

43. 高知県における異常気象災害の頻発化と確率降雨劣化現象の評価

THE FREQUENT OCCURRENCE OF ABNORMAL WEATHER DISASTER AND EVALUATION OF
CREEPING PROBABILITY OF EXTREME RAINFALL IN KOCHI PREFECTURE

田中 悠介*・村上 雅博*

Yusuke TANAKA, Masahiro MURAKAMI

ABSTRACT ; In recent years, frequency of flood occurrence has been increasing all over the world because of global climate since 1990s as one of the reasons. In Kochi Prefecture, amount of precipitation has been changing irregularly and widely, and number of disasters has increased since 1994. There were two heavy downpours in Kochi prefecture after 1994. The cause of unusual heavy downpour is not contingent phenomenon but rather drastic global climate change. The total amount of damage caused by the downpour in Kochi City in 24th September 1998 was about 68billion yen. Flood control project cost about 33 billion yen was carried out by the government grants to change the year probability of occurrence from 1/30 years to 1/50 years at Kokubu River. The rainfall data from 1994 to 2005 were compiled and analyzed to know the fluctuation tendency and evaluated the year probability of occurrence. According to the result of analysis and evaluation, 1/50 years probability of occurrence found to be occurred in 1/20 years. As a result, it can be said that the safety of flood control has fell down and potentiality of flood occurrence has been increased at Kokubu River.

KEYWORDS ; fluctuation of climate, extraordinary weather, probability of extreme rainfall, flood

1. はじめに

高知県は年間降水量が全国的に多く地形が急峻であるため、洪水による災害が多い地域であった。台風による災害では特に 1970 年 10 号、1975 年 5 号、1976 年 17 号による被害が大きく、各台風で床下・床上合わせて浸水家屋が 3 万棟を超え、死者・不明者が 3 台風合計で 99 人となった¹⁾。その後、河川整備事業を集中的に進めた為、1997 年までの約 20 年間、激甚な洪水災害は発生しなかった。しかし、近年、降雨の変動傾向が激しくなり、それに伴い洪水災害も再び増加する傾向にある。さらに、台風に加えて秋雨前線による特異な豪雨災害が全国的に多発化するようになってきており、高知県においても 1998 年 9 月に高知豪雨、2001 年 9 月に高知西南豪雨が発生している²⁾。その後も 2004 年には台風が異常襲来し、2005 年には渇水が起こるなど、豪雨や渇水が不規則に多発しているが、偶然の異常気象によるものだと単純に考えるのではなく、気候システムそのものが急激に変貌してきている可能性があると考えて、今後の治水対策等に対してどのように配慮すべきかが議論され始めている。そこで、本論では高知県における異常気象（豪雨）の傾向と、気象災害との関係を調べ、最近の外力（気候）変動を考慮した治水安全度（確率降雨）について再評価することを目的とする。

* 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻フロンティア工学コース Kochi University of Technology Frontier engineering course, Tosayamadachomiyakuchi185, Kami-shi, Kochi, Japan 782-8502

2. 高知（気象台）における降水量の経年変化

高知（気象台）においては年間降水量が 1,500～3,500mm の間で変動しており、洪水被害が比較的少なかった 1977～1993 年までは降水量の変動が比較的小さかったが、1994 年以降著しく変動しており、降水量が極端に多い、もしくは少ない年が数年毎に繰り返されており、特に高知豪雨が発生した 1998 年には過去 100 年間における最大値を記録している。降水量の標準偏差は 1886～1959 年までが 489、1960～1979 年までが 513、1980～1993 年までが 465、1994～2005 年までが 812 となっており、1994 年以降の変動が極めて大きいことが考えられる（図 1 参照）。

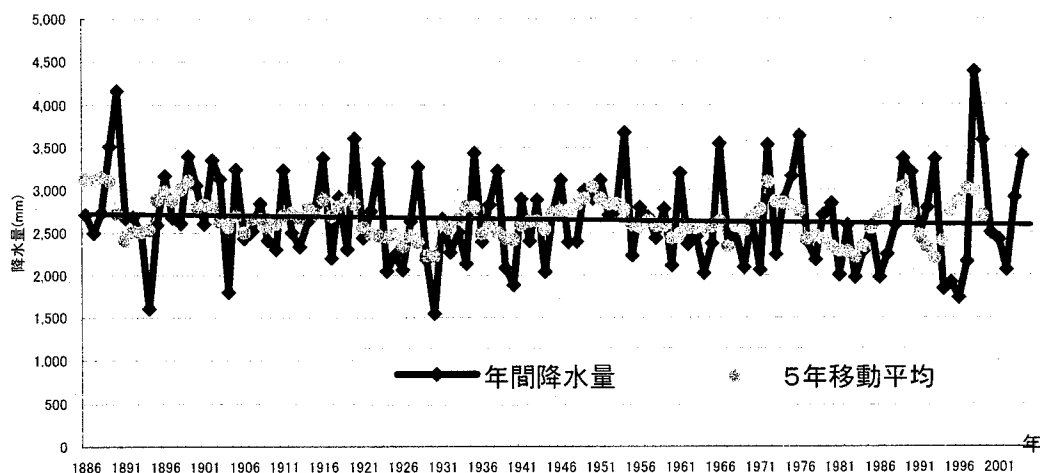


図 1 高知（気象台）における年間降水量の経年変化

3. 高知県における近年の気象災害の例

3.1 '98 高知豪雨

1998 年 9 月 24 日、四国の南海上にある秋雨前線が活発化し、北上して四国付近で停滞し豪雨が発生した。最大時間降雨量が国分川流域において 100mm を越え、日雨量においては観測開始以来最大の約 800mm を記録した。国分川流域における最大時間雨量は高知観測所においては 24 日 22 時に 129.5mm、後免観測所と繁藤観測所においては 23 時にそれぞれ 119.0、108.5mm を記録している。最大日雨量は高知 850mm、後免 858mm、繁藤 976mm (24 日 9 時～25 日 9 時までの値) であった。この災害による死者は 8 人、床上浸水 13,442 棟、床下浸水 10,235 棟、被害額は 686 億円に上り、国は河川激甚災害対策特別緊急事業（以下激特事業）として国分川と舟入川に対して合計で 335 億円（国分川 215 億円、舟入川 120 億円）を投資し、治水確率を 1/30 年から 1/50 年に引き上げる河川改修が行われた。

この豪雨災害で被害を受けた国分川左岸において越流堤が南国市に 2 箇所、霞堤が高知市布師田に 1 箇所設置され、堤防高がそれぞれ 1.5m、2m 低くなっている箇所が存在していた。越流堤は、洪水の一部を調整池（遊水地）に流入させる作用を持っていて、霞堤は遊水地にあふれた洪水を速やかに河川に戻す役割がある。しかし、都市計画道路高知南国線（大津バイパス）の完成により高知市大津を中心とする国分川左岸が都市化されたため、本来洪水時に遊水地となる場所が市街化される結果となり、高知豪雨時には大津バイパス周辺が広範囲に亘り浸水した。さらに、越流堤、霞堤の存在を知らない流域住民も数多くいた。なお、越流堤、霞堤は激特事業による河川改修とともに姿を消した。

3.2 高知西南豪雨

2001 年 9 月 5 日夜から 6 日朝にかけて秋雨前線が九州南部から四国にかけて停滞し、南西海上から強い暖

気流が流入したため、前線が活発化した。この豪雨により清水では最大時間雨量 116mm を記録し、死者は出なかったものの、床上浸水 264 棟、床下浸水 541 棟に上り、土佐清水市や大月町を中心に甚大な被害が発生した。西南豪雨に対しても特に被害の大きかった宗呂川において激特事業が行われ、事業費として約 60 億円が投資された。この災害による死者が出なかった理由として、'98 高知豪雨の経験を生かして直後に自主防災組織が整っていたこと等が挙げられる。

4. 確率降雨と治水安全度

確率降雨は、短時間雨量の最大値（主として最大時間雨量、最大日雨量がある）が何年に 1 回発生する規模に相当するかを示したものである。例えば、確率降雨 1/50 年とは、その降雨が 50 年に 1 回に相当することを意味している。河川の治水計画を行うとき、計画規模により治水安全度を決定している。例えば、治水安全度 1/50 年とは 50 年に 1 回規模の洪水を安全に流下させることができることを意味している。一般的に一級河川の下流部においては 1/100 年～1/200 年、一級河川の上流部や二級河川では概ね 1/10 年～1/50 年が用いられている。日本においては多摩川・利根川・淀川などが 1/200 年、信濃川・石狩川などが 1/150 年、一般的な一級河川が 1/100 年で計画されている。高知県内の主要河川では四万十川・仁淀川・物部川本川が 1/100 年、鏡川が 1/70 年で河川整備が行われている。

5. 近年の気象変動の影響に配慮した治水計画検討の必要性

治水計画においては計画策定以前の過去の降雨データ（30～50 年程度）をもとに確率降雨（治水安全度）を算定しているが、特に激変している近年の降雨状況がほとんど反映されておらず、今後同様の気象変動が不規則に継続するとした場合、過去の治水計画では対応できないほどの豪雨災害が発生する可能性があり、治水安全度の低下が危惧される。よって、治水安全度を見直し、確率降雨の低下（劣化）を反映させた治水計画が必要である。

6. 国分川流域における確率降雨の再評価

6.1. 雨量観測所と流域分割

国分川流域は高知市から南国市、土佐山田町の山間部まで含むため、確率降雨を求める際、複数の雨量観測所のデータを用いて流域全体の雨量を算出する必要がある。本論では国分川流域のうち、'98 高知豪雨における被害が甚大であった本川流域内外 3 箇所の雨量観測所の時間雨量データをもとにティーセン法による流域分割を行い（表 1 参照）、平均降雨強度を求めた³⁾。

表 1 国分川本川流域におけるティーセン分割結果及び'98 高知豪雨における最大時間雨量

分割流域番号	代表雨量観測所	支配面積 (km ²)	重み (%)	雨量 (mm/hr)
i		a	m	r
①	高知(气象台)	12.9	13.7	129.5★
②	後免(气象台)	51.1	54.2	119.0★
③	繁藤(气象台)	30.3	32.1	108.5★
国分川本川流域		94.3	100	117.1

注) ★は各雨量観測所における最大時間雨量

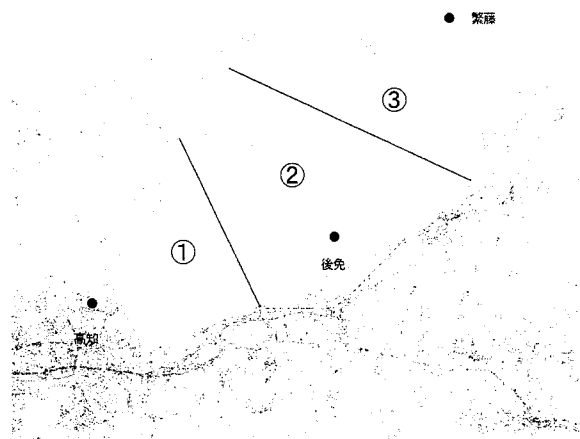


図2 国分川本川流域における流域分割

表2 国分川本川流域における最大時間降雨量

年		高知	後免	繁藤	流域平均
		(气象台)	(气象台)	(气象台)	
昭和 53	1978	93.5	59.0	78.5	70.0
昭和 54	1979	48.5	33.0	61.5	44.3
昭和 55	1980	74.5	45.0	98.0	66.1
昭和 56	1981	36.0	34.0	59.5	42.5
昭和 57	1982	44.0	44.0	52.5	46.7
昭和 58	1983	36.0	39.0	36.5	37.8
昭和 59	1984	59.0	66.0	47.0	58.9
昭和 60	1985	57.0	28.0	98.0	54.5
昭和 61	1986	72.0	22.0	93.0	51.7
昭和 62	1987	60.5	80.0	86.0	79.3
昭和 63	1988	72.5	57.0	69.0	63.0
昭和 64	1989	58.5	61.0	82.5	67.6
平成 2	1990	42.0	47.0	67.0	52.7
平成 3	1991	45.5	45.0	49.0	46.4
平成 4	1992	55.5	48.0	83.0	60.3
平成 5	1993	63.5	57.0	60.0	58.9
平成 6	1994	39.5	35.0	54.5	41.9
平成 7	1995	98.5	69.0	77.5	75.8
平成 8	1996	41.5	26.0	38.5	32.1
平成 9	1997	62.5	88.0	65.0	77.1
平成 10	1998	129.5	119.0	108.5	117.1
平成 11	1999	99.5	59.0	89.5	74.3
平成 12	2000	90.5	58.0	60.5	63.2
平成 13	2001	66.0	56.0	54.5	56.9
平成 14	2002	40.5	42.0	109.0	63.3
平成 15	2003	57.0	48.0	87.0	61.8
平成 16	2004	70.0	69.0	110.0	82.3
平成 17	2005	49.0	60.0	50.0	55.3

6.2. 流域における確率降雨の分析

確率降雨の低下（劣化）傾向を調べるため、1978～2005 年（28 年間）と変動傾向が著しくなってきた 1994～2005 年（12 年間）の年最大時間降雨量データを基に、正規分布である対数正規分布法（式 1）及び極値分布であるガンベル分布法（式 2）を用いて確率降雨の変化について比較・分析を行った^{3,4)}。国分川流域において時間確率降雨を求めたところ、1978～2005 年までの 28 年間における 1/50 年確率降雨量は対数正規分布では 101mm/時間、ガンベル分布では 104mm/時間であった。これらの降雨量を 1994～2005 年までの 12 年間における確率降雨量において分析した結果、両者とも 1/20 まで確率降雨が低下（劣化）していることが分かった。

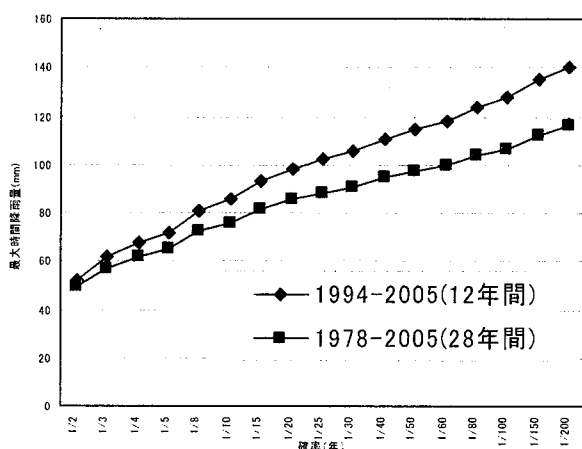


図 3 国分川流域における最大時間雨量の確率降雨図（対数正規分布）

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} \exp\left(-\left(\frac{\log x - \mu}{2\sigma}\right)^2\right) \dots\dots (式1)$$

ここに、x: 雨量、 σ : 標準偏差、 μ : $\log(x)$ の平均値

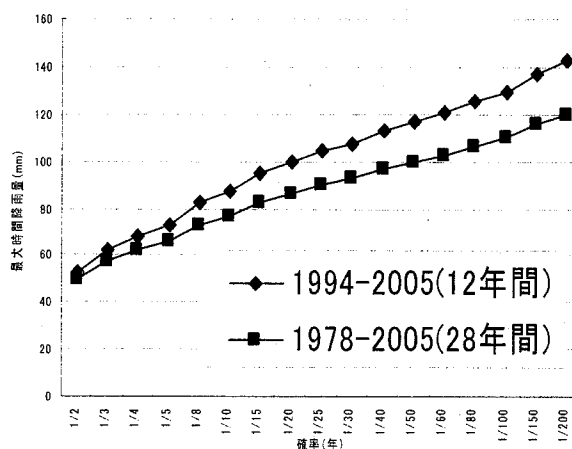


図 4 国分川流域における最大時間雨量の確率降雨図（ガンベル分布）

$$P(x) = 1 - \exp(e^{-x}) \dots\dots (式2)$$

$$y = a(x - x_0)$$

ここに、x: 雨量、 x_0 : x の平均値

7. 低下（劣化）する確率降雨に対する考察

’98 高知豪雨による被害額は全体で 686 億円に上り、国は河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）として、特に被害の大きかった国分川と舟入川に対し、治水確率を 1/30 年から 1/50 年に上げる河川改修を行い、この激特事業費の総額は 335 億円に及んだ⁵⁾。しかし、特に降雨の変動傾向が激しい国分川流域の過去 12 年間（1994～2005 年）の時系列降雨データを基に、対数正規分布及びガンベル分布にて激特事業で採用された 1/50 年確率降雨の相対的変化（劣化）傾向を計算すると、約 1/20 にまで低下（劣化）している。1994 年以降の時間雨量のデータに対する 1998 年の値の影響が高いことが考えられるが、山間部である繁藤観測所において 2002 年、2004 年に 100mm を超える時間雨量を観測しており、確率降雨の低下（劣化）傾向は十分考えられる。この傾向は、同時に流域の治水安全度を低下させていることに等しく、流域住民にとっては洪水災害ポテンシャルが増大していると考えられる。

8. 問題点

今回、国分川流域における 1/50 年確率降雨について算出したが、3 箇所の時間雨量データが全て揃っている期間が 1978 年以降の 28 年間であるため、29 年以上の確率の予測には問題がある。また、今回の評価では最近の変動傾向が顕著な 1994 年以降の確率降雨について算出しているため、現在考える確率ポテンシャルが最大

限のところで評価しており、実際の低下レベルは更に小さくなると考えられるが、将来の降雨の変動傾向が変化すればその影響を当然受けることになる。

9. 今後の課題

国分川において行われている激特事業においてこれ以上の河川整備（ダムや堤防）を行うのは困難であるため、ある限度の範囲内で洪水と共存できる総合的な治水対策が必要である。技術的な対応策の一つとしては雨水貯留・浸透施設の導入による河川への洪水流出の抑制が挙げられる。国分川下流地域においては、海拔ゼロメートル地帯であるため、内水問題が顕著であり、地盤的にも雨水浸透施設の導入は困難である。しかし、中・上流域においては浸透トレンチ等の雨水浸透施設、及び学校や公園等の公共用地の敷地空間を利用した小規模分散型の雨水貯留施設等を設置して河川への流出を抑え、下流域における被害軽減の可能性等について、流域の総合的な治水対策の視点から計画を再検討すべきと考える。

参考文献・資料

- [1] 高知地方気象台、「高知県の気象」、pp119-133
- [2] 高知地方気象台、「過去の顕著な気象現象について」
- [3] 日本建設コンサルタント、「国分川河川激甚災害対策特別緊急降雨強度算定委託業務 参考資料集」
- [4] 日本河川協会、「建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編」、pp.70-72、山海堂
- [5] 高知県土木部河川整備課、「'98 高知豪雨 国分川（舟入川）河川激甚対策特別緊急事業」