

京都大学工学部 正員 高橋琢馬
京都大学工学部 正員 田中雄作
銭 高 組 正員 山岡和彦

① はしがり

流出解析に際し、その入力となる有効降雨の工学的把握は重要であり、それが流出量曲線に及ぼす影響は大きい。本研究は、現在用いられている有効降雨算定法として、累加雨量～累加損失雨量曲線、損失能曲線、置換有効降雨をとりあげ、これらを由良川をモデルとして、主として損失能の立場から実証論的に検討するとともに、置換有効降雨の簡易推算法を提案するものである。対象とする流域の概要を図-1に、水文資料を表-1に示す。

② 有効降雨および損失能の概念

有効降雨は従来過剰降雨と混同されがちであったが、有効降雨を「地表面流に実質的に供給される雨水」と定義することによりその水理学的意味が明確に示される。損失能とは「任意状態で生じうる単位時間当りの雨量損失」であり、その一般的傾向は図-2のようになる。損失能を $l_s(t)$ とすると、 $l_s(t)$ はつぎのようになる。

$$r_f(t) = r(t) - l_s(t) \quad (1)$$

$$l_s(t) = (l(t) - l_{\text{act}}(t)) + O(t) \quad (2)$$



図-1 流域概要

資料	日付	総降雨量	降雨強度	流出量	損失能
ONO-A	1956.9.27	12.5	50	9.9	34.2
ONO-B	1957.12.6	28.5	55	32.5	179.0

表-1 水文資料

ここに、 $l(t)$:浸透能、 $l_{\text{act}}(t)$:中間流出の浸出強度、 $O(t)$:その他の損失成分(主として降雨遮断)である。

③ 各有効降雨算定法の実証論的検討

上述の損失能を各有効降雨算定法について求めてみると、

置換有効降雨

$$l_{sc}(t) = Lr(t) \cdot (r(t) + r_a) - r_a \quad (3)$$

損失能曲線

$$l_{ss}(t) = f_0 + (f_0 - f_c) e^{-kt} \quad (4)$$

累加雨量～累加損失雨量曲線 $l_{sR}(t) = r(t) \cdot [1 - 10^{-a} \cdot \int_0^t r(x) dx]^{\frac{1}{b}}$ (5)

となる。ここに、 $Lr(t) = [\int_0^t b e^{f_0 x} dx + 1] e^{-f_0 t}$, $a = \frac{2}{f_0} (r(t) + r_a)$, $b = \frac{2}{f_0} (r_a + l_c)$ である。各定数は、従来の研究より $r_a = 6 \text{ mm/hr}$, $f_0 = 120 \text{ mm}$, $l_c = f_c = 0.27 \text{ mm/hr}$, $k = 0.15$ であり、過剰降雨 ONO-B については

$f_0 = 0.27 \text{ mm/hr}$ となる。損失能を ONO-A, B について計算したのが図-3であり、中安総合単位図法・特性曲線法によって流出量曲線を求めたものが図-4, 5である。これらによると、 $\Sigma r \sim \Sigma l_s$ 曲線は Σr が一定値に達すると $\Sigma l_s = 0$ となり、 $r_f = r$ となる。

このことは、その時刻以後は降雨波形が強い形で流出量曲線に写像されていることを意味しており、流出機構の一環としての考察に欠ける。損失能曲線は降雨に無関係に l_{ss} が求まる点など、Horton型の欠点が見られ、有効降雨を求めるものとしては不適當である。むしろ、A層下面からの浸透に適用するものとして今後の意義を見出すべきである。

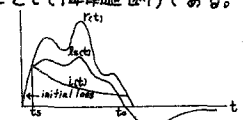


図-2 損失能の一般的傾向

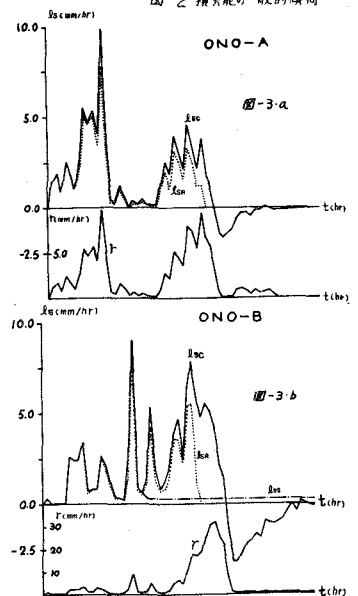


図-3 a

図-3 b

これらに較べ、置換有効降雨は自然流域における降雨波形の平滑化をよく表現しており、変換系としての表層近傍の水理機構を表わすのにふさわしいものである。以上のことより置換有効降雨の卓越した特性が実証的に示されたが、表面流出の非発生場 Lr の算定が繁雑であるため、つぎにその簡易推算法を提案する。

④ 置換有効降雨簡易推算法

表層近傍の水理機構は図-6のように表わされ単位斜面長あたりの表面流出の発生場を Sr とすると、 Sr および連続の式は、

$$Sr = \frac{L - S_0}{L} = 1 - Lr \quad (6)$$

$$\frac{dSr}{dt} + aSr = a - b \quad (7)$$

となる。

$t=0$ で $r=0, Sr=0$ より (7) を解き $dt=1(\text{hr})$ として離散的に表現すると

$$Sr(t) = \sum_{s=1}^t (a-b) e^{-\frac{t-s}{S} a} \quad (8)$$

となり、さらに降雨系列が、 $r_0, r_1, r_2, \dots$ で $t=1$ の時の Sr を $Sr(1)$ とすると、

$$Sr(1) = \frac{2}{r_0} \{ (r_0 - r_c) e^{-\frac{2}{r_0} (r_0 + r_a)} \} \quad (9)$$

となる。一方、 $dt=1$ として (7) を差分化すると、

$$Sr(t) = \frac{Sr(t-1) + \frac{2}{r_0} (r(t) - r_c)}{1 + \frac{2}{r_0} (r(t) + r_a)} \quad (10)$$

となる。置換有効降雨は、 $r_f^*(t) = (1 - Lr(t)) (r(t) + r_a)$ より、

$$r_f^*(t) = Sr(t) \cdot (r(t) + r_a) \quad (11)$$

と表わされる。したがって (9)(10)(11) により r_f^* は厳密解より簡単に求められる。厳密解と簡易推算法との比較を ONO-A, B について求めたものが図-7 であるが、両者の誤差はわずかであり、実用上十分な精度で、かつ容易に求めることができる。

⑤ おわりに

本研究では、従来用いられてきた有効降雨算定法を比較し、置換有効降雨が良いという結論を得た上で、その簡易推算法を提案した。この推算法は本来の力学的意義を保ちつつ、十分な精度で算出でき、実際の流出解析、さらには水計画に寄与するところが大きいと考える。しかしながら、定数の決定には適当な資料と経験を必要とし、この点が今後の課題として残る。

参考文献

- 1) 中安米蔵 「本邦河川洪水の Unit Graph について」 昭31・3
- 2) 5) 石原謙次郎・田中要三・金丸昭治 「わが国における単位図の特性について」 昭31・3
- 3) 4) 石原謙次郎・石原安雄・高梅琢馬・瀬千元 「田良川の出水特性に関する研究」 昭37・3

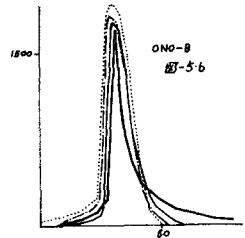
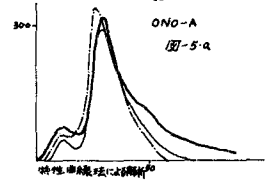
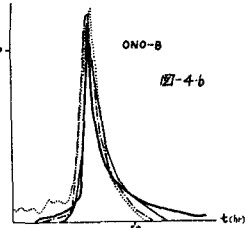
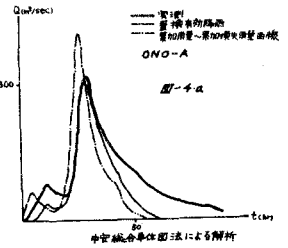


図-6 表層近傍の水理機構

