

千曲川主要洪水時のハイエト・ ハイドログラフの特徴

信州大学工学部 正会員 寒川典昭

信州大学工学部 学生員○松山 亨

1. はじめに

千曲川では、昭和34年に大出水を記録して以来、20年以上にわたって大きな洪水が生起せず、穏やかな河川としてのイメージが定着しつつあった。ところが、昭和50年代半ばから、再び立て続けに洪水災害に見回れ始めた。そのため、流域住民の強い関心が治水問題に寄せられることになり、学問的な解答が望まれている。本稿では、このような現状に鑑み、ハイエト・ハイドログラフに焦点を当てながら、主要洪水の特徴を分析したので報告する。

2. 対象流域と対象洪水

図-1に対象流域と降雨・流量観測所の位置を示す。対象洪水は次の6個である。①34年8月洪水(立ヶ花最大流量 $7,300\text{m}^3/\text{s}$)
②56年8月洪水($3,500\text{m}^3/\text{s}$)、③57年8月洪水($4,700\text{m}^3/\text{s}$)
④57年9月洪水($6,800\text{m}^3/\text{s}$)、⑤58年9月洪水($7,400\text{m}^3/\text{s}$)
⑥60年6月洪水($4,200\text{m}^3/\text{s}$)

3. ハイドログラフの分析手順

- 1)立ヶ花、小市、杭瀬下地点のハイドログラフを描く。
- 2)勾配急変点法により直接流出を分離し、直接流出のみによるハイドログラフを描く。
- 3)直接流出ハイドログラフを確率密度関数(p.d.f.)のハイドログラフに変換する。
- 4)p.d.f.のハイドログラフにガンマ分布を適合させる。
ここで、パラメータ同定にはモーメント法(MOM)と最尤法(MLE)を用いる¹⁾

4. ハイエトグラフの分析手順

- 1)立ヶ花流域内建設省降雨観測所の地点ハイエトグラフと累積降雨図、立ヶ花、小市、杭瀬下流域の流域平均ハイエトグラフと累積降雨図、及び地点総雨量の空間的分布図を描く。
- 2)3-2)で求めた直接流出ハイドログラフから直接流出に寄与した流域平均降雨を推定し、一定比損失雨量法、一定量損失雨量法により、有効雨量のハイエトグラフを描く。
- 3)有効雨量のハイエトグラフをヒストグラフのハイエトグラフに変換する。いま、総量1の有効雨量がこのヒストグラフの時間パターンで生起したとき、流域場を介してそれに対応するp.d.f.のハイドログラフに変換されるものと考えられる。

5. 分析結果と考察

図-2にはハイドログラフのp.d.f.について、図-3には流域平均ハイエトグラフ、図-4には有効雨量のヒストグラムについて、それぞれ1例を示した。以下に洪水毎にハイエト・ハイドログラフの特徴を考察する。

①34年8月洪水:立ヶ花、小市、杭瀬下流域の平均雨量におけるハイエトグラフの特徴は、降雨の始まりからおよそ5時間後及び20時間後にそれぞれ小さなピークを迎え、2つめのピークが終わった後、およそ15時間後に大きなピークがきている。又、空間的な分布特性は浅間、古谷、野辺山に高い値が得られて、とくに古谷では総雨量430mmと非常に大きな値となっている。ハイドログラフはかなりシャープでありガンマ分布のp.

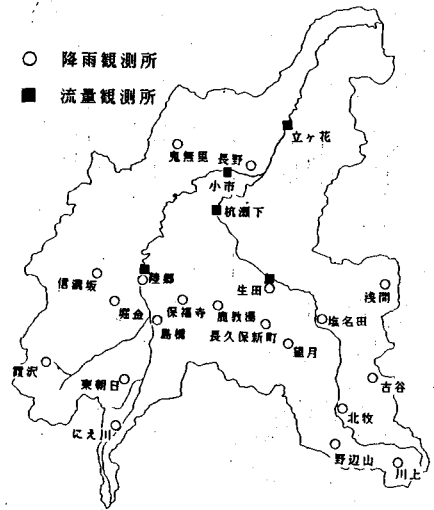


図-1 対象流域と降雨・流量観測所

d.f.はMOMのほうがMLEより良く適合しておりフラットである。

②56年8月洪水：立ヶ花流域平均のハイトグラフは降り始めから10時間程2mm/hr前後の少雨が続き、その後10時間にわたって10mm/hr前後の雨がきている。空間的な分布特性は鹿教湯、生田、長久保新町、浅間、古谷等杭瀬下流域に降雨が集中している。ハイドログラフの増水部は滑らかであり、急速にピークに達している。又、ハイドログラフとp.d.f.はよく似た形状を示しMOMのほうがMLEに比べ良く適合している。

③57年8月洪水：まる1日ほど2mm/hr程度の降雨があり、その後約12時間10mm/hr前後の降雨が続いている。ピークは降雨の始まりから約30時間後に小さく見られる。空間的には小市、杭瀬下両流域とも総雨量約120mmであった。ハイドログラフはややシャープであり、その増水部は不規則である。p.d.f.はMOMのほうがMLEより良く適合している。

④57年9月洪水：40時間ほど降ったり止んだりの雨が続き、その後30時間ほど10mm/hr前後のまとまった降雨が続くという時間的なパターンである。ピークが、まとまった降雨の始まりから約8時間後と22時間後の2回ある。空間的には57年8月と同じように流域に平均的に総雨量約200mmの降雨である。又、ハイドログラフは増水部に凸部分がみられ直接流出に寄与する時間が長く、フラットである。p.d.f.はMOM,MLEともに良く似た形を示しているが、ハイドログラフが不規則なためにp.d.f.の適合度は良くない。

⑤58年9月洪水：降り始めから時間の経過とともに徐々に降雨が激しくなり、およそ40時間後にほぼ15mm/hr程度のピークに達し、その後約5時間後で降雨が終わる。空間的には、にえ川、東朝日、霞沢、信濃坂等小市流域に降雨が集中しており、それらの観測所では総雨量約250mmという非常に大きな値が得られた。ハイドログラフはかなりフラットであり直接流出に寄与する時間が長いことが最大の特徴である。p.d.f.はMOM,MLEともに良く似た形状を成しておりハイドログラフに良く適合している。

⑥60年6月洪水：35時間ほど降雨が続き、降り始めから4時間後、15時間後、30時間後と3回のピークがみれる。空間的には流域平均的に総雨量約130mmの降雨である。ハイドログラフは特異な形を示しており増水部に大きい凸部分が2回みられる。p.d.f.はMOM,MLEともに良く似た形をしておりともに適合度は良くない。

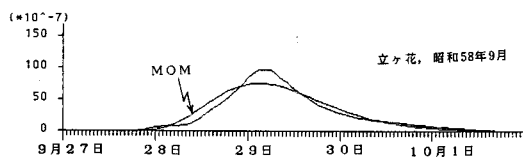


図-2 ハイドログラフのp.d.f.

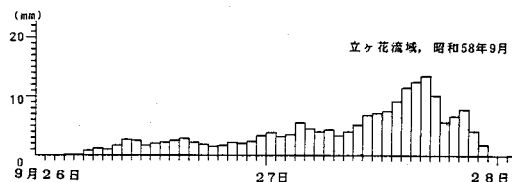


図-3 流域平均ハイトグラフ

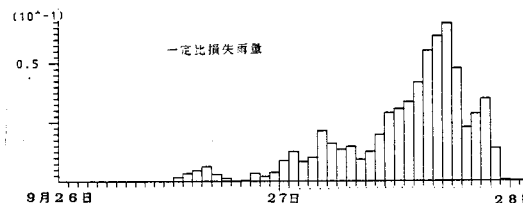
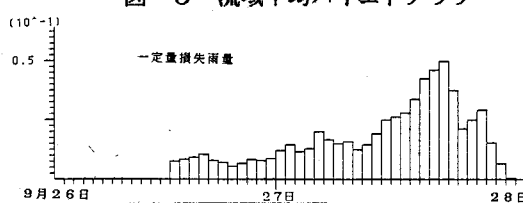


図-4 有効雨量のヒストグラム（立ヶ花流域、昭和58年9月）



6. あとがき

千曲川洪水のハイドログラフは昭和26年から記録されている。その間の最大流量は昭和58年9月の7,400 (m^3/s)であるが、歴史洪水を復元してみると、この洪水を上回る大洪水がいくつか見当たる。しかし、これは最大流量のみの値であるので、今後は本稿の結果を参考にして歴史洪水のハイト・ハイドログラフを推定して治水計画にいかしたい。最後に、貴重な資料を提供して頂いた千曲川工事事務所に謝意を表する。

<参考文献>

- 1) V.P. Singh and P.K. Chowdhury : On Gamma Distribution to Synthetic Runoff Hydrograph, Nordic Hydrology, 16, pp, 177-192, 1985.