

# イリ川下流域における農業水利用と地下水変動に関する研究

水利用学分野 塚本 裕介

キーワード：大規模灌漑農業，水稻・畑輪作，塩類集積

## 1. はじめに

カザフスタン共和国・イリ川下流域(図 1)では 1960 年代から大規模灌漑農業が行われている。しかし、大陸性乾燥地域に属しており、降水量が少なく灌漑が不可欠なことに加え、近年は上流国である中国との水利調整問題があり、さらに中流部にある国内の冬季発電用ダムとの水利調整問題も顕在化している。これらにより、イリ川下流域の農業用水は逼迫した状況にある。そして、これらイリ川からの取水により、イリ川が流入するバルハシ湖の縮小が懸念されている。また、不適切な水管理による塩類集積の発生という問題もある。

そこで本研究では、イリ川下流域における灌漑農業の持続性を検討するために、灌漑開始以来の農地水利用の変化が地下水位の変化に及ぼす影響についての資料を収集し考察を行った。

## 2. 研究方法

### 2.1 対象地域概要

研究対象地域のアクダラ灌漑地区は、月平均気温は最高で 25 °C、最低で-13 °Cと寒暖差が激しい。年間降水量は 177 mm であり、灌漑期間の月間降水量は 10~20 mm と少なく、農業利用には期待できない。灌漑地区の主要作物はコメ、アルファルファ、コムギであり、それぞれ換金用、飼料用、自家消費用として栽培されている。

本研究では、アクダラ灌漑地区 31,800 ha の内、バクバクティ農場 8,350 ha、ビルリック農場 7,090 ha の 2 つの農場を主な調査対象とした(図 2)。

バクバクティ農場とビルリック農場は 1968 年に、コメ生産に重点を置いたソフホーズ(国营農場)として設立された。ソフホーズ時代には生産に必要な資機材の全てを国から支給されていたが、民営化された現在では、資機材の調達や作物の販売等を全て自分たちで行っており、大小さまざまな農業会社や個人農家が存在している。

### 2.2 調査概要

2008 年 6, 8, 10 月, 2009 年 8, 10 月に現地調査を行いアルマティ州水管理局バルハシ支所にて、聞き取り調査を行い、農地・水利用に関する年次報告書や灌漑計画書を入手した。また、用排水路の水質を調べるために水をサンプリングし、農地の土壌特性を調べるために、畑作 3 年目圃場の土壌をサンプリングした。そして、持ち帰ったサンプルを用いて、EC, pH, を測定し、SAR を算定した。なお、土壌は飽和抽出法を用いて抽出水を作成し、それぞれを測定した。また、粒度試験を行い測定結果から粒径加積曲線を求め、国際法により砂、シルト、粘土分の粒径分布を求めた。



図 1 カザフスタンおよびイリ川概要



図 2 灌漑地区概要

## 2.3 測定結果

畑作3年目の土壌の粒径分布を図3に示す。この地点では、上層が粘質な土性であり、下層は砂質な土性であった。次にECe, pHe, SAReを図4に示す。ECe, pHe, SAReとともに、USDAが提示している塩類土壌の基準値(ECe 4.0 dS/m, pHe 8.5, SARe 13)<sup>1)</sup>よりも低い値を示している土層がほとんどであった。しかし、pHeは基準値に近いため注意が必要であると考えられる。本サンプリング地点では塩類集積の発生は見られなかった。その理由としては、灌漑水の水質が0.5 dS/mと比較的良好であり、畑作物に供給される浸透水も0.8 dS/mから1.7 dS/mと比較的良好な水質であるためと考えられる。また表層付近の土層が粘土質土壌であっても下層土が砂質土壌であるため、非灌漑期に低下する地下水が地下排出されていることが考えられる。

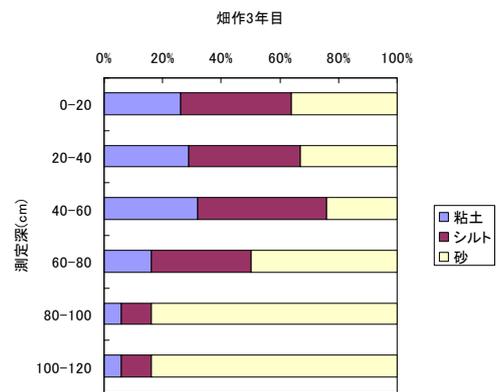


図3 土壌の粒径分布

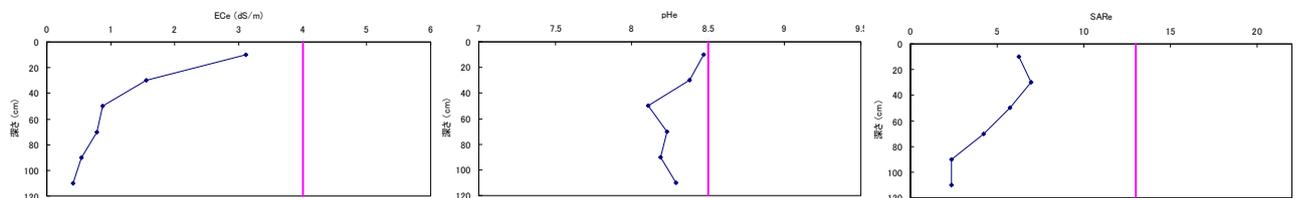


図4 ECe, pHe, SARe

## 3. 農地水利用と地下水位の変遷

### 3.1 農地・水利用

図5に灌漑地区の作付面積と純用水量の変化を示す。灌漑地区が設立された当初は作付面積 5,000 ha, 純用水量 66 Mm<sup>3</sup>程度であったが、開発が進むにつれて作付面積、純用水量共に増加し、最盛期には作付面積約 32,000 ha, 純用水量 450 Mm<sup>3</sup>にもなり、広大な面積に膨大な量の水を使用していた。しかし、カザフスタン独立後では作付面積、純用水量共に大幅に減少し、現在では作付面積 22,000 ha, 純用水量 310 Mm<sup>3</sup>程度で落ち着いている。

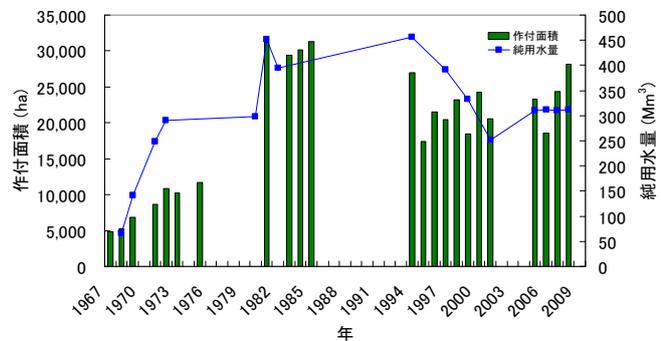


図5 作付面積と純用水量の変化

この理由としては、作付面積の減少に伴い消費水量が減少したためと考えられる。この作付面積の減少は、カザフスタン独立に伴って農場が民営化され、その後内部でさらに独立をしようとしたため市場経済に対応できなくなり営農不可能になった農家が発生していることが考えられる。また、支線水路から末端水路に至るまでは各農場が管理しているため、資金不足により十分な用排水路の整備補修ができていない、といった経済的理由が考えられる。また、他の水使用セクターとの競合や、最下流域の水圏環境への配慮のために使用水量が制限されていることも影響していると考えられる。

対象地区の圃場1筆の面積は1.2 haと大区画であり、その圃場が50筆程度集まって農区(約100 ha)が形成される。基本的に1つの農区に同一作物が作付けされるため、ブロック内では農区単位で輪作が行われる。ソフホーズ時代には水稲作3年、畑作3-4年の6-7年輪作が行われていたが、現在ではその体系が崩れ、水稲作2-3年、畑作2-3年の4-6年輪作が行われている。灌漑は5月上旬から8月下旬までの約100日間かけて行われ、実際に灌漑されるのは水稲作圃場だけである。畑作圃場へは1・

2 回灌漑が行われる程度であり、畑作物は水路や水稲作圃場からの浸透水を利用して栽培されている。主要作物の計画灌漑水量はコメ 22,900 m<sup>3</sup>/ha、コムギ 3,500 m<sup>3</sup>/ha、アルファルファ 8,300 m<sup>3</sup>/ha である。また、収量はコメ 3.5-4.0 t/ha、ムギ 2.0 t/ha、年 3 回収穫されるアルファルファ 10 t/ha であり、このアルファルファは高い収量を上げている。2005 から 2007 年のバクバクティ農場およびビルリック農場の作付け状況を図 6 に、水稲作圃場面積と取水量を図 7 に示す。

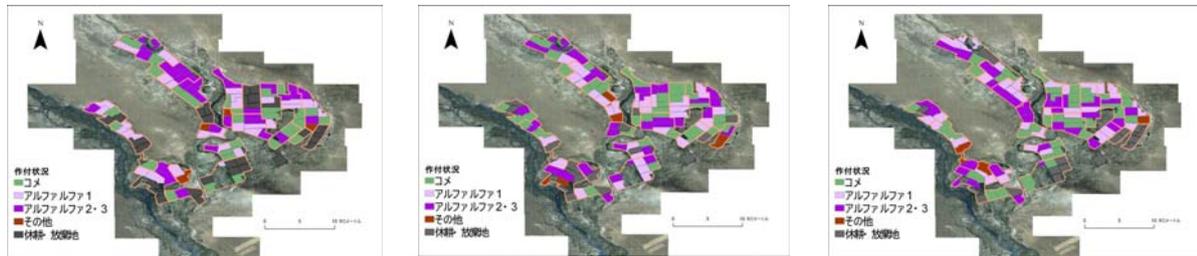


図 6 作付け状況(2005-2007)

実際に灌漑されるのは水稲作圃場であるのにもかかわらず、水稲作圃場面積の増減と取水量の増減は必ずしも一致しない。この理由としては、水稲作圃場が少なくても農場に散在していれば、そこにいたるまでの水路の水位を確保しなければならないため、より多くの水が必要となるからであると考えられる。

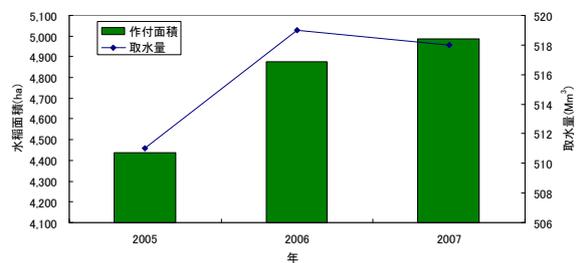


図 7 水稲作圃場面積と取水量

### 3.2 水管理

現在、水管理局は各作物の必要水量と作付面積から灌漑水量を決定し、それに基づいてイリ川からの取水、送水を行っている。水管理局の計画では幹線水路の送水効率は 0.75、配水効率は 0.60 であるため、搬送効率は  $0.45(=0.75 \times 0.60)$  となる。しかし、実際には年によって変動があり、2007 年では 0.60 である。畑作にはこの水路からの大量の浸透水が利用されている。この低い搬送効率は幹線水路から末端水路にいたるまですべての水路が土水路であるために生じている。

### 3.3 水収支

1981 年と 2007 年の灌漑地区の水収支を図 8 と図 9 に示す。1981 年については搬送効率を 0.45 とした。そして、水稲、畑作の蒸発散量をそれぞれ 1,000 mm、900 mm とし、この値にそれぞれの面積を乗じて灌漑水量を推計した<sup>2)</sup>。また、休耕・放棄地・非農地からの蒸発量は 60 mm とした<sup>3)</sup>。2007 年については年次報告書のデータを引用した。1981 年は取水量が多いため流入に対して排水・地下流出の割合が高く、蒸発散は低い。しかし、取水量が少ない 2007 年では、排水・地下流出と蒸発散の割合はそれほど変わらない。

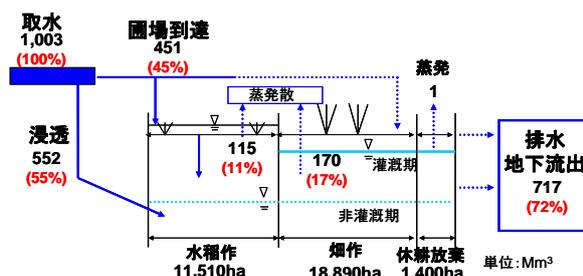


図 8 灌漑地区の水収支(1981)

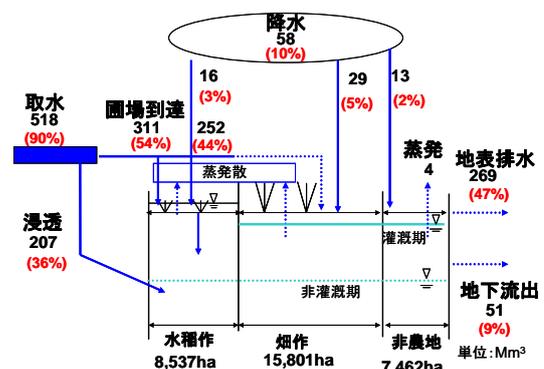


図 9 灌漑地区の水収支(2007)

### 3.4 地下水位の変遷

アクダラ灌漑地区では灌漑農業が 1967 年に開始され急激に地下水位が高くなった。観測井 G の灌漑開始前の地下水位は約 8 m であったが、1970 年代から現在に至るまでは、灌漑期間中の 8 月では 1 m 程まで上昇し、非灌漑期の 1 月には 3 m 程に低下するサイクルを繰り返している。つまり、この地点の地下水位は灌漑によって当初よりも 5・7 m 高くなった状態が保たれていることになる。地下水位が上昇すれば灌漑水量は低下すると考えられる。よって、1980 年代初期からは純用水量が減少していくと思われるが、実際にはあまり変化が見られない。また、1980 年代と取水制限が行われている現在での地下水の変動にも大きな変化が無いことがわかる。灌漑地区の地下水位の変化を図 10 に示す。

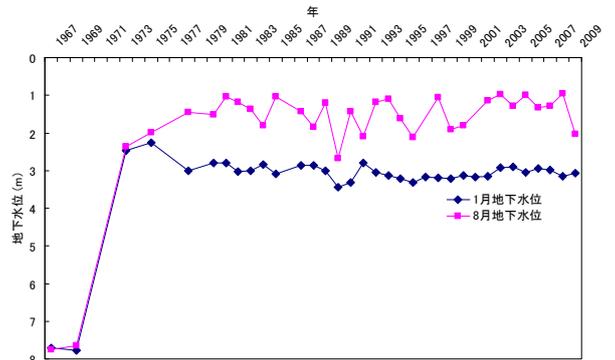


図 10 観測井 G の地下水位の変化  
(地表面を基準とする)

### 3.5 農場の地下水変動

農場に設置してある観測井および水路系統を図 11 に、2005 年から 2007 年までの各観測井の地下水位を図 12 に示す。地下水位は毎年同じような変動を示しており、農場の北西部が低い傾向がある。また、地下水位が高い地点は農場に散在している。地下水位は灌漑期直前の 4 月が最も低く、5 月の灌漑開始により地下水位が急激に上昇していき、灌漑期間後半の 8 月から 9 月にかけて最も上昇する傾向がある。しかし、非農地(B, D)では、圃場に隣接している観測井の地下水位上昇よりも 1 月程遅れて推移する傾向がある。これは、付近に水路や圃場がないため、地下水位が周辺から徐々に供給されるからであると考えられる。

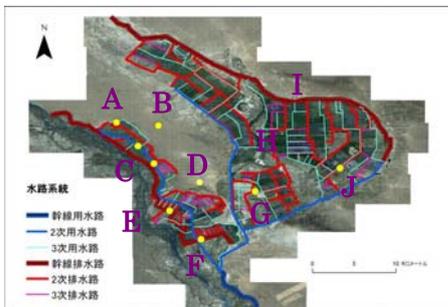


図 11 観測井および水路系統

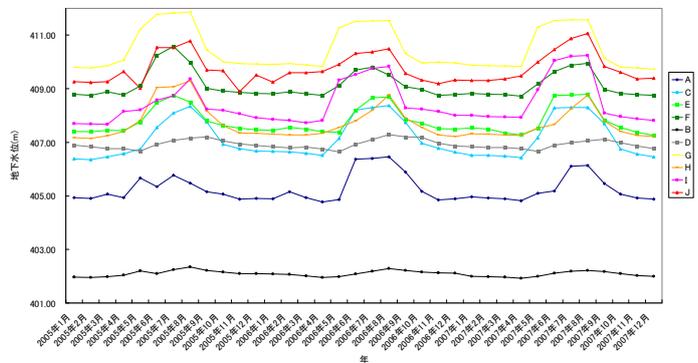


図 12 観測井の地下水位

## 4. おわりに

本研究により、1)塩類集積が発生していない圃場では、上層が粘質で下層が砂質であり、ECe, pH<sub>e</sub>, SAR<sub>e</sub> は基準値よりも低いこと、2)本地域の灌漑農業は 1960 年代後半に始まり、1980 年代に最盛期をむかえ、その後規模は小さくなったものの現在では落ち着いていること、3)灌漑の開始以来低い搬送効率を利用する形で畑作物を栽培していること、4)農場の地下水位は灌漑開始直前が最も低く、灌漑開始により急激に上昇すること、5)地下水位は農場内でも地点によって異なること、がわかった。

### 参考・引用文献

- 1) US Salinity Lab: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, L.A. Richards, ed., Agriculture Handbook, No. 60. USDA, 1954
- 2) 清水克之ら(2000): カザフスタンの共同農場における水利用の実態とその改善対策-アラル海流域の灌漑農業における用水管理と農地保全(1)-, 農業土木学会論文集, 208 号, pp.119~126
- 3) 小杉賢一郎ら(1994): 中央アジアにおける大規模灌漑農業の生態環境と社会経済に与える影響-1994 年調査報告-, JRAK 調査報告書 No-3, pp.39~48