

流域の地理条件と流況曲線形状の関係

足利工業大学 正会員 ○横尾 善之

足利工業大学 正会員 長尾 昌朋

1. はじめに

流況曲線の形状は、どのような条件によって決定されているのであろうか。既往研究を調べると、気候の影響、土壌の影響、地質の影響、地形の影響、植生の影響、流域面積の影響、土地利用の影響などに関する個別の知見の集積は進んでいることがわかる。しかし、流域の諸条件と流況曲線形状との関係を包括的に説明するには至っていない。そこで本研究は、降水量データを大きさ順に並べて作成した“雨況曲線”は流域というフィルターを通して“流況曲線”に変換されると仮定し、その変化量と流域の地理条件との相関を調べることで、地理条件と流況曲線形状の関係の総合的な把握を試みた。

2. 対象流域およびデータセット

本研究の対象流域は、人間活動および雪の影響が比較的小さいことを条件に選択した二川ダム(和歌山県)、一庫ダム(兵庫県)、岩瀬ダム(宮崎県)、厚東川ダム(山口県)、緑川ダム(熊本県)、棕梨ダム(広島県)、永瀬ダム(高知県)、野村ダム(愛媛県)、下笠ダム(大分県)、新豊根ダム(愛知県)、青蓮寺ダム(三重県)、椿山ダム(和歌山県)、鶴田ダム(鹿児島県)、湯原ダム(岡山県)の合計14のダム流域である。各ダム流域の平成2年度から4年度までの日降水量および日流入量データを多目的ダム管理年報^{1),2),3)}から入手した。

3. 流況曲線および雨況曲線のモデル化

上記の3年分の日降水量および日流入量データをすべて用いて流況曲線および雨況曲線を流域別に描画し、これを次の式(1)および(2)に示す同型の数学的モデルで表現した結果をそれぞれ表1、図1にまとめた。

$$P = \left[\frac{a}{\tanh^{-1}(bp)} \right]^c + d \tag{1}$$

$$Q = \left[\frac{a}{\tanh^{-1}(bp)} \right]^c + d \tag{2}$$

ここで、 a 、 b 、 c 、 d はそれぞれ流況曲線の対数軸上での上下動、時間分布、全体的曲率、末端部の上下動を決定している。 P 、 Q 、 p はそれぞれ降水量(mm/d)、流出高(mm/d)、超過確率($0 \leq p \leq 1$)である。

表-1 雨況曲線および流況曲線の最適パラメータ。流況曲線のパラメータには“'”を付して区別した。パラメータ**b**は手動で決定したため、十分な最適化は行われていない。

	a	b	c	d	a'	b'	c'	d'
二川	12.25005	2.20	0.708395	-4.88232	4.548108	1	0.572896	-0.87943
一庫	21.86906	2.60	0.620838	-5.5636	1.657513	1	0.554771	-0.49189
岩瀬	14.0686	2.60	0.75716	-4.84071	3.99332	1	0.564471	0.883805
厚東川	15.71423	2.60	0.658186	-3.92977	2.022365	1	0.635682	-0.38547
緑川	16.40803	2.65	0.681013	-3.91964	3.33171	1	0.606587	0.375718
棕梨	7.822277	2.80	0.710992	-2.30717	1.244567	1	0.599486	-0.272
永瀬	18.099	2.40	0.716607	-5.61057	8.915074	1	0.616854	-1.06488
野村	16.28464	2.40	0.656913	-4.71958	1.297429	1	0.696151	-0.24373
下笠	14.6362	2.40	0.753667	-4.89694	2.439659	1	0.762108	-0.10407
新豊根	60.56414	2.40	0.596627	-10.2035	224.8694	1	0.35273	-4.24711
青蓮寺	19.73149	2.40	0.632147	-5.62223	1.662562	1	0.663154	-0.16061
椿山	9.42661	2.40	0.766166	-3.71306	3.808521	1	0.682323	-0.52419
鶴田	25.17238	2.40	0.675949	-6.4672	3.16914	1	0.629389	0.45768
湯原	11.41905	2.10	0.675334	-3.19806	76.65845	1	0.356158	-2.24844

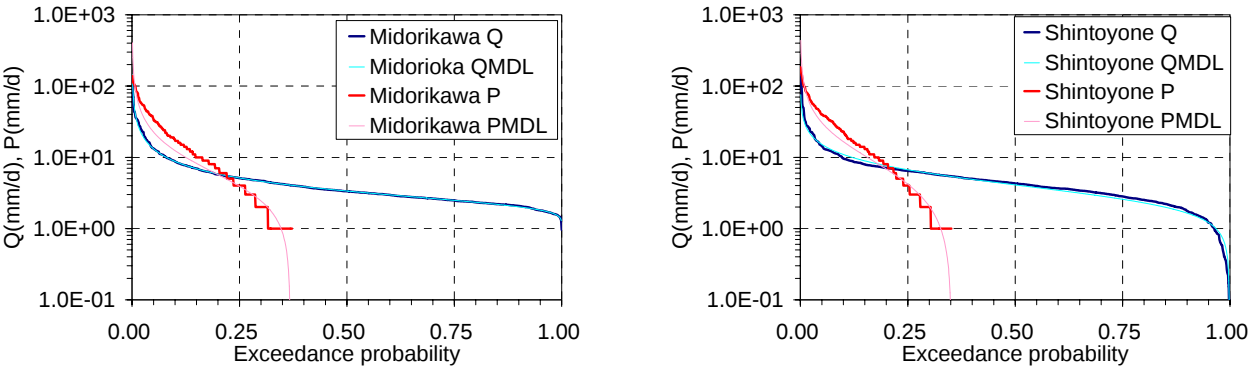


図-1 緑川ダム（左）および新豊根ダム（右）の再現結果（P：降水量，Q：流出量，MDL：再現結果）

4. 流域の地理条件の抽出

国土地理院発行の数値地図情報および 1/200,000 地勢図を利用して、河川長，総河川長，最大標高，最小標高，最大標高差，流域面積，流域平均幅，形状係数，流域平均勾配，河川密度，土壌型別面積率（3 種類），表層地質型別面積率（3 種類），土地利用型別面積率（9 種類）の合計 25 種類の流域の地理条件値を算出した。土壌および表層地質の分類は，中野⁴⁾が自身の経験をもとに提案した分類法を元にしており，それぞれ“地下水流出量涵養に対する貢献度”および“基底流出涵養に対する貢献度”の大きさで分類するものである。

5. 流域の地理条件が流況曲線形状に与える影響

雨況曲線から流況曲線への変化率と各流域の流域特性値との相関を調べた結果が表-2 である。この表から，次のことが言える。1)流況曲線は，最低標高，基底流出貢献度が小さい地質 C の面積率，地下水流出貢献度が中程度の土壌 B の面積率，が大きい流域において流量が増加する方向に移動する。2)最低標高，地質 C の面積率，土壌 B の面積率，が大きい流域において流量が平均化される。3)最低標高と土壌 B の面積率が大きく水田が少ない流域では流況曲線末端部が上昇する。なお，手動で決定した *b* については考察を避けた。

6. おわりに

本研究で提案した流況曲線モデルは，極めて簡単かつ高精度に流況曲線を再現できる点が優れており，この点は大きな成果である。しかし，抽出した流域の地理条件では雨況曲線から流況曲線への変化量を十分に説明できなかった。雨況曲線から流況曲線への変化量を用いて議論を進めることに問題がある可能性もあるため，降水量データを説明変数に加えた解析も必要である。また，中野の⁴⁾土壌および地質の分類法以外の分類法を用いた検討も必要である。

謝辞

地理情報の取得には，国土交通省，水資源機構，各地方自治体のダム管理事務所の協力を得た。ここに謝意を表す。

参考文献

1) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報，1994。
2) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報，1995。
3) 建設省河川局開発課：多目的ダム管理年報，1996。
4) 中野秀章：森林水文学，共立出版，1976。

表 2 相関解析の結果. 標本数 14 が際の 5%有意水準 0.514 を超える相関係数が太字.

	$(a'-a)/a$	$(b'-b)/b$	$(c'-c)/c$	$(d'-d)/d$
河川長(km)	-0.149	0.199	0.026	-0.217
総河川長(km)	-0.177	-0.003	0.057	-0.385
最大標高(m)	0.046	0.157	-0.241	-0.178
最小標高(m)	0.719	0.415	-0.564	0.711
最大標高差(m)	-0.14	0.043	-0.085	-0.35
流域面積(km ²)	-0.132	0.025	0.041	-0.305
流域平均幅(km)	-0.048	-0.225	0.003	-0.295
形状係数	0.025	-0.307	0.047	-0.074
平均勾配	0.011	-0.137	-0.054	-0.135
河川密度 1/km	-0.185	0.01	0.053	-0.352
地質 A(%)	-0.321	-0.289	0.347	-0.13
地質 B(%)	-0.433	0.098	0.461	-0.344
地質 C(%)	0.579	0.078	-0.693	0.411
土壌 A(%)	-0.354	-0.448	0.38	-0.108
土壌 B(%)	0.922	0.54	-0.778	0.82
土壌 C(%)	-0.315	0.084	0.157	-0.455
水田(%)	-0.381	-0.217	0.269	-0.619
畑(%)	-0.261	-0.27	0.285	-0.133
畑+樹木畑(%)	-0.058	0.182	0.317	-0.218
畑+樹木(%)	-0.282	-0.273	0.315	-0.16
森林(%)	0.467	0.392	-0.416	0.516
荒地+空地(%)	-0.235	-0.347	0.207	-0.166
建物用地(%)	-0.346	0.011	0.36	-0.359
交通用地(%)	-0.24	-0.154	0.135	-0.481
水域(%)	0.177	0.038	-0.028	0.248