

# 棚田における降雨の流出過程に関する研究

Study on runoff process of rainfall from paddy field on a slope

小林 剛\*, 宮本邦明\*\*, 樽屋啓之\*\*\*, 塩野隆弘\*\*\*, 宮本輝仁\*\*\*

Go Kobayashi, Kuniaki Miyamoto, Hiroyuki Taruya, Takahiro Shiono, Teruhito Miyamoto

## 1. はじめに

棚田の多面的機能のひとつとして流域環境の保全が期待されている。本研究は、棚田における降雨流出過程に着目した観測を行うとともに微地形と地層構造を反映できる分布型流出モデルを用いて解析を行い、流出過程を評価しようとするものである。本論では、設定した観測対象流域と流出解析モデルを紹介し、観測流域を対象とした地形モデルの作成と若干の流出解析を行ったので報告する。

## 2. 対象流域

観測対象流域を、図.1, 2 に示す熊本県上益城郡矢部町の城原地区と布田地区に設定した。城原地区の観測流域の流域面積は約  $2.4 \times 10^4 \text{m}^2$ 、棚田の傾斜約  $11.4^\circ$  である。この対象流域の棚田は、熊本県矢部町の重要文化財に指定されているアーチ型の灌漑水路橋・通潤橋で有名な通潤用水により灌漑されている。用水は図.1 の A から棚田へ供給され B の地点から排水される。A 地点には集水柵が設置されておりこれを利用して水位計を設置し給水量の計測を行うとともに B 地点においても同様に水位計を設置し流量計測を行う。また、雨量計を A の地点に設置している。棚田の段高は 2-3m で、斜面は主に土坡で築かれている。図.1 の で示したあたりでは湧水が見られ、斜面崩壊とブロックや石積みによる復旧の後が見られる。一方の布田地区の試験流域は流域面積約  $5.0 \times 10^4 \text{m}^2$  で棚田の傾斜約  $6.2^\circ$  である。ここでは用水は湧水に頼っており棚田の最上流端、図.2 の

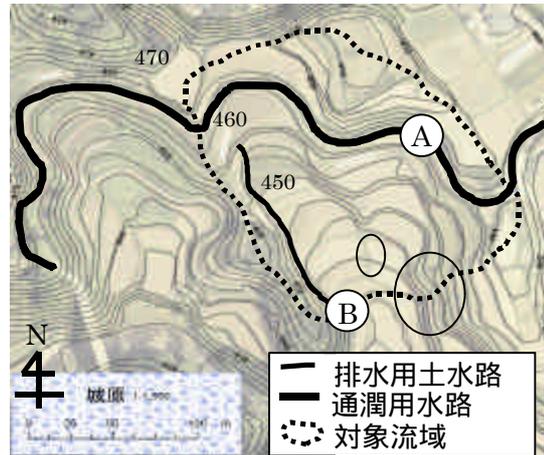


図.1 城原地区

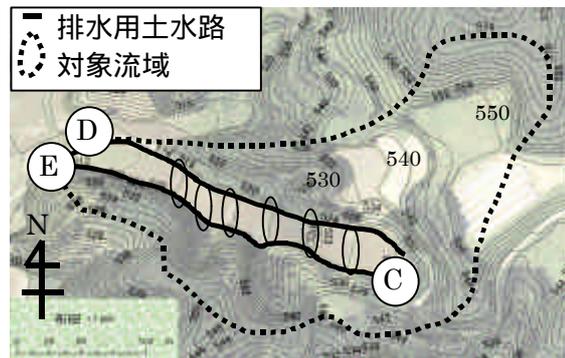


図.2 布田地区

C の地点には溜め池が設けられている。棚田の段高は城原地区と同様 2-3m 程度である。この試験流域では、D 点、E 点に水位計を設置し流量観測を行う。点 D E はともに棚田の排水路であるが点 E に接続する棚田南側の水路は南側斜面の表流水も流入してくる。図.2 の で示す棚田斜面の足下では湧水が見られ、斜面は崩壊後の復旧と見られるブロックによる補

\* 筑波大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Univ. of Tsukuba, \*\* 筑波大学農林工学系 Inst. Agricultural and Forest Eng., Univ. of Tsukuba, \*\*\* 九州沖縄農業研究センター National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region

キーワード: 棚田, 湧水, 分布型流出解析法, 任意 3 角形スキーム

強がなされている。

### 3. 流出解析の概要<sup>1)</sup>

#### 3.1 支配方程式

流水の支配方程式は連続式と運動方程式からなる。斜面上を流れる地表水および地下水は水理量の時間的、空間的变化は緩やかであると考えるので流れを擬似定常等流として取り扱い、流出モデルとして kinematic wave を用いる。連続式を以下に示す。

$$I \frac{\partial h}{\partial t} + I \nabla \cdot (\bar{u}h) = r - f \quad (1)$$

ここに、 $h$ ：水深、 $\bar{u}$ ：流速ベクトル、 $I$ ：間率、 $r, f$ ：それぞれ降雨強度あるいは上層からの鉛直浸透速度、および下層への鉛直浸透速度である。流速ベクトルは地下水については飽和ダルシー則を、表面流および水路内の流れについては Manning 則を用いる。

#### 3.2 任意 3 角形を用いた地形・地層モデル

本研究で用いる地形・地層モデルの作成手順を示す。まず地表面の谷・尾根などの微地形、河道、土地利用境界、表面地質の境界などに着目して地表面(平面)を離散化し、点 (point) の集合を作成する。解析対象領域全体を、それらの point を頂点とする 3 角形要素 (element) の集合で覆う。地表面の形状と地層構造は、各 point にその地点における地表と地層境界面の標高を与えることにより認識する。また各 point に対して地表面および地層ごとのコントロールボリュームを、その point を共有する element の重心を結んだ多角形 (polygon) とこの polygon で区切られる各地層毎の柱状の空間で定義する。式 (1) の  $\bar{u}h$ 、 $h$  は、それぞれ各層ごとに element の重心、point (polygon の中央) で定義される。図.3、図.4 にこのようにして作成した対象地の地形モデルを示す。

### 3. 流出計算

このモデルを用いた流出計算の例を示す。計算の対象としたのは城原地区の試験流域である。簡単のためここでは地層は 2 層構造とし 2 層目を不透水層とした。また両層の地層境界は

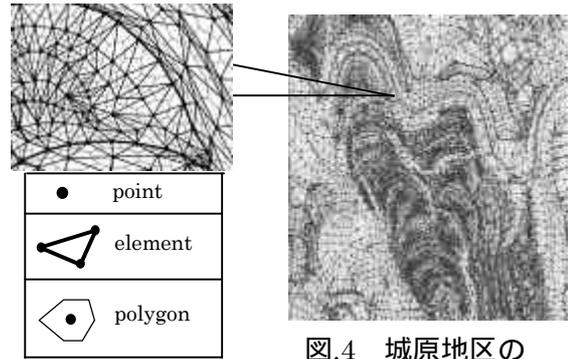


図.3 point  
element polygon

図.4 城原地区の  
地形モデル

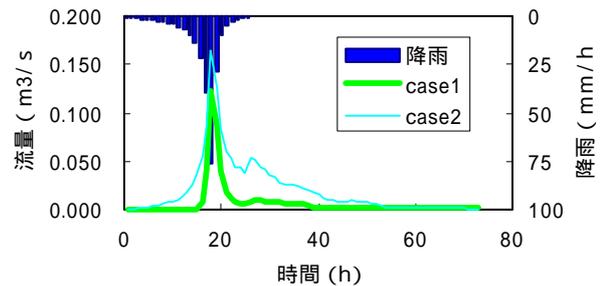


図.5 城原の流域下流端におけるハイドログラフ

地表面と平行とし 1 層目の層厚は 0.5m とした。また 1 層目の透水係数は case1 では  $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 、case2 は  $1.0 \times 10^{-5} \text{cm/s}$  とし、間隙率は両 case とも 0.4 とした。降雨は 24 時間総雨量 250 mm、ピーク雨量 76.4mm/h で与えた。図.5 に降雨のハイトグラフと図.1 の点 B における両 case のハイドログラフを示す。図.5 より case2 は case1 に比べ表面流出が早い時刻から生じている。またピーク流量も case2 が case 1 に比べ大きい。発生時刻については両 case ともほぼ同じであり表面流出の到達時間は等しいことが示されている。

### 4. おわりに

今後は実測結果と比較しより精度の高い流域・流出モデルを作成し対象流域の棚田における流出特性を評価していきたい。最後に矢部町役場農林課の西田毅氏には現地調査、観測施設の設置にあたりご協力いただいた。記して謝意を表します。

#### 参考文献：

- 1) 井戸俊介・道上正規・宮本邦明・檜谷 治：水工学論文集，第 46 巻，pp.157-162，2002

