

イバゲ流域における長期流出モデルの開発と節水型稲作によるシナリオ分析 Development of long-term rainfall-runoff model and scenario analyses for water saving effect of rice farming in the Ibage Watershed.

○福井信人*, 平松和昭**, 福田信二***, 原田昌佳**, 田畑俊範**
○Makoto Fukui*, Kazuaki Hiramatsu**, Shinji Fukuda***, Masayoshi Harada**, Toshinori Tabata**

1. はじめに

コロンビア Ibage 流域の水田は、一筆面積が広大で、かつ田面勾配が非常に大きいため、一筆内で等高線と平行に畝立てを多数行っている。そして、その畝間に水を溜めることで湛水深を確保するとともに、畝越しに用水を一筆全体に掛け流し式的に行き渡らせ、灌漑を行っている。しかしながら、一筆が広大であることに加え、水管理が粗放的なため、必要水量以上に導水される傾向が強く、余剰水が発生している。そのような中、余剰水の問題を改善するために水田への灌漑用水の供給を、余剰水が発生する前に早めに止める水管理手法 (Early Stopping, 以下 ES) が提唱されている。また、節水型の新品種イネの開発が行われている。本研究では、流域水収支を表現可能な長期流出モデルを開発するとともに ES や新品種イネの導入等、節水型稲作による節水効果を流域スケールで定量的に評価することを目的とした。

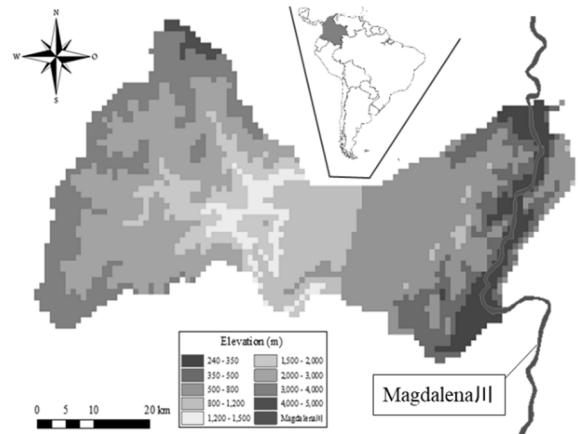


図 1 Ibage 流域標高

2. 解析対象流域

コロンビア中西部の Ibage 流域を対象とした。Digital elevation map of the Ibage Watershed. 同流域の標高図を図 1 に示す。流域面積は 1,439 km², 最高位部は 4,955 m, 最低位部は 243 m, 年平均降雨量は約 1,700 mm, 年平均気温は 24 °C である。流域からの流出量は流域東部を流れる Magdalena 川に流出する。

3. 長期流出モデルの構築

Ibage 流域の水収支を把握するため、長期流出モデルの開発を行った。モデルの概要を図 2 に示す。4.5 km メッシュで構成される分布型流出モデルを採用し、まず標高 (DEM), 流域境界, 土地利用からなるデータベースを構築した。モデル検証

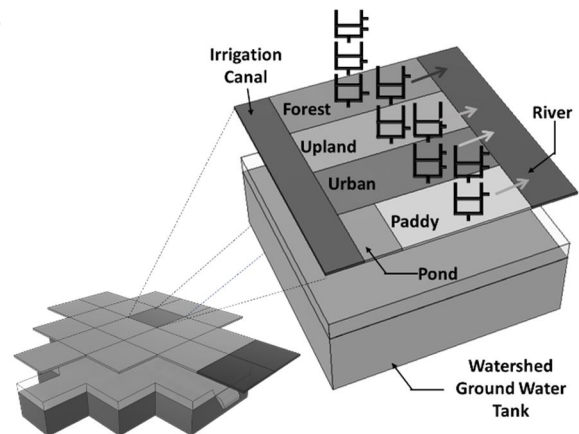


図 2 モデル概要図

A distributed long-term rainfall-runoff model.

* 九州大学大学院生物資源環境科学府 Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

** 九州大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Kyushu University

*** 東京農工大学大学院農学研究院 Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology
キーワード: 水収支・水循環, 流出特性, 長期流出

用の河川流量の実測データが入手困難であったため、土地利用実態を再現でき、降雨流出特性の表現に適用実績の多い土地利用別タンクモデルを各メッシュに導入した。すなわち、水田、畑地、市街地、森林、以上4個のタンクモデルである。衛星画像と水路図を参考に水路を設置し、水田を有するメッシュに仮想のため池を配置した。各メッシュの土地利用別タンクモデルからの流出量は、各メッシュに配置した河川部に流出する。また、流域からの安定した基底流成分を表現するため、流域全体に1個の流域地下水タンクモデルを設定した。土地利用別タンクの最下段タンクからの浸透量は流域地下水タンクに流入し、流域地下水タンクの貯留高に応じて流域末端から Magdalena 川へと流出する。土地利用別タンクモデルの構造、パラメータは、既往の文献を参考に決定した。なお、1段目タンクの浸透孔係数、灌漑間隔や灌漑取水量の設定には、Ibague 流域で行った田面水位等の圃場実験データを利用した。灌漑用水は各メッシュに配置したため池から取水を行い、ため池への供給は、同メッシュの河川部および水路から行う。また、同流域では、水稻栽培は1期作で、栽培開始時期が水田ごとに異なるため、一様乱数を用いて栽培開始時期を各メッシュで設定した。メッシュの河川部間の流量計算は Kinematic Wave 法を用い、運動方程式(1)式、連続式(2)式を Runge-Kutta-Gill 法で計算した。解析対象期間は、2016年とした。

$$Q_{i,j} = \frac{1}{N} B_{i,j} h_i R_i^{2/3} I_{i,j}^{1/2} \quad (1) \quad , \quad \frac{dh_k}{dt} = \frac{1}{A_k} \left\{ Q_{in(k)} - Q_{out(k)} + Q_{tank(k)} \right\} + R - ET \quad (2)$$

ここで、 i, j, k はメッシュ番号、 $Q_{i,j}$ は流出量(m^3/s)、 N は等価粗度($=0.15 m^{-1/3}s$)、 $B_{i,j}$ は平均河道幅(m)、 h_i, h_k は水深(m)、 R_i は径深(m)、 $I_{i,j}$ は水面勾配、 t は時間(s)、 $Q_{in(k)}$ は流入量(m^3/s)、 $Q_{out(k)}$ は流出量(m^3/s)、 $Q_{tank(k)}$ は土地利用別タンクモデルから河川部への流入量(m^3/s)、 R は降雨量(m/s)、 ET は蒸発散量(m/s)、 A_k は河川部面積($=B_k \times 4,500 m^2$)である。

4. シナリオ分析

流域全体で ES が普及したことを想定したシナリオ SC_{ES}、節水型の新品種イネの普及を想定して、ES の普及に加え灌漑間隔を1日および2日延長したシナリオ SC₀₁、SC₀₂を設定し、灌漑間隔が5~6日である現在の灌漑方法でのシナリオ SC_{Base} と積算灌漑用水量を比較することで、節水効果を評価した。ES による灌漑用水量は、Ibague 流域で行った圃場実験データに基づき算出した余剰水量を、現状の取水量から差し引いた値として設定した。シナリオ分析結果を図3に示す。同図より、SC_{Base} と比べ SC_{ES}、SC₀₁、SC₀₂ では灌漑用水が年間で 52.3 mm、175.9 mm、272.4 mm の節水効果が得られることが明らかになった。また、この節水効果は SC_{Base} における積算灌漑用水量の 9.9%、33.3%、51.6% に相当する。

5. おわりに

本研究は、Ibague 流域を対象に、節水型稲作による節水効果の評価、およびその評価に必要な流域水収支把握のために、分布型長期流出モデルの開発を行った。水文気象データが寡少な地域であるにもかかわらず、節水型稲作による節水効果を流域スケールで定量化することができた。

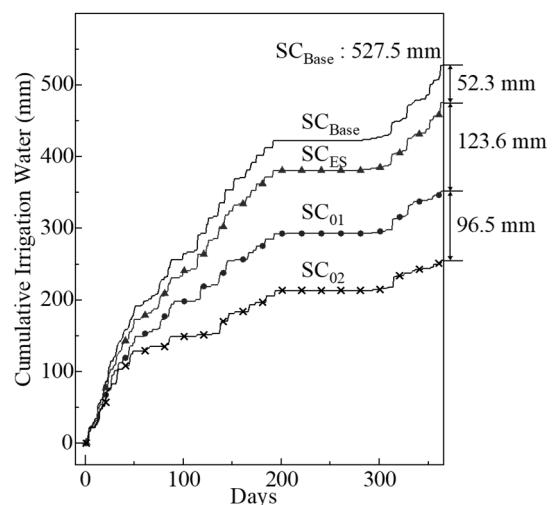


図3 積算灌漑用水量
Cumulative amount of irrigation water.