

流出モデルを用いた水位-流量曲線作成手法の適用条件と精度の考察

徳島大学大学院 学生会員 山下瑛人
徳島大学大学院 正会員 田村隆雄
徳島大学大学院 正会員 武藤裕則

1.背景と目的：H-Q 曲線は水位と流量の関係を表した二次曲線のことで、主に河道計画の立案や洪水評価に使用される。従来の作成手法（以下、従来手法）では、現地観測の水位と流量をもとに H-Q 曲線を作成する。しかし、流量観測にはコストがかかり、また洪水時の河川での観測は危険が伴う。そこで、田村ら¹⁾が雨量データと水位データを流出モデルに適用して H-Q 曲線を作成する手法(以下、モデル法)を提案した。しかし、適用事例が少なく精度と適用条件が十分に議論されていない。そこで、モデル法で作成した H-Q 曲線(以下、モデル法 H-Q 曲線)と従来手法で作成した H-Q 曲線(以下、従来手法 H-Q 曲線)を比較して、モデル法の精度の検証を行い、得られた結果と流域の環境条件からモデル法の適用条件について考察を行う。

2.対象流域：本研究ではモデル法について考察するために、雨量観測所の数や流域面積の異なる 7 カ所の流域を選定した。各流域の概要を図 1 に示す。

3.流出モデルと水位-流量変換モデル¹⁾：本研究では降雨-流出変換モデルとして実績のある地表面流分離直列 2 段タンクモデルとそのモデルで計算された流量から水位を推定するモデルとして、次式で表される 2 次曲線式を基礎とした水位-流量変換モデルを使用する。

$$Q = \rho(H + \rho)^2 \tag{1}$$

ここで、 Q ：流量、 H ：水位、 ρ 、 ω は係数である。

4.H-Q 曲線作成手法¹⁾：図 2 は H-Q 曲線の作成手法を表したもので、図のように実際の河川横断面は複雑な形状をしている。そこで形状が変化する水位 H_i に対応する流量をパラメータとし、それぞれの水位区間 $H_i \sim H_{i+1}$ ごとに H-Q 曲線を作成して、最後にそれらを合わせて H-Q 曲線を作成する。

5.使用する洪水イベント：本研究では洪水イベントとして、国土交通省の水文・水質データベースから入手した雨量データと水位データを使用する。また、従来手法 H-Q 曲線の作成のために現地観測が行われた期間を調べ、その期間内で発生した洪水イベントを使用する。表 1 に使用する洪水イベントを示す。

6.H-Q 曲線作成結果：モデル法 H-Q 曲線を従来手法 H-Q 曲線と比較するため、従来手法 H-Q 曲線が適用可能な水位区間で水位 10cm ごとに流量誤差を計算し、平均流量誤差を求めた。その結果、全流域で平均流量誤差が 10%以内になり、従来手法程度の H-Q 曲線を作成できた。以下に、H-Q 曲線の比較から得たモデル法に影響する要因について説明する。

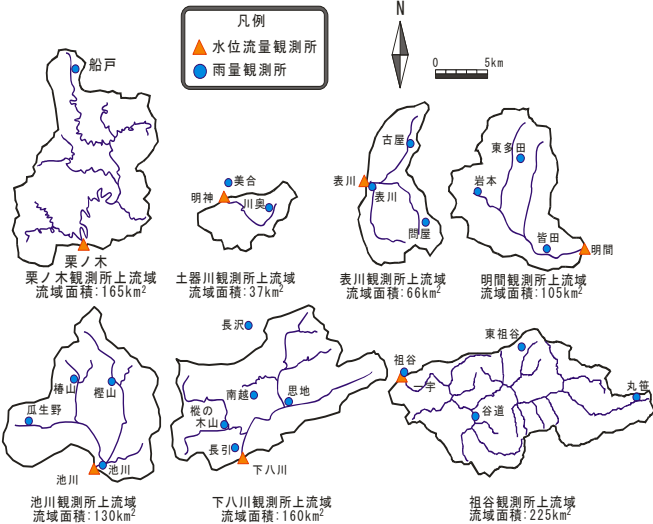


図 1：対象流域の概要

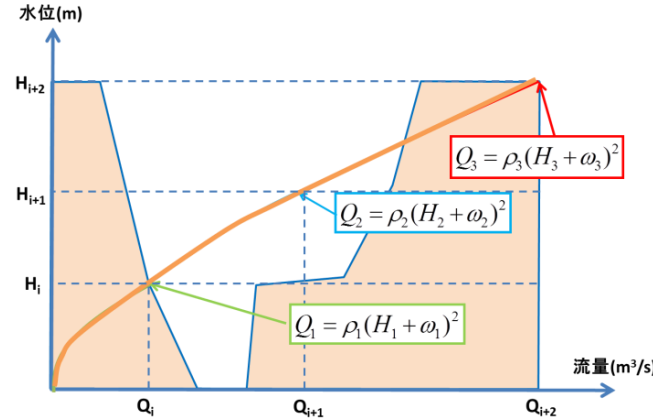


図 2：H-Q 曲線の作成方法

表 1：使用した洪水イベント

対象流域	対象期間	ピーク水位(m)	総雨量(mm)
栗ノ木観測所上流域	2009/8/8～11	7.30	471
明神観測所上流域	2009/8/8～11	2.05	154
表川観測所上流域	2009/6/28～7/1	2.73	155
明間観測所上流域	2009/6/29～7/1	2.82	225
	2007/7/6～9	2.84	160
下八川観測所上流域	2009/8/8～11	5.60	332
池川観測所上流域	2009/8/8～11	2.84	374
祖谷観測所上流域	2012/6/19～22	7.83	373

6.1.洪水時と平水時の流量誤差：モデル法 H-Q 曲線と従来手法 H-Q 曲線の平均流量誤差を図3のように各流域でパラメータとして設定した $H_i \sim H_{i+1}$ ごとにみると、水位区間 $0 \sim H_1$ において流量誤差が大きいことがわかった。この水位区間は従来手法で低水観測が行われる水位区間に含まれている。原因は、洪水時と平水時で流水量が変化し、水収支が取りづらくなったことが考えられる。また、平水時は降雨がない場合が多く、洪水流出の再現を得意とするモデル法では平水位の水位と流量の関係を再現することは難しいと考えられる。よって、モデル法は洪水で現地が危険となり、近づくことが困難な高水位時の H-Q 曲線作成に向いていると考えられる。

6.2.適切な洪水イベントの選択：図4に示すように、祖谷観測所上流域で使用した水位ハイドログラフは2山型水位ハイドログラフであり、それぞれのピーク水位周辺において現地観測が行われている。図5に示す従来手法 H-Q 曲線で現地観測の水位と流量がどの水位区間に使用されているかを調べると、それぞれが異なる H-Q 曲線の作成に使用されていた。このことから、選択した洪水イベントが異なる2つの水位と流量の関係を持っていたことがわかった。よって、2山型水位ハイドログラフをモデル法に使用した場合、最もピーク水位が高くなる周辺の再現性を重視して、H-Q 曲線の作成を行う必要がある。

6.3.水位と流量の1価性が成り立たない流域：図6のように洪水時、河床勾配の影響によりピーク水位前後の水位上昇期と水位減少期で、1つの水位に対して流量が2価性を示すことが報告されている。モデル法は従来手法と同じく、水位と流量の関係を1

価性で表現する。しかし、使用する曲線式(1)が、水位減少期の H-Q ループが描く曲線形に似ているため、正しい流量が再現されてもピーク水位前後の水位の再現が偏る可能性がある。2価性が見られた明神観測所上流域と祖谷観測所上流域において、水位上昇期と水位減少期におけるそれぞれの現地観測が行われた時間帯で推定水位ハイドログラフと観測水位ハイドログラフの水位誤差を計算すると、水位上昇期の方が大きいことがわかった。また、比較的、祖谷観測所上流域は2価性が強く、明神観測所上流域よりも水位誤差が大きかった。このことから、2価性の強い流域では水位ハイドログラフの再現が難しくなると考えられる。

7.まとめ：本研究ではモデル法 H-Q 曲線と従来手法 H-Q 曲線を比較することでモデル法の精度を検証し、得られた結果と流域の環境条件からモデル法の適用条件について考察を行った。モデル法は低水位観測が行われる水位区間を除いた水位以上なら従来手法程度の H-Q 曲線を作成できることがわかった。また、モデル法の適用条件として2価性を持たない、もしくは持つとしても2価性が弱い流域であることが挙げられる。

・参考文献：1)田村隆雄，端野道夫，橘大樹：流量・水位データを使用した H-Q 曲線作成手法，平成18年度自然災害フォーラム論文集，pp1-8，2006年

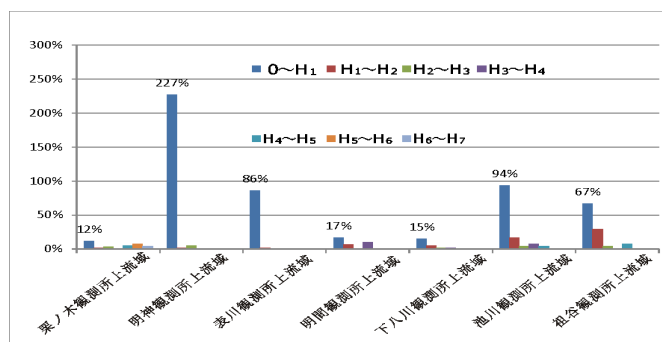


図3：設定した水位区間ごとの平均流量誤差

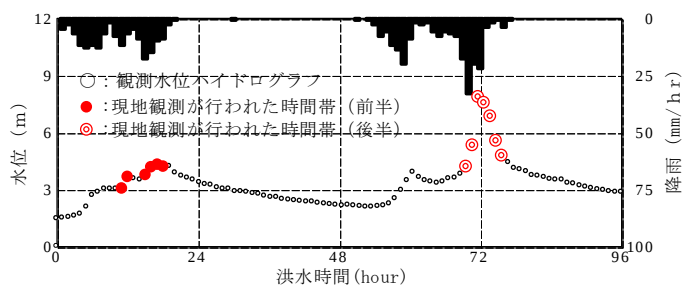


図4：祖谷観測所上流域の水位ハイドログラフ

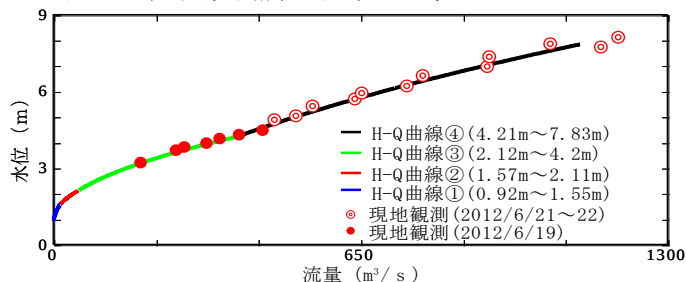


図5：祖谷観測所上流域の従来手法 H-Q 曲線

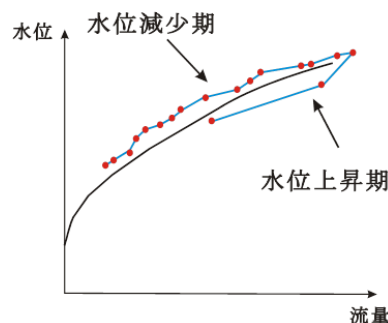


図6：水位に対する流量の2価性