

天竜川上流域の地球温暖化に伴う土砂洪水氾濫特性の変化に関する考察

国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所 佐藤保之、大森秀人、澤田宗也
株式会社ニュージェック 牧野裕至、○松井潤一、土方涼子
株式会社気象工学研究所 高田望、因幡直希、三浦悠

1. はじめに

地球温暖化による気候変動は豪雨や渇水といった極端な気象現象の発生をもたらし、土砂洪水氾濫についても、その被害規模の増大が懸念されている。

国土交通省砂防部が令和元年度に設置した「気候変動を踏まえた砂防技術検討委員会」では、気候変動に伴う降雨量と生産土砂量の見直し等が検討されている。

本小文は、以上の背景を受け、一事例として、三六災害など土砂災害による大きな被害を受けている天竜川上流域のうち小渋ダム上流域を対象に、地球温暖化の影響を反映した土砂洪水氾濫特性をシミュレーションにより予測した、その方法と結果についての考察を報告するものである。

2. 研究方法

2.1 三六災害豪雨の再現

本研究では、三六災害豪雨を対象に当時の代表地点ハイドログラフを、地上雨量観測所データに基づくティーセン法による降雨分布と、気象モデル(WRF)を用いた1kmメッシュ単位の時空間分布の2種類の降雨データにより算定した。三六災害当時の地上雨量観測所は、天竜川流域全体で16か所(図1参照)あり、ティーセン法はこの16か所の地上雨量データにより算定した。気象モデル(WRF)による降雨分布の再現は、気象庁の長期再解析気象データ(JRA-55)を境界条件とした。本気象モデルは1kmメッシュで降雨分布を再現しており、砂防計画等で対象とする小流域単位(図2参照)の降雨の時空間分布が再現可能となっている。また、気象モデルの再現雨量に地上雨量(生田堰堤)の総雨量を用いた補正を採用し、再現精度の向上を図っている。

なお、気象モデルの概要については、別途発表概要として投稿されている「天竜川上流域の地球温暖化に伴う豪雨特性変化に関する考察」を参照されたい。

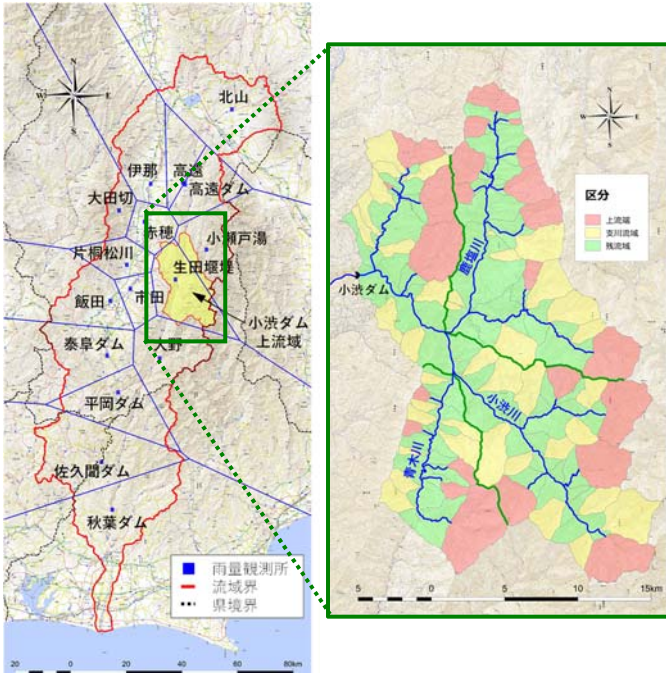


図1 天竜川流域ティーセン分割図(三六災当時地上雨量観測所)

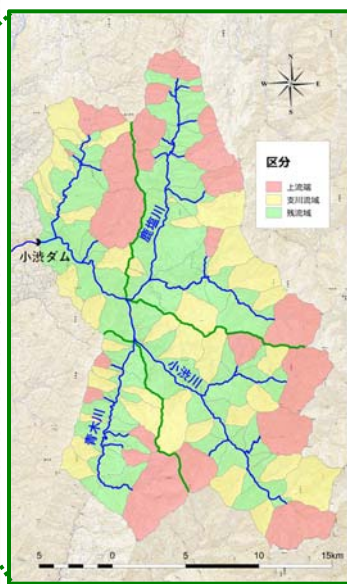


図2 小渋ダム上流域小流域分割図(気象モデルによる降雨分布算出単位)

2.2 地球温暖化の影響

地球温暖化の影響は、気象モデル(WRF)により再現した三六災害当時の降雨分布再現の解析モデルの境界条件のうち、気温、比湿(g/kg)、地表面温度を現在気候と2°C上昇後気候の気象シミュレーション結果から算定される差分を上乗せしたJRA-55データにより解析を実施した。なお、現在気候と2°C上昇気候の気象シミュレーション結果は、文科省・気候変動リスク情報創生プログラムにて整備されたd4PDF¹⁾を使用した。

2.3 土砂洪水氾濫解析条件

ティーセン雨量、気象モデル再現降雨、同じく気象モデル地球温暖化の影響を反映したそれぞれのハイトグラフを用いて、流出計算を行い、小渋ダム上流の小渋川上流、青木川、鹿塩川(図2参照)の現況の河道断面(100mピッチ)による河道一次元の河床変動計算を行い、各河川の累積流出土砂量を算定し、これを用いた平面二次元土砂洪水氾濫解析を実施した。

流出計算、一次元河床変動計算に用いた計算条件は過年度成果²⁾にて採用されているものを適用した。

2.4 土砂災害警戒情報(CLライン)を用いた評価

土砂災害警戒情報の指標となっている、土壌雨量指数(mm)と60分間積算雨量(mm/h)(図3参照)を用いて、それぞれ深層崩壊リスク、土石流発生リスクの指標として捉え、小渋川上流域における地球温暖化の影響について確認した。

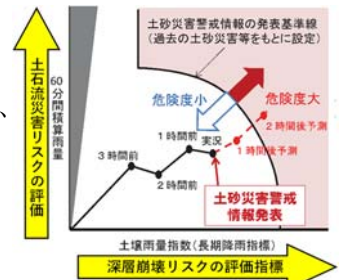


図3 土砂災害警戒情報の指標説明図

3. 結果と考察

3.1 降雨分布の比較

小渋川上流、青木川、鹿塩川それぞれの三六災害豪時の流域平均雨量についてティーセン法、気象モデル再現(補正あり)、地球温暖化の影響(2°C上昇)ありの条件下でハイトグラフを作成した。小渋川上流域では、ティーセン法と比較して、気象モデル再現の方が累加雨量で100mm程度大きく、ピーク時間雨量も20mm程度大きく算定される。2°C上昇では気象モデル再現と累加雨量は変わらないが、ピーク時間雨量が15mm程度大きくなる。青木川流域のハイトグラフも、小渋川上流域と同様の傾向である。

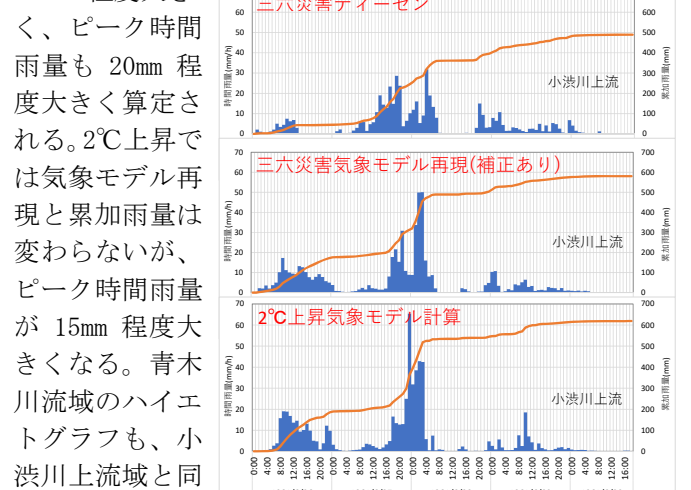


図4 小渋川上流のハイトグラフ比較

(図4参照)

鹿塩川流域では、ティーセン法と比較して、気象モデル再現で累加雨量が約40mm程度小さくなり、2℃上昇で累加雨量が100mm程度、ピーク時間雨量が10mm程度大きくなる。(図5参照)

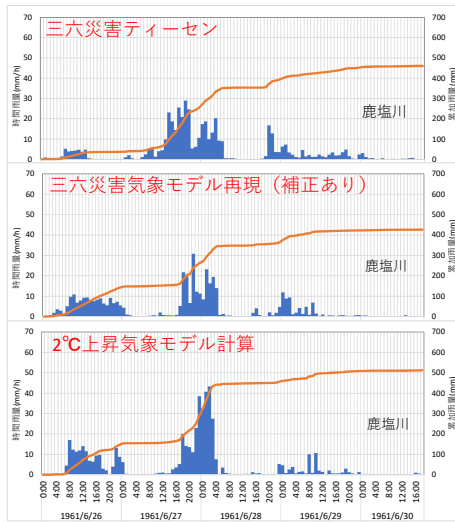


図5 鹿塩川流域のハイドログラフ比較

3.2 流量及び流砂量の比較

前項にて算定した各ハイドログラフ(気象モデル再現では図2の小流域単位)を用いて、流出計算を実施した結果、小渋川上流域ではティーセン法と比較して、気象モデルによる流出量ピークが約3倍、2℃上昇では4倍弱となった。

青木川流域も同様の傾向である。

鹿塩川流域では、ティーセン法と比較して気象モデル再現で1割程度小さくなり、2℃上昇では約2.4倍程度大きくなる。(図6参照) 気象モデルの再現降雨による流出量が大きくなっている理由は、流出量の算定単位が図2に示す小流域単位であり、小流域単位のハイドログラフがティーセン法と比較してピーク時間付近の雨量が大きく再現されているためである。

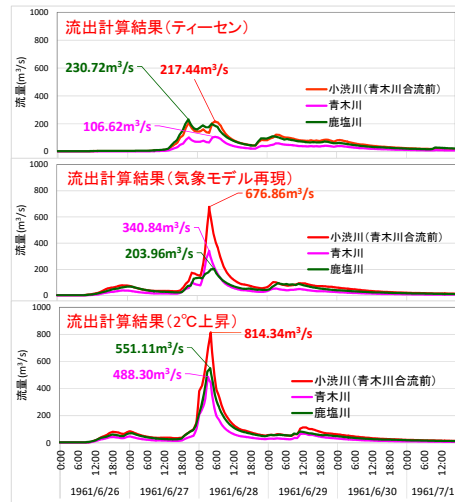


図6 小渋川上流域ハイドログラフ比較

一次元河床変動計によって算定した各河川の累積流出土砂量についても、ハイドログラフに比例して、小渋川上流域では、ティーセン法と比較して、気象モデル再現降雨による算定結果が3倍程度大きくなり、2℃上昇で約4倍となっている。青木川流域では、ティーセン法と比較して、気象モデル再現、2℃上昇ではそれぞれ2倍強であると算定された。鹿塩川流域ではティーセン法と比較して、気象モデル再現降雨による累積流出土砂量は

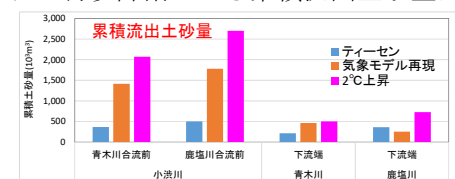


図7 小渋川上流域累積流出土砂量比較

やや小さく、2℃上昇では約2倍に増加する結果となった。(図7参照)

3.3 土砂洪水氾濫解析結果の比較

三六災害豪雨の再現降雨分布を対象とした流動深差分図から、小渋川、青木川はティーセン法に基づくものの方が、気象モデル再現降雨よりも小さく算定されることが分かる。一方、2℃上昇の気象モデルに基づく流動深差分図からは、鹿塩川でその値が大きくなると算定された。これは、地球温暖化の影響により、降雨量そのものが大きくなるが、強雨域の分布がやや北側に移動することが反映された結果である。(図8参照)

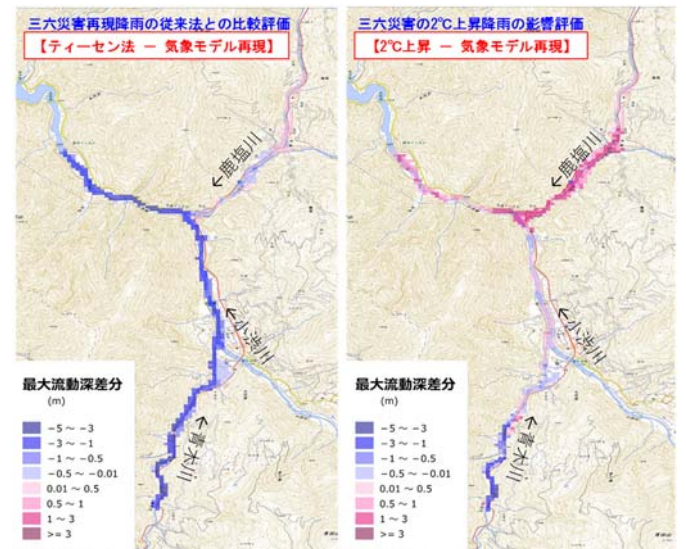


図8 小渋川上流域の土砂洪水氾濫解析の流動深差分図

3.4 スネークラインによる比較

気象モデル再現降雨と2℃上昇の解析降雨より作図したスネークラインより、小渋川上流域では深層崩壊、土石流それぞれリスクの増大が予測され、特に流域北側の鹿塩川筋で温暖化の影響が大きいと想定される。(図9参照)

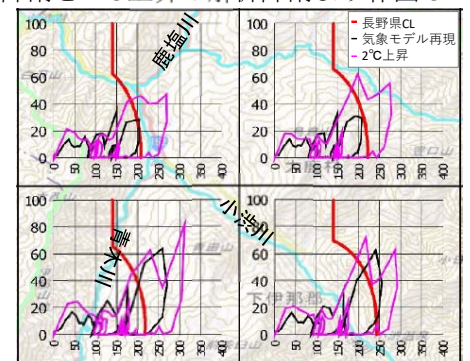


図9 三六災害の温暖化の影響スネークライン比較図

4. 終わりに

本研究では、地球温暖化による影響として2℃上昇の影響を土砂洪水氾濫解析による現象比較、および再現降雨のCLラインへの適用により評価し、リスクの拡大傾向、リスク発生範囲の変化を示唆することができた。あわせて流域平均雨量算定の従来法であるティーセン法と気象モデル再現雨量を比較し、歴史的豪雨である三六災害豪雨の時空間分布、流出量等の差異について確認した。これらの研究手法は気候変動の影響が想定される中山間地域の砂防事業の方向性判断の一助となると期待されるところであり、さらに研究の継続と蓄積が必要である思慮される。

【参考文献等】

- 1) <https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>
- 2) 天竜川水系施設配置計画検討業務報告書(R3.3)