

大規模地下調節池の多目的利用のための 非洪水期も含めた降雨量統計解析

Statistical Analysis of Rainfall For Large Multi-Purpose Underground Reservoir

佐藤一夫*¹・小山幸也*²・清水六朗*³・谷岡 康*⁴・阿部康紀*⁴

Kazuo SATO, Yukiya KOYAMA, Rokuro SHIMIZU, Yasushi TANIOKA, Yasunori ABE

The importance of available fire-fighting water has drawn wide attention since the Hanshin earthquake in January 1995. On the other hand, as part of the flood control measures in Tokyo, many large reservoirs using underground space have been planned and implemented. Under this situation, it is necessary to consider using the reservoirs. Underground reservoir can store water during non-flood seasons, and the water thus kept can be used for eventual fire fighting. In this paper, underground reservoir's multi-objective uses are discussed, by analysing the monthly variations of the past 68 years' rainfall data in Tokyo.

Keywords : Underground Reservoir, Fire-Fighting Water, Multi-Objective Use

1. はじめに

平成7年1月、阪神・淡路において大地震が発生し、当地域は多大な被害を被った。この被害は地域によっては二次災害である火災が主要因となっており、危機管理対策としての防火用水の重要性が着目されている。一方、東京都における近年の治水対策は河川沿いの土地の高度利用による河川改修の困難さ、治水対策の緊急性から、地下空間を利用した大規模調節池（5万～20万 m^3 程度）や地下河川（暫定的に完成部分の54万 m^3 を調節池として先行供用する）等が多く計画され実施に移されてきている。この様な状況から、耐震性に優れているといわれる地下空間を利用した調節施設を非洪水期には防火用水の貯留池とする等の多目的利用を計ることが、災害に強い都市づくりを考えていく上で重要な課題となっている。

調節池等の治水施設は年間最大雨量に対して統計処理を行い求めた確率雨量から、一定の治水安全度を目標として計画される。これは季節変動の豊かな日本においては、大方洪水期といわれる期間、梅雨～台風来襲期の最大雨量が支配的となり、非洪水期には相対的に高い治水安全度をもつことになる。洪水に対する治水安全度を洪水期、非洪水期ともに同等にするとすれば、非洪水期に必要な調節池容量は小さくなると考え

*1 正会員 東京都 建設局 道路監 (〒163-01 東京都 新宿区 西新宿 2-8-1)

*2 正会員 東京都 建設局 河川部 計画課長

*3 正会員 東京都 建設局 河川部 計画課 地下河川担当係長

*4 正会員 パシフィックコンサルタンツ (株) 水工部 (〒163-07 東京都 新宿区 西新宿 2-7-1)

られる。本報では、この点に着目し非洪水期も含めた雨量を収集・整理することにより、大規模調節池や地下河川を対象として、河川水を貯留させ防火用水として利用する等の多目的利用を図ることの可能性を明らかにすることを目的とする。調節池に対してこのような多目的利用を図るには、貯留水利用による効用と貯留による治水安全度の低下の関係を考慮しなければならない。例えば治水目的の調節池において治水以外の多目的利用を図るには治水安全度に影響を及ぼさないような多目的利用の方法を検討する必要がある、また、ダムにおいて多目的利用を図るには、施設容量の治水、利水容量の配分方法には治水による浸水被害の軽減効果と利水による生活レベルの維持・向上といったトレードオフの関係を考慮する必要がある。そこで、過去68年間の月別、季節別に整理した降雨量から治水安全度を確保した上での調節池の多目的利用の可能性について検討した。

また、非洪水期を含めた中小降雨の発生頻度を検討し、調節池の維持管理計画や多目的利用のための雨水貯留の可能性、つまり、中小洪水の調節池への流入頻度や非洪水期の調節池への河川水貯留の可能性等の検討の際に基礎となる資料をここに整理している。

2. 対象データ

東京気象台における時間雨量の記録を昭和2年～平成6年（1927年～1994年）の68年間につき無降雨時も含めて全時間につき収集整理した（24時間×365日×68年≒6万データ）。降雨量の経年変化として、例えば各年の時間最大雨量を示せば図-1のようになる。68年の間でかなりバラツキが大きく変動も激しい。この変動の5年平均をとると、約10年の周期を持ち緩やかに振動しているようである。さらに、10年平均をとると1980年頃を境に緩やかな減少傾向にあるが、近年再び上昇してきている。以上のように短期的、長期的な変動傾向はあるものの、本研究では、その変動を追求する目的ではないため68年間を同列に扱い統計処を行った

3. 月別・季節別最大雨量

68年間のデータにつき各月毎、各季節毎に1、3、6、12、24時間最大雨量を整理した。図-2に季節別の1時間最大雨量を示す。季節は通常の四季といわれる3ヶ月毎の分類で区分したが、夏・秋の洪水期と春・冬の非洪水期の1時間最大降雨量が明らかに分離されている。このことから、非洪水期における洪水調節池の多目的利用の可能性が期待出来る。

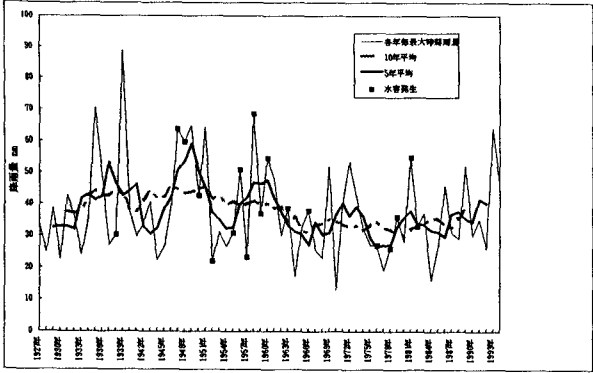


図-1 年最大雨量の経年変化

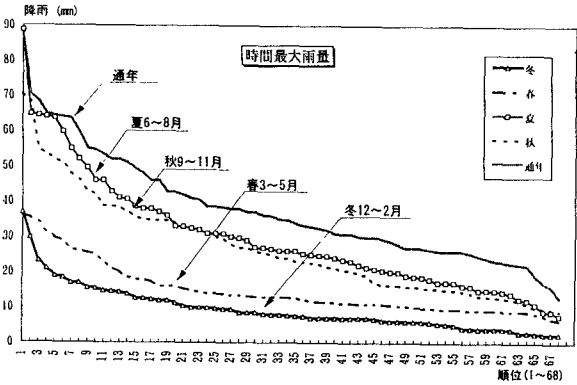


図-2 1時間最大雨量の発生順位と雨量(季節別)

4. 降雨量の統計解析

先に求めた月別、季節別の1、3、6、12、24時間最大雨量データを用いて統計処理を行い、確率別最大降雨量を求めた。統計解析手法は、東京都の中小河川の計画¹⁾に用いられているガンベル法²⁾を用いた。

この結果を用いて最小二乗法により降雨強度曲線式を作成し図化したものが図-3である。夏、秋の洪水期の降雨強度に比べて、春、冬の非洪水期のそれは同じ確率年に対して約半分以下の降雨強度となる。ここで、大胆な仮説を設けると「降雨の少ない時期には、調節池の半分を河川水で貯留しておいて多目的利用を図る」といった運用方法が考えられる。

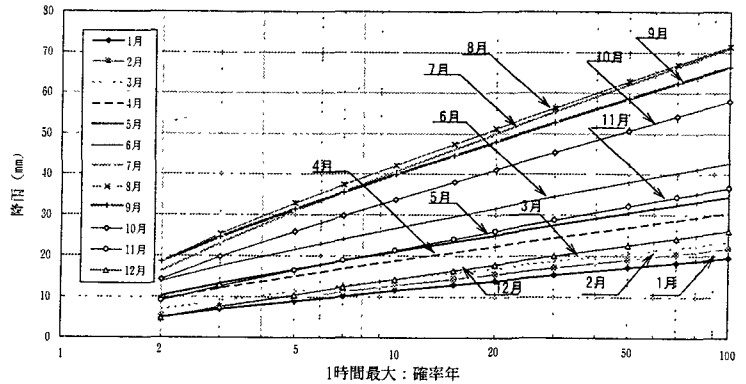


図-3 各確率年に対する降雨量

5. 調節池の多目的利用の可能性

非洪水期に調節池の多目的利用を図るにあたり、「河川水の貯留が非洪水期において浸水被害を助長しないか」、「治水安全度を確保した上で、どの程度貯留できるのか」といった問題がある。そこで、収集整理した降雨データを用いて、簡単なケーススタディーを行い、多目的利用の可能性について考察した。ケーススタディーでは1. 非洪水期における過去の最大雨量に対する治水安全度を確保するとした場合と、2. 洪水期と非洪水期の別々の降雨生起確率から同等の治水安全度を確保するとした場合の2つの観点から多目的利用の可能性について考察した。以下にケーススタディーに想定した流域と設定した条件を示す。この条件は都市域中小河川の流域規模、流出率、治水安全度のオーダーを想定している。

前提条件

- ① 流域の治水安全度として生起確率1/15規模までの治水施設(河道+調節池)を整備する。
- ② 治水対策は時間30ミリ程度の河道とそれ以上の洪水を調節する調節池により対処する。
- ③ 調節池までの流域面積を100km²、到達時間を1時間とする。
- ④ 流域の流出係数を0.8とする。
- ⑤ 洪水波形は統計処理された確率雨量による中央集中型ハイドログラフを用いた合理式による方法¹⁾により算定する。
- ⑥ 調節池への河川水の取り込み方式は、カット地点における現況流下能力約670(m³/s)以上を必要な調節容量とする。

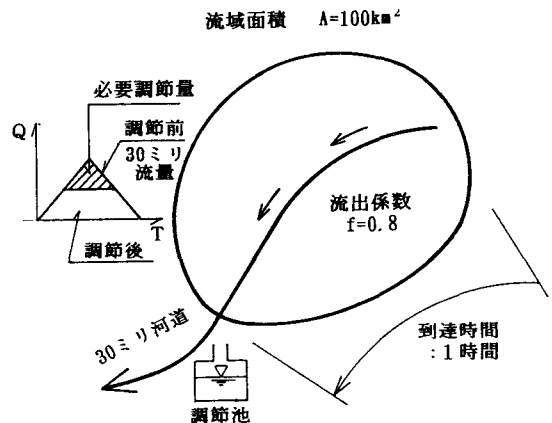


図-4 想定流域

(例1) 非洪水期の過去最大雨量を想定する場合

調節池が治水目的として整備されているならば、河川水貯留による治水安全度の低下は考えられない。ここで、図-2をみると過去68年間データから春・冬の非洪水期には37ミリ以上の雨は記録されていない。そこで、非洪水期においてはこの過去最大の降雨以上の降雨は今後も記録されないと仮定し、この降雨を対象として概算の貯水可能用量を推定した。図-5に当降雨による降雨波形とハイドログラフを示す。この降雨から調節池への流入量を算定すると約30万(m³/s)となり、当貯水池の必要調節量を(例2)に示す7月の約75万(程度の空き容量が見込めることとなり、この容量を利用して多目的利用を図る可能性は十分に考えられる。

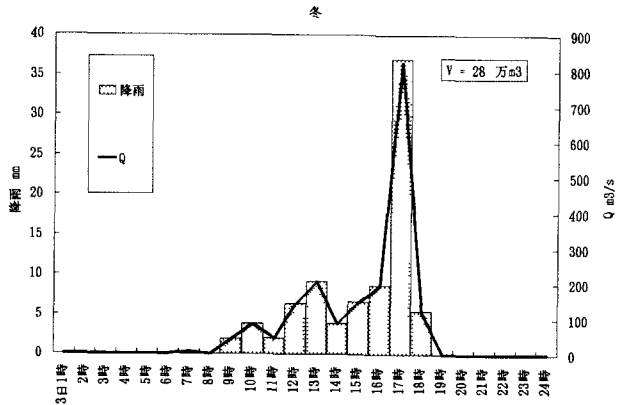


図-5 ハイエグラフとハイドログラフ(S59.12.2)

(例2) 年間における同等の降雨発生確率を目指した治水安全度を想定する場合

月別に降雨規模1/15の中央集中型降雨波形を作成し、ハイドログラフを求めた(図-6)。このハイドログラフから調節池への流入量を求めると図-7のようになる。図-7から1月から6月、11月、12月にはほとんど調節容量は必要とせず、10月に約60%の調節容量をもっておれば月別の降雨発生確率で評価した場合に、同等の治水安全度が得られることが分かる。

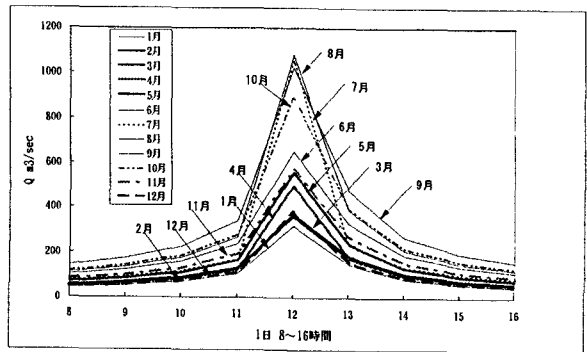


図-6 季節ごとのハイドログラフ

非常に簡単な試算ではあるが非洪水期における多目的利用の可能性は大きいと考えられる。ただし、本例では降雨規模1/15以上の超過降雨が発生すると、多目的利用を行うことにより非洪水期では浸水被害を助長する可能性がある。

そこで今後の課題としては、単に貯留量を確率降雨量の関数として対応づけるのではなく、多目的利用による経済効果や震災時の災害軽減度等多目的利用を行うことにより増大するであろう浸水被害との関係を十分に評価できる手法とその貯留量を決定する必要がある。

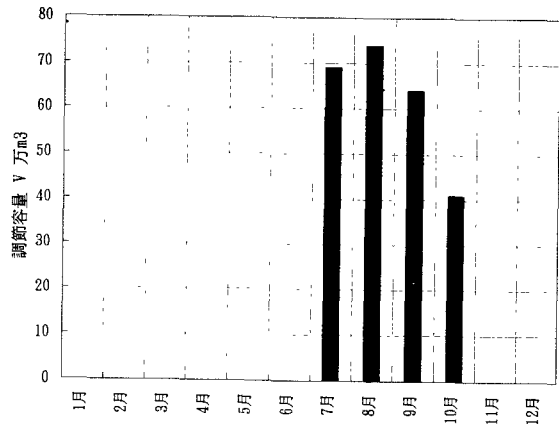


図-7 各季節ごとの必要調節量

6. 降雨の発生頻度

治水施設の維持管理や多目的利用を図るにあたり、「年に何回ぐらい洪水が調節池に流入し、排水、清掃を行う必要があるか」あるいは「非洪水期に調節池に河川水を貯留するにあたり、その貯留させるに足る洪水はどの程度発生し、それを取り込むにはどのようにするか」等といった問題が生じる。

維持管理の内容は洪水期と非洪水期で異なり、洪水期には治水効果を確保するために洪水が流入した後、次の洪水に備えて即座に排水を行い、必要があれば清掃を行う。これに対して、非洪水期には防火用水等の多目的利用に活用するに足る貯留量の維持しながら、流入、排水、清掃を行う。これらの維持管理を行う際には中小洪水の調節池への流入回数を推定する必要がある。そこで、降雨量(68年間：時間雨量)から、総雨量5mm以上降雨の月別、季節別の年間発生回数を求め、河川水の施設への流入回数を推定した。ただし、一つの降雨を「無降雨状態が24時間以上続いた場合に別の降雨として識別する」として整理した。以下に季節別に整理した1、3時間最大雨量の年平均発生頻度を図8-1から図8-2に示し、図8-3、図8-4に1時間最大5mm以上、20mm以上降雨の年平均発生回数の分布状況を示す。1時間最大雨量が20mm以上、20mm以上降雨の年平均発生回数の分布状況を示す。1時間最大雨量が20mm以上、夏、秋に1回ずつ洪水が調節池へと流入し、年あたり2回程度の清掃が必要となることが分かる。また図8-4の分布状況をみても年当たり2回程度の流入があることが確認できる。一方、春・冬においては時間最大雨量20mmを超える降雨は年間で見ると0回となっており、調節池への流入回数はほとんど無いことから洪水を貯留し多目的利用を図ることは困難であると考えられる。このことから通常の固定堰による多目的利用のための河川水貯留は極めて困難であり、河道堰やポンプ等により小洪水、常時流量、下水道の処理水等の活用等を考える必要がある。

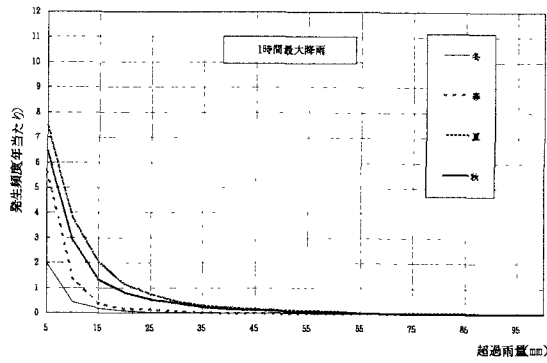


図8-1 1時間最大降雨の年平均発生回数

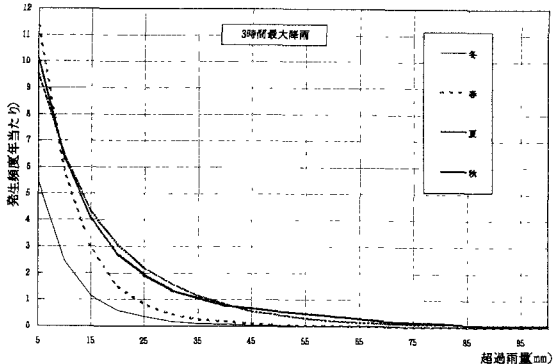


図8-2 3時間最大降雨の年平均発生回数



図8-3 1時間最大5mm以上降雨の発生頻度分布

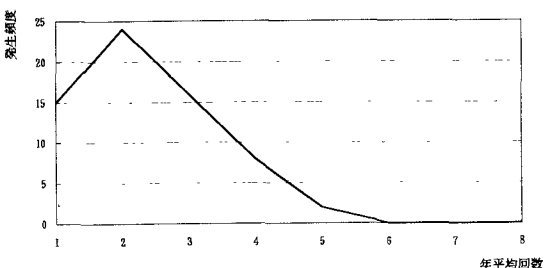


図8-4 1時間最大20mm以上降雨の発生頻度分布

7. おわりに

本検討で明らかになったことを以下にまとめる。

- ① 雨量の発生確率やその量は極めて偏差が大きい。このため、洪水安全度を年間で担保した上での非洪水期における調節池の多目的利用の可能性は大きい。
- ② 68年間の非洪水期も含めた降雨量データにより、降雨の発生頻度を明らかにし、調節池の維持管理計画や、多目的利用のための貯留の可能性を検討する際の基礎資料をここに示した。

本報では、治水安全度を確保した上で2つの視点から多目的利用の可能性について非洪水期を含めた月別や季節別の降雨の統計処理をもとに、想定した流域についてケーススタディーを行い、多目的利用の可能性は大きいとの結果を得た。今後は通常の季節区分ではない区分で洪水期と非洪水期等を設定し、非洪水期の貯留量を明らかにしていく必要がある。さらに、維持管理や多目的利用の経済性の評価と治水安全度の関係を整理していく必要があると考えている。

また、多目的利用を行なうにあたり、河川水の流入時期、流入頻度、流入量を本報で明らかになった降雨発生頻度から検討する必要がある。非洪水期の降雨頻度から、洪水のみによる貯留水の確保は困難との結果を得たが、今後は非洪水期において洪水のみによる調節池への流入量を求め、維持流量からの補給量、あるいは河川水以外からの補給量(例えば下水中間処理水など)を明らかにしていきたい。さらに、河川水の長期間(1～3ヶ月等)貯留による水質の変化等を調査し、多目的利用の目的に供するかを調べる必要がある。

最後に東京都においては過去68年間の降雨データをデータベース化しており、今後も新しい降雨データが記録されるのに併せて、引き続き降雨資料の収集・整理を行い、さらに他道府県のデータベースと合わせて、全国的な雨量の解析を進め、治水計画のみならず、施設管理計画、利水、環境計画への反映を図っていくことを希望している。

本検討を進めるにあたり、降雨資料データの収集、解析方法等につき東京都土木技術研究所河川研究室の指導、協力を得たことに対しここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 東京都 建設局：'85事業の中小河川，東京都建設局河川部計画課，昭和60年10月
- 2) 建設省：改訂河川砂防技術基準（案）調査・計画編，山海堂，昭和52年