

養液循環型栽培方式による 省管理型壁面緑化システムの開発

屋祢下 亮・江木和泉

都市部においてヒートアイランド現象を抑制する技術の一つとして期待されている壁面緑化について設置コストや維持管理作業の負担を低減するために、養液循環型栽培方式を取り入れた壁面緑化システムの開発に取り組んだ。また、開発した緑化システムの用途を拡大するために、様々な場面を想定して直置き型、自立型、壁取り付け型というようにシステムを改良し、性能実証試験を行った。その結果、いずれにおいても植物は順調に生育し、暑熱緩和効果を備えた緑化面を創出できることが明らかとなった。また、維持管理作業も低減できることが確認された。

キーワード：壁面緑化，養液循環型栽培方式，つる性植物，暑熱緩和効果，維持管理

1. はじめに

近年、都市部の気温が周辺の郊外に比べて高くなる、いわゆるヒートアイランド現象が都市部において人々の生活を脅かす深刻な問題になりつつある。その中で、ヒートアイランド現象を抑制する技術の一つとして、コンクリートやアスファルトといった人工被覆面からの顕熱放出を抑えることが期待できる都市緑化が着目されている¹⁾。

都市緑化は、大きく屋上緑化と壁面緑化に分けられる。いずれにおいても、コンクリートなど人工構造物を覆う植物や土壌が日射を遮蔽し、断熱材としても機能するため、人工構造物の表面温度が上昇するのを抑制すると言われている。また、植物の蒸散作用によって緑化面周辺の気温が下がることも、ヒートアイランド現象の抑制に寄与するとされている²⁾。近年では、熱的な効果だけでなく、修景を目的として屋上や壁面を緑化する事例も増えている。

国土交通省では、屋上・壁面緑化の推進に向けた取り組みの一つとして、平成16年以降毎年、全国の屋上・壁面緑化の施工実績に関する調査を行っている。現時点で、平成29年の調査結果（暫定値）が公表されているが、それを見ると、平成29年における屋上緑化の施工面積は23.1 ha、壁面緑化は5.5 haだった³⁾。また、屋上では毎年新たに20～30 haほどの緑化面が創出されているが、壁面緑化においては平成23年をピークに施工面積、施工件数とも緩やかに減少する傾向が見られる。

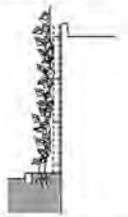
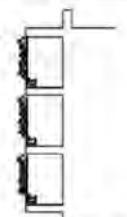
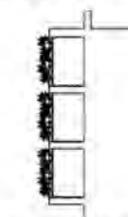
壁面緑化が屋上緑化ほど普及しない要因として、垂直方向に緑化面を設けるために、植栽基盤や給排水設備を配置するのにコストがかかってしまうことと、植物の維持管理に手間がかかってしまうことが考えられる。そこで、筆者らは、壁面緑化において、水耕栽培を応用した養液循環型栽培方式という栽培方法を取り入れた緑化システムを開発し、設置コストの低減と維持管理の省力化に取り組むこととした。

2. 壁面緑化の基本構成

新たに開発した壁面緑化システムを紹介する前に、一般的な壁面緑化工法の概要を記す。壁面緑化工法は、植栽基盤や植物を繁茂させるメッシュなど登はん補助材の取り付け位置によって、登はん型、ユニット型、および基盤取り付け型の3つ（表1）に分けることができる。登はん型は壁面の下端部につる性植物を植え付け、壁面に沿って登はんさせる工法である。ユニット型はプランターと登はん補助材が一体となったユニットを壁に沿って設置するもので、基盤取り付け型は予め基盤材に植物を植え付け養生したのち、基盤材ごと壁面に取り付ける工法である。

登はん型はつる性植物がネットなど補助材に繁茂して緑化面が形成されるため、意匠性に劣るが、ユニット型や基盤取り付け型においては、予め植物が繁茂したものを壁面に取り付けるため設置当初から意匠性の高い緑化面を提供することができる。但し、ユニット型や基盤取り付け型は壁面に沿って植栽基盤や給排水

表一 壁面緑化工法の概要

	登はん型	ユニット型	基盤取り付け型
概要	 地植えした植物を、壁面に設置したワイヤーなど補助材に登はんさせる	 補助材とプランターで構成されるユニットを壁面に設置して、植物を繁茂させる	 基盤材に植物を植え、水平面で養生したのち、壁面に取り付ける方式
意匠性	△	○	◎
設置コスト	◎	○	△
維持管理	◎	△	△

設備を配置しなければならず、維持管理する際に高所作業車を手配する必要があるなど、コストがかかってしまうという課題があった。そこで、筆者らは、設置時に完成度の高い緑化面を提供できるユニット型を開発対象として、コスト低減を図ることとした。

3. 養液循環型栽培方式を適用した壁面緑化システムについて

(1) 新たに開発した壁面緑化システムの構成

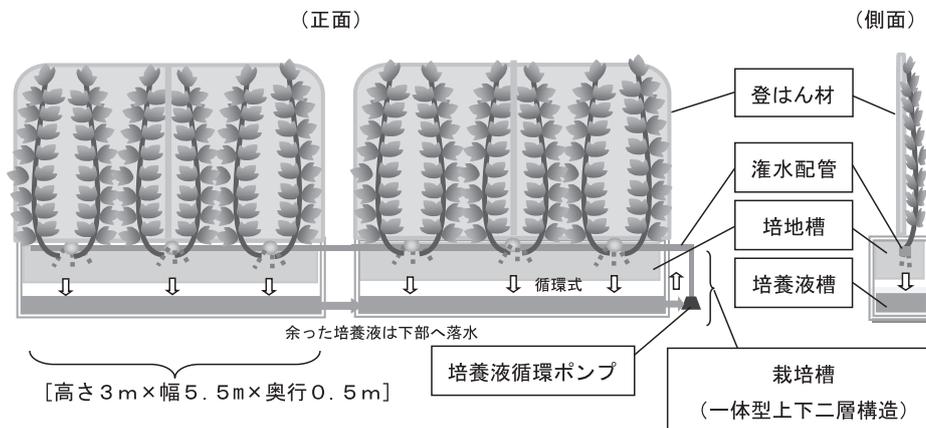
養液循環型栽培方式を適用した壁面緑化システム(以下「本システム」という)の概要図を図一に示す。本システムを構成するプランターは、植物を定植する培地槽と肥料成分を含んだ養液を貯めておく培養液槽が上下二層で一体になっている。また、プランター内、あるいはプランター脇に設置したポンプによって培養液槽から養液を汲み上げ、プランターの上面に配置した給水管を通して直接培地に散布し、余剰分を培地槽

底面の排水孔から回収するという、養液を循環利用する装置も組み込まれている。なお、プランターは発泡スチロール (EPS) の表面をFRP 塗装された資材によって製作されており、軽量で断熱性が高いという特性を備えている。

植物にはビナンカズラなどつる性植物を用い、プランターの上部に設置された登はん補助材にそって繁茂し緑化面を形成する。培地には軽石など排水性に優れた無機系資材を用いており、養液が培地槽全体にムラなく行き渡ることにより、均一な緑化面が形成されることを特徴としている。

(2) 直置き型壁面緑化システムとしての適用

本システムは植物を定植する植栽基盤、給排水設備、および登はん補助材が一体となっているため、建物周辺の舗装面など人工地盤に設置するだけで高さ2m程度の緑化面を創出することができる。筆者らは本システムにおける植物の生育状況や給排水設備の稼



図一 新たに開発した壁面緑化システムの概要図

働状況、および省管理性について評価するために、2016年9月に中国電力(株)のグループ企業が運営する宇品天然温泉ほの湯のエントランスに本システムを設置した(写真-1)。

宇品温泉においては建物の形状に応じて緑化面をL字状に配置した。L字の短手方向に幅1,390mmのプランターを1ヶ、長手方向には1,950mmのプランターを2ヶ設置し、各プランターの培養液槽を連通管でつないだ。養液を循環する設備として図-1のように、プランターの脇にポンプを設置し、灌水コントローラーと接続して、設定した時間帯に培養液槽からくみ上げた養液をプランター上面から供給することとした。また、植物に吸収された分の養液を補うために、養液を送り出す管の途中に上水と直結する管と電磁弁を取り付け、培養液槽に設置したセンサーが水位の低下を感知した際、水道水が補給されるようにした。

つる性植物が繁茂する登はん補助材として、高さ3mで短手方向には幅1.5m、長手方向に幅4mのステンレス製メッシュ材(網目15cm)を設置した。また、つる性植物として、径15cmポットで長さ2m以上に育成されたビナンカズラの長尺苗を全体で36株植えた。長尺苗を用いたため、設置当初から登はん補助材全体が植物に覆われていた(写真-1)が、設置してから2年が経過した時点でも、植えた株が枯損することなく横方向に拡がって被覆度の高い緑化面が形成されている。

緑化面の維持管理にあたっては、担当者が2週間に1回程度の割合で巡視し、その際、必要と思われる作業を適宜実施した。2017年5月～2018年2月の管理実績を記すと、つる性植物の誘引・剪定作業を11回実施し、病虫害は発生しなかったため農薬の散布回数は0回だった。また、定期巡視時に養液の濃度計測と

植物の葉色を確認し、EC値が0.7～0.9mS/cmになるよう10回ほど肥料成分を添加した。調査期間中、上水から補給された水量は0.83m³と非常に少なく、ポンプで養液を循環するために使用した電力量は22kWだった。このように、本システムを適用することによって、維持管理に手間やコストをかけずに被覆度の高い緑化面を維持できることが確認された。

(3) 自立型緑化施設としての適用

(財)都市緑化機構は、都市緑化等によるヒートアイランド対策や夏期の暑熱対策を推進するために、緑の持つ機能をより自由に、より簡易に都市内に取り込める新しい緑化技術の開発・発信を目的として、2017年度より民間事業者と連携して都内にて実証試験を行っている⁴⁾。

筆者らは、本システムのメリットとして、①暑熱緩和効果を高めるために登はん補助材を蛇腹状に配置し緑化面に厚みを持たせていること、②養液の循環利用と太陽光パネルの適用によって灌水作業の効率化・省エネ化を図れること、③貯水槽を含むプランターの自重によって登はん補助材を支えており風速34m/sの強風下でも倒れないことを提案し、2018年夏期に実施された第2回実証調査にエントリーした。その結果、実証パートナーとして選定され、2018年7月～9月にかけて東京テレポート駅前の「夢の広場」に試験体を設置した(写真-2)。

今年の夏は、7月の平均気温が平年に比べて3.1℃も高く、台風や気圧の谷の通過による強風や豪雨にさらされ、屋外にて植物を育成するには過酷な状況だった。その中で、実証試験が完了した9月4日まで植物は枯損することなく順調に生育し、緑化面を維持することができた。また、周囲の気温が34℃だったのに

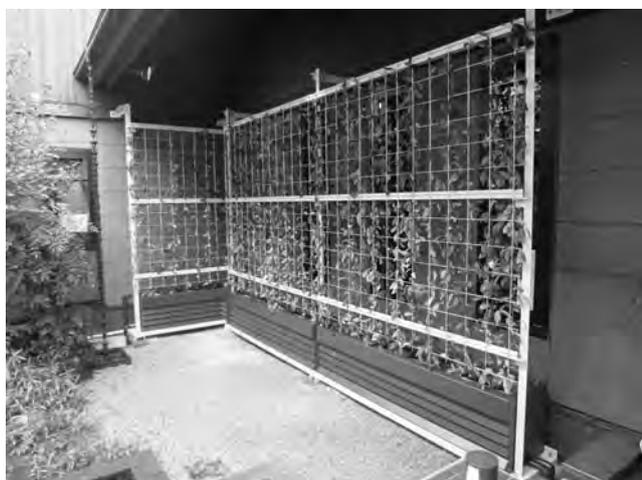


写真-1 宇品温泉ほの湯における壁面緑化システムの設置状況



写真-2 自立型緑化施設の実証試験状況

対して緑化面の表面温度は30℃程度で（自社計測値）、暑熱緩和効果を備えていることも確認できた。

(4) 壁取り付け型壁面緑化システムとしての適用

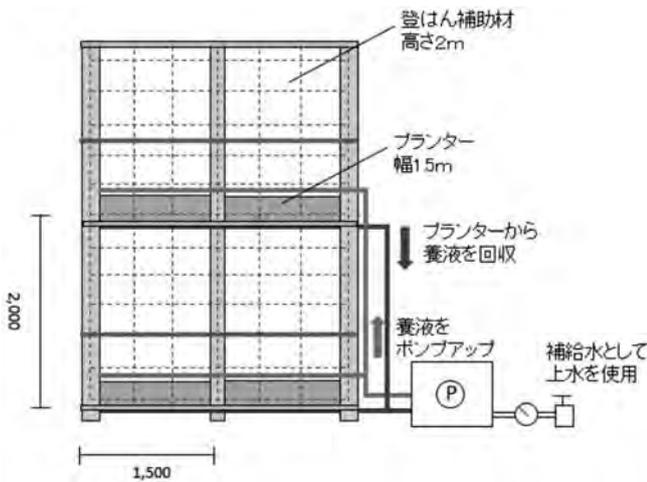
本システムの用途を拡大するために、壁面にそって垂直方向にプランターと登はん補助材を取り付け、3階程度の高さまで緑化できるようにシステムを改良した。壁取り付け型を設計するにあたって、荷重負荷が増えて緑化システムを支える部材が増大することを避けるため、プランター内に培養液槽を設けず、外付けの貯水タンクからポンプアップした養液を各プランターに供給し、余剰分をタンクに戻すようにした（図一2）。また、プランター内の余剰水を底面に接続した排水管から滞留することなく回収できるよう、プランターの底面を水平ではなく排水孔に向かって勾配が付くような形状にした（図一3）。また、見えがかりに配慮してプランターに接続した排水管を目立たなくするために、プランターの底面を欠き込んで、そこに

排水管を納めるようにした。

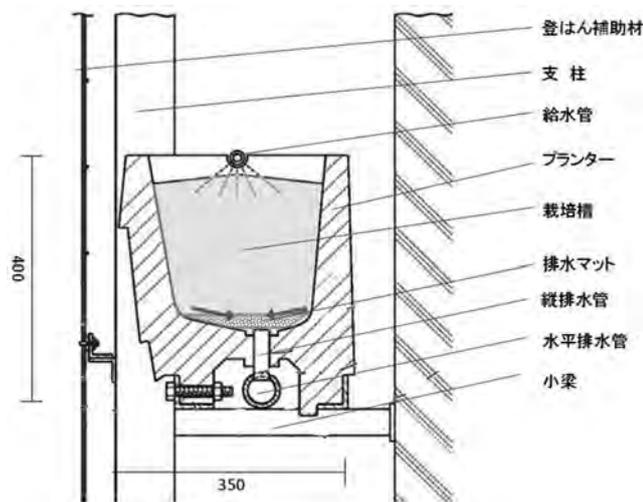
壁取り付け型に改良した本システムにおける植物の生育性や、緑化による暑熱緩和効果、および省管理性を検証するために、2016年10月に大成建設(株)技術センター研究棟の屋上にある塔屋の北東に面した壁面に実証試験装置を設置した。壁に固定した支柱を介して、幅1,450mm×高さ400mm×奥行385mmのプランターを上下2段2ヶずつ設置した。なお、上下のプランターの間隔は2mとした。また、つる性植物が繁茂する登はん補助材として、プランターの前面に幅3m×高さ4mのステンレス製メッシュ（網目15cm）を設置した。

壁取り付け型の性能検証試験では、植物の生育性を確認するために、高さ30cm程度のビナンカズラを植えたため植え付け当初の被覆度は低かった。しかし、植え付け初期に十分活着し、17年春からビナンカズラがつるを伸ばすようになり（図一4）、設置してから1年が経過するころには緑化面の60%を覆うほど植物が成長した（写真一3）。養液循環型栽培方式を採用することによって、高さ方向に2m間隔でプランターを設置しても、安定して緑化面を維持できることを確認した。但し、風の当り具合によるものと考えられたが、場所によって植物の生育に差が見られ、風の影響を軽減する対策を施す必要があると判断された。

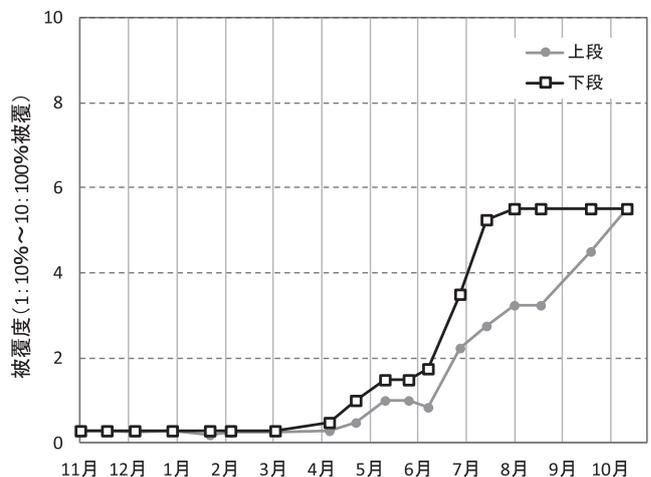
次いで、壁面緑化による暑熱緩和効果を確認するために、試験装置を設置した壁面にて、緑化していない壁面と緑化面の後ろの壁面に温度センサーをつけ、2017年7月から8月にかけて壁表面温度の推移を計測した。快晴日が連続した7月7、8日2日間における各計測点の温度の推移を図一5に示す。緑化することによって壁面の日平均温度が0.7℃、日最高温度



図一2 性能検証試験に用いた壁取り付け型のシステム概要図



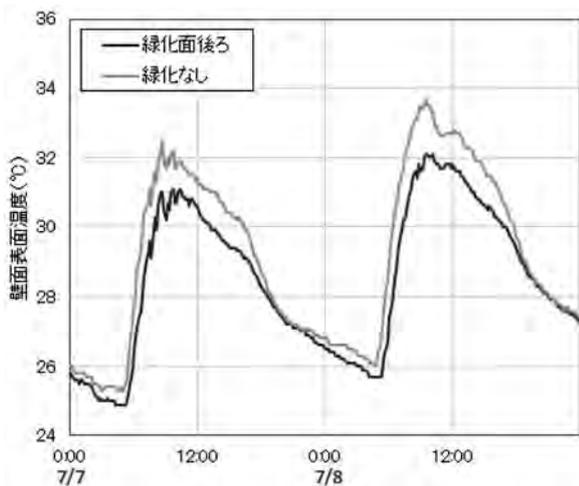
図一3 壁取り付け型に用いたプランターの形状



図一4 緑化面における植物の被覆度の推移



写真一3 設置から1年が経過した緑化面の状況



図一5 緑化の有無による壁表面温度の推移

は1.2℃ほど低下し、緑化によって日射が遮られ、壁面の表面温度上昇が抑えられることを確認した。

さらに、本システムを適用することによる省管理性について評価した。本システムによって削減された水道使用量を試算すると、散水スケジュール（2日に1回の頻度で15分間給水）より想定された給水量5,344 Lに対して上水からの補給水量は4,100 Lで、養液を循環利用したことによって水道使用量を23%ほど削減

できた。また、緑化面を維持管理するにあたって、施肥（追肥）を11回、誘引・剪定を2回実施した。これらの管理実績に基づいて、従来のユニット型壁面緑化に比べて本システムを適用することによって年間の維持管理費を15%程度低減できると試算した。

4. おわりに

壁面緑化における設置コストや維持管理作業の負担を低減するために、養液循環型栽培方式を取り入れた壁面緑化システムの開発に取り組んだ。また、開発した緑化システムの用途を拡大するために、様々な場面を想定して、直置き型、自立型、壁取り付け型というようにシステムを改良し、性能実証試験を行った。その結果、いずれにおいても植物は順調に生育し、暑熱緩和効果を備えた緑化面を創出できることが明らかとなった。また、維持管理作業も低減できることが確認された。

今後、2020年オリンピック・パラリンピック東京大会を契機に、ヒートアイランド現象への対応策を含む環境に配慮したまちづくりが求められるようになると予測され、対応策の一翼を担う都市緑化技術の一つとして本システムの普及に努めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 山田宏之：ヒートアイランド対策と都市緑化技術，都市緑化技術 66, 10-13, 2007.
- 2) 成田健一ほか：都市域における樹木の蒸散特性：オアシス効果に関する野外実験，日本建築学会環境系論文集 71, 59-66, 2006.
- 3) 国土交通省：平成29年全国屋上・壁面緑化施工実績調査結果とりまとめ，(http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000290.html)
- 4) 都市緑化機構：自立型の緑化施設 実証調査パートナー募集（第2回）～都市緑化による暑熱対策推進のために～ (<https://urbangreen.or.jp/info-grant/study/jisshochosa-partner2>)

【筆者紹介】

屋柙下 亮（やねした まこと）
大成建設(株) 技術センター
主席研究員



江木 和泉（えぎ いずみ）
中国電力(株) エネルギア総合研究所
研究員