

低平水田地域における内水氾濫解析モデルの検証 — 白根郷地区への適用結果 —

Verification of inundation analysis model in low-lying paddy field area — Application result in Shironego district —

瀧川紀子*・田中丸治哉*・多田明夫*・森田孝治**・宮島真理子**

*神戸大学大学院農学研究科（〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1）

**サンスイコンサルタント株式会社（〒600-8108 京都府京都市下京区五条通新町西入西鋸屋町 23）

TAKIGAWA Noriko*, TANAKAMARU Haruya*, TADA Akio*, MORITA Kouji**, MIYAJIMA Mariko**

*Graduate School of Agricultural Science, Kobe University (1-1 Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe, 657-8501)

**Sansui Consultant Co., Ltd. (23 Nishikazariya-cho, Shinmachi-Nishiiru, Gojo-dori, Shimogyo-ku, Kyoto, 600-8108)

(Received 16 December 2019, Accepted 29 February 2020)

Abstract

This study aims to simulate the flood runoff and inland flooding in the Shironego district, Niigata Prefecture, which is a low-lying paddy field area and to comprehend the drainage situation. Here, the inundation analysis model (Yoshikawa *et al.*, 2011) was applied, that can simulate the runoff characteristics of each land use and represent the diffusion of inundated water in the low-lying paddy field area, and the applicability of the model was verified. This model was applied and validated for floods in July 2011 and September 2016. The application result shows that the model can simulate the water level of rivers and drainage channels in the target district with high accuracy and the inundated areas due to inland flooding with acceptable error.

Key words: low-lying paddy field area, flood runoff, inundation analysis, topographically adjustable cells

要 旨

本研究は、低平水田地域である新潟県の白根郷地区の洪水流出と内水氾濫を再現し、排水状況を把握することを目的とする。ここでは、土地利用ごとの流出特性が再現でき、低平水田地域における氾濫水の伝播が表現可能な内水氾濫解析モデル（吉川ら、2011）を適用し、同モデルの適応性を検証した。平成 23 年 7 月および平成 28 年 9 月出水に対してモデルの検証を行ったところ、対象地区内の河川・排水路水位が高い精度で再現できること、さらに内水氾濫に伴う湛水区域が概ね再現できることが確認された。

キーワード: 低平水田地域、洪水流出、内水氾濫解析、地形適合セル

1. はじめに

平成 29 年の水害統計調査（国土交通省水管理・国土保全局河川計画課、2019）によれば、水害被害別の一般資産および公益事業等の被害額は、内水によるものが全体の 34%と最も大きな割合を占めており、内水に伴う浸水被害の社会経済的な影響は大きい。近年、国土交通省では内水浸水想定区域図の策定を進めており、想定し得る最大規模の内水に対する避難体制等の充実・強化を図っているが、これらは都市部での浸水被害の緩和が主目的である。また、低平地の内水氾濫を扱った研究（例えば、川池ら、2004；関根ら、2014；秋山ら、2011）の多くも、都市域を解析対象としている。

一方、低平農地においても内水による水害のリスクが高い。低平農地の浸水被害を緩和するための排水計画策定にあたっては、内水氾濫を再現できるモデルが必要である。低平地の都市域と低平農地を比較すると、都市域は貯留域が少ないのに対し、低平農地には畦畔に囲まれた水田が広がっていて、それが出水時に貯留域となる点が大きく異なっており、その点を考慮したモデル化が必要である。

低平水田域の氾濫解析は、水田の貯留計算と河川・排水路流れの 1 次元不定流計算によることが多い

が、低平地タンクモデル（角屋・早瀬，1981；早瀬，1993）もしばしば用いられる．低平地タンクモデルは，いくつか分割された河道区間を河道タンクで，水田群を水田タンクで表現し，河道タンク間や河道タンク・水田タンク間の水の動きを追跡するモデルである．これらのモデルでは，氾濫域から別の氾濫域への直接的な水の伝播は考慮しないのが普通であるが，氾濫水の平面的な伝播を考慮したモデルとして，吉川ら（2011），宮津ら（2012）は，低平農地を対象とした内水氾濫解析モデルを提案している．このモデルは，地形適合セルという任意多角形によって水田畦畔などの微細地形を巧く表現した空間分割を行うとともに，隣接セル間の水移動を追跡できるようにした点に特徴がある．

本研究では，新潟県の白根郷地区を研究対象とするが，平成 23 年 7 月豪雨における同地区の氾濫状況を見ると，湛水区域（湛水深 30cm 以上，後述）は一つにまとまっておらず，中流域から下流域にかけて多数の箇所に分かれて分布していた．このため同地区の排水状況を把握し，湛水区域の解消に役立てるためには，微小な標高差，細かい水路配置や土地利用分布などを考慮できるモデルが必要である．そこで，本論文では，吉川らの内水氾濫解析モデルを白根郷地区へ適用することとし，2 出水時の地区内の河川・排水路水位の再現性と，大出水時の湛水区域の再現性からモデルの適応性を検証した．

2. 対象地区の概要

本研究で対象とする白根郷地区（Fig.1）は，新潟市南区に位置し，地区の排水面積 7,506ha，農地面積 5,778ha の稲作経営を主体とした農業地帯である．地区内は極めて平坦な地形で，地盤標高 T.P. -1m $\sim +6\text{m}$ の間に分布し，特に下流部は T.P. -1m $\sim +2\text{m}$ と起伏が小さい．本地区は，信濃川と中ノ口川に囲まれた完全輪中地帯で，地区内の地盤高よりも河川水位が高い状態にある．常時は白根排水機場から，

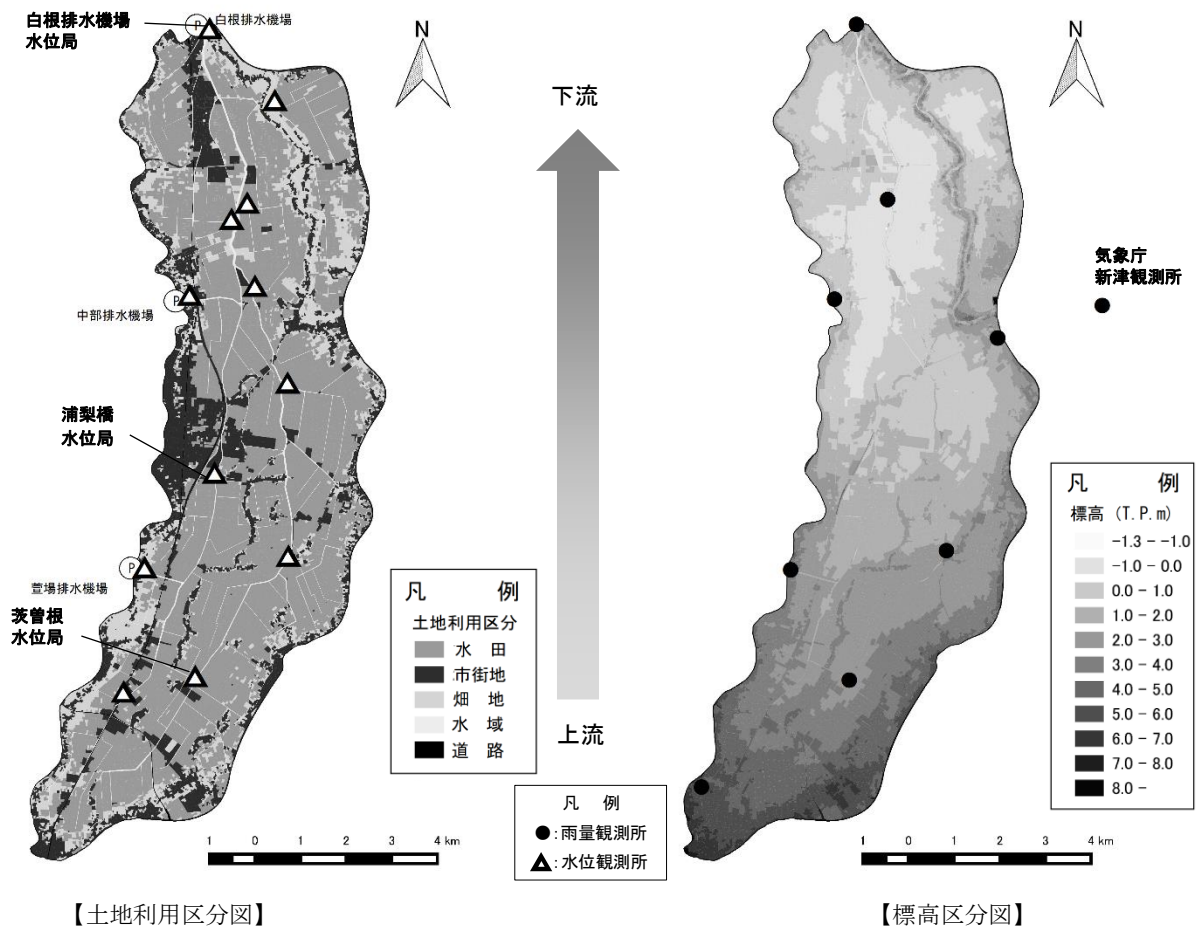


Fig.1 白根郷地区の概要

洪水時においては、白根排水機場、中部排水機場、萱場排水機場の3つの排水機場から中ノ口川に排水される。地域の基幹排水である3排水機場および幹線排水路は、30年確率の出水時に、水田は最大湛水深30cm以上の継続時間が24時間を超えないように、畑地と宅地は無湛水になるように整備されており、農地のみならず農地周辺に広がる市街地等の浸水被害防止にも貢献している。

3. 解析モデルの概要

本研究では、低平地の地形的特徴を表現できる吉川ら（2011）、宮津ら（2012）が開発した内水氾濫解析モデルを使用した。このモデルは、①各土地利用からの流出量を計算する地目別流出モデル、②河川と幹線・支線排水路の流れを計算する河川・排水路網モデル、③氾濫水の伝播を計算する氾濫流解析モデル、の3つのサブモデルで構成される。このモデルの基本となるサブモデルの概要を以下に示す。

3.1 地目別流出モデル

低平地は、湛水を許容する水田と、湛水を許容しない宅地、畑など、異なる流出形態を持つ土地利用から構成されていることから、このモデルでは土地利用別に後述するセルを設定する。セルごとの流入量を以下に述べる運動方程式で計算し、これを貯留方程式（降水量を入力データとする連続式）と組み合わせてセル内の水位変化を追跡している。

3.1.1 水田

水田からの流出は排水マスと樋管を経て排水路に排除される。よって、樋管、排水マスの流出入量をそれぞれオリフィス、セキの公式を用いて計算し、排水能力の小さい方を水田流出入量としている。

$$|q_{PO}| = C_P A \sqrt{2g(|h_P - y_P|)} \quad (|q_{PO}| < |q_{DO}| \text{のときに採用}) \quad (1)$$

$$|q_{DO}| = C_D B (|h_D - y_D|)^{3/2} \quad (|q_{PO}| > |q_{DO}| \text{のときに採用}) \quad (2)$$

ここに、 $|q_{PO}|$ ：オリフィス式による流出入量（ m^3/s ）、 C_P ：オリフィスの流量係数（無次元）、 A ：孔断面積（ m^2 ）、 h_P ：オリフィス下端を基準とした田面水位（ m ）、 y_P ：オリフィス下端を基準とした排水路水位（ m ）（ y_P の最小値は0とする）、 $|q_{DO}|$ ：セキ公式による流出入量（ m^3/s ）、 C_D ：セキの流量係数（ $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ ）、 B ：セキ幅（ m ）、 h_D ：排水マスのセキ板上端を基準とした田面水位（ m ）、 y_D ：排水マスのセキ板上端を基準とした排水路水位（ m ）（ y_D の最小値は0とする）である。

田面水位・排水路水位が畦畔高を超えた場合は、畦畔からの越流量を以下のセキ公式で計算している。

$$|q_P| = E_P B_P h^{3/2} \quad (3)$$

ここに、 E_P ：流量係数（ $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ ）、 B_P ：末端排水路延長（ m ）（畦畔越流が生じる区間長に相当）、 h ：畦畔上端を基準とした越流水深（ m ）である。

3.1.2 畑地および市街地

畑地、市街地の浸水位（セル水位）に応じた流出入量（ q_F , q_C ）は、畦畔を越流した場合の水田と同様に以下のセキの公式によって計算している。ただし畦畔は設定しない。

$$|q_F| = E_F B_F h^{3/2}, \quad |q_C| = E_C B_C h^{3/2} \quad (4)$$

ここに、 E_F , E_C ：流量係数（ $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ ）、 B_F , B_C ：末端排水路延長（ m ）（越流が生じる区間長に相当）、 h ：地盤高を基準とした越流水深（ m ）であり、添字 F , C はそれぞれ畑地、市街地を示す。

3.2 河川・排水路網モデル

流域内の河川および幹線・支線の排水路は一次元不定流としてモデル化している．流れの計算は，以下の運動方程式と連続式を基礎式としている．

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{2g} \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial \eta_D}{\partial x} + \frac{n^2 v |v|}{R^{4/3}} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_{LAT} \quad (6)$$

ここに， v ：流速（m/s）， t ：時間（s）， g ：重力加速度（m/s²）， η_D ：排水路水位（m）， x ：距離（m）， n ：粗度係数（s/m^{1/3}）， R ：径深（m）， A ：流積（m²）， Q ：流量（m³/s）， q_{LAT} ：排水路に沿う単位長さ当たりの横流入量（ q_{PO} ， q_{DO} のいずれか， q_P ， q_F ， q_C の合計値）（m²/s）である．

3.3 氾濫流解析モデル

このモデルは，土地利用地目や地形形状に合わせた自由度の高い計算点配置が可能な地形適合セルを導入している点が大きな特徴である．地形適合セルは，地形形状を任意多角形で表現できる．各セルの標高情報は，セル内の平均標高に加えて，セルを構成する線分に個別に与えられるため，線状構造物による流動への影響も反映することが可能である．氾濫流解析では，流出量算定モデルで求めた当該・隣接セル間の流出入量 q_{ADJ} （ q_{PO} ， q_{DO} のいずれか， q_P ， q_F ， q_C の合計値）からセル水位を算出し，隣接セル間に水位差が発生する場合は，非線形項である移流項を除外した以下の運動方程式と連続式を基礎式として，セル間の氾濫水移動の計算を行い，任意時刻におけるセル水位を最終的に決定している．

$$\frac{\partial q_{ADJ}}{\partial t} + gh l \frac{\partial \eta}{\partial s} = - \frac{gn_K^2 |q_{ADJ}| q_{ADJ}}{h^{7/3} l} \quad (7)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{1}{A_K} \left(\sum_{i=1}^m q_{ADJi} \right) \quad (8)$$

ここに， q_{ADJ} ：当該・隣接セル間の流出入量（m³/s）， η ：氾濫セル水位（m）， n_K ：セルの粗度係数（s/m^{1/3}）， h ：線分境界との越流水深（m）， A_K ：セル面積（m²）， l ：セル辺長（m）， s ：隣接セルとの重心間距離（m）， m ：隣接セル数， i ：セル番号である．

4. 対象地区におけるモデル適用方法

4.1 モデル適用に必要な流域諸元と整理方法

白根郷地区に先の内水氾濫解析モデルを適用した．モデルは21,000の地形適合セルと454点の河川排水路網から構成される．モデル適用に必要な流域諸元と整理方法を **Table 1** に示す．モデル適用に際して同定を要したパラメータは，河川・排水路の粗度係数とセキ・オリフィスの流量係数だけであり，これらは，文献値を与えた後，12水位観測点の水位ハイドログラフの適合性を見て若干調整した (**Table 1**)．その他の諸量は，収集したデータないし文献値に基づいて設定しており，調整などは行っていない．

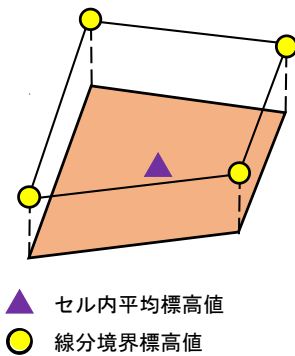


Fig.2 地形適合セルのデータ構造
宮津ら（2012）の原図を一部改変

Table 1 モデル適用に必要な流域諸元と整理方法

項目	流域諸元	整理方法
地形適合セル	作成手順	GIS 上で解析対象流域を 21,000 セルの任意多角形に分割した。その作成手順は次の通り。 1 次セル：現地調査などにより対象流域を、河川、幹支線排水路流域に分割 2 次セル：1 次セルを土地利用属性から 5 つに分割 3 次セル（地形適合セル）：2 次セルを水田セルは標高差 0.1m、その他は標高差 0.5m 程度となるよう分割
	土地利用属性	1/2,500 地形図の地図記号を基に水田、畑地、市街地、道路、水域の 5 つに区分
	セル平均標高、セル面積、セル重心座標、セル辺座標	標高は国土地理院 5m メッシュ標高より整理 セル面積、座標は GIS で整理
河川・排水路網モデル	河床高、縦横断座標	解析対象流域の河川・幹支線排水路について縦横断の変化点、流入点から 454 点をモデル化 排水路工事図面、河川測量図面から縦横断を整理
	粗度係数	材料から文献値（農業農村工学会，2014）の範囲内で水位ハイドログラフの適合性より調整し、0.020～0.060 を採用
地目別流出モデル	畦畔高、水田流出孔径、排水マス幅、排水マス深さ	現地調査より次の値を使用 畦畔高：30cm、水田流出孔径：15cm、排水マス幅：35cm、排水マス深：35cm
	排水マス・末端排水路の存在密度	新潟県の圃場整備区間の図面を基に、次の値を使用 水田 75m/ha、畑地 75m/ha、市街地 120m/ha
	セキ・オリフィスの流量係数	近隣地区の文献値（宮津ら，2012）を基に、水位ハイドログラフの適合性より調整し、次の値を使用 セキの流量係数 水田 0.23、畑地 0.23、市街地 0.30 オリフィスの流量係数 0.60
	保留量、基底流量	検討対象出水の実績水文データから設定（後述）
氾濫流解析モデル	氾濫流粗度係数	文献値（建設省土木研究所，1996）を採用 水田 0.035、畑地 0.020、市街地、道路 0.030、水路 0.025

4.2 対象出水

モデルの妥当性検証に用いた出水は、①近年で最も湛水被害の大きい平成 23 年 7 月 27 日～30 日出水と、②比較的近年の出水である平成 28 年 9 月 28 日～30 日出水、の 2 出水とした。平成 23 年 7 月出水は、新潟県や福島県会津で記録的な大雨となった出水であり、気象庁新津観測所の最大 3 日連続雨量は 314.5mm（200 年確率以上）で、最大時間雨量は 38.0mm（20 年確率）である。一方、平成 28 年 9 月出水は、最大 3 日連続雨量 63.5mm、最大時間雨量 15.0mm の中小出水である。

4.3 水文諸量と整理方法

白根郷地区には、地区内に 8 点の雨量観測点、12 点の水位観測点があり（Fig.1）、3 箇所の排水機場では実績排水量が得られる。平成 23 年 7 月出水を例として、モデル適用に際して必要な水文諸量（雨

量、基底流量、雨水保留量、排水機場排水量）とその整理方法を **Table 2** に示す。雨量はティーセン分割した領域ごとに与え、基底流量、雨水保留量は出水時の水収支に基づいて定めており、排水機場排水量には実績値を用いた。地形適合セルの初期水位は、乾燥状態を仮定し 0mm として計算している。

Table 2 水文諸量とその整理方法（H23.7 出水）

水文諸量	内 容
雨量	地区内 8 箇所の雨量観測所雨量を使用（なお、気象庁新津観測所はティーセン占有面積が検討対象流域内にないため、8 箇所の中には含まれない） ティーセン分割による占有区域別に雨量を投入
基底流量	各雨量観測所の 1 時間雨量が 0.5mm 以下となる出水前期の排水機場排水量を基底流量に設定 ①集計期間：H23/7/27 10:00～7/27 21:00（12h） ②集計期間の排水機場排水量：405,976m ³ ③基底流量：②／①＝9.398m ³ /s
雨水保留量	出水期間の排水機場排水量と雨量から流出率を計算 ①出水期間：H23/7/27 10:00～8/2 9:00（144h） ②出水期間総雨量（流域平均）：307.4mm ③期間排水機場排水量：23,381,726m ³ ④降雨の総量：②×流域面積（7,506ha）＝23,073,444m ³ ⑤流出率：（③－出水期間基底流量）／④＝0.80 土地利用別保留量曲線はこの流出率に基づいて計算（計算方法は 4.4 参照）
排水機場排水量	実績排水機場排水量を使用

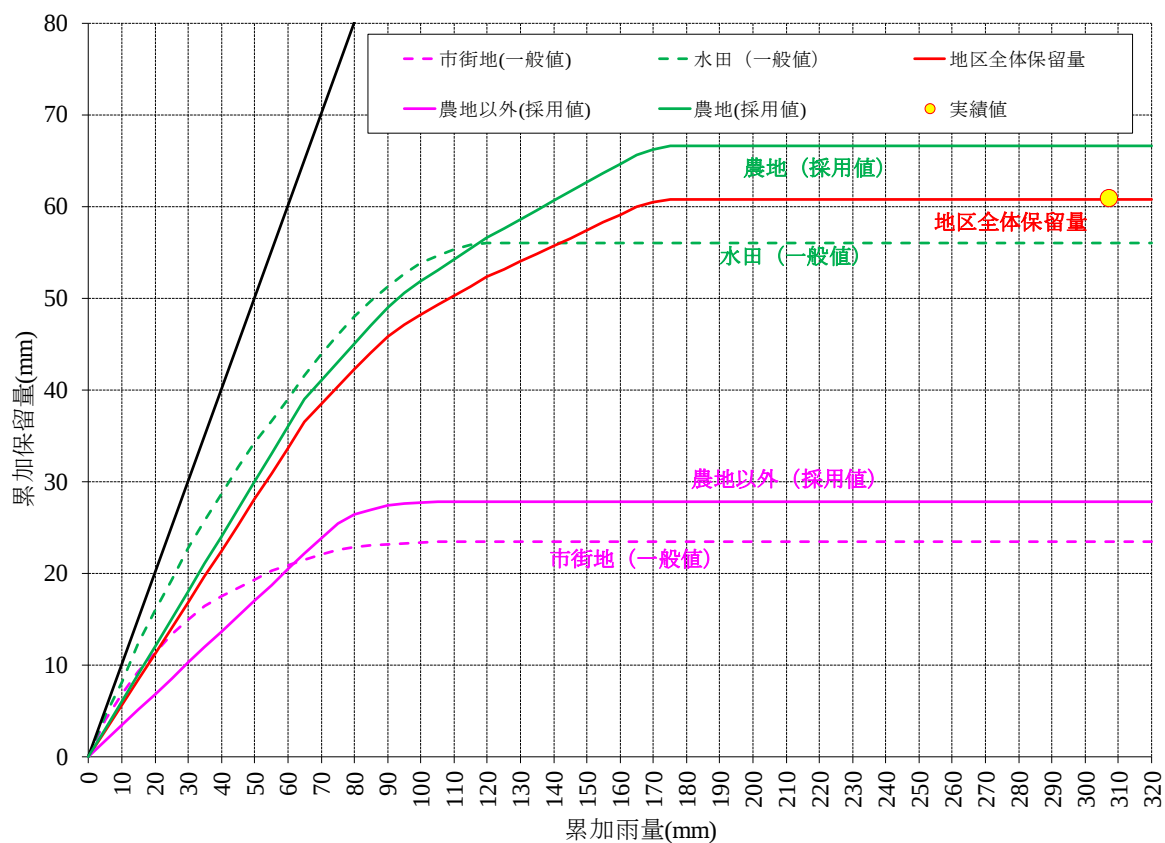


Fig.3 土地利用別保留量曲線（H23.7 出水）

4.4 土地利用別保留量曲線の作成

土地利用ごとの流出特性を表現するため、出水別に実績雨量、排水量から土地利用別保留量曲線を推定した。平成 23 年 7 月出水を例にとり、その作成方法を説明する。出水期間の総雨量 307.4mm に対し、流出率が 0.80 であることから (Table 2)、地区の土中などに保留される雨水保留量は 61.5mm ($=307.4 \times (1-0.80)$) となる。対象地区では、地目を水田、畑地、市街地、道路、水域の 5 つに細分化し、面積を計測している。これら 5 地目を流出特性が大きく異なる①農地 (水田 4,607ha、畑地 1,171ha)、②農地以外 (市街地 1,479ha、道路 216ha、水域 33ha) の 2 つに大別し、土地利用別保留量を設定した。

文献 (農業農村工学会, 2006) に示されている保留量曲線の地目別一般値をベースとして、これに補正係数と各土地利用別面積を乗じた地区全体の保留量が、累加雨量 307.4mm で 61.5mm の累加保留量となるように保留量曲線を求めた。その際、①農地は、畑の面積と比べ水田の面積が多くを占めることから水田の保留量曲線を、②農地以外は、市街地の面積が多くを占めることから市街地の保留量曲線をベースとした。Fig.3 に作成した土地利用別保留量曲線 (H23.7 出水) を示す。

5. モデル適用結果と適応性の検証

内水氾濫解析モデルを白根郷地区に適用し、排水路各点の水位ハイドログラフ、セルごとの湛水深を計算した。モデルの再現性は、排水路 12 地点で水位が観測されていることから、これら水位観測点の水位ハイドログラフについて観測値と計算値を比較して検証した。さらに、平成 23 年 7 月出水においては、実績湛水区域が整理されていることから、湛水区域についても観測値と計算値を比較した。

5.1 排水路水位の再現性

Fig.4 に白根排水機場、浦梨橋、茨曾根地点の検証 2 出水の水位ハイドログラフを示す。2 出水ともピーク水位および水位波形は良好に再現できている。とくに平成 23 年 7 月出水では、降雨ピークが 3 箇所あり、それに伴って水位は大きく変動しているが、上・中・下流 3 地点のいずれも計算水位は観測水位にほぼ合致している。他の 9 水位観測点についても同様で、若干のバラツキはあるが、ピーク水位、水位波形が概ね良好に再現できている。12 水位観測点において水位の RMSE を求めたところ、H23.7 出水の地点別 RMSE は 0.175~0.414 (m)、H28.9 出水の地点別 RMSE は 0.088~0.284 (m) であった。

平成 23 年 7 月出水は計画規模を上回る大出水で、平成 28 年 9 月出水は中小出水であるが、排水路水位の再現性については、いずれの出水規模でもかなり良好と言える。

5.2 湛水区域の再現性

平成 23 年 7 月出水の湛水区域図を Fig.5 に示す。実績の湛水区域図は、地元土地改良区が最大湛水深 30cm 以上の区域を目視で現地調査したものである。実績と計算の湛水区域を比較すると、下流部の湛水区域は実績と計算がほぼ合致している。中・上流部の湛水区域は、湛水が生じている場所は概ね再現できているが、計算の方が実績よりも湛水区域がやや小さく見積もられている。

湛水面積を Table 3 に示す。地区全体で実績と計算の湛水面積を比較すると、最大湛水深 30cm 以上の湛水区域が実績 1,453ha に対し、計算では 911ha となり、実績の 6 割程度の湛水面積となった。また水田域に限って実績と計算の湛水面積を比較すると、最大湛水深 30cm 以上の湛水面積は実績の 8 割程度となった。目視調査された実績湛水区域にはある程度の誤差が含まれること、計算で湛水深が 20cm 以上と見積もられた区域が地区全体で 599ha、水田域だけで 563ha あることを考慮すれば、湛水面積の再現結果はやや過小であるものの決して悪くはない。

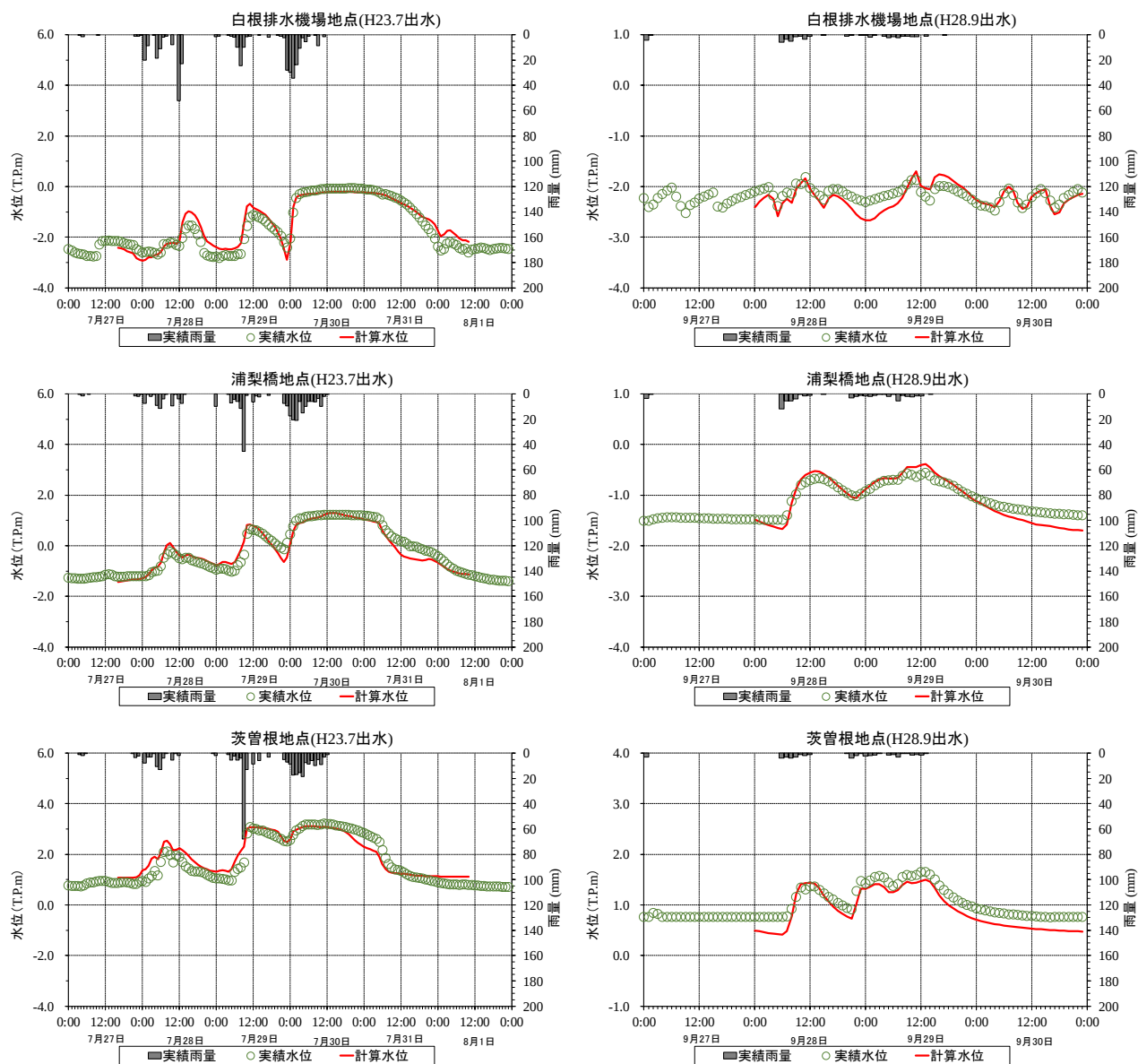


Fig.4 水位ハイドログラフの再現結果 (左：平成 23 年 7 月出水, 右：平成 28 年 9 月出水)

なお、湛水面積がかなり過小となった中流部の排水区域（三枚潟排水路上流域，64ha）について精査したところ、同区域の 8 割以上で 30cm 以上の湛水が発生しており、当該区域に降った雨量のほぼ全てが湛水しなければ実績湛水深が説明できないことが分かった。この排水区域では、何らかの理由で排水路が閉塞し雨水が排除できなかったか、近傍河川からの流入が生じるなど、特殊な事象が湛水深を大きくした可能性も否定できない。

湛水面積は過小推定であったものの、湛水区域の再現状況を総合的に見れば、水位だけでなく湛水区域についても概ね再現できていると言えよう。

5.3 モデルの適応性の評価

先に述べた通り、平成 23 年 7 月出水および平成 28 年 9 月出水へのモデル適用結果から、対象地区内の河川・排水路水位がかなり高い精度で再現できること、内水氾濫に伴う湛水区域が概ね再現できることが確認できた。高い再現性の要因としては、①対象地区は農地主体の低平地域であり、農地に特有な

畦畔などの微細な地表面の構造や、氾濫水の平面的な伝播が表現可能な内水氾濫解析モデルが採用されており、同モデルの適応性が高かったこと、②地区内に雨量観測所が8箇所あり、検討対象出水の雨量分布が細かく把握できたこと、③完全機械排水区域であり、地区外への排水量がポンプ排水量で把握できたため、雨量とポンプ排水量から検討対象出水の基底流量、保留量が算出可能であったこと、などが挙げられる。

Table 1 に示すように、セルに付随する標高データ、土地利用、排水系統などモデル適用に要する流域諸元が多量であることから、それらの準備にかなり労力を要する点がこのモデルの難点である。その反面、このモデルでは、各種の流域諸元の積み上げからモデル構造が決定でき、モデル適用に際しては、河川・排水路の粗度係数とセキ・オリフィスの流量係数を文献値から多少調整した程度で、パラメータの決定にはあまり労力を要しない。この点はモデルの利点と評価できよう。

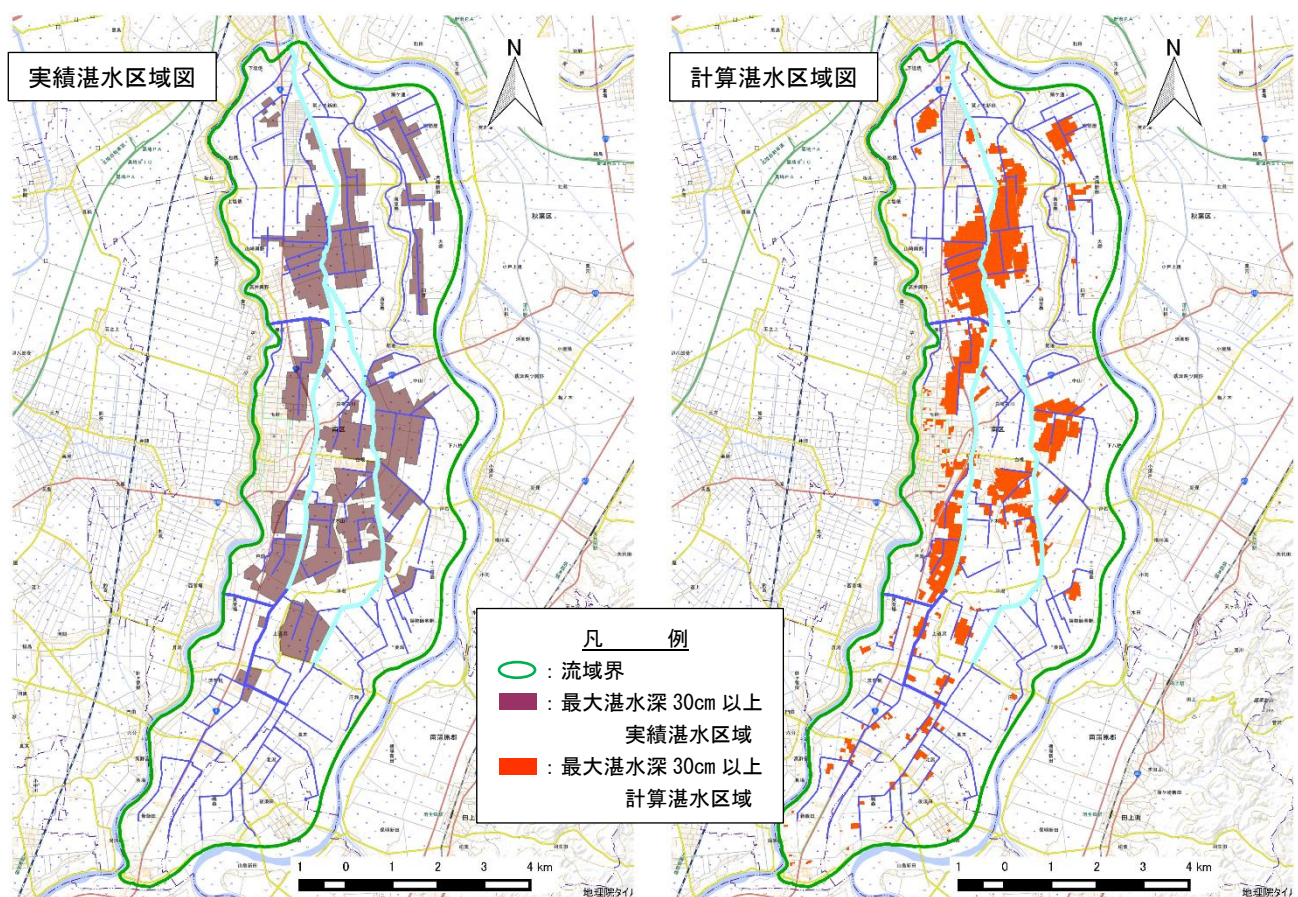


Fig.5 湛水区域図 (H23.7 出水, 左:実績, 右:計算)

Table 3 湛水面積 (H23.7 出水)

最大湛水深	湛水面積 (ha)		湛水面積 (水田のみ) (ha)	
	計算	実績	計算	実績
$h \geq 30\text{cm}$	911	1,453	851	1,107
$20\text{cm} \leq h < 30\text{cm}$	599		563	
$10\text{cm} \leq h < 20\text{cm}$	1,184		1,082	
$0\text{cm} < h < 10\text{cm}$	4,812		2,111	

6. おわりに

本研究では、吉川ら（2011）、宮津ら（2012）が開発した内水氾濫解析モデルを新潟県の白根郷地区に適用し、平成23年7月出水および平成28年9月出水を対象として氾濫解析を実施した。地区内河川・排水路水位、湛水区域とその面積について再現性を確認したところ、いずれも良好であるが、とくに河川・排水路水位についてはかなり良好な再現結果を得た。

近年、気候変動に伴う集中豪雨などの異常気象の増加から、浸水被害等の自然災害の増加が懸念されており、地域の防災対策を効率的に進めて行くため、氾濫区域の予測精度の向上が求められている。そのためには、地区特有の排水状況を踏まえた内水氾濫解析手法の選定が重要となる。本研究では、白根郷地区の排水状況の把握に適した手法として、流域内の微小な標高差、細かい水路配置や土地利用分布などを考慮できる内水氾濫解析モデルを採用した。ここでは、同モデルの適応性を検証することに主眼を置いたが、今後は地形適合セルの入出力データを利用して排水状況を細かく分析し、場所ごとの湛水発生原因について検討したい。

また、近年の河川計画においては、浸水被害の推定に際して平面二次元流れを扱う氾濫解析モデルが多用されているが、25m ないし 50m の均等なメッシュによる解析がほとんどで、本研究の解析で採用された地形適合セルの適用事例は、実用上の解析ではあまり多くない。そこで、本研究で採用したモデルと従来の氾濫解析モデルの適応性を比較検討することも今後の課題である。

謝辞：本研究における解析は、白根郷信濃川下流地区のかんがい排水事業に関わる調査業務の一部として実施されたものである。本研究を実施するにあたり、新潟大学農学部・吉川夏樹准教授から内水氾濫解析モデルのプログラムをご提供いただくとともにご指導いただいた。また、農林水産省北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所から水文データを提供していただいた。サンスイコンサルタント株式会社からは内水氾濫解析モデルの適用に際して多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 秋山壽一郎，重枝未玲，小園裕司，草野浩之（2011）：治水システムを考慮した飯塚市街地の都市域氾濫解析と被害軽減効果の検討，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.67，No.4，pp.I_943-I_948
- 早瀬吉雄，角屋 睦（1993）：低平地タンクモデルとその基礎的特性－低平地タンクモデルによる流出解析法（I）－，農業土木学会論文集，No.165，pp.75-84
- 角屋 睦，早瀬吉雄（1981）：流出解析手法（その 14）－低平地タンクモデルによる洪水解析－，農業土木学会誌，Vol.49，No.4，pp.45-56
- 川池健司，井上和也，戸田圭一，野口正人（2004）：低平地河川流域での豪雨による都市氾濫解析，土木学会論文集，No.761/II-67，pp.57-68
- 建設省土木研究所（1996）：氾濫シミュレーション・マニュアル（案）－シミュレーションの手引き及び新モデルの検証－，pp.10-11
- 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課（2019）（参照日 2019.11.8）：平成29年度水害統計調査，表-20（オンライン）入手先<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00600590&result_page=1>
- 宮津 進，吉川夏樹，阿部 聡，三沢眞一，安田浩保（2012）：田んぼダムによる内水氾濫被害軽減効果の評価モデルの開発と適用，農業農村工学会論文集，No.282，pp.15-24
- 農業農村工学会（2006）：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 計画「排水」，p.218
- 農業農村工学会（2014）：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」，pp.186-187
- 関根正人，池田 遼（2014）：東京東部低位地を対象とした浸水・氾濫の数値予測，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.70，No.4，pp.I_1429-I_1434
- 吉川夏樹，宮津 進，安田浩保，三沢眞一（2011）：低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発，土木学会論文集 B1（水工学），Vol.67，No.4，pp.I_991-I_996