

都市域における流域の分割スケールの違いが降雨流出計算に与える影響

中央大学大学院
中央大学大学院

学生員 ○此島 健男子
学生員 呉 修一

中央大学大学院
中央大学理工学部

学生員 赤羽 祐也
フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年，集中豪雨による都市域での甚大な被害が多くなっている．流域の都市化により降雨に対する流出量の応答が早い都市域において降雨流出機構の特性を明らかにすることは都市水害を軽減するにあたって非常に重要である．しかし，都市域における降雨流出解析において，流域特性（流域面積，地形特性，土地利用等）の空間分布をどの程度の分解能で流出計算を行うべきかに対する明確な答えは未だ存在しない．本研究では都市流域の「流域分割」，に着目し，流域の分割スケールの違いが洪水流出特性に与える影響の把握を目的として，降雨流出計算を行った．

2. 降雨流出モデルの概要

本研究における降雨流出計算は地表面流出計算と管路流計算の2段階の計算を行っている．地表面流出計算は貯留関数法を用いて解き，降雨が地表面を流れてマンホールに流入するまでのマンホール集水域ごとの流量を算出する．また，土地利用形態ごとに初期損失量及び地表面粗度係数を変えることにより，土地利用形態ごとの流量を算出している．有効降雨量の算出における浸透損失量の算出式は Horton 式を用いている．また雨水がマンホールに流入した後の雨水管を流れる管路流計算には1次元不定流のサン・ヴナン式により解いている．

3. 流域の分割スケールの違いが降雨流出計算に与える影響

3.1. 対象流域と降雨の概要

対象とした流域の概要を表-1に，流域管路網図を図-1に示す．土地利用情報には国土地理院発行の細密数値地図（10mメッシュ）を用いており，構成された21種類の土地利用を屋根，道路，裸地，樹林地の4種類に再度分類して与えた．また，屋根・道路を不浸透域，裸地・樹林地を浸透域とした．流域の分割方法は，分割数に応じて幾何学的に正方形を仮定し分割することで流域面積を等しく割り振った．流入マンホールに関しては，サブ流域内に配置される最も下流側を採用した．対象とした降雨はピーク降雨強度 20mm/h，総降雨量 30mm の中央集中型の仮想的な降雨を与えた．

表-1 対象流域概要

	流域面積(km ²)	浸透:不浸透 (面積比率)	マンホール数	管路平均勾配	地表面勾配
A	2	82:18	200	1/100	1/1000
B	1.26	59:41	147	1/250	1/1000
C	0.67	34:66	57	1/500	1/1000
D	0.47	62:38	66	1/130	1/1000
E	0.25	46:54	31	1/530	1/1000
F	0.21	36:64	37	1/330	1/1000

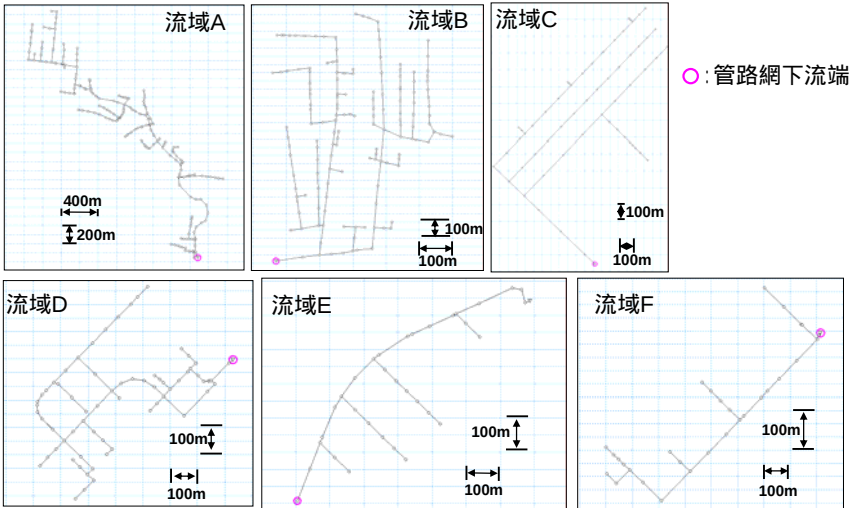


図-1 対象流域管路網

3.2. 降雨流出計算結果

図-2 は全流域面積に対するサブ流域面積とピーク流量差率の関係を示している。ここでピーク流量差率とは式(1)に示されるよう本論文では定義する。

$$\text{ピーク流量差率} = \frac{Q_* - Q}{Q_*} \quad (1)$$

Q_* : サブ流域数を流域のマンホール数と同数で流域を分割したときの管路網下流端でのピーク流量, Q : サブ流域を任意の数で分割したときの管路網下流端でのピーク流量である。つまり, 流域をマンホール数と同じ数で分割したときの流出量を真値として定義しており, サブ流域面積が大きくなるに従い流域分割数が少なくなる。図-2 に示されるよう, ピーク流量差率は全流域面積に対するサブ流域面積の比が 0.1 以内では 20% 以内程度になるが, 0.1 を超えるとピーク流量比は 20% 以上と大きくなることがわかる。これはサブ流域面積が大きくなるほど, 地表面における斜面長 (サブ流域面積の平方根を斜面長とした) が長くなるため, 斜面におけるハイドログラフの減衰効果が増加するためである。つまり, 都市域のような, 降雨が雨水管・下水管に流入するまでの応答が早い流域においては, 斜面長の長さを長くすると管路流入までの洪水到達時間が遅れるため, 流域を細かく分割する必要があることを明らかにした。図-3 は全管路長に対する管路長の比とピーク流量差率の関係を示している。ここで管路長とは, 各マンホールの位置から管路網下流端までの累積流下距離として定義した。よって, 流域分割数が多いほど (サブ流域面積が小さいほど) 管路長が長くなり, 流域分割数が実際のマンホール数と等しいときの管路長が全管路長となる。この関係は図-2 の斜面長に対して管路長の観点からピーク流量差率を評価したものである。この図より, 管路長に対する全管路長の比が 0.1 以上のときにはピーク流量差率は 20% 以内と小さくなることがわかる。これは流域分割数が多くなるほど, つまり管路長と全管路長の比率が 1 に近づくほどピーク流量差率が小さくなることを明らかにした。

4. まとめ

都市域のような, 降雨が雨水管・下水管に流入するまでの応答が早い流域における降雨流出計算は, 流域を細かく分割する必要があることを示した。また, ピーク流量差率を 20% 以内程度にするには, 地表面流出における全流域面積に対するサブ流域面積の比率は 0.1 以内, 全管路長に対する管路長の比率は 0.1 以上に設定する必要があることを示した。

参考文献

赤羽祐也, 此島健男子, 呉修一, 山田正: 都市流域における土地利用形態及び集水域の違いが流出解析に与える影響, 第 34 回関東支部技術研究発表会, -014, 2007

呉修一, 下坂将史, 山田正: 降雨流出における流域スケールに応じた斜面と河道の効果に関する研究, 水工学論文集第 51 巻, pp. 421-426, 2007.

此島健男子, 赤羽祐也, 呉修一, 山田正: 都市域における土地利用形態が洪水流出特性に与える影響, -31, 2007.3.

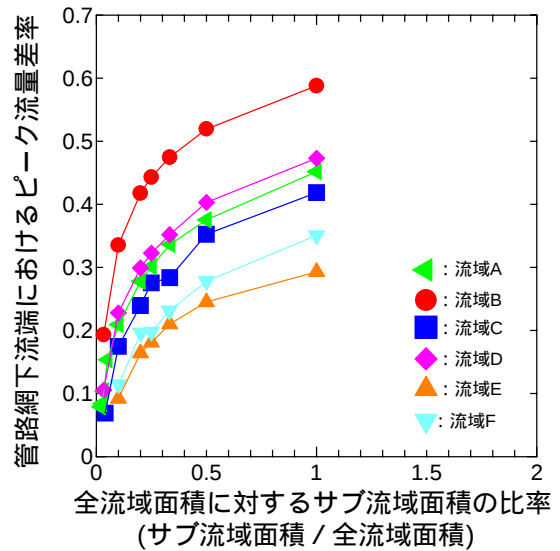


図-2 全管路長に対するサブ流域面積とピーク流量比の関係

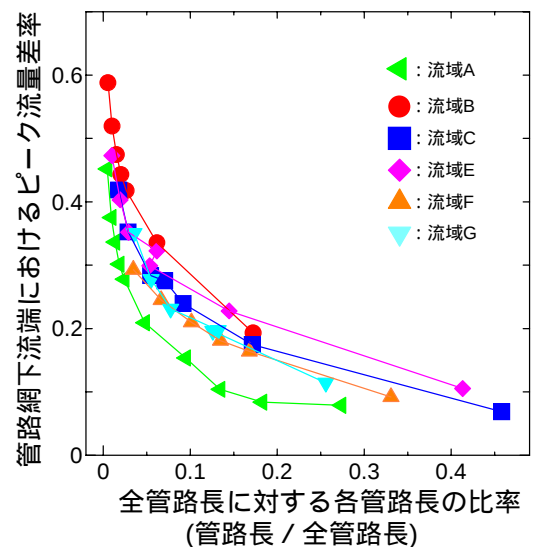


図-3 全管路長に対する各管路長の比とピーク流量比の関係