

II -358

分布型モデルによる海老川流域の水・熱収支の解析

科学技術振興事業団 特別研究員 正会員 賈 仰文
建設省土木研究所都市河川研究室 正会員 河原能久
建設省土木研究所都市河川研究室 正会員 末次忠司

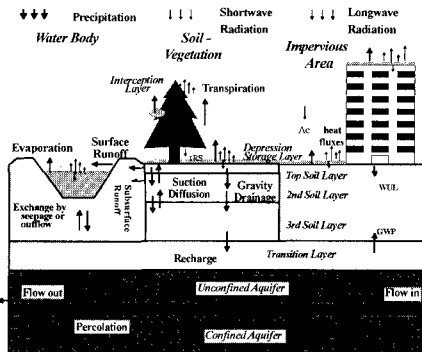
1. はじめに

近年、物理分布型の水文モデルは急速に進展し、多くの流域に適用されてきている。物理分布型モデルは、従来の概念型水文モデルに比較して、流域内の水循環を正確に表現することができるため、水循環の改善対策の効果を直接的に検討することができるという長所を有している。しかし、計算負荷の軽減や地表面過程のモデルの改良が必要である。例えば、土壌—植物—大気間での相互作用を表現するモデル(SVATS)の改良や計算メッシュ内の多様性問題、すなわち地表面の特徴と外部パラメータの取り扱い方法の確立、都市域特有の導水や下水道などの取り扱い方法の妥当性の検討などが必要である。

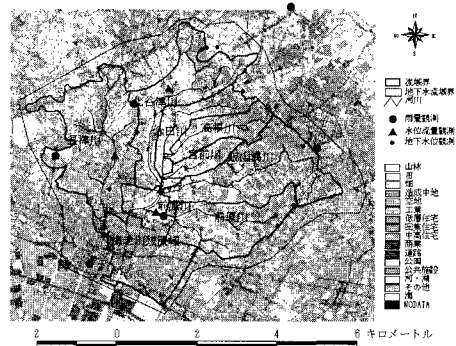
本研究は、複雑な土地利用を有する流域での水・熱輸送過程を解析するための分布モデル¹⁾を多くの水文・気象データが得られつつある千葉県海老川流域に適用し、(1)地表面での浸透と熱輸送過程に力点を置き、水・熱循環の動態を検討すること、(2)都市計画や河川管理などに有用な情報を提供することを目的としている。

2. モデルの概要

図—1は、1メッシュ内で考慮される水・熱輸送過程を示している。計算メッシュ内の土地利用の不均質性を表現するためにネスティング法（モザイク法）を採用した。この方法は複雑な土地利用を有する流域では統計的な手法よりも合理的である。土地利用をまず3種類（水域、土壌—植生域、不浸透域）に大分類した。土壌—植生域はさらに裸地、丈の低い草地および農耕地、丈の高い樹木に細分類した。また、不浸透域はさらに低層都市域と都市キャンポピーとに分類した。水・熱の輸送過程に関しては、大雨時には一般化した浸透モデル²⁾を適用して地表面での浸透と流出を算出し、その他の気象条件では不飽和土壌中での水分の再配分を計算した。地表面での蒸発散の推定には Penman-Monteith 方程式を、顕熱フラックスの算出には空力学的方法と Monin-Obukhov の相似理論を、また地表面温度を効率的に算出するために Force-Restore 法を使用した。水平方向の地中の水輸送に関しては、多層地下水流れの方程式を解いた。これにより、地下水位の表面流出に与える影響などを検討することが可能となった。なお、河道内の流れは小流域ごとに計算した流出量を基に kinematic wave 法により算出した。



図—1 1メッシュ内での物理過程



図—2 海老川流域の概要

3. 解析結果

上記の水・熱循環モデルを図—2に示す千葉県海老川流域（27 km²）に適用した。この流域は、細密数値情報の土地利用データによれば市街化率が約60%であり、今後都市化が一層進展するものと予想される。また、この流域

キーワード：水収支、熱収支、分布型モデル、海老川

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土木研究所河川部都市河川研究室

には4種類の土壌（関東ローム、沖積土、上総粘土と成田砂）が分布しているが、それらの土壌水分特性曲線及び不飽和透水係数パラメータは文献³⁾を参考に決定した。

計算の対象期間は1992年から1993年の2年間であり、流域メッシュサイズを50m、時間刻みを1時間として解析を行った。図-3は海老川中流部に位置する八栄橋流量観測点での1992年の日流量を比較したものである。計算結果と観測結果とは良好な一致を示しており、モデルの妥当性が示唆される。時間単位の計算結果から年間ベースの水・熱収支を計算したものを表-1に示す。また、1993年の蒸発散、顕熱及び表面温度の空間分布を図-4に表す。これらの結果より海老川流域の特徴として以下のことがわかる。(1) 水収支の面では、蒸発散、表面流出と浸透量いずれも降雨量の約1/3である。自然流域と比べると蒸発散と浸透量がおさえられ、表面流出が大きくなっている。なお、河川への雑排水量は中間流出と地下水流出の2倍以上になっている。(2) 熱収支の面では、地状態の変化及び人工エネルギー消費により流域の顕熱フラックスが大きく、Bowen Ratioは約0.4である。流域の都市域における年平均表面温度は森林や農作地のそれより3～5度高い。地表温度と顕熱フラックスの空間分布より、流域の都市域においてヒートアイランド現象が生じていることが示唆されている。

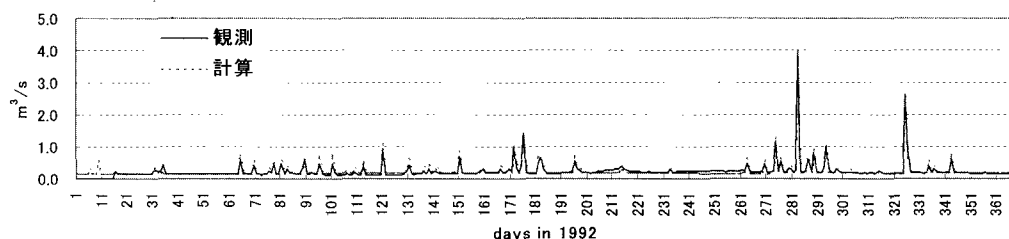


図-3 八栄橋地点での日流量の比較

表-1 流域全体の水・熱収支

年	水収支 (mm)								熱収支 (MJ/m²)					平均温度 (°C)	
	降雨	蒸発散	表面流出	浸透量	中間・地下水流出	上水漏水	地下水揚水	河川への雑排水	正味放射量	人工熱	潜熱	顕熱	地中熱	気温	表面
1992	1482	512	468	502	249	29	137	683	1625	242	1259	604	4	14.4	16.2
1993	1463	553	450	460	256	29	136	682	1607	241	1360	486	2	13.9	15.5

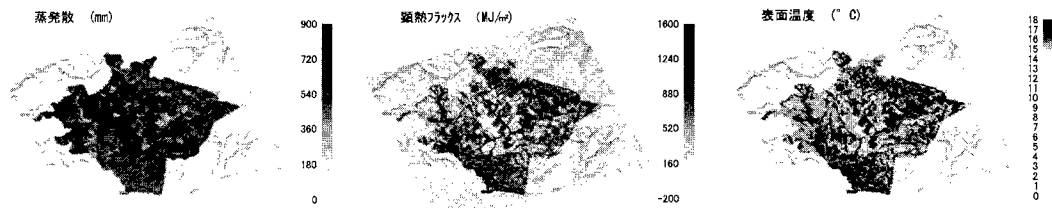


図-4 1993年における蒸発散、顕熱フラックス及び表面温度の分布

4. おわりに

物理則に立脚し水・熱輸送過程を連成させた分布型モデルを用いて、海老川流域の水収支と熱収支を解析した。解析結果より、この流域の都市化に伴って、蒸発散と浸透量の減少及び表面流出の増加などの水循環の変化が生じているばかりでなく、顕熱フラックス及び表面温度の上昇などの熱収支にも影響が及んでいることが示唆された。流域の水循環保全と熱環境改善のため、浸透・貯留施設の設置、下水道の整備及び緑化などの対策が検討されているので、モデルの改良をさらに進め、それらの対策の効果を評価していく予定である。

参考文献

- 1) Jia Y. and N. Tamai (1998): J. Japan Soc. Hydrol. & Water Resour., Vol.1. No.2, pp150-163.
- 2) Jia Y. and N. Tamai (1997): Ann. J. Hydraul. Eng., JSCE, Vol.41, pp31-36.
- 3) Herath, A. K., K. Mushiaki and S. Hironaka (1992): Ann. J. Hydraul. Eng., JSCE, Vol.36, pp.435-440.