

流出率と流域開発の関係について～千曲川流域の場合～

信州大学工学部 学生会員 ○永山 将大
 信州大学工学部 正会員 寒川 典昭
 元信州大学大学院 正会員 草刈 智一

1. はじめに

千曲川流域の環境変化と、それが洪水に及ぼした影響を主要な水文特性の条件を参照しながら把握した研究がある^{1)~4)}。本稿は流出率の経年変化を土地利用形態等の変遷からとらえる。

対象は立ヶ花流域、小市流域、生田流域、杭瀬下流域、陸郷流域、熊倉流域である。各流域では、1984年1月1日から2016年12月31日までのデータを用いた。直接流出量を求める際に採用したハイドログラフは水平分離法を利用した。また取り上げる日数についてはそれぞれの流域により流域面積が異なるため、一番大きい立ヶ花流域の面積を基準に面積比で決定した。

流域特性としては、田、畑、宅地、池沼の面積を採用し主成分分析にかけ、その結果の変遷と流出率の関係について検討した。

2. 流出率

流出率を求めるためにまず、各流域の氾濫注意水位相当の流量より大きいものを洪水として取り上げた。尚、氾濫注意水位相当での流量は、立ヶ花流域：2070m³/s、小市流域：1888m³/s、生田流域：809m³/s、杭瀬下流域：792m³/s、陸郷流域：1108m³/s、熊倉流域：644m³/sである。

ここで、一つの洪水に対する一連の降雨と流量を用いてハイエト・ハイドログラフを作成した。

流出率を求める際には

$$\text{流出率} = \frac{\text{直接流出量}(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}) \times 3600(\text{s})}{\text{流域面積}(\text{km}^2) \times \text{総雨量}(\text{mm}) \times 10^3}$$

を用いて行った。

流域面積については、水位観測所ごとに区分した流域面積の値を上式に代入している。総雨量については、各水位観測所の流域内に存在する各雨量観測所のハイエトグラフを算術平均した、流域平均ハイ

エトグラフでの総雨量とした。直接流出量に3600(s)をかけているのはハイドログラフの横軸が時間(h)だからである。以下に図1として2006年10月の杭瀬下流域のハイエト・ハイドログラフを示す。

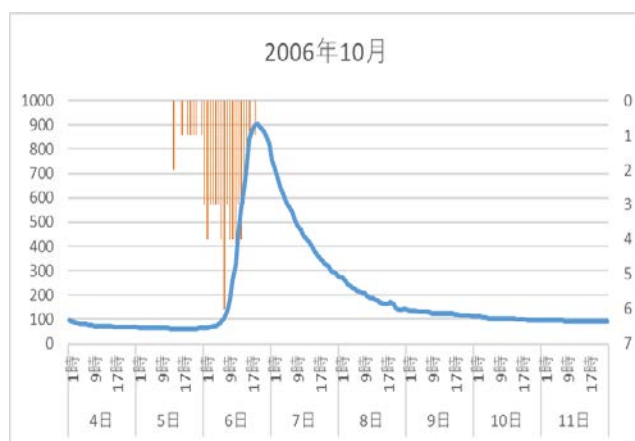


図1 杭瀬下流域 (2006年10月)

3. 主成分分析

環境因子から流域開発の総合的な指標を求めるにあたり、主成分分析法を採用した。

各対象流域が通っている市区町村を調査し洪水が発生した年度の田、畑、宅地、池沼、牧場、原野の面積を総計し、解析ソフトを用いて主成分分析を行った。

4. 結果及び考察

流出率の経年変化の結果例として図2に最も多くのプロットが求めた杭瀬下流域の流出率の経年変化を示す。尚、縦軸に流出率、横軸に西暦とした。

流出率に関しては経年的に上昇傾向が上手く見られない流域が多い。これは、近年になるにつれダムの建設が多くなり人為的に河川の水位を管理していることや、洪水の前に降雨があったことにより河川の初期流量が上昇していたことなどが考えられる。従って、一連の降水の合計雨量や総流出量、及び事前に

降雨がなかったか等の様々な場合分けをし、検討を行った。



図2 杭瀬下流域 流出率経年変化

次に主成分分析の結果として、立ヶ花流域の主成分分析結果をそれぞれ以下の表1、2及び図3に示す。ここでは主成分の固有値、固有ベクトル、主成分スコアを掲載している。但し、図3では累積寄与率が95%以上までの主成分を採用した。

表1 主成分の固有値（立ヶ花流域）

固有値表			
主成分	固有値	寄与率	累積寄与率
1	5.578	92.97%	92.97%
2	0.258	4.31%	97.27%
3	0.101	1.68%	98.96%
4	0.042	0.70%	99.65%
5	0.019	0.32%	99.97%
6	0.002	0.03%	100.00%

表2 固有ベクトル（立ヶ花流域）

固有ベクトル			
変数	主成分1	主成分2	主成分3
田	0.4208	-0.0743	-0.2596
畑	0.4201	0.0526	-0.0202
宅地	-0.4147	0.1282	0.3510
池沼	0.3911	-0.6362	0.6376
牧場	0.4157	0.0497	-0.4130
原野	0.3855	0.7537	0.4816

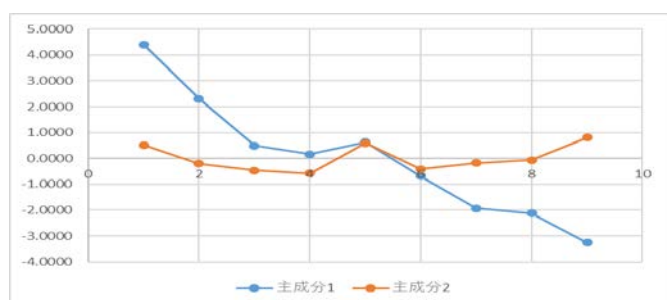


図3 主成分スコア

表1より、第2主成分までで累積寄与率が95%以上になった為、立ヶ花流域では第2主成分までを採用すれば十分と考える。表2を見ると、第1主成分に対して宅地では負値、その他の項目では正の値となっている。この結果から、第1主成分は「流域非開発度」であることがわかる。第2主成分は、池沼に対して大きな負値、原野に対して大きな正値になっているが、図3の主成分2に着目すると経年変化の挙動が解釈し難いため今のところ、この主成分の意味付けが難しい。

また、各流域には多くのダムが存在する。ダムの影響によりハイドログラフが平滑化され、直接流出量を過少に見積もる可能性がある。そこで、ダムの洪水流量調整データ入手が必須となるが、多くのダムは民間（東電）の管轄のため、データ提供を受けられるか否か定かではない。今後でき得る限りの努力をして見るつもりである。

5. まとめ

主成分分析に関しては全うな結果が得られたが流出率に関しては経年変化の判定が難しい。今後、降水・流量の特性の場合分けを行うことによってその経年的特性が得られるかを検討していきたい。

尚、本研究を行うにあたり、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所からデータ提供及び多大なるご助言を頂きました事を記し、厚く御礼申し上げます。

〈参考文献〉

- 1) 荒木正夫、富所五郎、寒川典昭、松岡保正
：千曲川水系の変遷に伴う流出形態の変化、自然災害科学、Vol.5、pp.20-30、1986年。
- 2) 折原正人：千曲川流域の環境変化と洪水特性、信州大学大学院工学研究科土木工学専攻修士学位論文、pp.1-84、1987年2月。
- 3) 本間達志：千曲川流域における洪水時の降雨・流域特性、信州大学工学部社会開発工学科卒業論文、pp.1-49、1999年2月。
- 4) 永津昌幸：千曲川流域における環境変化と流出率の関係、信州大学工学部社会開発工学科卒業論文、pp.1-35、2001年2月。