

わが国における短時間雨量の変化に関する一考察

A Study on Changes in Short-term Rainfall in Japan

千原英司*
(CHIYARA Eiji)平松 研**
(HIRAMATSU Ken)豊田政幸*
(TOYODA Masayuki)千家正照*
(SENGE Masateru)

I. はじめに

近年、毎年のように被災を伴う豪雨が発生し、「これまでに経験がない」という言葉がニュースに流れる。このような気象環境の変化に対し、気温、降雨などの気象要素についてさまざまなシミュレーションモデルを用いた将来予測が行われている^{1),2)}。降雨形態の変化は、ため池、ダム等の設計洪水量に影響を及ぼし、洪水吐の能力不足につながる場合もある。ため池やフィルダムの設計洪水量は、以下の3種類の推定された流量のうち最も大きい流量の1.2倍とされる³⁾。3種類の流量とは、200年確率洪水量(A項流量)、既往最大流量(B項流量)、気象・水象条件の類似する近傍流域における気象、水象観測結果から推定される最大洪水量(C項流量)であるが、気象環境の変化が生じればそれに応じた対応が必要になる。広域的な広がりをもたせて洪水量算定を行うC項流量推定において、新たな考え方を示した工藤らは、確率雨量の変化を全国11ブロックに分割し、地域の降雨記録から「地域最大雨量」とする概念を用い、近年の降雨形態の変化に関する研究を報告した⁴⁾。本報では、計画地点近傍の降雨記録から推定するA項流量を想定し、近傍流域で生じる降雨形態の変化を検証するために、ブロックではなく、気象観測所ごとの降雨観測データをもとに、短時間雨量の変化を分析し、適正なA項流量算定のために降雨形態の変化について検証を行った。

II. 解析に用いたデータ

1. 降雨データと解析手法

(1) 降雨データ 降雨データは、気象庁がインターネット上に示す観測記録⁵⁾を使用した。なお、気象観測地点は、短時間降雨解析に必要な1時間雨量記録や10分間雨量記録を60年以上保有する95カ所の主要な気象観測所を抽出し、その観測データを用いた。これらの気象観測所は、岩井・石黒が1970年に出版した「応用水文統計学」⁶⁾の中で、短時間降雨解析に

用いた気象観測所とほぼ同様の地点となっている。

(2) 解析期間と手法 200年確率洪水量を降雨資料から推定する場合、降雨資料は40年以上、少なくとも30年以上の期間が必要とされる³⁾。そこで、解析期間を、1960~1989年の30年間(以下、「期間1」という)と1990~2019年の30年間(以下、「期間2」という)の2期間に分割し、期間1と期間2の短時間雨量を対比することによって、この2期間の短時間雨量の変化を解析することとした。また、解析手法はダム・ため池の洪水量算定で一般的に用いられる岩井法⁶⁾を採用した。

2. 解析対象とした気象観測所

表-1に示したように、95カ所の気象観測所は、降雨形態の変化を比較するために太平洋側と日本海側を一つの区分要素とし、全国の南北方向をもう一つの区分要素として11ブロックに区分した。

III. 豪雨日数の変化

1. 豪雨日数

日雨量50mm、70mm、100mm以上を豪雨とし、それぞれの発生日数を「豪雨日数」として定義した。各気象観測所における期間1と期間2の豪雨日数を求め、期間1、2の豪雨日数の比(以下、「豪雨日数変化率」という)を図-1に示す。なお、北海道ブロックの網走気象観測所では、期間1の30年間に日雨量100mm以上の豪雨記録がなく、便宜上、この期間の豪雨日数を1として豪雨日数変化率を求めている。図-1に示すように、関東以北の豪雨日数変化率は、東海以西より大きい傾向が見られる。とくに、期間2の日雨量100mm以上の豪雨日数は、期間1に対して2倍以上となった気象観測所が10カ所あり、関東以北では従来に比べ豪雨が発生しやすい環境に変化していることが示される。東海以西では、部分的に変化率が1.0を下回る気象観測所も見られるが、全体として変化率が1.0~2.0倍を示し、豪雨日数の増加傾向が示されている。

*(株)ユニオン

**岐阜大学応用生物科学部



水文解析、短時間降雨強度、降雨形態の変化、確率時間雨量、設計洪水量

表-1 解析対象とした気象観測所

ブロック名	地点数	気象観測所と気象観測所番号
北海道	10	1 稚内 2 留萌 3 札幌 4 函館 5 旭川 6 帯広 7 釧路 8 根室 9 網走 10 江刺
東北 (太平洋側)	8	11 盛岡 12 八戸 13 宮古 14 石巻 15 仙台 16 福島 17 小名浜 18 白川
東北 (日本海側)	13	19 青森 20 深浦 21 秋田 22 新庄 23 酒田 24 山形 25 若松 26 相川 27 新潟 28 高田 29 富山 30 福井 31 敦賀
関東	11	32 宇都宮 33 水戸 34 つくば 35 前橋 36 銚子 37 勝浦 38 熊谷 39 秩父 40 東京 41 横浜 42 甲府
東海	10	43 静岡 44 網代 45 石廊崎 46 御前崎 47 伊良湖 48 名古屋 49 津 50 尾鷲 51 高山 52 岐阜
近畿	7	53 和歌山 54 潮岬 55 奈良 56 大阪 57 彦根 58 京都 59 舞鶴
四国・瀬戸内	9	60 室戸岬 61 高知 62 土佐清水 63 宇和島 64 松山 65 津山 66 岡山 67 福山 68 広島
山陰	5	69 鳥取 70 米子 71 境 72 萩 73 下関
九州北部	10	74 福岡 75 飯塚 76 佐賀 77 厳原 78 長崎 79 佐世保 80 大分 81 日田 82 熊本 83 人吉
九州南部	6	84 宮崎 85 油津 86 都城 87 鹿児島 88 阿久根 89 枕崎
南西諸島	6	90 名瀬 91 南大東 92 那覇 93 宮古島 94 石垣 95 与那国

注) 「東北(日本海側)」ブロックには、青森県と北陸地方が含まれている。

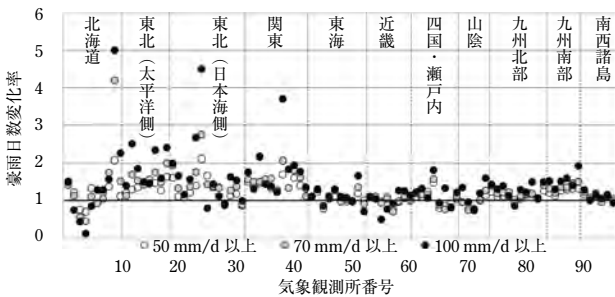


図-1 豪雨日数変化率

2. 豪雨発生割合と気象観測所数

日雨量 50 mm 以上の豪雨に対し、III.1.に示した豪雨日数変化率とその発生気象観測所数の関係を図-2に示す。図-2より変化率が1.0を上回る気象観測所数は、全体の81%を示している、期間2の豪雨日数は増加している。

IV. 最大時間雨量

1. 最大時間雨量の変化

期間1の最大時間雨量に対する期間2の最大時間雨量の比(以下、「最大時間雨量変化率」という)について各気象観測所で計算した結果を図-3に示す。最大時間雨量の変化率は、約0.6から1.8の広い範

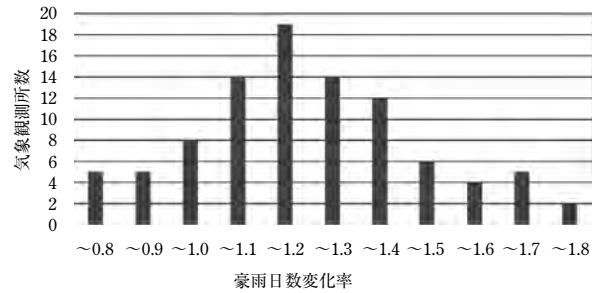


図-2 豪雨日数変化率と気象観測所数

囲で分布している。一方、期間2の最大時間雨量が期間1の数値を上回った気象観測所(最大時間雨量の変化率>1)は全体の63%となっており、約3分の2の気象観測所で最大時間雨量が増加する傾向にあることを示している。特筆すべきことは、最大時間雨量が大きく増加した気象観測所が全国に均等に分布していること、いずれのブロックにも変化率が2に近い値を示した気象観測所があることである。この全国にまたがる最大時間雨量の増加が、頻発する豪雨災害に繋がっていると考えられる。

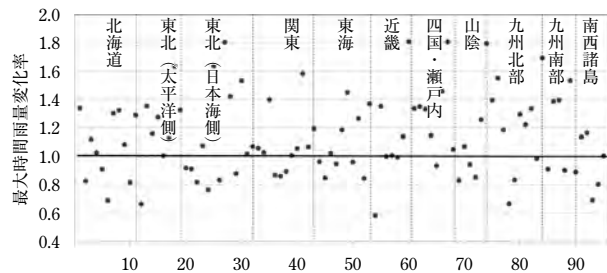


図-3 最大時間雨量変化率

2. 全期間の最大時間雨量

全解析期間の60年間(1960~2019年)に全国の各雨量観測点で記録された最大時間雨量を図-4に示す。この図から、東海以西では、最大時間雨量100 mm以上の豪雨が多く地点で記録されている。また、気象庁が「猛烈な雨」と称する80~100 mm/hの雨量が東北地方でも観測されており、短時間の豪雨がほぼ日本全国で記録されていることを示している。

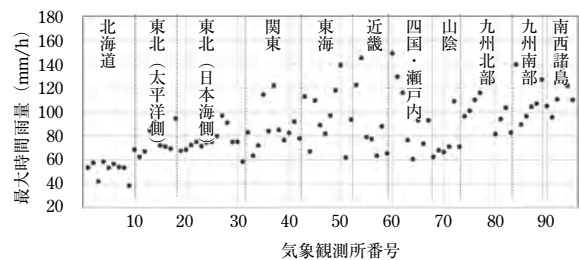


図-4 全期間の最大時間雨量

なお、本解析で対象としなかった気象観測点でも100 mm/h以上の最大時間雨量を観測している。一事例として、長崎県西彼杵郡長与町で1982年7月に時間雨量187 mm/hを観測している。この記録は長崎気象台近傍の長与町の観測記録であるが、解析対象とした長崎気象台の観測記録127.5 mm/hを大きく上回った記録となっている。

V. 確率時間雨量

1. 確率時間雨量の変化

ダムやため池の設計洪水量の算出では、洪水到達時間内の平均降雨強度が必要となる。洪水到達時間が1~2時間の短時間の場合、降雨強度式はタルボット型や、シャーマン型、久野・石黒型を用いる。これらの降雨強度式はいずれも確率時間雨量が因子となっている。ダムやため池の200年確率洪水量は、100年確率洪水量の1.2倍として推定がなされる³⁾。そこで、期間2と期間1の100年確率時間雨量の比（以下、「100年確率時間雨量変化率」という）について検討を行った結果を図-5に示す。

解析の結果、期間2の100年確率時間雨量が期間1の2倍近い値を示した気象観測所が1カ所（気象観測所番号：49）、また、1.5倍程度の大きな比率を示す気象観測所が8カ所（気象観測所番号：1, 13, 18, 25, 41, 51, 55, 74）あった。さらに、1.0以上の変化率を示した気象観測所数は全体の64%となっている。以上のように、多くの気象観測所では期間1の100年確率時間雨量に対して、期間2の100年確率時間雨量が増加している。また、増加している気象観測所の分布は全国にまたがっている。先に述べたように設計洪水量を算定する短時間降雨強度式には、確率時間雨量が組み込まれているので、洪水量もほぼその割合で増加する結果が想定される。ここで、図-5に示した100年確率時間雨量変化率について、表-1に示した11の各ブロック内の最大値と平均値を求め、表-2に示した。

この結果より、各ブロックの最大値はおおむね1.5、

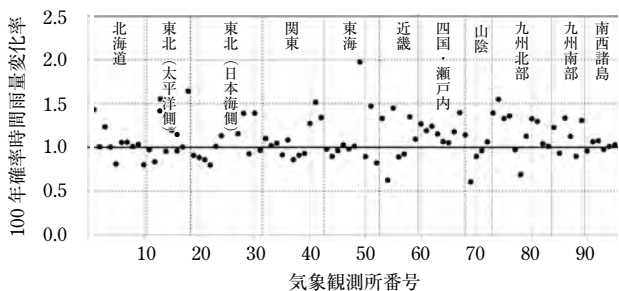


図-5 100年確率時間雨量変化率

表-2 100年確率時間雨量の変化率の最大値と平均値

ブロック名	最大値	平均値
北海道	1.43	1.05
東北(太平洋側)	1.64	1.14
東北(日本海側)	1.52	1.10
関東	1.52	1.09
東海	1.98	1.08
近畿	1.45	1.10
四国・瀬戸内	1.40	1.19
山陰	1.39	0.99
九州北部	1.55	1.19
九州南部	1.34	1.12
南西諸島	1.08	1.02

平均値は1.1程度となっている。これを降雨強度式に反映した場合、平均的に見れば1.1倍、変化の厳しい地域では1.5倍の洪水量が生じる可能性を示している。この結果より、30年以上前に計画されたダムやため池等の設計洪水量は、近年の豪雨変化を考慮した洪水量に対する再検証を行うことが望まれる。

2. 100年確率時間雨量

各気象観測所について全期間（60年間）の観測データを用いて解析した100年確率時間雨量を図-6に示した。その分布傾向は、図-4に示した最大時間雨量と類似し、100 mm/h以上の100年確率時間雨量を示す気象観測所は、ほぼ全国に分布している。

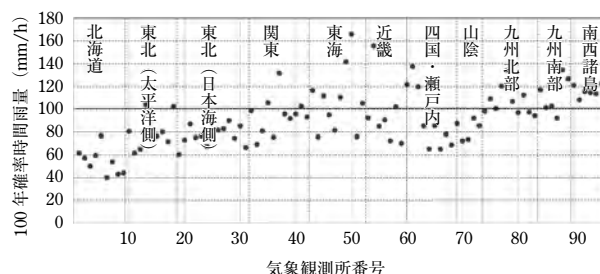


図-6 気象観測所の100年確率時間雨量

VI. 地域における降雨形態の変化

岩井・石黒は、著書「応用水文統計学」の中で、特性係数により短時間雨量の予測を可能とする全国のマップを示した。このマップは、全国の約100カ所の主要観測地点の10分間雨量記録と1時間雨量記録を岩井法により解析を行い、その2種の確率雨量をもとに、「10分間降雨強度」と「時間雨量」の比を特性係数 β^{10} とし、全国の特性係数 β^{10} のマップを示した。当時は10分間雨量の観測地点が少なく、短時間の確率降雨強度の推定が難しく、このような環境で、時間雨量の観測記録と特性係数 β^{10} を用いることで計画

洪水量の推定が可能となる貴重な手法であった。ここでは、岐阜県の主要気象観測所である岐阜と高山の2つの気象観測所の期間1と期間2のそれぞれの観測データを用いて得られた100年確率の時間雨量と10分間雨量、これより得られる特性係数 β^{10} を表-3、4に示した。

この結果より、岐阜では期間1と期間2では、100年確率時間雨量は約83%に小さくなり、逆に高山では140%に増加している。この結果から、特性係数 β^{10} は大きく変化しており、1970年に岩井・石黒が作成した特性係数 β^{10} のマップも変化していることが予想される。

表-3 10分間と1時間確率雨量の変化と特性係数 β^{10} (岐阜)

確率年	時間雨量	10分間雨量	β^{10}	時間雨量	10分間雨量	β^{10}
	期間1	期間1	期間1	期間2	期間2	期間2
1/10	70.0	25.6	2.19	60.1	24.0	2.40
1/20	80.5	28.3	2.11	68.0	26.6	2.35
1/50	94.2	31.5	2.01	78.5	29.9	2.29
1/100	104.8	33.8	1.94	86.7	32.3	2.24
1/200	115.4	36.1	1.88	95.0	34.6	2.19

表-4 10分間と1時間確率雨量の変化と特性係数 β^{10} (高山)

確率年	時間雨量	10分間雨量	β^{10}	時間雨量	10分間雨量	β^{10}
	期間1	期間1	期間1	期間2	期間2	期間2
1/10	41.7	18.3	2.63	52.7	19.8	2.25
1/20	45.4	20.4	2.70	59.3	22.1	2.24
1/50	49.8	23.0	2.77	67.7	25.0	2.22
1/100	52.8	25.0	2.84	73.8	27.2	2.21
1/200	55.7	27.0	2.91	80.0	29.4	2.21

VII. まとめ

近年、日本中に災害をもたらす豪雨の発生が報じられ、その都度「記憶にないような…」という言葉が使われることが多い。そこで、1960～2019年の60年間の前半30年を期間1、後半30年を期間2とする2期間に分けて、その間の降雨記録を用いて豪雨日数、最大時間雨量、100年確率時間雨量の変化について分析した。その結果、以下のことが明らかとなった。

① 日雨量50 mm、70 mm、100 mm以上の豪雨日数は、期間1と期間2を比較した場合、期間2の豪雨日数が多くなり、とくに関東以北でその傾向が顕著であった。この結果は、関東以北の豪雨日数変化率は、東海以西に比べ、多くの気象観測所で2～3倍大きい傾向が見られ、想定以上の洪水と被害の

発生につながっているものと思われる。

- ② 期間1よりも期間2で最大時間雨量が大きくなった気象観測所は全体の3分の2にのぼり、その変化率は2倍近い倍率に達する気象観測所もあった。
- ③ 期間1に対し期間2の100年確率時間雨量の最大変化割合は、おおむね1.5倍程度であり、平均値は1.1倍程度であった。
- ④ 地域における降雨形態の変化は、岐阜県内の主要観測地点である岐阜気象観測所と高山気象観測所の観測結果をサンプルに検討を行ったが、確率時間雨量や確率10分間雨量が期間1と期間2では変化していることが示された。確率時間雨量は全国で変化しており、わが国の降雨形態を示す特性係数 β^{10} に変化が生じていると考えられる。

これらの結果より、わが国の短時間雨量はこの60年間を見れば多くの地点で増加傾向が明らかとなった。短時間雨量から求められる確率時間雨量はダムやため池の設計洪水量に比例する因子であり、30年以上前に計画されたすべてのダムやため池の設計洪水量は、近年の降雨形態を考慮し、洪水量の再検証を行う必要がある。

謝辞 本研究は、岐阜大学に設立された産学協同研究プロジェクト岐阜大学-ユニオンインフラメンテナンス共同研究講座の研究テーマの一つとして実施したものである。ここに岐阜大学応用生物科学部の多くの先生方のご指導に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 気象庁：降水の将来予測，地球温暖化予測情報9，pp.27～32 (2017)
- 2) 環境省，文部科学省，農林水産省，国土交通省，気象庁：気候変動の観測結果と将来予測，気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018，pp.18～25 (2018)
- 3) 農林水産省農村振興局：8.1.1.1 200年確率洪水量（A項流量），土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」，p.I-346 (2003)
- 4) 工藤亮治，永井明博，近森秀高：地域確率雨量の経年変化，農業農村工学会論文266，pp.63～69 (2010)
- 5) 気象庁：過去の気象観測データ・ダウンロード，<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (参照2024年2月2日)
- 6) 岩井重久，石黒政儀：応用水文統計学，森北出版 (1970) [2024.10.7.受理]

正会員：千原英司，平松 研，豊田政幸，千家正照
CPD個人登録者：千原英司，平松 研，豊田政幸