

谷田川流域における水田のモデル化と灌漑期の流域水循環解析

独立行政法人土木研究所 水工研究グループ水理水文チーム 専門研究員 正会員 賈 仰文
 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ水理水文チーム 主任研究員 正会員 木内 豪
 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ水理水文チーム 交流研究員 正会員 戸嶋光映
 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ水理水文チーム 上席研究員 正会員 吉谷純一

1. はじめに

常磐新線の沿線開発に伴う水循環や物質循環への影響を明らかにするため、著者らの研究グループは茨城県谷田川流域の河川水や地下水の水量・水質のモニタリングとモデリングを実施している。これまでに、モニタリング結果、分布物理型水循環モデル WEP モデル¹⁾を用いた地下水解析、非灌漑期河川流量解析の結果²⁾について報告してきた。谷田川流域では、水田面積が流域面積の14%を占めており、灌漑期水循環解析の精度向上をはかり、水田の役割を明らかにするため、水田のモデル化は重要な課題と考える。

本研究では、谷田川流域の水田をモデル化し、この水田モデルを WEP モデルに組み込んで、谷田川流域灌漑期の水循環解析を行った。解析結果と流量観測結果の比較を行い、観測データに見られた河川流量の日変動パターンは、水田蒸発散の影響と考えられることを示した。

2. 流域の概要と水田のモデル化

谷田川流域の概要を図-1(a)に示す。谷田川流域は茨城県の西部に位置し、面積約166km²である。つくば市は流域の約70%を占め、次いで茎崎町が流域の12%を占める。第五期(1994年調査)細密数値情報に基づく流域内の土地利用状況を図-1(b)に示す。総面積約13km²の5地区において、2005年開通予定の常磐新線の沿線開発が計画されており、今後、谷田川流域の都市化が急激に進展することが予想される。流域内では、水田が14%を占め、主として河川沿いの沖積平野上に広がっている。水田灌漑用水の多くは流域外の小貝川と桜川から導水されている。両河川から谷田川流域への最大導水量合計値は代掻き期で約2.03m³/s、普通期で約1.86m³/sである。

谷田川流域における水田モデルを図-2に示す。実際の状況はもっと複雑であるので、図-2は概略化したものである。蒸発散、浸透及び地下水の流出等の計算はこれまでの WEP モデルと同じであるので、ここでは、湛水深、表面排水及び側方排水の計算について説明する。

$$dH/dt = P + W - E_{surf} - R - I \quad (1)$$

$$dS/dt = I - E_{tran} - Q_1 - Q_2 - Q_3 \quad (2)$$

$$Q_1 = \alpha K_1(\theta_1)[d_1/(d_1 + d_2)] \quad (3)$$

$$Q_2 = \alpha K_2(\theta_2)[d_2/(d_1 + d_2)] \quad (4)$$

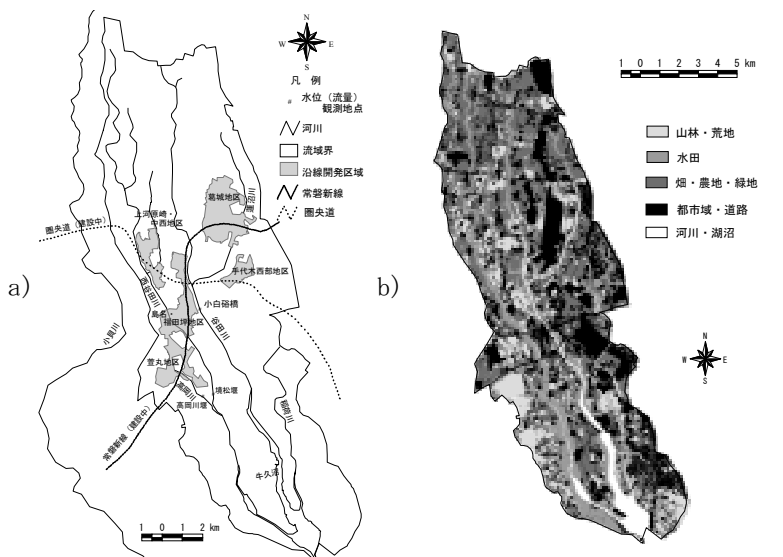


図-1 谷田川流域: a)概要, b)土地利用状況

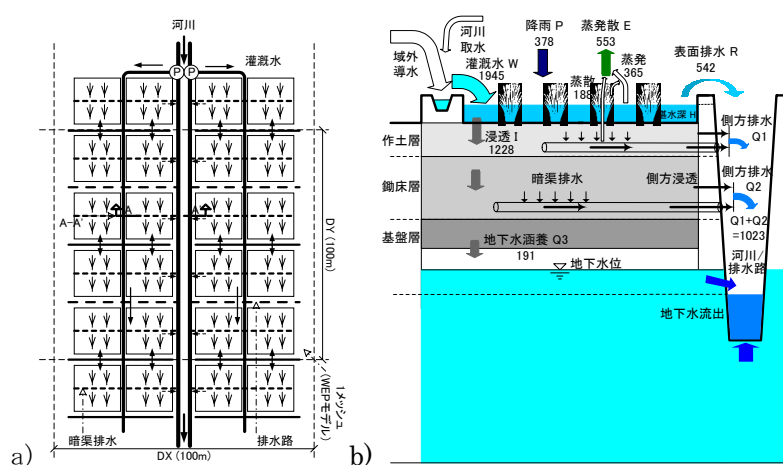


図-2 水田のモデル化: a) 平面図, b)A-A' 断面図

キーワード：水循環、水田、分布型モデル、WEP モデル、谷田川

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ水理水文チーム

ここで、 H =湛水深、 P =降雨、 W =灌漑水、 E_{surf} =水田面と葉面からの蒸発、 E_{tran} =散発、 R =表面排水、 I =浸透、 Q =側方排水（下付き 1 は作土層を、2 はをを示す）、 Q_3 =地下水涵養、 K =透水係数、 d =土壌層の厚さ、 θ =土壌水分量、 S =土壌層貯留（ $=d_1\theta_1+d_2\theta_2$ ）、 α =側方排水の流出係数。

灌漑水量については、代掻期と普通期のピーク用水量データ及び小貝川と桜川ポンプ場の運転記録データから推定した。最大湛水深は 60mm に設定し、これを超過する水量は河川や排水路への表面排水にした。側方排水は側方浸透と暗渠排水を含め、側方排水の流出係数 α は、計算メッシュ内の河川や排水暗渠の密度や耕作層の厚さ等により決められると考えるが、本研究では灌漑期の流量観測データを用いて同定した。同定結果により、小白碓橋上流の水田では $\alpha=0.6$ 、境松堰上流の水田では $\alpha=0.3$ 。なお、作土層、鋤床層及び基盤層の土壌特性値は全部粘土の値を用いたが、飽和透水係数に関しては作土層と鋤床層に 15mm/day の値を与え、難透水の基盤層に 1.5mm/day の値を与えた。また、作土層と鋤床層の厚さをそれぞれ 20cm、40cm にした。

3. 解析結果

上記の水田モデルを WEP モデルに組み込み、2000/10/6 から 2001/12/31 までの谷田川流域の水循環解析を時間ステップで行った。東谷田川小白碓橋地点（面積 47.5km²）での時間流量の比較を図-3 に示し、水田灌漑期の水収支（単位：mm）を図-2 b）に示した。図-4 に示したように、観測データに見られた河川流量の日変動パターンは、解析結果でも再現された。これは水田蒸発散の影響と考えられる。

流量解析結果の評価を表-1 に示した。表の中、 $MSELQ = [\sum (\ln Q_{\text{sim}} - \ln Q_{\text{obs}})^2 / n]^{1/2}$ 、 $Nash\ Efficiency = 1 - \sum (Q_{\text{sim}} - Q_{\text{obs}})^2 / \sum (Q_{\text{obs}} - Q_{\text{longterm}})^2$ 。 Q_{longterm} は長期平均流量の定義であるが、表-1 には各評価期の平均観測流量とした。表-1 及び図-3 により、小白碓橋地点で検証

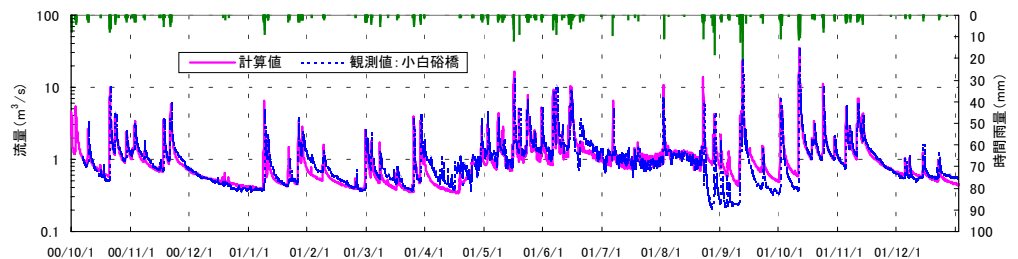


図-3 時間流量の比較

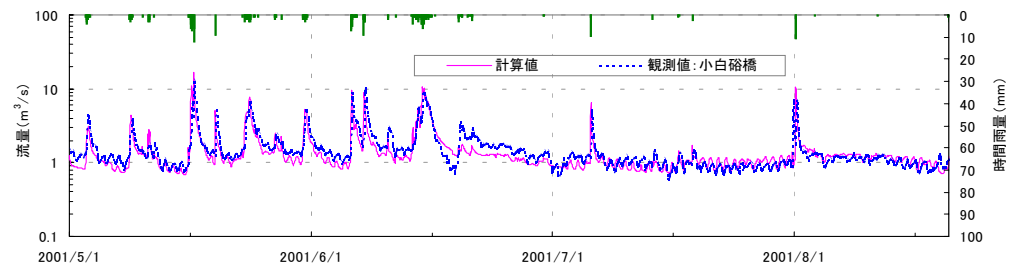


図-4 灌漑期の流量日変動の再現

表-1 流量解析結果の評価

	時期	相関係数		水量の誤差 (%)		MSELQ		Nash Efficiency	
		小白碓橋	境松	小白碓橋	境松	小白碓橋	境松	小白碓橋	境松
同定期	一年間(2000/10/6-2001/10/6)	0.912	0.794	-3.0	4.0	0.331	0.322	0.828	0.606
	灌漑期前 (2000/10/6-2001/4/16)	0.952	0.899	-7.3	-2.0	0.208	0.240	0.895	0.805
	灌漑期(2001/4/16-8/21)	0.876	0.746	-8.8	5.7	0.276	0.350	0.739	0.509
	灌漑期後(2001/8/21-10/6)	0.946	0.791	37.9	16.4	0.694	0.493	0.855	0.603
検証期	2001/10/6-12/31	0.995	0.886	3.4	3.9	0.149	0.138	0.985	0.754

期の計算流量が観測流量と良く合うことが分かる。しかし、同定期の灌漑期後（2001/8/21-10/6）、計算誤差が大きい。これは、収穫前の水田の水管理によると考えられ、今後、水田の観測やヒアリングを通じて解明して行きたい。境松地点の Nash Efficiency が小白碓橋地点と比べて低い原因は、該地点の河川勾配が緩やかなことや堰の操作等と考えられる。

4. おわりに

本研究では、谷田川流域の水田をモデル化し、谷田川流域灌漑期の水循環解析を行った。観測データに見られた河川流量の日変動パターンは、解析結果でも再現された。しかし、灌漑期の直後、計算誤差がまだ大きい。今後、水田の観測（湛水深、蒸発散、流出、排水等）や水田管理に関するヒアリングを通じて解明して行きたい。

参考文献

- 1) Jia, Y., G. Ni, Y. Kawahara and T. Suetsugi: Development of WEP model and its application to an urban watershed, *Hydrological Processes*, 15, 2175-2194, 2001.
- 2) 木内 豪, 賈 仰文, 戸嶋光映, 吉谷純一, 倪 广恒, 農地と都市が混在する流域における WEP MODEL を用いた水循環解析, 水工学論文集土木学会水理委員会, 第 46 巻, pp283-288, 2002 年 2 月