

建設省土木研究所 正員 木下武雄

概要：流域の表面状態が変化したときの流出の変化を解析し、今後変って行くであろう流域の流出の予測について述べる。

1. 流域の変化による流出の変化

流域の表面状態が変れば、表面流出は変化する。これを量的に表わすことはいろいろな方法で行なわれているが、一に流域の流出の応答特性を示す関係を客観的に求める方法を確立することが必要である。たとえば単位図で言えば

$$q(t) = \int_0^t u(\tau) r(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

であるから、流出高 q 、雨量強度 r に実測値を用いて積分方程式を解けば、単位図 u は求められるはずである。しかし、これは誤差の混入に対しては弱いので、改良案が望まれる。たとえば最小自乗法やフーリエ変換による方法である。最小自乗法によるものは(1)式から

$$E = \int_0^\infty (q(t) - \int_0^t u(\tau) r(t-\tau) d\tau)^2 dt \quad (2)$$

とおいて、 E を最小とするように $u(t)$ を求める方法である。こうすれば、相関関数 $\int q(t) r(t-\tau) dt$, $\int r(t) r(t-\tau) dt$ の連立一次方程式となつて $u(t)$ が解ける。石狩川上流流域の流出機構の変化と題して土木学会論文集第59号にのせたのは以上の方法である。フーリエ変換によるものは(1)式の両辺にフーリエ変換をほどこし、 ω 領域における q , u , r の関係にする。

$$Q(\omega) = U(\omega) R(\omega) \quad (3)$$

ここで $Q(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} q(t) e^{j\omega t} dt$ であり、他もこれと類似である。この(3)式を変形して

$$U(\omega) = Q(\omega) / R(\omega)$$

となるから、この $U(\omega)$ にフーリエ逆変換をほどこせば $u(t)$ が求められる。土木研究所報告第30号雨量・水位などの測定時間間隔のきめ方に上の方法の予備的考察をのせた。

2. 変化の予測

上述の方法によつても、しかし、変化した後々の r と q との実測値から u が客観的に求まるだけで、変化の予測をすることはできない。そのためには、変化の内容を物理的に表現しうる方法を用いなければならない。

まず、都市化とは水文学的にどんな要素を含んでいるだろうか。(土木技術資料9巻9号)

流域に及ぼす影響として

- (1) 気候の変化：表面流出には関係薄い、浸透流出、蒸発などには重要であろう。
- (2) 浸透域の減小：山林、畑の減小、校庭、庭園等になるための表土の空隙率の減小も重大である。
- (3) 表面粗度の減小：整地、舗装、屋根等によって、粗度は著しく低下する。
- (4) 表面貯留の減小：自然状態では大抵どこかに降雨の一時的貯留がある。

河道に及ぼす影響として

- (1) 河道粗度の減小：河川改修による。河道整備、捷水路など。

(2) 湛水域の減小：河川改修は勿論、住民による地上げなどもこの効果をもつ。

このような影響の結果として、表面流出波形にみられる変化は

(1) 流出率の増大、(2) ピーク流量の増大、(3) 流下速度の増大

などである。以上の他にも氾濫原に家を建てたとか、周囲が地上げしたために水はけが悪くなったという種類の向題も見逃せないが、ここではとり上げない。

3. 石神井川について

具体的な事例として研究するため、土木研究所では石神井川について調査をすすめている。石神井川は東京の北部・武蔵野台地上を西から東へ流れる小河川で、隅田川に合流する。根村橋（国道17号と環状7号道路との交点付近）で流域面積48 km^2 、流路の長さ約20 km である。20年前までは、けやきに囲まれた農村地帯であつた流域が、急速に都市化して現在では多くの人家・工場が密集した地区となった。最近の大雨は昭和33年の狩野川台風と昭和41年の4号台風とによるものである。総雨量などのデータは次表に示す。

	総雨量 mm	ピーク流量 m^3/s	流出率
昭和33.7.26	399.1	107.9	0.50
昭和41.6.28	258.0	111.5	0.52

浸透域減小の推移は次に示す。(航空写真)

	昭和22年	昭和37年	昭和43年
浸透域		56%	
不透透域		44	

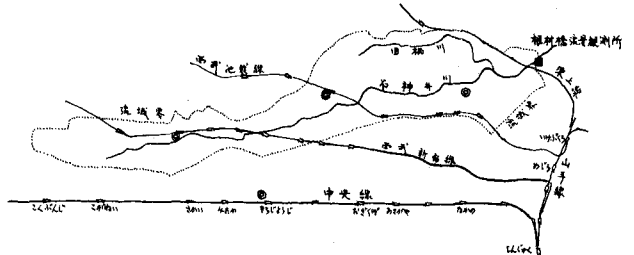
実測値から貯留関係にまとめたもの、およびタンクモデルにまとめたものを図-2に示す。この図で著しいことは、貯留量 $>20\text{mm}$ における勾配のちがひ（タンクの孔の係数の相違となつてゐる。）と、貯留量 $>70\text{mm}$ において、狩野川台風時においてあらわれた著しい貯留効果である。これらを説明するためには浸透域の減小では説明つきにくい。流出率を見ても、浸透域減小の推移によつても明らかである。次に、河道湛水域の減小効果ではないかと調べてみたが、矢張りこれらを説明するには不十分である。それで流域の表面貯留の減小ではないかと現在調査中である。

4. 今後の発展

このような研究はデータをとりだけでも大へんな努力がいるが、データを解析し、シミュレートするモデルを作ることは重要である。流域を粗度のある斜面として特性曲線で追跡する方法が広く行なわれているが、もつと単純にマニングの式 $Q = \frac{1}{n} B R^{2/3} i^{1/2}$ と次のように差分化した連続式とを連立する

$$[R(t+\Delta t) - R(t)]/\Delta t = -[Q(t, x) - Q(t, x-\Delta x)]/(B \cdot \Delta x) + I(t, x) \quad (4)$$

方法も有効なので、分割流域の設定方法と共に目下研究中である。



●：雨量観測所

図-1 石神井川 概観図

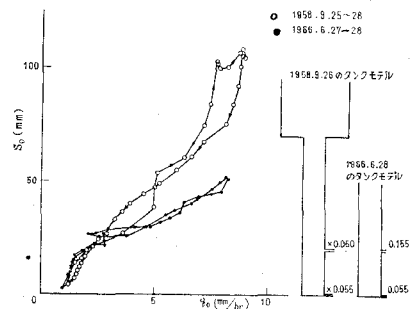


図-2 石神井川根村橋上流流域の貯留量曲線