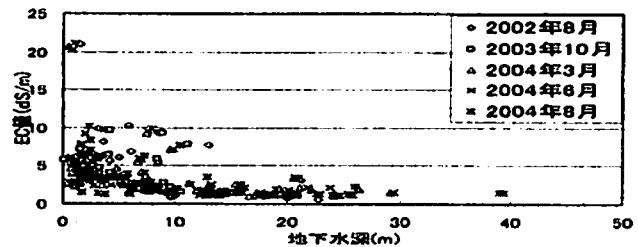


図 1 地下水深と ECw との関係

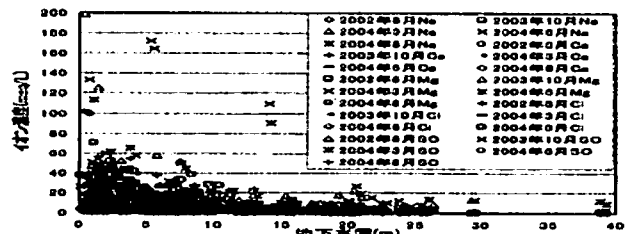


図 2 地下水深とイオン濃度との関係

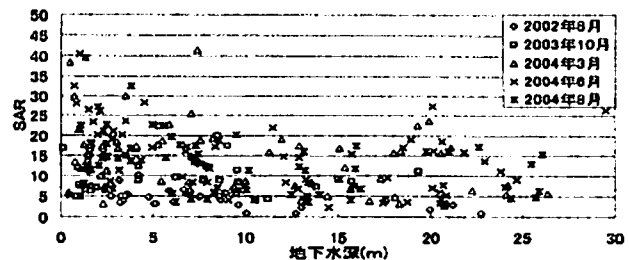


図 3 地下水深と SAR との関係

は地下水深が深くなるにつれて濃度が低下していったが、SAR の場合はある程度地下水深が深くなってもほぼ一定の値を示している。次に、経年的な比較を行うため 2002 年 8 月から 2004 年 8 月までの計 5 回測定を行っている比較的 EC_w 値の高い 16 観測井を対称に、EC_w、SAR、地下水深の平均値について、その推移を検討した。EC_w は 2002 年 8 月から 2004 年 3 月にかけて急激に低下し、その後徐々に復元している (図 4)。これは、2003 年 9 月から 10 月にかけて生じた 30 年確率に相当する大きな降雨により、希釈されて EC_w が低下し、その後、地中塩類が徐々に溶出し EC_w は復元していったものと考えられる。一方、SAR は上昇傾向にある (図 5)。これは、2003 年 8 月から 10 月の大雨によって下層土の Na⁺ が大量に溶出し、地下水中の Na⁺ の構成比率が高くなったためと考えられる。図 6 は Na⁺ と Mg²⁺+Ca²⁺ との関係の近似曲線を示した図であるが、灌区全体で見ても徐々に Na⁺ の構成比率が高くなってきているのがわかる。図 7 は地下水深と井戸周辺の EC_p との関係を示した図であるが、顕著な関係は見られなかったものの高い EC_p 値を示す地点においては、その原因が地下水データからほぼ推定できた。

4. 考察

地下水深が EC_w やある種のイオン濃度に影響を与え、10m を下回るあたりから急激に高い値を示す傾向があることがわかった。これは地下水の上昇が下層土の可溶性塩類の溶出を促すためと考えられる。従って、地下水位をある程度の深さ以下に保つことが、塩類濃度の低下につながると考えられる。しかし SAR は地下水深が深くなるにつれて Na⁺ 濃度も減少していくが Ca²⁺、Mg²⁺ 濃度も同様に低下していくため、比較的低い Na⁺ 濃度でも高い SAR が算出されるのではないかと推察される。また、SAR が 9 以上となると土壌のアルカリ化に伴う作物の微量要素欠乏による葉焼けや栄養障害が発生し易くなるといわれており、実際に洛恵渠灌区でもそのような被害が発生している。このところ SAR の上昇傾向が見られるので、注意を要する。また、No30' と No51 などいくつかの観測井の周辺で非常に高い EC_p の値が観測された。現地での聞き取り調査では、No30' と No51 では井戸掘削時の残土を井戸の周りに盛土したとのことであった。そのほかの地点では確認はできなかったが、井戸付近で部分的に高い EC_p 値を示す地点では同様の原因が考えられる。

5. おわりに

今回の研究では、観測井周辺の土壌表層土の EC_p データ、観測井の地下水のデータをもとに検討を行ったが、地下水の EC_w、SAR の今後の動向を明らかにしていくとともに、地下水水質の由来、さらには地下水挙動が土壌の塩類集積に及ぼすメカニズムをより詳細に解明していく必要がある。

参考文献：池嶋洋次(2000) アジア遊学 勉誠出版 pp61~64 pp102~106、
FAO(1989) Water quality for agriculture pp8、pp61、
太田垣晃一郎(2003) 中国洛恵渠における地下水動態と水質特性 pp11~20



図 4 EC_w の変化

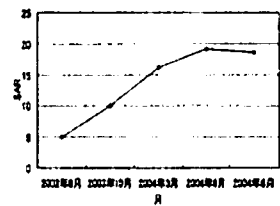


図 5 SAR の変化

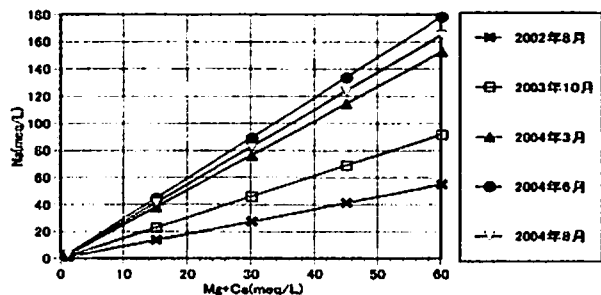


図 6 Na⁺ と (Mg²⁺+Ca²⁺) の比較

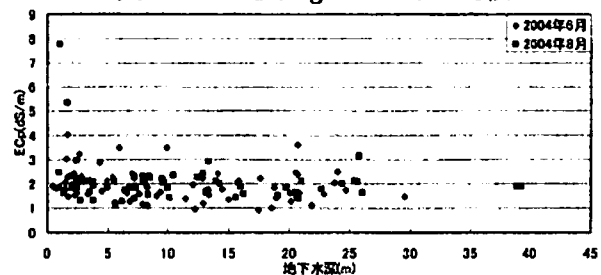


図 7 地下水深と EC_p との関係