

第II部門 飽和二次元流動モデルを用いた新疆タリム河流域の地下水流動解析

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○Batuer Abudoureyimu 京都大学防災研究所 正会員 城戸 由能
 京都大学大学院工学研究科 学生員 田中 幸夫 京都大学防災研究所 正会員 中北 英一

1. 研究の背景と目的:新疆ウイグル自治区は乾燥地域のため水資源賦存量は限られており、耕地開発や工業開発の増加および気候変動等の影響で山岳地域の降雨・氷河融水を主な水源とする河川表流水は流域全般で減少し、地下水位が低下して、河川表流水が枯渇し、生活用水の確保難や水質悪化、農地の荒廃等の深刻な問題が発生している。タリム河流域における植物生育状況は地下水位と深く関係し、地下水供給に依存していると言われていたが、物理的な現象説明はほとんど進んでおらず、これまでに地下水位と水質実態調査に基づいた統計分析と相関分析等が行われるにとどまっている。そのため本研究では飽和平面二次元地下水流動モデルを用いて、タリム河流域全体の地下水水位および流動特性の解析をおこなった。

2. 対象流域の概要:解析対象領域はタクラマカン砂漠を含む南北約 800Km, 東西約 1,600Km の領域とした。領域内には中国国内で最も長い内陸河川であるタリム河があり、新疆ウイグル自治区のほぼ中央を東西方向

に貫流するしている(図1)。源流域・中流域での水資源利用量が近年増加するとともに、強雨期には中流域で氾濫を起こし、多くの河川水が蒸発により失われ、下流域への流下流量が減少している。下流域のカラ観測点付近の透水層は地表から 20~50mの間にあるといわれ、主要な地質は細砂・粉細砂であり、空隙は小さく、浸透係数は 1.0~5.0m/d といわれている。

3. タリム河流域水資源の問題点:タリム河流域では、過去 50 年間に人口と灌漑面積が増加し、灌漑用水量は3倍に増大した。利水のために建設された平原ダムからの浸透損失と蒸発損失が大きく、中流域では土砂が多量に堆積して河床が上がり、氾濫域が大きくなりすぎて、ますます下流への流下流量が減少している。下流域では長期間にわたり河川水が涸渇し、約 360km の河道兩岸の河畔林(コヨウ林)が枯れ、生態環境が悪化している。さらに地下水位の下降とともに水質汚濁の指標である鉍化度が上昇している。このように、砂漠化の進行と土壤塩分の増加等の重大な問題が発生し、農業生産や経済活動に大きな影響を与えている。

4. タリム河流域の地下水位変化状況:タリム河本川沿いの地下水観測点(図1)の地下水深度を図2に示す。本川上流部のアラル付近では 1970 年までは地下水位は上昇していたがその後、やや減少傾向を示している。本川下流部のカラ付近では地下水位が低下する傾向がみられる。また、本川中流部のインバザ(図3)の一年

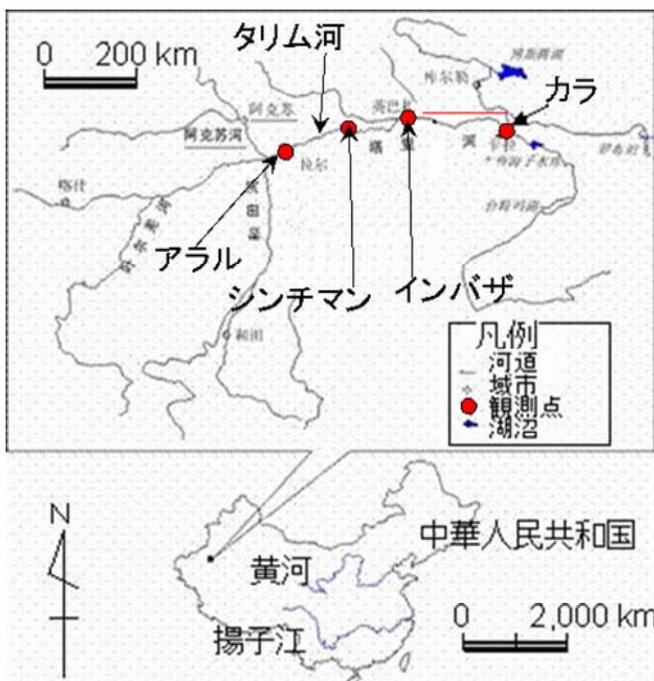


図1 対象流域

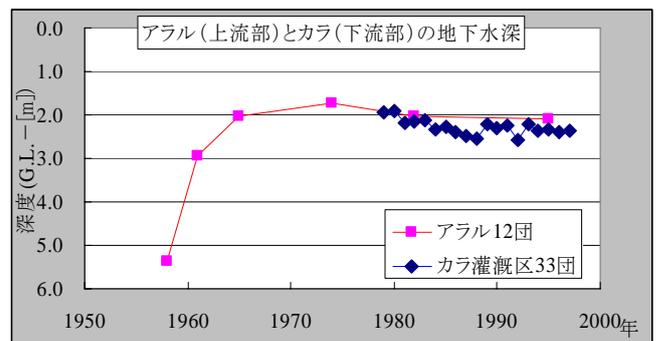


図2 地下水位の経年変化

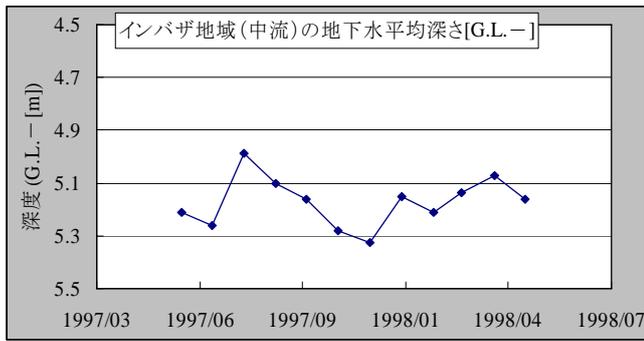


図3 インバザ(中流部)の年内地下水深変化

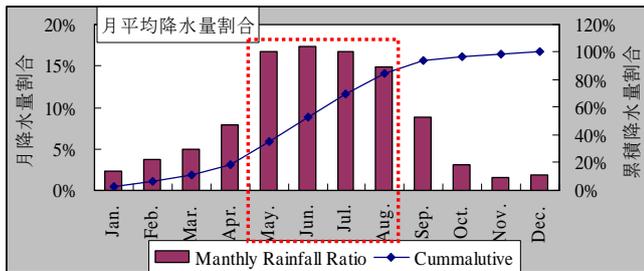


図4 流域内の月平均降水量割合

間の観測結果では月変動が見られるが、必ずしも降水量の年内分布と対応しておらず、農業用水等の揚水による地下水変動が考えられる。

5. 地下水流動解析:対象領域を 5km グリッドに分割して飽和地下水平面二次元解析を行った。基礎式を以下に示す。

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\left\{ K(h-s) \frac{\partial h}{\partial x} \right\} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\left\{ K(h-s) \frac{\partial h}{\partial y} \right\} \right] + \varepsilon$$

ここで λ は間隙率、 K は透水係数、 h は水位、 s は基盤高、 ε : 涵養量である。この式を差分展開し、数値計算をおこなった。各パラメータは、透水層厚 = 50.0[m], 有効間隙率 $\lambda = 0.2$, 透水係数 $K = 1.0 \times 10^{-2}$ [m/sec]として、計算領域全域に一樣に与えた。地表標高および土地利用データは 1km グリッドデータを計算領域格子に集約した。降水データは 14 地点の年降水量, 8 地点の月平均降水量から各地点の毎月降水量をもとめ、ティーセン法を用いて領域内の空間分布を与えた。1km グリッドの土地利用データは 11 種類に分類されており、それぞれについて降水量の何割が涵養量となるかを設定し、5km グリッドの土地利用面積割合をもとに加平均して、各グリッドの涵養量を設定した。計算結果を先に示した3地点の地下水水位データと比較・検証した。



図5 アラル地点の地下水水位計算結果

計算結果の一例を図5に示す。全般的に、地下水流動は標高の高い山岳部から盆地中央に向かって流れ、タリム河本川に入ると地下水流出は河川水流の方向と一致して、ほぼ東向きに流れる傾向が再現できた。灌漑農地が広がる上流部のアラルにおいて、年間変動が収束するように揚水量を設定し、領域全体の灌漑農地に与えた。その結果、月平均降水量の変化に対応した月変動は再現できたが、揚水量を年間を通して一定量で与えているので、図3に示す中流部インバザの地下水水位変動とはやや異なる結果となった。現時点では作付け作物種を特定できておらず、灌漑期・非灌漑期に分けて揚水量を設定していないことが原因と考えられる。灌漑農地が領域内の下流域では地下水補給に対して降水の影響は小さく、地下水は主に潜水蒸発と植物蒸散によって消失するため、経年的に地下水水位が下降する傾向が見られた(図2)。計算結果でも下流部カラ地点における経年的な水位低下は再現できたが、その低下スピードは観測値の -2.0cm/年よりかなり小さくなった。

今後、河川流動モデルを組み合わせ、揚水量等の人為的影響をより具体的に表現することで、現在までのタリム河における水循環構造を再現できるモデル作成を進めていく。

参考文献:

- 1)Yudong Song 他:中国タリム河水資源及び生態問題研究、2000年9月新疆人民出版社,pp.50-160.
- 2)Xu hailiang 他: Relationship between climate changes and annual runoff of headstreams of Tarim River、2007年4月、地理科学、pp.219.
- 3.Juhua Luo 他:ヤルカンド河流域水文特性分析、2005年6月、水文、pp58