

流域特性を考慮した降雨流出モデルのパラメータ推定に関する研究

鳥取大学工学部

鳥取大学工学部

(財) 鹿兒島県環境技術協会

鳥取大学大学院

正員 細井 由彦

正員 城戸 由能

正員 ○和田 努

学生員 鬼木 哲

1. はじめに

閉鎖性水域の水質管理のための汚濁負荷流入予測は、土地利用に基づく原単位法で算定されることが多いが、雨天時の流入負荷変動を精緻に表現することはできない。一方、モデルによる流出予測のためには観測が必要であり、未観測流域における汚濁負荷流出予測を行うことは困難である。そこで、本研究では湖山地に流入する複数の河川の観測に基づいて、流域・水文特性を反映させた流出モデルのパラメータ推定の枠組みを作成し、未観測流域への適用を検討する。

2. 現地観測の概要

観測は、過去3ヶ年に5つの流域河川や水路について各2回づつ行った。観測の概要を表1に示す。



図1 観測流域

表1 現地観測の概要

土地利用 (市街地:農地:山地) (%)	北岸		東岸		三山口川		枝川		長柄川	
	45:54:0		19:58:23		3:18:79		8:23:69		3:18:79	
観測日	94/6/14	94/6/27	94/10/20	94/11/18	93/11/18	94/11/18	92/10/20	92/11/20	92/10/20	92/11/20
総雨量 (mm)	9.0	52.0	27.0	11.5	18.5	11.5	43.5	92.5	43.5	92.5
最大降雨強度 (mm/h)	4.5	9.5	8.5	5.0	6.5	5.0	9.0	7.5	9.0	7.5
降雨継続時間 (h)	7	15	9	6	5	6	10	31	10	31
総流出雨量 (m^3)	212	2,135	9,968	1,107	4,325	1,632	24,150	98,527	40,898	294,560
最大流出量 (m^3/s)	0.059	0.197	0.311	0.121	0.337	0.185	1.035	1.377	1.582	3.302

3. 特性の異なる流域からの流出の特徴

観測結果の特色を以下にまとめる。

市街地系の土地利用が多く流域規模の小さい北岸(図2左)においては降雨強度の変化に俊敏な応答を示す表面流出の影響が強いと思われる降雨流出波形を観測した。またそれとは逆に土地利用が農地・山地によってそのほとんどが占められ、流域規模が比較的大きい東岸・長柄川(図2右)においては降雨流出波形が平坦であり、降雨強度の短時間の変化の影響を受にくい中間流出

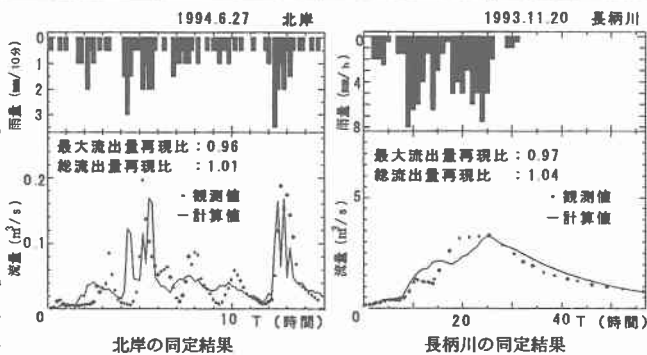


図2 モデルパラメータ同定結果(左:北岸、右:長柄川)

が支配的な降雨流出波形を観測した。枝川については河口付近に不透透面の割合が多く、降雨流出波形は降雨強度の変化に対して一部俊敏な応答を示し、降雨終了後においては裾が長い流出波形を観測した。これは流域内の土地利用の配置の影響が強く現れた例であり、流域特性を一括してとらえることは困難である。

4. パラメータと流域特性の関係

雨水流出予測モデルとして、2段直列型のタンクモデルを用いた¹⁾。モデルの構造とパラメータを図3に示す。タンクモデルは雨水の表面流出、中間流出および浸透現象をタンク中の貯留と縦横の流出孔で表現したモデルであり、流域特性や水文特性などの物理特性を反映したパラメータ推定が可能である。しかし、現実には、限られた流出観測結果を対象にして再現精度を高める方向でパラメータ推定が行われている。そこで、4つの観測流域について計8回の観測データに基づ

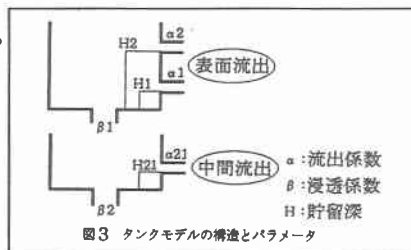


図3 タンクモデルの構造とパラメータ

いたパラメータの同定を個別に行い(図2、4)、ついでパラメータと流域・水文特性との関係性について仮説をたて、流域特性からパラメータを推定する枠組みを設定し、この枠組みに従って流域特性からパラメータを推定した場合の流出予測を、残った一つの流域において評価する。パラメータと流域特性との関係性についての仮説のうち、関係性が確認されたものを以下にまとめる。

($\alpha 1$, $\alpha 2$): これらは、流域の表面流出を表す上段のタンクの流出係数であり、総括流出係数と正の関係、および等価粗度と負の関係を仮定する。総括流出係数と等価粗度は流域土地利用面積率にもとづいて算定したものである。

($\beta 1$): 表面流出の影響が大きい場合、上段からの流出を増加させるために $\beta 1$ は小さくなることから、表面流出と正の関係をもつ総括流出係数と負の関係を仮定する。

($\alpha 2 1$): これは下段の流出係数であり、流出時間全般にわたる流出成分を決定するので、総流出量に關係する総括流出係数と正の關係があると仮定する。

($\beta 2$): 中間流出の影響が大きい場合、 $\beta 2$ 小さく下段からの流出を増加させることから、中間流出と正の關係をもつ等価粗度と負の關係を仮定する。

($H 1$, $H 2$): これらは表面流出の応答性を規定し、河川勾配が大きい場合流出波形は鋭敏な応答を示すので、河川勾配と負の關係を仮定する。また、ピーク流出率が大きければ、対象流域は表面流出の影響が大きいと考えられるので、ピーク流出率と負の關係を仮定する。

($H 2 1$) 降雨流出の時間遅れを規定する $H 2 1$ は、流達時間と正の關係を仮定する。以上の仮説の一例を図5に示す。

5. 流域特性からパラメータを推定する枠組みの検証

4河川2回つある観測データから同定を行った際、中間流出の影響が大きく2段目からの流出のみによって再現された東岸・長柄川、1・2段目からの流出で再現された北岸・枝川のグループに分かれた。この同定結果から、個々のパラメータ推定以前に、流域規模(流域面積、河川長、流達時間等)によって、上段タンクからの表面流出が支配的とならない場合が存在することが考えられ、パラメータ推定を次の2段階で行った。①流域特性項目のうち流域規模に関する項目が、長柄川・東岸に類似する場合は、下段からの流出のみで再現可能と仮定する。②ほかの項目については類似する流域のパラメータ値を基本的に採用し、同定した4流域にたいして明らかに中間的な流域特性を持つ流域については、中間的なパラメータ値を与える。観測データを持つ三山口川について流域特性からパラメータを推定する枠組みを適用した結果、①下段からの流出のみ、②総括流出係数・等価粗度等、長柄川と流域特性が非常に近く、長柄川のパラメータ値をすべて採用した。流出予測の結果を図6に示す。

6. 結果の考察

検定された結果について、再現精度的には個別の観測結果に基づいてパラメータ設定を行った場合に比べて弱く劣る結果となった。特に計算値は降雨終了後の流出減衰が鈍く、総流出量の再現誤差が大きくなる傾向にあり、パラメータ推定の枠組みで採用した $\beta 2$ の値は過小評価であった。現時点の枠組みのうち等価粗度のみから $\beta 2$ を推定することの不十分さが明らかになった。改善策としては、パラメータ推定のもとになった長柄川と適用した三山口川の流域規模の違い(4:1)を考慮することで、中間流出のみで再現する枠組みを修正し、一部表面流出を採用して流出再現を図るなど、個々の仮説の再構成をはかるフィードバックをくり返し行うことで、パラメータ推定の枠組みの完成度は高まることが期待できる。

参考文献: 1) 菅原正巳, 流出解析法, 1975 2) 細井他, 土木学会第46回学術年次概要集, PP.1228~1229, 1994

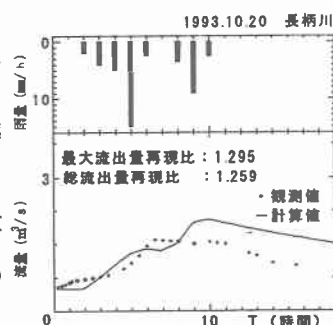


図4 モデルパラメータの検定結果

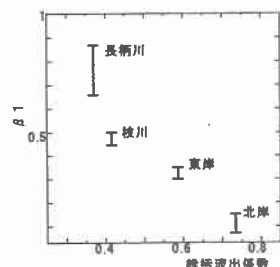


図5 総括流出係数と浸透係数 $\beta 1$ の關係

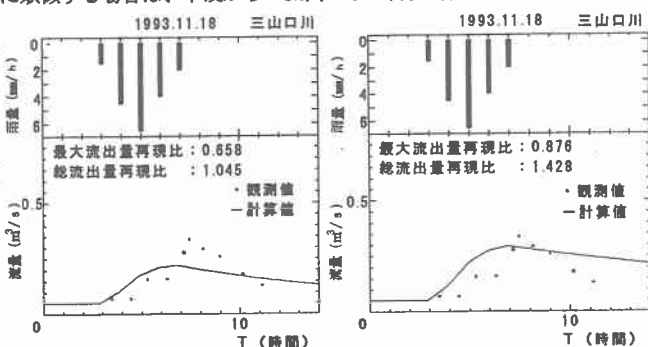


図6 流域特性から推定されたパラメータを用いた三山口川の流出予測結果