

中国・洛惠渠灌区における地下水動態と水質特性

水利用学分野 太田垣 晃一郎

キーワード：地下水深，EC値，SAR，イオン濃度，塩類化，ナトリウム質化

1. はじめに

洛惠渠灌区は中国西北部の陝西省大荔県に在り、黄土高原と南東縁部に位置し、洛河と呼ばれる川から取水している。この地区は、黄土高原の最南部の標高約 440m から 360m の平坦な台地で、南の渭河沿いの低地とともに関中平野東端部に位置する。洛惠渠灌区は年平均降水量が 550mm 程度の半乾燥地であるため、灌漑が不可欠である。取水堰地点の集水域は黄土高原の一部の約 55,160km² である。洛惠渠灌区は陝西省の小麦と綿、トウモロコシの一大生産地になっており、それぞれ陝西省の 4 分の 1 の生産量を誇っている。灌漑のサイクルは、11 月から 2 月までの冬春灌漑と 5 月から 10 月までの夏灌漑からなり、3 月から 5 月は施設の修繕期間に当てられる。前者は乾季の灌漑であり、小麦が対象である。後者は雨季の補給灌漑で、綿花とトウモロコシが対象となる。洛惠渠灌区では、主要幹線水路の総延長が 235.7km で、灌漑面積が 51,817ha に及び、取水量は 26.5m³/s になる。この地域での農業における問題点として、激しい農地の塩類化、大量の堆泥、低い灌漑効率、乾季と雨季における河川流量の大幅な変動などが挙げられる。そこで本研究は農地の塩類化の問題に着目し、灌区の地下水動態と水質が塩類化に与える影響について検討を行った。

2. 調査概要

洛惠渠灌区は洛河を挟んで西側の洛西地区と東側の洛東地区の 2 地区からなる。本研究では対象をより塩害の激しい洛東地区の約 33,000ha に絞り、平成 14 年 8 月と平成 15 年 10 月の現地調査で得られたデータを分析した。この地区には 100 余りの井戸があり、その中から約 80 井を観測井として選び、表 1 に示す各項目についての測定を行った。緯度、経度、標高、地下水深、電気伝導度 (EC 値) は現地測定した値を用い、水サンプル (平成 14 年：27 サンプル、平成 15 年：38 サンプ

ル) のイオン濃度は日本で測定を行った。各項目の測定は表 1 に示す方法を用いた。ただし、平成 15 年の現地調査においては 30 年確率に相当する降雨による湛水のため、測定が不可能な観測井が存在した。

3. 分析結果

洛惠渠灌区洛東地区の塩害被害は北部から中央部にかけて集中している。図 1 に示す地下水深の分布図を見てみると灌区の中心部から北部にかけて地下水深 10m 以下の浅い地域が広がっていることが分かる。イオンクロマトグラフを用いて測定したイオンは陽イオン Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺ で、陰イオンが Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻ であった。これらの塩類と水深、電気伝導度 (EC 値) またはナトリウム吸着比 (SAR) との関係を下に述べる。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指標であり、式(1)で求めることができる。

表 1 本研究の測定項目と方法

測定項目	測定方法
緯度、経度、標高	MLS(Mobile Location Service)
地下水深 (地表面から水面)	地下水深測定器
電気伝導度 (EC 値 (dS/m))	電気伝導度測定計
イオン濃度 (mg/L, me/L)	イオンクロマトグラフ

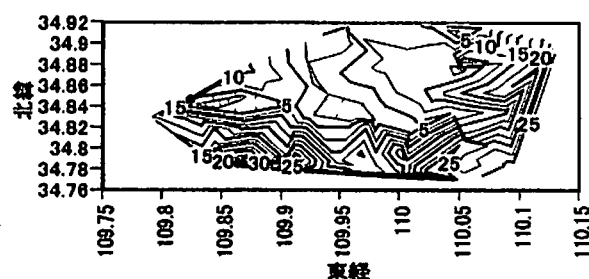


図 1 地下水深の分布状況 (2002+2003)

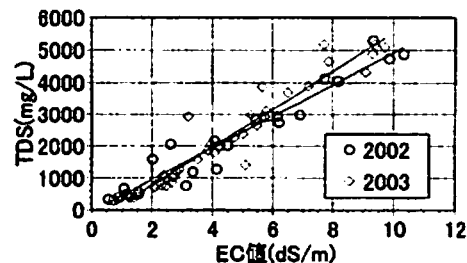


図 2 EC 値と TDS の関係

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

図2は測定した6種類のイオンの合計値で表したEC値とTDS (mg/L)の関係を示すが、両者には明瞭な線形関係があることがわかる。この関係から、EC値より可溶性塩類の総量(TDS)を推定することが可能となる。図3は地下水深とEC値の関係を示すが、この地区では地下水深が10mより浅くなるとEC値が高くなる傾向がみられる。図4は地下水深と陽イオン濃度、陰イオン濃度の関係を示すが、陽イオンではNa⁺とMg²⁺、陰イオンではCl⁻とSO₄²⁻が10mより浅くなると高い濃度を示している。一方、陽イオンではCa²⁺、陰イオンではNO₃⁻が、地下水深との関係はあまり

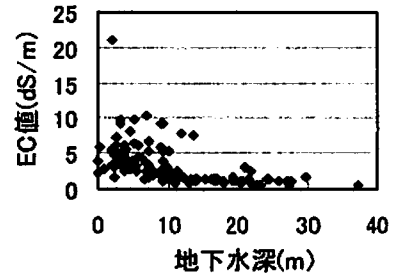


図3 EC値と地下水深

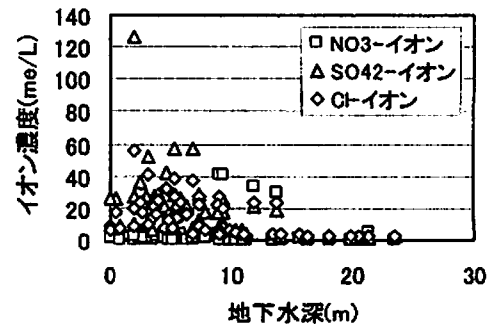
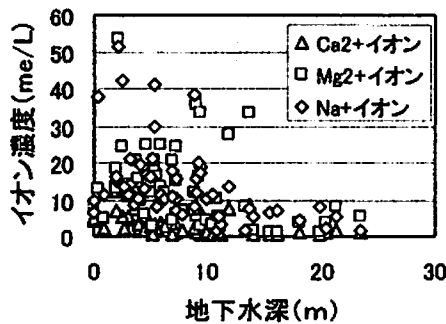


図4 地下水深と陽イオンおよび陰イオンとの関係

強くなく、低めの値を示している。したがって、TDS (mg/L) や EC 値 (dS/m) に影響を与えているイオンはNa⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻であるという事になる。図5に示す地下水深とSARの関係からも、10mを下回るあたりから値が高くなっている。図6にEC値とSARの関係を示す。一般に、SARの値が大きく、EC値が極端に低くかつ(Na⁺/Ca²⁺)比が3以上の場合に浸透障害が発生する(FAO, 1989)。(Na⁺/Ca²⁺)比が3以上の井戸も存在するが、図6からは、浸透障害を及ぼすような関係(6<SAR<12のときにEC<0.5dS/m)(FAO, 1989)は見受けられない。よって、これらの井戸の灌漑水で深刻な浸透障害が発生するとは考えられない。しかし、水深10m以内においてSARは明らかに高くなっており、特にSARの値が9以上となると、作物がNa⁺による葉焼けや栄養障害による被害を受けることが考えられる。

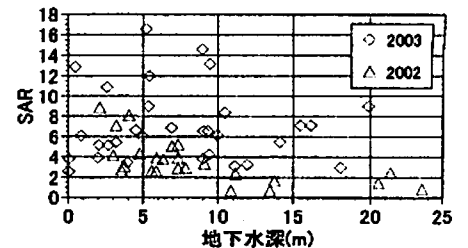


図5 地下水深とSARの関係

4. 考察

一連の調査や分析結果から地下水深が地下水質、特にNa⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻イオンの濃度に影響を及ぼす事が分かった。これらのイオン濃度が高い水を灌漑した場合に塩害や作物の葉焼け等の障害だけでなく、SARが7以上の灌漑水は土壌をナトリウム質化させる危険性がある。一方、地下水深が15m以上ある井戸ではそれほど高いイオン濃度を示していない、したがって地下水深を適当な深さに低下させコントロールすることが塩類濃度の低下につながり、塩害などの作物障害を防ぐことになると考えられる。その為には地下水深の浅い地域での垂直排水も視野にいれた地下排水や排水路の整備、適正な排水管理が必要になってくる。

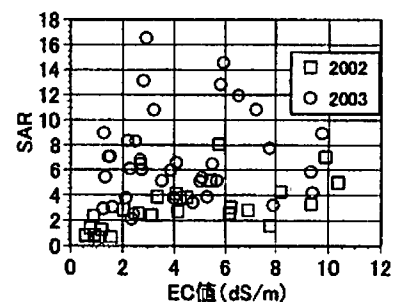


図6 EC値とSARの関係

参考文献：FAO Water quality for agriculture(1989) p8, p61