

## 渇水期における山地小流域の流出特性に関する研究

——淀川水系服部川流域の場合——

田 中 信太郎 \*

### I はしがき

わが国においては、多少の地域差はあるものの、梅雨期および降雪期に降水が集中するため、年間の流況はかなり大きな変化を呈している。

流出現象についての研究は、従来、洪水流出を対象に、流出機構の解析あるいはその利用による治水を目的としたものが多く見られる。<sup>1)</sup> また、低渇水流出については、洪水解析の一部としての地下水流出解析によって取り扱われ、主に利水を目的としたものがほとんどであった。<sup>2)</sup> 一方、流域の渇水流出特性そのものについての研究は、最近になってようやく増加してきた。<sup>3)</sup>

渇水流出は、流域特性の複合現象として表現される。すなわち、流域の形状・地質・地形・植生の状態・降水量・降水強度・先行降雨量・降雨継続時間・表土層の乾湿の状態によって、ハイドログラフの形状が著しく変化する。これは、流域内に保留されている水の流出が、その保留量の大小によって、あるいは保留のされ方によって、変化するというを示していると考えることができよう。

この小論は、流域の水保留量の大小を示す指標として先行降雨指数 (Antecedent-precipitation index)<sup>4)</sup> を取り上げ、渇水流量との関係を明らかにし、その中に見られる渇水期における河川流量の状態、すなわち、流域の水保有特性<sup>5)</sup> およびその変化特性について、若干の考察を加えたものである。

なお、対象とした流域は、伊賀上野盆地東部の服部川<sup>6)</sup> 流域である (図—1)。

### II 渇水期における河川の流出

渇水期には、雨水の供給などの外的な条件が加わることが少ないため、河川の流量は指数関数的に減少する。このとき、河川水の涵養源を地下水流出のみであるとみなせば、流出量の低減特性は、流域内の地下水のあり方、すなわち、帯水層の地域的分布や形状・大きさ・保水能力などの効果を総合的に表現するであろう。これは、流域内の水保留量という形で表すことができる。

ここで、ある一つの河川流域について、渇水量の変化を考えると、その河川の渇水量の大小は、その流域の地下水のあり方——流域内の水保留量の大小によって支配されることになると考えられる。

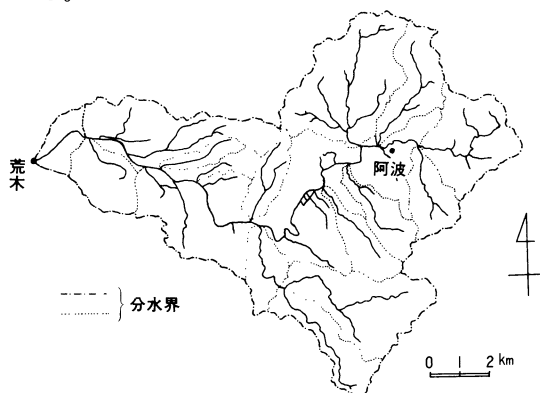


図1 服部川流域

(荒木：流量観測地点，阿波：雨量観測地点)

\* 愛知教育大学大学院

これは、次のような式で表現できる。つまり、

$$Q=CS \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、

Q=渇水流量

S=流域内の水保留量

C=低減係数

### III 先行降雨指数 (Antecedent-precipitation index)

先行降雨指数 ( $P_a$ ) は、問題とする渇水の出現の時期より以前に降雨量がどれだけあったかという事で、流域内の水保留量を間接的に表すのに都合がよい。これは、流域内の水保留量の大小をそれ以前の降雨量と日数との関数として表される。つまり、

$$P_a = \sum_{t=0}^n P_t \cdot k^t \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで  $t$  は問題とする流量のあった前日を第1日として、この日から前にさかのぼって2, 3, ……、 $n$ 日目の日を示す。 $P_t$  は、 $t$ 日目の日雨量

表1 確率渇水量計算表

| 順位 | $Q_{355}^{(x)}$ | $F_n$<br>(%) | $\log_{10} Q_{355}$ | $x^2$  | $x^3$    |
|----|-----------------|--------------|---------------------|--------|----------|
| 1  | 1.84            | 90           | 0.2648              | 3.3856 | 6.229504 |
| 2  | 1.56            | 80           | 0.1931              | 2.4336 | 3.796416 |
| 3  | 1.54            | 70           | 0.1875              | 2.3716 | 3.652264 |
| 4  | 0.89            | 60           | -0.0506             | 0.7921 | 0.704969 |
| 5  | 0.70            | 50           | -0.1549             | 0.4900 | 0.343000 |
| 6  | 0.44            | 40           | -0.3565             | 0.1936 | 0.085184 |
| 7  | 0.38            | 30           | -0.4202             | 0.1444 | 0.054872 |
| 8  | 0.05            | 20           | -1.3010             | 0.0025 | 0.000125 |
| 9  | 0.01            | 10           | -2.0000             | 0.0001 | 0.000001 |

表2 確率渇水量計算表・

$$\log(x+0.886) = \log 1.922 - 0.6107y$$

| T(年) | G(x)(%) | y      | $\log(x+0.886)$ | $\log(x+0.886)$ | x      |
|------|---------|--------|-----------------|-----------------|--------|
| 8.61 | 88.4    | 2.092  | -0.0524         | 0.886           | 0.0003 |
| 8    | 87.5    | 2.013  | -0.0398         | 0.912           | 0.026  |
| 7    | 85.7    | 1.870  | -0.0167         | 0.962           | 0.076  |
| 6    | 83.3    | 1.702  | 0.2735          | 0.0102          | 1.024  |
| 5    | 80      | 1.500  | 0.2411          | 0.0427          | 1.103  |
| 4    | 75      | 1.246  | 0.2002          | 0.0835          | 1.212  |
| 3    | 66.7    | 0.903  | 0.1451          | 0.1387          | 1.376  |
| 2    | 50      | 0.366  | 0.0588          | 0.2250          | 1.679  |
| 1.58 | 36.7    | 0      | 0               | 0.2838          | 1.922  |
| 1.07 | 6.6     | -1.000 | -0.1607         | 0.4445          | 2.783  |

であり、 $k$  は常数である。

Linsley ら (1949) の報告によると、合衆国の東部および中部の観測値から、 $k$  の値としては、 $k=0.85 \sim 0.90$  が与えられている。

本流域では、 $k=0.88$  と仮定し、 $t=30$ 日 までとした。<sup>8)</sup>

### IV 渇水流量と先行降雨指数との関係

一般に、流域内の水保留量が大きなら、基底流量も大きいと考えられる。

この仮定のもとで、渇水流量と先行降雨指数との関係を見るために、既存の資料を用いて検討する。用いた資料は、1971 (昭和46) 年～1980 (昭和55) 年の日流量年表および日雨量年表である。<sup>9)</sup>

まず、渇水量の概観とともに、データの使用年数の妥当性を見るため、各年における355日流量を大きい順に並べ、確率渇水流量を計算で求めた。その結果を表—1, 2, 図—2に示す。これらの図表より、本流域においては、8年に一度は、非常に厳しい渇水に襲われるということがうかがえ、

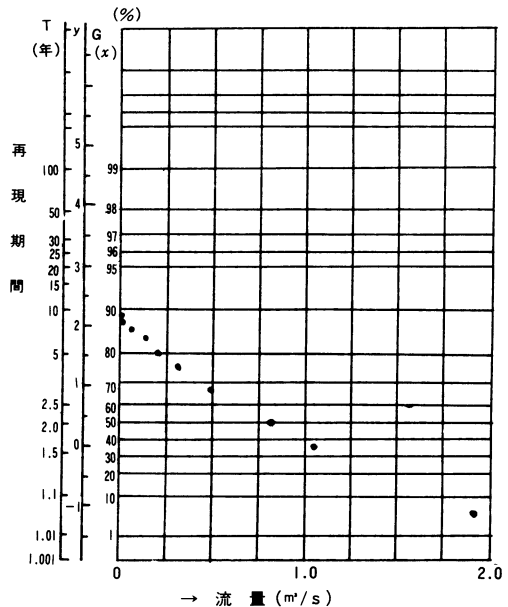


図2 確率渇水流量

表3 渇水量・先行降雨指数・無降雨連続日数

| 年・月・日       | Q    | Pa     | Dn | 年・月・日       | Q    | Pa     | Dn |
|-------------|------|--------|----|-------------|------|--------|----|
| 1971.05.16. | 0.57 | 21.910 | 1  | 06.16.      | 0.67 | 25.897 | 6  |
| 05.17.      | 0.44 | 19.140 | 2  | 06.17.      | 0.67 | 22.777 | 7  |
| 05.18.      | 0.18 | 25.984 | 3  | 06.18.      | 0.69 | 19.640 | 8  |
| 08.16.      | 0.89 | 33.480 | 3  | 06.19.      | 0.69 | 16.821 | 9  |
| 08.17.      | 0.72 | 28.857 | 4  | 06.20.      | 0.67 | 14.822 | 10 |
| 08.18.      | 0.57 | 32.585 | 5  | 1976.01.11. | 1.51 | 3.010  | 35 |
| 08.29.      | 0.89 | 36.514 | 0  | 01.13.      | 1.54 | 2.449  | 37 |
| 1973.03.14. | 1.84 | 5.238  | 19 | 01.14.      | 1.33 | 2.251  | 38 |
| 03.15.      | 1.84 | 4.610  | 20 | 01.15.      | 1.24 | 1.981  | 39 |
| 03.16.      | 1.84 | 4.024  | 21 | 01.16.      | 1.26 | 1.752  | 40 |
| 04.10.      | 1.84 | 22.849 | 0  | 01.17.      | 1.28 | 1.532  | 41 |
| 04.11.      | 1.84 | 20.080 | 0  | 02.03.      | 1.54 | 0.825  | 58 |
| 04.12.      | 1.84 | 19.960 | 1  | 02.04.      | 1.52 | 15.728 | 59 |
| 04.13.      | 1.56 | 17.581 | 2  | 02.14.      | 1.48 | 13.037 | 8  |
| 04.14.      | 1.56 | 19.574 | 3  | 02.15.      | 1.30 | 11.584 | 9  |
| 05.07.      | 1.84 | 51.561 | 2  | 02.16.      | 1.25 | 19.710 | 10 |
| 05.29.      | 1.84 | 22.559 | 0  | 02.17.      | 1.27 | 20.063 | 0  |
| 05.30.      | 1.84 | 19.855 | 1  | 02.18.      | 1.38 | 26.549 | 1  |
| 05.31.      | 1.84 | 17.493 | 2  |             |      |        |    |
| 06.01.      | 1.84 | 15.343 | 3  | 1977.05.29. | 0.04 | 22.797 | 2  |
| 06.02.      | 1.84 | 13.041 | 4  | 07.30.      | 0.05 | 6.225  | 11 |
| 06.03.      | 1.56 | 11.460 | 5  | 07.31.      | 0.05 | 5.282  | 12 |
| 06.04.      | 1.44 | 13.669 | 6  | 08.06.      | 0.05 | 2.047  | 18 |
| 07.14.      | 1.84 | 11.649 | 11 | 08.07.      | 0.03 | 1.807  | 19 |
| 07.15.      | 1.84 | 9.262  | 12 | 08.10.      | 0.02 | 8.275  | 1  |
| 07.16.      | 1.84 | 8.153  | 13 | 08.11.      | 0.01 | 7.383  | 2  |
| 07.17.      | 1.84 | 6.614  | 14 | 08.12.      | 0.01 | 16.107 | 3  |
| 07.18.      | 1.84 | 5.603  | 15 | 08.13.      | 0.01 | 14.170 | 0  |
| 07.19.      | 1.84 | 10.537 | 16 | 08.14.      | 0.03 | 12.556 | 1  |
| 08.13.      | 1.84 | 27.808 | 7  | 08.15.      | 0.02 | 12.652 | 2  |
| 09.16.      | 1.84 | 19.371 | 2  | 08.16.      | 0.04 | 41.408 | 3  |
| 11.05.      | 1.84 | 23.097 | 8  | 1978.05.06. | 0.10 | 19.710 | 7  |
| 11.06.      | 1.84 | 21.626 | 9  | 05.24.      | 0.10 | 19.457 | 5  |
| 11.07.      | 1.84 | 18.949 | 10 | 05.25.      | 0.10 | 17.109 | 6  |
| 11.08.      | 1.84 | 16.696 | 11 | 05.26.      | 0.10 | 15.023 | 7  |
| 11.09.      | 1.84 | 26.005 | 12 | 05.27.      | 0.10 | 13.208 | 8  |
| 11.10.      | 1.84 | 22.872 | 0  | 05.28.      | 0.10 | 11.642 | 9  |
| 11.25.      | 1.84 | 4.307  | 15 | 05.29.      | 0.10 | 10.913 | 10 |
| 11.26.      | 1.84 | 3.793  | 16 | 06.01.      | 0.10 | 9.208  | 13 |
| 11.27.      | 1.84 | 2.171  | 17 | 06.02.      | 0.10 | 8.105  | 14 |
| 11.28.      | 1.84 | 2.010  | 18 | 06.03.      | 0.10 | 32.429 | 15 |
| 11.29.      | 1.84 | 1.774  | 19 | 1979.07.31. | 0.24 | 20.689 | 7  |
| 11.30.      | 1.84 | 1.554  | 20 | 08.02.      | 0.38 | 15.845 | 9  |
| 1974.05.10. | 1.56 | 21.449 | 0  | 08.03.      | 0.28 | 19.767 | 10 |
| 05.11.      | 1.56 | 18.867 | 1  | 08.06.      | 0.05 | 35.695 | 2  |
| 05.12.      | 1.31 | 16.609 | 2  | 08.09.      | 0.35 | 28.328 | 1  |
| 05.13.      | 1.31 | 19.924 | 3  | 08.10.      | 0.01 | 24.947 | 2  |
| 05.14.      | 1.09 | 41.240 | 0  | 08.11.      | 0.10 | 21.908 | 3  |
| 05.15.      | 1.09 | 35.826 | 0  | 08.21.      | 0.05 | 11.641 | 1  |
| 05.16.      | 1.09 | 31.501 | 0  | 08.22.      | 0.27 | 10.236 | 2  |
| 05.17.      | 1.09 | 27.734 | 1  | 08.25.      | 0.23 | 28.304 | 1  |
| 05.18.      | 1.09 | 24.547 | 2  | 08.26.      | 0.06 | 24.464 | 2  |
| 05.19.      | 0.88 | 24.547 | 3  | 1980.02.11. | 0.44 | 7.935  | 12 |
| 05.20.      | 0.88 | 30.264 | 4  | 02.12.      | 0.39 | 6.817  | 13 |
| 1975.05.25. | 0.70 | 25.863 | 5  | 02.13.      | 0.19 | 5.845  | 14 |
| 05.26.      | 0.70 | 15.762 | 6  | 02.14.      | 0.19 | 5.618  | 15 |
| 05.27.      | 0.70 | 13.185 | 7  | 02.15.      | 0.12 | 4.973  | 16 |
| 05.28.      | 0.70 | 11.136 | 8  | 03.06.      | 0.42 | 19.145 | 4  |
| 05.31.      | 0.70 | 13.554 | 11 | 03.07.      | 0.32 | 36.446 | 5  |
| 06.01.      | 0.67 | 12.226 | 12 | 08.12.      | 0.38 | 8.622  | 12 |
| 06.02.      | 0.67 | 10.164 | 13 | 08.13.      | 0.25 | 7.578  | 13 |
| 06.03.      | 0.67 | 9.149  | 14 | 08.14.      | 0.37 | 4.839  | 14 |
| 06.04.      | 0.67 | 7.280  | 15 | 08.16.      | 0.13 | 8.550  | 16 |
| 06.15.      | 0.69 | 29.498 | 5  | 08.19.      | 0.33 | 17.925 | 0  |

10年程度のデータ数で十分であることが裏付けられると考えられる。

次に、10年間の<sup>10)</sup> 渇水流量と先行降雨日数および<sup>11)</sup> 無降雨連続日数を資料から求めたものが表—3である。連続した渇水量の変化は、1976（昭和51）年と1980（昭和55）年の冬季に見られるだけである。

これらの年においては、先行降雨指数が大きければ渇水量が大きいという一般的な傾向が比較的良好に表れているが、その他の年では、渇水流量の出現期が分散したり、旱天の連続した期間が少なかったりするために、両者の関係がはっきりと表れていないようである。

そこで、渇水量と先行降雨指数との関係が、比較的良好に把握できると思われる、1976（昭和51）年と1980（昭和55）年の冬季における両者の関係について検討していくことにする。

片対数紙の横軸に先行降雨指数（ $P_a$ ）、縦軸に渇水量（ $Q$ ）をとり、それぞれの値をプロットすると、ほぼ直線にならぶ（図—3、4）。

ゆえに、次のような式を仮定できる。つまり、

$$Q = a \cdot e^{b \cdot P_a} \quad \dots\dots\dots(3)$$

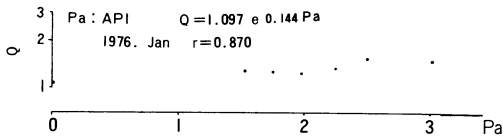


図3  $P_a$  と  $Q$  の関係

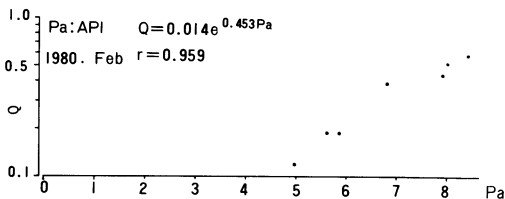


図4  $P_a$  と  $Q$  の関係

ここで、

$Q$  = 渇水流量

$P_a$  = 先行降雨指数

$a$  = 流域内の水保有量に関する係数

$b$  = 流域の保水能力に関する係数

(3)式中の係数 $a$ 、 $b$ を求めるために、1976（昭和51）年と1980（昭和55）年のデータについて最小二乗法を適用し、次の回帰式を得た。

$$1976 \text{ (昭和51) 年: } Q = 1.079 \cdot e^{0.114 P_a} \quad (r = 0.959)$$

$$1980 \text{ (昭和55) 年: } Q = 0.014 \cdot e^{0.453 P_a} \quad (r = 0.870)$$

これらの式の  $F$  値は、12.435、34.598であり、それぞれ危険率2.5%、1.0%で有意であった。

二式を比較すると、 $a$ の値が小さければ、 $b$ の値が大きいという傾向がみられる。つまり、このことは、流域内の水保留量が小さい時に、流域の保水能力あるいは浸透能が大きく、水を吸収しやすい状態であるということからも裏付けられ、渇水量と先行降雨指数との関係を表す回帰式中の係数 $a$ 、 $b$ は、流域の水保有特性を示すものであるといえよう。

そこで、流域内の水保留量<sup>12)</sup>の変化について考えてみることにする。

無降雨期には、流域内に保留されている水は、基底流出となり、ほぼ指数曲線の形で低減する。すなわち、低減初期の保留量を $S_0$ 、これより $t$ 日後の保留量を $S$ とすれば、次式が成立するであろう。

$$S = S_0 \cdot e^{-Ct} \quad \dots\dots\dots(4)$$

常数 $C$ は低減係数であって、(4)式が成立することは保留量 $S$ と保留量の変化 $\Delta S$ との間に、次の関係があることにより証明することができる。

$$\Delta S = C \cdot S \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここで、単位時間の保留量変化 $\Delta S$ は、(1)式における $Q$ に相当するから、 $Q$ の時間的变化も、無

降雨時には指数曲線の低減を示し、その低減係数は、保留量のそれと等しくなるといえる。

以上のことより、無降雨期における渴水量の低減は、次式で表すことができるであろう。つまり、

$$Q=Q_0 \cdot e^{-C \cdot D_n} \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここで、

$Q$  = 渴水流量

$Q_0$  = 初期流量

$D_n$  = 無降雨連続日数

$C$  = 低減係数

1976 (昭和51) 年と1980 (昭和55) 年の冬季における渴水量の低減式を求め、以下に示し、図化したものを図—5, 6に掲げる。

1976 (昭和51) 年:

$$Q=5.543 \cdot e^{-0.9367 \cdot D_n}$$

$$(r=-0.838)$$

$$(35 \leq D_n \leq 41)$$

1980 (昭和55) 年:

$$Q=24.628 \cdot e^{-0.332 \cdot D_n}$$

$$(r=-0.961)$$

$$(12 \leq D_n \leq 16)$$

このときの  $F$  値は、9.458, 36.474であり、それぞれ危険率5.0%, 1.0%で有意であった。

二式を比較することにより、無降雨日数が短く、減衰初期の段階にあるほど、低減速度が速いといえる。

そこで、ハイドログラフから低減部分を取り出

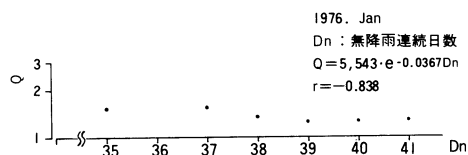


図5  $D_n$  と  $Q$  の関係

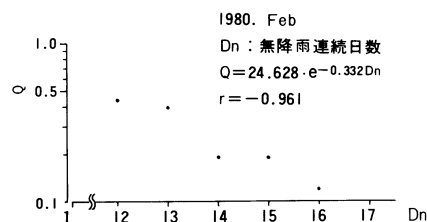


図6  $D_n$  と  $Q$  の関係

表4 低・渴水時における減衰曲線の計算結果およびその検定

| 年・月・日       | n  | $Q_0$ | $-C$    | $e^{-C}$ | $r^2$ | $r$    | $F$     | $F\alpha$ | $\alpha$ |
|-------------|----|-------|---------|----------|-------|--------|---------|-----------|----------|
| 1971.03.21. | 6  | 1.826 | -0.107  | 0.898    | 0.854 | -0.924 | 23.397  | 21.198    | 0.010    |
| 09.14.      | 5  | 1.919 | -0.0917 | 0.912    | 0.866 | -0.931 | 19.388  | 17.443    | 0.025    |
| 1975.04.03. | 6  | 1.980 | -0.0377 | 0.963    | 0.686 | -0.828 | 8.739   | 7.709     | 0.050    |
| 06.13.      | 5  | 1.206 | -0.141  | 0.869    | 0.830 | -0.911 | 14.647  | 10.128    | 0.050    |
| 07.27.      | 9  | 1.326 | -0.0631 | 0.939    | 0.831 | -0.912 | 34.420  | 16.236    | 0.005    |
| 11.01.      | 5  | 1.782 | -0.0035 | 0.997    | 0.156 | -0.395 | 0.555   |           |          |
| 12.01.      | 8  | 1.936 | -0.0744 | 0.928    | 0.938 | -0.969 | 90.774  | 18.635    | 0.005    |
| 1976.01.07. | 5  | 1.922 | -0.0439 | 0.957    | 0.887 | -0.942 | 23.549  | 17.443    | 0.025    |
| 01.29.      | 7  | 1.915 | -0.0302 | 0.970    | 0.765 | -0.874 | 16.277  | 16.258    | 0.010    |
| 1977.07.20. | 12 | 1.758 | -0.288  | 0.749    | 0.938 | -0.968 | 151.290 | 12.826    | 0.005    |
| 11.30.      | 13 | 1.857 | -0.0423 | 0.959    | 0.941 | -0.970 | 175.441 | 12.226    | 0.005    |
| 12.19.      | 6  | 1.047 | -0.0357 | 0.965    | 0.585 | -0.765 | 5.639   | 4.545     | 0.100    |
| 1978.04.22. | 7  | 1.209 | -0.181  | 0.835    | 0.925 | -0.962 | 61.667  | 22.785    | 0.005    |
| 08.24.      | 17 | 0.059 | -0.0256 | 0.975    | 0.498 | -0.706 | 14.880  | 10.798    | 0.005    |
| 11.01.      | 11 | 0.945 | -0.0761 | 0.927    | 0.942 | -0.970 | 146.172 | 13.614    | 0.005    |
| 11.22.      | 4  | 0.522 | -0.0634 | 0.939    | 0.886 | -0.941 | 15.544  | 8.526     | 0.100    |
| 12.14.      | 5  | 0.524 | -0.0598 | 0.942    | 0.876 | -0.936 | 21.194  | 17.443    | 0.025    |
| 1979.01.04. | 8  | 1.035 | -0.0824 | 0.921    | 0.681 | -0.826 | 12.809  | 8.813     | 0.025    |
| 01.23.      | 6  | 0.491 | -0.0393 | 0.961    | 0.429 | -0.655 | 3.005   |           |          |
| 02.02.      | 4  | 1.707 | -0.151  | 0.859    | 0.870 | -0.933 | 13.385  | 8.526     | 0.100    |
| 04.30.      | 5  | 0.623 | -0.0741 | 0.929    | 0.838 | -0.915 | 15.519  | 10.128    | 0.050    |
| 1980.03.04. | 4  | 1.684 | -0.442  | 0.643    | 0.983 | -0.992 | 115.647 | 98.503    | 0.010    |
| 03.17.      | 4  | 1.844 | -0.110  | 0.896    | 0.911 | -0.955 | 20.472  | 18.513    | 0.050    |

減衰曲線:  $Q=Q_0 \cdot e^{-C \cdot D_n}$

$r^2$  = 決定係数

$r$  = 相関係数

$\alpha$  = 有意水準 (%)

すことによって、実際の河川流量の低減係数を求めた（表—4）。

さらに、1976（昭和51）年と1980（昭和55）年の流況に比較的似ていると考えられる低減部分を図—7～9に示した。

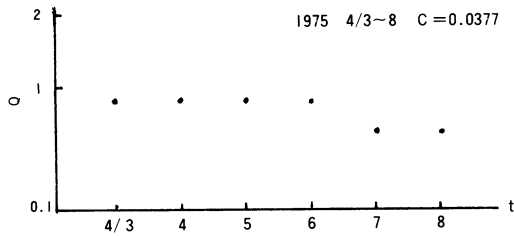


図7 減衰曲線

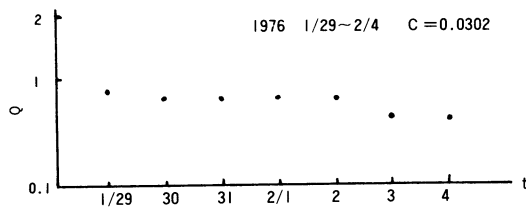


図8 減衰曲線

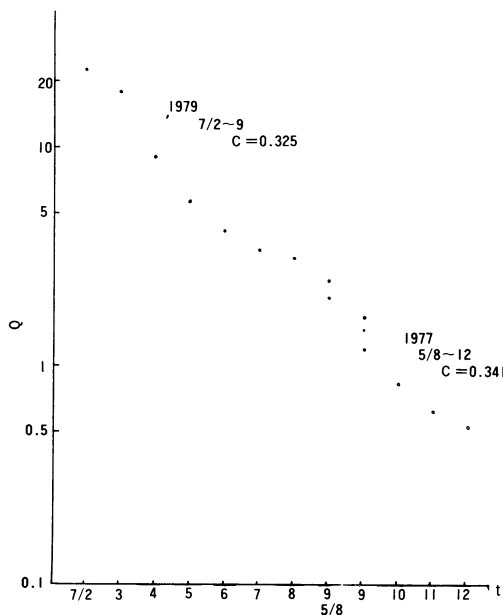


図9 減衰曲線

これらを見ても明らかなように、無降雨連続日数（ $D_n$ ）は、渇水期における流域内の水保留量の低減特性を表す際に用いることができる指標であるといえよう。

また、ハイドログラフの低減部を見ることにより、降雨終了後の経過時間が短いほど、流域内に保留されている水の流出が多いことから裏付けることができよう。

よって、渇水量と無降雨連続日数との関係は、流域内の水保留量の低減特性を示すものであるとみなしてもさしつかえないであろうと思われる。

## V 先行降雨指数と無降雨連続日数との関係

流域の水保有特性を示すのに用いた先行降雨指数（ $P_a$ ）と、流域の水保留量の低減特性を示すのに用いた無降雨連続日数とは、それぞれ持つ意味が正反対であることにより、逆数的関係が予想される<sup>8)</sup>。そこで、次式を仮定する。つまり、

$$D_n = a' + \frac{b'}{P_a} \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここで、

$D_n$ ＝無降雨連続日数

$P_a$ ＝先行降雨指数

$a'$ 、 $b'$ は定数

回帰式を求めるため、(7)式を 1976（昭和51）年と1980（昭和55）年の資料に適用すると次のようである。

1976（昭和51）年：

$$D_n = 29.399 + \frac{18.401}{P_a} \quad (r=0.990)$$

1980（昭和55）年：

$$D_n = 5.177 + \frac{53.971}{P_a} \quad (r=0.984)$$

これらのF値は、125.032、139.857であり、それぞれ危険率0.5%で有意性が認められた。このこ

とより、さまざまな流況における連続した無降雨期間における先行降雨指数は、これらの式を用いて求めることができるであろう。そうすれば、流域内の水保有量に関する係数をも、容易に求めることができるであろう。

## VI あとがき

以上、渇水量と先行降雨指数との関係、そして渇水量と無降雨連続日数との関係、さらに先行降雨指数と無降雨連続日数との関係を、服部川流域において、検討してきたが、結果をまとめると次のようである。

①渇水量 ( $Q$ ) と先行降雨指数 ( $P_a$ ) との間には、指数関数的関係が成り立ち ( $Q = a \cdot e^{-b \cdot P_a}$ )、式中の係数  $a$ 、 $b$  はそれぞれ、流域内の水保有量に関する係数、流域の保水能力に関する係数を意味するものであると考えられ、流域内の水保有特性を示す指標であるとみなすことができる。

②また、渇水量 ( $Q$ ) と無降雨連続日数 ( $D_n$ ) との間にも、指数関数的関係が成立し ( $Q = Q_0 \cdot e^{-C \cdot D_n}$ )、係数  $C$  は、ハイドログラフの減衰部を表す曲線の式、そして流域内の保留量変化の式における  $C$  と同じ意味をもつ低減係数であるということ。

③そして、先行降雨指数 ( $P_a$ ) と無降雨連続日数 ( $D_n$ ) との間には、逆数的関係の成り立つこと ( $D_n = a' + \frac{b'}{P_a}$ ) がわかった。

しかし、長期間にわたる連続した旱天におけるデータが、ほとんど得られなかったこともあり、十分な考察を加えることができなかった。今後は、これらの指標の意味及び関係式の明確化、さらに流域の地形特性などと関連づけて考察していくことが必要であろう。

## 謝辞

この拙論を作成するにあたり終始御指導頂いた、原昭宏

先生 (愛知教育大学)、森和紀先生 (三重大学教育学部) に感謝します。また、資料収集の際には、建設省淀川水系木津川上流工事事務所 (名張) の皆様、中浦基之・近藤正幸 (三重大学生) の両君、の協力を、資料整理には、市川達哉・大塚俊幸・矢田圭毅 (三重大学生) 諸君の協力を得たので謝意を表します。

なお、この拙論を榊原康男先生の退官のお祝に捧げ、ますますのご発展を祈ります。

## 参考文献および注

### 1) 例えば、

高瀬信忠・宇治橋康行 (1975) : 山地小流域河川における出水特性について、金沢大学工学部紀要, 9—1, PP. 23—30.

石崎勝義ほか (1982) : 山地小流域における流出特性に関する研究——裏波流出実験における解析例——, 土木技術資料, 24—3, PP. 21—27. など。

### 2) 例えば、

瀬口昌洋ほか (1974) : 基底流出に関する基礎的研究 (I), 九大農学芸誌, 29—3, PP. 117—129.

瀬口昌洋ほか (1979) : 山地小流域からの基底流出成分の解析, 農業土木学会論文報告集, 82, PP. 15—24. など。

### 3) 例えば、

市川正巳ほか (1969) : 首都圏における主要河川の渇水流出と降水との関係, 東京教育大学地理学研究報告, XIII, PP. 89—101.

高木不折 (1966) : 低水流出の低減特性に関する研究, 土木学会論文集128, P. 1—11. など。

4) 355日流量以下の流量を、ここでは、渇水流量とする。

5) 山口雅功 (1981) : 柿岡盆地における河川の流出特性, 地域研究, 22—1, PP. 29—38.

6) 三重地理学会 (1981) : 三重県阿山郡大山田村調査報告書 (III. 水文), 三重地理学会報, 33, 192P.

7) Linsley, R. K. and Others (1949) : Applied Hydrology, 689P.

- 8) 岩井重久・石黒政儀 (1970) : 応用水文統計学, 森北出版, 370P.
- 9) 建設省淀川水系木津上流工事事務所の資料による。  
  { 流量観測点——荒木 (上野市)  
  { 雨量観測点——阿波 (大山田村)
- 10) 1972年 (冬季) 欠測のため, 実質 9 年分のデータを用いた。
- 11) 無降雨日とは, 降雨量 5 mm 以下の日とした。
- 12) 金子良 (1956) : 水文学的循環における土壌の効果, 農業技術研究所報告, F—9, PP. 211—343.