

排水の地目別成分の可視化を目的とした内水氾濫解析モデルの開発

Development of inundation analysis model for the purpose of visualizing the composition of drainage from each land-use

○高野陽平¹⁾・吉川夏樹²⁾・田巻翔平¹⁾，山田健太郎³⁾

Yohei TAKANO Natsuki YOSHIKAWA Syohei TAMAKI Kentaro YAMADA

1. 研究背景および目的

都市化の進展や耕作放棄地の増加によって、我が国の耕地面積は1960年以降減少しており、2014年現在において1960年比で約26%減少した（農林水産省）。下水道整備が都市化進展速度に追いつかない地域も多く、既設の農業用排水施設が地域の基幹的排水施設として位置付けられているケースが散見される。こうした地域では、農業用排水施設の維持管理費等の負担のあり方の再検討が求められているが、農業側と都市側の適正な負担割合の定量的な把握がなされていない場合が多い。とりわけ、洪水時には流出率の違いから、排水ピーク時に占める都市域からの流出割合の増大が予想されるため、流出特性を考慮した排水解析による地目別排水量の可視化が必要となる。

本研究では、吉川らにより開発された内水氾濫解析モデル¹⁾を用いて、洪水時における地目別排水成分の可視化を可能とする新たなモデルを構築することを目的とする。

2. 排水の可視化モデルの全体構成

内水氾濫解析モデルは、各土地利用地目からの流出量を計算する「流出量算定モジュール」、排水路の流れを計算する「一次元不定流モジュール」および氾濫水の伝播を計算する「氾濫流モジュール」の3つのサブモデルで構成される。本研究ではこのモデルに地目別の雨水を追跡するための「トレーサーモジュール」を追加した。各モジュールは相互に連動しており、同一計算ステップの中で、4つのモジュールの計算を行う（図1）。これによって、排水路水位・流量、浸水深・浸水継

続時間に加え、各排水路メッシュおよび各セルに存在する水の地目別の流出成分を推定することができる。

3. トレーサーモジュールの開発

3.1 地目別トレーサー濃度

本研究では、農地（水田および畑地）および非農地（農地以外の地目）に降下した雨水にそれぞれ濃度0および1のトレーサーを与えた。

3.2 排水路メッシュの濃度計算

各土地利用から流出した水に対し、移流方程式（式（1））によって、排水路トレーサー濃度を計算した。計算では一次風上差分を用いた。移流速度には一次元不定流モジュールで算出した流速を入力した。

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

ここに、 c ：トレーサー濃度， u ：流速， t ：計算時間間隔， x ：排水路メッシュの延長である。

各排水路メッシュへの流入は、合流部にお

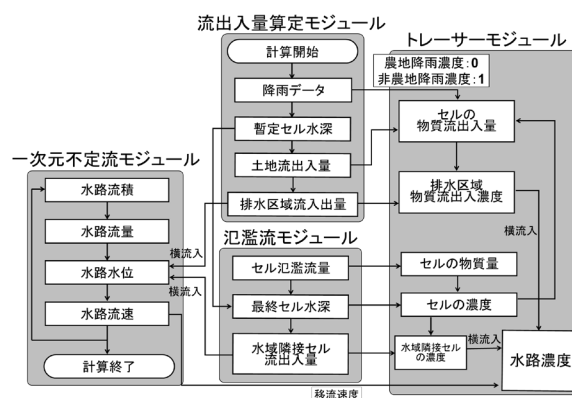


図1 排水の可視化モデルの計算フロー

¹⁾ (株) ナルサワコンサルタント Narusawa Consultant Co., Ltd.

²⁾ 新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

³⁾ 北陸農政局信濃川水系土地改良調査管理事務所 Shinano River Basin Land Improvement Investigation and Management Office

キーワード：内水氾濫解析モデル，排水，可視化

ける支線排水路からの流入，排水区域からの流入，氾濫に伴う隣接セルからの流入，基底流量の流入である．各要素のトレーサー濃度は横流入として扱い，流入部の移流速度は，一次元不定流モジュールにおける横流入量を流入先排水路メッシュの流積で除すことで表現した．

3.3 セルの濃度計算

各セルのトレーサー濃度は，①降雨および末端排水路から逆流して流入した水を考慮して暫定的なトレーサー濃度を計算し，②氾濫に伴ってセル間で流出入する水を考慮して最終的なトレーサー濃度を決定した．暫定的なトレーサー濃度計算は式 (2)，最終的なトレーサー濃度計算は式 (3) を用いた．

$$c_1 = \frac{c_1 \times h_1 \times A + c_r \times R \times A - c_d \times Q}{h_1 \times A + R \times A - Q} \quad (2)$$

$$c_2 = \frac{c_1 \times h_2 \times A + q_s \times \Delta t}{h_2 \times A + \eta \times A} \quad (3)$$

ここに， c_1 ：暫定セル濃度， h_1 ：暫定セル水深， A ：セル面積， R ：降雨量， c_r ：降雨濃度， c_d ：末端排水路濃度， Q ：末端排水路を經由したセル流出入量， c_2 ：最終セル濃度， h_2 ：最終セル水深， q_s ：氾濫に伴うトレーサー流出入負荷量， η ：氾濫に伴うセル水深変化高である．

4. モデルの実流域への適応結果

開発したモデルを用いて実流域における農地および非農地流出成分を可視化した．解析対象地には新潟市の中心部に位置する亀田郷地区(農地面積:4,750ha, 非農地面積:4,873ha)を選定した．対象降雨イベントは平成23年7月新潟・福島豪雨(2011年7月28-30日)とした．

地区の下流端排水機場(最大定格排水能力 $60\text{m}^3/\text{s}$)における地目別排水量の計算結果を図2に，農地セルにおける最大トレーサー濃度の計算結果を図3に示す．下流端排水機場における非農地排水量ピーク時の排水量割合は，非農地58.8% ($35.3\text{m}^3/\text{s}$)，農地41.2% ($24.7\text{m}^3/\text{s}$)となった．降雨初期には非農地における流出速度が早いことから，非農地排水割合が多いが，時間経過とともに農地排水割合が増加する現象が表現された．また，農地セルのトレーサー濃度から，非農地からの流出成分が農地浸水に大きく寄与することが

明らかとなった．

5. まとめ

内水氾濫解析モデルに，各土地利用地目に降下した雨水を追跡するトレーサーモジュールを導入し，排水路内およびセルの地目別流出成分を定量的に把握することができた．本モデルを活用させることによって，流域の浸水現象の発生要因を分析することができるため，近年の土地利用変化や降雨波形の変化に伴う排水負担のあり方を検討する上で，根拠資料を提供することが可能となる．

参考文献

- 1) 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 (2011) No.4 P I_991-I_996

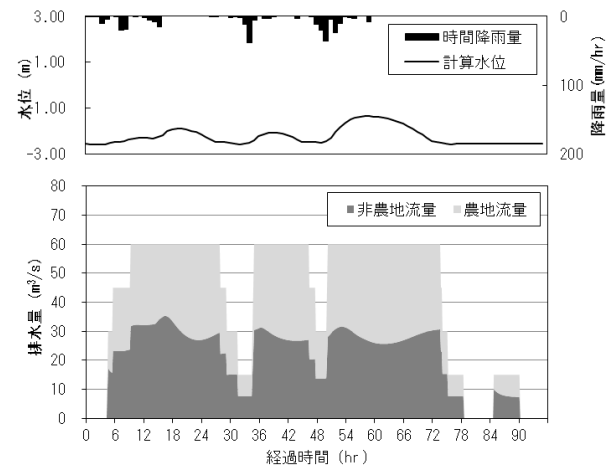


図2 下流端排水機場における地目別排水量

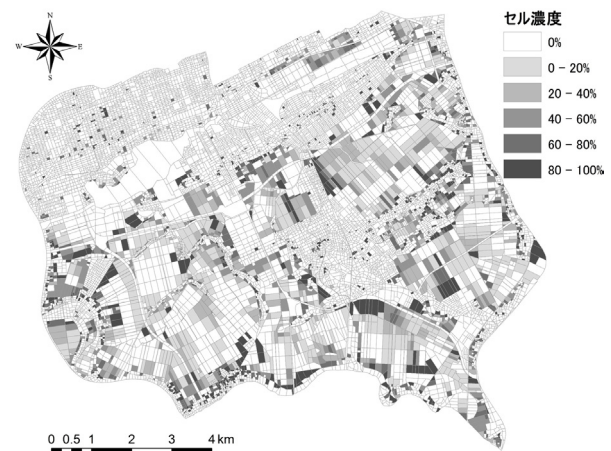


図3 農地セルにおける最大トレーサー濃度