

世界遺産イシュケウルにおける水収支の推定

宮崎大学工学部 学生会員 ○小手川洋俊
宮崎大学工学部 正会員 入江光輝

1. はじめに

チュニジア北部に位置するイシュケウル湖は面積約 88 km²、最大水深 2 m の非常に浅い汽水湖で、豊かな生態系を有するため、1980 年にユネスコ世界自然遺産に登録された。しかし、その後に本湖の流入河川上流に貯水池が建設された(図-1)。その結果、同湖への淡水流入が減少し、湖水面低下によって接続するビゼルト湾からの塩水流入が増加して湖水の塩分バランスが崩れた。一般的には淡水流入量が要因として挙げられるが、上流貯水池では堆砂も著しいため、同湖の土砂収支の変化も湖水面を低下させて塩水侵入を助長したとする見方もある¹⁾。そこで、本研究では土砂の輸送媒体としての水収支に着目し、同湖への流入・流出および湖水位変動のモデル化を試みた。

2. 対象流域と研究方法

2.1 対象流域

同地域では夏期が乾季で河川からの淡水流入が減少し、湖水位が低下して Tindja 運河(図-2 中赤線)を通じて海水が流入する。雨期である冬期に湖水位が上昇し、湖からビゼルト湾への順流となるが、同時に偏西風が強く吹き、水の乱れで底泥が再懸濁する。そのため、冬季には同湖から湾への土砂流出が生じている。貯水池建設前は淡水とともに流入河川から土砂供給がなされ、同湖の土砂収支はほぼ均衡していたと考えられるが、貯水池堆砂は土砂流入を抑制し、湖底高が低下している。湖水位もその分低下するので、土砂収支の変化も海水流入増に寄与していると考えられる。筆者らは同湖における風による再懸濁のモデル化を別途検討した²⁾。本研究ではその輸送媒体となる水収支のモデル化を進める。同湖では現地政府により湖水位が長期観測されているが、流入・流出量については連続計測されていない。

2.2 研究方法

同湖の水収支は以下の式で表される。

$$Q_{in} - Q_{out} = \pm \Delta V \quad (1)$$

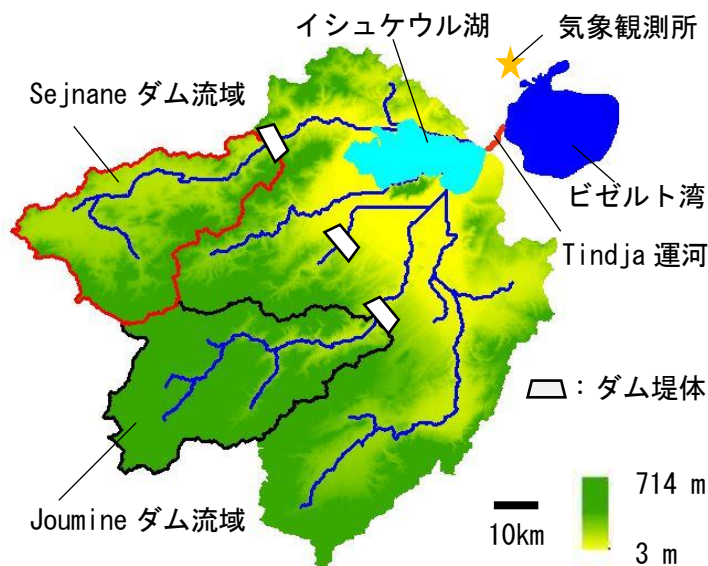


図-1 イシュケウル湖流域(青線:河川)

夏期：降水量少，土砂は巻き上がらず，流出無し

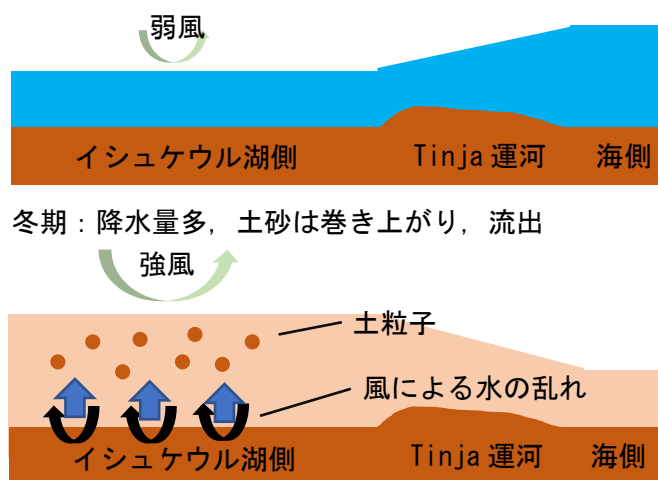


図-2 季節による湖水位変動と底泥巻き上げ

ここで Q_{in} は集水域からの総流入量， Q_{out} は同湖から湾への流出量， ΔV は湖水量の変動である。

流入量については SWAT (Soil and Water Assessment Tool) モデルにより再現する。入力値となる気象データは NOAA (<https://www.ncei.noaa.gov/data/global-summary-of-the-day/access/>) より、土地利用は ESA (<http://2016africallandcover20m.esrin.esa.int/download.php>) より、土壌分布データは FAO (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>) よりダウンロード

ドした。

流出モデルパラメータのキャリブレーションは、Joumine ダム上流域(図-1 中黒枠線) について同ダム管理日報の流入量(取水・放流・貯水位変動から収支計算)を参考に、SWAT-CUP(<https://www.2w2e.com/home/SwatCup>)を使って決定した。sejnane 上流域(図-1 中赤枠線)でも同様に水収支から流入量が評価されているため、Joumine 上流域で決定された同パラメータを使って Sejnane 上流域流出の再現を試みたところ、良好な再現結果を得た。そこで、それ以外の同湖集水域にも同パラメータを適用して総和し、総流入量を推定した。

同湖からの流出量に関しては、Tindja 運河の河道断面測量結果とマニング式に基づき流出量を計算した。同湖から Tindja 運河への入り口には潮止めの堰があるが、2015 年についてのみ堰前後の水位観測結果が得られている。堰下流側の水位とビゼルト湾の平均海水水面位から勾配を求めて流量を算出し、堰上流側(湖水位)との相関を得て、流出量を湖水位の関数とした。

(1)式右辺の同湖の水位変動に応じた貯水量変化は現地地の深浅測量の結果に基づき水位と貯水量の関係を求めた。

以上のモデル化の妥当性を湖水位変動の再現性により検証する。

3. 結果と考察

図-3 に降雨量に基づいて算出された 2015 年の同湖からの流入・流出量の時系列を、図-4 には湖水位の変動を実測値とともに示す。計算は湖水位が平均海水面を超えて湖から湾への流出が生じる期間を対象とし、1 月 28 日を開始日としている。

計算値の初期の水位上昇量がやや過大となっているが、同時期の流入量推定値がやや多めになっているためと考えられる。流入量過大評価の要因としては、広大な集水域への降雨を一地点の降雨データで代表して入力値としている点が挙げられ、より多くの地点の雨量データが取得できることが望まれる。しかしながら、湖水位の再現結果と実測値の決定係数は 0.89、RMSE は 0.13 で大局的な水収支は概ね再現できた。

4. 最後に

本研究により、イシュケウル湖における水収支の

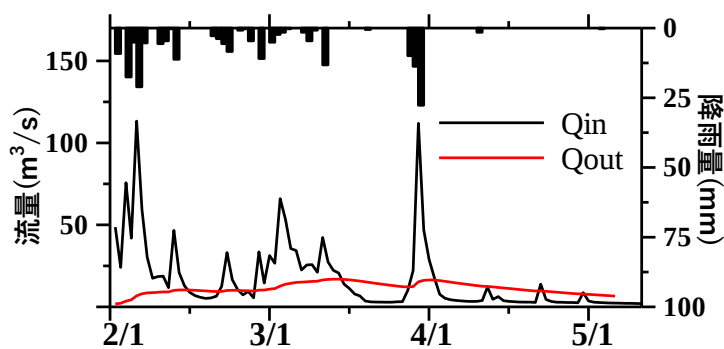


図-3 イシュケウル湖の流入量および流出量

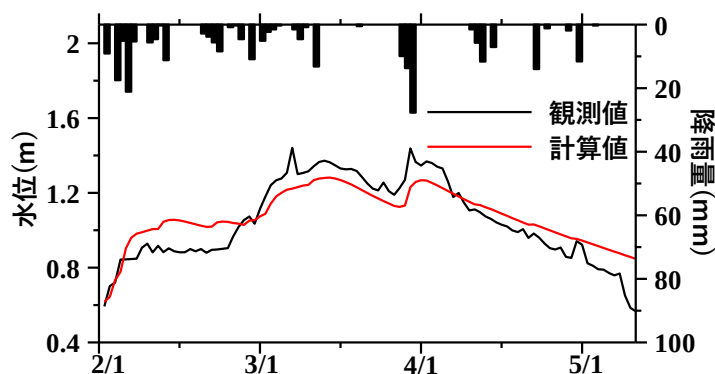


図-4 2015 年水位観測結果と計算結果

推定手法が確立された。今後は広域の降雨分布を反映できるように多地点での降雨観測データを収集するなどして湖水位変動の再現性を高める。さらに平行して行っている風擾乱による再懸濁のモデル化と組み合わせ、イシュケウル湖における土砂収支を推定する。発表会では土砂収支推定の結果を示し、貯水池堆砂が同湖の土砂収支と湖底高低下に与えた影響について議論を進める予定である。

参考文献

- 1) 畠俊郎, 入江光輝, チュニジア国 Joumine 貯水池底泥を活用したイシュケウル湖の湖底環境復元技術の適用性評価, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 71, No. 4, pp. 125-133, 2015
- 2) Hirotoishi Kotegawa, Mitsuteru Irie, Laboratory experiment of sediment resuspension driven by wind disturbance in a shallow lake, TUNISIA-JAPAN SYMPOSIUM ON SCIENCE SOCIETY AND TECHNOLOGY, BOOK OF ABSTRACT, pp. 204, 2019