

土地利用別浸透能を考慮した水循環モデルの多摩丘陵都市流域への適用

明星大学 正会員 ○藤村 和正

明星大学 正会員 西浦 定継

明星大学 正会員 小林 利夫

1. 研究の背景と目的

ここ十数年来、全国各地で頻発している豪雨災害を受け、国土交通省はあらゆる関係者が協働して進める流域治水を提唱した。その実施に向けて、現在、各分野で検討が行われている。都市域では、昭和 60 年代以降の総合治水対策で実施された雨水浸透・雨水貯留施設の設置が引き継がれると見られる。また、新たな取り組みとして、グリーンインフラの活用や人口減少時代に向けたコンパクトシティの治水対策に期待がかかる¹⁾。しかし、都市政策と河川管理との間で流域治水に対する考え方の違いから、流域内での治水効果の調整や土地・建物の一体的対策が必要であるとの指摘があり²⁾、流域治水の円滑な実施には課題が多い。その解決策の一つとして、土地利用や建築物の規制誘導が実施される空間レベルの水文的評価が有効との考え方がある³⁾。

そこで本研究では、土地利用計画で利用される地域メッシュデータの活用を念頭に置き、まずは筆者ら⁴⁾が山地流域に適用してきた水循環モデルを土地利用別に浸透能を算定できるように改良する。そして、ニュータウン地域を含んだ多摩川水系大栗川流域に適用し、長期流出と短期流出の両面からモデルの再現性について検討することを目的とする。

2. 流域概要とデータ、解析方法

(1) 対象流域の概要

対象流域は図 1 に示す多摩川水系大栗川の報恩橋地点までの大栗川流域 (40.5km²) とする。この流域には昭和 40 年代以降、多摩ニュータウン事業として計画的かつ大規模に開発された乞田川流域 (15.8km²) が含まれている。一方、乞田川流域を除いた大栗川単独の流域にもニュータウン地域が存在するが農地や緑地が多く、浸透域割合は乞田川流域よりも高い (表 1)。本研究で使用する土地利用と建物の GIS データは、過去に東京都から提供を受けた「平成 14 年度土地利用・建物現況調査 (多摩部)」および「基盤地図情報基本項目・建築物・外周線・建築物」である。流域を 50m メッシュに分割して 3 種類の土地利用、①不浸透域：道路、建物用地、②浸透域 1：公園、運動場など踏み固め地、③浸透域 2：田畑、樹園地などその他の浸透域、を判読した。

(2) 水文データ

水文データのうち雨量については、流域内外7地点のデータを東京都水防災総合情報システムと水文・水質データベースから取得し、また、東京都からも提供を

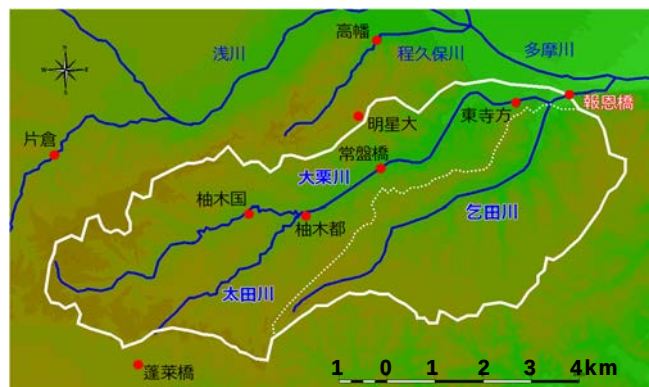


図 1 対象流域の概要図

表1 対象流域の土地利用（浸透域と不浸透域）

	乞田川流域		大栗川流域単独		大栗川流域全体	
	※ イト数	面積率	※ イト数	面積率	※ イト数	面積率
浸透域 1	1, 340	21. 2%	2, 010	20. 4%	3, 350	20. 7%
浸透域 2	829	13. 1%	2, 634	26. 7%	3, 463	21. 4%
不浸透域	4, 159	65. 7%	5, 224	52. 9%	9, 383	57. 9%
合計	6, 328	100. 0%	9, 868	100. 0%	16, 196	100. 0%

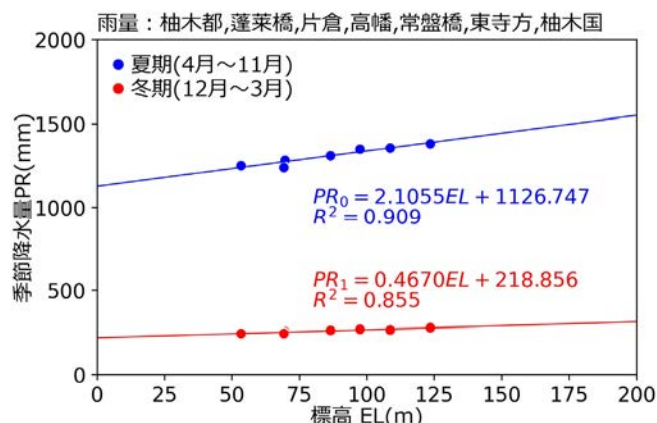


図 2 高度雨量直線

受けた。2021 年 12 月の雨量データは入手できなかったため、明星大学 20 号館屋上に設置している雨量計のデータを用いた。流量データは、水文・水質データベースから報恩橋地点のデータを取得した。各データは 1 時間単位で 2001 年 1 月 1 日から 2022 年 12 月 31 日までの 22 年間の期間を整備した。雨量観測点の標高と季節別雨量との関係を表すと、決定係数 (R^2) が 0.8 を超える高い相関性の近似直線が得られた (図 2)。これより、雨量観測点の標高差が 70m 程度でも高度-雨量関係が現れること、また、雨量データの信頼性が示されていること、が言える。次に、7 地点の雨量データを基にメッシュごとの雨量を逆距離加重法により算定し、流域平

キーワード 流域治水 土地利用計画 多摩ニュータウン 地域メッシュデータ

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学建築学部 TEL 042-591-5111

均雨量を求めた。そして、報恩橋地点の流量を流出高に変換して 22 年間の対象期間から総流出量大きい 10 出水を抽出し、流域平均雨量との関係を非線形式で表した(図 3)。この図より、総雨量が大きくなるに従い、流域の一定の保水容量に対し飽和度が高まることから流出割合が徐々に大きくなっていることが確認できる。

(3) 水循環モデルの改良

藤村ら⁴⁾が山地流域に適用してきた従来の水循環モデルでは土地利用を 1 種類の浸透域のみとしていた。本研究では土地利用を 3 種類とし、メッシュ中心点の土地利用に対して浸透能を計算する。そして、直接流出と地下浸透の成分に雨水を分離する。浸透能式には降雨強度の時間変化を考慮できる Diskin-Nazimov モデルを用いる。各メッシュの直接流出と地下浸透の各成分はそれぞれ合計して、従来の手法⁴⁾によって直接流出量と地下水流出量を算出し、最終的に総流出量を求める。

3. 解析結果と考察

(1) 長期流出解析

解析結果として、流況曲線、ハイドログラフ、年水収支量のグラフを得た。そのうち、流況曲線について図 4 に示す。流況曲線の実測値と解析値の相対誤差は 21.9% であり、流況の傾向の凡そ一致している。因みにハイドログラフの相対誤差は 48.5%であった。

(2) 短期流出解析

改良した水循環モデルで抽出した 10 洪水に対して流出解析を行った。貯留関数パラメータはグリッドサーチ法により最適化し、誤差評価指標には Nash-Sutcliffe 係数(NSE)を用いた。解析結果を表 2 に示す。10 洪水のうち 8 洪水は NSE が 0.8 以上となり良好な再現性が示された。解析ハイドログラフの一例として出水規模が最大の令和元年台風 19 号について図 5 に示す。ピーク流出高に差異があるが凡そ波形は再現できている。

4. おわりに

本研究では、流域治水における土地利用計画と河川管理との連携を見据え、筆者らが使用してきた水循環モデルを土地利用別に浸透能を算定できるように改良した。これを大栗川流域に適用したところ、長期流出および複数の洪水(短期)流出に対して概ね再現性を示すことができた。筆者らの水循環モデルを都市流域に適用することについて一定の信頼性が示されたと言える。今回は試行的な解析と捉えている。今後は、土地利用計画で利用される地域メッシュデータを活用できるように水循環モデルのさらなる改良を進める予定である。

【参考文献】

1) 荒木良太・山鹿力揮・片野裕貴・田村将太・田中貴宏:洪水抑制効果に着目した市街地内のグリーンインフラ導入計画シナリオ評価、都市計画論文集、Vol.57, No.3, pp.508-515, 2022.10.
2) 山田拓実・大津山堅介・廣井 悠・加藤孝明:河川と都市の治水対策の連携に着目した流域治水の実現に関する都市計画分野の課題整理、都市計画論文集、Vol.57, No.3, pp.1110-1117, 2022.10.
3) 西浦定継・小林利夫・山本圭人・藤村和正:SPDE を用いた雨

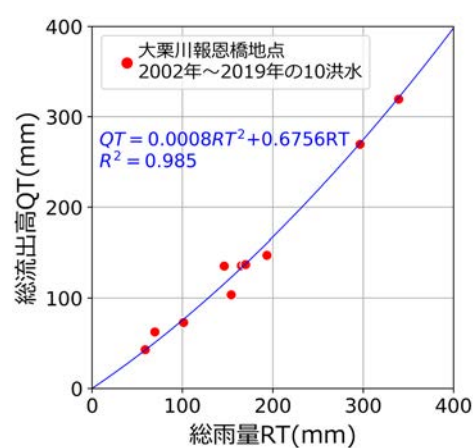


図 3 総雨量－総流出量の相関図

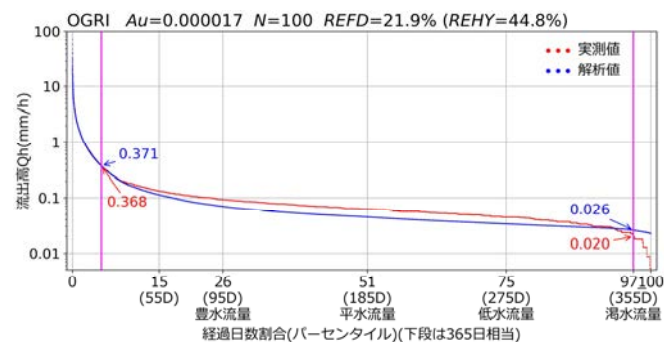


図 4 流況曲線の実測値と解析値 (22 年間)

表 2 短期流出解析の結果								
		雨量 (mm)		流出量 (mm)				NSE
No.	年月日 (2 日間)	総雨量	ピーク 雨量	総流出量		ピーク流量		
				解析値	実測値	解析値	実測値	
1	2002. 10. 1	165. 1	38. 9	113. 3	136. 0	31. 3	30. 8	0. 967
2	2003. 6. 25	69. 4	33. 2	66. 1	62. 7	35. 7	35. 2	0. 992
3	2008. 8. 28	153. 9	61. 3	88. 4	103. 8	47. 6	48. 8	0. 982
4	2009. 8. 10	58. 7	36. 9	42. 6	42. 9	23. 0	23. 4	0. 992
5	2010. 9. 27	146. 1	37. 1	170. 6	135. 5	32. 4	32. 0	0. 943
6	2014. 10. 13	101. 2	32. 8	65. 8	73. 1	22. 8	23. 8	0. 965
7	2015. 9. 8	193. 4	24. 3	101. 5	147. 5	18. 8	25. 1	0. 662
8	2016. 8. 22	169. 7	51. 7	119. 0	137. 2	41. 7	39. 9	0. 973
9	2017. 10. 22	296. 4	38. 3	208. 4	269. 5	32. 0	33. 4	0. 896
10	2019. 10. 12	339. 2	35. 0	311. 1	319. 4	31. 8	42. 9	0. 793

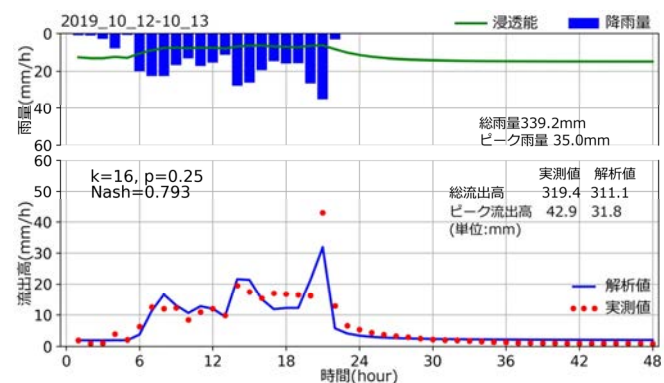


図 5 解析ハイドログラフの一例

量推計にもとづく流出抑制率の試算に関する研究、都市計画報告集、No.21, 2022.8.
4) 藤村和正・井芹慶彦・柳川亜季:積雪ダム流域の水収支を踏まえた水循環解析と近い将来の流出予測の試み、土木学会論文集 G(環境)、Vol.75, No.5, I_43-I_49, 2021.