

廬氏流域における 21 年間の水文解析

黄河上流域における水収支

馬燮鈔¹・福嶋義宏²・劉昌明³・呉陔峰⁴・鄭紅星³

¹地球フロンティア研究システム ²総合地球環境学研究所

³中国科学院地理科学与資源研究所 ⁴北京師範大学

目的

大河川を対象に、主に水資源量の推定および陸面水循環過程の理解を目的とした広域水文モデルが既に構築されたが、地下水を含む水利用の頻度が高い黄河流域に適用する際、年間の流出量が過大評価になった。この原因は簡単と言えば水利用のプロセスが水文モデルの中にまだ考えていないことだ。広域とは言え、農業盛んでいるこの地域の水利用プロセスは異常に複雑である。本研究の目的は、従来の水文モデルをベースとして、黄河中流域の小流域 廬氏集水域を対象に、20 年間の流出解析をしながら灌漑農地における水利用過程を検出しようということである。また、現在取得した水文気象データから黄河蘭州までの最近 20 年間の水収支も紹介する。

1. 廬氏流域における 21 年間の水文解析

1.1 研究対象地域の概要 対象地域は黄河本流小浪底・花園口間の支流、洛河の源流域 廬氏集水域である（図 - 1）。東経 109° 40 ~ 111° 10'、北緯 33° 45' ~ 34° 30' に位置する。廬氏水文観測断面以上の面積は 4,600km²、年平均降水量は 720 mm である。流域内には高い山多く、標高は 600m から 2000m までで、傾斜 25° 以上と 5° 以下の面積はそれぞれ 70% と 10% を占めている。流域内の植生は 1982 年からの植林と水土保持措置により良好で、森林と草地の面積は合わせて 70% を占めている。この地域の土地利用分布は図 - 2 で示している。総面積の 30% 近くを占める農耕地は狭い谷沿いと下流部やや平坦なところに分布している。

1.2 解析期間中水文気象データ 地上気象ルーチン観測は流域内の廬氏と周辺北側の華山、南側の商州、三ヶ所で、河川水位の観測は廬氏断面で行われている。現在入手したデータは、気象の 1980 年から 2001 年までの 8 項目（平均気温、最高気温、最低気温、降水量、気圧、水蒸気圧、風速、日照時間）と、1980 年から 2000 年までの流量である。

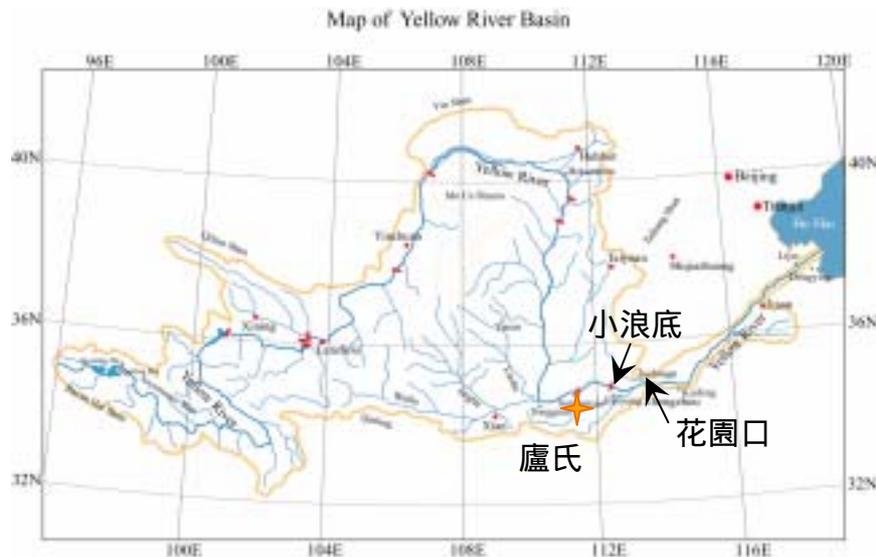


図-1 黄河流域全体図と廬氏集水域の位置



図-2 廬氏集水域の土地利用

データの期間に合わせて、解析の期間は 1980 年から 2000 年までとした。

1.3 これまでの解析と問題点 東シベリアのレナ河の流出解析のために開発された広域水文解析モデル(Ma *et al.*, 2000) は、北欧の Torne/Kalix 流域とモンゴルのセレンゲ河流域に適用され、良好な水収支と流出の季節変化を再現した。同モデルを 1980 年から 2000 年までの廬氏集水域に適用した結果、灌漑用水利用等を考慮しない場合、観測された年流出量を平均して 100 mm も上回る年流出量が試算された(図-3)。これは、自然系に較べて蒸発散量の消費がそれだけ多かったと考えられる。

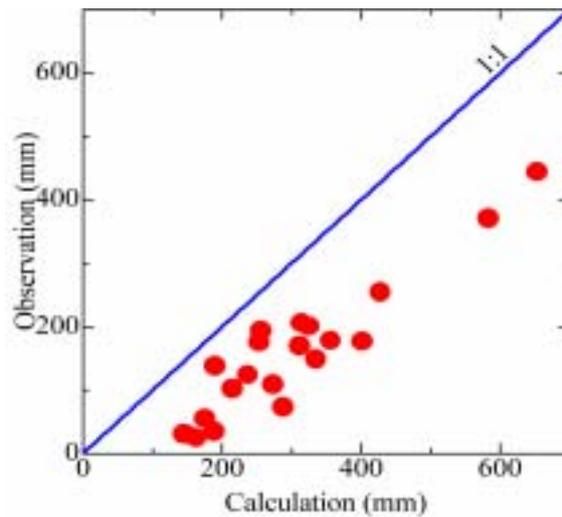


図 - 3 年流出量の比較 (灌漑を考慮せず)

1.4 灌漑用水利用過程の検討 2003年夏黄河上中流地域の現場調査で、農耕地の凡そ三分之一が河川若しくはダムの水を使って重力式で灌漑をしていることが判った。廬氏集水域には大規模なダム等が無かったが、農耕地の分布は谷沿い若しくは下流の平坦地に集中しているため、すべて灌漑をしていることを推測される。現状では水田を除く灌漑に使われた水が河川に戻るルートがなく殆んど蒸発散に消費されることが予想される。廬氏集水域の灌漑に関する操作マニュアルの入手はまだできていないが、小麦等作物の生育段階を考えると水需要時期が3月から9月までの7ヶ月間であることを予想される。一方、モデルでは灌漑用水は各降水イベントに対応して通年にわたり貯めてきた水を使うことに設定する。日単位の水利用量は推定されたその日のポテンシャル蒸発量に等しい。

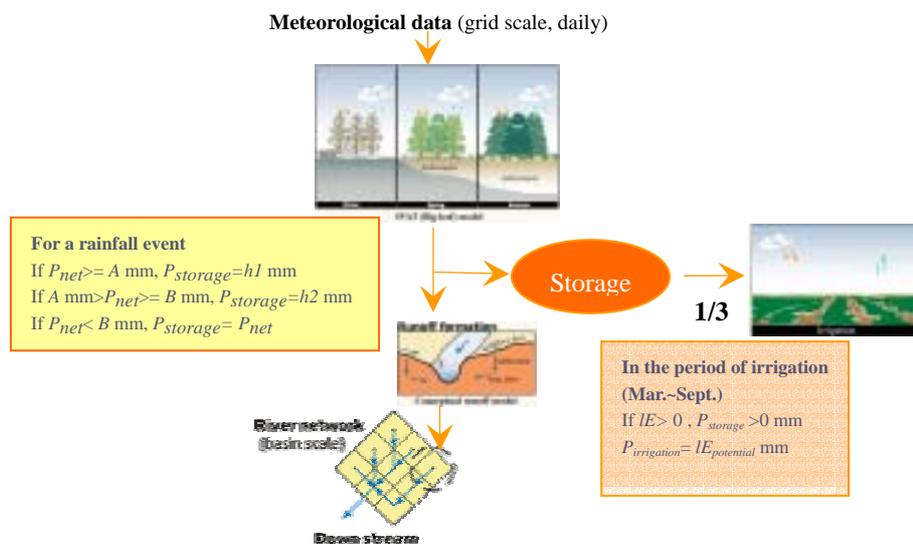


図 - 4 灌漑水利用過程を組み込んだ水文モデル

1.5 適用結果と考察 従来の広域水文モデル (Ma *et al.*, 2000) に上記簡単な灌漑水利用過程を組み込んだ改良モデル (図 - 4) を廬氏集水域に適用した。適用期間は 1980 年から 2000 年までの 21 年間。また、モデル上で廬氏集水域は 0.1 度グリッドの数値地図から抽出した。各グリッドの入力は三ヶ所の気象データの内挿値を用いた。今回、従来使われてきたモデルに関わるパラメータの再検討はしないが、試行錯誤で月単位のハイドログラフと年流出量両方満足できる灌漑用水モデルのパラメータを検出する。図 - 5 に示したのは今回解析で得られた月単位のハイドログラフ。計算値のピークがやや過小評価になったが、季節変化はよく再現できたと考えられる。図 - 6 は 21 年間の流出量の計算値と実測値をプロットした結果で、誤差が大凡 1 対 1 のラインの限った範囲に散布され、前回の解析結果と比べよく改善されたと考えられる。その結果、廬氏集水域の灌漑用水のプロセスは次のように考えられる。まず、水の貯留は各降水イベントに対し、余剰降雨(降水量と蒸発散量の差)が 5 mm (A) を超える場合には 2 mm (h1)、5 mm 以下 1 mm (B) 以上の場合には 1 mm (h2)、1 mm 以下の場合には全て、従来流出すべき雨水が灌漑用水として貯めることになる。そして、3 月から 9 月までの間、天水がない場合に貯留された水があれば、モデルから推定されたポテンシャル蒸発散量と同等の水を地域全体 1/3 の農耕地の灌漑に使うことになる。

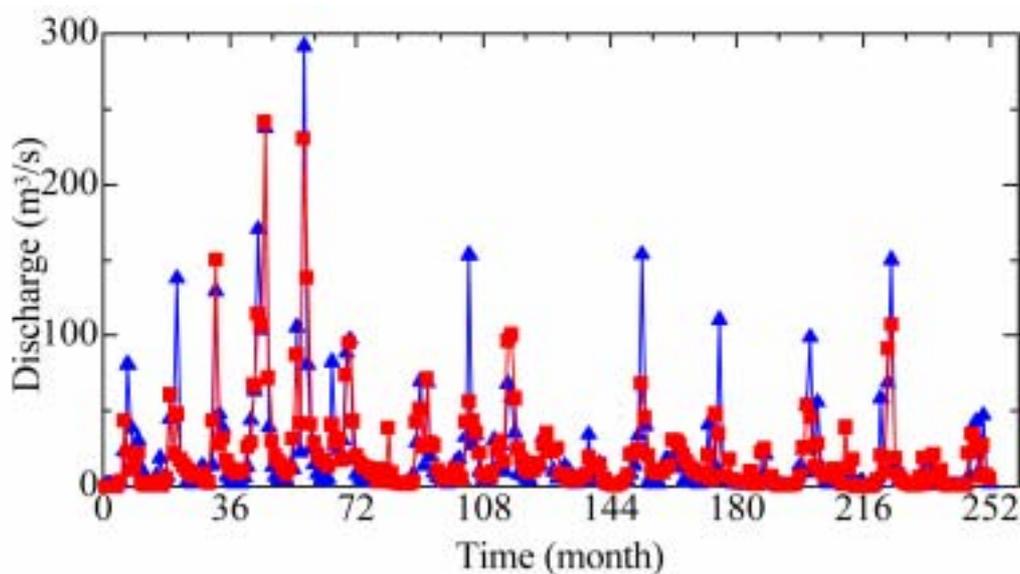


図 - 5 廬氏集水域 1980 年から 2000 年までの月平均流量の比較 (青が実測値、赤が計算値)

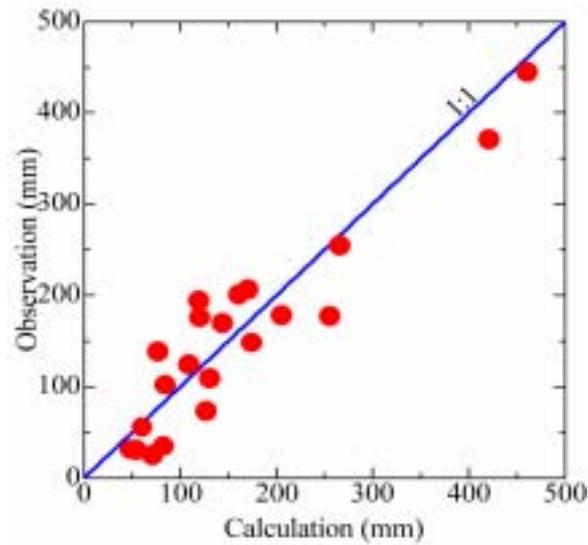


図 - 6 21年間の年流出量の比較（灌漑水利用を考慮した）

2. 黄河上流域における水収支

ここで黄河上流域は黄河蘭州までの流域を指す。黄河蘭州までの面積は全流域の1/3しかないが、水資源量は1/2を占めている。この地域は黄河流域の水循環過程に重大な影響を与えていると予想される。水文解析の一環として、今年度入手した水文気象データを用いて7地点（図 - 7）の降水量と蘭州流量観測点の流量の年々変動の予備解析を行った。



図 - 7 黄河上流域と主な7ヶ所の気象観測点

気象観測開始の時期が一致していないが、1960年代後半からは全地点のデータが揃えている（図 - 8）。近年になって全地点の年降水量は 250mm から 500mm までの狭い範囲に集中するに対し、1980 年より前の降水量の変動幅が数倍大きい（500mm から 1500mm を超えるまで）。この事実を確認するまで、1980 年より前のデータを解析に使わない方がよい。一方、黄河蘭州流量点の長期実測年

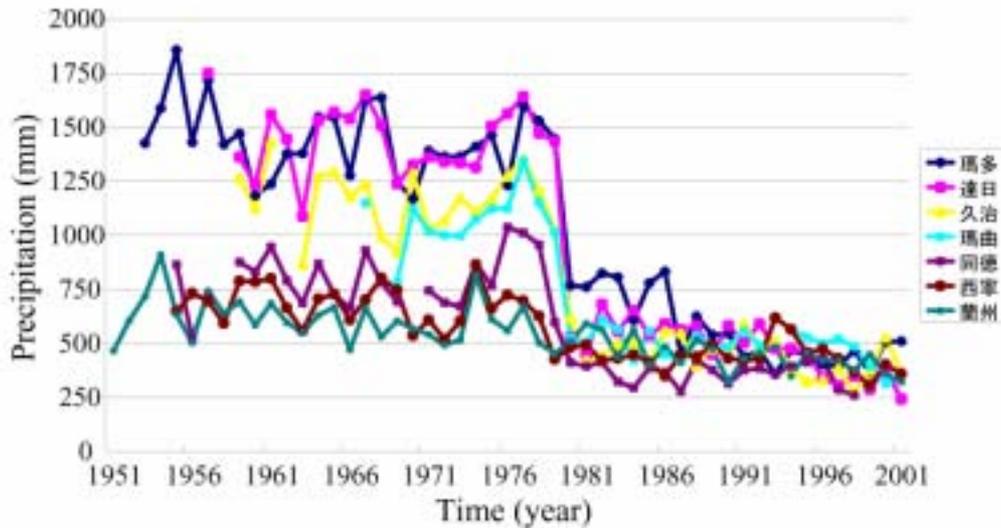


図 - 8 黄河上流域 7 地点降水量の経年変化

流出量は図 - 9 に示している。年間流出量は 100mm から 200mm までの幅を持って変動するが特に目立った変化は無かった。

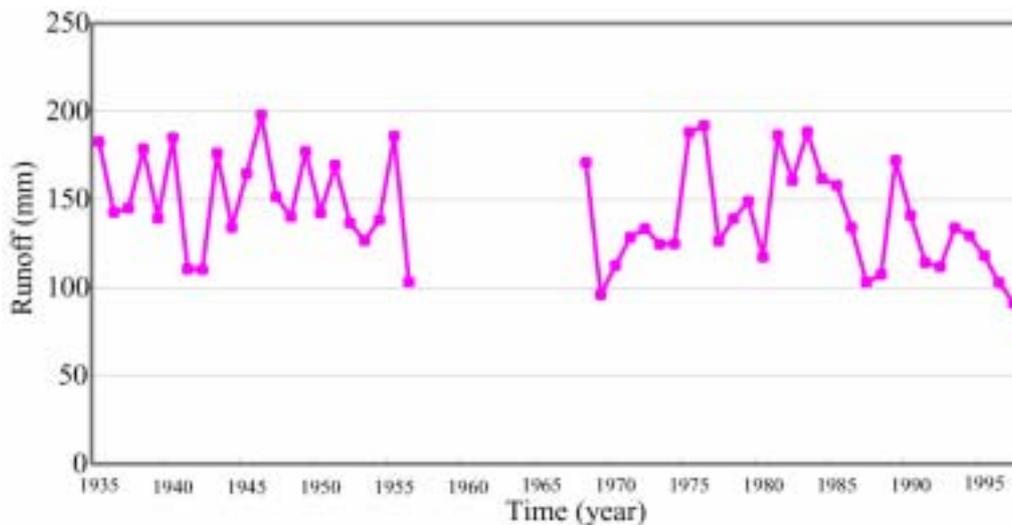


図 - 9 黄河蘭州観測点での実測の年間流出量