

Green-Ampt 式を用いた都市流域水循環のモデル化

法政大学大学院 学生会員 澤木 恒平
山梨県庁 清水 武人
法政大学工学部 正会員 岡 泰道

1. はじめに

急速な都市化により悪化した水循環系の改善を行っていくうえで、流域全体の実態把握が必要となる。そのためには、水循環解析モデルにより将来予測を定量的に行うことが必要とされる。本研究では、流域レベルの水循環解析モデルを構築し、年間水収支での評価を試みた。モデルとしては、分布型の物理モデルを採用し、雨水浸透に Green-Ampt 式を組み込んだ。さらに、構築したモデルを都市流域である鶴見川流域に適用して、その再現性を検討した。

2. 水循環モデルの概要

水循環素過程を定量化するためには、水文現象をできるだけ単純化して、支配要因を抽出し、それらの因果関係を明らかにする必要がある。本稿では各素過程を以下に示すモデルで表現することとした。モデルの全体構成は図 1 に示す通りである。

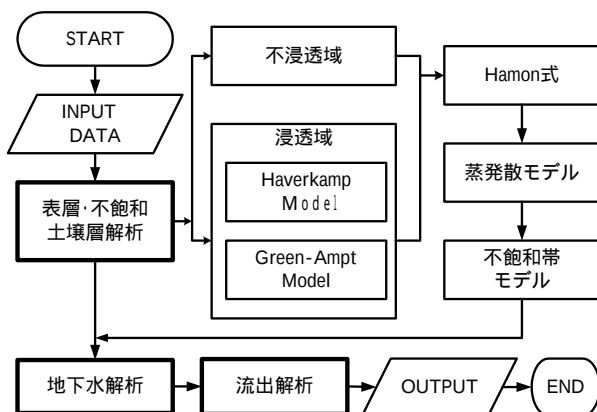


図 1 水循環解析モデルのフロー

土地利用を基に、流域を浸透域と不透透域に分割し、浸透域には浸透モデルを適用した。不透透域では、初期損失を考慮し、余剰降雨はすべて表面流出とした。

浸透モデルには、パラメータの物理的意味が明確で、計算が比較的簡単である Green-Ampt 式を用いた。この式は基本的には湛水時の浸透現象を表現したものである。そこで、Green-Ampt 式を非定常

降雨の浸透に発展させた Chu¹⁾のモデルを参考にした。時間降雨ごとに、定常降雨に関する Mein-Larson モデル³⁾を適用し、湛水の有無を判断するとともに、浸透量を計算する。浸透モデルの流れを図 2 に示す。

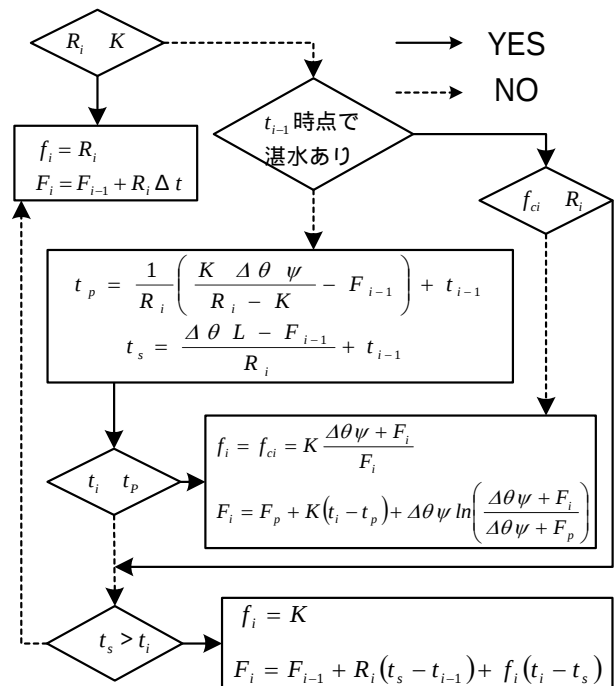


図 2 浸透モデルのフロー

浸透解析には土壌の水分特性が必要である。そこで、 $\theta - \psi$ 関係には Haverkamp 式を用い、式中のパラメータは Jia ら²⁾の値を参考にした。

さらに、Green-Ampt 式のみでは、不飽和土壌の水分プロファイルは、計算できないので、次の方法によりプロファイルを決定した。

既往の研究より基準の $\theta - z$ 関係を設定する。

設定した含水率と Haverkamp 式により決定した吸引圧の値が $-100\text{cmH}_2\text{O}$ (pF2.0) に対応する含水率との差を深度ごとに計算する。

降雨時は、深度別に計算した差を用いて、浸透モデルにより算出した浸透量を比例配分して含水率を増加させる。

無降雨期間には蒸発散量を比例配分し含水率を減少させる。

キーワード：水循環モデル、都市化流域、Green-Ampt 式、雨水浸透

〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3 丁目 7 番 2 号 法政大学工学部

TEL 042-387-6278 FAX 042-387-6124

以上の計算において、吸引圧の値が - 100cmH₂O (pF2.0) を越えた水分は地下水に涵養されることとした。この水分が地下水として流出する過程は、タンクモデルにより計算した。

蒸発散モデルでは、Hamon 式より可能蒸発散量を算出し、さらに土壌の飽和度を考慮して実蒸発散量を推定した。ただし、蒸発散の影響は深度 50cm までと考えて 50cm より上層部分の含水率を用いて飽和度を計算した。

斜面流・河道モデルは Kinematic Wave 法に基づく計算を行った。

3．水循環モデルの適用

構築したモデルの再現性を検証するために、従来より SHER モデルなどの様々な水循環モデルが適用されている鶴見川流域を対象とし、非感潮域である上中流域（流域面積 114km²）に適用した。流域の土地利用区分ごとに各種パラメータを設定した。対象流域の約 45%が山林なども含めた浸透域に区分される。流域内には下水処理場が 5 ヲ所あるが、これらの処理水量の年間平均値を用いた。1998 年の水文データを用いて解析を行った結果を図 3、4 に示す。さらに、年間水収支を図 5 に示す。

4．結果と考察

年流出量については、計算値と実測値がほぼ対応していた。各素過程では、年降雨量に対して、蒸発散、浸透、表面流出がそれぞれ約 29%、49%、57% であり、自然流域と比べると浸透量が少なく、表面流出量が大きくなっている。下水処理水量が地下水流出量の約 4.5 倍になっており、平常時の流量に下水処理水の占める割合が高いことを示している。

水循環解析モデルを構築するにあたり、従来提案されているモデルの中から適切と判断されるものを選定し、全体モデルに組み込むことを試みた。今後はさらに、蒸発散、浸透および表面流のメカニズムを簡略化し、各素過程レベルでの検討を進めていく予定である。

謝辞

国土交通省関東地方整備局京浜工事事務所より、各種データを提供していただきました。ここに記して感謝の意を表します。

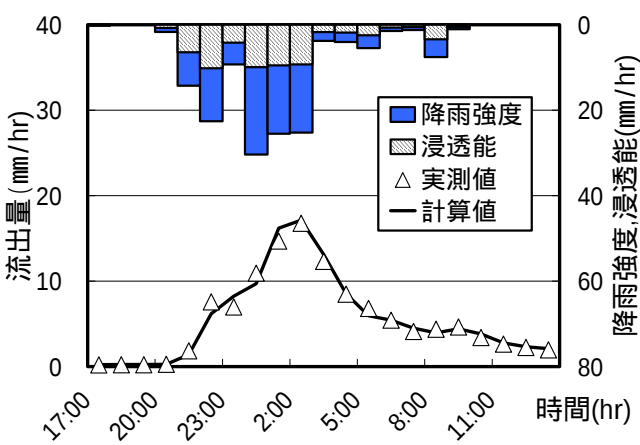


図3 モデルによる解析結果 (1998/9/15)

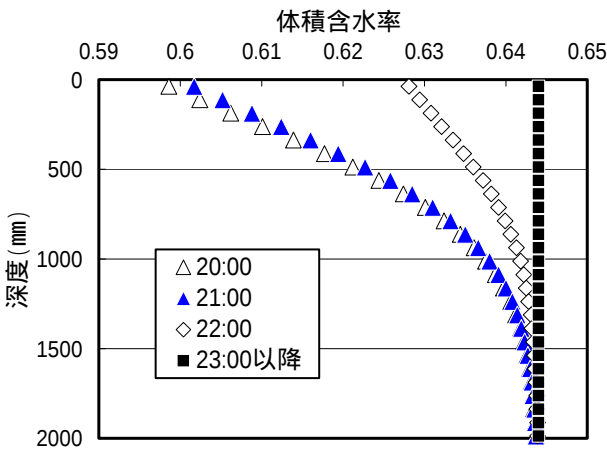


図4 土壌水分プロファイル(1998/9/15)

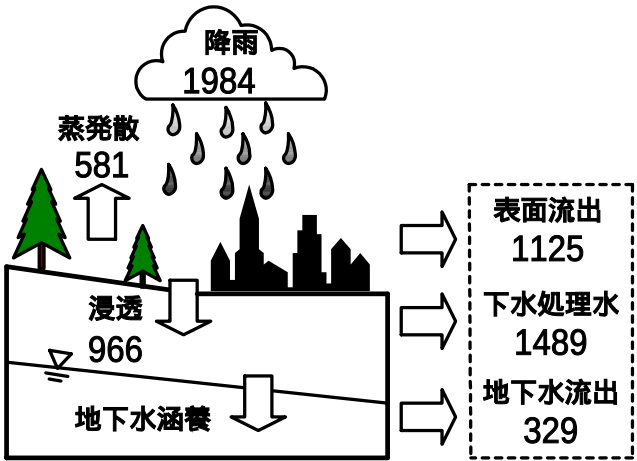


図5 年間水収支 (1998 年)

【 引用文献 】

1)Chu,S.T.(1978) : Infiltration during an unsteady rain, Water Resour.Res.,14,pp.461-466.
2)Jia,Y.and N.Tamai(1998) : Integrated analysis of water and heat balances in Tokyo metropolis with a distributed model,Jour. of JSHWR,Vol.11,No.2,pp.150-163.
3)Mein,R.G.and C.L.Larson(1973) : Modeling infiltration during a steady rain,Water Resour.Res.,9,pp.384-394.