

21. 那珂川・久慈川流域における洪水リスクの変遷および将来予測

STATISTICAL ANALYSES OF THE TRANSITION OF FLOODING RISK ALONG THE NAKA AND KUJI RIVER, IBARAKI PREF.

平山 歩¹・横木裕宗²・三村信男²

Ayumu HIRAYAMA¹, Hiromune YOKOKI²
and Nobuo MIMURA²

ABSTRACT; The purpose of the research was to analyze statistically the long-term trend of the precipitations in the Naka river and the Kuji river basin in Ibaraki and Tochigi prefecture, by using the precipitations and the amount of river flow data for the decades. The data were offered by Hitachi river and road office of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. The second version of the climate scenario developed by the Japanese Meteorological Agency was also analyzed for the projections the precipitations in 2050 and 2100.

Statistical analyses of the precipitation and the river flow data in the Naka and Kuji river basins revealed the clear increasing trend of the extreme precipitations (the yearly maximum of the daily precipitations) has been observed so far. On the contrary, the river flow data did not show such clear increasing trend as the precipitation. This may suggest the performance of the countermeasures to the river flood.

The same statistical analyses applying to the climate scenario data did not indicate a clear increasing trend of the extreme precipitations in the future for 2050 and 2100.

KEYWORDS; global warming, climate change, precipitation, river flow, flooding risk

1 序 論

地球温暖化は、気温や降水量、海面の上昇などに影響を与えると考えられ、また温暖化が進むと台風やエルニーニョなどの異常気象が頻発し、より強大化すると予測されている。特に2004年は大型台風や集中豪雨によって各地で甚大な洪水被害が生じた。台風や集中豪雨が増すと、河川洪水が発生しやすくなる。その対策には洪水リスクを予測することが必要である。

和田ら(2005)は、過去100年間の全国の降水量観測データに基づき、温暖化に伴う洪水・渇水リスクの地域別の変化傾向を解析し、さらに気象庁・気象研究所が開発した気候モデルの温暖化予測結果を用い、地域別の洪水・渇水リスク変化を解析・予測した。その結果、全国の気象官署40地点のうち28地点で100年確率の年最大日降水量が増加し、洪水リスクが増大していることがわかった。過去100年間の全国の気象官署51地点のうち、年降水量は約9割の地点で減少傾向であり、渇水リスクが増大していることがわかった。しかし、洪水リスクを詳細に検討するためには、降水量の変化とともに河川流量の変化も同時に解析し、流出特性の変化やそれに対する河川改修の影響を考慮する必要があると考えられる。

茨城県を流れる那珂川・久慈川流域では、過去の度重なる水害を受けて河川改修が進んでいるが、長期的な洪水対策を計画する場合には、将来の気候変動を考慮することが不可欠である。そこで本研究では、過去数十年間の降雨による洪水リスクの変遷を解析し、その将来予測を行うことを目的とした。本研究

¹筑波大学 大学院環境科学研究科, Master's Program in Environmental Sciences, University of Tsukuba

²茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター, Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

表 1: 那珂川の主な洪水被害

年月日	災害	降雨規模	最高水位	被害 (浸水家屋)
昭和 57 年 (1982)9 月	台風 18 号・ 前線	160mm/2 日	7.05m	201 戸
昭和 61 年 (1986)8 月	台風 10 号	247mm/2 日	9.15m	3,580 戸
平成 3 年 (1991)9 月	台風 19 号	151mm/2 日	—	336 戸
平成 10 年 (1998)8 月	台風 4 号	446mm/2 日	8.43m	1,011 戸
平成 14 年 (2002)7 月	台風 6 号・ 梅雨前線	260mm/2 日	8.24m	12 戸

表 2: 久慈川の主な洪水被害

年月日	災害	降雨規模	被害
昭和 57 年 (1982)9 月	台風 18 号	109mm/2 日	浸水戸数 3 戸
昭和 61 年 (1986)8 月	台風 10 号	216mm/2 日	浸水戸数 250 戸、 浸水面積 1,820ha
平成 3 年 (1991)9 月	台風 18 号	172mm/2 日	浸水家屋 92 戸
平成 11 年 (1999)7 月	停滞前線	—	浸水戸数 8 戸、 浸水面積 218ha

表 3: 那珂川、久慈川流域の雨量、流量観測所一覧

要素	水系	地点
降雨量 (36 地点)	那珂川	板室、下塩原、大沢、高林、黒田原、東荒川、 大田原、矢板、大山田、喜連川、黒羽、烏山、鷺子、 水戸、徳蔵、鯉淵、西郷、笠間、塩原、高部、 自由学園、三斗小屋、板室(沼原)、旭村、湯宮
	久慈川	棚倉、城、大子、下藤、八溝山、上野宮、下関河内、 小中、高鈴山、天下野、太田
流量 (37 地点)	那珂川	下国井、黒羽、小口、上合橋、常北、水府橋、川堀、 野口、獨手橋、掘抜、大畑、塩田、千代橋、川根、 緒川橋、上入野、見川
	久慈川	額田、機初、榊橋、榊橋上、山方、常井橋、富岡、 宮本橋、花房、春友、上村田、東橋、栗原、岩崎、 辰ノ口、田渡、里野宮、上宿、竹台、西小沢

では、国土交通省常陸河川国道事務所より入手した那珂川・久慈川の降雨量および流量の観測データを統計的に解析し、洪水リスクの評価とその変化を調べた。また気象庁の気候統一シナリオ第 2 版 (2004) を用いて、将来の洪水リスクを予測した。

2 那珂川・久慈川の現状調査

那珂川・久慈川流域は、福島県、栃木県、茨城県の 3 県に及んでいる。表 1、2 は、那珂川・久慈川において過去に発生した洪水被害の状況を示している (茨城大学, 1998 ; 常陸河川国道事務所, 2006) 。これらの表から数年に 1 度の割合で洪水が発生していることがわかる。特に 1986 年と 1998 年の洪水は記録的な大雨によって、流域に甚大な被害が発生した。

本研究では、観測データから日降雨量および日流量を取り出し、解析を行った。降雨量、流量の観測所は表 3 に示すように、降雨量 36 地点、流量 37 地点である。実際の解析では、比較的長期間に観測されている雨量観測所 10ヶ所、流量観測所 7ヶ所の観測データを使用した。それらのデータの観測期間は、降雨量は 1950～2004 年、流量は 1943～2003 年である。

3 観測データの時系列解析

まず、那珂川・久慈川流域における過去数十年間の降雨量・流量データの時間変化の大略を把握するために、那珂川の板室観測所の雨量データを時系列グラフに表した (図 1) 。これを見ると、ほとんど毎日雨が降っているように見えるが、実際には年間の約 6 割が日降雨量 0mm である。また、日降雨量は、周期的に変化していることがわかる。そして、日降雨量 100mm (実線) を超える日は、那珂川では 1980 年代以降に毎年のように存在していることがわかる。昭和 61 年の洪水と同程度の日雨量 200mm 以上 (破線) の日は、13 日あることがわかる。

次に、観測データから那珂川・久慈川それぞれの観測所における日降雨量、日流量の年最大値を取り

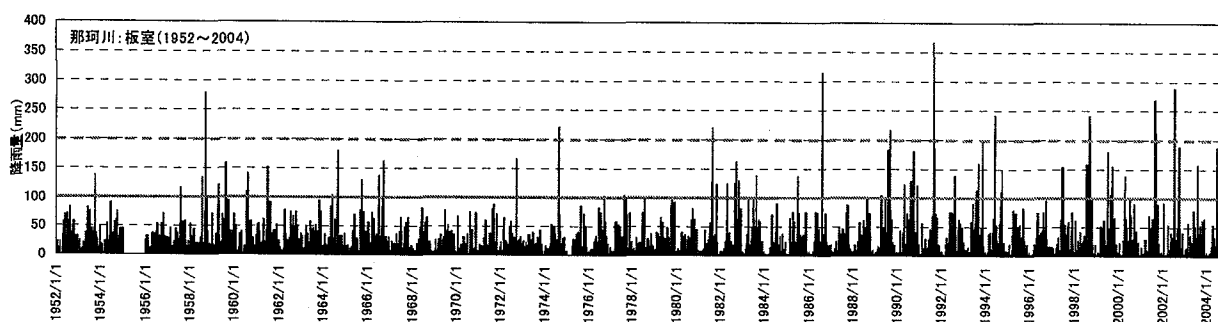


図 1: 那珂川の板室観測所の日降雨量の時間変化

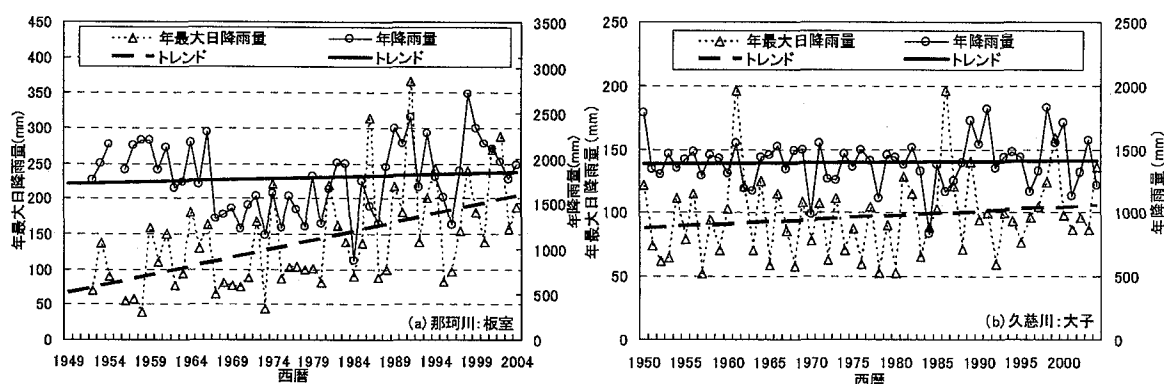


図 2: 年最大日降雨量と年降雨量の経年変化 ((a) 那珂川, (b) 久慈川)

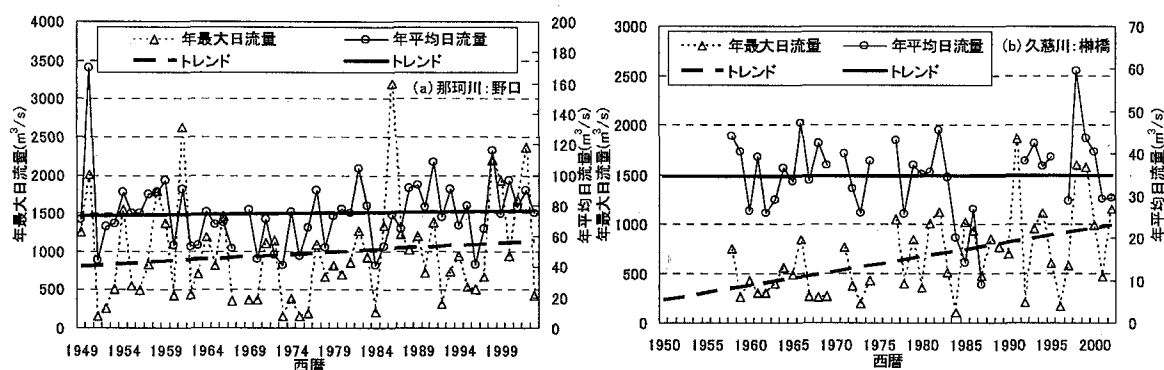


図 3: 年最大日流量と年平均日流量の経年変化 ((a) 那珂川, (b) 久慈川)

出し変化傾向を調べた (図 2, 3)。

図 2(a) から、那珂川の板室観測所では年最大日降雨量は増加傾向で、変動が大きく、年降雨量はほとんど変化がないことがわかる。久慈川の榊橋観測所では、年最大日降雨量は年変動が大きい、やや増加傾向で、年降雨量はほとんど変化がない (図 2(b))。また、図 3 は、年最大日流量と年平均日流量の経年変化を示している。図 3(a) から那珂川では年最大日流量は増加しているものの緩やかで、年平均日流量はほとんど変化していないことがわかる。一方、図 3(b) から久慈川では、年最大日流量は変動も大きく、明らかな増加傾向であることがわかる。しかし、年平均日流量は年変動が大きいものの長期的な傾向はほとんど変化がないことがわかる。

以上から、那珂川では年間で雨の降る総量は変化していないが、短期間に集中して雨が降る傾向がみられる。それに比べて日流量は増加が小さいので、ダムや遊水池などによる流量制御がないとすると小

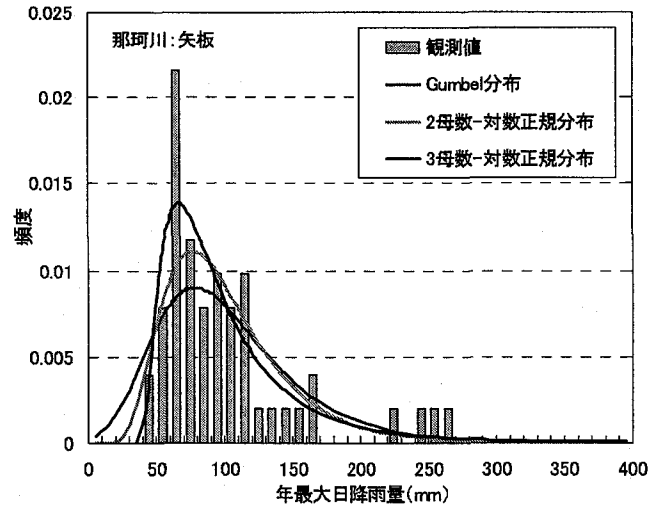


図 4: 年最大日降雨量の頻度分布と関数の当てはめ（那珂川，矢板観測所）

規模な洪水が発生していることになり，このことは洪水リスクが増加に繋がると考えられる．久慈川では降雨には大きな変化が見られないが，日流量が増加している．流域の流出特性が変化したものと考えられるが，今後の検討課題である．

4 観測データの頻度解析

次に，降雨量・流量の発生確率を求め，その変化を解析するために，観測データの頻度解析を行った．水文量を統計的に扱う場合，最もよく適合する確率分布関数を選ぶ必要がある．そのために，水文量データの超過確率 $W(x)$ あるいは分布関数 $F(x)$ を求め，対数正規分布や極値分布などから最適な確率密度関数 $f(x)$ を選定することになる．

図 4 に，那珂川の矢板で観測された年最大日降雨量に確率分布関数を当てはめた結果を示す．この図から 3 母数-対数正規分布関数が最も適合していることが分かる．他の地点のデータや，降雨量，流量の月最大値，年最大値についても，3 母数-対数正規分布が最も適合していることが確認された．3 母数-対数正規分布の式を以下に示す（神田・藤田，1982）．

$$F(x) = \Phi \left[\frac{\ln(x-a) - \mu_y}{\sigma_y} \right] \quad (1)$$

$$f(x) = \frac{1}{(x-a)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2} \right\} \quad (2)$$

$$y = \ln(x-a) \quad (3)$$

$$\mu_y = a + \exp \left(\mu_y + \frac{\sigma_y^2}{2} \right) \quad (4)$$

$$\sigma_y^2 = \exp(2\mu_y + \sigma_y^2) \{ \exp(\sigma_y^2) - 1 \} \quad (5)$$

ここで， $f(x)$ ：確率密度関数， $F(x)$ ：分布関数， $\Phi(\cdot)$ ：標準正規分布関数， μ_y ： y の平均値， σ_y ： y の分散， μ_x ： x の平均値， σ_x ： x の分散， a ： x の下限値をそれぞれ示している．

これら式を用いて，数十年前の 10 年間で最近の 10 年間で，頻度分布のパラメータの変動を解析した．図 5 は，月最大日降雨量を用いて計算した分散 σ_x^2 の変化である（左図は那珂川流域，右図は久慈川流域を示す）．左図から那珂川流域では，雨量観測所 6ヶ所のうち 5ヶ所で，右図から久慈川流域では 4ヶ所とも最近 10 年間の分散値 σ_x^2 のほうが大きいことがわかる．また，日流量についても同様の解析を行った結果，多くの観測所において最近 10 年間の分散値が大きいことがわかった．したがって極端な多雨や

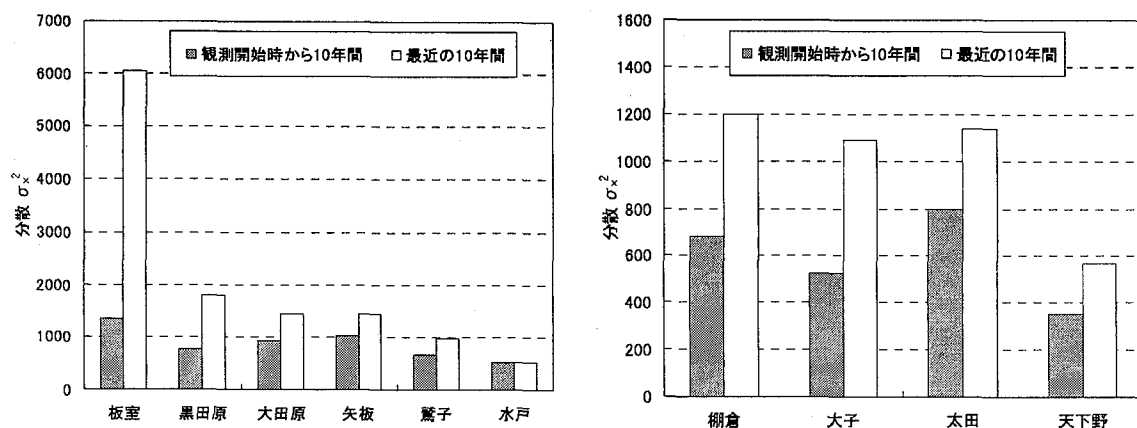


図 5: 雨量観測所別の分散 σ_x^2 の比較

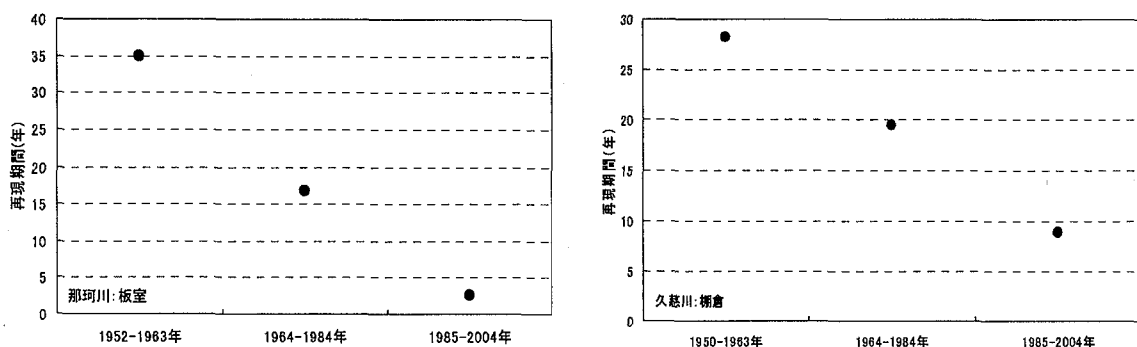


図 6: 日降雨量 200mm の再現期間

少雨が生じやすくなってきていることがわかり、洪水や渇水の危険性が高まってきているといえる。

図 6 の左図は、那珂川で 1986 年に発生した洪水と同規模の日降雨量 200mm の再現期間の変化を表したグラフである。右図は久慈川における日降雨量 150mm の再現期間の変化を示している。

左図から、日降雨量 200mm の雨は、1952～1954 年では 35 年に 1 度の割合であった再現期間が、1995～2004 では 3 年に 1 度の割合になってきていることがわかる。このほかに同様の解析を行った那珂川・久慈川流域の観測所 10ヶ所のうち 7ヶ所において、このように再現期間が短くなっていることがわかった。このことは、洪水の発生確率が高まってきているとも考えられる。

5 気候統一シナリオの解析

さらに、気象庁から提供された、気候統一シナリオ第 2 版 (2004) を用いて、観測データと同様の解析を行い、将来の洪水リスクの予測を試みた。気候統一シナリオには 1981～2000 年、2031～2050 年、2081～2100 年の 3 期間、合計 60 年間のデータがある。

本研究では、那珂川流域の洪水リスクを評価するために、那珂川の上流、中流、下流域に相当するメッシュの日降水量データを取り出し、頻度解析を行った。1981～2000 年については観測値との比較も行い、2031～2050 年、2081～2100 年における将来予測を行った。

図 7 は、那珂川流域の年最大日降水量の変化を比較したグラフである。この図から、現在の年最大日降水量の再現性はおおむね良好といえる。将来予測では、50 年後は多少増加するが、100 年後には、減少していることがわかる。これにより将来は極端に集中的な雨が増えるとは必ずしも言えないことがわかった。

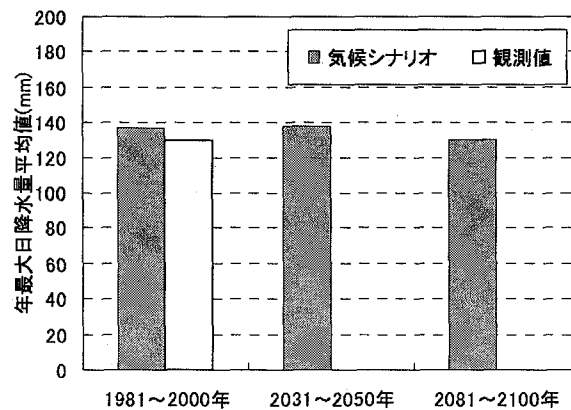


図 7: 那珂川流域の年最大日降水量の変化

6 結 論

本研究では、那珂川・久慈川流域を対象として、過去数十年間の降雨量・流量の観測データを用いて主に降雨による洪水リスクの変遷を統計的に解析し、さらに気候統一シナリオを用いてその将来予測を行った。本研究で得られた結論を以下に示す。

- 時系列解析の結果、過去数十年間にわたって年最大日降雨量は増加してきており、今後も洪水リスクが高まる可能性があることがわかった。しかし、それに比べ年最大日流量の増加量は小さかった。これは、これまでの河川改修が奏功しているとも考えられるが、詳細は今後の検討課題である。
- 頻度解析の結果、日降雨量では、数十年前の10年間よりも最近の10年間のほうが、分散値が大きくなってきており、極端な多雨や少雨が生じやすくなってきていることがわかった。これにより、洪水や渇水の可能性が高まってきていることがわかった。
- 気候統一シナリオの解析の結果、那珂川流域では将来は、現在よりも集中的な雨が増えるとは必ずしも言えないことがわかった。

今後は、本研究の解析結果に加え、降雨量・流量の観測データの季節変化や、河川流出なども考慮した上で洪水リスクを予測することが必要である。

謝 辞： 本研究は地球環境研究総合推進費（課題番号 S-4）のプロジェクトの一環として実施されたものである。本研究で利用した降雨量および流量の観測データは、国土交通省常陸河川国道事務所にご提供頂いた。また、降雨量の将来予測には、気象庁提供による気候統一シナリオ第2版(2004)を利用させて頂いた。ともに本研究を遂行する上で不可欠でありここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 茨城大学工学部都市システム工学科・広域水圏環境科学教育研究センター(1998): 平成10年8月那珂川水害緊急調査報告書, 129p.
- 神田徹・藤田陸博(1982): 水文学 確率論的手法とその応用, 土木学会編 新体系土木工学 26, 技報堂, 275p.
- 常陸河川国道事務所(2006): 防災・災害情報, <http://www.ktr.mlit.go.jp/hitachi/bousai/index.htm>, 2006年5月8日参照
- 和田一範・村瀬勝彦・富澤洋介(2005): 地球温暖化に伴う降雨特性の変化と洪水・渇水リスクの評価に関する研究, 土木学会論文集, No. 796 / II-72, pp.23-37