

京都大学・工学部 学生会員 ○佐藤 豪
 京都大学・防災研究所 正会員 城戸 由能

京都大学・防災研究所 正会員 中北 英一

1. 研究の背景と目的

近年、急激な都市化による不浸透面積率の増加により「都市型水害」と呼ばれる内水氾濫および都市中小河川からの氾濫が頻繁に引き起こされている。また不浸透化により雨天時の汚濁負荷直接流出量が増大したことで面源汚濁負荷に対する対策がとられていないことで河川の水質改善が進んでいない。これを受け、浸水防止目的で作られた雨水貯留施設をレーダー降水予測に基づいて実時間制御し、汚濁負荷削減目的でも利用可能にする制御戦略が検討されてきた¹⁾。しかし、現状施設で実時間制御は導入されていない理由として、汚濁負荷削減の為に貯留が浸水防止用の貯留容量を使用するため浸水可能性を高め、実際に浸水が起きた場合行政の管理瑕疵を問われることが挙げられる。浸水回避のためには予測降雨に基づく実時間制御を行う必要があるが、降雨予測には誤差が含まれるため、誤差を含む予測情報を的確に活用して浸水リスクを避けることが必要となる。そこで本研究では、浸水リスクを高めることなく汚濁負荷削減効果を得られる制御戦略の提案をすることを目的とし、予測降雨情報の活用方策を検討した。京都市・向日市を流下する一級河川西羽束師川流域（図1）を対象流域とし、雨水貯留施設として現在も建設が進むいろは呑龍トンネルを想定した解析を行った。



図1：対象領域

2. 本研究の流れ

これまで、降雨初期の高濃度汚濁負荷を含む流出雨水を貯留すること（初期貯留）で非特定汚染源由来の汚濁負荷削減を行いつつ、予測降雨により浸水発生が予測されると浸水対策の貯留（ピークカット貯留）の容量確保のために初期貯留雨水を緊急排水する実時間制御（リアルタイムコントロール）が提案されてきた（図2）¹⁾。本研究では実時間制御導入を目指し、最新型 X バンドレーダー情報を用いた移流モデルによる降雨予測を実施し、Kinematic Wave モデルを用いて流出解析を行った。こうして作成された予測流量情報に基づく貯留施設の実時間制御を想定し、浸水リスクの評価と降雨予測情報の活用方策について検討した。

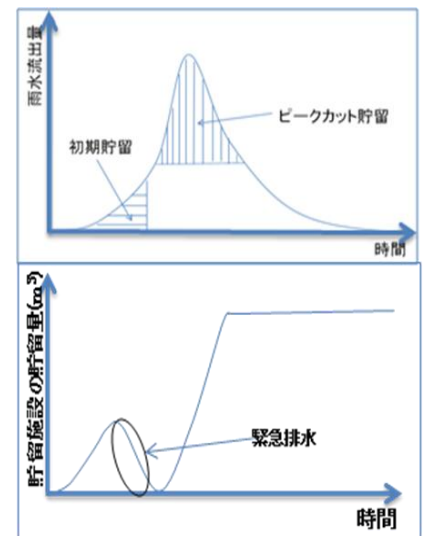


図2：実時間制御の概念図

3. 降雨予測の精度向上

本研究では降雨予測に発達・衰弱を無視した移流モデルを用いて1時間先までの降水量予測を行った。現状の移流モデルはCバンドレーダーの1km×1kmデータを3km×3kmの大きさに平滑化した10分間隔のデータに用いられており、これをXバンドレーダー（250m×250m, 1分間隔）のデータに用いる為に、移流ベクトル算定空間範囲の改良等を行い、Xバンドレーダーの時空間スケールに適した改良を行った。また、降雨予測精度は絶対誤差(E_a)と相対誤差 E_r （下式）を用いて評価する。

$$E_a = R_p - R_o$$

$$E_r = \frac{R_p - R_o}{R_o}$$

ここで、 E_r ：降雨予測誤差、 R_o ：観測値、 R_p ：予測値である。

4. 予測降雨情報の活用方策

移流モデルによる降雨予測は現時刻までの降雨域の移動を外挿して行うため、実際には対象領域に到達する降雨域が対象領域外に移流すると予測される場合もありうる。このような予測誤差を考慮し、注目する各グリッドの周りにあるグリッドを”周辺領域”とし、周囲1つ分を合わせた計9個のグリッドを”周辺領域1”，周囲2つ分を合わせた計25個のグリッドを”周辺領域2”と呼ぶ。同様に周辺領域12までを解析対象とし、対象範囲からの予測降雨情報の選択方法として”中心値選択”（直上のデータを入力降雨として用いる場合）、”平均値選択”（周辺領域のデータを平均した値を用いる場合）、”最大値選択”（周辺領域のデータのうち最大の値を用いる場合）、”最小値選択”（同様に最小の値を用いる場合）などの選択方法を採用した、検討を行った。当然のことながら、周辺領域を広くとり最大値選択を行うと浸水リスクは最も改善されるが、対象流域に到達しない異なる降雨域を捉えて過大予測となり、ピークカット貯留を必要としない程度の降雨に対しても緊急排水を行う“空振り”となる可能性が高くなる。一方、過小予測の場合には、緊急排水が実施されないあるいは不完全な実施となり、ピークカット貯留開始時点で初期貯留雨水が残存し、施設全容量を浸水防止用に用いることができない。実時間制御導入のためには、ピークカット貯留が行われる事例において緊急排水が完了し導入以前の状態に戻っている、つまり導入により浸水リスクが増大しないことを制約条件とした上で、ピークカットが行われない事例において緊急排水を行わずに汚濁負荷削減効果を得る最適化問題と位置づけられる。実時間制御の設定値は先行研究¹⁾に基づき、降雨予測情報を10分ごとに更新し、予測のリードタイムを1時間、初期貯留容量を18,000m³、緊急排水開始河川流量を40m³/sとし、必要に応じて初期貯留容量や予測リードタイムの変更など多角的に検討することとした。

5. 結果とまとめ

2011～2013年の強雨事例を対象として解析を行った結果、最大値選択を行った場合のみ浸水リスクが増大せずに緊急排水操作が実施可能であり、最小値選択は当然のことながら浸水リスクが増大したため解析対象外とした。ピークカット貯留が行われる全ての事例において緊急排水が完了するためには周辺領域10以上すなわち周囲2.5km以上離れた地点まで考慮にいれて最大値選択をする必要がある（図3）。また、実際にはピークカット貯留が行われない事例でも緊急排水が実施されるため、汚濁負荷削減効果を得ることはほとんどできなかった（図4）。3年間計14の強雨事例では周辺領域10以上で最大値選択を行う実時間制御により浸水リスクを増大させないことが確認できた。Xバンドレーダーを用いた降雨予測精度が改善されれば、より狭い範囲での予測降雨情報活用が可能になるとともに、予測誤差に基づいた初期貯留容量や予測リードタイムを季節別に設定するなど多様な制御戦略を検討することで、現実施設に適用可能な浸水対策および汚濁負荷削減対策の両立が可能になる。

参考文献

- 1) 鳥井宏之・城戸由能・中北英一：降雨予測誤差を考慮した雨水貯留施設の制御戦略に関する研究，京都大学防災研究所年報，Vol.54，pp.431-447，2011.

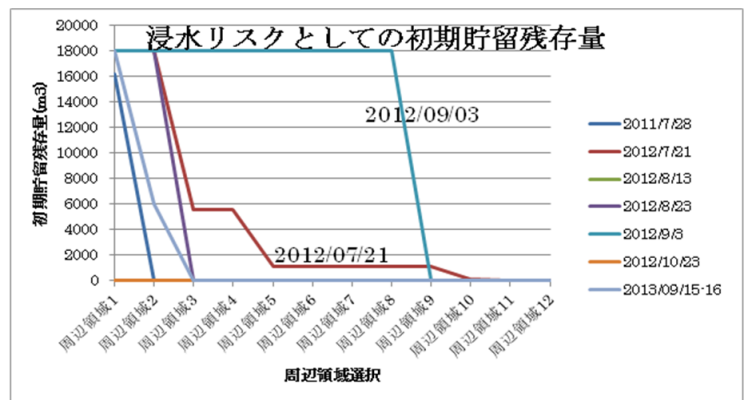


図3：ピークカット事例での浸水リスク(最大値選択)

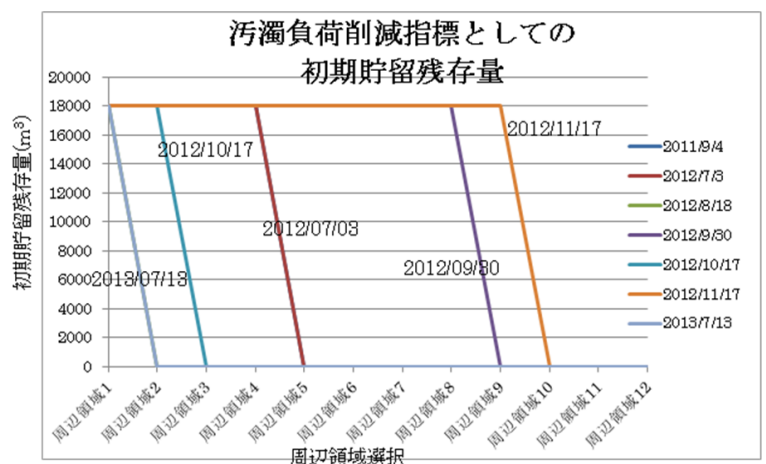


図4：ピークカットが無い事例での汚濁負荷削減効果(最大値選択)