

P-31 北上川水系胆沢川の石淵ダムにおける流況と林況との関係

岩手大学農学部 石井正典

1 まえがき

本研究は、森林流域での流量は降水量、気温及び森林蓄積の3因子を用いて推定し、流量に対するそれら3因子の関わりを調べることを目的とした。解析に用いた流量資料は、石淵ダムにおける年間の平均日流入量（以下、「平均流量」と言う。）及び日流入量に基づく流況曲線の中から、ほぼ等間隔な8個の流量（以下、「流況」と言う。）とした。

2 解析対象流域の概要

2.1 石淵ダムの概要 石淵ダム（流域面積：154 km²）は胆沢川と北上川との合流点から上流へ約25kmの地点に位置する。

2.2 石淵ダム流域の林況 流域内の森林は全て国有林で、流域内の国有林面積率は、94.5%である。その国有林は全て水源涵養保安林に指定されている。

森林蓄積は森林調査簿から求めた。昭和29年から平成6年までをⅠ期、Ⅱ期、Ⅲ期及びⅣ期の4期に区分し、それら4期と全期の森林蓄積の平均値を示した（表-1）。

表-1 森林蓄積の各期平均値 (単位：百万m³)

森林蓄積	Ⅰ期	Ⅱ期	Ⅲ期	Ⅳ期	全期
	S29-S38	S39-S48	S49-S58	S59-H6	S29-H6
全森林蓄積	1.539	1.515	1.389	1.420	1.465
広葉樹蓄積	1.520	1.482	1.322	1.274	1.396
針葉樹蓄積	0.019	0.033	0.067	0.147	0.068

2.3 ダム地点（基地）における年降水量及び年平均気温 基地における年降水量と年平均気温の4期及び全期の平均値を表-2に示した。

表-2 基地の年降水量及び年平均気温の各期平均値

気象要素	Ⅰ期	Ⅱ期	Ⅲ期	Ⅳ期	全期
降水量 mm	1,986	1,963	1,822	1,815	1,895
平均気温 °C	9.5	9.4	9.2	9.2	9.3

2.4 石淵ダムの流量の概要 平均流量の記号はR_m (m³/秒)とする。解析に用いた8流況は、当該年を通じて、それぞれ、50, 95, 140, 185, 230, 275, 320及び355日、これを下まわらない流量である。8流況の呼称（記号）を、大水量(R₁, m³/秒), 豊水量(R₂), 高水量(R₃), 平水量(R₄), 中水量(R₅), 低水量(R₆), 小水量(R₇)及び渴水量(R₈)と呼ぶ。

2.5 流域の平均気温及び降水量の推定 流域平均気温は流域平均高度と基地高度の高度差に0.6°C/100mの気温低減率を考慮した値とした。流域年流出量と年蒸発散能の和を基地年降水量で割ると、それは1.71となるので、以下の解析では基地年降水量の1.7倍を流域年降水量と仮定し、その値を解析に用いる。

3 研究方法

3.1 単回帰分析及び重回帰分析

$$R = a \cdot p_y + d \quad (2), \text{【A法】}, \quad R: \text{流量}$$

$$R = a \cdot p_y + b \cdot t_y + d \quad (3), \text{【B法】}, \quad p_y: \text{年降水量}, a \text{ 及び } d: \text{定数項}$$

$$R = a \cdot p_y + c \cdot w + d \quad (4), \text{【C法】}, \quad t_y: \text{年平均気温}, b: \text{定数項}$$

$$R = a \cdot p_y + b \cdot t_y + c \cdot w + d \quad (5), \text{【D法】}, \quad w: \text{森林蓄積}, c: \text{定数項}$$

3.2 標準回帰式

$$R^* = a^* \cdot p_y^* + b^* \cdot t_y^* \quad (6), \text{【B法】}, \quad p_y^*: \text{標準化した年降水量}$$

$$R^* = a^* \cdot p_y^* + c^* \cdot w^* \quad (7), \text{【C法】}, \quad t_y^*: \text{標準化した年平均気温}$$

$$R^* = a^* \cdot p_y^* + b^* \cdot t_y^* + c^* \cdot w^* \quad (8), \text{【D法】}, \quad w^*: \text{標準化した森林蓄積}$$

R* : 標準化した流量, a*, b* 及び w* : 標準回帰係数

4 解析結果及び考察

4.1 平均流量に対する回帰式及びその適合度

平均流量に対するA～D法を用いたときの回帰式は(9)～(12)式に示した。

$$R_m = 2.346p + 5.177 \quad (9) \quad \text{【A法】}$$

$$R_m = 2.375p - 0.733t + 10.216 \quad (10) \quad \text{【B法】}$$

$$R_m = 2.554p - 5.593w + 12.699 \quad (11) \quad \text{【C法】}$$

$$R_m = 2.548p - 0.650t - 4.735w + 16.013 \quad (12) \quad \text{【D法】}$$

また、平均流量に対するB～D法を用いたときの標準回帰式は(13)～(15)式に示した。

$$R_m^* = 0.758p^* - 0.257t^* \quad (13) \quad \text{【B法】}$$

$$R_m^* = 0.815p^* - 0.235w^* \quad (14) \quad \text{【C法】}$$

$$R_m^* = 0.813p^* - 0.228t^* - 0.199w^* \quad (15) \quad \text{【D法】}$$

表-3 回帰式による平均流量への適合度の比較

流量	適合度(τ)	A法	B法	C法	D法	備考
R _m	有意水準(α)	**	**	**	**	—
	標準誤差(σ, m ³ /秒)	1.13	1.06	1.08	1.02	σ _s =1.68

注)**: 1%有意, σ_s: 平均流量の標準偏差(m³/秒)

表-4 平均流量に対する標準回帰係数及びそれへの寄与度

流量		標準回帰係数			寄与度A			寄与度B	
		a*	b*	c*	降水	気温	森林	気象	森林
平均流量	B法	0.758	-0.257	—	100	-34	—	100	0
	C法	0.815	—	-0.235	100	—	-29	100	29
	D法	0.813	-0.228	-0.199	100	-28	-24	100	19

さらに、平均流量についてA法～D法を用いたときの適合度を表-3に示した。適合度(τ)の評価は、回帰式の有意水準(α)及び流量の測定値と計算値に基づく標準誤差(σ, m³/秒)とした。同表のαの**印は1%有意を表す。さらに、同表には流況の標準偏差(σ_s)も示した。

同表より、A～D法の有意水準は全て1%有意で同等であり、また4法の適合度は良好である。平均流量の標準偏差は1.68(m³/秒)であるが、A～D法による平均流量の標準誤差は1.02～1.13(m³/秒)であり、それらの適合度も良好である。

同表の適合度の結果を総合すると、平均流量に対する回帰式の適合度はD法が最良であるから、本研究では4法の中からD法を選び、平均流量の回帰式は(12)式を、また、その標準回帰式は(15)式をそれぞれ特定した。すなわち、対象流域の平均流量(年流出量)の推定には年降水量、年平均気温及び森林蓄積の3変数を用いることとする。

(12)式のpの係数は正であり、t及びwの係数は負である。このことから、降水量と平均流量とは比例関係が認められる。一方、気温・森林蓄積と平均流量とは反比例関係が認められた。このことから、後半(Ⅲ・Ⅳ期)の年降水量が小さいにも関わらず平均流量が大きいのは後半における気温の低下と森林蓄積の減少に伴う蒸発散量の抑制が作用しているものと推察される。

平均流量に対する標準回帰係数及び寄与度を表-4に示した。寄与度Aは流量に対する降水量の寄与を100とした場合の平均気温と森林蓄積の寄与の比率である。寄与度Bは流量に対する降水量と平均気温の寄与の絶対値の和(気象)を100とした場合の森林蓄積の寄与の比率である。

前述のように、平均流量に対する回帰式はD法が望ましいので、D法の標準回帰式を用いて平均流量に対する3変数の寄与の比較を行なう。

p, t, wの標準回帰係数の絶対値は、0.813, 0.228, 0.199である。このことから、pの係数を100とおくと、tとwのそれは28, 24である。したがって、平均流量に対する気温と森林蓄積の寄与は降水量の28%と24%で、平均流量に対する気温及び森林蓄積の寄与は降水量の1/4程度である。

表-6の寄与度Bに示すように、平均流量に対する気象(p, t)と森林(w)の寄与の割合は100対19であるから、平均流量に対する森林蓄積の影響は年降水量の2割程度である。