

タシケント地域における GIS を活用した水マネジメントに関する研究

森田淳史, 三谷泰浩, 池見洋明, Xhurshidbek Makhmudov

Research on water management in Tashkent region using GIS

Atsushi MORITA, Yasuhiro MITANI, Hiroaki IKEMI and

Khurshidbek Makhmudov

Abstract: Tashkent, the capital of Uzbekistan, is located in Chirchik River basin. There are the issues of water quantity and quality and increase in water intake for industrial use due to the progress of industry, as well as increase in discharge of untreated water from factories. In addition, there are also issues of increase in water intake for agriculture and salt damage in farmland. Therefore, construction of water management method is required for accurate understanding of hydrological cycle, secular change of water, management of water quantity and efficient use of water. In this study, water balance analysis is calculated by integrated water resources management model. As a result, water balance analysis shows that spatial information is important for this model and makes known spatial characteristics of the water balance.

Keywords: 水マネジメント (water management), 分布型水文モデル (distributed hydrological model), 水収支 (hydrological balance)

1. はじめに

ウズベキスタンの首都タシケントが位置するチルチク川流域（図-1）では、工業の進展により工業用水の取水の増加、さらには未処理の工場排水の増加等により水量、水質の問題が深刻化している。また、タシケントの周辺域においては農業用水の取水の増加、農地での塩害の問題なども生じている。このため、流域を構成する各地域、各セクター（農業、工業、生活）の水資源需要の動向を把握しつつ流域全体の水の需給バランスをいかに達成し、地域間・セクター間の公平性を考慮しながら、どのように水を配分するのが効率的

森田淳史 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻

Phone: 092-802-3396

E-mail: morita@doc.kyushu-u.ac.jp

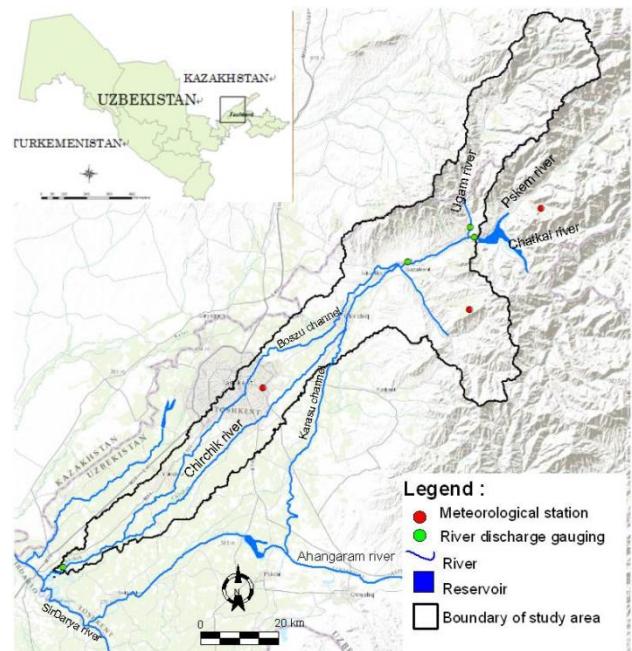


図-1 対象領域

であるかを分析し、流域内の水に関わる自然条件と社会経済条件の相互の関係を把握・評価する水

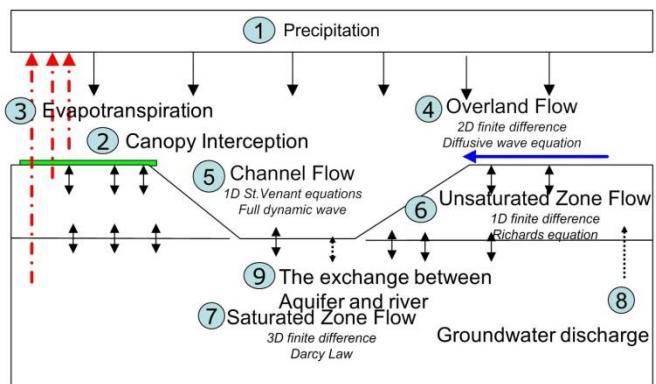
マネジメント手法の確立が必要となっている。

本研究では、適切な水収支状況を明らかにするために、分布型水文モデル構築に必要となる地理空間情報を整備し、水収支の解析を行う。その結果として、水収支の空間的な特徴を明らかにする。

2. 水マネジメントモデルの概要

提案する水マネジメントモデルは、蒸発散量、浸透量、飽和流れ、不飽和流れ、地表流と河道流れを含んだ水循環をシミュレーションするものである。本研究では、一次元河道モデルと土地利用、土壤、地質に応じた水利用形態を組み込んだ分布型水文モデルを統合する。図-1に提案するモデルにおける水収支の概要を示すとともにそれぞれのパラメータの詳細を以下に示す。

- 1) 降水量(図-2 ①)：米国気象データセンターが提供する降水量データを使用する。
- 2) 遮断(図-2 ②)：土地利用毎に樹冠や土地被覆による遮断と保水能を与える。
- 3) 蒸発散量(図-2 ③)：可能蒸発散量を用いる。
- 4) 表層流(図-2 ④)：降雨強度が土壤浸透能を上回る、または飽和地表面に降雨がある場合に表流水を発生させるものとし、流速を Manning の式から算定する。
- 5) 河川、運河の流れ(図-2 ⑤)：Dynamic Wave 法により求める。
- 6) 不飽和層における流れ(図-2 ⑥)：不飽和水分移動は、鉛直一次元 Richards 式(Richards, L.A., 1931) から算定する。
- 7) 飽和層における流れ(図-2 ⑦)：三次元のダルシー則に基づき求める。
- 8) 地下水流(図-2 ⑧)：ダルシー則に基づき地下水流出、地下水位上昇について算定する。
- 9) 地下水と河川の水の交換(図-2 ⑨)：河川の水位と地下水位の位置に応じて地下水と河川の間の水の行き来を求める。



3. GIS による空間情報の整備

水収支解析を行うにあたり、透水係数、蒸発散

量などのパラメータの値を各土壤、各土地利用に応じて与えるため、土地利用図や土壤図といった地理空間情報が極めて重要となる。

GIS を用いて整備したこれらの空間情報を以下に示す。

(1) デジタル標高モデル(DEM)

ASTER の 30m メッシュ標高を利用し、DEM を作成する。

(2) 対象領域の設定

DEM から作成した河川が実際の河川と近似するときの最小の集水値を閾値と定め、この閾値から集水域を作成する。

(3) 河川

河川モデルは、河川ネットワーク、河道断面、河川の境界条件に加え、河床抵抗はじめとしたパラメータの4つの要素から構成される。そのうち、河川ネットワークは米国国防庁から公開されている河川のベクトルデータをベースに整備する。河道断面は、情報が入手困難であったため、衛星画像から河道幅を計測し断面を定義する。

(4) 土地利用図

土地利用図作成には陸域観測技術衛星(ALOS)のデータを用い、教師付き分類することで作成する。

(5) 土壤図

土壤図は国際土壤照会情報センターが提供す

る 500 万分の 1 のデジタル土壤図から作成する。

(6) 地質図

地質図は世界地質図委員会 (CGMW) が提供する 500 万分の 1 の地質図から作成する。

4. 水収支解析

4.1 水収支解析の概要

構築した水マネジメントモデルを用いて解析することで対象領域における水収支状況を明らかにする。解析期間を 2007 年 1 月 1 日～2008 年 12 月 1 日とし、対象領域を 3279 個の 1km のグリッドで分割する。本モデルは飽和層、不飽和層、表層（遮断、蒸発散、地表流）、河川流、融雪水、河川と地下水の水の交換を考慮している。そのため、地形、土壤、地質、植生、降水量や蒸発散量の時系列データが入力データとして必要となる。ここで、整備した空間データのうち、地質図は飽和層に、土壤図は不飽和層に、土地利用図は表層に適用する。また、これらの空間データに属性情報として地質に応じた飽和透水係数、土壤に応じた透水係数（水収支研究グループ、1993）、土地利用に応じた Penman-Monteith 法に基づく可能蒸発散量（Saidislimkhon, 2013）、表面粗度（水理委員会、2010）といった各種パラメータを与える。

水収支は、（流出量：遮断量、蒸発散量、表面一時貯留量、浸透量）－（流入量：降水量）で求められる。

4.2 キャリブレーション

透水係数等のパラメータのキャリブレーションは 2007 年、2008 年における Chirchik 川上流の Gazalkent 観測点における月毎の河川流量データ (m^3/s) を用いた。図-3 での相関係数は 0.98 という高い値であったため、Gsazalkent 観測点とも相関性があると言える。また、将来予測のための検証として 2009 年、2010 年のデータを用いて検証を行った結果も、図-4（相関係数 0.99）のようになり、解析値は実測値と近似した。

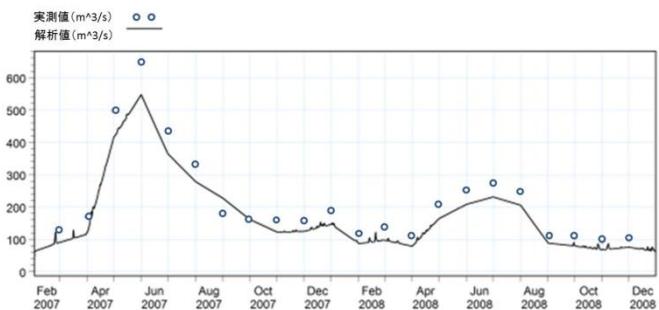


図-3 2007-2008 年の Gazalkent における
キャリブレーション結果

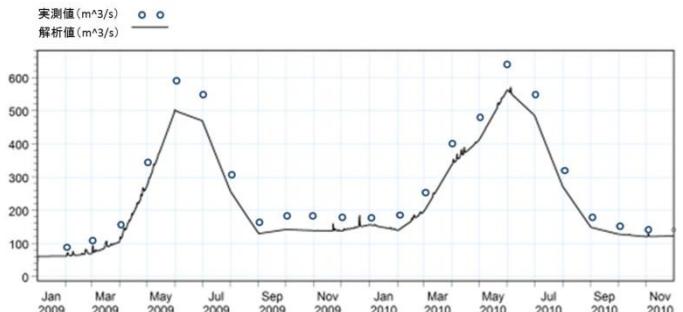


図-4 2009-2010 年の Gazalkent における
検証結果

4.3 解析結果

解析の結果として、対象領域全体での水収支状況を表-1 に示す。2007 年で -6mm、2008 年は +22mm となり、2008 年において水が不足したことが明らかとなった。

また、図-5、図-6 から各セルにおける一日あたりの地下水の変動量の空間的な特徴が明らかになった。

図-5、図-6 を土地利用図と比較すると地下水量に変化が見られるセルは山間部に多く見られた。また、山間部において変化量が正になるセルは谷線に沿って分布しており、負になるセルは尾根線に沿って分布していることが明らかとなった。一方、変化が見られないセルは平野部の特に都市に集中しており、これは都市では構造物の影響で蒸発散量が極端に少ないと起因していると考えられ、土地利用に応じた水収支状況を表現できているといえる。さらに、地下水の変動量が負になるセルにおける各土地利用の割合を求めるとき、図-8 に示す通り荒地が半数近くを占め、

次いで草地が占めていることが明らかとなった。

さらに、春と秋での変動量を比較したところ、春に地下水水量が増加したことを示す場所が多いことが分かる。これは、融雪水による影響が大きいことを示している。

5. おわりに

本研究では、タシケント地域における水マネジメントモデル構築のために、土地利用図や土壌図をはじめとした地理空間データベースを構築した。さらに、透水係数などの各種パラメータの値を設定し、水収支解析を行うことで整備した空間情報が重要であることを明らかにし、水収支の空間的な特徴を明らかにした。今後は、各土地利用における水利用を考慮することで本モデルの精度を向上させる予定である。

参考文献

米国気象データセンター :

<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdo>

宇宙システム開発利用推進機構（ASTER） :

<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>

米国国防庁 : <http://www.diva-gis.org/gData>

世界地質団委員会（CGMW） :

http://ccgm.free.fr/index_gb.html

水収支研究グループ（1993）：「地下水資源・環境論」，
共立出版株式会社，77。

Saidislomkhon Usmanov , 2013. *Estimation of Evapotranspiration in Arid and Semiarid Environments Using Minimum Climate Data Set.*

土木学会 水理委員会（2010）：「水理公式集」，土木学会，89。

表-1 領域全体の水収支結果

	2007(mm)	2008(mm)
降水量	603	578
蒸発散量	302	295
表面貯留量	191	172
不飽和層貯留量	-43	-45
飽和層貯留量	94	98
浸透量	185	193
飽和層からの蒸発量	90	94
地表流の領域外への流出量	10	10
飽和層での領域外への流出量	1	1
河川での流出	40	70
総合水収支	-6	22

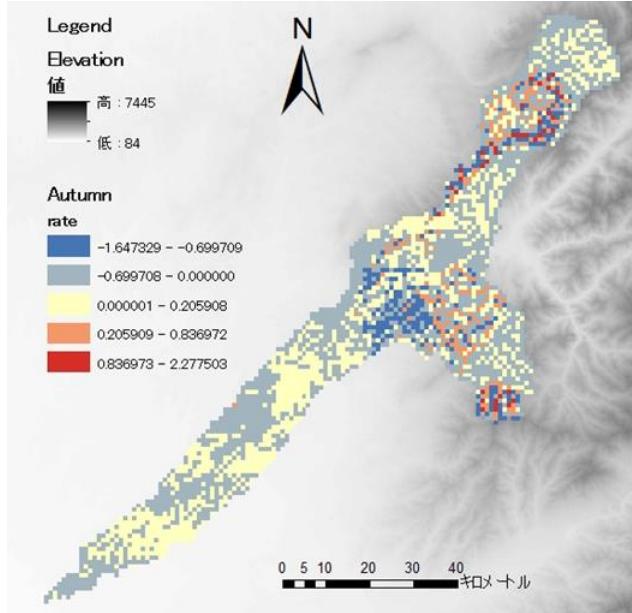


図-5 春時期における地下水変動量

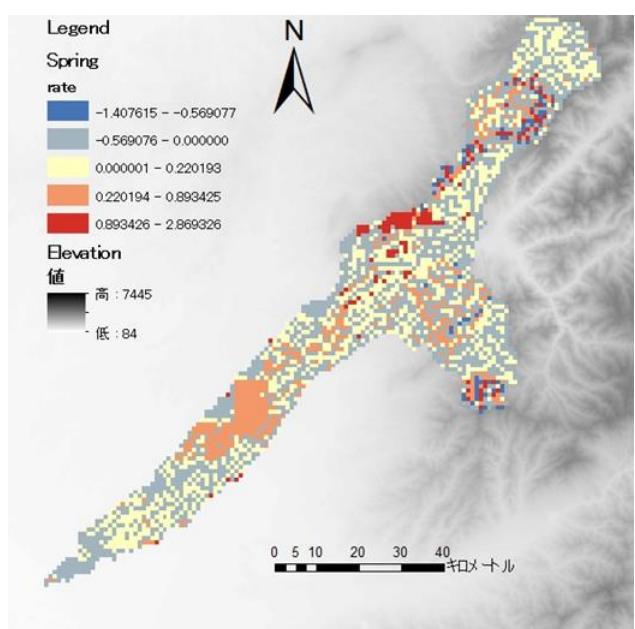


図-6 秋時期における地下水位変動量

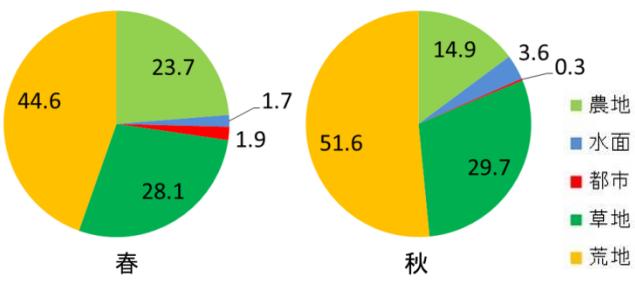


図-7 地下水の変化量が負になる
土地利用の割合