

地下に設置された治水対策施設に関する調査研究 A STUDY ON FLOOD CONTROL MEASURES LOCATED IN UNDERGROUND SPACES

馬場 康之¹・戸田 圭一²・実広 拓史³・井田 隆久⁴
Yasuyuki BABA・Keiichi TODA・Takushi JITSUHIRO・Takahisa IDA

Urbanized cities in Japan have suffered from water inundation due to localized heavy rainfall. Urban inundation causes severe damage to the infrastructures and huge amount of economic loss. The mitigation of flood damage in urban areas is one of the most urgent issues to be solved. Flood control projects have had operations with viewpoint of storm water runoff control to prevent or reduce the damage by the inundation. The diversion channel and retarding basin are effective countermeasures for flood and storm water runoff control. However, there is not enough ground space to provide the countermeasures like retarding basin in most of urbanized cities in Japan. In those areas, diversion channels and rainwater storage facilities are constructed in underground space in several cases. This paper presents an overview of the usage of underground space for the countermeasures to moderate inundation damage.

Key Words : urban flood, flood control facilities in underground, storm water runoff control

1. はじめに

近年、都市部を中心に局地的に時間雨量50mmを超えるような非常に激しい雨が降る事例が散見されるようになり、その頻度は年を追うごとに増加する傾向を見せている。このような短時間における激しい集中豪雨により、都市域では溢水氾濫や内水氾濫が発生し、都市機能への影響、ひいては人的被害を伴う災害がひき起こされる場合がある。このような都市水害に対するハード的な被害軽減策として、河川整備に加えて、雨水の一時貯留および放水路を通じての排水などの対策が講じられつつある(図-1)。このような対策は、河道改修などと同じ治水対策の一環として行われ、流域によっては遊水地などの貯留施設が設置される。しかしながら、高度に発達した都市域において、一定以上の土地面積を必要とする遊水地等の貯留施設を設置することは容易ではない。逼迫する都市域での水害への脅威への対抗策として、地下空間を有効活用した雨水貯留施設、放水施設の設置事例が確認できる。治水面で地下空間の有効活用を進展させるためには、先ず地下治水施設の事例について系統的、総合的な調査を実施し、その現状や課題を正しく分析する必要がある。土木学会地下空間研究委員会防災小委員会では、このテーマに小委員会全体で取り組んでいるところであり、ここでは、これまでに進めた事例調査結果についてその調査結果を報告する。

2. 地下空間に設置された治水対策施設

都市水害の防止・軽減策として、河川整備に加えて、雨水の一時貯留および放水路を通じての排水などの対策が講じられており、高度に都市化された地域では、地下空間を有効活用した雨水貯留施設、放水施設の設置事例が確認される。

キーワード：都市水害、地下の治水対策施設、雨水流出抑制

¹ 正会員 京都大学助教 防災研究所流域災害研究センター

² 正会員 京都大学教授 防災研究所流域災害研究センター

³ 正会員 東京電力(株)

⁴ 正会員 (株) 銭高組

水害対策を目的として地下に設置される施設としては、地下河川（放水路）、地下調節地、下水道幹線（拡張、新設）などがある。これらの施設は、雨水や河川内を流下する洪水の一部を取り込み流下・放流する、または取り込んだ水を一時貯留することにより、水害発生の抑制もしくは水害時の被害を軽減しようとするものである。

また、同じく雨水の流出抑制を目的として、雨水を浸透させるための設備の設置事例も確認される。この事例は、各家庭に設置するタイプの浸透ますや、透水性舗装、浸透機能をもった側溝やトレンチなどが挙げられる。これらの設備自体の規模は地下河川や調節地等と比較して小規模ではあるものの、設置数を増やすことで一定以上の雨水流出抑制効果が期待される。このような雨水貯留施設等については、工事費用の一部補助制度が設けられている自治体もある。

以上のように、地下空間を利用した治水施設にも様々なタイプ、規模のものがある。タイプとしては、大きく以下のように分けられる。

- ①流下タイプ：河川や幹線下水道のバイパスの機能を有するもので大規模な地下河川、地下放水路も含む
- ②流出抑制タイプ：
 - ②-1：調節池や貯留管などに、雨水を一時貯留するもの
 - ②-2：雨水を貯留・浸透させて、雨水の河川や下水道への流出を抑制するもの（比較的小規模）

以下の報告では、上記①、②-1に該当する事例について、これまでの調査結果を報告する。

(1) 流下タイプ

このタイプの施設は、雨水や河川内を流下する洪水の一部を取り込み流下・放流するもので、地下河川、地下放水路と呼ばれることがある。このような施設は総じて規模が大きいため、設置のために時間を要する場合が多い。しかしながら、整備が進むと当該地域における雨水（洪水も含む）の排水能力を大きく改善することとなり、内水氾濫の被害に悩まされる地域への治水効果は大きいと考えられる。

地下河川（放水路）として整備が進む事例について、本調査研究において確認できたものとしては以下の事例が挙げられる。

- ・首都圏外郭放水路
- ・なにわ大放水路
- ・環状七号地下河川（東京都）
- ・大阪北部・南部地下河川
- ・淀の大放水路（大阪市）
- ・土佐堀～津守下水道幹線（大阪市）

上記事例のうち、地下河川（放水路）として供用されているのは最初の2件（首都圏外郭放水路、なにわ大放水路）であり、他の4件については現在建設継続中であり、いずれも一部完成区間を調節地として利用している。

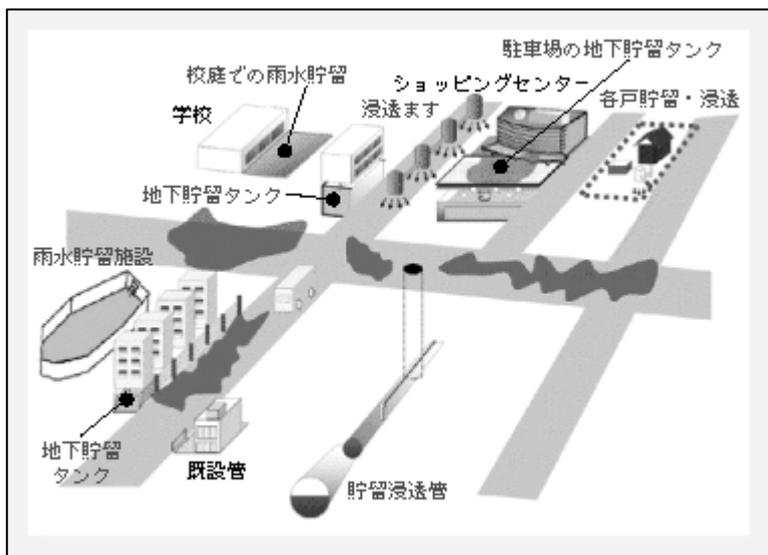


図-1 雨水貯留浸透による雨水対策のイメージ
(平成20年度国土交通白書¹⁾)



写真-1 首都圏外郭放水路・調圧水槽
(江戸川河川事務所 HP)

調整池として利用されている内容については、次節で報告する。

首都圏外郭放水路は、埼玉県の東部に建設された世界最大級の地下河川であり、大規模なトンネルによって河川から洪水を分流させ、他の河川や海へ放流するものである。この放水路は国道16号の地下約50mに建設された延長6.3kmの地下放水路で、中川、倉松川、大落古利根川等の各河川から洪水を取り込み、最終的に江戸川に最大200m³/sが排水される。河川から洪水を取り込む越流堤の高さは、周辺の最低地盤高と同程度となっており、中小洪水でも十分機能するよう配慮がなされている。

なにわ大放水路は、大阪市東南部の抜本的な浸水対策として昭和60年に建設が開始された大規模下水道幹線で、平成12年4月から本格的に稼動している。放水路は大阪市平野区を起点として住之江抽水所に至る幹線（8.5km）と、幹線に接続する準幹線（3.7km）からなり、総延長は12.2kmに達する。大阪市内の地下鉄等の下に位置するため、最深部は地下30mにも達する。放水路に集められた雨水は、最大73m³/sの排水能力を有する住之江抽水所（ポンプ場）から住吉川に排水される。

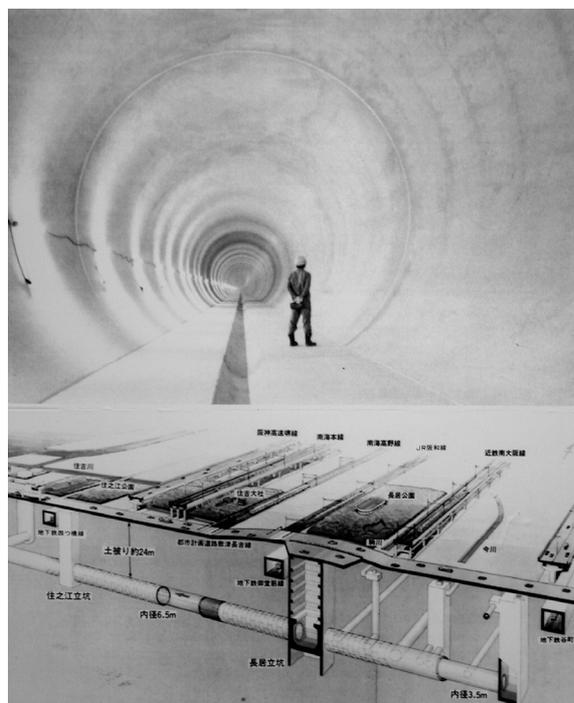


写真-2 なにわ大放水路（大阪市HP）

(2) 調節池タイプ

先に示した地下河川（放水路）の完成区間を暫定的に調整池として使う事例や、道路、空港、公園・駐車場等の公共施設の地下に雨水を一時貯留する施設の事例は、かなり多く見ることができる。上記4つの地下河川（放水路）の暫定使用に加えて、次のような事例が挙げられる。

地下河川の暫定運用

- ・環状七号地下河川（貯留量：全体540,000m³）
- ・大阪北部・南部地下河川（貯留量：北部 90,000m³，南部 550,000m³）
- ・淀の大放水路（貯留量：50,000m³）
- ・土佐堀～津守下水道幹線（貯留量：90,000m³）平成9年から暫定使用

その他

- ・古川地下調節池（東京都 貯留量：135,000m³）
- ・今井川地下調節池（横浜市 貯留量：178,000m³）
- ・大阪国際空港内雨水貯留施設（貯留量：45,000m³）
- ・寺畑前川洪水調節池（兵庫県川西市 貯留量：19,400m³）

第一期トンネル



第二期トンネル



写真-3 環状七号地下河川（関東地方整備局HP）

このうち、暫定運用が開始されている地下調整池に関しては、これまで水害時に雨水貯留の実績があり、浸水被害抑制の効果が報告されている。

東京の環状七号線の地下に建設が進んでいる環状七号地下河川（写真-3）では、完成部分の延長4.5km、内径12.5mのトンネルに洪水を一時貯留する暫定運用が行われており、神田川と善福寺川から合わせて約54万 m^3 の水を貯留することができる。平成16年（2004年）10月の台風22号と平成5年（1993年）8月の台風11号による浸水被害の比較（国土交通省HP²⁾）によると、ほぼ同程度の降雨状況に対して、平成5年時は杉並区・中野区を中心に85haが浸水し、約1000戸が床上浸水、約2000戸が床下浸水する被害が発生している。これに対して、平成16年時には神田川の洪水を地下河川の完成部分に一時貯留することで、浸水面積は1ha未満、浸水戸数も床上、床下とも数十戸程度まで減少したことが示されており、被害額も約100分の1にまで抑制されている。



写真-4 大阪北部・南部地下河川(上:地下河川完成部分,下:貯留状況) 大阪府HP



写真-5 淀の大放水路(一部完成部分) 大阪市HP

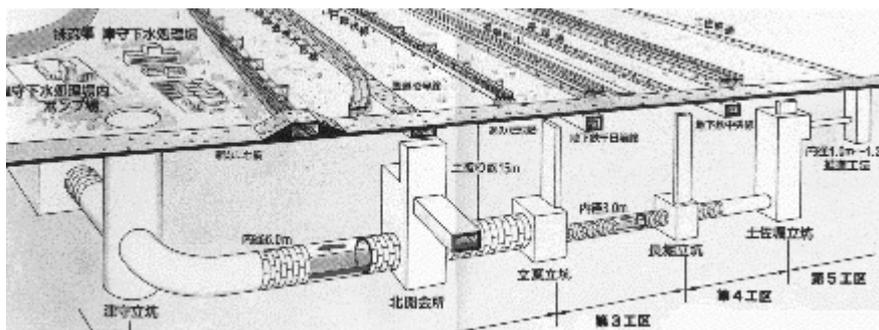


図-2 土佐堀～津守下水道幹線(一部貯留可能) 大阪市HP

大阪の寝屋川北部と寝屋川南部に建設されている地下河川（写真-4）も、いずれも完成部分が調節池として暫定運用されている。淀川と大和川にはさまれた寝屋川流域は、地盤が低く、流域の4分の3が内水域であるため、浸水による被害を被ってきている。寝屋川流域では、治水施設と流域対策を組み合わせた総合治水対策を行っており、上記2つの地下河川の完成部分は貯留施設としての役割を担っている。北部・南部それぞれの地下河川での貯留実績は、北部地下河川古川調節池では90,000m³（H16.10）、南部地下河川平野川調節池では240,000m³（H11.8）であり、平野川調節池が暫定的に貯留を始めた昭和61年を境として、平野川流域の浸水被害が減少していることが確認されている（寝屋川流域水害対策計画）。

横浜市を流れる今井川に設置された地下調節池（178,000m³）、猪名川の二次支川である寺畑前川調節池（19,400m³）などは、河川に設置された横越流堰から洪水の一部を取り込み、水害抑制を図るものである。今井川地下調節池は、国道1号線権太坂の地下に設置された調節池で、平成13年度より暫定供用を実施し、平成15年度までの3年間で17回の貯留実績がある。この間、下流域では浸水被害が発生していないことが報告されている（国土交通省関東地方整備局HP³⁾）。

この他、雨水を一時的に貯留する目的で設置される地下の貯水池の多くは、公共施設の地下に設置される事例が多く確認できる。その一例として、大阪国際空港内雨水貯留施設（約45,000m³）が挙げられる。この雨水貯留施設は平成6年～11年頃の集中豪雨により発生した浸水被害の軽減を契機として、平成16年度に着工され、平成20年7月より供用が開始された。この貯留施設は流域下水道と空港施設との兼用工作物として設置されたものであり、この地域の雨水を猪名川に排水する場周水路の流下能力を超える雨水を一時的に貯留することにより、空港および周辺地域の浸水被害を抑制するものである。

また、雨水利用を目的として貯留施設を設置する事例として、国技館を蔵前から両国に移転した際に、雨水貯留施設（1,000m³）を設置したのはよく知られたところであり、その他にも福岡ドーム（約2,900m³）、大阪ドーム（1,700m³）などの事例がある。これらは、当初目的は雨水利用ではあるが、雨水の流出抑制に一定の寄与を持つことが想定される。最近の事例では、新広島市民球場の建設に伴う雨水貯留池の新設がある。球場の地下に設置された雨水貯留池の容量は15,000m³であり、そのうち14,000m³は浸水対策用に使用され、10年確率の降雨（53mm/hr）に対応できるとしている⁴⁾。

このように、都市部を中心に、地下空間に治水対策を目的として雨水を一時貯留するための施設の設置事例は数多く確認される。このような地下に設置される治水対策施設の貯水容量は、上記の通り数十万m³から1,000m³程度のばらつきが見られるが、施設の形態により貯水容量は次のように大別されるようである。

- ・地下河川の一部を暫定使用するもの： 10万m³のオーダー
- ・公共施設等の地下を使用した調節池： 1万～10万m³のオーダー
- ・その他、比較的小規模な貯留施設： 1千～1万m³のオーダー

3. 雨水貯留施設の設置事例（大阪府寝屋川流域、名古屋市）

ここでは、総合治水対策の一環として、公園や広場の地下に流域調節池を設置している寝屋川流域の事例、ならびに平成12年の東海豪雨に続き、平成16年、平成20年の豪雨の被害を受けた名古屋市が展開している整備事業について、貯留施設の設置状況等について示す。

(1) 寝屋川市・流域調節池の整備状況

前述の通り、寝屋川流域は水害常襲地域であり、従来の河道整備に加えて、貯留施設・放流施設の整備および流域対策を含めた総合治水対策を実施している。その中で、公園や駐車場の地下に、雨水を一時貯留するための流域調節池の整備を進めている。平成2年の香里西調節地の整備に始まり、これまでに17箇所の流域調節池が整備されている（寝屋川総合治水対策HP）。地下施設ではない1箇所を除いた16施設を比較すると、貯留量の平均は約20,000m³、最大は36,700m³（八戸ノ里公園）、最小は8,000m³（香里西）であり、16施設を合わせた総貯留量は315,800m³に達する。

図-3は、大阪府寝屋川水系改修工営所HPに示されている流域調節池一覧⁵⁾ から、設置済みの16施設（地

上施設は除く) について、設置年順に調節池の容量と累積容量の経年変化を示したものである。2ヶ所設置された年は、調節池毎に色を変えて示している。90年代以降、継続的に1～2件程度の流域貯水池(数万m³規模)の設置が進められている様子が確認できる。あわせて、累積容量も経年的に増加しており、整備の進展が認められる。

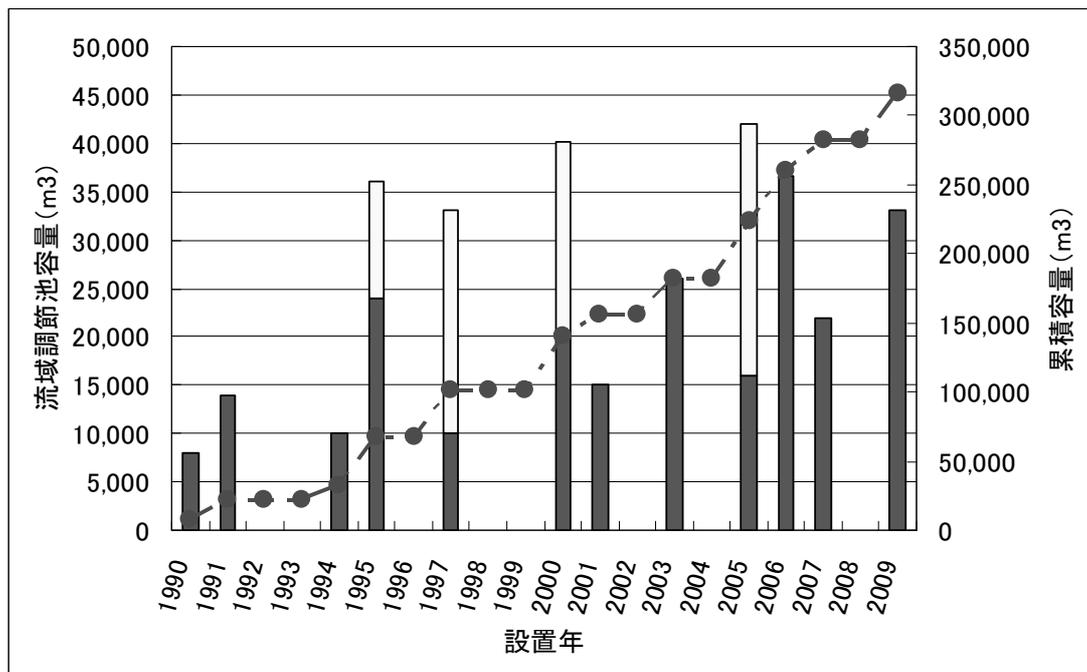


図-3 流域調節池の整備状況(大阪府・寝屋川流域)

また、図-4は上述施設一覧に示されている流域調節池の貯留量と面積から、調節地の貯留水深を推算したものである。図より、調節池の容量が増大すると貯留水深も増大する様子が見て取れる。推算された貯留水深の平均値は6.05m(中央値 5.86m)、標準偏差0.51mであり、全体としては6m程度の貯留水深を持つ流域調節池の多いことがわかる。ただし、設置された個数で見ると、4～5m程度と8m程度の設置事例が多い結果となっている。

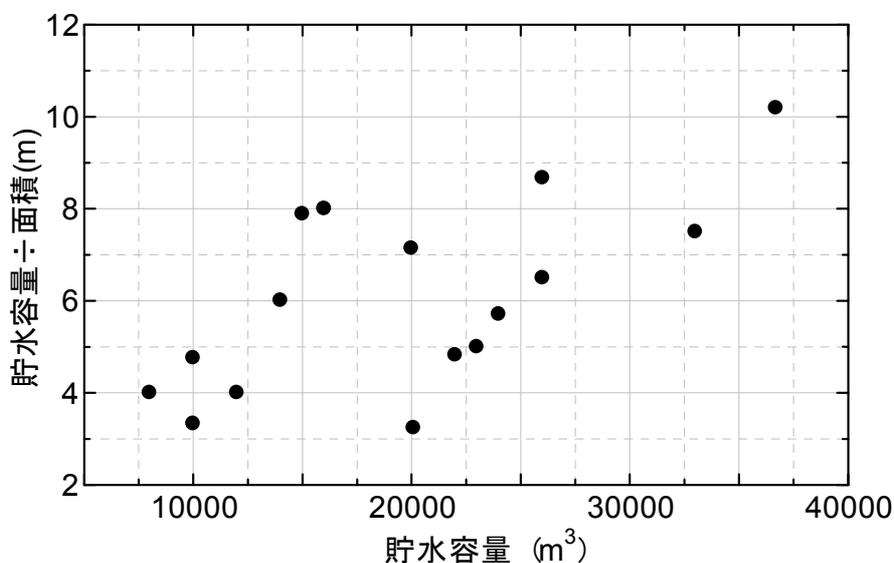


図-4 流域調節池の貯留水深(推算値)

(2) 名古屋市・雨水貯留施設の整備状況

名古屋市は、伊勢湾台風による浸水被害を始めとして、浸水被害にたびたび悩まされている地域の一つである。最近では平成12年（2000年）9月の東海豪雨による浸水、さらには平成16年、平成20年の豪雨による被害を経験している。

名古屋の中心地域の浸水対策として、昭和61年（1986年）には若宮大通調節池が建設されている。この調節池は最大貯留量10万 m^3 の調節池であり、新堀川の水位を下げる効果がある。

その後、名古屋市では、平成12年の東海豪雨を契機に同程度の降雨が発生した場合の浸水被害の抑制を目的として、緊急雨水整備事業を進めている。この計画は当初概ね5年の計画であったが、その後平成16年の豪雨被害を受けて、当初の整備事業を前期、平成18年からの整備事業を後期として、主に貯留管、貯留施設の設置、ポンプによる排水能力の増強などを行っている。名古屋市上下水道局HPには、容量が2,000 m^3 以上の雨水貯留施設（平成19年度末時点）がまとめられている⁶⁾。設置されている施設は“調節池”と“滞水池”があり、次のように説明されている⁷⁾。

雨水調節池：下水道から流入する雨水を一時的に貯留、流量を調整する事で、下流施設の負荷を減らす下水道施設のこと

雨水滞水池：汚濁濃度の高い降雨直後の下水を一時的に貯留し、公共用水域の汚濁を低減させる下水道施設

上述HPにある雨水貯留施設一覧について、設置年順に貯留容量と累積容量の経年変化を示したものが図-5である。各年の貯留容量は設置されたものに色を変えて示している。ここで示した施設は浸水対策および合流改善を目的としたものが含まれている。また、上で述べた若宮大通調節池は含まれていないが、若宮大通調節池内に合流改善を目的とした施設（容量19,000 m^3 ）が2002年に設置されている。

図より、2000年辺りから急速に雨水貯留施設の整備が進んでおり、単年度に複数の貯留施設が整備される状況も確認できる。それまでの累計貯留量が100,000 m^3 程度であったのに対して、2007年時点では約5倍程度に容量が拡大している。ここで示されているのは、貯留容量が2,000 m^3 以上の相対的に大きな施設のみであり、2,000 m^3 以下の雨水貯留施設が設置されている事例も確認できることから、地域全体としてはより大きな雨水貯留能力が整備されていると考えられる。

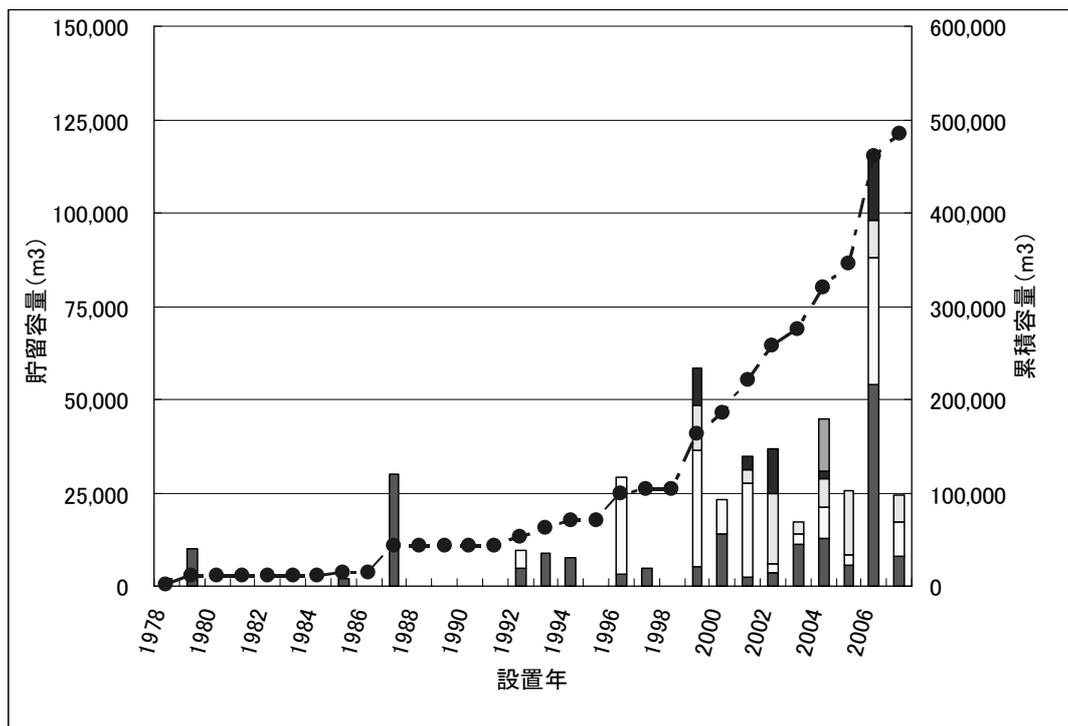


図-5 雨水貯留施設の整備状況(名古屋市・上下水道局)

4 おわりに

ここでは、地下空間に設置された治水関連施設に関する調査内容について報告した。地下に治水関連施設（地下河川、放水路、貯留施設等々）が設置される事例は、都市化が進行した結果、土地利用に制約を抱える地域に多く見ることができる。本件に関わる調査活動は現在も継続中であり、上で示した以外にも、地下空間に治水関連施設が設置される事例には枚挙に遑がない。

例えば、東京都では「雨水整備クイックプラン」として過去の浸水被害や対策状況に応じて“重点地区”や“地下街等対策地区”を設定して、浸水被害の軽減策についてできることから、できるだけ対策を行うという整備を平成11年（1999年）から進めている。

また、東京都は平成19年（2007年）に「東京都豪雨対策基本方針⁸⁾」を取りまとめ、豪雨対策を重点的に促進する流域、地域、施設を選定している。選定された流域等では個別の豪雨対策計画が策定され、河川、下水道の整備や流域対策を進めることが示されている。前に示した古川地下調節池も、渋谷川・古川流域豪雨対策計画内の河川整備計画の一環である。また、流域対策においては、公共施設における浸透、貯留施設の設置推進が謳われており、民間施設の設置の際にも、その設置規模に応じて浸透または貯留による雨水の流出抑制を行うことが求められている。

東京都墨田区では、「東京スカイツリー」を核とする多機能複合型の開発プロジェクト「Rising East Project」が進められており、東京スカイツリー地区に導入される熱供給システムのための蓄熱槽水7,000m³を大規模災害時に消防・生活用水として提供する計画である他⁹⁾、豪雨時の雨水を一時貯留する機能のあることが報道されている。

この他にも、地下空間に治水対策を目的とした施設の設置事例は、全国の都市部を中心に数多く見られる。また、東京スカイツリーのように防災への有効活用を視野に入れた地下施設の設置についても、今後も継続的に展開が進むことが予想される。

謝辞：本件事例調査は、土木学会地下空間研究委員会防災小委員会の活動の一環として実施され、現在も継続的に行われている。本調査にご協力いただいた関係者各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 平成20年度国土交通白書：国土交通省，p. 155，2009.
- 2) 治水の効果事例：国土交通省HP
(http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_4-5-chisui1.html)
- 3) 今井川地下調節池の効果について：国土交通省関東地方整備局HP
(<http://www.ktr.mlit.go.jp/kyoku/river/river/data/hojokasen/kasen/019.pdf>)
- 4) 平田 茂・小笹山秀夫：新広島市民球場と雨水貯留池の一体的整備，土木技術，64巻，1号，2009.
- 5) 大阪府 寝屋川流域総合治水対策HP：<http://www.pref.osaka.jp/ne/sougoutisui/tyousetuti.html>
- 6) 名古屋市上下水道局 雨水貯留施設一覧：<http://www.water.city.nagoya.jp/intro/shisetsu/gesuido/choryu.html>
- 7) 建築用語.net：<http://www.architectjiten.net/>
- 8) 東京都豪雨対策基本方針：東京都，2007.
- 9) Rising East Project HP：<http://www.rising-east.jp/news/2009/02/dhc2.html>