

都市中小河川における連絡式調節池の効果

EFFECTS OF THE CONNECTING RESERVOIR FOR SMALL URBAN RIVERS

谷岡 康¹・福岡捷二²・高橋康夫³

Yasushi TANIOKA, Shoji FUKUOKA, and Yasuo TAKAHASHI

- 1 正会員 工博 パシフィックコンサルタンツ(株) 工部 (〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1)
2 フェロー 工博 Ph.D 広島大学教授 工学部第4類 建設系 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1)
3 正会員 東京都 建設局 河川部 計画課長 (〒162-0023 東京都新宿区西新宿2-8-1)

Flood control plans by reservoir in small urban basins generally assume a case of occurring uniform rainfall in the catchment. However, the spatial distributions of rainfalls are extremely different especially for thunderstorms, and it is impossible to specify the area of concentration for each precipitation. The reservoir connecting catchments makes areal deviation averaged so that more effect of flood control is expected. Such reservoir could achieve not only the same effect of flood control as a bigger single reservoir but also more effect than a single reservoir having the same capacity.

Key Words : flood-control reservoir, arrangement plan, connecting reservoir

1. はじめに

1998年, 8月初めの新潟, 8月末の栃木, 福島を中心とする集中豪雨は, 極めて大きな雨量を記録し, 河川の氾濫等により, 死者, 行方不明者合わせて二十数名, およそ三万世帯近くの浸水被害をもたらした. また, 各地の市街地においても, 中小河川の氾濫や, 内水により, 莫大な浸水被害が発生し, 日本の洪水に対する脆弱さを露呈した. なかでも都市域の中小河川では, 近年, その市街化により洪水流出が速く大きくなってきており, 毎年の様に浸水被害を被っているのが, 現状であり, 今後の効果的, 効率的な治水対策が重要な課題である.

都市中小河川の治水対策は, その沿川用地の高度利用により, 河道拡幅が極めて困難な状況であり, 地下空間を利用した調節池, 放水路が各地で計画, 建設され, これらに期待されるところが極めて大きい. 一般に中小河川や下水道の流域でのこの様な調節池も含めた治水計画における降雨は, 流域一律の到達時間内確率降雨量を対象とすることを前提としており, 面積が広がることでの雨量の低減等の降雨の地域分布特性を考慮していない. しかし, 実際の降雨, 特に雷雨性の集中豪雨などでは極

めて大きな地域的偏りがあるのが実態である. 都市中小河川では, その流出は降雨・洪水の短時間雨量と極めて線型性が強く, また雷雨に代表されるような極めて局地性が高い降雨の場合には, その狭小流域の短時間雨量に即応する様々な流出形態を示す. このような降雨の地域的偏差を考慮すれば, 個々の中小河川や下水道の流域を対象とした個別の調節池を設置するより, それらを一体とし, 調節池容量を連絡した調節池を設置することで, その容量を複数の流域で共有することが出来, 様々な降雨分布に柔軟に対応し, 全体としてより大きな治水効果を得られることは容易に推測出来る. しかし, その効果が実際にどの程度かを検討した例はみられない.

著者らは, 都市中小河川の流域における降雨や洪水流出の特性について調べてきた^{1,2)}. これらの特性をもとに, 本研究では, 都市中小河川における「流域を連絡する洪水調節池」の治水効果を実績の雨量の地域分布を用いて試算し, その効果量を示し, 空間的な降雨・洪水の偏りに柔軟に対応出来る, 効率的な洪水調節施設のあり方についてのひとつの提案を行う. また, このような都市中小河川の効率的な治水対策を実現していく上での今後検討していくべき課題を考察した.

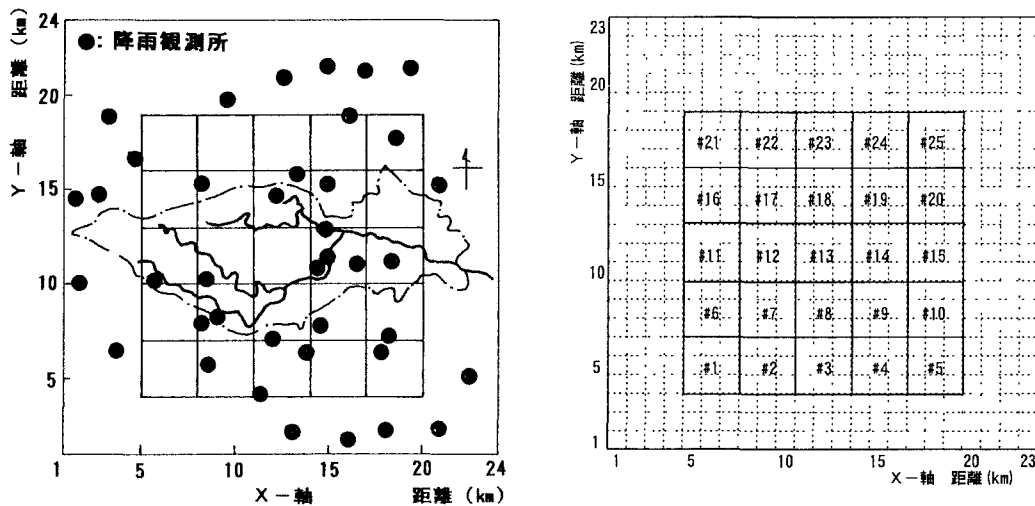


図-1 小流域ブロックの設定

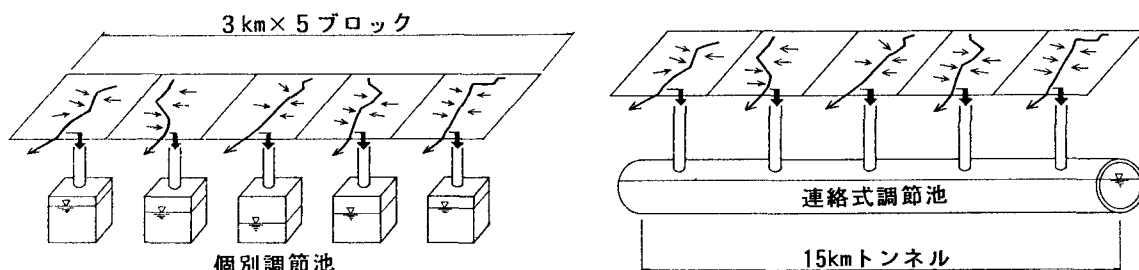


図-2 連絡式調節池の概念図

2. 検討対象

検討の対象としたのは、図-1に示す、東京都東部の代表的な都市中小河川である神田川流域を含む約300km²の範囲で、観測所がほぼ3~5 km間隔に配置されている。この範囲内で、3×3 kmの小流域ブロックを、5×5個(15km×15km=225km²)として設定した。図-2に本研究で扱う連絡式調節池の概念図を示す。通常の各流域毎の個別調節池においては、個々のブロックで所定の治水規模による調節必要容量にもとづく調節池が計画される。連絡式調節池はこれら調節池、小流域ブロックを連絡することで、降雨・洪水の地域偏差を平滑化し、融通し合うことで、より大きい治水効果を得ようとするものである。表-1に本研究で対象とした22の降雨を示す。対象範囲のほぼ中央に位置する観測所において、60分最大雨量が時間30分を超える(東京ではほぼ1、2年に1回の規模)降雨のうち、地上雨量データが細かに得られたものを対象とした。図-3には、調節池で連絡する流域の対象ブロックの3ケースについて示す。(a)東西連絡ケース、(b)南北連絡ケースでは、5つの流域ブロックを連絡する15km

表-1 対象降雨一覧表

| No | 年 | 月日 | 降雨要因 | 最大雨量(mm) | | | |
|----|------|-------|-----------|----------|-----|-----|------|
| | | | | 10分 | 30分 | 60分 | 180分 |
| 1 | 1979 | 3.24 | 低気圧 | 9 | 22 | 34 | 54 |
| 2 | | 5.8 | 低気圧 | 7 | 17 | 30 | 43 |
| 3 | | 5.14 | 前線 | 16 | 28 | 39 | 63 |
| 4 | | 9.10 | 台風(13号)前線 | 11 | 28 | 31 | 35 |
| 5 | | 7.22 | 雷雨 | 22 | 52 | 70 | 77 |
| 6 | | 10.22 | 台風(24号) | 7 | 20 | 38 | 92 |
| 7 | | 9.12 | 台風(18号) | 13 | 32 | 54 | 109 |
| 8 | 1985 | 6.20 | 前線 | 8 | 21 | 33 | 54 |
| 9 | | 7.14 | 雷雨 | 13 | 27 | 34 | 34 |
| 10 | 1986 | 7.23 | 前線, 雷雨 | 12 | 25 | 33 | 38 |
| 11 | 1987 | 7.24 | 雷雨 | 21 | 50 | 75 | 83 |
| 12 | | 9.24 | 前線 | 11 | 23 | 42 | 56 |
| 13 | 1989 | 8.1 | 台風(12号) | 13 | 37 | 64 | 127 |
| 14 | | 8.10 | 雷雨 | 10 | 24 | 46 | 52 |
| 15 | 1990 | 4.1 | 低気圧 | 27 | 32 | 32 | 32 |
| 16 | | 8.8 | 雷雨 | 11 | 18 | 31 | 38 |
| 17 | | 9.13 | 前線 | 15 | 29 | 32 | 35 |
| 18 | | 8.1 | 雷雨 | 21 | 40 | 43 | 43 |
| 19 | | 8.18 | 台風(12号) | 10 | 22 | 31 | 51 |
| 20 | | 9.15 | 温帯低気圧 | 9 | 22 | 39 | 64 |
| 21 | | 1993 | 8.1 | 雷雨 | 12 | 30 | 38 |
| 22 | 8.26 | | 台風(11号) | 11 | 23 | 43 | 111 |

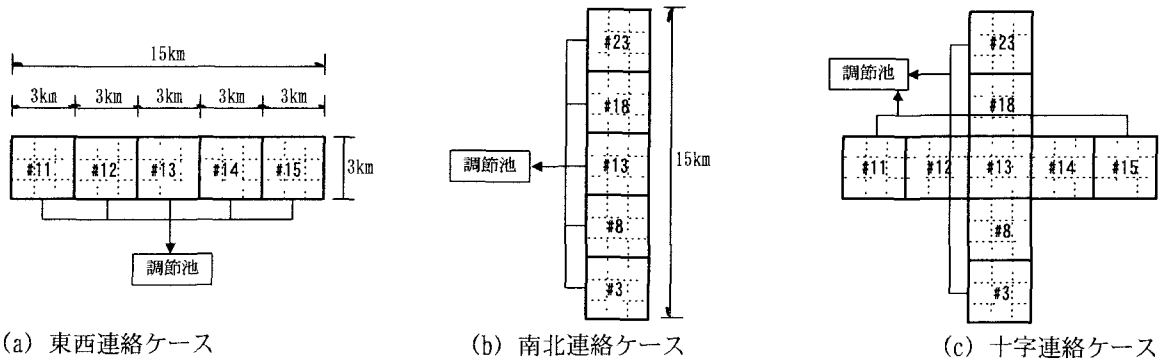


図-3 調節対象範囲のケース

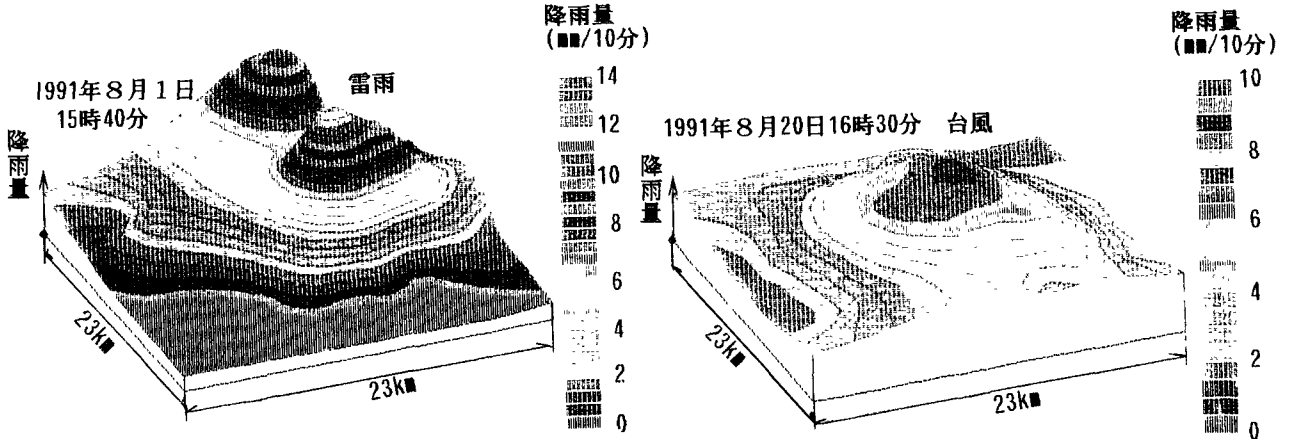


図-4 降雨量の分布 (30分平均雨量)

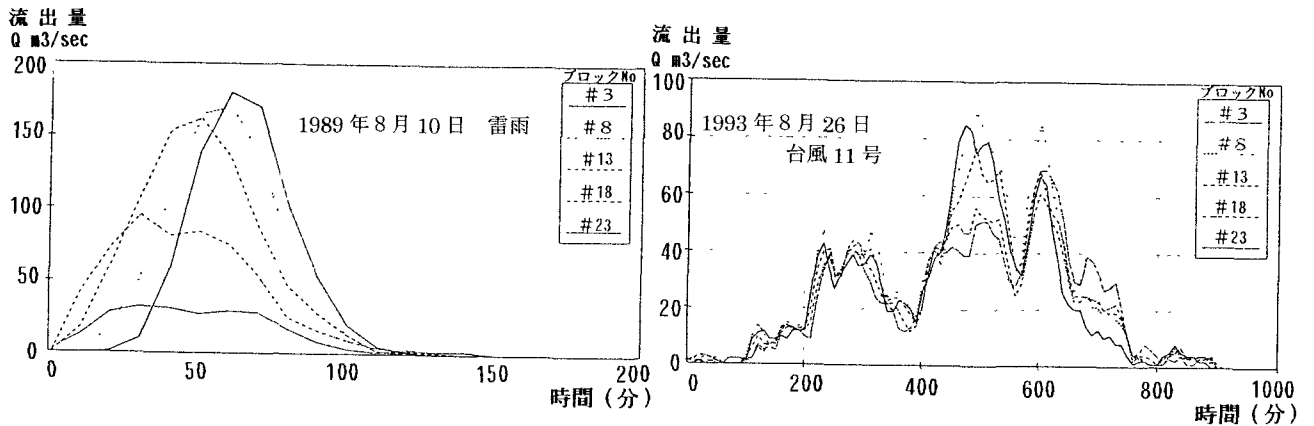


図-5 流出計算結果

3. 流出量の地域偏差

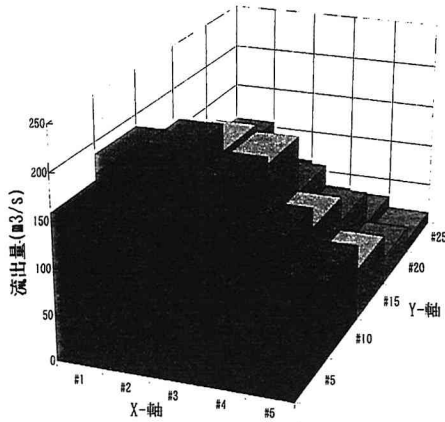
のトンネル型の調節池、(c) 十字連絡ケースでは、それを十字に組み合わせた場合のケースを設定している。図-4に対象とした23km四方の範囲での台風、雷雨での降雨分布の1例を示す。短時間雨量 (mm/10分) の地域偏差は、雷雨のみならず台風でも大きい。特に雷雨の実績分布をみると、雨量のピーク位置から5km程度離れると、全く降雨のない場合もあり、地域偏差が極めて大きいことがわかる。

実績の降雨量をもとに、10分毎の移動平均降雨量 (小流域の洪水到達時間30分と想定して、30分移動平均雨量を対象とした) を用いて、合理式による流出計算²⁾を行った。

調節池の対象とする個々の1ブロックの流域は、3km四方(9km²)の正方形のブロック、各流域ブロック毎に実績の降雨分布 (10分毎の地上雨量をもとに格子点に内挿) を与えて、流出計算を行った。流出係数は、一般的な市街地として $f=0.8$ と仮定した。

図-5に流出計算結果の一例を示す。15kmの範囲内

1989年8月10日 雷雨



1993年8月26日 台風11号

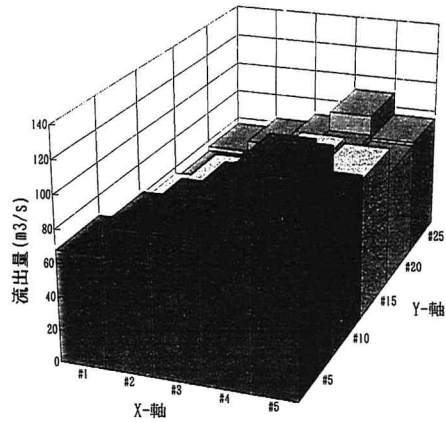
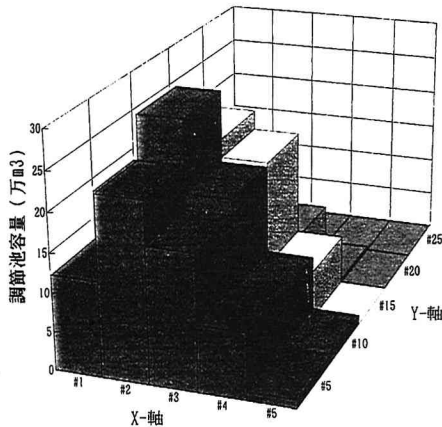


図-6 各ブロックの流出量分布

1989年8月10日 雷雨



1993年8月26日 台風11号

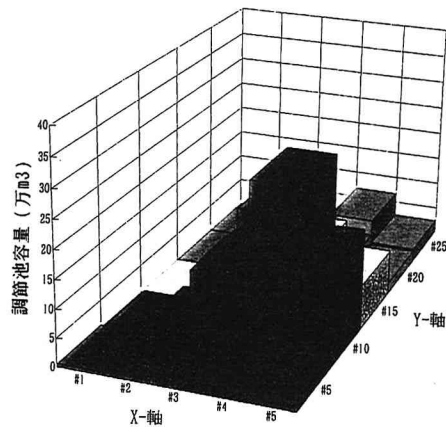


図-7 各ブロックの必要調節容量

でもこの個々のブロックの流出量は、最大を示すブロックの50%以下となるケースもみられる。図-6にそのピーク流量の空間分布を示す。15km四方の範囲では、そのピーク流量はほぼ連続的に変化するものの、対象範囲の両端では、極めて大きい偏差が見られる。ここで各ブロックの流出計算結果から、仮定した各ブロック下流河道の能力を上回る量を各ブロック毎の必要調節池容量とした。河道の能力は、時間30ミリに対処出来るまで整備された段階として想定した。この流量は式(1)に示すように合理式を用いて各ブロック9km²毎で60m³/sとして一律与えるものとした。

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot R \cdot A = \frac{1}{3.6} \cdot 0.8 \cdot 30 \cdot 9 = 60 \text{ m}^3 / \text{s} \quad \dots(1)$$

ここに、
 f : 流出係数
 R : 降雨強度(mm/hr)
 A : 流域面積(km²)

各ブロックの流出量のうち、下流河道能力である60m³/sを超える流出容量(必要調節池容量)の分布を図-7に示す。15km四方の範囲でも必要な調節池容量は、各ブロックで大きく偏っており、調節池容量を必要としないブロックと、大きく調節を必要とするブロックが混在することがわかる。この15km四方内でも流域間で必要な調節量を融通し合うことが出来れば、有効な調節池配置が考えられる。ここで、流域ブロックを連絡する調節池を設置するケースとして、前述(図-3)した3ケースを対象として、どの程度の効果が得られるかのケーススタディーを行った。

連絡式調節池では、対象とした全てのブロックでの必要な調節容量の合計をブロック数で除した値をその洪水を調節するための1ブロック当たりの調節池容量とし、個別に調節池を配置する場合には、ブロック内で最大の調節量を必要とするブロックの調節池容量をもとに比較を行った。

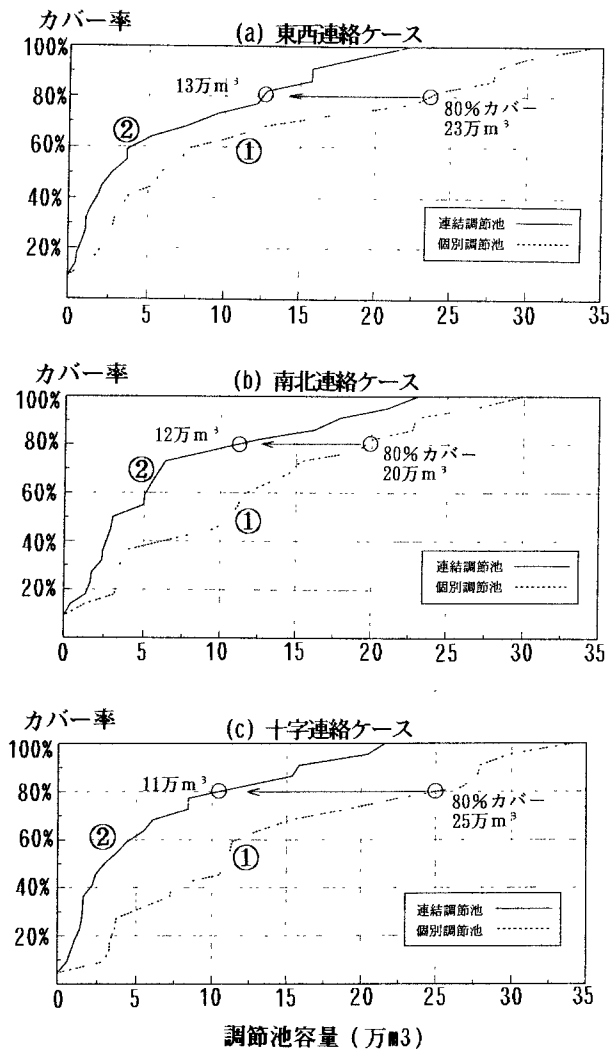


図-8 貯留池容量とカバー率

4. 流域を連結する洪水調節池の効果

1ブロック(9km²)当たりの必要調節池容量を、①各々のブロック毎に調節池を設置した場合(対象範囲内での必要調節池容量の最大値)と②流域ブロックを連結した調節池とした場合(対象範囲内での必要調節池容量の平均)で算定し、そのカバー率での比較を行う。図-8に各洪水に対して必要となる1ブロック当たりの調節池容量と、その容量でカバー出来る降雨数の比率(22洪水のうちのカバー率)との関係をグラフに示した。

(a) 東西連絡ケース、及び (b) 南北連絡ケースにおいて、図-8中に示す80%のカバー率を得る為の必要調節池容量は、これら調節池を連結することにより、個別の調節池を配置する場合の約60%程度の容量で済むことがわかる。同様に (c) 十字連絡ケースにおいては、約40%の容量で足りる。ここで、80%のカバー率は、表-1に示す対象22降雨のうち60分最大雨量50ミリ未満の降雨数18降雨と一致しており、およそ時間50ミリ(東京では約3年に1回の頻度)以下の降雨規模に対処できる治水

安全度といえる。また、同じ調節池容量の場合には(a)、(b)の一方向連絡の調節池で10~20%、同様に (c)の十字連絡ケースで、20~30%のカバー率の向上が見込めることがわかる。

このように広域的に流域を連絡する調節池によって、同じ治水安全度を達成するには、洪水調節池容量の合計は大幅に小さく出来、また同じ調節池容量であればその治水安全度をより高く出来る。

南北連絡ケースを例にとり、具体的な施設規模を想定すると、1ブロック(9km²)当たり、13万m³(例えば内径7.5m×3000mのトンネル等)を、5ブロック15kmを連絡する65万m³の調節池を設置すれば、およそ時間30ミリを超える洪水に対し80%のカバー率を得ることが出来るのに比べて、流域ブロック個々に設置する調節池では、1ブロック当たり23万m³(例えば100m×100m×深さ23m)の調節池を5ヶ所計115万m³の容量が必要となることとなる。このような個別の調節池に対する適地選定は、高度に利用された都市中小河川沿川では極めて困難である。一方、大深度地下空間を利用するトンネル型の調節池は、用地上、施工上の制約が少なく、現実的にも建設できない規模ではないと判断できる。例えば、東京地下河川³⁾は、内径10~12.5mのトンネルを約30kmにわたり4水系10河川からの洪水調節を計画しており、現在一部(約2km)完成、調節池として供用が開始されている。また、いくつかの都市でトンネル型放水路や、調節池が計画、建設されてきており、これらは、流域間の洪水の地域偏差を調節出来る極めて有効な治水施設として機能することが期待される。

5. 結論

都市中小河川スケールの実績降雨を用いたケーススタディーによって、小流域毎に個別に配置する洪水調節池と比較して、それらを連絡する調節池とした場合の方が、全体として約40%~60%の施設容量で同等の治水効果が得られる可能性があることを示した。

降雨の実態として地域的な偏差があることを考慮すれば、流域を線的、面的に連絡するような調節池配置を計画していくことが治水上効果的と考えられる。

6. 今後の課題

都市中小河川における調節池の効率的、効果的な配置や運用を具体的に実現していく上で、今後検討する必要のあるいくつかの課題について考察する。

(1) 降雨特性の把握

降雨の分布特性によっては、洪水調節池の効率的配置により、小規模な施設でも大きな治水効果が見込める可

能性があることがわかった。都市中小河川の治水対策を考えていく場合には、対象とする流域の、短時間、狭域雨量の分布特性を詳細に把握していき、全体として効果的な治水対策を講じてゆく必要がある。実績降雨の分布⁹⁾、変動をさらに統計的な検討を行った上での中小河川流域規模での降雨の DAD 的な解析と、降雨の動的な特性、及びそれに対応する流出特性を検討していくことで、地域に合った最適と考えられる調節池配置を検討していくことが重要である。

(2) 流出実態の把握

これからの都市中小河川では、その降雨の特性に対応した、あるいは流域の状況に見合う流出実態を、近年集積された水位、流量等の実績データを収集、解析することで明らかにし、それに見合う効果的な治水対策を立案していく必要がある。さらに、個々の都市中小河川流域での降雨量とともに下水道施設等の流出量のデータを密に観測、蓄積出来る観測システムを整備し、流出実態をより詳細に解明していくことが、最適な調節池配置を講ずる上での基本となると考えられる。

(3) 調節池の管理・運用

本研究では、都市中小河川流域を対象とし、降雨の空間分布を平滑化する調節池の効果を示した。一方で、著者らは都市中小河川の流出が、降雨要因等により時間的な変化も様々であり、これを平滑化し効率的に調節池を最大限に活用するべく、オンラインでの洪水調節量制御の効果¹⁰⁾についても検討している。これらの、都市中小河川における降雨や洪水の時空間特性の実態に対する、調節池の配置や管理・運用方法は、これまで整備されてきた調節池の最大限な有効活用を促すばかりでなく、今後整備していく調節池建設費用のコスト削減につながる

課題であり、より洪水に強い地域・都市づくりの一端を担うもので、重要な課題である。

(4) 都市中小河川と下水道流域の整合のとれた治水対策

都市中小河川の流出は、その流域である下水道の雨水排水施設や形態に大きく左右される。下水道と河川の一体となった、整合のとれた効率的な調節池等の治水対策を総合的に検討していくことが必要である。

今後の都市中小河川の治水対策においては、今までの治水計画に加えて、降雨、洪水の実態をより詳細に理解していき、その実態に対して効果的、効率的に対処できる計画、管理、運用の方法を構築していく必要があると考える。

参考文献

- 1) 谷岡康, 福岡捷二, 伊藤繁之, 小山幸也, 傅雲飛: 都市中小河川流域規模を対象とした短時間雨量の特性, 土木学会論文集 NO. 579/II-41, pp. 29-45, 1997. 11
- 2) 谷岡康, 福岡捷二, 谷口将俊, 小山幸也: 都市中小河川の洪水流出特性, 土木学会論文集 NO. 586/II-42, pp. 1-12, 1998. 2
- 3) 東京都地下河川構想検討会事務局: 地下河川 (UNDER GROUND RIVER) 東京都パンフレット, 平成3年8月発行
- 4) 金子義明, 土屋十圀, 大竹義男, 谷岡康, 渡辺毅: 東京都中小河川流域集中豪雨の発生頻度と分布, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第2部, pp. 374-375, 1997. 9
- 5) 矢島啓, 伊藤重文, 谷岡康, 正井敏嗣: 可動堰を導入した洪水調節施設の治水効果について, 土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第2部, pp. 542-543, 1992. 9

(1998. 9. 30 受付)