

## 地目別流出モデルによる水田還元水の河川流況への影響評価 Estimation of effect of return water from paddy fields on stream flow conditions using composite runoff model

堀野治彦\* 前川洋貴\* 中桐貴生\* 櫻井伸治\*

HORINO Haruhiko\* MAEKAWA Hiroki\* NAKAGIRI Takao\* SAKURAI Shinji\*

1.はじめに 河川を主水源とする水田用水は取水後すべてが消費されるわけではなく、少なからぬ水量が河川に還元する。すなわち、取水や還元水の存在が下流での河川流況に影響することが知られているが、これを実測によって定量評価することは難しい。本研究では、流域がほぼ山林と水田からなる兵庫県千種川水系を対象に地目別流出モデルを適用し、水田からの還元水が流況に与える影響評価を試みた。

2.研究方法 (1)対象流域 千種川水系内(Fig.1)の本流上流と、支流の佐用川、志文川の3流域を対象とした。流域の諸元をTable 1に示す。これらの流域には市街地はほとんどなく、ほぼ山地と水田で構成される。各流域とも中間部と末端部に水位観測所がある。

(2)モデル概要 3流域とも水位観測所地点を境に上流ブロック、下流ブロックに分割し、それぞれFig.2に示す山地流出モデル(4段タンク)と水田流出モデル<sup>1)</sup>(2段タンク)を設けた。山間部には冬季～春季で積雪が確認されていることから、次式の融雪モデルを適用した。

$$m = \alpha(T - T_1) + R(T - T_2) / 80$$

$m$ :融雪量、 $\alpha$ :気温融雪率、 $T$ :気温、 $T_1$ :積雪の融解開始気温、 $T_2$ :降雨が雪となる気温、 $R$ :降水量

(3)使用データ モデル計算には2004年～2011年における1時間単位の蒸発散量、降水量、流量、気温データを使用した。蒸発散量は、最寄りの姫路気象台のデータを用いてPenman式で日蒸発散量を算出し、過去の実測に基づく時間変化のロジスティック回帰式を用いて時間単位データを作成した。降水量は近傍の雨量データを算術平均し、流量は河川水位からH-Q式を用いて算出した。また、気温は各流域最寄りの観測所のデータを用いた。

(4)計算方法 微分方程式の解法は改良オイラー法とし、時間刻みを1時間とした。解析を行うには山地タンク16個、水田タンク9個、融雪モデル3個のすべてのパラメータに加え水田タンクに組み込む湛水パターンを決定する必要がある。湛水パターン(Fig.3)は現

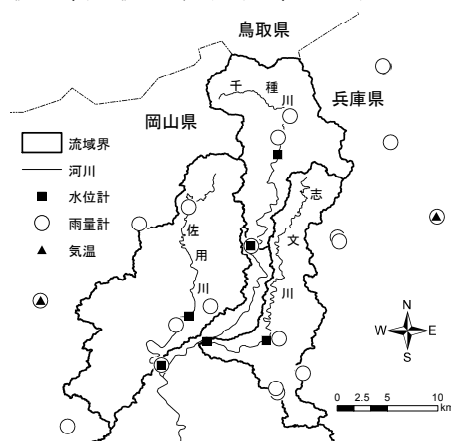


Fig.1 Outline of study catchments.

Table 1 Properties of each catchment.

流域名	ブロック	面積 (km <sup>2</sup> )	延長 (km)	水田面積 割合 (%)	年平均 降水量 (mm)
千種川	上流	73	13.8	1.6	1945
	下流	38	13.2	2.0	1782
佐用川	上流	103	21.3	2.1	1550
	下流	86	11.8	3.1	1352
志文川	上流	48	25.7	2.9	1564
	下流	54	7.2	3.9	1519

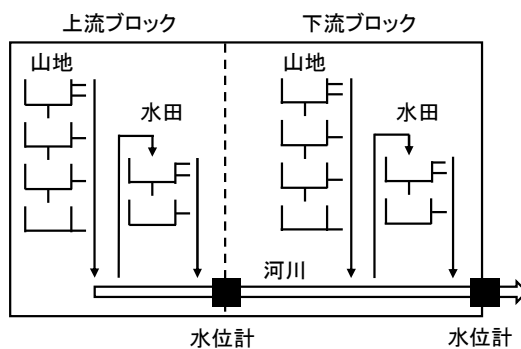


Fig.2 Basic components in the used model.

\* 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University

キーワード: 水田還元水、河川流況、地目別流出モデル

地農家への調査をもとに設定した。また、水田タンク中の 5 パラメータおよび融雪モデルにおける  $\alpha$ 、 $T_1$ 、 $T_2$  は文献<sup>1)2)</sup>を参考に決定し、残りのパラメータは Powell 法により最適同定した。最適同定には先の全期間のデータを使用し、目的関数は流量の平均絶対誤差率 (MAPE) とした。

**3. 結果および考察** (1) 再現精度 各地点での流量を推定し実測値と比較すると、Fig.4 に例示するように、いずれも全体的な変動パターンは正確に再現されていた。ただし、11~12 月のように、低水部での差が大きくなることがあった。また、灌漑開始直後や中干し終了後に計算値が極端に小さくなる傾向にあった。計算対象期間における MAPE を全期間、灌漑期、非灌漑期で整理したところ、Table 2 のようになり、千種川上流、志文川上流を除き、水文モデルによる推定誤差として一般的に許容される結果となった。なお、灌漑期と非灌漑期を比べると、両者の精度に大差はなかった。

(2) 河川流況への影響 作成したモデルを用いて、各ブロック末端における河川流量に占める水田還元水の割合  $r$  を算出した。例として佐用川におけるブロック別計算結果を Fig.5 に示す。総じて Fig.3 の湛水パターンにはほぼ対応した変動となっていることがわかる。各流域の灌漑、非灌漑期別の  $r$  平均値を整理すると Table 3 のようであり、いずれのブロックも非灌漑期では流域に占める水田面積割合と大差ない一方、灌漑期では同割合をかなり大きく上回る場合もあり、流況への影響は大きいと推察される。なお、短期的には河川水ほぼ全量が水田還元水となる日もみられた (Fig.3)。このような極端な事象は、当該水系においても実際にはあり得なかったが、これは本来散在する水田を 1 つに統合させ同時期に所定の湛水深を維持する設定としているため全量取水が避けられない場合が発生したからである。実際には、湛水深管理は全圃場一様ではなく、取水も複数地点に分散されかつ地区間での反復利用も考えられる。本モデルでは現状これらを考慮できていない点に課題が残される。

**4. おわりに** より実態に即した評価を行うには空間的な水田分布を考慮したモデルが望まれるが、集中型モデルを用いることでも、千種川水系では灌漑期に水田による河川流況への影響が水田面積割合と比して大きくなる傾向が示された。

引用文献 1) 中桐ら(1998): 農土論集 198, pp.1-11. 2) 近藤(1994): 水環境の気象学、朝倉書店、p.142.

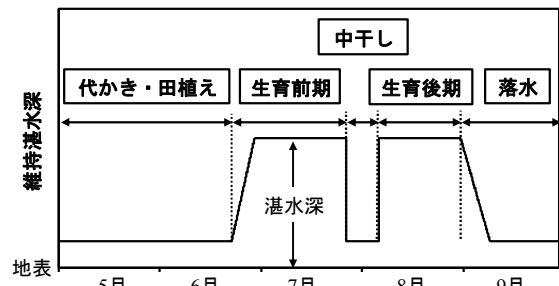


Fig.3 Seasonal changes in ponding depth.

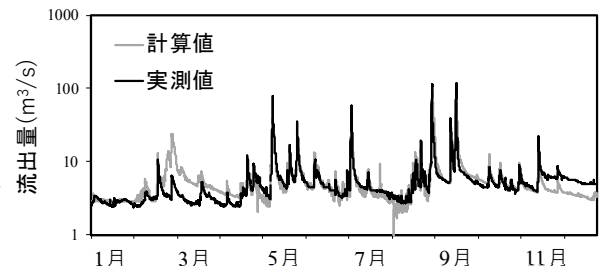


Fig.4 Comparison of observed and calculated hydrographs at downstream end in Sayo Catchment (in 2011).

Table 2 Estimated error in discharge by MAPE.

流域名	ブロック	全期間	灌漑期	非灌漑期
千種川	上流	56.1	48.9	59.8
	下流	23.3	22.0	24.0
佐用川	上流	24.5	22.1	25.7
	下流	21.8	17.6	23.8
志文川	上流	52.7	54.9	51.6
	下流	29.5	26.9	30.8

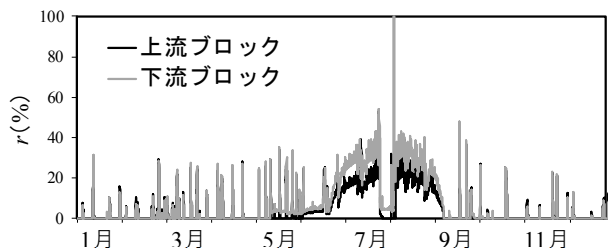


Fig.5 Temporal changes in "r" of Sayo Catchment (in 2008).

Table 3 Mean values of "r" in irrigation and non-irrigation periods.

流域名	ブロック	灌漑期	非灌漑期
千種川	上流	2.7	1.0
	下流	3.4	0.9
佐用川	上流	6.8	1.0
	下流	11.9	1.0
志文川	上流	20.2	0.8
	下流	12.0	1.7