

II-355

低平地における排水機場の洪水位予測に関する一考察

京都大学防災研究所 正員 近森秀高

1. はじめに これまで、上流域からの流出を表す線形・非線形の2個の上流域タンクと水位-貯留量関係既知の1個の氾濫域タンクとからなる内水管理用タンクモデル（モデルⅠ、図1）にカルマンフィルターを併用した排水機場洪水位予測システム（システムⅠ）を構築し、京都南部巨椋流域に適用してその有用性を検証してきた。

本報では、このシステムを新潟県亀田郷流域へ適用し、洪水予測への適応性を検証した。亀田郷流域のように他流域からの流入がない水収支的に閉じた流域では、洪水期間中の総排水量は総降水量よりも必ず小さくなると言ってよく、洪水位予測システムの基礎となる内水管理用タンクモデルにはオフライン計算でも有効降雨の算定ができる水収支補正機能を組み込んでおくことが望ましいと考えられる。そこでここでは、非市街地からの流出を表す上流域タンクに浸透孔を設けたモデルⅡ（図2）にカルマンフィルターを併用したシステムⅡを示し、システムⅠ、Ⅱをそれぞれ亀田郷流域に適用し予測精度を比較検討した結果と、システムⅡを巨椋流域に適用した結果を報告する。

2. 亀田郷流域の概要 新潟・新潟両市の間に位置する亀田郷流域（図3）は、阿賀野川、信濃川、小阿賀野川の三川に囲まれた流域面積約100km²の低平な輪中地帯である。この流域の雨水は平時は鳥屋野潟に集められ、親松排水機場（60 m³/s）から信濃川へ機械排水されている。洪水時、親松排水機場の運転だけでは不十分な場合は、調整ゲートを閉鎖して流域を分割し、流域東部の雨水を本所、蔵岡、二本木の各排水機場によって排水するようになっている。

3. 非市街地における浸透を考慮したシステム（システムⅡ） 非市街地からの流出を表現する上流域タンク2に水収支補正機能を加えるため、孔係数 b_2 の線形浸透孔を設ける。また、非市街地において雨水保留量の増加に伴う浸透量の減少および流出に寄与する成分の増加を表現するため、タンク2の流出はタンク底からの高さ z_2 を持った孔係数 a_2 の1個の非線形流出孔で表すことにした。なお、市街地からの流出を表すタンク1はモデルⅠと同様とした。このモデルⅡの概念図を図2に示す。

4. 予測システムⅠ、Ⅱの亀田郷流域への適用 亀田郷流域における昭和53年6月および昭和59年9月の出水を対象として、降雨と排水量、水位変化の関係から非線形最適化手法で上流域タンクの孔係数を同定し、この値を用いて洪水位の予測計算を行った。モデルⅠの孔係数同定の際には、対象となる出水期間中の総降

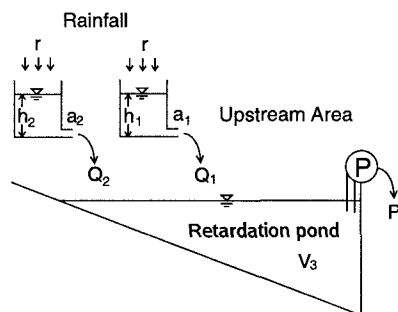


図1: 内水管理用タンクモデル (モデルⅠ)

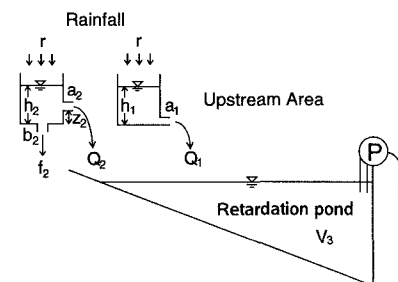


図2: 非市街地における浸透を考慮した内水管理用タンクモデル (モデルⅡ)

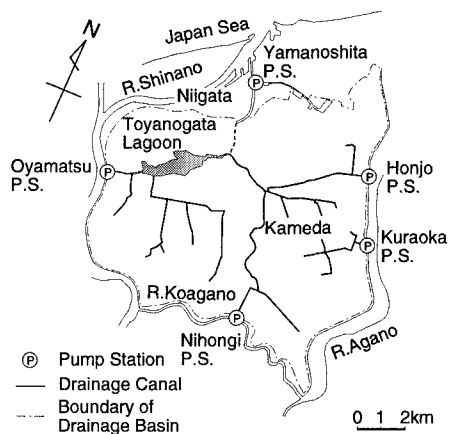


図3: 亀田郷流域の概要

水量および総排水量の関係から有効降雨を算出し、上流域タンクへの入力とした。ただし、予測計算では先験的に有効降雨を知ることではできないので、ここでは観測降雨をそのまま与え、上流域における浸透には上流域タンク水深の補正によって対応した。モデルⅡは水収支補正機能を持つので、孔係数同定に際しても観測降雨をそのまま与えた。

なお、昭和59年9月出水時には調整ゲートの操作によって流域が分割され、流域東部の雨水は鳥屋野潟に流入していない。この流域分割の影響を考慮した場合についても検討したが、昭和59年の出水時には分割された区域の面積が小さかったため、水位の再現精度の改善はあまり見られなかった。そこで、ここではこの効果を考慮せずに予測計算を行った結果について述べる。

予測計算では以下の2通りの方法を検討した。

1) 同定した孔係数を初期値として適応フィルタリングの手法によって孔係数を逐次同定しながら洪水位予測を行った場合、システムⅠ、Ⅱのいずれを適用した場合もピーク付近・低減部水位とも実用上十分な予測精度が得られた。

2) 孔係数を同定値に固定し上流域タンクおよび氾濫域タンク的水深のみを修正しながら洪水位予測を行った場合、システムⅠでは図4に示すようにピーク付近の水位が過大推定される傾向が見られた。これにはタンクの孔定数の推定に有効降雨の推定精度が微妙に関与している可能性もあるので一概に言えないが、この出水のように有効降雨が少ない場合には、フィルタリングでは十分誤差が除去できないように思われる。システムⅡを用いた場合は、図5に示すように十分な予測精度が得られた。

5. システムⅡの巨椋流域への適用 予測システムⅡを巨椋排水機場における洪水位予測に適用し精度を検討した結果、システムⅠを適用した場合と同様の高い予測精度が得られたが、タンク2に設けた浸透孔の孔係数が非常に小さい値になった。これは、この流域では他流域からの流入などのため、総降水量と総排水量の見かけ上の水収支が均衡しており、モデルⅡで表現した場合に浸透に相当する成分がほとんど現れないためと考えられる。換言すれば、モデルⅡにおいて同定されたタンク2の構造は、流出孔の構造の差を除けばモデルⅠにおける浸透孔を持たないタンク2の構造に対応していると考えられる。すなわち、これまで検討してきたシステムⅠはここで提案したシステムⅡに包含されていると解釈できる。

6. おわりに 低平地の排水管理のために、われわれは流出モデルⅠにカルマンフィルターを併用するシステムⅠを提案し、これで実用上十分と考えていた。ところが、これを亀田郷流域親松排水機場の洪水位予測に利用したところ、モデル定数を適応フィルタリングによって逐次更新していく場合はよいが、定数を固定してタンク水深のみをフィルタリングの対象とする方式をとるときには、精度上不十分な場合があることが分かった。このような場合には、浸透損失孔を持った流出モデルⅡを採用すると、精度が改善されることを示した。

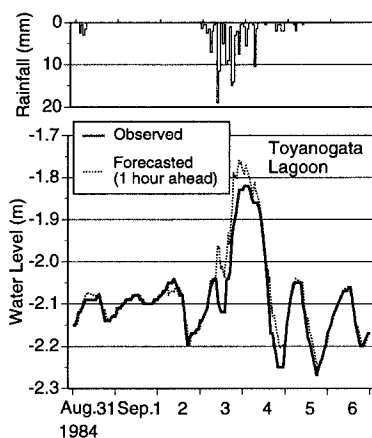


図4: 鳥屋野潟における洪水位予測 (システムⅠ, 1時間先, 昭和59年9月)

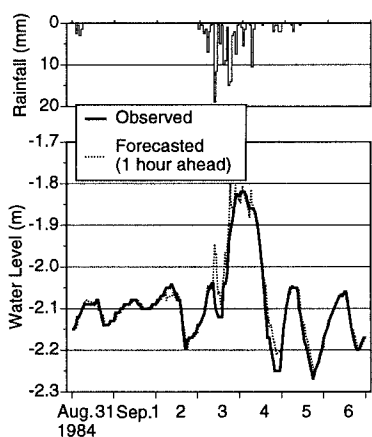


図5: 鳥屋野潟における洪水位予測 (システムⅡ, 1時間先, 昭和59年9月)