

東京大学 正員 市 川 新
日本火災 正員 ○藤 田 祐 治
北陸電力 正員 野 口 猛 雄

1. メッシュ法の意義

雨水の流出の推定モデルとして広く用いられている方法の1つにRRL法がある。この手法は原理的には降雨を追跡しているが現在までに行なわれている応用例では、いくつかの仮定を設けて計算の簡略化を行っている。具体的には①降水の中から有効降雨を分離し、②等流達時間帯図を作製し、③下水管内の貯留を考慮して流出量を求めている。この仮説の中には、マクロな仮定ないし、一種のブラックボックス的取りあつかいが行なわれている。例えば②の流達時間は、下水管内の流下時間であり、下水管に入る迄の表面流下の時間は考慮されていない。③の貯留機構も下水管を1つのタンクに近いものと仮定し、かつ、流出量をあわせるための一種のフィルターのような形で取り扱っている。

このようなマクロ化・ブラックボックス化は計算の手間からくる制約条件が1つの理由であったと思われるが、最近高速大型計算機が開発された事により計算の手間は大幅に緩和されており、計算機の利用を前提としたモデリングが必要となっている。さらに成果物である雨水流出量も最大値という1つの指標だけでなく、ハイドログラフを求める事も要求されてきている。このような時代の要請に応えるべく降水を出来るだけ詳細に追跡し再現性の高いシミュレーションモデルを開発したのが本研究である。

2. メッシュ法の手法と仮説

流域に10 mのメッシュをかける。1メッシュの面積は100 m²となり、東京の感覚では家一軒分の大きさであり、取扱う単位としては手頃である。又最近航空写真や、それを基にした地図(下水道計画で用いる2500分の1)で、10 mが4 mm程度となり、判読出来る範囲にある。このメッシュ1つ1つに流れ方向を与える本研究で用いた流れ方向は、将棋の王の動きで前後左右8方向に流れるものとする。それ故、T時刻にあるメッシュ(X, Y)から流れてる流量は、①そのときに降ってきた雨量と、②(T-1)時間に周辺のメッシュの保有している流量の和であらわされる。流域内に下水管および雨水マスが存在している場合には、そこから下水管に入るものとする。メッシュ間の移動は地表面流とみなし、この流速の推定には、カーベイ式によった。表1に地表勾配、粗度とで示される10 mの流下時間を示したものである。この表から舗装地域は3分、グラウンド等ふみかためられた土で6分、農地9分と考えるのが妥当であろう。

有効降雨の推定法はいろいろあるが本研究では舗装率をもって流出率とした。下水管内においては、管径、勾配から満管時の流速を出し実際の水深を考慮して管内流速を求めて、マンホールから基準点迄の流下時間を求めた。

表1 カーベイ式による10m移動時間

n(相対粗度)	5 % (勾 配)				
	10	5	2	1	0.5
0.02	2.00	2.34	2.90	3.41	4.01
0.05	3.06	3.60	4.45	5.24	6.16
0.10	4.22	4.97	6.15	7.23	8.50
0.20	5.82	6.86	8.50	9.99	11.75

3. 応用例とその考察

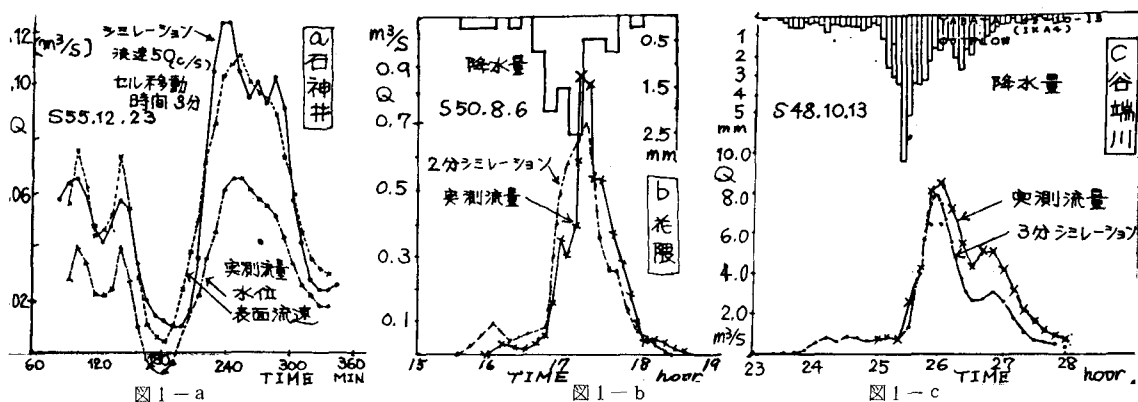
このモデルが実用的であるかどうかを検討するためには、実際の降水量と流量の同時観測が行なわれていなければならない。そこで、表2に示したような実測例のある地域を対象にえらんだ。

その結果を図1に示した。

図1-aには、実測流量を2通りの方法で求めたが、計算法により実測値が異なり、どれを実測流量とすべきか判断出来なかったため、2つのカ

表2 対象地域の概況

	流域面積 (ha)	平均勾配 (%)	舗装率	最速流下 距離(m)	流量観測者
石神井	20	4	0.39	800	著者
神戸花隈	13	45	0.83	900	土研
谷端川	109	3.4	0.40	1925	土研



ーブが示してある。1つは、水位とマンニング式と水理特性曲線から求めたものであり、1つは、水位(断面積)と浮子による表面流速から求めたものである。モデルによるシミュレーションでは両者の間にあり、ほぼ実態をあらわしているものといえる。図1-bの花隈地区の急勾配な流域でもよく合っているといえよう。図1-cの谷端川は流域面積が他の流域より大きいので裾の部分に若干整合性のとれない事があるが、ほぼ実態をあらわしているとみなして差支えないと思われる。

以上のシミュレーションから本法は、雨水流出量の推定モデルとしてきわめて有効な事がわかった。

4. 考察

(1) 管内貯留: RRLは管内貯留が大きいが本法では管内の時間おくれは考慮しているだけで、貯留は考慮していない。これは、実測流量時の水位が管径の10%前後であったためである。図2は、このモデルにおける貯留場所を示したものである。図には降水(有効降雨)マンホール流入量、下水管の基準点通過量のそれぞれの累積量を示してあり、Y軸に平行な直線のそれぞれの曲線の交点間が、その時刻の貯留量を示すことになる。縦軸は全降雨量を100として示してある。これをみると、下水管内の貯留を無視したモデルでないことがわかる。

(2) 流下時間の差: 図1のシミュレーションでは、表面流速、管内流速を仮定しているが、それを变化させた時にどのような流出量になるかを検討したものを図3に示した。図3-aは表面流速を10mを3分から8分に変化させたものであり、3分のときは流量が急速に減少しているが、他はあまり大きな影響はみられていない。図3-bは下水管内流速をかえたものであり、 $V=60\text{ cm/s}$ と $V=20\text{ cm/s}$ との間の最大流出量の比は $0.128/0.105$ であり、この場合には、あまり大きな差が出ていない。このシミュレーションに用いた降雨は弱い雨が長期間つづいていたためであり、集中豪雨の場合は別途計算しなくてはならない。

本メッシュ法は、在来のブラックボックスを物理モデルに近づけたという点が特徴であり、かつ一定程度シミュレーション結果が実測値に近いといえる。しかし実例が少ないので今後実測例を多くあつめて降雨の型・先行降雨等の条件下で本法によるシミュレーションがどの程度使用出来るかを検討せねばならない。

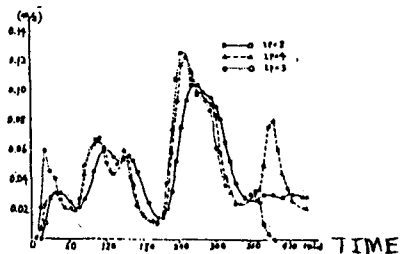
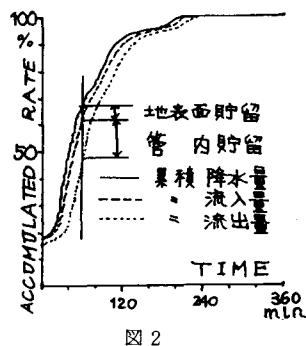


図3-a

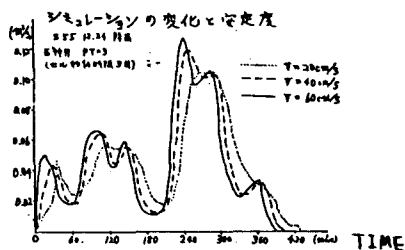


図3-b