

下水道事業で用いる計画降雨強度式の現状に関する調査

松浦達郎・岡安祐司

1. はじめに

2020年6月、気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会は、「気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について」¹⁾（以下「提言」という。）をとりまとめ、公表した（2021年4月一部改訂）。

提言では、気候変動予測モデルによる予測データを用いて算出された、現在気候に対する将来気候の降雨量の比である降雨量変化倍率（以下「倍率」という。）を現在の計画降雨に乘じ、これを気候変動による影響を踏まえた計画降雨として設定した上で中長期的な計画を策定することとしている。そのため、倍率を乗じる現在の計画降雨については、あらかじめその妥当性を確認しておくことが重要である。例えば、気候変動による影響は既に現れている可能性が報告²⁾されており、現在の計画降雨が気候変動の影響を受けた降雨資料を用いて作成している場合、提言で示された倍率をそのまま乗じることは、過大、若しくは過少評価となる恐れがある。

一般的に下水道事業の雨水計画で用いる計画降雨は、降雨継続時間と降雨強度の関係を表す降雨強度式により設定することが多い。一方、その降雨強度式は、下水道事業者毎に作成されているため、作成方法や作成に用いた資料期間等の条件は様々である。気候変動を踏まえた計画降雨の設定にあたっては、各下水道事業者の状況に応じて適切に実施する必要があるが、降雨強度式がどのように作成されているのか、という実態について近年とりまとめられたものは見受けられない。

そこで、気候変動を考慮した適切な計画降雨の設定方法の検討に必要な基礎情報の整理を目的として、全国における計画降雨強度式の作成状況に関する実態を把握するための調査を行った。本稿では、この実態調査から把握できた、下水道事業で用いられている全国の計画降雨強度式の現状に

表-1 アンケート内容（主な調査項目）

調査項目	調査内容
雨水計画の策定	雨水計画の策定の有無を選択
計画降雨の設定	雨水計画に用いる計画降雨の有無を選択
計画降雨強度式	計画降雨強度式及びその確率年を入力。また、型式を「Talbot型」、「Sherman型」、「久野・石黒型」、「Cleveland型」、「その他」から選択（その他場合はその内容を入力）
確率計算方法	計画降雨強度式算定に用いた確率計算方法について、「岩井法」、「Thomasプロット法」、「Hazenプロット法」、「Gumbel法」、「その他」から選択（その他場合はその内容を入力）
定数決定方法	計画降雨強度式算定に用いた定数決定について、「厳密計算法」、「特性係数法」、「その他」から選択（その他場合はその内容を入力）
降雨強度	10分及び60分降雨強度を入力
作成主体	計画降雨強度式の作成主体について、「自らの団体」、「都道府県」、「その他」を選択（その他場合はその内容を入力）
作成時期	計画降雨強度式を作成した年（西暦）を入力
観測地点	作成に用いた観測地点名、及び管理している機関を入力
資料期間	作成に用いた降雨資料の期間について、開始年及び終了年を入力
整理方法	降雨資料の整理方法について、「毎年最大値法」、「非毎年最大値法」、「その他」から選択（その他場合はその内容を入力）

ついて報告する。

2. 調査方法

雨水計画の策定が想定される下水道事業者1,124団体に対して、現在の計画降雨強度式に関するアンケート等による実態調査を実施した。主な調査項目を表-1に示す。今回は主に現在の計画降雨の内容や計画降雨強度式の作成方法、作成に用いた降雨資料に関する内容について調査した。その結果、1,081団体から回答が有り（回収率96.2%）、その中で計画降雨を設定している914団体、1,161の計画降雨強度式について整理を行った。

3. 調査結果

3.1 降雨強度式の作成手順

下水道事業で用いる計画降雨強度式の作成手順は、「下水道施設計画・設計指針と解説 前編³⁾」

(以下「設計指針」という。)によると以下の通りである。

- ①収集した降雨資料について降雨継続時間毎の各年最大値を整理する。
- ②確率計算を行い降雨継続時間毎の確率雨量を算出する。
- ③算出した確率雨量を基に、同一確率年値を各降雨継続時間から抽出し、最小二乗法等により降雨強度式を作成する。
- ④採用する降雨強度式の式型は、適合度や対象とする施設に応じて適宜選定する。

なお作成にあたっては、降雨継続時間5,10,20,30,40,60,80,120分に対応する最低8組の降雨資料を用いる方法（以下「厳密計算法」という。）と、10分と60分のみ（以下「特性係数法」という。）の降雨資料を用いる方法がある。また、下水道事業における計画規模として採用されることが多い5～10の確率年を用いる場合、使用する降雨資料の期間は少なくとも20年なるべく40年以上とすることが望ましいとしている。

3.2 現在の雨水計画に関する内容

現在の雨水計画に関して以下の項目を整理した。

①採用している確率年

雨水計画の規模を示す確率年は、図-1に示す通り10年が最も多く、次いで5年、7年の順であり、これらで全体の9割以上を占めていた。

②採用している60分降雨強度

雨水計画における代表的な数値として示されることが多い60分降雨強度について、図-2に示す区分で整理した結果、最も多い区分は50～59、次いで40～49、60～69mm/hrの順であり、これらで全体の7割近くを占めていた。

3.3 計画降雨強度式の作成方法に関する内容

現在の計画降雨強度式の作成方法に関して、以下の項目を整理した。

①採用している降雨強度式の式型

図-3に示す通り、Talbot型が最も多く、全体の8割以上を占めていた。設計指針では、流達時間が短い管路等の設計を行う場合、他の式型と比較し降雨継続時間が5～120分の間で若干安全側の値となるTalbot型を採用することが好ましいとされている。そのため、多くの団体においてTalbot型を採用する結果となったと考えられる。

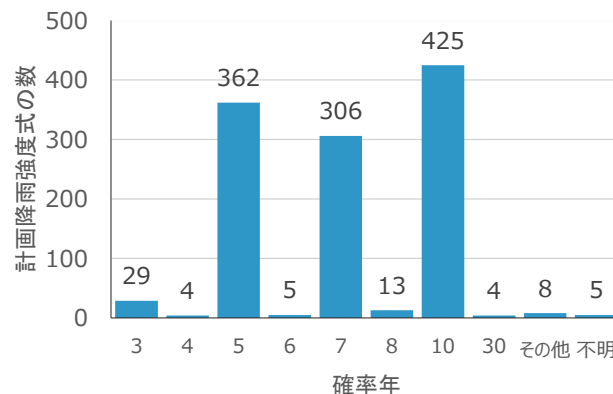


図-1 採用している確率年

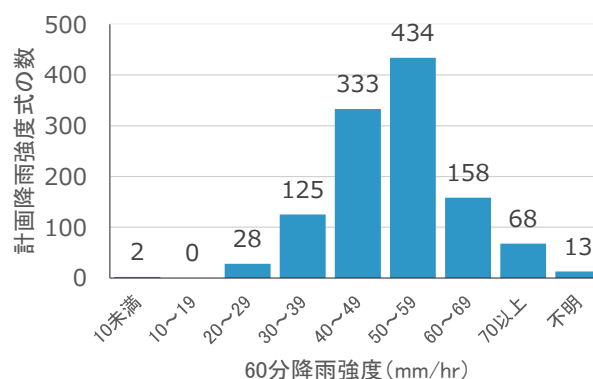


図-2 採用している60分降雨強度

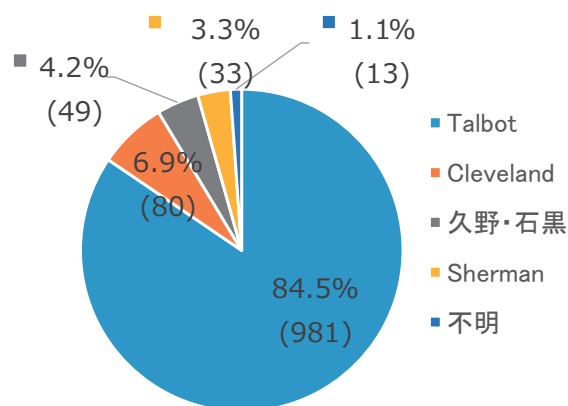


図-3 採用している降雨強度式の式型

②用いた確率計算方法（図-4）

降雨強度式作成時に用いた確率計算手法は岩井法が最も多く、次いでThomasプロット法が採用されていたが、両者で大きな差は無く両者で全体の7割以上を占めていた。

③計画降雨強度式の定数決定方法（図-5）

8割以上の団体が、2組の降雨資料のみで決定可能な特性係数法を採用していた。一方、8組以上の降雨資料が必要な厳密計算法を用いているのは2%程度であった。一般的に降雨資料は10分及び60分単位で整理されていることが多く、資料の入手が容易である10分及び60分の降雨資料のみで作成が可能な特性係数法が多く用いられたと

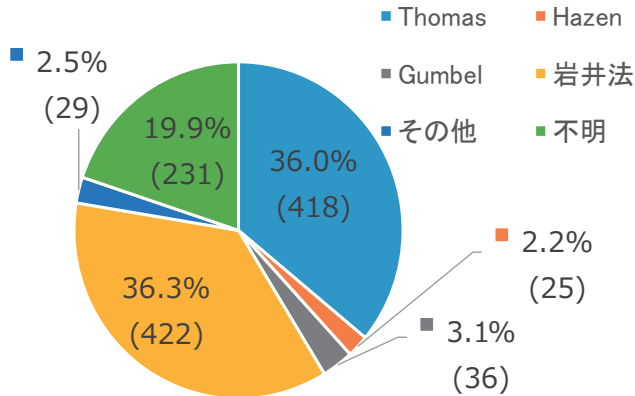


図-4 用いた確率計算方法

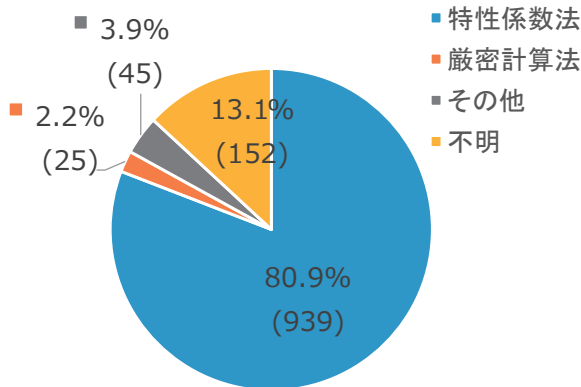


図-5 降雨強度式の定数決定方法

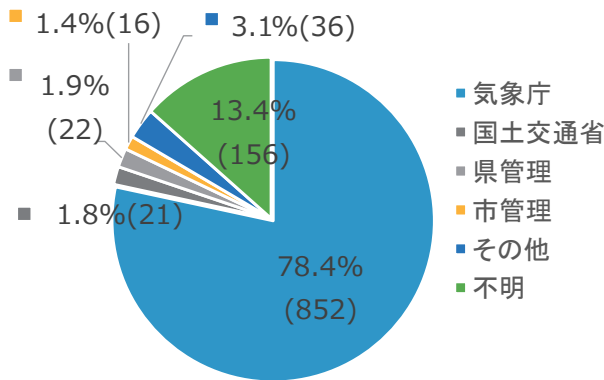


図-6 作成に用いた降雨観測地点の種別

考えられる。

3.4 計画降雨強度式の作成に用いた降雨資料に関する内容

各団体が計画降雨強度式作成に用いた降雨資料に関して、以下の項目を整理した。

①作成に用いた降雨観測地点の種別（図-6）

気象庁所管の観測地点が最も多く使用され、全体の約8割を占めていた。

②計画降雨強度式の作成時期

図-7に示す区分で整理した結果、7割以上が1971年以降に作成されており、最も多い区分は2011～2020年であった。また、約3割が近年20

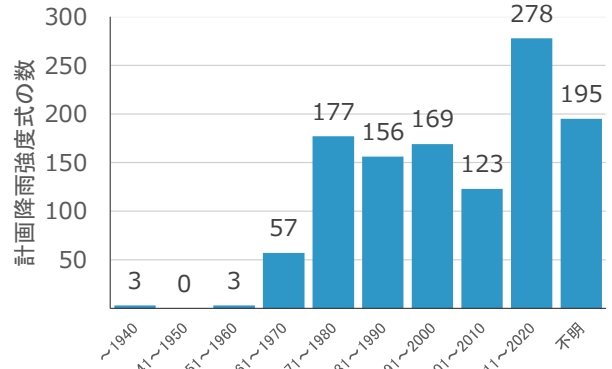


図-7 計画降雨強度式の作成時期

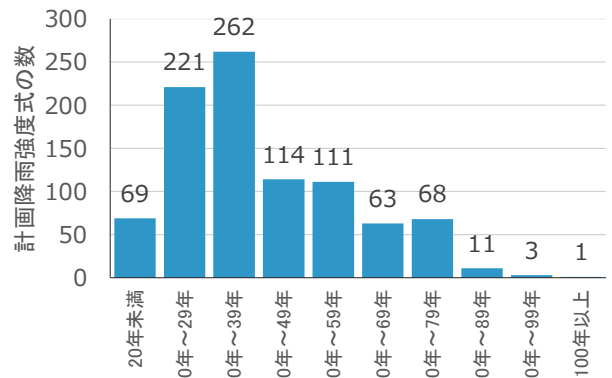


図-8 作成に用いた降雨資料の期間

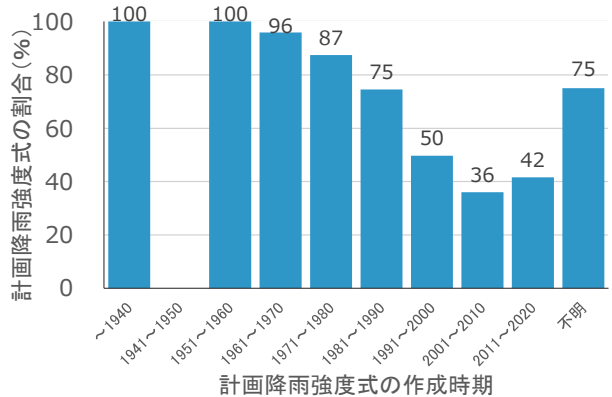


図-9 降雨資料の期間が40年未満の割合

年以内に作成されている一方、約2割が作成から40年以上経過していることがわかった。

③作成に用いた降雨資料の期間

回答が得られた1,161の計画降雨強度式のうち、作成に用いた降雨資料の期間（使用開始年と使用終了年）が確認できた923式に対して、図-8に示す区分で整理を行った。その結果、最多の区分は30～39年、次いで20～29年であり両方で5割以上を占めていた。また、9割以上が20年以上の資料期間を用いている一方、設計指針で望ましいとされている40年以上の資料期間を用いているのは約4割であることがわかった。

そこで、計画降雨強度式の作成時期と降雨資料

の期間が40年未満となる割合について図-9のとおり整理した。図-9より、計画降雨強度式の作成時期が古いほど、降雨資料期間が40年未満となる割合が高くなる傾向であることがわかった。

4. まとめ

全国における計画降雨強度式の作成状況等に関する実態調査を行い、計画降雨を設定している914団体、1,161の計画降雨強度式について回答が得られた。回答を整理した結果は3. に示したとおりであるが、計画降雨強度式の現状として、調査から把握できたことをとりまとめると以下のとおりである。

①計画降雨強度式の作成方法については、概ね設計指針で示されている方法や考え方に基づいて作成されていることがわかった。一方、作成時の資料が残っていない等の理由で不明とする回答が一定数確認された。

②採用されている確率年は、9割以上が5～10年であった。また、5～10年の確率年を採用する際の降雨資料期間として設計指針で示されている20年以上の期間については、9割以上で用いられていた。

以上より、現在の計画降雨強度式の実態として、作成方法や降雨資料の取り扱いは、概ね適切であると考えられる。

③設計指針で望ましいとしている40年以上の資料期間を用いていたのは、4割程度であった。作成時期毎に資料期間を整理すると、作成時期が古いほど資料期間が40年未満の割合が増加する傾向がみられた。

④作成時期を整理した結果、約3割が近年20年以内に作成されていた。

作成時期については、近年の降雨資料を用いた場合、それが気候変動の影響を受けていると、提言で示された倍率をそのまま乗じることは、過大、若しくは過少評価となる恐れがある。設計指針に記載されている手法は、定常とみなせる（降雨資料からランダムな変動を除いた後の成分が時間的に変化していない）期間の降雨資料を用いることを前提としている。したがって、近年の降雨資料を用いて計画降雨を設定する場合は、気候変動の影響を受けていないか等、使用する降雨資料の定常性を確認した上で、定常とみなせる期間の降雨

資料のみを用いる⁴⁾等の対応をする必要がある。

また、設計指針で望ましいとしている40年以上の期間を用いていたのは4割程度であるが、これは作成時期が古いほど、作成時点において長期間の降雨資料を得られる観測地点が少なかったためと推察される。しかし現在では、40年以上の降雨資料を持つ観測地点は増えており、降雨資料の蓄積が進んだ観測地点を使用している場合は、降雨資料の定常性を確認した上で、見直しをすることが望ましい。

今後は本調査で得られた結果を基に、全国の計画降雨強度式作成に用いている降雨資料について定常性の状況を確認するとともに、気候変動を考慮した適切な計画雨水量の設定手法について検討を進める予定である。

謝 辞

本調査を進めるにあたっては、アンケート調査や関連資料の提供等について、各下水道事業者の皆様にご多大なるご協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 気候変動を踏まえた都市浸水対策に関する検討会：気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言、2020年6月（2021年3月一部改訂）
- 2) 気象庁：気候変動監視レポート2020、2021年4月
- 3) （公社）日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 前編2019年版、2019年
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部：雨水管理総合計画策定ガイドライン（案）参考資料、2021年11月

松浦達郎



国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部下水道研究室 主任研究官
MATSUURA Tatsuro

岡安祐司



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所下水道研究部 下水道研究室長、現 土木研究所材料資源研究グループ 上席研究員、博士(工学)
Dr. OKAYASU Yuji