

毛細管現象を活用した貯留雨水給水型緑化システムの 給水および蒸発散機能に関する研究

植木 恭子* 伊沢 輝**
福田 淳*** 中村 聡****

要約： 都市におけるヒートアイランド防止対策としての緑化および、都市洪水対策としての流出抑制のニーズが高まっており、それらを同時に解決するものとして、通常地下貯留・浸透施設の貯留材として利用されるプラスチック製充填体アクアトラップを応用した「貯留雨水給水型緑化システム」を開発した。本システムの雨水貯留給水性能を検証するために、技術研究所一般実験棟屋上に実証実験施設を設置し 2000 年 7 月～2001 年 7 月現在まで継続的に植栽生育実験を行っており、開放水面と貯留水を比較したとき、本システムの蒸発量と水温の日変化量は著しく小さいことがわかった。また実際の気象データを用いたシミュレーションにより集水面積を増やすことで雨水貯留機能および流出抑制機能が上がるということがわかった。

キーワード： ヒートアイランド、緑化、雨水利用、雨水流出抑制、貯留-蒸発散シミュレーション、毛細管現象

- 目次：**
- 1. はじめに
 - 2. 貯留雨水給水型緑化システムの概要
 - 3. 実証実験の結果
 - 4. 気象データを用いた貯留-蒸発散シミュレーション
 - 5. おわりに

1. はじめに

都市のヒートアイランド化対策としての緑化、特に屋上や高架橋の上下、壁面などの特殊空間における緑化工法が検討されており、そのなかでも積極的な灌水を必要としないセダム緑化や軽量の薄層緑化などが注目されている。しかし、都市化により自然物が減少したことが、ヒートアイランド化を引き起こしたという原因に立ち返れば、むしろ灌水を行い土壌や植物の葉面からの蒸発散を活発に行わせるような緑化が有効であると考えられる。

一方で、近年大都市での集中豪雨被害が多発しているが、既に下水道や河川の整備が進んでいる大都市圏では、対策として道路や公園などへの雨水一時流出抑制施設の設置が進められている。これらのことから雨水を一時貯留し流出抑制するとともに、貯留した雨水を積極的に緑化灌水に活用する技術が、求められているといえる。

そこで筆者らは、97%の貯留空隙を有するプラスチック製充填体アクアトラップ(AT-05：脚5本タイプ、以下アクアトラップとする)を用いて、貯留～給水までトータルにシステム化した「貯留雨水給水型緑化システム」を開発した。

2. 貯留雨水給水型緑化システムの概要

本システムは、下部雨水貯留部から上部植栽部へ、給水部材を用い毛細管現象を利用して適度な水分量で

給水するシステムである。図1に人工地盤上に設置する場合の概略図を示す。

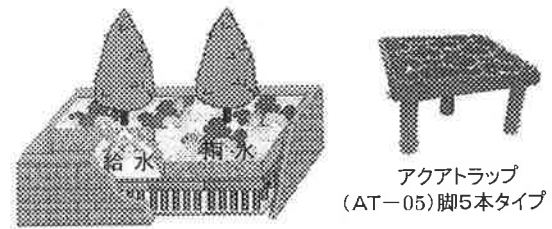
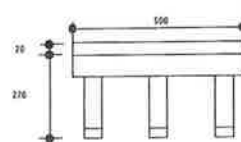


図1 貯留雨水給水型緑化システムの概要図



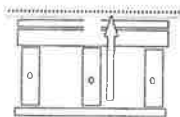
1ユニット=枠体+脚5本
(うち一本は給水部材)
重量：10.36 kg/m²
空隙率：97%

図2 プラスチック製充填体アクアトラップ(AT-05)

通常の底面給水システムとの違いは、貯留部が空隙率97%で、250mm程度の貯留水位が可能であり、かつ上部の植栽荷重を十分に支持しつつ、貯留した雨水を植栽部へ給水する機能も同時に保有するプラスチック製支持部材(アクアトラップ：図2)を用いていることにある。

地中であれば掘削部に遮水シートで仕切った凹部に、地上もしくは人工地盤上であれば立ち上げ壁を設け遮

水シートや防水工を施した箱部に、アクアトラップを設置し、その上部に植栽土壌を載せる。このとき、アクアトラップは雨水の貯留、上部植栽土壌の支持および、給水の3つの機能を有する。



脚(1本/ユニット)にガーデンロードを充填し、脚を通して上部植栽土壌に給水される

図3 給水部材の設置イメージ

給水部材は図3に示すように、多孔質土壌(ガーデンロード：(株)クリアテラネットワーク社製)をプラスチック製充填体の脚にセットしたものを、1ユニット(500×500mm)あたり1ヶ所程度設置する。植栽土壌も給水部材に用いたものと同様にガーデンロードを用いる。ガーデンロードは北海道火山噴出物を主成分とする給水性能と水分保持性能のバランスが優れた人工土壌であり、不織布を用いた場合に比べ、継続的に毛細管上昇効果を発揮する。また飛散しにくく、適度に樹木を支持する効果もあわせもっている。

3. 実証実験の結果

当社技術研究所(神奈川県相模原市)の屋上において2000年8月~2001年7月現在に至るまで、実証実験を行っている。実験の様子を写真1に、配置図を図4に示す。



図4 実証実験の配置図

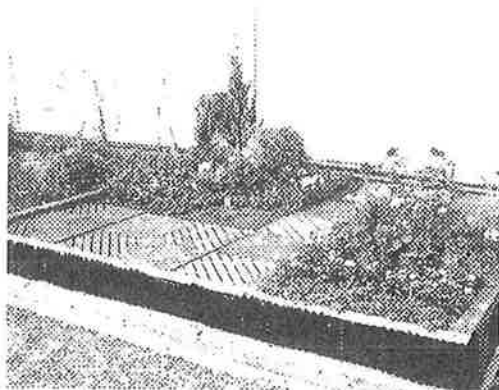


写真1 実証実験状況

既存の屋上であるので、荷重が制限されるため、貯留水深は12.5cmが最大になるように設置した。システムは3×2.5×0.3mであり、そのうち半分の面積の3.75m²はアクアトラップの脚を半分に切って凹部に土壌を投入し植栽部(土壌厚：10cm)とし、残りにウッドデッキパネルを設置した。

3.1 貯留水の蒸発量

図5に貯留水と実験エリアに設置した小型蒸発計蒸発皿(銅製、直径20cm、深さ10cm)における蒸発量の比較グラフを示す。

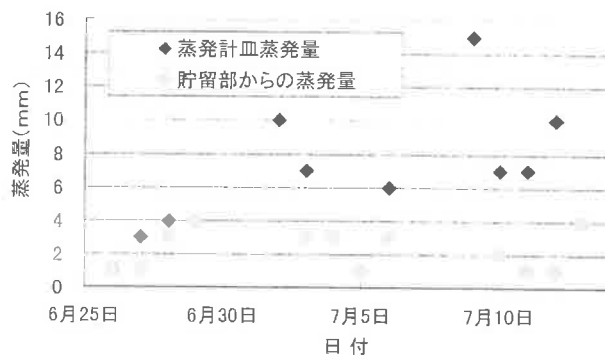


図5 貯留水と蒸発計の蒸発量の実測値

(期間中の雨量は0mm)

2001年6月25日~7月13日のデータ取得期間中、降水量はゼロであったので、単純に蒸発散量だけの变化によるものである。

参考までに表1にその期間の天候を示す。曇りの日は貯留水の蒸発量と蒸発計の値に開きがなかったが、晴天時にはその差が大きくなっていたことから、日射量や風が阻害されることで、本システムの蒸発量が抑制できていることがわかった。

蒸発量は日射量や風の他に気温や湿度などにも影響されるが、この期間における貯留水の蒸発量は、平均1.94mm/日であった。

3.2 温度の測定

屋上緑化が建物の冷暖房負荷の低減効果があることは、すでに多く報告されている。

図6に試験区画における温度比較を示す。本システムの貯留水の温度は、ウッドデッキパネル表面温度の日較差が30℃程度あるにもかかわらず、ほとんど変動しなかった。また、ウッドデッキパネル直下の温度が、ウッドデッキパネル表面の温度に連動し、20℃程度の幅で日変動しているにもかかわらず、アクアトラップ蓋(平板)下で水面より上の気温は貯留水と同様の

表1 天候

6月25日	曇
6月26日	曇
6月27日	曇
6月28日	曇
6月29日	晴
6月30日	
7月1日	
7月2日	晴
7月3日	晴
7月4日	晴
7月5日	晴
7月6日	曇
7月7日	
7月8日	
7月9日	晴
7月10日	晴
7月11日	晴
7月12日	晴
7月13日	晴

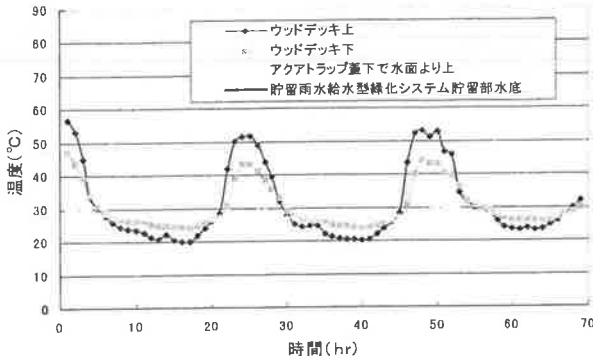


図6 システムの場所別温度比較

挙動を示している。このことは、全体面積の半分に施した、土壌被覆の効果によるものと考えられる。また、上面をウッドデッキパネルではなく、水分を適度に表面から蒸発させることができる植栽土壌で覆い、積極的に蒸発を促進させることで、周辺環境の温度低減効果を発揮するといえる。

図7に試験区近傍に設けた開放型池の水温の比較を示す。

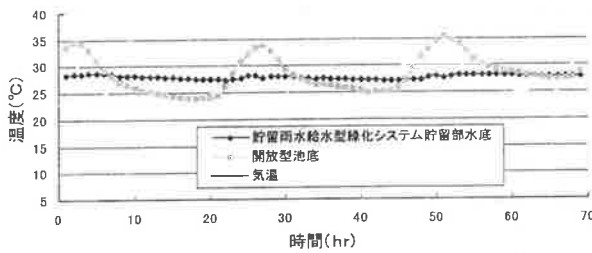


図7 システム貯留水と開放型池の水温比較
(2001年7月9日～12日)

開放型の池の水温は、約10℃程度の日較差があったことから、単純に水面が存在するだけよりも、土壌被覆した下部に水を保持する本システムを屋上に設置した場合、建物の温熱環境を一定に保つ効果があることがわかった。また建物外部環境に対しても、図5で連続して18日間降雨が無い状況においても、2mm程度の蒸発散を継続できることから、周辺の温度低減効果もあることがわかった。

4. 気象データを用いたシミュレーション

集水面積や貯留水深の設定を行うために、実際の毎日の気象データをもとに、シミュレーションを行った。

データは、茨城県日立市が公開している気象データ(1998年～2000年)を用いた。

4.1 給水機能の評価

シミュレーションは貯留部と植栽部を一体とみなしたタンクモデルにて行った。

$$A = A_0 + dA - E_T$$

- A : 貯留量
- A_0 : 前日の貯留量
- dA : 貯留増加分(降水量)
- E_T : 温度Tにおける蒸発量

毛管給水によって土表面が常に湿潤状態であるという仮定で、ハーモン式により、気温データと日照データを用いて蒸発量を算出した。

$$E_p = 1.40 D_0^2 \cdot P_1$$

$$P_1 = 216.7 \times (e_{SAT} / T + 273.15)$$

$$e_{SAT} = 6.1078 \times 10^{7.5T / (237.15 + T)}$$

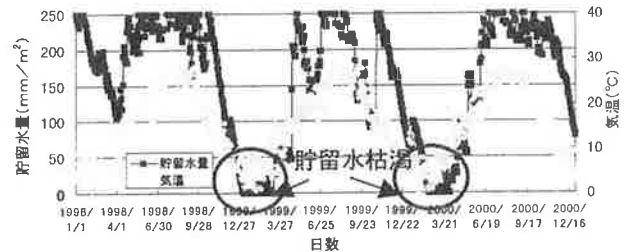
E_p : 日平均蒸発散量 (mm/day)

D_0 : 可照率 (12hr/day)

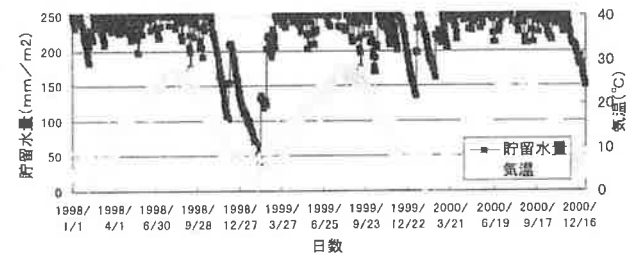
P_1 : 日平均気温に対する飽和絶対湿度 (g/m^3)

蒸発散量の計算は複雑であり、本式はかなり簡略化し、蒸発量も多少多め(=安全側)になるものである。

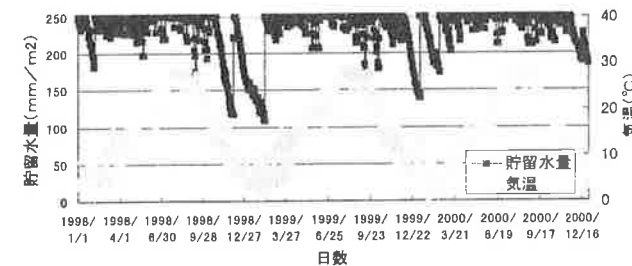
図8の①～③に1998年1月1日～2000年12月31日のデータを連続させて、初期貯留水位を250mmに設定したシミュレーション結果を示す。



①貯留量の変化(システム上面からのみ集水)



②貯留量の変化(蒸発面の5倍面積から集水)



③貯留量の変化(蒸発面の10倍面積から集水)

図8 集水面積による貯留量の違い
シミュレーション

(1998年1月～2000年12月の日立市データ使用)

①はシステムの上面のみの降水を貯留した場合である

が、3年間で2度貯留水が枯渇している時期がある。

②、③ではそれぞれ集水面積を5倍、10倍にしたときのものであるが、98年末から99年始めにかけておこった枯渇期がなくなっている。このことから、集水面積を広くする、すなわち屋根雨水等を積極的に導入することにより、本システムの雨水貯留性能が向上することがいえる。

4.2 流出抑制機能の評価

本システムは、降雨時水位にオーバーフロー管を設け、常時水位にオリフィスを設けて少量ずつ排水を行うことで、流出抑制機能を持たせることが可能である。例えば常時水位を250mm、システムの全体高さ500mmのうち降雨時水位を350~450mmとした場合、余分の100~200mm程度を流出抑制部として活用することができ、おおむねシステム1m²あたり0.1~0.2m³の流出抑制が可能である。

国土交通省が行った調査によれば、東京をはじめとする全国主要11都市の屋上緑化可能面積と高架上下の緑化可能面積をあわせると18,265.3haであり²⁾、これらのすべてに本システムを採用したとすると、約1,800~3,600万m³の流出抑制が可能である。

現在建設が進められている、環状7号線地下の地下遊水トンネルは約30万m³の貯留量があり、水1m³貯留するにあたっての建設費は13.7万円/貯留m³程度であるという³⁾。本システムはあくまでも緑化が目的であり、価格は一概に比較できないが、付随的に流出抑制機能を有することの意義はある。本システムで使用するアクアトラップ地下貯留槽が6~7万円/貯留m³である

謝辞

本研究は(株)クレアテラ、(株)明治ゴム化成との共同研究である。

参考文献

- 1) (社)雨水貯留浸透技術協会, 都市の水循環再生に向けて, p130 (平成10年11月)
- 2) 今井 一隆, 特殊空間緑化技術に関する調査研究, 日本緑化工学会誌, 第26巻, 第4号, p275-279, 2001
- 3) 柳田 友隆, 人工地盤の緑化に求められる新しい技術, 緑の読本, SERIES57, p95-98, 2001
- 4) 水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支—, 近藤 純正, p235-238, 朝倉書店, 1994
- 5) 水の気象学, 武田 喬男・上田 豊 他2名, p151-167, 東京大学出版会, 1992

Study on water supply and evaporation function of the planting system, which uses stored rain water and sprinkles by a capillary tube phenomenon

Y.Ueki ,A.Izawa ,A.Fukuda and S.Nakamura

In the system which sprinkles the stored rain water in the lower tank to upper plants by a capillary tube phenomenon , if making larger rain collection area than evaporation area, water supply function is demonstrated continuously. And compared with the open air pond the range of temperature change of stored water is small; there are also few amounts of evaporation.

ことから、都市内の未利用部を活用し、かつコスト的にも安価な流出抑制法は一考の余地がある。

常時水位を250mm、降雨時水位を350mmとした場合の先のデータを用いた流出抑制量シミュレーションで、集水面積を本システム上部面積1として、集水面積を変化させたときのグラフを図9に示す。

通常の降雨は数mm~10mm/hr前後であり、本システムで設定している流出抑制部は100mmであるため、集水面積が多いほど、流出抑制量の累積が増えている。流出抑制量を確保するためには、集水面積が広いほどその効果が高くなるといえる。

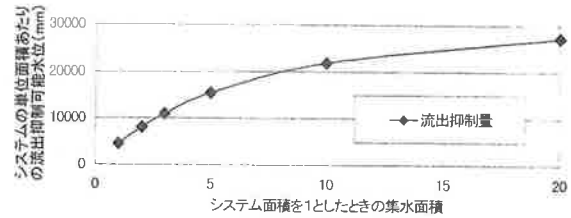


図9 集水面積とシステムの単位面積あたりの流出抑制量の比較

5. おわりに

本システムは、集水面積を蒸発面積(=システム上面)よりもできるだけ大きく設定し屋根雨水などを導入することで、より安定して給水機能を保持でき、流出抑制効率も向上する。貯留雨水が存在すれば、開放型の池よりも温度変動は小さく、真夏に連続して18日以上降雨が無いときも、常に2~4mmの適度な蒸発量を維持していたことから、建物の冷暖房負荷低減効果や周辺気温の低減効果があると考えられる。