

愛媛大学工学部 正員 ○渡 辺 政 広, 正員 豊 国 永 次

これまで、都市域の流域セグリングならびに複雑な雨水流出を系統的にかつ簡便に解析しうる方法について、調査流域を設定して検討を進めてきているが、本報告では、流域セグリングに伴う lumping の流出シミュレーション結果に及ぼす効果とまず数値実験によって考察し、さらに実際の調査流域について、実測結果と対比して検討する。次にこれに lumping に関係する都市域の雨水損失の取扱等について調べた結果を述べる。

流域モデリングに伴う lumping 効果に関する検討

数値実験による検討: Table 1に示すような不浸透域(流出面Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)が90%を占めるA区域と浸透域(Ⅳ, Ⅴ)が10%を占めるB区域とで構成される流域ModelⅡとこれをlumpしたModelⅠを用いて, Fig. 1に示すようなA, B区域の占有割合変化, 並びに位置的变化が幹線下流端の流出特性に及ぼす影響について検討する。まず流出パラメータは, 流域を構成する各種の流出面および流路の諸量を基に算定する。次に有効降雨は, 不浸透域では凹地貯留 $D_1$ を, 浸透域では凹地貯留 $D_2$ と浸透損失 $f$ (補給能モデル)を考慮し, 各流出面の占有面積率 $a_i$ をウェイトとして算定する。なお凹地貯留についてはLinsleyらの近似式を用いる(こうして雨水損失の算定法を以下URL法と仮称)。

さて数値シミュレーション結果の一部を示すと Fig. 2 のように、これより次の諸特性が指摘される。1) 有効降雨 (b) 図) は、A 区域では不浸透域の特性が支配的で降雨波形 (a) 図) に近く、B 区域では浸透域の特性が支配的で特に降雨初期には損失が大きき。また Model I では A、B 区域の占有割合を反映した波形となる。このため特に降雨前半で波形に大きな差が現われ、これらの影響は幹線下流端の hydro. にまで及ぶ。2) 各流出面の流出 hydro. (c) 図) は、A 区域では入り波形に近似し、B 区域では緩慢な応答となり、Model I では A、B 区域の占有割合を反映したものとなる。こうした特性は次の支線区域下流端 (d) 図) においても同様にみられる。3) 幹線下流端の流出 (2) 図) は、Model II では A、B 区域の占有割合により流出 hydro. の特性が相当変化する。流出初期には特に不浸透域の流出特性が卓越し、流域内の A 区域がわずかでも不浸透域の流出特性が現われる。lump された Model I の流出 hydro. は、不浸透域が流域の大部分を占める割合では Model II の結果に近似するが、不浸透域が減少してくると近似度が低下す

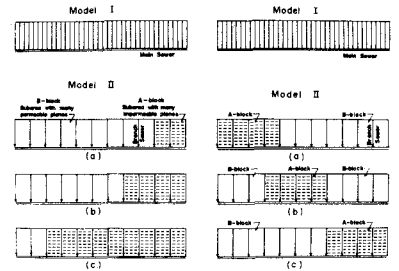


Fig. 1 数値実験に用いた流域モデル

|       |                         |                 |                 | B-block                             | A-block                             |
|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|       |                         |                 |                 | SURFER WITH TONS OF SURFBOARD PLANS | SURFER WITH TONS OF SURFBOARD PLANS |
| STRIP | DESCRIPTION             | LENGTH          | SLOPE           | ROUGHNESS                           |                                     |
| I     | Competition Reefing (1) | $l_1$           |                 | $N_1$                               | $\frac{4}{5}$                       |
|       | Exp. strip Reefing (2)  | $(3.8 \pm 0.1)$ | $(0.3 \pm 0.6)$ | $(0.0 \pm 0.1)$                     | $(17.1 \pm 5)$                      |
| II    | Competition Reefing (2) | $l_2$           |                 | $N_2$                               | $\frac{3}{5}$                       |
|       | Exp. strip Reefing (1)  | $(4.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.1)$                     | $(19.4 \pm 4)$                      |
| III   | Street Pavement         | $l_3$           |                 | $N_3$                               | $\frac{6}{5}$                       |
|       | Drained, bare sand (1)  | $(3.5 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.2)$                     | $(3.2 \pm 3)$                       |
|       | Drained, bare sand (2)  | $l_4$           |                 | $N_4$                               | $\frac{4}{5}$                       |
|       | Back garden             | $(2.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.0)$ | $(0.2 \pm 0.5)$                     | $(9.2 \pm 2)$                       |
| IV    | Drained, bare sand (2)  | $l_5$           |                 | $N_5$                               | $\frac{4}{5}$                       |
|       | Back garden of School   | $(2.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.0)$ | $(0.2 \pm 0.5)$                     | $(9.2 \pm 2)$                       |
| V     | Drained, bare sand (2)  | $l_6$           |                 | $N_6$                               | $\frac{1}{5}$                       |
|       | Back garden of School   | $(2.0 \pm 0.1)$ | $(0.0 \pm 0.0)$ | $(0.2 \pm 0.5)$                     | $(21.8 \pm 1.9)$                    |

Table 1 代表流出面とその諸元

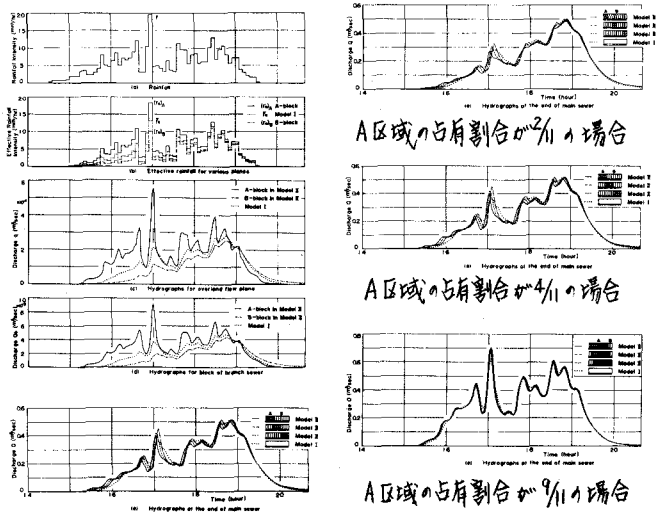


Fig. 2 数値シミュレーション結果

る。次にA区域の占有割合が同じでもその位置により流出hydro.はかなり変化する。

調査流域に対する検討： 松山市街地域の1幹線区域を対象に、流域内の不均一性を考慮して支線区域別に流域モデリングした流域Model II (Fig. 3)とこれをlumpした流域Model Iを用いて流出シミュレーションを行ない、実測hydro.と対比、検討した。結果の1例であるFig. 4からわかるように、流域Model IIによるシミュレーション結果はModel Iのそれに比べて、出水期間を通じて適合度が向上してきており、特に出水初期の適合度にかんがりの向上が見られる。

以上より、不均一な流出端である都市域の雨水流出特性を詳細に議論するには、上述のように、流域内の不均一性を組み入れた流域モデリングとそれらによる流出シミュレーションが必要となってくる。

### 雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果

次に上述のlumping に関する雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果について述べる。前述の調査区域について、有効降雨と各流出面の雨水損失特性を考慮して取扱う場合(URL法)とこれを流域全体について取扱う場合(ΣR~ΣLの関係を用いる方法)による流出シミュレーション結果と比較、検討した。流域Model IIを用いた結果はFig. 5のようで、ΣR~ΣLの関係を用いる結果は全般的に扁平化しており、出水前半で流量ピークが特に小さくシミュレートされている。URL法による結果は、出水期間を通じて実測hydro.により近い応答を示し、出水前半の適合度はかなり向上してくる。次に流域Model Iによるシミュレーション結果においても、URL法による結果はΣR~ΣLの関係を用いたそれに比べて、全般的に応答がよくなり、出水前半の適合度はかなり改善される。

### 都市域の雨水損失特性(松山市街地域)

ここではTable 2に示すような各種流出面の雨水損失を考え、これら雨水損失に関する特性値(URL法)を、松山市街地域について検討した。降雨強度が浸透能力をこえ、また凹地野留を十分満す降雨があると、雨水損失量Lは次式  $L = (A/A_p) \int_0^t f(t) dt + D_{ib} (A_{ib}/A_p) + D_p \dots (1)$  のように表示される。ここにf(t)に対し補給エネルギーモデルを用いる。また、不浸透域のみから流出する小降雨では次式  $L = (A_p/A) R + (A_{ib}/A) D_{ib} \dots (2)$  のようになる。こうして条件を満たす流出資料をもとに、(2)式の関係を示すFig. 6よりD<sub>i</sub>あるいはD<sub>ib</sub>を、また(1)式の関係を示すFig. 7の各線を描いてD<sub>p</sub>および他の特性値を求めると、D<sub>i</sub> = 2<sup>mm</sup>, D<sub>ib</sub> = 5<sup>mm</sup>, D<sub>p</sub> = 6<sup>mm</sup>, f<sub>0.5</sub> = 13<sup>mm/hr</sup>, f<sub>c</sub> = 2<sup>mm/hr</sup>, α = 1.05<sup>hr<sup>-1</sup></sup>で、従来の研究結果に近い値が得られた。今後さらに詳細に検討したい。

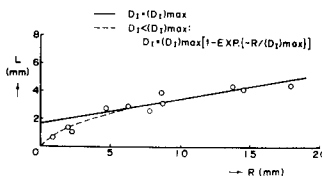


Fig. 6 (2)式の関係

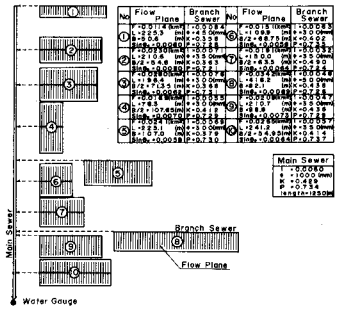


Fig. 3 調査流域(1幹線排水区域)の流域Model II

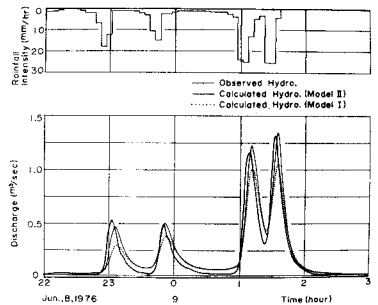


Fig. 4 流出シミュレーション結果

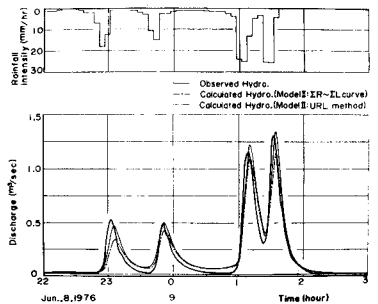


Fig. 5 雨水損失の取扱いと流出シミュレーション結果

| GROUP | DESCRIPTION             | PERMEABILITY | DEPRESSION      |                   |
|-------|-------------------------|--------------|-----------------|-------------------|
| I     | Composition Roofing (1) | Impervious   | Depressionless  | A <sub>1a</sub>   |
| II    | Composition Roofing (2) | Impervious   | Depression      | D <sub>i</sub>    |
| III   | Street Pavement         | Impervious   | D <sub>ib</sub> | A <sub>ib</sub>   |
| IV    | Grassed, bare Land (1)  | Pervious     | Depression      | A <sub>p</sub>    |
| V     | Grassed, bare Land (2)  | Pervious     | D <sub>p</sub>  | (A <sub>p</sub> ) |

Table 2 各種流出面と雨水損失

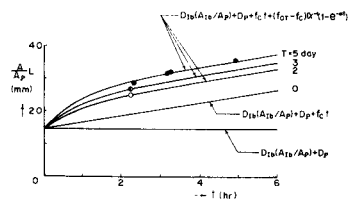


Fig. 7 (1)式の関係