

北海道大学工学部 正会員 岸 力

" " 平山 健一

" " 学生会員 長谷部正彦

1 緒言

日流量時系列の標本と確率的なモデルから発生させる方法が、水利用の計画において有用なものであることは、前回の単独地塊の日流量計算モデルの研究で示したが、この論文では流域内の2地塊を考え、そのハイドログラフを同時に求める方法について述べた。2地塊の相関を示す回帰線による計算モデルでは上流地塊から下流地塊への追算は不十分であったので、次に2地塊間における増水、減水の組合せ、ここでは石狩川流域の伊納について上流中受別の流況と、伊納地塊の持続性を考えた増、減水日の発生モデルをつくり、次に両地塊の増減水の指定によって、中受別から伊納の流量を推定するための計算方式を4つの場合に分けて簡単にのべてある。

2 持続性モデルによる計算方式

2-1 増水日、減水日の決定のためのモデル

連続する2日間の日流量の増減水を、資料に最も忠実に再現するため、ある日が前日より流量が増加すれば“増水日”，減少すれば“減水日”と呼ぶことにし、その生起の仕方を2地塊の場合について解析する。ここでは石狩川流域、中受別、伊納

表-1

	中 受 別		伊 納	
	増水日	減水日	増水日	減水日
Aug.	32.3%	67.7%	34.8%	65.2%
Sept.	32.6	67.4	32.6	67.4
Oct.	35.5	64.5	31.8	68.2

の昭和27年～39年の資料を用いたが、両地塊の月別の増、減水日の生起確率は表-1のようになる。ここで R:増水日, F:減水日, N:中受別, I:伊納と示すことにし、 R_N :中受別増水日のように用いることにする。

表-2

		$R_N - R_I$	$R_N - F_I$	$F_N - R_I$	$F_N - F_I$
Aug.	理論値	11.2%	21.1%	23.6%	44.1%
	実測値	22.3	9.9	12.2	55.6
Sept.	理論値	10.6	21.9	22.0	45.5
	実測値	22.1	10.5	10.5	56.9
Oct.	理論値	11.3	24.2	20.5	44.0
	実測値	20.1	15.4	11.7	52.9

また中受別、伊納の増減水日の組合せを含む確率を調べると表-2のように両地塊が独立と考えた場合に比べ、増減水が同一日になる傾向が強く伊納の増・減水は上流中受別の増減水と相関を示している。

表-3

		R-R-R	R-R-F	R-F-R	R-F-F	F-R-R	F-R-F	F-F-R	F-F-F
Aug.	理論値	7.8%	14.5%	3.4%	6.5%	4.2%	8.0%	19.3%	36.3%
	実測値	11.2%	11.2	3.2	6.7	5.0	7.2	15.6	40.0
Sept.	理論値	7.3	14.8	3.5	7.0	3.5	7.0	18.8	38.1
	実測値	8.5	13.6	3.3	7.2	5.1	5.4	16.7	40.3
Oct.	理論値	6.4	13.7	4.9	10.5	3.7	8.0	16.8	36.1
	実測値	7.0	13.2	2.5	12.9	4.2	7.4	17.4	35.5

ただし上表で $R-R-R$ は $R_N(t) - R_I(t) - R_I(t-1)$ を示し t は当日、 $t-1$ は前日である

次に 伊納地集における増水日、減水日の持続性を調べるために表-2の4事象について、伊納の
 前日の増減水と調べ、これらが前日と独立に生起しているか否かを調べる。この場合、中叡別の増減
 水は前日と独立に生起することが調べられているので、中叡別の前日の増減水と考慮する必要はない。
 表-3に実測値及び表-2の発生確率より独立の仮定のもとに求めた理論値を示したが、伊納では
 増水、減水が1度生起すると続いておこる確率が大きく、生起確率と割増しするための持続係数を乗
 じてやることにする。持続係数の一例近似値は同事象が連続する場合

表-4

	増水の持 続係数 f_1	減水の持 続係数 f_2
Aug.	1.34	1.10
Sept.	1.28	1.05
Oct.	1.11	1.04

合について 実測確率/理論確率で与えられ、各月について求めると表-4のようになる。この持続係数の値が正しければ伊納の前々日を含めた場合の理論確率を計算すれば、実測値に近い値がえら
 るはずである。表-5には実測値と理論値を示したが、ほとんどよ

く一致

しており、
 前日の条
 件まで
 考えた

モデル
 を作製
 すれば
 実測に
 近い増

水日、

減水日の発生過程を表すことができることがわかった。実際の計算に使われたモデル
 では中叡別の当日及び伊納の前日の増減水の指標を用いて伊納の当日の増減水を統計
 的に定める。さらに伊納の増減水は中叡別の増水量と密接な関係があることがわかつたので、中叡別の増水量 ΔQ_N の値が10%以
 上の場合と以下の場合にわけて異った発生確率を与えてある。増水日、減水日の n 日
 間継続確率を算出してみると、図-1、図-2の計算(2)となり実測値と大体よく一致
 している。図中の計算(1)は持続係数を用いない場合の理論値である。

表-5

		R-R-R-R	R-R-R-F	R-R-F-R	R-R-F-F	R-F-R-R	R-F-R-F	R-F-F-R	R-F-F-F
Aug.	理論値	4.9%	5.6%	3.4%	8.6%	1.3%	1.5%	2.0	5.1
	実測値	3.5	7.7	3.0	8.2	1.5	1.7	2.2	4.5
Sept.	理論値	3.8	5.6	3.8	9.5	1.2	1.8	2.1	5.3
	実測値	2.3	6.2	2.9	10.8	1.0	2.3	0.5	6.7
Oct.	理論値	2.5	4.4	3.8	8.9	1.6	2.9	3.3	7.7
	実測値	2.0	5.0	2.7	10.4	0.5	2.0	3.5	9.4

		F-R-R-R	F-R-R-F	F-R-F-R	F-R-F-F	F-F-R-R	F-F-R-F	F-F-F-R	F-F-F-F
Aug.	理論値	2.7	3.0	1.9	4.7	7.3	8.4	11.3	28.4
	実測値	1.7	3.2	1.0	6.2	8.9	6.7	13.7	26.3
Sept.	理論値	1.8	2.6	1.8	4.5	6.7	9.7	11.4	28.5
	実測値	1.0	4.1	1.5	3.9	9.7	7.0	14.6	25.6
Oct.	理論値	2.6	2.6	2.2	5.2	5.6	10.0	11.3	26.6
	実測値	1.2	3.0	1.0	6.5	7.2	10.2	12.4	23.1

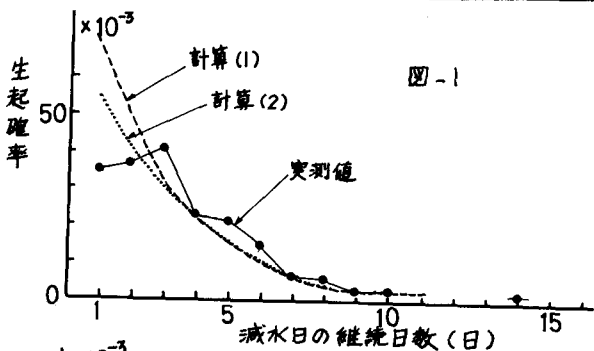


図-1

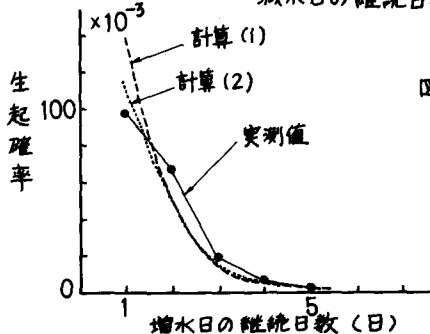


図-2

2-2 伊納流量の計算方法

伊納地災における前日流量 Q_{t-1} と当日流量 Q_t の関係を図-3に示した。 $Q_t = Q_{t-1}$ の直線より上にある点が増水日、下にある点が減水日と示している。図では中叡別の増減も同時にわかる様に4種類の記号を用いてあるが、伊納の増水量、減水比は各々異った平均値をもつ次の4つのグループに大別されうと考えられる。

グループⅠ 両地災減水

Ⅱ 中叡別一減水、伊納一増水

Ⅲ 中叡別一増水、伊納一減水

Ⅳ 両地災増水

減水日が続く場合、減水比の前日との相関は前日の流量による減水比の分布型のちがいに加味すれば十分であり、増水量はラダムに生起

すると考えて、Ⅰ、Ⅲの伊納が減水の場合(1)式、Ⅱ、Ⅳの伊納が増水の場合は(2)式を各々用いて γ 及び ε を求めれば Q_t が計算できる。

$$Q_t = \gamma \times Q_{t-1} \quad \gamma: \text{減水比} \quad (1)$$

$$Q_t = Q_{t-1} + \varepsilon \quad \varepsilon: \text{増水量} \quad (2)$$

Ⅰの場合には伊納前日流量 Q_{t-1} の小さいところでは点は $Q_t = Q_{t-1}$ の下側に接近しており、 Q_{t-1} が大きくなるにつれて直線からはなれていく。又両地災の減水比の相関を調べると相関はそれほど大きくなく、伊納地災単独で減水比を決めてさしつかえなし。本計算では図-3より次の4つの場合に分けて各々について分布型を調べた。(1) $Q_{t-1} < 150 \text{ m}^3/\text{s}$, (2) $150 < Q_{t-1} < 350$, (3) $350 < Q_{t-1} < 700$, (4) $Q_{t-1} > 700$ 。(1), (2)にはポアソン分布, (3), (4)には実測の累加確率に直線とあてはめ計算上の確率を求めた。

Ⅱの場合は、中叡別流量が10%以下に、伊納増水量の分布が異なり他支川流域における小降雨による増水と、広範囲な降雨における出水時刻のずれによる出水の違いが比較的、明瞭にあらわれている。これら2つの場合の増水量ヒストグラムは、ポリアエッゲンベルガーの分布で近似された。

Ⅲの場合は、中叡別の出水が、下流に影響が少い場合で減水比も1の近くにある。月毎に減水比のヒストグラムが少しずつ異なり、月別にポアソン分布をあてはめた。

Ⅳの場合、中叡別増水量が10%以上では、増水量にある程度の相関があり、両地災の降水の強度は似かよっている。中叡別の増水量から伊納の増水量を推定するために、両増水量の回帰線と求めた。しかし、この回帰線によれば、伊納で負の増水量が計算される場合が生じ不適当である。本計算では両増水量の対数をとって回帰線と求めた。また中叡別の増水量が10%以下の場合には伊納の増水量が中叡別とは独立に生起すると考えてよく、ポリア、エッゲンベルガーの分布にあてはめた。又、回帰線からのずれは対数正規型の分布にあてはめて近似した。

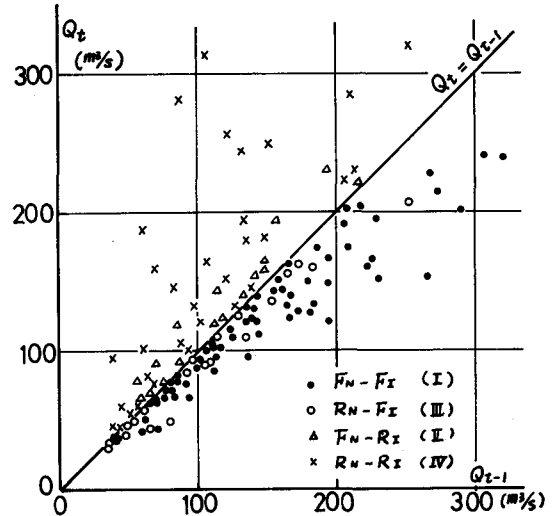


図-3

2-3 計算結果の検討

2-1, 2-2 に述べたモデルによれば上流のハイドログラフの変化を考慮に入れて下流地災を計算することが出来る。最上流端は単独地災の方法を用いればよい。この計算では中叡別より、伊納への追算の精度をたしかめるために、中叡別日流量及び、伊納の初期値として実測値を与えた。従って伊納の増減水、流量の値が確率的に決まることになる。又、計算上で伊納の流量が、中叡別の流量より小さくなった場合は計算をやりなおすことにした。これは実測値から与えられた計算上の制限である。日流量系列について、実測値と計算値について分散、平均値について差があるか否かを各月について調べてみると差が認められなことが統計的に検証でき計算値と実測値は同じ母集団からの標本とみてよいことが示される。次に伊納日流量の度数分布を調べ Sept. の例を図-4 に示したが実測値と計算値は大体よく一致している。次に日流量について中叡別との相関を調べ Sept. の例を図-5 に示した。図中の回帰線は13回の実測値を使って最小2乗法により求めたが、計算値の回帰係数との差の検定が行くと、回帰係数に差が認められず、両地災の月流量の相関が正しく再現されている。図には実測値について95%、99%の信頼限界線を示してある。又、実用上から指定値以下の流量の継続日数と度数を調べ、実測値と比較してみると、よい近似を与えており、これらのことから、このモデルによるシュミレーションの精度が高いことが示されている。

図-4

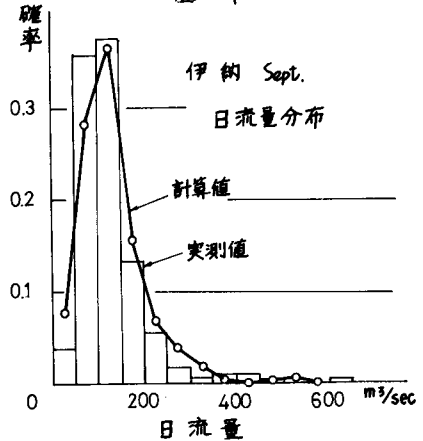
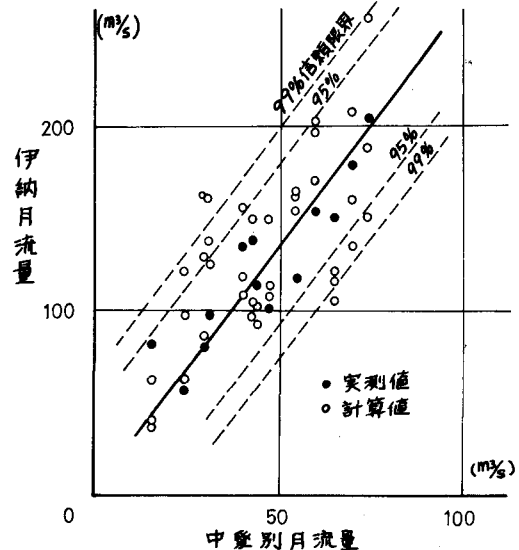


図-5



参考文献

岸、平山、長谷部：河川日流量時系列の研究

土木学会第23回年次学術講演会講演概要 昭和43年、9月