

国立防災科学技術センター 正員 木下武雄

1. 降雨流出からみた災害の推移

降雨が河道の流量にまで変化して行く過程は一口に流出と呼ばれている。これまでは国土の80%を占める山地に降った雨が諸々の変換系を通して、残り20%の平野（ここが人間の主たる生活の場であるが）へ流出して来た時に、治水・利水上の問題を提起するので、山地部より川が平野部へ出た所（ここが通常、河川改修の起点となるが）における流出波形の推算が大切であって、そのための流出モデルが研究開発されて来たのである。しかし最近では小流域、特に内水域や都市内の小流域で降雨による災害が目立ちはじめ、そのため小流域の流出モデルが考えられはじめた。このような小流域では極めて局地的かつ短時間の現象が支配的であるとともに、これまで言われた流出という変換系を通じた後の現象でなく、もっと早い段階の現象が災害として重大な影響を持つわけである。これに対しては模式的に流れるモデルと溜るモデルとに分けて考えられる。

(i) 流れるモデルは都市河川などの小流域に關するもので、図1のようになる。有効降雨とは地面に達した雨水

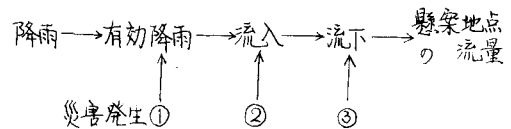


図1 流れるモデル

が一部は浸透するが、残りは次の過程に続くわけので、ここで区切りをつける。たゞしこれは場所・時間に依ることは言うまでもない。流入とは斜面を有効降雨が流れて下水路などの排水路へ入るまでの過程を示し、流下とは排水路等を流れ下ることを指す。

(ii) 溜るモデルは排水路の整備されていない、いわば内水域のモデルである。単純に言えば有効降雨の時間積分が災害に關する要素となる。この例では従来の流出モデルでは不適当であることは明らかであろう。

災害の発生から水文現象を見ると次のようになる。図1参照。

① 有効降雨：道路・鉄道の法崩れなど。

② 流入：内水域・都市域の湛水、地下鉄の浸水など。昭和48年8月4日名古屋北方・北部の災害。

③ 流下：低地における排水路の氾濫、ポンプ能力不足による氾濫。昭和48年10月14日東京の災害。

現実の災害はこれらの混合として発生する上に、局地的であるので、十分観測網にかからないことが多く実態究明は容易ではない。また都市化が進行すれば流出率の増加、洪水到達時間の短縮、ピーク流量の増加を誘起するので¹⁾、同一地点でみても、相対的に③の災害から②の災害へ、さらに①の災害へと移行するであろう。これは流出モデルから見れば小流域の流出モデルに変えて行かねばならぬことを示している。

2. 流出モデルは平滑化である。

災害原因の半分は自然条件としての水文学の烈しさにあることは論をまたない。この烈しさは大きな流域で、または色々な変換を受ければ受けるほど平滑化され、烈しい尖頭値は消える。流出モデルとは平滑化を指すわけで災害のおこる各段階でどんな平滑化が行なわれているか。また高周波成分を含んだ降雨が図2のように順次平滑化されて行く過程を何等かの量的表現はできないだろうか。

流出過程は非線型なので、これら比較はむづかしいが、石神井川において、貯留関数とタンクモデルとによる比較例はある²⁾。尤もかにもよく表現する方法として線型モデルで何が言えないだろうか。単位図でもある程度のことは言えるが、次のような周波数

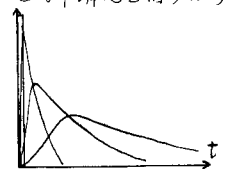


図2 平滑化の模式図

答関数の振幅成分をフーリエ変換により求め、これにより比較を試みよう。

3. 周波数応答

流域の有効降雨を r 、流出高を q 、応答関数(単位図)を u とおくと、これらの関係は

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

とおける。これをフーリエ変換すると、 $Q(\omega) = R(\omega) \cdot U(\omega)$ となる。ただし

$$U(\omega) = \int_0^\infty u(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (\text{他も同様})$$

図3 タンクモデル

である。線型貯水池流出のモデルは指数減衰単位図 $u(\tau) = \alpha e^{-\alpha\tau}$ と同じであり、これは図3のタンクモデルと同じであり、 $S = \frac{1}{\alpha} q$ という貯留関数と同じであるの

で、これを基本型として振幅スペクトル $|U(\omega)| = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 + \omega^2}}$ を描くと図4のようになる。つまりこの形を基にして都市流出の各段階を比べようとする。図4にはラショナル式の周波数応答 $U(\omega) = \frac{1}{\omega T_0} \sin \omega T_0$ も記入してある。

4. 実例

図4でわかる通り、 α 、到達時間 T_0 などの自由度があるわけで比較と言ってもむづかしいが、形状・面積などの似た流域を選び、洪水の規模も同程度にして次のようなデータを採用した。これらは建設省が中心となつて

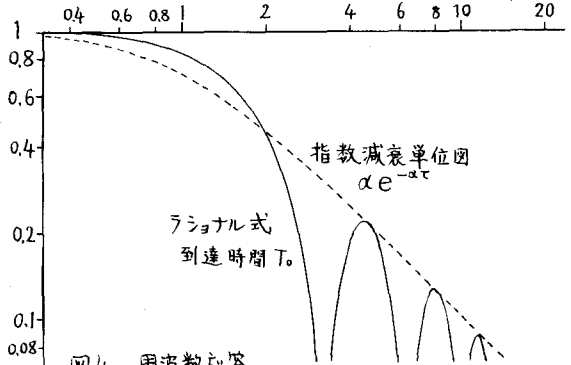


図4 周波数応答

行なっている流出試験地調査によるもの	名称	機関名	流域面積 km^2	概略位置	面積率%		洪水年月日	総雨量 mm	ピーク流出高 mm/h	4t 分
					家屋密集地	造成地				
である。 $ U(\omega) $ の値は図5に示す。 図5によると山崎川では長周期成分の	香流川	庄内川事務所	26.99	長久手村～名古屋市千種区	2.0	11.0	47・7・24	83.5	11.71	10
	植田川	(愛知県)	18.90	名古屋市千種区～昭和区	9.7	29.1	46・8・30 2山の後の	163.5	15.14	10
	山崎川	(名古屋市)	13.48	〃 ～瑞穂区	73.2	0.0	46・8・30 〃	164.5	22.19	10
	音江別	北海道庁	9.7	北海道札幌市広島町			46・10・5	92.5	9.51	10

みならず、短周期成分もよく通している。香流川では短周期成分は大幅にカットされている。植田川は両者の間で、これら三者の傾向は家屋密集地+造成地の面積率の傾向とよく一致する。換言すれば都市化の進行により、流域は短周期成分を通すようになることがこれでわかる。

音江別はかかなり短周期成分を通しているので、流域の開発に伴って今

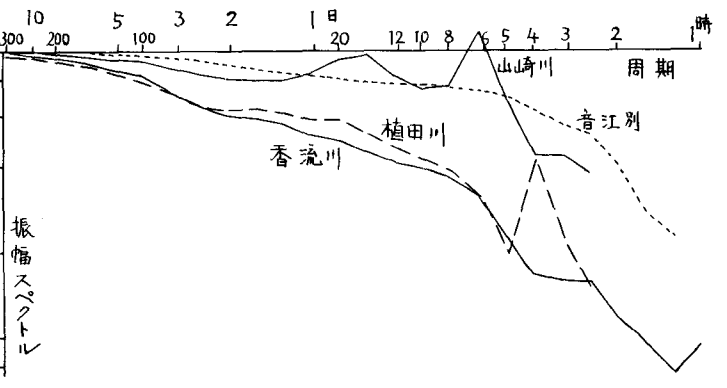


図5 上記4流出試験地データよりの周波数応答

後どうなるかは少し別の角度から検討が必要である。さらに図4と図5とを比較してみると、実際流域では長周期である程度の減小をみながら、短周期成分でもあまり減らないという結果となっている。これら小流域は指数減衰単位図やラショナル式とは若干異った流出挙動をするのであろうか。

5. 今後の問題

①災害の周波数を調べ、都市化などによるその変化の傾向を求める。②単位図などの実用的な近似度と振幅スペクトルとの関係を調べる。参考文献1) 土木技術資料9, No. 9 p. 11, 2) 土研報告130, p. 61, 3) 水工学シリーズ 72-A-2