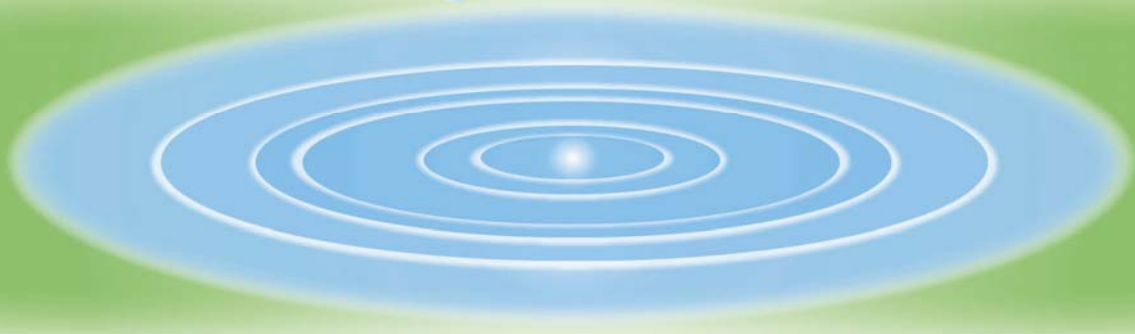


The top half of the cover features a cluster of green leaves in various shades of green, some with brown stems. A single blue water drop is falling from the leaves.

# 屋上緑化雨水貯留流出遅延 に関する手引き

2021 年 4 月版

公益財団法人 都市緑化機構  
特殊緑化共同研究会



## はじめに

多くの人々が暮らす都市において、緑を守り、つくり、育てる活動、すなわち都市緑化活動は、安全で快適な生活環境や良好な都市景観の創出、生物の多様性や自然とのふれあいの確保を図る上で欠くことのできないものであり、行政や事業者がそれぞれの役割に応じて行うべき重要な取組みであるとともに、私たち一人ひとりが実践できる最も身近な環境保全活動であります。

私ども公益財団法人都市緑化機構は、緑豊かなまちづくりに貢献することを基本的使命とし、都市緑化活動に携わる市民、事業者、公共団体等による様々な取組みへの支援や都市の緑に関する調査研究、情報提供、普及啓発などを行っています。このような中、都市緑化活動の推進を支える「技術」の開発・向上を図るため、特殊緑化共同研究会をはじめ5つの共同研究会を設置し、民間企業と共同で都市の緑に関し多面的に研究活動を進め、その成果の普及活動に力を注いでまいりました。

特殊緑化共同研究会では、そのままでは緑をつくるのが困難な空間に緑を育てるための屋上・壁面緑化等の技術研究と普及啓発活動などに、30年前から継続して取り組んできましたが、気候変動による降雨強度の増大傾向等への対応などの新たな課題の顕在化を踏まえ、平成27年度から屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果に関する研究を進め、ここに、その成果をとりまとめ、本書を発刊するに至りました。

本書では、屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果に関する共同研究会における効果計測の実践例を紹介するとともに、その成果を用いた雨水貯留流出遅延量の簡便な算定方法について紹介しています。

特に、土壌の特性によって差異のある屋上緑化の雨水流出遅延量を妥当な値で推計するための工夫を盛り込んで、紹介している点に特色があります。加えて、諸外国における雨水流出遅延量についての研究成果も紹介しております。諸外国においては、雨水処理を公費で賄うわが国とは仕組みや条件が異なりますが、屋上緑化の雨水遅延効果が大きく取り上げられている状況がわかります。

雨水対策に取り組む行政関係者や雨水流出遅延に向けた計画・設計に携わる関係者の方々に是非とも本書をご一読頂き、ご参照の上でご意見等頂ければ幸いに存じます。

本書の発行にあたっては、公益社団法人 雨水貯留浸透技術協会に技術面での様々なご指導を頂きました。また、公益財団法人 東京都都市づくり公社より「都市づくりに関する研究支援」を頂き試験を重ね、都市整備局都市基盤部調整課の方々からもご示唆を頂きました。ここに記して感謝を申し上げる次第です。

今回の研究の過程において前任の奥水 肇 理事長から屋上緑化の雨水流出遅延についての多大なご示唆を頂いたところです。誠に残念なことに、奥水前理事長におかれては、令和2年2月29日にご逝去されました。ここに、ご指導を賜った多くの会員各位とともに生前頂いたご指導・ご厚情に心から感謝申し上げますとともに、ご冥福をお祈り申し上げます。

本書が、屋上緑化による雨水貯留流出遅延効果について、多くの皆様に理解を深めて頂くきっかけとなり、広く活用されることを祈念しております。

公益財団法人 都市緑化機構  
理事長 高 梨 雅 明

# 目 次

---

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| 1．総論                               | 3p     |
| 1-1．目的と内容                          | 3p     |
| 1-2．雨水対策の現状とその対策                   |        |
| 1-2-1 近年の異常気象とその対策                 | 4-5p   |
| 1-2-2 屋上緑化の効果                      |        |
| 1-3．屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果とは              |        |
| 1-3-1 屋上緑化における雨水貯留遅延工法の種類と仕組み      | 6-8p   |
| 1-3-2 植栽型屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果の定義        |        |
| 1-4．屋上緑化の構成と性能                     |        |
| 1-4-1 一般的な屋上緑化の構成                  | 9-10p  |
| 1-4-2 植栽土壌の基本性能                    |        |
| 1-5．用語の説明                          | 11p    |
| 2．屋上緑化における雨水貯留流出遅延効果の効果量について       | 12p    |
| 2-1．屋上緑化の土壌における最低限の雨水貯留流出遅延量の測定    | 12-13p |
| 2-2．測定結果から得られる効果量                  | 14p    |
| 3．屋上緑化における雨水貯留流出遅延効果量の利用方法         | 16p    |
| 3-1．東京都豪雨対策基本方針と屋上緑化の位置付け          | 16p    |
| 3-2．効果量の算出方法                       | 17p    |
| 3-3．豪雨対策に組み入れる事例案                  |        |
| 3-3-1 屋上緑化単体での豪雨対策の検討              | 18-19p |
| 3-3-2 他のインフラ整備の組み合わせによる屋上緑化分担量の検討例 |        |
| 4．今後の取り組みについて                      | 20p    |
| 4-1．土壌粗間隙量を用いた簡易な雨水貯留流出遅延量の試算検討    | 20p    |
| 4-2．土壌の種類における粗間隙量の相違と評価方法          | 21p    |
| 4-3．土壌における有効水分の評価方法について            | 22-24p |
| 4-4．土壌以外の雨水貯留流出遅延に関与する仕組みと評価方法     | 25-27p |
| 5．海外事例                             | 28-30p |
| <参考文献>                             | 31p    |

## 1. 総論

### 1-1. 目的と内容

この手引きは、屋上緑化の雨水貯留流出遅延量の測定方法及び効果量についてまとめたものである。まず最低限の効果量の測定結果を示し、多様な日本の気候に対応した評価方法についての今後の取り組みをまとめたものである。

この手引き書は、日本では遅れていた屋上緑化の雨水貯留の評価についてまとめたものである。雨水対策に取り組む行政の担当者やそれを設計する設計士の積極的な利用の促進を目的とする。まず屋上緑化における雨水貯留効果の評価方法を示し、四季による寒暖に富み、梅雨など降水量の多い日本の気候に即した屋上緑化の雨水貯留の考え方が確立することを目的としている。手引き書の概要について示す。

#### 1. 総論

現状の雨水対策の説明や屋上緑化の位置付けを説明し、今回取り上げた屋上緑化の要素技術についての定義や適用範囲について説明する。



#### 2. 屋上緑化における雨水貯留流出遅延効果の効果量について

屋上緑化の土壌における測定方法と、最低限得られる効果量について説明する。



#### 3. 屋上緑化における雨水貯留流出遅延効果量の利用方法

屋上緑化の雨水貯留流出遅延量について、事例を交えて利用方法について説明する。



#### 4. 今後の取り組みについて

屋上緑化は、いくつかの要素技術が組み合わさって成立している。また、設置状態によっても効果量は変化している。よってどのような要素技術があるのか、その設置方法や取り組む方向性について説明する。



#### 5. 海外事例

海外の屋上緑化の雨水対策効果について紹介し、取り組み方について説明する。特にイギリス、ドイツ、アメリカ合衆国について報告する。

## 1-2. 雨水対策の現状と屋上緑化

異常気象による集中豪雨が増大する中、屋上緑化も雨水対策としての効果を十分に保持している。

### 1-2-1 近年の異常気象とその対策

近年、日本の大都市部において、ヒートアイランド化による短期間の集中豪雨の発生頻度が高くなってきていると言われている。たとえば東京都では、時間 50mm を超える降雨が 20%以上の観測所で計測されている年も多くなっており（図 1-1）、これは豪雨の発生率が増加傾向にあることを示している。これにより、道路の冠水や地下施設への雨水の流入など「都市型水害」による被害が多く起こっている。

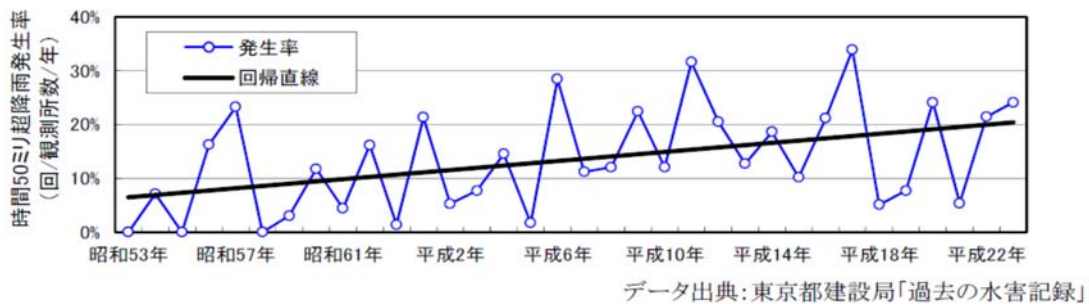


図 1-1 時間 50mm 以上の豪雨発生率の経年変化

一般的に、雨は川への流入や土壌への浸透で徐々に排水されていくが、大都市部においては、アスファルト舗装の道路や密集したコンクリート建物、地下河川化、地下開発の推進などにより、一般的な排水経路が確保し難い。このため、下水道の排水能力の向上や地下貯留施設の設置などで水害対策を行う必要がある。しかし、この方法は多額の費用がかかる上に、整備に時間もかかり、なにより既に開発された地下に貯留施設を新設、拡大することは非常に困難である。

そのため、そもそもの排水設備への雨水流入量を減らすための対策も取り組んでいくことが必要となる。例えば新規で建設する建物については一時貯留・浸透施設等の必要な設計対策量の基準値が設けられている。しかし、既存の建物については上記の理由で貯水タンクの導入・拡張が困難なところも多い。

一方屋上緑化は、貯水タンクと同様の雨水貯水効果と雨水排出の遅延効果が期待されている。屋上緑化を補助的な貯留・排水遅延設備として導入することで、貯水機能の性能アップを図ることができる。

このように屋上緑化は、これ以上の地下開発が難しい大都市部においても導入可能な新たな貯水・排水遅延設備として、非常に有用である。

## 1-2-2 屋上緑化の効果

都市部の限られた空間を有効に活用するため、建築物の屋上等の空間を利用することが求められている。しかし、建築物の屋上は遮蔽物がなければ陽射しや風当たりが強い過酷な環境であり、有効に利用するには様々な課題を解決する必要がある。このような課題の解決手段として、「環境改善効果」および「経済効果」をもつ屋上緑化が有効である。

屋上緑化による環境改善効果として植栽部分による遮熱効果や蒸発散による気温の低下、土壌部分の断熱効果・水分蒸発による気温の低下、排水層部分の断熱効果などが挙げられる。例えば、樹木を植栽すると日射や風を遮ることができ、屋上緑化に用いる植物や土壌により周辺の気温を下げるができる。環境が改善された屋上緑化は自然が少ない都心部に於いて貴重で快適な緑地となり、自然教育や園芸療法、家庭菜園の場など幅広く活用することができる。

次に、屋上緑化による経済効果としては、環境改善効果から得られる遮熱や断熱、気温低下等により、建築物の温度変化を抑えることで光熱費の削減や建築物の劣化を遅らせることにつながる。その他にも建築物の景観向上によりイメージアップに伴う不動産価値の向上や広告効果なども屋上緑化のもつ経済効果といえる。さらに、自治体によっては屋上緑化を緑地面積の一部として扱うことができ、それにより建築物の容積を大きくとることができるというメリットもある。

屋上緑化は建築物だけでなく周辺や都市全体の環境改善にも寄与する。例えば、緑地面積の増加によるヒートアイランド現象の緩和、NO<sub>x</sub>・SO<sub>x</sub> などの大気汚染物質や温室効果ガスのひとつである CO<sub>2</sub> の吸収・固定が挙げられる。さらに、屋上緑化を含む都市部の緑地空間は生物の生息場所や移動経路としての役割も担い、都市の生態系を維持する上で重要な役割を果たす。

以上の効果に加え、「2. 屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果量について」で述べる効果も都市型洪水防止の観点から重要である。

表 1-1 屋上緑化の効果について

| 分類         | 詳細                                                                        |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 利用者に対する効果  | ・屋上空間の環境改善<br>・緑地として活用(家庭菜園や園芸療法など)<br>・建築物の保護                            |
| 建築物に対する効果  | ・室内の環境改善による省エネルギー効果<br>・不動産価値の向上・広告効果<br>・緑地として扱うことによる建築用地の拡大<br>・建築許可の取得 |
| 周辺地域に対する効果 | ・ヒートアイランド現象の緩和<br>・大気汚染物質や温室効果ガスの吸収、固定<br>・生物の生息場所・移動経路<br>・雨水の貯留浸透効果     |



### 1－3．屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果とは

屋上緑化による雨水貯留流出遅延工法はいくつか存在するが、ここでは土壌が持つ雨水貯留流出遅延効果に絞って検討を行う。屋上緑化は、土壌が担う効果と植物が担う効果に大きく分かれる。しかし土壌が担う効果が大部分を占めている。

#### 1-3-1 屋上緑化における雨水貯留流出遅延工法の種類と仕組み

屋上の雨水貯留流出遅延工法は、大きく分けて「植栽土壌型」「池・ビオトープ型」「緑化システム貯留層一体型」「タンク型」に4分類される。

##### (1) 植栽土壌型

一般的に屋上に設置される造成的緑化や薄層緑化などを指す。土壌の種類、厚さ等により差異があるが、土壌及び排水層により雨水貯留・流出遅延効果がある。



写真 1-1,2 国土交通省屋上の屋上庭園

##### (2) 池・ビオトープ型

屋上にビオトープなどの池や田んぼを計画し、雨水を貯留する。標準水位とオーバーフローまでの水位差の雨水を貯留し、流出を遅延させる。



写真 1-3 屋上に設置された例



写真 1-4 交通施設上に設置された例

### (3) 緑化システム貯留層一体型

貯留層が一体となった緑化システムで構成されており、底部の雨水貯留層で貯留し、流出を遅延させる。



写真 1-5 緑化システム貯留層一体型の例

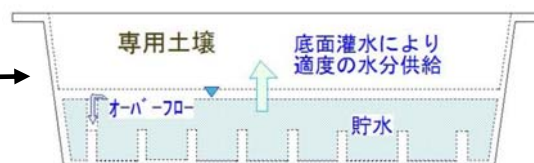


図 1-2 緑化システム貯留層一体型の断面例

### (4) タンク型

屋上に降った雨水をタンク等で一時貯留する形であり、タンクの設置位置は屋上、地上、地下等さまざまである。積載荷重とスペースの関係から屋上に設置されるものは小型なものであり、大型なタンクは地上または地下に設置される事が多い。

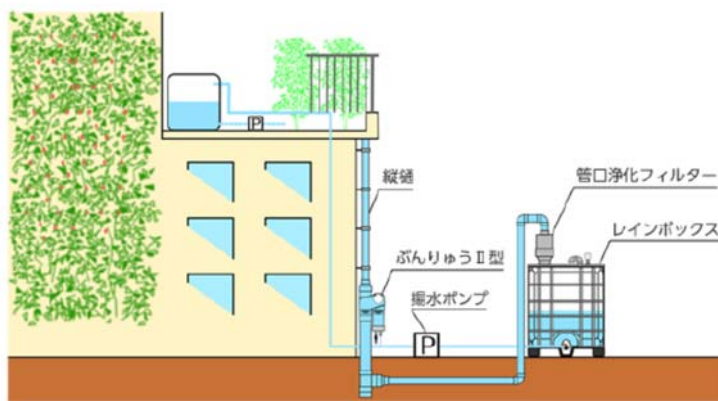


図 1-3 地上設置型タンクの一例

(2)～(4)に関しては、従来から雨水貯留流出遅延量の算出は検討されているが、(1) 植栽土壌型の検討が進んでいない状態であった。

よって(1) 植栽土壌型について調査結果を次章でまとめる。



### 1-3-2 植栽土壌型屋上緑化の雨水貯留流出遅延量の定義

屋上緑化による雨水貯留流出遅延効果は、雨水の流域対策として屋上貯留に位置付けられ、その効果量は土壌が担う部分と植物が担う部分とに大きく分けることが出来る。

土壌が担う部分としては、主に土壌の厚さと土壌の物理特性（粒度分布、粗間隙量、透水係数、締め固め度合い、土壌体積含水率など）に影響を受ける。特に土壌含水率は降雨開始時の状況によって効果量に大きな影響を及ぼすことが既往の研究で明らかになっている。土壌が乾いていれば有効水分として貯留する効果がプラスされる。湿っていれば遅延による緩やかな排水効果のみとなる。最低限の土壌の雨水貯留流出遅延量としては、土壌が湿潤時において降雨停止時までの総降雨量とその間の土壌からの総排水量との差と判断できる。

土壌含水率は、粒度分布と粗間隙量によって土壌ごとに相違が有る。また締め固め度合いによって土壌含水率は影響を受けるが、一般に締め固めが大きいと土壌含水率は低下する。土壌中の有効水分が満たされた状態（圃場容水量）では、土壌中に降った雨水は緩やかな遅延を伴って排水されるが、この時の雨水は不飽和状態の土壌で透水している。土壌中におけるこの不飽和透水係数による排水が、雨水貯留流出遅延効果に影響していると考えられる。

植物が担う部分としては、植物の有無、植物の種類、植物の繁茂程度によってその効果に影響を及ぼす。植物の効果としては、雨滴が葉や幹に付着して土壌への到達を遅らせることや、根系の吸水による土壌中の水分蒸散に伴う含水率の低下などが挙げられる。この植物が担う効果を定量化することは、植物の種類や形態、繁茂状況など複数の要素が絡み合うため判定が困難な状況と言える。また土壌が担う効果と比較すると、比較的その効果は小さいことが示唆されている。

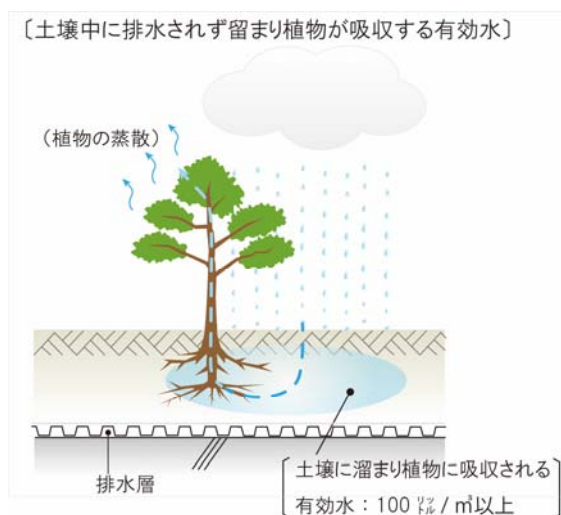


図 1-4 土壌の有効水分の働き

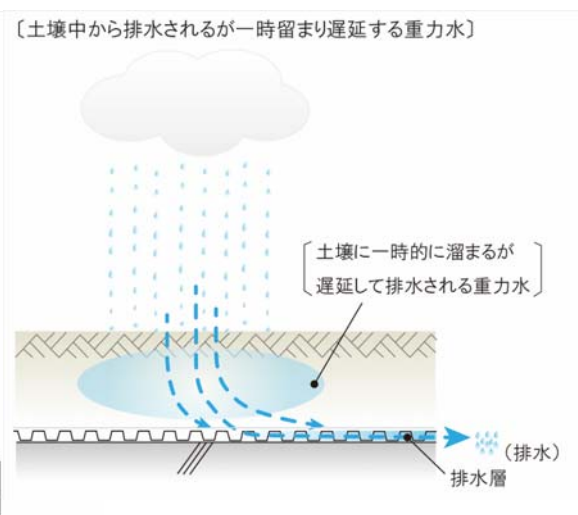


図 1-5 土壌の重力水の働き

## 1-4. 屋上緑化の構成と性能

屋上緑化の基本的な構造は、土壌＋排水層の組み合わせである。この中で、大部分の容積を占める土壌は、土壌の厚さと土壌の物理性によって効果量の相違が認められる。

### 1-4-1 一般的な屋上緑化の構成

標準的な屋上緑化の構成断面図は土壌＋粒状排水層土壌＋板状貯水場排水層（図 1-6）が主な構成である。また、雨水の流れは土壌では鉛直方向に排水され、排水層の内部または下部を屋根勾配で横方向に移動し、排水ドレンに集水される構造となっている。排水層については、雨水貯留遅延効果自体はあると推測されるが、形状等を含め様々なものがあり、性能評価方法の選定が困難なため、より大部分の容積を占める土壌の性能評価を適用範囲としている。

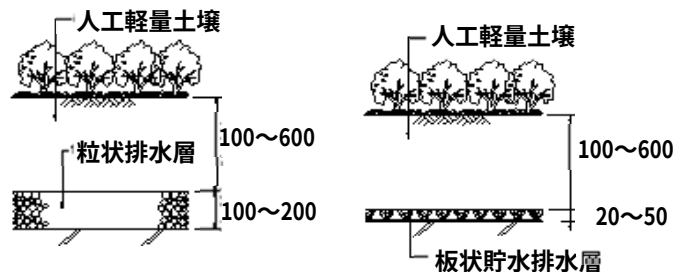


図 1-6 標準的構成断面図

主な土壌厚と植生傾向

#### ① 土壌厚 100mm 以下

土壌厚 100mm 以下では、セダム類のなかでも乾燥に強いメキシコマンネングサ、ツルマンネングサ等が植栽可能とされる。このセダム緑化では、環境変化への対応から数種を併用することが望ましい。また薄層緑化では、一定の緑化容器に土壌と植物を収納したユニット式緑化が近年増大している。土壌厚が 100mm 程度では芝類、地被類が植栽可能。



写真 1-6 セダムによる薄層緑化

#### ② 土壌厚 100mm～300mm

土壌厚 150mm 程度でヘデラやテイカカズラなどのつる植物、ササ類が植栽可能となる。土壌厚 300mm 程度あれば、ツツジ類などの低木や樹高 3m 程度の中木類の植栽が可能となる。



写真 1-7 中低木を複合した緑化

#### ③ 土壌厚 300mm 以上

一般的な造園樹種が植栽可能となり、根鉢高さが十分に確保できる土壌厚があれば、それに応じた中高木が植栽可能となる。



写真 1-8 中高木を複合した緑化

### 1-4-2 植栽土壌の基本性能

表 1-2 が一般的に必要なとされている屋上緑化に使用されている土壌の基本性能である。

雨水貯留遅延効果のみで重要な項目は主に物理性であり、表 1-2 中の有効水分保持量および飽和透水係数である。前者は土壌の間隙量を示す値であり、この容積が雨水を貯留遅延させる大きく関係している事が予測されている。また、後者は雨水を下部に表面流亡なく排水出来できる能力を表しているものであり、雨水貯留遅延効果の前提条件としてより重要な項目である。

表 1-2 植栽基盤に関する性能と測定方法

| 項目                              | 単位               | 性能の目安                                        | 測定法                                                                                             |
|---------------------------------|------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pH                              |                  | 5.5～7.5                                      | 試料：純粋＝1：2.5 ガラス電極法                                                                              |
| 陽イオン交換容量（CEC）※                  | me/100g          | ——                                           | セミクロショーレンベルガー法                                                                                  |
| 有効水分量<br>(土壌水分 pF1.5, 3.0, 3.8) | ℓ/m <sup>3</sup> | pF1.5～3.8<br>100～200 を標準<br>200 を超えるもの<br>を大 | pF1.5～3.0（加圧盤、吸引法）<br>pF3.0～3.8（遠心法）                                                            |
| 湿潤時比重<br>(土壌水分 pF1.5)           | t/m <sup>3</sup> | ——                                           | pF1.5～3.0（加圧盤、吸引法）<br>pF3.0～3.8（遠心法）                                                            |
| 飽和透水係数                          | m/sec            | 10 <sup>-5</sup> 以上                          | 定位水位法                                                                                           |
| 加重圧縮率                           | %                | ——                                           | JIS A1210 の突き固め試験器<br>15cmモールド<br>pF1.8 に調整<br>2.5 kgランマーにて落下高さ 10cm<br>から 10 回<br>沈下量から圧縮率を求める |
| 搬入時比重                           | t/m <sup>3</sup> | ——                                           |                                                                                                 |

※ 1ℓ あたりでの表示も併記

（参考文献：屋上・壁面緑化技術のてびき、財団法人都市緑化技術開発機構編集）

## 1－5．用語の説明

この手引き書は、都市緑化機構で発行された「屋上・壁面緑化技術のてびき」に準じている。屋上緑化の技術的な専門用語と、雨水貯留に関係する排水や保水の専門用語を併用している。

手引き書で主に掲載される専門用語について、下記に説明する。

表 1-3 用語の説明

|                       |                                                                                        |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>雨水貯留流出遅延</b>       | 雨水を土壌内に一時貯留させることで雨水の流出を遅延させることを指す。                                                     |
| <b>雨水排水遅延時間</b>       | 雨水が土壌を通過することによって、排水に到るまでに遅延する時間。                                                       |
| <b>土壌保水率</b>          | 土壌が、年間降雨量に対して保持した雨量の割合を示したもの。保持された有効水分は、植物によって吸収されるか、土壌中から蒸発して消失する。                    |
| <b>屋上緑化</b>           | 雨水のかかる建築物の陸屋根・屋上に植物が健全に生育するための基盤を設置し植物を植えて緑化すること。                                      |
| <b>(土壌)pF 値</b>       | 土壌水分が土壌の毛管力によって引き付けられる強さの程度を表す数値で土壌の湿り具合を表している。湿った土壌の pF 値は低く、乾燥した土壌の pF 値は高くなる。       |
| <b>(土壌)重力水</b>        | 降雨や灌水によって一時的に土壌間隙に留まるが重力の作用で下方に排除される水分。pF0～1.5 又は pF0～1.8 に相当する。                       |
| <b>(土壌)有効水</b>        | 植物が吸収可能な土壌水。pF1.5～3.8 に相当する土壌水は植物に容易に吸収利用される。                                          |
| <b>板状排水層</b>          | 合成樹脂等による板状の排水材。くぼみの成形により貯水機能を併用した製品が多い。                                                |
| <b>粒状排水層</b>          | 黒曜石パーライト等の排水性能の高い軽量骨材を所定厚みまで敷設したもの。                                                    |
| <b>陽イオン交換容量 (CEC)</b> | 土壌の塩基類の保持力（保肥力）を示す数値で陽イオン交換容量が大きいほど塩基類（肥料分）の保持能力（保肥力）が高い。                              |
| <b>透水係数</b>           | 透水係数とは土壌を移動する水の速さを表す数値。<br>土壌中の粗間隙が飽和水状態における水移動を飽和透水係数と言い、粗間隙が水で満たされていない場合を不飽和透水係数と言う。 |

## 2. 屋上緑化における雨水貯留流出遅延の効果量について

### 2-1. 屋上緑化の土壌における最低限の雨水貯留流出遅延効果量の測定

屋上緑化の土壌単体が持つ最低限の効果量の測定方法は、土壌を湿潤状態（圃場容水量 pF1.5 状態）から降雨した場合に、遅延して排水される水量で判定する。

#### (1) 試験体の作製

屋上緑化の植栽土壌中を浸透する雨水は、通常鉛直方向（重力方向）に移動し、底部で排水層によって勾配方向に移動し排水される。ここでは植栽土壌の雨水貯留流出遅延量を検討するにあたって、鉛直方向のみ（図 2-1）の試験を行って状況を確認した。

土壌は表 2-1 及び図 2-2 に示す標準的な人工軽量土壌を使用し、試験前の土壌水分条件は、24 時間浸漬させた後、24 時間重力排水させた状態（圃場容水量 pF1.5）とした。また締め固めはヒルガード法を用いた。土壌基盤のみを用いた試験の試験体形状を図 2-1 に示す。土壌厚は 50mm から 350mm で行った。

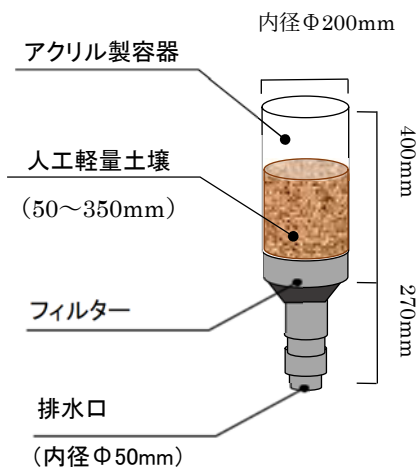


図 2-1 土壌基盤のみの試験体  
対象：鉛直方向のみ

表 2-1 使用した標準的人工軽量土壌の測定値

| 湿潤比重<br>(pF1.5) | 有効水分保持量<br>pF1.5-3.8( $\ell/m^3$ ) | 飽和透水係数<br>( $m/s$ ) |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|
| 0.97            | 255                                | $1 \times 10^{-4}$  |

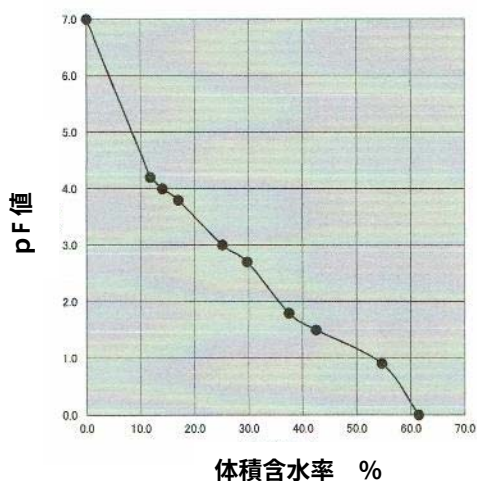


図 2-2 使用した標準的人工軽量土壌の水分特性曲線

### (3) 試験方法

試験体上部に設置した人工降雨装置（DIK-6000 大起理化工業製）又は水位調整簡易降雨機を用い、試験体に降雨強度 50mm/h 又は 75mm/h の降雨を均等に 60 分与え、排水量を 1 分毎に測定する。試験体からの排水量の測定方法を図 2-3、試験状況を写真 2-1,2 に示す。

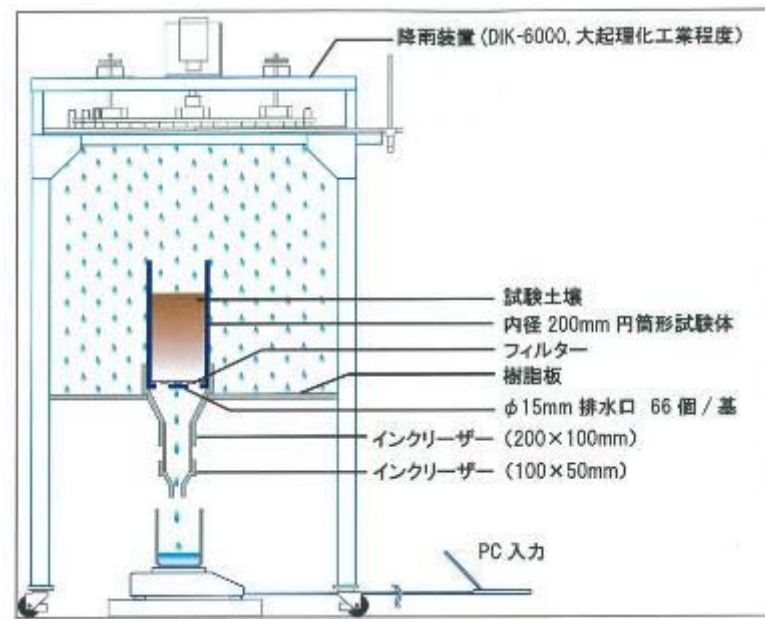


図 2-3 排水量の測定方法（鉛直方向のみ）

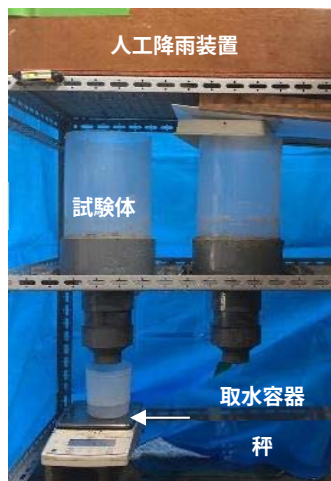


写真 2-1 容器の設置状況



写真 2-2 簡易降雨機を用いた試験状況



## 2-2. 測定結果から得られる効果量について

土壌の鉛直方向における雨水貯留遅延効果量は、土壌が湿った状態からの効果量を標準値として捉える。目安として、土壌厚さ別の標準的な人工軽量土壌の効果数値で検討する。この効果は、インフラ設備への降水到達時間を遅らせる働きがある。

鉛直方向の試験結果を図 2-4 に示す。50mm/h 降雨の 1 分間降水量は 0.83mm (0.83ℓ/m<sup>2</sup>) であるが、土壌中を雨水が通過する過程で排水に遅延が発生する。また土壌厚が厚くなるに連れて排水の遅延時間が長くなっているのが分かる。これは湿潤状態の土壌で行っているため、土壌が乾いている状態であれば、遅延時間は更に増大することが予想される。

鉛直方向（土壌のみ）試験結果から次の回帰式が成立する。これに則って雨水貯留流出遅延量を算出することが出来る。長期的な土壌の貯留率の測定は、今後も現場を含めて実測が行われ測定の精度を高めて行く必要があるが、現時点における屋上緑化の土壌の雨水貯留流出遅延量及び排水遅延時間を判定するための効果量の定式を提示する。

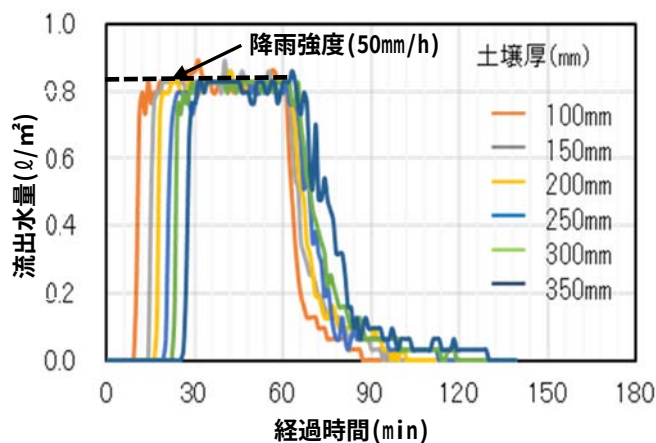


図 2-4 土壌厚別流出水量（鉛直方向のみの試験）<sup>1)</sup>

表 2-2 土壌厚別試験結果表

| 土厚 (mm) | 雨水貯留流出遅延量 (ℓ/m <sup>2</sup> ) |
|---------|-------------------------------|
| 100     | 8.00                          |
| 150     | 12.48                         |
| 200     | 14.71                         |
| 250     | 17.96                         |
| 300     | 19.64                         |
| 350     | 25.47                         |

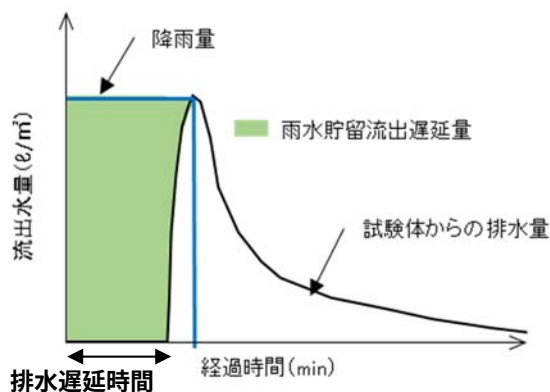


図 2-5 雨水貯留流出遅延量の説明

表 2-3 土壌厚別排水遅延時間表

| 土壌厚 (mm) | 排水遅延時間 (分) |
|----------|------------|
| 100      | 10         |
| 150      | 15         |
| 200      | 17         |
| 250      | 20         |
| 300      | 23         |
| 350      | 27         |

（出典：日本建築学会 2021 年度 AIJ 大会梗概報告）

## ○土壌厚と雨水貯留流出遅延量の回帰式

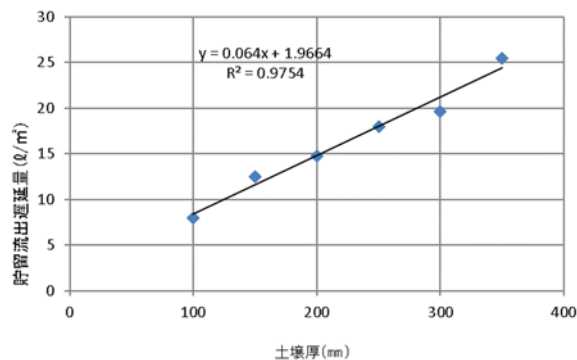


図 2-6 雨水貯留流出遅延量の回帰式

$R = 0.987$

### 土壌厚と雨水貯留流出遅延量の回帰式

$$y = 0.064x + 1.9664 \quad ※$$

y : 雨水貯留流出遅延量 (ℓ/㎡)

x : 土壌厚 (mm)

※一般的な人工軽量土壌における回帰式

## ○土壌厚と排水遅延時間の回帰式

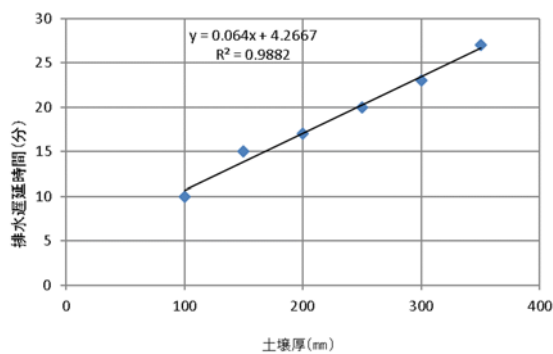


図 2-7 排水遅延時間の回帰式※

$R = 0.994$

### 土壌厚と排水遅延時間の回帰式

$$y = 0.064x + 4.2667 \quad ※$$

y : 排水遅延時間 (分)

x : 土壌厚 (mm)

※一般的な人工軽量土壌における回帰式

### 3. 屋上緑化における雨水貯留流出遅延効果量の利用方法

#### 3-1. 東京都豪雨対策基本方針と屋上緑化の位置付け

東京都豪雨対策基本方針で、流域対策は時間 10 ミリの抑制効果を期待されており、屋上緑化もその要素技術に加えられている。

屋上緑化の雨水貯留流出遅延量は、河川や下水道への雨水を抑制する流域対策の要素技術として捉えられている。今まで流域対策としては、貯留施設や浸透ますなどの施設設置が主であったが、今後緑地の保水能力の定量化や屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果などの緑を用いたグリーンインフラとしての流域対策に注目が集まっている。東京都では長期見通しとして、都内全域において時間 10 ミリ降雨相当の雨水流出抑の実現を検討している。



図 3-1 雨水浸透対策のイメージ  
(引用：東京都豪雨対策基本方針より)

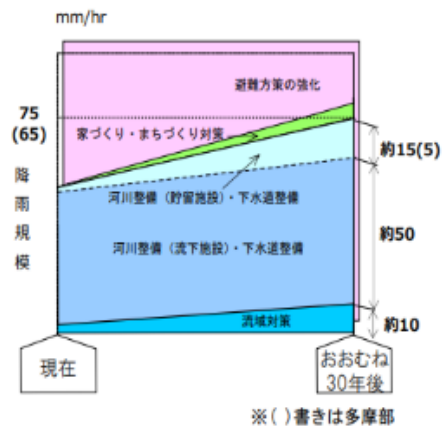
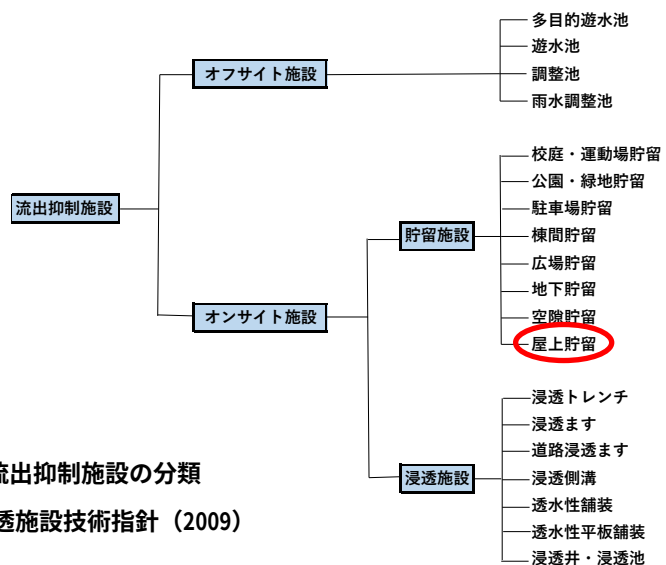


図 3-2 対策強化流域地区における各対策の役割分担図  
(引用：東京都豪雨対策基本方針より)

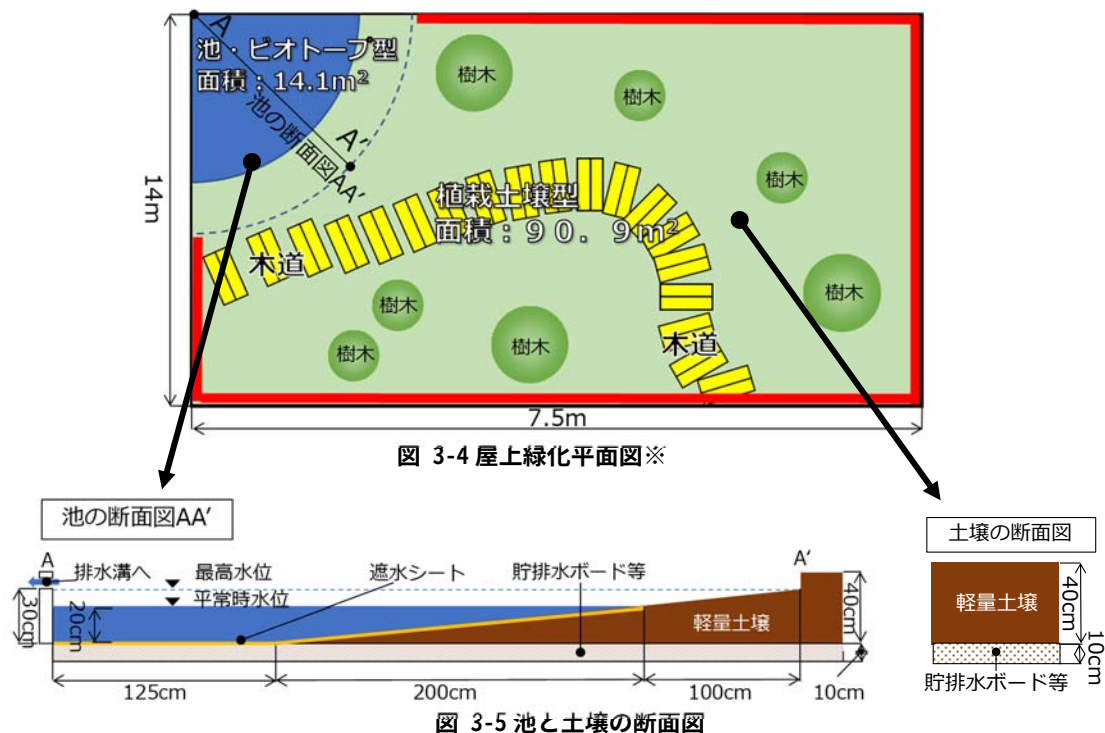
図 3-3 東京都雨水流出抑制施設の分類

東京都雨水貯留・浸透施設技術指針 (2009)



### 3-2. 効果量の利用方法

屋上緑化における雨水貯留流出遅延量の算出は、  
緑化面積(m<sup>2</sup>)×平均土壌厚による雨水貯留流出遅延量 (ℓ/m<sup>2</sup>) で算出する。



※屋上の雨水貯留流出遅延工法の分類は1-3-1章参照。

条件設定:○対象面積 105 m<sup>2</sup>、植栽土壌型面積 90.9 m<sup>2</sup>、池面積最大で 14.1 m<sup>2</sup>(平水水位時 8.2 m<sup>2</sup>)。

○軽量土壌の平均土壌厚 40 cm。

○算出対象とする降雨強度は 50 mm/h。

○木道の下は軽量土壌のため、植栽土壌型エリアの計算対象とした。また樹木の貯留流出遅延量を省いた。算出量の数値は、小数点第二位以下は切り捨てとした。

**(1) 植栽土壌型エリア (赤枠部) の貯留流出遅延量の算出方法 (表 2-3 参照)**

$$\begin{aligned}
 &= \text{植栽面積 (m}^2\text{)} \times \text{平均土壌厚 40cm の貯留流出遅延量 (ℓ/m}^2\text{)} \div 1000 \\
 &= 90.9 \times 28 \div 1000 = 2.5 \text{ m}^3 \quad (28\ell/\text{m}^2)
 \end{aligned}$$

**(2) 池・ビオトープ型エリア (青点線部) の貯留量の算出方法**

$$\begin{aligned}
 &= (\text{最高水位時の池の面積 (m}^2\text{)} + \text{平水水位時の池の面積 (m}^2\text{)}) \div 2 \times \text{平水時からオーバーフローまでの水位差 (m)} \\
 &= (14.1 + 8.2) \div 2 \times 0.1 = 1.1 \text{ m}^3 \quad (1,100\div 11.15=98.7\ell/\text{m}^2)
 \end{aligned}$$

### 3-3. 豪雨対策に組み入れる事例案

屋上緑化の効果は、ハイエトグラフで示すピークカットへの効果が期待できるが、ベースカットを他のインフラ整備と組み合わせて検討するのが望ましい。

#### 3-3-1 屋上緑化単体での豪雨対策の検討

東京都豪雨対策基本方針では、区部は 75mm/h を目標としているので、75mm/h のハイエトグラフを参考に 12h の 75mm/h の降雨に対して、どの程度の土壌厚があれば、ピークカット効果があるのか検討した。

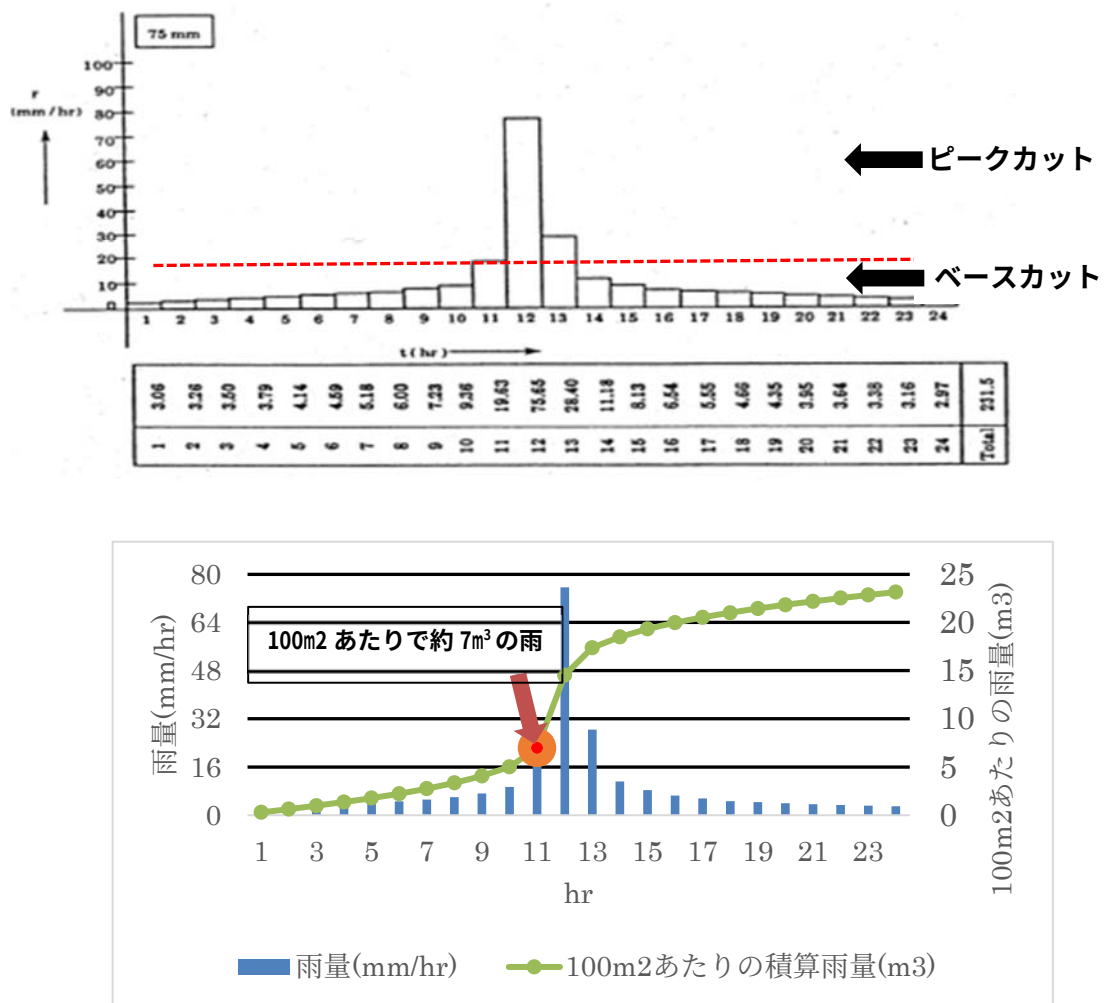


図 3-6 屋上緑化単体でのハイエトグラフ検討図

75mm/h の降雨が発生する前に、総降雨量約 70mm (100m<sup>2</sup> あたりで約 7m<sup>3</sup> の雨量)が発生している。そのため最低でも 70mm 以上の降雨に効果が無いとピークカット効果が発生しないことになる。2 章で述べた雨水貯留流出遅延効果の回帰式から判断すると 1100mm の土壌厚があれば、ピークカット効果が得られると予想される。

### 3-3-2 他のインフラ整備の組合わせによる屋上緑化分担量の検討例

ハイエトグラフ 75mm/h（東京都 20 年確率降雨）での対応を検討する場合、ベースカットは放流可能な降雨強度  $r_c$ （河川及び下水道整備）で検討できる。よってベースカットで対応できない残りのピーク降雨強度  $r_p$  の総量に対応できるかについて検討する。

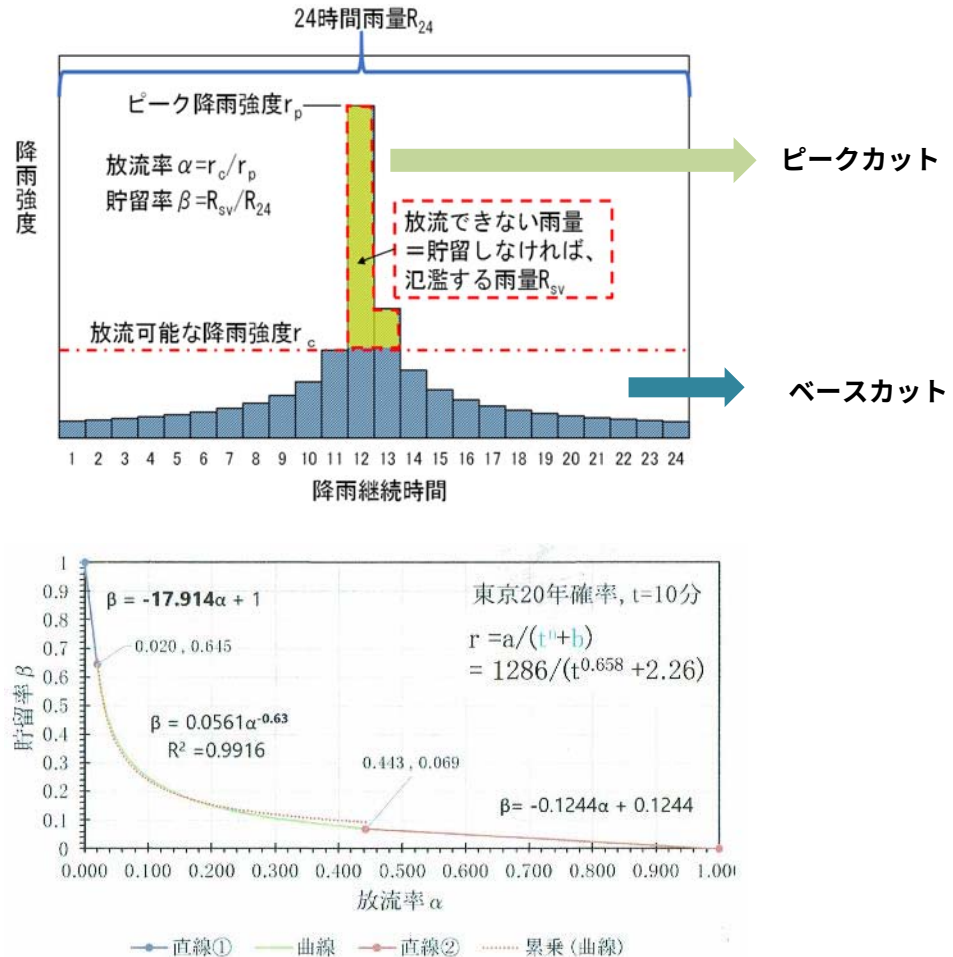


図 3-7 他のインフラ整備と組合わせた屋上緑化効果量のハイエトグラフ検討図

流出係数  $f$  0.9、下水道流下能力：40mm/h の集水域に浸透強度 10mm/h が整備された場合、20 年確率降雨（洪水到達時間 10 分）に対する必要貯留高（ピークカット量） $R_{sv}$  を算定する。ただし  $r_p = 188.8\text{mm/h}$ 、 $R_{24} = 253.0\text{mm}$  とする。

○放流率  $\alpha$ ： $\alpha = r_c \div (f \cdot r_p) = (10 + 40) \div (0.9 \times 188.8) = 0.294$

○必要貯留高  $R_{sv}$ ： $R_{sv} = \beta \cdot (f \cdot R_{24}) = 0.1244 \times (0.9 \times 253) = 28.3\text{mm}$

よって、100m<sup>2</sup> 当り 2.83m<sup>3</sup> の貯留対策が必要になる。

屋上緑化土壌厚（0.45m）の雨水貯留流出遅延量は 31ℓ/m<sup>2</sup>であることから、100 m<sup>2</sup>の屋上緑化を設置する場合の対策量は 3.1m<sup>3</sup>となり、ピークカットの必要貯留高を達成できる。

しかし、現場状況における総合的な排水及び貯留浸透計画を行って判断する必要がある。また、屋上緑化の性能に関する維持管理方法についても検討していくことが重要である。



## 4. 今後の取り組みについて

### 4-1. 土壌粗間隙量を用いた簡易な雨水貯留流出遅延量の試算検討

土壌への降雨は、不飽和状態で土壌中を浸透するため排水の遅延が起きる。土壌水分で考えると、当初の水分量と降雨終了後の水分量による pF の変位範囲による土壌粗間隙量が、雨水貯留流出遅延量と推測できる。

#### (1) 試験期間中の土壌の含水状態

土壌厚 600mm の試験で、3 箇所に設置した水分センサーの測定結果を図 4-1 に示す。尚縦軸は、水分センサーで測定された体積含水率を、図 2-2 の標準的な人工軽量土壌の水分特性曲線より換算した pF 値で表記している。降雨前の含水状態は、深さ 100mm で pF1.5 程度、300mm 以下では pF1.2 程度と、含水量が高い状態であった。降雨時は設置深さが浅いものから徐々に pF 値が低下するが、最低でも pF0.9 程度で留まっている。土壌の深さにより差は生じると思われるが、概ね pF0.9～1.5 の範囲内で不飽和透水によって排水が起きていると推察された。

#### (2) 算出結果

ここで、pF0.9～1.5 の粗間隙量が、土壌が雨水を遅延して排水される水分量と同等の可能性があると推察される。そこで標準的な人工軽量土壌の水分曲線から求めた pF0.9～1.5 の粗間隙量による雨水貯留流出遅延量と、試験より得られた雨水貯留流出遅延量との近似割合を求めた。結果を表 4-1 に示す。いずれの土壌厚でも 70%後半から 90%後半の近似割合であり、概ね一致している。これは土壌厚別の試験を行わなくても、おおよその雨水貯留流出遅延量を把握できる可能性がある。今後は、土壌の種類別に土壌の含水状態の妥当性について繰返し試験を行い、更に検証を進める予定である。

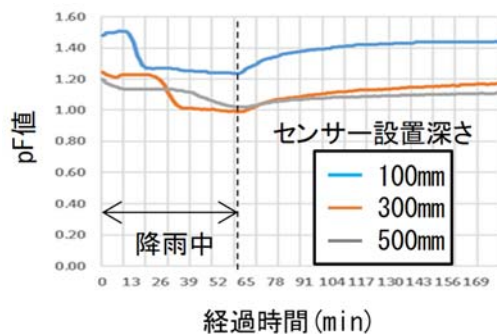


表 4-1 粗間隙量からの効果量と試験値との近似割合※

| 土壌厚<br>(mm) | pF0.9-1.5の粗間隙量から求めた<br>雨水貯留流出遅延量( $\ell/\text{m}^2$ ) | 試験値との<br>近似割合(%) |
|-------------|-------------------------------------------------------|------------------|
| 100         | 6.3                                                   | 79               |
| 150         | 9.5                                                   | 76               |
| 200         | 12.6                                                  | 86               |
| 250         | 15.8                                                  | 88               |
| 300         | 18.9                                                  | 96               |
| 350         | 22.1                                                  | 87               |

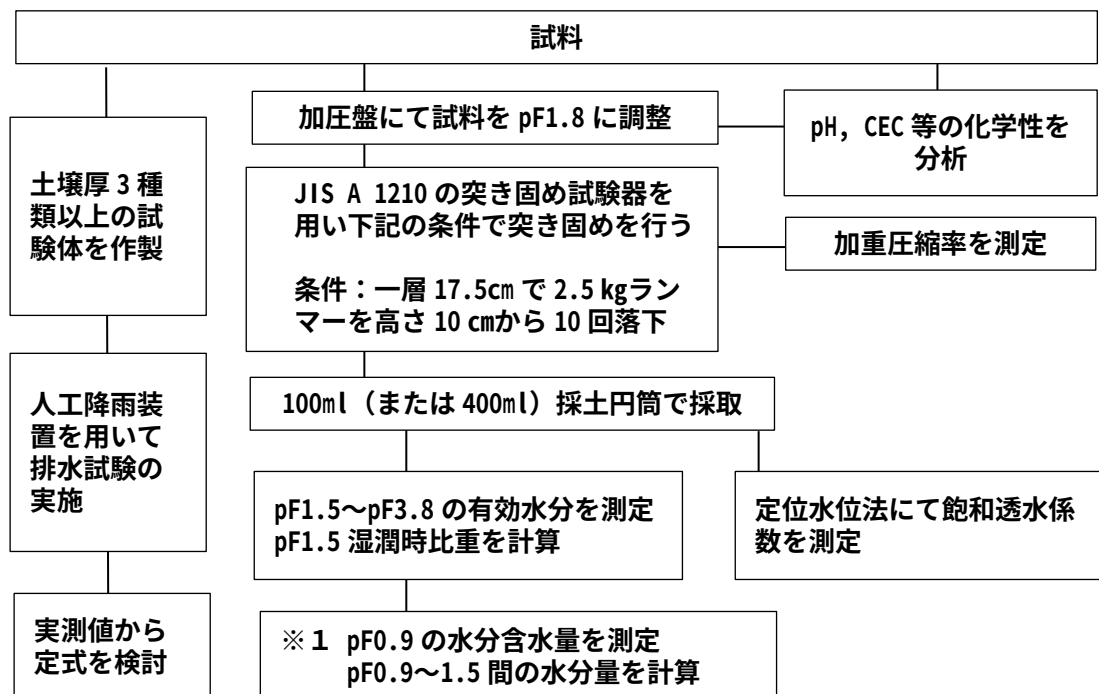
※標準的な人工軽量土壌における雨水貯留流出遅延量

## 4-2. 土壌の種類における粗間隙量の相違と評価方法

2, 3章で示した雨水貯留流出遅延効果量は、標準的な屋上緑化土壌の数値だが、実際は土壌の種類によって効果量は変化する。それらの評価方法について示す。

一般的な屋上緑化の効果量であれば2, 3章の数値を利用することになるが、今後雨水貯留流出遅延効果量の高い人工土壌の開発も見込まれる可能性もあることから、その評価方法について示す。通常であれば2-1章の試験を行うのが望ましい。しかし土壌中の粗間隙量の測定で求めるのが、最も簡易な方法と考える。分析フローについて下記に示す。

表 4-2 分析フロー



従来の分析フローに※1を追加するのみで、簡便に計算が可能となる。一般的な人工土壌の雨水貯留流出遅延量に比較して、既存の土壌と今後開発される土壌を含めて、どの程度効果量が変化するのか今後取り組む予定である。

#### 4-3. 土壌における有効水分の評価方法について

植栽土壌厚が多く確保されていると灌水管の必要性が低くなる。  
この場合、有効水分量を含んだ土壌の保水率として評価することができる。  
評価方法としては、年間降雨量のうち植栽土壌の保水量を計測し雨水保水率を判定する。

海外事例（ドイツ、イギリス、アメリカ合衆国、カナダなど）では、年間の降雨量に対してどの程度の割合で、屋上緑化の土壌が雨水を貯留しているのか実測した事例が多い。日本でも類似した試験は認められるが、蒸散量を考慮したヒートアイランド対策の観点からの試験が殆どである。よって今回は、土壌の保水率を調査する目的で試験を行った。

小型容器（500×500×500）に、150mm、300mm、450mm の人工軽量土壌を充填した試験体を作製し、日射や降雨の当る屋外空間に放置し、試験体の年間の重量変化と降雨量を測定した。試験体は後述の人工軽量土壌を使用し、試験前の土壌水分条件は、24 時間浸漬させた後、24 時間重量排水させた状態（圃場容水量 pF1.5 相当）にして試験を行なった。この時の重量を基準とし、日射や気温、降雨により増減する土壌重量の中で、乾いた土壌状態から降雨によって、基準重量まで戻る水分量を積算して雨水の貯留量と見做し、年間の貯留量を計測した。（2019 年 6 月 12 日～2020 年 6 月 12 日）

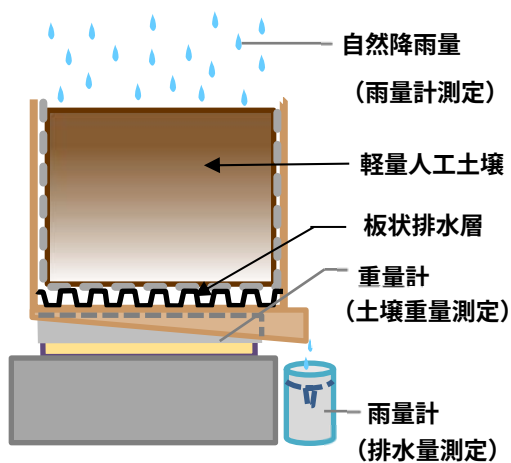


図 4-2 土壌の乾湿を含めた重量試験装置図



写真 4-1 土壌の乾湿を含めた重量試験設置例

##### （設定条件）

- ＊標準的人工軽量土壌（有機含有軽量人工土壌で粒径 20mm 以下）
- ＊締め固め小（ヒルガード法）
- ＊試験開始時の土壌水分条件：pF1.5 の圃場容水量状態
- ＊灌水設備は無し状態で、自然降雨が当る場所に放置
- ＊期間としては 1 年間を標準とする。

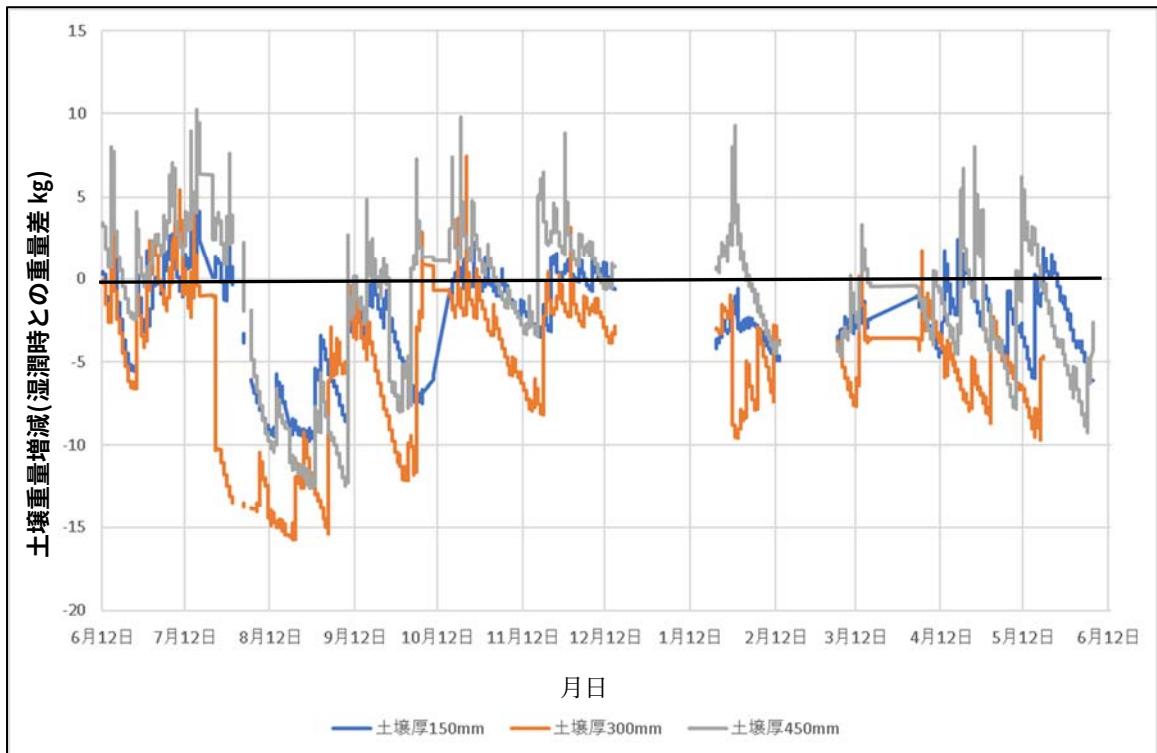


図 4-3 土壌重量の変動図

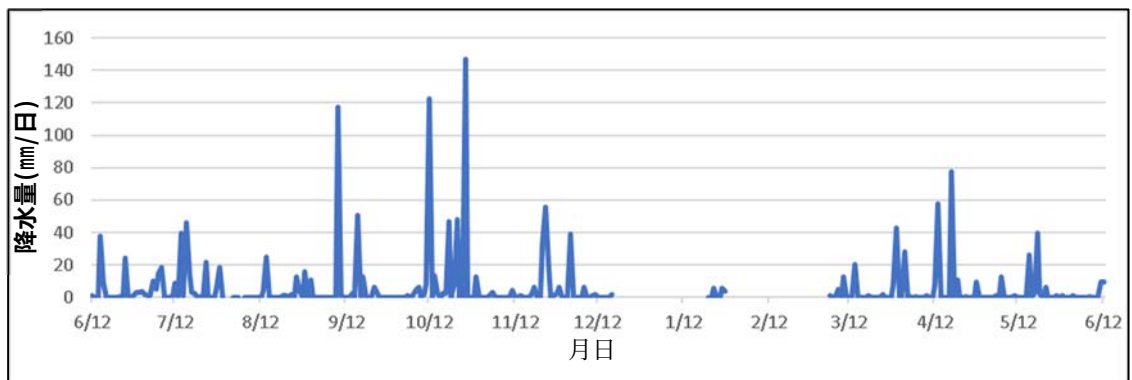


図 4-4 降水量の変動図



図 4-5 自然降雨による土壌厚別 pH 値推移

表 4-2 土壌厚別年間の雨水保水率（2019 年 6 月 12 日～2020 年 6 月 9 日までの測定）※

| 土壌厚 (cm) | 年間降水量  | 降雨量 (kg) | 貯留量 (kg) | 土壌保水率 (%) |
|----------|--------|----------|----------|-----------|
| 15       | 1437mm | 359.2    | 112.9    | 31.4      |
| 30       |        |          | 144.7    | 40.2      |
| 45       |        |          | 254.7    | 70.9      |

※千葉県習志野市千葉工業大学敷地内で測定

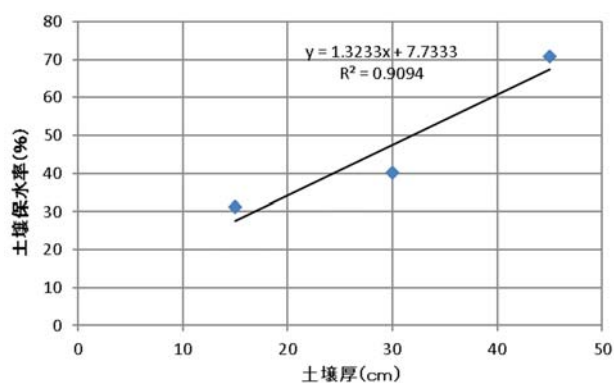


図 4-6 試験結果と回帰式

R=0.953

土壌厚と土壌保水率の回帰式

$$y = 1.3233x + 7.7333 \quad ※$$

y : 土壌保水率 (%)

x : 土壌厚 (cm)

※一般的な人工軽量土壌における回帰式

5章で述べる海外事例の測定値とも近似したものと考えられるが、日本では土壌厚が薄い施工実績が多く、また年間を通して日射量が高く、高温で数週間降雨が無い時期もあり灌水設備を設ける場合が多いため、この測定値をそのまま提示することは困難である。しかし土壌厚を確保できる場所や、土壌水分を調整する灌水設備を設けることで、この効果量を提示することも可能となることが予想される。

#### 4-4. 土壌以外の雨水貯留流出遅延に関与する仕組みと評価方法

屋上緑化は、植物と土壌の組み合わせで構成されており、雨水が鉛直方向に排水されて、底部のコンクリート層で勾配方向に排水される。また見切り材の排水口の構造によって排水の遅延を起こす仕組みを施すことも可能となる。このように複数の要素技術が組み合わさって、屋上緑化の雨水貯留流出遅延は起きる。

屋上緑化の雨水貯留流出遅延効果を検討するに当たって、主要な役割を示すのは土壌である。しかし、排水の仕組みによってそれにプラスされる要素技術が存在する。主要要素技術を列記すると下記ようになる。

##### (1) 排水層

建築物では、屋上コンクリート層に勾配を設けルーフドレンで雨水を排水する。屋上緑化においても、勾配方向への排水を促進させるため排水層を設置する。排水層は主に粒状排水層（黒曜石パーライト等）や板状排水層がある。板状排水層には、窪地を設けた貯水を併用するタイプも開発されている。



写真 4-2 粒状排水層※



写真 4-3 板状排水層（樹脂）

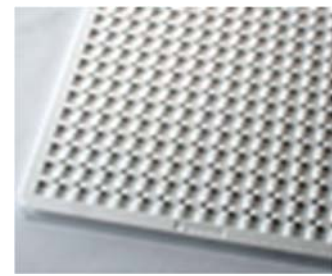


写真 4-4 板状排水層（発泡樹脂）

##### (2) 見切り材

屋上に土壌を盛土するに当たって、土留め材が必要となる。現場でコンクリートによって製作すること多いが、後付けで、見切り材を用いて設置することもある。見切り材には排水を行なうための排水口を設ける必要があるが、その排水面積や排水位置を調整することで、雨水の貯留を調整することが可能になる。



写真 4-5 ドレンカバー材



写真 4-6 GRC 製見切り材※



写真 4-7 見切り材設置状況

※Glassfiber Reinforced Cement（ガラス繊維強化セメント）



### (3) 植物

植物には、雨水に対して葉張りによる樹冠遮断や、吸水による蒸散作用などが期待される。屋上緑化に使用される植物はバリエーションに富んでおり、また経年によって緑被率も変化するため、その効果量の把握は難しいのが現状である。土壌基盤に比較して少ない量と予想されるが、効果量にどのように反映させるのが良いか検討する必要がある。



写真 4-8 アクロス福岡の経年による植栽変化



写真 4-9 けやき広場の経年による植栽変化

これらの要素技術を組み合わせた屋上緑化による雨水流出遅延効果量は、前述した数値よりも高いものと言える。排水層を組み合わせた（土壌基盤の排水における鉛直方向と勾配方向による）測定試験の事例を示す。

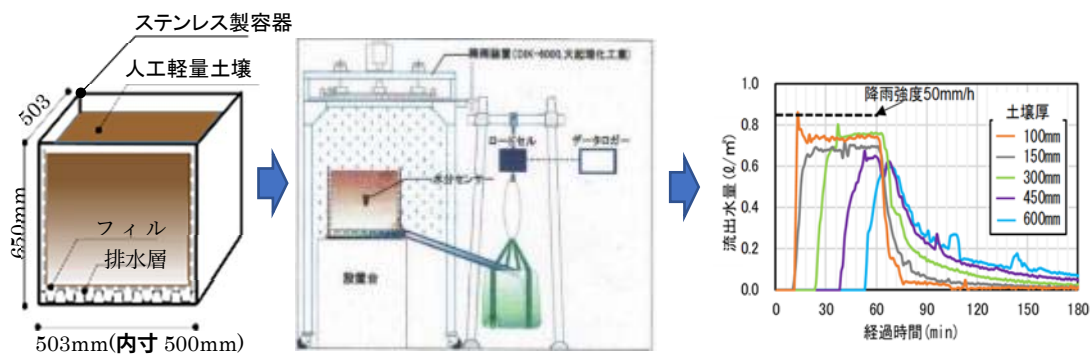


図 4-4 勾配方向の排水を含んだ試験体構成、試験方法、試験結果

表 4-4 試験結果の比較

| 土壌厚<br>(mm) | 鉛直と勾配方向の試験<br>( $\ell/\text{m}^2$ ) | 鉛直方向のみの試験<br>( $\ell/\text{m}^2$ ) |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 100         | 14.04                               | 8.00                               |
| 150         | 18.24                               | 12.48                              |
| 200         | —                                   | 14.71                              |
| 250         | —                                   | 17.96                              |
| 300         | 25.36                               | 19.64                              |
| 350         | —                                   | 25.47                              |
| 450         | 39.04                               | —                                  |
| 600         | 47.64                               | —                                  |

植栽基盤全体での評価としては、土壌単体よりもその効果量は増大する。今後としては、これらの要素技術を考慮した植栽土壌基盤の仕組みの効果量について明らかにしていきたい。

## 5. 海外事例

日本では、屋上緑化の効果としてヒートアイランド対策が取り上げられたが、海外では雨水貯留効果が最も高く評価されている。年間降雨量の中、どの程度流出抑制したかの実測値で評価している。アメリカ合衆国、ドイツ、イギリスの概要を示す。

欧米では、グリーンインフラの一環として、屋上緑化による雨水保持機能が注目されており、その調査事例も多い。雨水保持機能は、実施設における年間保持率、即ち、1年間の屋上への雨水量に対する、屋上緑化で保持された水量の比率（（屋上への雨水量－屋上流出水量）／屋上への雨水量）で評価されることが多い。

1987～2003年の調査事例を用いたドイツの研究<sup>1)</sup>では、屋上緑化の年間雨水保持率は、75%（集約型屋上緑化基盤厚の中央値15cm）～45%（粗放型屋上緑化基盤厚の中央値10cm）と報告されている。また International Storm water Best Management Practice database を用いた米国 Syracuse 大学の調査<sup>2)</sup>では、屋上緑化による年間雨水保持率は、施設ごとの平均は52%であるが、その第1四分位は35%、第3四分位は85%であったことが報告されている。日本では雨の降り方や雨水量なども異なるため、そのまま当てはめることは難しく、日本の状況に応じた雨水保持機能のデータの蓄積が必要と考えられる。

以下、米国での具体的な測定事例、およびドイツ、イギリスの屋上緑化の雨水保持機能に関するガイドラインについて紹介する。

### （1）アメリカ合衆国

#### 1) ポートランド市<sup>3)</sup>

ポートランドでは様々なグリーンインフラを用いた雨水管理の取り組みを積極的に行っている。屋上緑化(Eco roof)はその中の重要な施策の一つであり、市内の屋上緑化施設での雨水保持機能や屋上からの流出水の水質などを測定している。ここでは、最も長期的に調査が行われているハミルトンアパートメントの調査結果の例を示す。なお、ポートランドの年平均雨水量は約900mmであるが、夏季（5～10月）230mm、冬季（11～4月）670mmと冬季のほうの雨水量が大きくなっている。

（内容）

- ・調査対象：ハミルトンアパートメント（10階建）エコルーフ西側（東側もある）
- ・植栽基盤：  
①厚さ 10～11.5cm  
②素材：繊維 20%、コンポスト 10%、パーライト 22%、砂質壤土 28%、他  
③西側 243m<sup>2</sup>
- ・植物種：75種（ブルーフェスク、セダム、アイスプラント、コモンタイムなど）
- ・調査期間：2002年～2012年（10年間）

- ・モニタリング方法：敷地内の降雨量に対するドレン排出量の測定。
- ・調査結果：①雨水保持率は年間 50%、夏季（3－10 月）は 80%、冬季（11－4 月）は 42%であった。
- ②10 年間で 25.4mm/h(1inch/h)以上の雨水時の平均ピーク流量減少率は、96%であった。

## 2) ペンシルバニア州立大学

ペンシルバニア州立大学の Robert D. Berghage らによる、ペンシルバニア州ステートカレッジで、屋上緑化されたコンテナハウスを用いた測定結果の報告である。屋上緑化により調査期間中の雨水量の 50%が保持され、流出のピークも遅くなり、その流量も減少したとしている。なお、測定が行われた地区の年平均雨水量は 985mm であり、1 年を通じてほぼ同等であるが、5 月から 7 月にかけては他の月よりもやや多い。なお本研究は、米国 EPA（環境保護庁）が研究管理したものであり、EPA 文書として公表されている<sup>4)</sup>。

（内容）

- ・調査対象：1.8×2.4m のコンテナハウスの屋上緑化（屋上緑化 3 戸、緑化なし 3 戸）
- ・植栽基盤：9～10cm 厚の土壌層（コンポスト堆肥を加えた粘土焼成粒）
- ・植物種：90% *Sedum spurium* +5% *Sedum album* (シロバナマンネングサ)
- ・調査期間：2005 年 1 月～2005 年 11 月
- ・モニタリング方法：屋根からの流出水を容器（230L）に受け、その水位を圧力式センサーで測定・記録（分解能 0.5mm）。
- ・調査結果：①期間中の総雨水量（683mm）の 50%以上を保持および蒸散で排除（流出削減）。
- ②夏季には雨水量の 95%を保持し、冬季は 20%以下の保持量であった。
- ③流出水のピークは遅くなり、ピーク流量も小さくなった。
- ④雨水強度が大で、短時間の降雨（25mm、30 分間）のほうが、雨水強度は弱い総雨水量が大きい、長時間の雨水（67.3mm、8 時間）より、ピーク流量は減少した。
- ⑤流出量は屋上緑化施設が飽和するまで減少し、飽和した時点で雨水量とほぼ同じになる。
- ⑥屋上緑化からの流出水には他の緑化施設と同等の栄養塩等が含まれるが、流出量が少なくなる分、負荷量の減少となる。

## （2）ドイツ

ドイツでは、1970 年代から屋上緑化への積極的な取り組みが開始され、1975 年には屋上緑化の技術的ガイドライン FLL Guidelines<sup>5)</sup>（FLL：Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau eV、The German Landscape Research, Development and Construction Society、ドイツランドスケープ研究・開発・建設協会、

Richlinien für die Planung, Ausführung and Pflege von Dachbegrünung：屋上緑化設計・施工・管理ガイドライン)が作成された。このガイドラインは欧米各国で参考にされている。

ドイツでは、屋上緑化に期待される効果として、極めて重要とされるものが雨水排水量の減少であり、雨水流出時間の遅延である。これらの効果を確認するために、最大貯留量、浸透能、流出係数、流出遅延時間、年排水係数に関する基準値が設けられている。

ドイツでは屋上緑化推進のために何らかの助成制度が設けている自治体が多いが、助成のための条件として、流出係数や植栽基盤厚によって雨水下水道料金の減免率を変えているところも多い。FLL ガイドラインが示している年間雨水保持量と流出係数を下表に示す。なお、基準値は年間降水量 650～800mm の地域で、数年間のモニタリングを行って算出されたものである。また年間降水量の低い地域では保水率が高く、降水量が大きい地域では保水率が低くなる。

表 5-1. 屋上緑化における年間保水率と流出係数

| 緑化タイプ | 土壌厚 (cm) | 年間保水率 (%) | 年間流出係数 |
|-------|----------|-----------|--------|
| 粗放型緑化 | 2－4      | 40        | 0.60   |
|       | >4－6     | 45        | 0.55   |
|       | >6－10    | 50        | 0.50   |
|       | >10－15   | 55        | 0.45   |
|       | >15－20   | 60        | 0.40   |
| 集約型緑化 | 15－25    | 60        | 0.40   |
|       | >25－50   | 70        | 0.30   |
|       | >50      | >90       | 0.10   |

### (3) イギリス

イギリスでは、屋上緑化の数が増えていることを反映して 2008 年に屋上緑化協会 (Green Roof Organization,GRO) が設立された。2009 年にドイツの FLL ガイドラインに基づき、英国市場に適合するように Green Roof Code<sup>6)</sup> が作成され、2014 年に改正されている。

屋上緑化は多くのメリットを有するが、洪水リスクの軽減が生物多様性やヒートアイランドの緩和などより先に挙げられている。屋上緑化による雨水保持量は、夏季には降水量の 70～80%、冬には 10～35%が保持可能とされているが、土壌層の厚さに応じて下表のような排出係数が示されている。

表 5-2. 降雨と流出率

| 屋上のタイプ         | 流出率 |
|----------------|-----|
| 標準             | 81% |
| 標準+50mm 砂利     | 77% |
| 屋上緑化+50mm 土壌層  | 50% |
| 屋上緑化+100mm 土壌層 | 45% |
| 屋上緑化+150mm 土壌層 | 40% |

## 〈参考文献〉

- 1) 藤田茂 著「日本一くわしい屋上・壁面緑化」(エクスナレッジ、2012 年)
- 2) 都市緑化機構特殊緑化研究会 編「Neo Green Space Design(4)」
- 3) 「東京都豪雨対策基本方針(改定)」 東京都都市整備局 平成 26 年 6 月
- 4) 「公共施設における一時貯留施設等の設置に係る技術指針」  
東京都都市整備局 平成 28 年 3 月
- 5) 日本建築学会環境基準 AIJES-W0003-2016「雨水活用技術基準」;  
日本建築学会, 2016 年 3 月
- 6) 田中享二, 松尾隆士: 屋根防水押え層の雨水排水の遅延効果; 日本建築学会構造系論文集, 第 565 号, pp25-31, 2003 年 3 月
- 7) 石原沙織, 松尾隆士, 宮内博之, 田中享二: 防水層押え層として芝生を用いて緑化された屋根の雨水排水遅延効果; 日本建築学会構造系論文集, 第 73 巻, 第 631 号, pp. 1475-1481, 2008 年 9 月
- 8) Driscoll, C.T., Chandler, Eger, D., C., Roodsari B.k., 2015. Green Infrastructure: Lessons from Science and Practice.
- 9) Mentens, J., Raes, D., Hermy, M., 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. Landscape and Urban Planning. 77, 217-226
- 10) Bureau of Environmental Services, City of Portland. 2013. 2013 Stormwater Management Facility Monitoring Report.
- 11) EPA, Green Roofs for Stormwater Runoff Control, EPA/600/R-09/026 | February 2009 | [www.epa.gov/ord](http://www.epa.gov/ord)  
(<https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/epa%20stormwater-sm.pdf>)
- 12) FLL, Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance—Green Roofing Guideline—, 2008 edition
- 13) Groundwork Sheffield, The GRO Green Roof Code (ISBN:978-9568378-1-3)



## おわりに

現在、都市に人が集まることによる問題が多く発生しており、環境面においては  
大気汚染、ヒートアイランド、都市型洪水等の問題が挙げられています。これらの  
問題に対し今までのグレーインフラからグリーンインフラへの転換が求められ、中  
でも都市型洪水における対策として、道路空間、建築外構空間での雨水浸透、流出  
遅延の対策がクローズアップされてきています。

建物の屋上空間においても、環境面に対する効果が認められ種々の条例などが出  
て緑化推進の方向が出ていますが、雨水貯留流出遅延に対する効果は大きく取り上  
げられていません。これは、今まで数値的根拠が明確に示されていなかったことに  
起因していると考えられます。本手引きを出し数値的根拠を示すことで屋上緑化の  
さらなる推進につながることを期待します。

屋上緑化は環境面において、建築物の所有者の利益だけでなく周辺住民のすべて  
が利益を享受できるものであり、公共的な意味合いが高いものです。そのことに対  
し公的なバックアップが必要となるはずで、ドイツにおける下水道料金の減免処置  
等の何らかの対応が望まれるところです。

特殊緑化共同研究会 運営委員長 藤田 茂

### □屋上緑化雨水対策検討委員会メンバー表

| 公益財団法人 都市緑化機構 特殊緑化共同研究会 技術評価分科会 |                |      |
|---------------------------------|----------------|------|
| 東邦レオ株式会社                        | 梶川 昭則          | 分科会長 |
| イビデングリーンテック株式会社                 | 飯嶋 貴之          |      |
| イビデングリーンテック株式会社                 | 安倍 翔平          | (前任) |
| 清水建設株式会社                        | 平野 堯将          |      |
| 清水建設株式会社                        | 米村 惣太郎         | (前任) |
| 住友林業緑化株式会社                      | 伊藤 英           |      |
| 住友林業緑化株式会社                      | 櫻井 健太          | (前任) |
| 住友林業緑化株式会社                      | 藤田 昌志          | (前任) |
| 田島ルーフィング株式会社                    | 小川 和人          |      |
| 株式会社富士植木                        | 小島 和夫          |      |
| 有限会社緑花技研                        | 藤田 茂           |      |
| レイソーラデザイン株式会社                   | 大森 僚次          |      |
| 個人会員                            | 石井 宏美          |      |
| 個人会員                            | 石原 沙織 (千葉工業大学) |      |
| 事務局                             |                |      |
| 公益財団法人 都市緑化機構                   | 今井 一隆          |      |
| 公益財団法人 都市緑化機構                   | 佐々木 康司         |      |

〔問合せ先〕

公益財団法人 都市緑化機構

特殊緑化共同研究会

東京都千代田区神田神保町 3-2-4 田村ビル 2 階

TEL 03-5216-7191 (代表)

FAX 03-5216-7195