

# 流域管理を目的とした大和川流域の流出構造解析

宇都宮大学 学生会員 富永 綾乃  
 宇都宮大学 正会員 長谷部 正彦  
 宇都宮大学 正会員 鈴木 善晴  
 宇都宮大学 学生会員 鎌田 雅憲

## 1. 研究背景と目的

一般に、山地河川の河川流量の流出形態は、主に降水量を入力として早い流出成分である直接流出と遅い流出成分である地下水流出（間接流出成分）とから構成される。このような流出系においては、河川水は主に降雨から土壌系を経て、河川流量となって流下する。降水量から河川流量へと変換する流出過程は、水文システム的に1入力-1出力系という非常に簡単な系であると考えられるが、実際には流出の内部機構は非常に複雑なものである。しかしながら、近年では、水文学の発展により流出の内部機構はかなり理解されてきている。

一方、都市河川においては、降水量以外に家庭から出る生活廃水や下水処理水等の他入力が出力（流出）する可能性があるために、山地河川とは異なる流出形態であると考えられる。そこで、本研究ではフィルタ分離AR法<sup>1)</sup>を用いて、河川流出量を流れの遅い流出成分と速い流出成分に分離し、その変化を比較することで流域内の流出特性を検討する。

## 2. 大和川流域の概要及び解析対象

奈良県、大阪府にまたがる大和川の流域面積は1,070km<sup>2</sup>に及び、流域の山地率は約44%である。幹線流路延長(L)は68km、年間平均降雨量は約1,400mmとなっている。また図-1に示すように多くの支川を有している。本研究では、1994年度及び1995年度の大和川沿いの観測地点、板東、王寺、藤井、柏原、香ヶ丘における流量観測結果について解析を行う。解析対象に対応する降雨資料は板東、王寺、香ヶ丘の3降雨観測所のデータを用いる。解析年度における各地点の降雨規模を表-1に示す。

## 3. 応答特性（応答関数）

コヒーレンスと数値フィルタにより流出分離された流量時系列にAR式を適用すると

$$y_i^{(l)} = a_1^{(l)} y_{i-1}^{(l)} + a_2^{(l)} y_{i-2}^{(l)} + \dots + a_p^{(l)} y_{i-p}^{(l)} + \varepsilon_{i-l}^{(l)} \quad (1.1)$$

となる。上付き添え字*l*は流出成分系の番号で、 $\varepsilon$ はキーワード 流出解析, 応答特性, 流出特性, フィルタ分離AR法, 流出分離

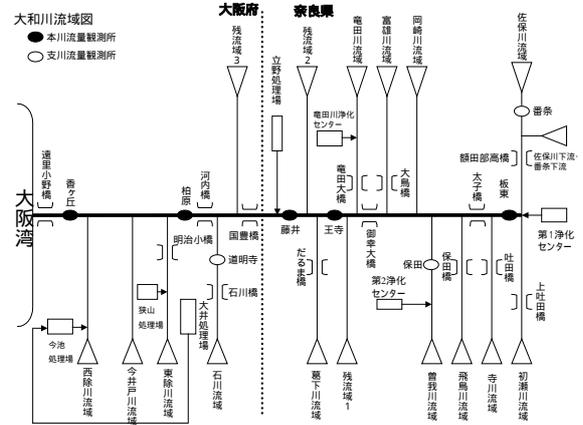


図-1 大和川流域図

表-1 解析地点における一雨降水量の継続日数, 降雨量および降雨強度

| 板東                        |        |            |                          |         |            |
|---------------------------|--------|------------|--------------------------|---------|------------|
| 94年                       |        |            | 95年                      |         |            |
| 年平均降雨強度: 1.96 総降雨量: 715.6 |        |            | 年平均降雨強度: 3.36 総降雨量: 1225 |         |            |
| 継続日数                      | 雨量     | 降雨強度       | 継続日数                     | 雨量      | 降雨強度       |
| 2day                      | 60.9mm | 30.5mm/day | 2day                     | 110.4mm | 55.2mm/day |
| 3day                      | 79.5mm | 26.5mm/day | 5day                     | 208.3mm | 41.6mm/day |
| 2day                      | 38.3mm | 19.2mm/day | 3day                     | 104.1mm | 34.7mm/day |

| 王寺                        |        |            |                            |         |            |
|---------------------------|--------|------------|----------------------------|---------|------------|
| 94年                       |        |            | 95年                        |         |            |
| 年平均降雨強度: 1.82 総降雨量: 663.6 |        |            | 年平均降雨強度: 3.39 総降雨量: 1239.1 |         |            |
| 継続日数                      | 雨量     | 降雨強度       | 継続日数                       | 雨量      | 降雨強度       |
| 3day                      | 71.2mm | 23.7mm/day | 3day                       | 132.2mm | 44.1mm/day |
| 2day                      | 43.5mm | 21.8mm/day | 6day                       | 251.0mm | 41.8mm/day |
| 2day                      | 38.7mm | 19.3mm/day | 3day                       | 86.6mm  | 28.9mm/day |

| 香ヶ丘                       |        |            |                          |         |            |
|---------------------------|--------|------------|--------------------------|---------|------------|
| 94年                       |        |            | 95年                      |         |            |
| 年平均降雨強度: 2.17 総降雨量: 791.7 |        |            | 年平均降雨強度: 3.93 総降雨量: 1434 |         |            |
| 継続日数                      | 雨量     | 降雨強度       | 継続日数                     | 雨量      | 降雨強度       |
| 2day                      | 73.7mm | 36.8mm/day | 6day                     | 309.0mm | 51.5mm/day |
| 3day                      | 88.7mm | 29.6mm/day | 3day                     | 146.1mm | 48.7mm/day |
| 2day                      | 49.6mm | 24.8mm/day | 3day                     | 130.9mm | 43.6mm/day |

雑音項である。数値フィルタによって流れの遅い流出成分( $l=1$ )と流れの早い流出成分( $l=2$ ) (山地流域の場合、降雨強度の強いときには表面流出成分の存在も考えられる<sup>3)</sup>)に流出分離されるので、(1.1)式より各成分流出時系列の最適なAR次数とそのときのAR係数 $a_i$ が求められ<sup>3)</sup>、AR係数から応答関数に変換される。

## 4. 解析地点における応答特性

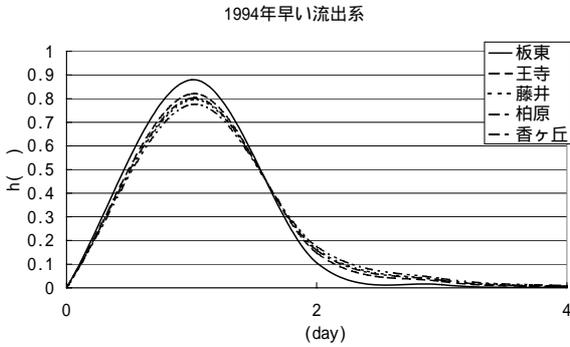
年度別に流れの早い流出系（以下、この系を早い

**表-2 早い流出成分系の応答特性**

|           | 板東    | 王寺    | 藤井    | 柏原    | 香ヶ丘   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 早い流れの流出成分 | 94年   | 94年   | 94年   | 94年   | 94年   |
| ピーク日      | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    |
| ピーク値      | 0.880 | 0.820 | 0.795 | 0.802 | 0.775 |
| 流出終了      | 4日    | 5日    | 5日    | 5日    | 5日    |

|           | 板東    | 王寺    | 藤井    | 柏原    | 香ヶ丘   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 早い流れの流出成分 | 95年   | 95年   | 95年   | 95年   | 95年   |
| ピーク日      | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    |
| ピーク値      | 0.475 | 0.534 | 0.516 | 0.556 | 0.550 |
| 流出終了      | 11日   | 9日    | 10日   | 9日    | 9日    |
| ピーク比      | 0.36  | 0.37  | 0.29  | 0.38  | 0.29  |



**図-2 早い流出成分系の応答関数 (1994年)**

流出成分系と呼ぶ)と流れの遅い流出(遅い流出成分系)とに分けて考察する。(紙面都合上94年のみ)

**(1) 早い流出成分系の応答関数**

推定された応答関数のピーク時間、ピーク値及び流出終了日数を年度別に表-2に示す。また、図-2に94年度の早い流出系の応答関数を示す。これを見ると、ピーク値まで達する時間は、どれも約1日で、ピーク値は板東、王寺、柏原、藤井、香ヶ丘の順番になっており藤井と柏原が逆転しているが、ほぼ同程度のピーク値を示している。この結果から、上流部、中流部、下流部へとピーク値が流域面積の増大に従い減少していることが分かる。流出終了日数は、板東の4日を除いて他の観測点は5日で流出を終了している。

**(2) 遅い流出成分系の応答特性**

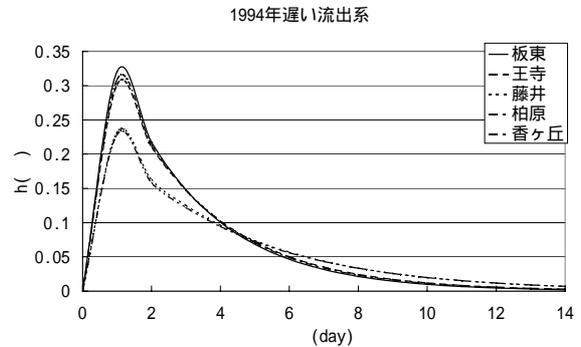
早い流出成分系と同様に年度別に考察する。応答関数のピーク時間、ピーク値、流出終了日数及び遅い流出の応答関数のピーク値と中間流出のそれとの比を表-3に示す。また、図-3に94年度の遅い流出系の応答関数を示す。これを見ると、ピーク値は板東、柏原、王寺、藤井、香ヶ丘の順である。下流部の柏原地点がやや高いが、ほぼピーク値は上流部から下流部にしたがって減少している。流出が終わる日数では、板東と王寺が17日、藤井と香ヶ丘が22日と長く、柏原は16日である。ピーク値に達する時間は、いずれの観測地点でも約1日程度で短い。ま

**表-3 遅い流出成分系の応答特性**

|           | 板東    | 王寺    | 藤井    | 柏原    | 香ヶ丘   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 遅い流れの流出成分 | 94年   | 94年   | 94年   | 94年   | 94年   |
| ピーク日      | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    |
| ピーク値      | 0.320 | 0.301 | 0.231 | 0.309 | 0.228 |
| 流出終了      | 17日   | 17日   | 22日   | 16日   | 22日   |

|           | 板東    | 王寺    | 藤井    | 柏原    | 香ヶ丘   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 遅い流れの流出成分 | 95年   | 95年   | 95年   | 95年   | 95年   |
| ピーク日      | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    | 1日    |
| ピーク値      | 0.094 | 0.104 | 0.087 | 0.113 | 0.042 |
| 流出終了      | 55日   | 50日   | 60日   | 45日   | 90日   |
| ピーク比      | 0.20  | 0.19  | 0.17  | 0.20  | 0.08  |



**図-3 遅い流出成分系の応答関数 (1994年)**

た、早い流出成分系の応答関数と遅い成分流出系のその比であるピーク値比では、板東が0.36、王寺が0.37、柏原が0.38と同じ程度であるが、藤井、香ヶ丘は0.29と低くなっている。

**5. 結論**

表-1に示した降雨規模の大きさや表-2、表-3に示した応答特性を94年度と95年度で比較すると、94年度のほうが降雨規模が小さく、流出の応答も速い。通常、降雨規模が小さくなると流出の応答が遅くなるが、本解析では異なる結果が得られた。また遅い流出成分系でもピークに達する時間は早い流出成分系と変わらず、約1日となっている。これらは土地利用形態及び地質が河川流出の応答特性に影響を与えているものと考えられる。今後、その詳細なメカニズムについて解析を行う予定である。

**参考文献**

- 1) 日野幹雄, 長谷部正彦: 流量時系列のみによる流出解析について, 土木学会論文報告集, 第300号, 43-58, 1980.
- 2) 日野幹雄, 長谷部正彦: フィルタ-分離AR法による非線形流出系の同定と予測, 土木学会論文報告集, 第324号, 83-94, 1982.
- 3) 日野幹雄, 長谷部正彦: 水文流出解析, 森北出版, 1985.
- 4) 大和川流域水質保全検討業務報告書, 平成12年3月