

II—15 胆振地方の山地流域における豪雨出水過程の基礎的研究

室蘭工業大学 正員 藤間 聡

1. まえがき

胆振南西部に位置する登別、白老地方は、道内で有数の多雨地帯であり、平均年間降雨量は1800 mm以上に達し、しばしば豪雨災害が発生し多大な損害を被っている。特に昭和55年8月及び56年8月と二年連続して記録的な大雨に見舞われ、浸水災害、地盤災害が広域に発生したことは記憶に新しい。登別、白老間には白老川、敷生川、登別川及び胆振幌別川の4水系の二級河川があり、いずれの流域においても山地部が80%以上を占め、かつ急こう配なため洪水到達時間が短かく、ピーク流量の出現までの立上りが急激な流出特性を有する。

本研究は、上記4水系における降雨—流出量について、現在まで得られている豪雨時観測水文資料を基にタンクモデル法により検討を加え、モデルの係数を同定し登別、白老地方の山地流域の流出現象を明らかにしようとするものである。

2. 対象流域の概要

2.1 流域特性

解析対象水系の位置及び形状を図一/に示してある。登別、白老地方の地形特性は、オロフレ山系の南西斜面から段丘が発達し海岸までなだらかな丘陵台地が展開している。この台地は、河川により開析が進み山ろく緩斜面が少なく、河川上流部においては、急傾斜な峡谷谷を呈している。河川の流路延長は、いずれも20km前後であり、すべて北西から南東に向けて流下し最下流部に狭小な沖積地を形成している。

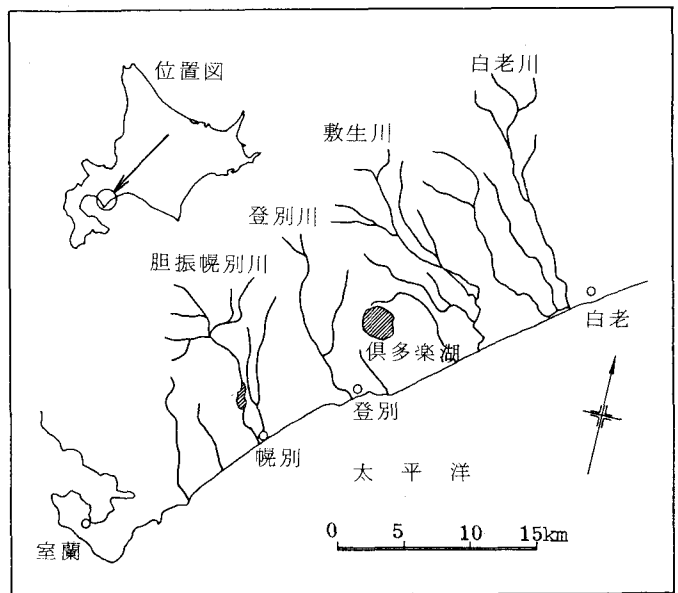
白老川：この地方において最大の河川であり、南北21km、東西11kmのほぼ矩形形状流域を有し最下流部の白老町西端でウヨロ川と合流したのち太平洋に流下する。

敷生川：南北18km、東西11kmの扇形状流域で、中流部において毛敷生川と、下流部において飛生川と合流し竹浦町にて海に臨む延長23kmの河川である。

登別川：南北15km、東西7kmの羽状流域を有し、中流部において深く急傾斜な峡谷を形成し登別市街地を貫流する延長17kmの河川である。

胆振幌別川：南北15km、東西11kmのほぼ扇形状流域で、上流部において3川合流の放射状を呈し、中流部の工業用水池を経て幌別市街で来馬川と合流する延長18kmの河川である。

以上4河川流域に関する諸元をまとめて表一1に示す。次に、この地方の地質は、溶結凝灰岩が広く分布しており、その上に安山岩れきを主とした粗粒砂及び火山灰が堆積している。溶結凝灰岩は、その層厚が北西部に厚く、このため台地面は北西部ほど高くなる。また、この地方の北西部が集中豪雨地域であることから河川は北西から南東に流路をとるものと考えられる。



図一1 登別・白老地方の河川位置図

2・2 降雨特性

登別、白老地方は、年間降雨量が1800mmに達する多雨地帯であるが、豪雨成因として、この地方はオロフレ山系の南東斜面の近傍にあり地上風が南東の場合、山岳性降雨が多発するためと推定される。

この地方の確率日雨量を表-2に示す。なお、同表には、道内の代表的地域の確率日雨量も併せて揭示してある。この結果登別地方が極めて大きな確率日雨量を有することが確認できる。白老地方については、観測水文資料が10年程度と少なく、また確率紙上で整理した結果、Dog・legの傾向が著しく信頼性に欠けるため、ここでは揭示していない。

対象流域内の降雨並びに流量資料について述べると、降雨に関しては、胆振幌別川流域のほぼ中央にある標高92mの鉾山町観測所及び白老川流域の上流部標高160mにある森野観測所で収集されたものである。一方流量に関しては、白老川においては河口から14km地点にある御料地、敷生川は河口から2kmの地点にある敷生、登別川は河口から0.8kmの登別、胆振幌別川については幌別ダムで観測されたものである。本研究は、豪雨時流出過程のみを対象にするため上記雨量並びに流量観測所で得られた昭和55年8月28日から31日、56年8月3日から6日及び8月21日から24日の豪雨災害時の資料を使用する。

3. タンクモデル法による流出解析

3・1 タンクモデル法の概説

流出現象は降雨から流出への変換過程であり、本解析で使用するタンクモデル法は、複雑な流域の諸条件及び降雨条件を巨視的には握し、簡便な物理モデルにより流出系を表現するものである。タンクモデル法の詳細については成書にゆずるとしてここでは、その概説のみを行う。

タンクモデル法は、図-2に示すような模型タンクを数個組合せて流域内の流出過程を表すものである。この方法を対象流域に適用するために、タンクの個数、側壁の流出孔数、流出孔位置及び孔定数を観測ハイドログラフと比較しながら試行法により決定しなければならない。本研究においては、図-2に示す直列3段モデルを想定し各流域の流出量を推定した。3段モデルを採用した理由は、登別、白老地方の地層は比較的浅い所に不透水性の基盤が存在するため豪雨時流出は大部分表面流出によるものと考えたことによる。

直列3段モデルにおける流出量は次式により与えられる。

(1) / 段目タンクの貯留高が h_1 以下の場合

$$y_1 = y_2 = 0 \quad z_1 = \beta_1 \cdot x / (s + \beta_1) \quad \dots (1)$$

$$y_3 = \frac{\alpha_3}{s + \beta_2 + \alpha_3} z_1 - \frac{\alpha_3 \beta_2 h_3}{\beta_2 + \alpha_3} \quad z_2 = \frac{\beta_2}{s + \beta_2 + \alpha_3} z_1 + \frac{\alpha_3 \beta_2 h_3}{\beta_2 + \alpha_3} \quad \dots (2)$$

$$y_4 = \alpha_4 \cdot z_2 / (s + \alpha_4) \quad \dots (3)$$

(2) / 段目タンクの貯留高が $h_1 < R_1 < h_2$ の場合

$$y_1 = \frac{\alpha_1}{s + \alpha_1 + \beta_1} x - \frac{\alpha_1 \beta_1 h_1}{\alpha_1 + \beta_1} \quad z_1 = \frac{\beta_1}{s + \alpha_1 + \beta_1} x + \frac{\alpha_1 \beta_1 h_1}{\alpha_1 + \beta_1} \quad \dots (4)$$

$$y_2 = 0$$

表-1 4水系の流域諸元

河川名	流路長	流域面積		
		山地部	平地部	合計
白老川	24km	150.0	28.3	178.3km ²
敷生川	23	107.4	28.7	136.1
登別川	17	52.1	0.9	53.0
幌別川	18	95.4	9.3	104.7

表-2 道内各地の確率日雨量 (単位 mm)

確率年 地 点	3	5	7	10	20	30	50	80	100	200
登 別	147	187	213	241	300	335	375	425	440	503
室 蘭	93	104	110	116	128	133	141	149	151	161
苫小牧	96	113	124	136	159	172	190	205	211	235
札幌	71	85	95	105	124	139	152	168	172	195
岩見沢	80	105	123	143	185	211	248	280	300	360
旭川	65	80	92	104	130	148	168	188	198	230
函館	84	97	105	114	130	140	152	163	169	185
稚 内	70	87	100	113	140	160	180	201	210	245

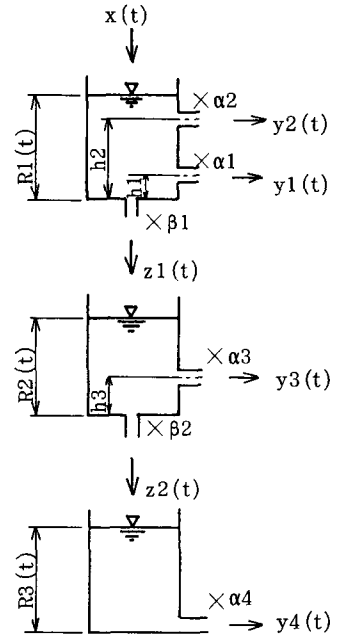


図-2 直列3段タンクモデル

y3、y4、z2に関しては、(1)式のz1の代りに(4)式のz1を使用することにより(2)及び(3)式と同一式で表現できる。

(3) / 段目タンクの貯留高が h2 以上の場合

$$y1+y2=\frac{(\alpha1+\alpha2)x}{s+\beta1+\alpha1+\alpha2}-\frac{\beta1(\alpha1h1+\alpha2h2)}{\beta1+\alpha1+\alpha2} \quad z1=\frac{\beta1x}{s+\beta1+\alpha1+\alpha2}+\frac{\beta1(\alpha1h1+\alpha2h2)}{\beta1+\alpha1+\alpha2} \quad \dots (5)$$

y3、y4、z2 に関しては、前出の(2)、(3)式と同一になる。

ここに、 $s=d/dt$ 、y1~y4：流出孔からの流出高(mm)、x：降雨量(mm)、z1、z2：浸透孔からの浸透高(mm)、R1~R3：貯留高(mm)、h1~h3：流出孔の高さ(mm)をそれぞれ示す。

以上の式を使用してy1~y4を求めると、流域からの流出量は、 $Y=y1+y2+y3+y4$ が決定される。本解析においては、モデルの同定のため流出孔位置、流出孔定数に初期値を割り当て、電子計算機を用いて試算を繰り返して修正を行い観測ハイドログラフに近似するものを採用することにした。

3・2 流出解析結果

前節において概説したタンクモデル法を適用して各流域の流量ハイドログラフを推定した結果の数例を図-3~5に示す。

図-3は白老川流域の昭和56年8月4日から6日までの観測及び計算ハイドログラフである。降雨量は同流域内にある森野の観測記録を使用した。この豪雨は、全道的に200mm~400mmに達した記録的な大雨で、石狩川水系のはん濫を始め道内各地に災害をもたらした。登別、白老地方の総降雨量は200mm程度で、森野観測所では220mmであった。同図において計算値は観測値の傾向を十分に表現していない、上昇期では観測値より大きく、減水期では逆に小さく得られている。この原因として考えられることは、計算において流域に浸透する雨量を小さく見積ったために生じたと推察される。

この場合のタンクの諸定数値は、

$$h1=3.5\text{mm} \quad h2=20.0\text{mm} \quad h3=5.0\text{mm}$$

$$\alpha1=0.04 \quad \alpha2=0.05 \quad \alpha3=0.04$$

$$\alpha4=0.005 \quad \beta1=0.12 \quad \beta2=0.1$$

を使用した。

なお、総流出量に関しては、

$$\text{計算値：} 2170\text{m}^3$$

$$\text{観測値：} 2040\text{m}^3$$

を得、観測値に対する誤差は約7%程度である。

図-4は、敷生川流域における流量ハイドログラフを示す。計算によるピーク流量の絶対値は、観測値に一致していないが、ピーク時はほぼ満足する精度が得られている。

敷生川流域のタンクの諸定数値は、

$$h1=5.5\text{mm} \quad h2=30.0\text{mm} \quad h3=5.5\text{mm}$$

で、他の定数値は白老川と同一であり、総流出量は、

$$\text{計算値：} 3780\text{m}^3 \quad \text{観測値：} 3230\text{m}^3$$

を得た。相対誤差は17%程度で白老川に比較すると大きい、これは降雨量を森野の観測値を用いたためと考えられる。

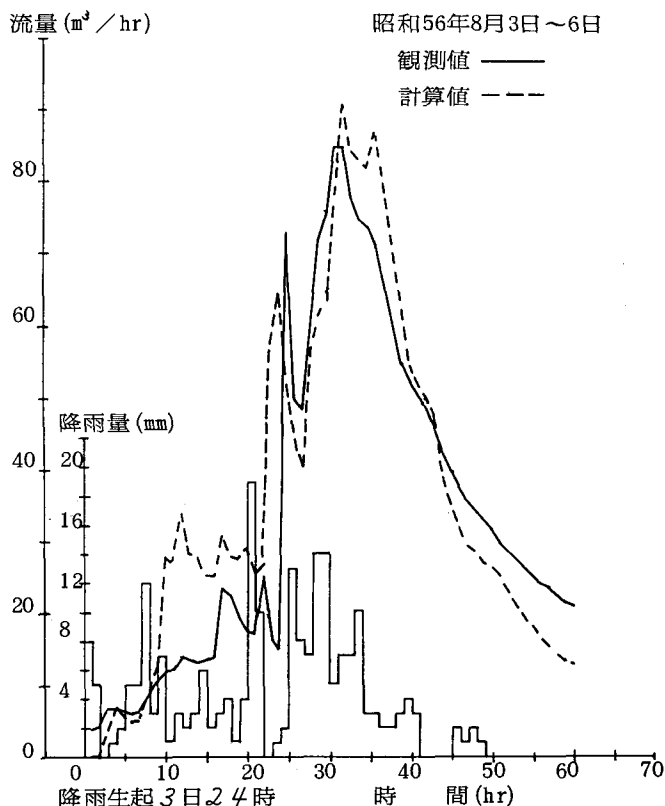


図-3 白老川ハイドログラフ

図-5は、胆振幌別川流域の昭和56年8月21日～24日の流量ハイドログラフを示す。この豪雨は、台風15号によるもので渡島、胆振等を中心に降り室蘭において日雨量の極値を更新し、登別地方においても総降雨量は334mmに達した。同図中の降雨量は釧山町観測所の資料を使用した。計算値は、観測値の立上りからピーク時までの傾向を比較的良好に再現しているが、減水部の両者の差は大きい。これは、降雨が短時間に集中し流域に浸透する雨量が飽和点に達すると流出機構が急変するものと思われる。この計算に用いたモデルの諸定数は以下に示す値である。

$$h1=5.0\text{mm} \quad h2=15.0\text{mm} \quad h3=5.0\text{mm}$$

$$\alpha1=0.2 \quad \alpha2=0.25 \quad \alpha3=0.08$$

$$\alpha4=0.1 \quad \beta1=0.50 \quad \beta2=0.50$$

総流出量は、計算値：5300 m^3 観測値：5750 m^3 であり、相対誤差は約8%である。

次に、登別川流域の流出に関しては、降雨に釧山町の資料を使用して計算を行ったが、計算値と観測値の異差がはなはだしく、現在登別の雨量を使用して検討を加えている。

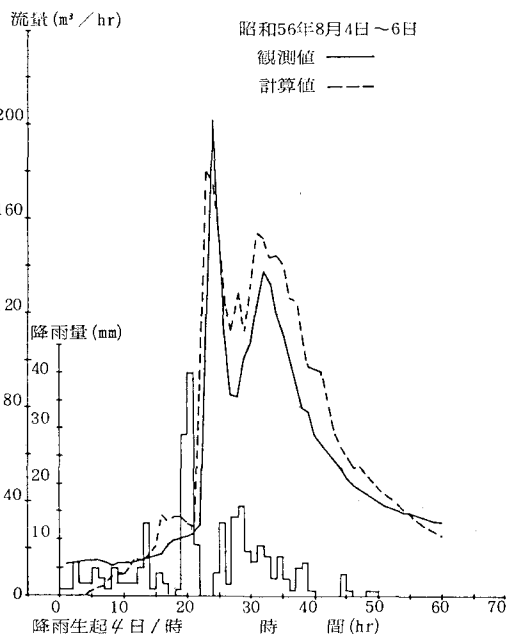


図-4 敷生川ハイドログラフ

4. 結論

登別、白老地方の4水系の流域における豪雨時の降雨-流出量について、タンクモデル法により推定を行い次の結論を得た。

1. 計算値はピーク流量及びピーク時に対してはほぼ妥当であるが、減水部の推定にかなりの誤差が含まれる。
2. 白老川と敷生川とは、流域面積の大小はあるが、流域特性が類似しているため同一モデルを用いることができる。

おわりに、本研究を行うに当り、資料を提供して載いた室蘭土木現業所治水課並びに計算において御協力された本学土木工学科学生加藤宏基君に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 北海道土木部河川課監修：北海道の大雨資料 第6編のII(確率雨量編) pp.34～38, 1979
- 2) 室蘭土木現業所：昭和55年度長流川外水文調査, 1981
- 3) 北海道土木部河川課監修：雨量・水位・流量年表, pp.93～94, 1979
- 4) 菅原正巳：流出解析法, 水文学講座7, 共立出版, 1972
- 5) 菅原正巳：続・流出解析法, 水文学講座別巻, 共立出版, 1979
- 6) 前出 4), 5)

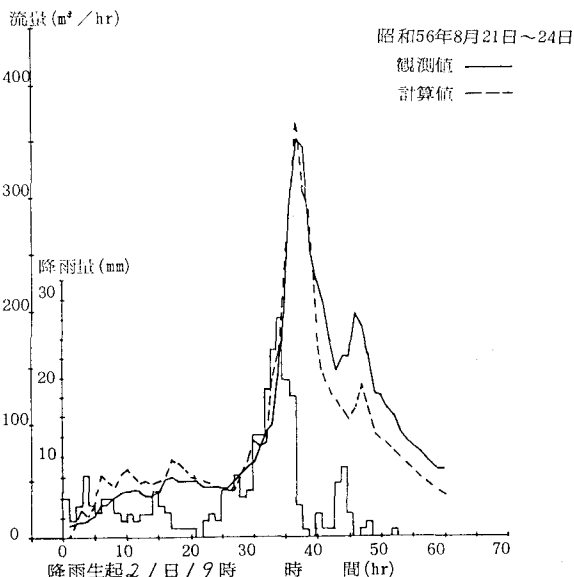


図-5 胆振幌別川ハイドログラフ