

第II部門

社会環境と水文応答の結合地形則モデルによる土地利用変化の流出特性に及ぼす影響評価

神戸大学工学部 学 生 員 ○石田 和也 神戸大学大学院 正 会 員 宮本 仁志
 神戸大学大学院 学 生 員 橋本 翼 神戸大学大学院 フェロー会員 道奥 康治

1. はじめに

わたしたち人間は安心・安全に日々の暮らしが営めるように、地理的条件が大きく異なる様々な流域において、時間をかけて社会資本を整備してきた。その帰結として、一つひとつの流域において現在の土地利用分布が展開されるが、この長期にわたる土地利用の変化は流域の流出特性や水環境に少なからず影響する。その影響の適切な評価手法の糸口を探るために、本報では、筆者らが提案する社会環境状態の流域地形則モデル¹⁾(以下、社会地形則モデル)と既存の水文応答の地形則モデル²⁾(以下、水文地形則モデル)を単純に合成することにより、土地利用変化が流出特性に及ぼす影響の評価を試みる。

2. 解析モデル

図-1に解析モデルの全体概要を示す。本報では、流域地形則における流域面積比 R_a を介して社会地形則モデル¹⁾と水文地形則モデル²⁾を単純に結合し、解析モデルを構築する。流域面積比 R_a は、社会地形則モデルにおける土地利用面積比 $R_{LU\#}$ を用いて次式のように表わされる。

$$R_a = (\sum_{\#} A_{LU\#} / A \cdot R_{LU\#}^{1-k})^{\frac{1}{1-k}} \quad (1)$$

ここに、 A : 流域面積, $A_{LU\#}$: 流域に含まれる各土地利用の面積であり、 $\#$ は土地利用の種類を表す。一方、水文地形則モデルは、単位図法に Horton-Strahler 比を理論的に組み入れたものであり、単位ピーク流量 q_p とピークの到達時間 t_p を与える。本報では、図-1に示すピーク到達時間 t_p の式に(1)式を代入することにより、 t_p を $R_{LU\#}$ の関数として表す。図中、水文地形則モデルの与式におけるギリシャ文字はモデル定数であり、Rodriguez-Iturbe と Valdes²⁾によって与えられたものを用いた。また、流速 v は Julien³⁾による式を用い、水深、流量、河床勾配、有効粒径の関数として与えた。

3. 対象流域と解析データ

解析対象は日本の一級水系 109 流域である。土地利用分布は平成 9 年度のデータ⁴⁾を使用し、流域全域に対する面積占有率を考慮して、森林、田、農用地、建物用地、河川湖沼の 5 種類を用いる。図-2は富士川の土地利用分布であり、後述するように土地利用変化に伴うピーク到達時間の変化率がもっとも顕著な流域となる。富士川は流域面積が 3,990km² であり、土地利用に関しては、下流のみならず中流域の沿川にも建物用地や田・農用地などが広く分布する特徴を示す。図-3に流速 v を求めるための水系基準点における有効粒径の日本分布を示す。産業技術総合研究所地質調査総合センター⁵⁾の試料採取点におけるデータを用い、GIS 解析により流域基準点における有効粒径を

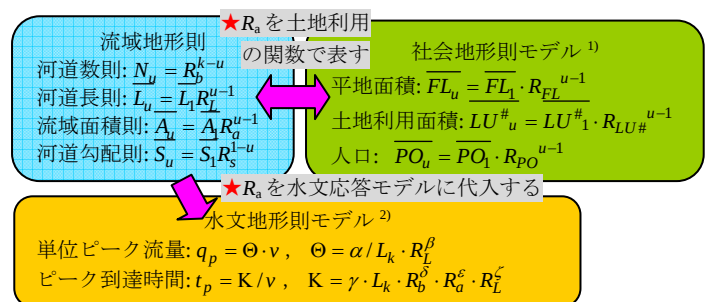


図-1 解析モデルの全体概要

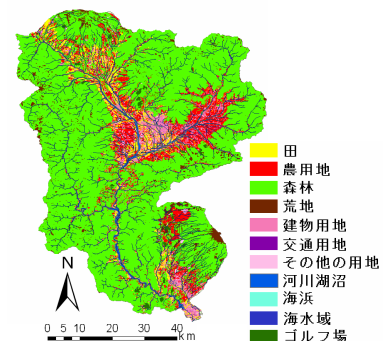


図-2 土地利用分布(富士川)

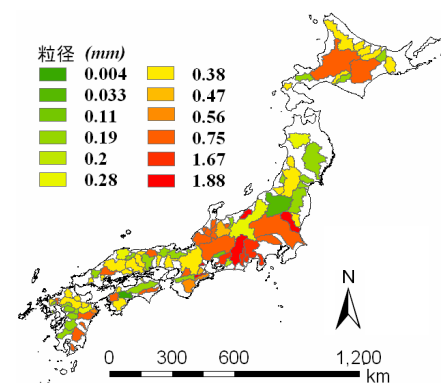


図-3 水系基準点における有効粒径の日本分布

求めた。流量は平成14年の年平均流量⁶⁾を用いた。

4. 結果と考察

図-4は各流域基準点におけるピーク到達時間 t_p の日本分布である。 t_p の平均値は約8.3時間となる。面積が小さい流域において t_p が小さくなるといった予想される傾向が示される。しかし、流域面積が比較的小さい仁淀川(1,560km²)において t_p が約63時間と大きな値をとることから、水系ネットワークの幾何構造が流出特性に少なからず影響することがわかる。本報では、意図的に土地利用分布を変化させたときのピーク到達時間 t'_p を式(1)と水文地形則モデルを用いて算出する。図-4に示される t_p を基準にしてその変化率 C_{tp} ,

$$C_{tp} = (t'_p - t_p) / t_p \times 100 \quad (2)$$

を算出することにより、土地利用変化が流出特性に及ぼす影響評価を試みる。

土地利用の変化シナリオとして、本報では前報¹⁾の流域分類を利用し、農地・市街化された人工的な流域の土地利用を森林や河川湖沼など自然豊かな流域の土地利用分布形態に置き換えることを目論む。表-1に、前報¹⁾で自然豊かな流域と評価された土地利用面積割合の平均値と、人工的な流域と評価された流域の例として、上述の富士川の土地利用面積割合を示す。自然豊かな流域に比べ、富士川では森林の割合が小さく、建物用地や農用地の割合が大きくなることわかる。

図-5は、人工的と分類評価される流域に対して、自然豊かな流域の土地利用面積割合の平均値を与えてピーク到達時間 t'_p を算出し、式(2)より変化率 C_{tp} を求めたものである。ここで、 C_{tp} が3%未満の8流域は微小な変化と考えて評価から除外している。富士川など12流域で C_{tp} がプラス評価され、自然豊かな土地利用形態に疑似的に変更することによってピーク到達時間が大きくなったことがわかる。変化率の平均は9%、最大は富士川の19.4%であった。それに対して、肝属川など4流域では C_{tp} がマイナス評価となった。これらの流域では、現状での森林、河川湖沼の面積比 $R_{LU\#}$ が小さく、土地利用の割合を変化させても式(1)における森林と河川湖沼の項の値が相対的に小さく算出されるため t'_p が小さく評価されたと考えられる。

以上、社会地形則モデルと水文地形則モデルを単純に結合することにより土地利用変化が流出特性に及ぼす影響を評価した。しかしながら、本報で用いた水文地形則モデルは、出来合いの既存モデルであるため、土地利用形態の違いによる流出過程の力学機構が明示的にモデル化されていない。今後、その点を中心に水文地形モデルを再構築し、さまざまな流域において土地利用の変化が流出特性に及ぼす影響を検討する予定である。

【参考文献】1) 宮本, 橋本, 道典: 河道位数を用いた土地利用と人口の流域分布モデルと流域間比較, 水工学論文集, 第53巻, pp.1105~1110, 2009. 2) Rodriguez-Iturbe, I. and Valdes, J.B.: The geomorphologic structure of hydrologic response, *Water Resour. Res.*, 15(6), pp.1409~1420, 1979. 3) Julien, P.Y.: *River Mechanics*, p173, 2003. 4) <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>. 5) <http://staff.aist.go.jp/a.ohta/MyHome.htm>. 6) 国土開発調査会: 河川便覧 2006(平成18年度版), pp.92~94, 2006.

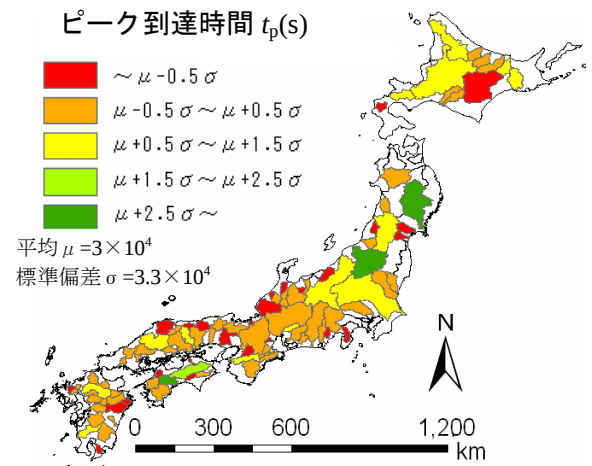


図-4 ピーク到達時間 t_p の日本分布

表-1 土地利用面積割合(%)

	森林	田	農用地	建物用地	河川湖沼
自然豊かな流域の平均値	80.9	5.9	1.6	1.7	2.2
富士川流域	72.5	4.8	10.2	4.8	2.3

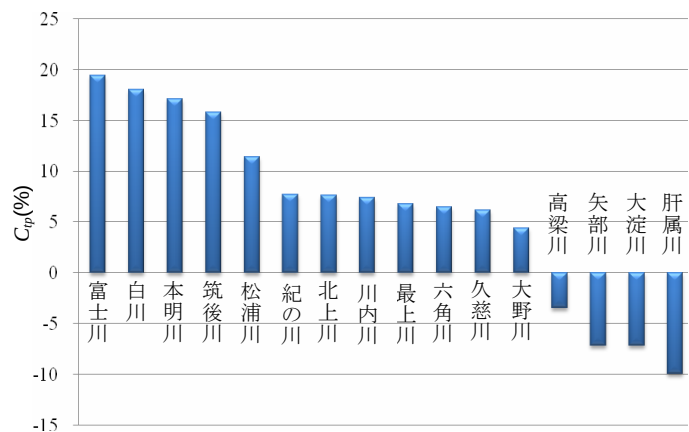


図-5 土地利用変化に伴うピーク到達時間の変化率