

第Ⅱ部門

アラル海集水域における長期高解像度陸面過程解析

京都大学工学部
京都大学防災研究所
京都大学防災研究所

学生員 ○小林 楽
正会員 田中 賢治
正会員 田中 茂信

1. はじめに

1940年代から、ソ連はアラル海流域において大規模な灌漑政策を展開した。これにより、流域における主要な2河川、アマダリア川、シルダリア川からの取水量は増加し、河川の最終到達点であるアラル海は急激な萎縮を見せた。アラル海の縮小は、それ自体だけでなく周辺環境へ甚大な被害をもたらした「20世紀最大の環境破壊」と呼ばれた。また、ソ連崩壊後は独立国間での水資源に対する協調姿勢は見られず、依然として杜撰な水管理がなされているのが現状である。一刻も早く流域での持続可能な水資源管理を達成できる科学的根拠の提示が必須であると言える。

本研究では、峠¹⁾の解析手法を参考にし、空間解像度を上げることと、新たに使用可能となった各種データを用いることで、アラル海流域における物理モデル（SiBUC）の改良を図った。

2. 手法

本研究では、アラル海流域を空間解像度 30 秒で 1961 年から 2010 年までの 50 年間の期間で陸面過程モデル SiBUC²⁾を用いて解析を行なった。峠の手法を参考に、解析期間で顕著な面積変化であるアラル海の縮小と灌漑面積の増加を考慮した。各年で灌漑面積率を変更した土地利用データを用意し、各年の SiBUC の解析結果を用いてアラル海の面積を動的に変化させた。陸面過程計算に必要な気象強制力には新しく GSWP3³⁾を用いた。解析の概要を図 1 に示す。

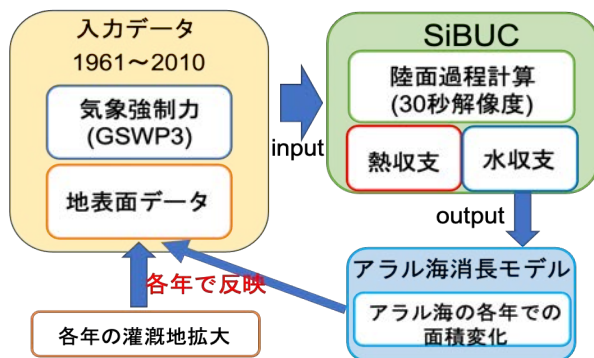


図1 解析の流れの概略図

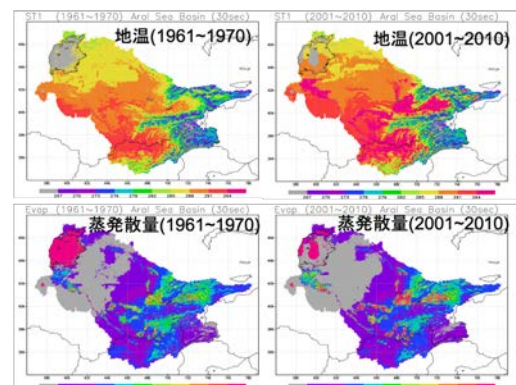


図2 蒸発量の10年平均値と地温の10年平均値

3. 結果（1）

図2は、解析結果の空間分布であり、それぞれ蒸発散量と地温の10年平均値である。蒸発散量は、特に灌漑地において増加しており、灌漑地拡大の影響を反映できていることが確認できた。また、地温の上昇も流域全体で確認できた。蒸発散量、地温ともにアラル海の縮小も反映できていることが確認できた。余白の関係上、載せられていないが降雪範囲および積雪水当量の範囲が山岳域にかけて減少していることも確認できた。当流域では、気温の上昇傾向は明白であり、ウズベキスタンでは1930年から1990年にかけて年平均気温が約1度上昇し、同時に氷河の融解も進行している。今回の解析ではこれらの気候変動を可視化することができた。

4. 結果（2）

図3にアラル海流域における水収支結果を示す。灌漑取水量は、1990年代の平均値が111～126Gtと報告されている⁴⁾が、本解析における1990年代平均値は132Gと精度よく表現できていると言える。ただ、灌漑地面積を約2倍にまで拡大したにしては、灌漑取水量の増加程度が少し小さい。灌漑取水量は1960年代で50～60Gtであり、さらに1985年にピークを迎えた後、次第に減少傾向となったことが報告されている⁵⁾。灌漑は当流域において最も重要なファクターであり、今後は、作物の種類や年代、地域による拡大割合まで、より詳細に灌漑地拡大の影響を考慮した解析が必要である。

また、流出量は長期平均値で 133Gt と報告されている⁵⁾のに対し解析の長期平均値は 177Gt と過大評価していた。本解析では新たに土地利用の種類として氷河の導入を試みた。しかし、峠が指摘した通り SiBUC では山岳域の融雪量を過大評価する傾向にあるため、本解析では毎年 40Gt もの融雪水が流出し、流出量の過大評価となっていた。今後は、山岳域でのモデル改善方法を導入し流出量の改善を試みたい。

図 4 はアラル海の貯水量変化である。アラル海貯水量は 1987 年までは、かなり精度よく解析できている。解析後半にかけては、前述の流出量過多や灌漑取水量の不正確さ、加えてアラル海の分裂を考慮していないことから精度の良い結果が得られなかった。アラル海は 1985 年に南北に分断されており、今後は、実情に沿った解析をしていく必要がある。図 5 はアラル海における水収支である。アラル海の水収支は、比較的精度よく解析でき、流入量が 0 となる渇水年が報告と一致していた。また、同条件下で行った 5 分解像度解析の結果と比較し、解像度を上げることで流入量の振れ幅を抑えた、より精度の良い結果を得られた。図 6 にアラル海の面積変化を示す。

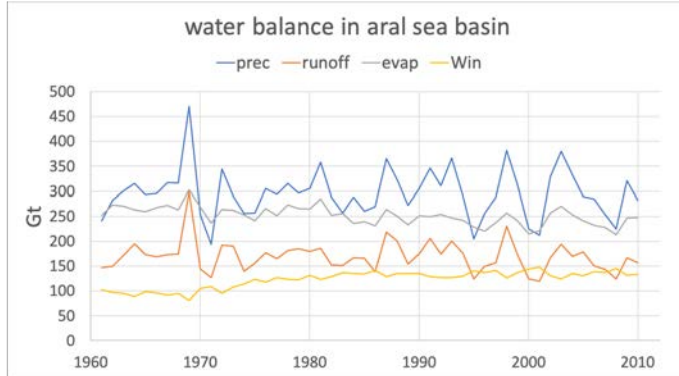


図 3 アラル海流域の水収支

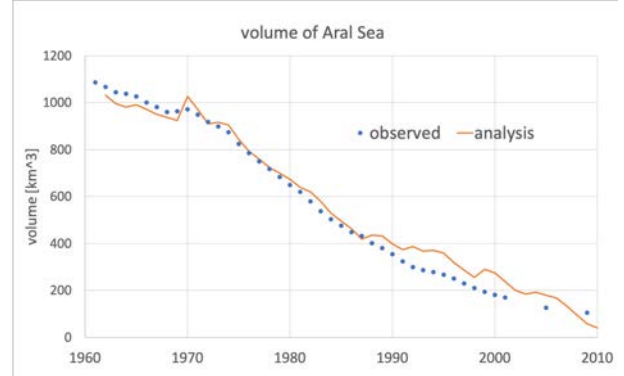


図 4 アラル海の貯水量変化

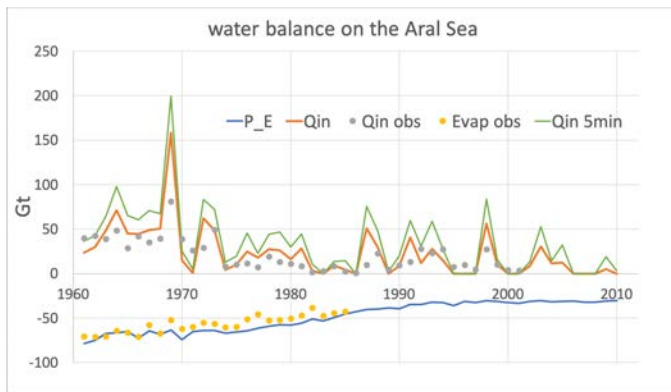


図 5 アラル海の水収支

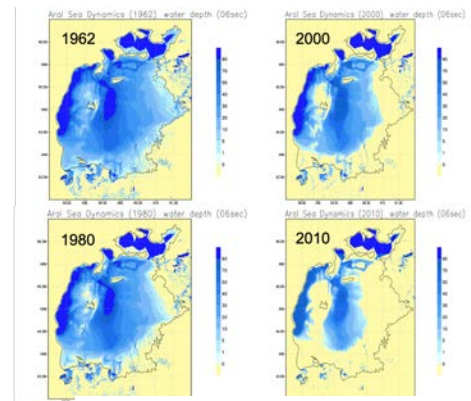


図 6 アラル海の面積変化

5. 結論

解析流域での土地利用変化や気候変動を可視化することができた。アラル海集水域の水収支では、氷河融解と灌漑の影響の反映に課題が見られた。アラル海の水収支は精度よく再現でき、渇水年を表すことができた。さらには異なる解像度の結果と比較することで、高解像度解析の有用性が見出せた。アラル海貯水量は分裂前までは精度よく再現できた。参考文献:(1) 峠 嘉哉, 流域開発や気候変動の影響を考慮した陸域水循環モデルの構築 -中央アジア域を対象として-, 博士論文, 京都大学大学院工学研究科, 2014

(2) K. Tanaka, Development of the New Land Surface Scheme SiBUC Commonly Applicable to Basin Water Management and Numerical Weather Prediction Model, Doctoral Dissertation Graduate School of Engineering, Kyoto University, 2005.

(3) H. Kim, Global Soil Wetness Project Phase 3 Atmospheric Boundary Conditions (Experiment 1) [Data set]. Data Integration and Analysis System (DIAS), 2017

(4) Micklin, P. Managing Water in Central Asia. London: The Royal Institute of International Affairs, Central Asian and Caucasian Prospects. 2000

(5) T. Aus der Beek, F. Voß, M. Flörke, Modelling the impact of Global Change on the hydrological system of the Aral Sea basin, 2011