

京 都 大 学 工 学 部 学 生 員 ○中 井 勉
 京都大学大学院工学研究科 学 生 員 川 池 健 司
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 会 員 井 上 和 也
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 会 員 戸 田 圭 一

1.はじめに 1938年の阪神大水害、1967年の神戸の水害、さらに1982年の長崎水害にみられるように、背後に山地を有する急傾斜都市においては、豪雨時に多量の土砂が山地より流出し、下流の市街地に氾濫・堆積する危険性が高い。本研究では、急傾斜都市を対象として土砂の要素を考慮した氾濫解析手法を開発し、これを神戸市に適用した結果を考察する。

2.解析手法 本研究の対象領域は、神戸市の生田川を中心とした都市域であるが、その境界条件となる土砂の供給は生田川上流の山地部からもたらされるため、生田川流域全体を含めて、上流側の山地部と下流側の都市部に分割して解析を行った。図-1に示す概念図のように、山地部では、斜面や支川流域からの本川（生田川）への横流入流量（土砂は含まない）を kinematic wave モデルにより求め、本川において一次元 dynamic wave モデルを用いて雨水と土砂の流出解析¹⁾を行い、その下流端での流量（水+土砂）および土砂濃度ハイドログラフを求めた。都市部では、その結果を生田川の上流端境界条件として非構造格子による土砂を考慮した二次元氾濫解析を行った。対象とした領域を 図-2 に示す。ここで「里山」という領域は、生田川の流域には含まれないが雨水が直接都市部に流出する領域のことで、これに接する都市部の境界ではここからの流出量（土砂は含まない）を境界条件として与えた。都市部のその他の境界（青谷川・宇治川および海岸線）では段落ち式によって氾濫水と土砂を流下させた。また都市部の氾濫解析においては、各格子に河川・道路・堤内地のいずれかの属性を与え、河川格子は地盤の低い長方形断面の掘り込み河道とした。さらに格子の属性によって堤内地では占有率、通過率、粗度係数を、河川・道路

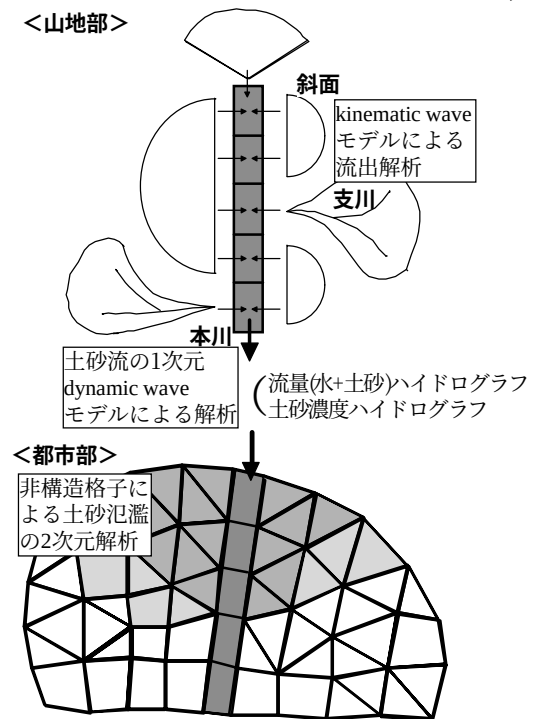


図-1 解析手法概念図

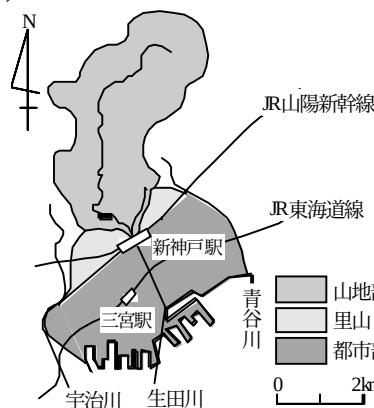


図-2 対象領域

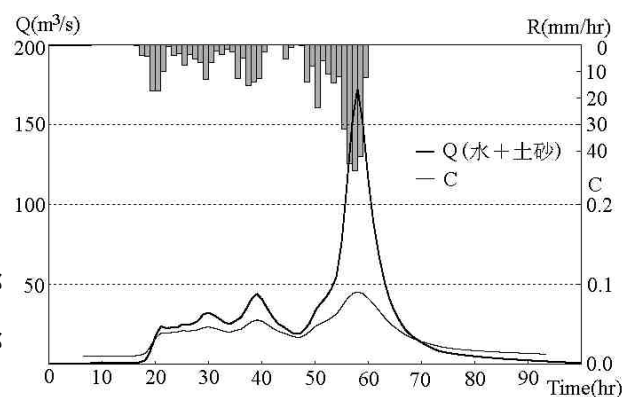


図-3 流量・土砂濃度ハイドログラフ

では粗度係数を変化させて、道路や建造物の影響を考慮した解析を行った²⁾。

3.解析結果と考察 1938年阪神大水害時の神戸測候所での観測記録を降雨条件として得られた流量（水+土砂）および土砂濃度ハイドログラフを図-3に示す。この最大流量 $170\text{m}^3/\text{s}$ は、災害科学研究所³⁾の調査による当時の最大流量 $135\text{m}^3/\text{s}$ と比較するとやや大きめの値となっている。なお、雨水のみを考えた流出解析急傾斜都市、流出土砂、氾濫解析、非構造格子

では最大流量は $140\text{m}^3/\text{s}$ となった。

続いて、都市部においてこれらのハイドログラフを生田川の上流端境界条件として解析した結果を考察する。対象領域内の堆積土砂量の総計は $40\text{万}\text{m}^3$ となり、1938 年水害時の $47\text{万}\text{m}^3$ ³⁾と大きく異ならない値が得られた。図-4 に示した計算終了時刻(108 時間後)における土砂の堆積状況をみると、土砂は生田川の都市部上流端から扇状に氾濫し、広範囲に堆積している。さらに生田川を横切るように土砂の堆積厚が大きくなっている部分が数カ所あるが、この部分は道路格子であり、土砂は生田川から道路沿いに溢れ、伝播・堆積していくと考えられる。次に、氾濫現象に与える土砂の影響を考えるために、山地部の解析において雨水のみを考慮した最大浸水深図(図-5)と土砂流出も考慮した最大浸水深図(図-6)を比較すると、図-5 では浸水深が 0.5m を越える地点が海岸部の一部に限られているのに対し、図-6 では生田川沿岸および海岸部を中心に広い範囲で浸水深が 0.5m を越えている。とくに生田川の上流においては、土砂を考慮しない場合では 0.1m 未満であった浸水深が、土砂を考慮することによって 1m 以上になるなど、土砂の有無により浸水深が著しく異なる地域がみられる。これらより、背後に山地を持つ都市を対象とした氾濫解析においては、土砂を考慮することの重要性がうかがいしれる。なお、阪神大水害時には生田川左岸での浸水はほとんどなく、浸水は右岸側に集中していたが、図-4～6 ではこの状況が再現されていない。これは本研究で取り扱わなかった流木の影響や、当時暗渠であった生田川の暗渠部入口が流木・土砂によって閉塞されたことなどが原因と考えられる。

4.おわりに 従来の、雨水のみによる氾濫解析ではそれほど危険ではないと考えられていた地域が、土砂氾濫までを考慮すると必ずしもそうではないことが本研究によって示された。急傾斜地に立地する都市域の水害危険性を予測するのに土砂流出という要因は欠かせないが、本研究において、このような都市域を対象とした氾濫解析の一手法を提示できたと考えている。なお、本研究では都市部の氾濫解析に重点をおいたので、山地部の流出解析において土砂の生産過程や流出形態をより現実的に即した形で考慮することが今後の課題として挙げられる。

謝辞：本研究を進めるにあたって、生田川に関する資料をご提供下さいました兵庫県土木部河川課の方々に厚く御礼申し上げます。

参考文献 1)土木学会：水理公式集例題集(印刷中) 2)井上和也・川池健司・林秀樹：都市域における氾濫解析モデルに関する研究，水工学論文集，第 43 巻，pp.533-538，1999. 3)災害科学研究所：昭和 13 年災害資料(その 3)災害科学研究所報告 第 1 号，昭和 13 年 7 月 5 日阪神大水害調査報告，1938.

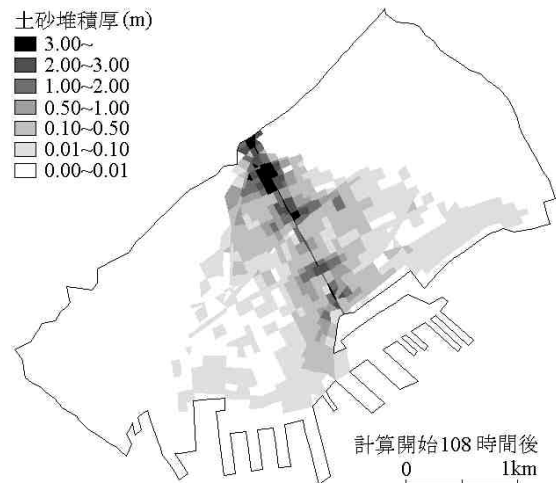


図-4 堆積土砂厚

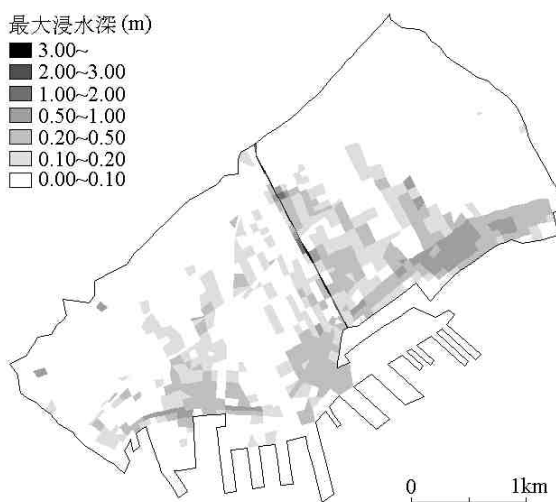


図-5 最大浸水深（雨水のみ考慮）

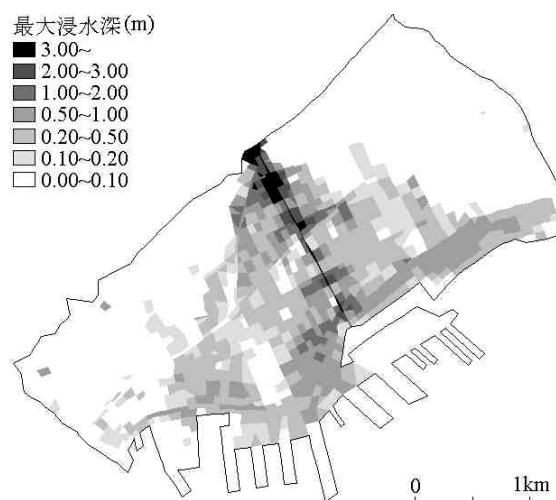


図-6 最大浸水深（雨水・土砂考慮）