

B-79 新しい水耕栽培システムによる 屋上緑化への試み

○伊藤 良文^{1*}・鎌田 素之²

¹関東学院大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 (〒236-8501神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)

²関東学院大学 工学部 社会環境システム学科 (〒236-8501神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)

* E-mail: m1045001@kanto-gakuin.ac.jp

1. はじめに

(1) 背景

近年、市街化が著しく進む都市部において、郊外に比べて平均気温が高くなるヒートアイランド現象が発生している。対策として自治体が屋上・壁面緑化を推進する為の助成金制度を設け、早急な対策を行なっている。しかし従来の屋上・壁面緑化は、荷重やスペース、メンテナンス等の問題から、設置場所の確保が困難である。その為、コストやメンテナンスの軽減を目的とした緑化システムである粗放管理型の薄層緑化の導入が増加しているが、必ずしも適切な方法が確立されているとはいえない。また、我が国では学習指導要領が適用される学校の全てで、2000 年から段階的に総合的な学習の時間が設けられ、環境問題への理解や解決に向けた取り組みとして環境教育が推進されている。

(2) 目的

本研究では従来の緑化システムの土砂の散乱、水漏れ、過度な荷重といった問題を解消できる新しい屋上緑化として水耕栽培システムの開発を行った。水耕栽培は、水温と溶存酸素濃度（以下 DO）の管理が重要であり、表面温度の高い屋上で水耕栽培を行う場合、水温と DO の管理が困難だったが、適切な植物を選定し、水を循環させることによってこれらの問題を解決した。加えて、従来の屋上緑化で課題とされてきたコスト、メンテナンスの問題を環境教育と結びつけ、参加型の屋上緑化として解消することを検討した。その為、装置は一般に入手が容易な部材を使用し、大学生が指導することで小中学生でも制作できることを念頭に作成した。緑化植物には暑さに強く栽培が容易であり、食用が可能な空芯菜(学術名 *Ipomoea aquatica*)を用いた。本装置を用いて植物を栽培することで、「作る・育てる・食べる」という3つのコンセプトで環境教育の教材として利用することが可能で

あると考える。今回は、本システムを利用した際の装置の特性や循環することによる DO の変化、現在実施中の中学校での屋上温度抑制効果や収穫した空芯菜の活用等について報告する。

2. 緑化システムについて

(1) システムの概要

軽量で安価な装置として、発泡スチロール製の箱（株式会社エスワークス社製）（以下ユニット）を使用し、装置を製作した。空芯菜は室内で発芽させ、根の長さが 10cm 程度になった物からユニットに移植した。

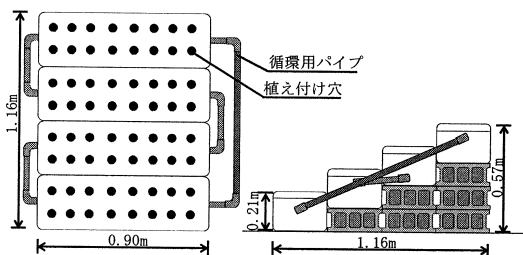


図1 実験装置の平面図・側面図

本装置を図1に示した。ユニットの蓋部分に直径13mmの穴を16箇所開け、空芯菜を植えた。ユニットは、図1に示すようにブロックを用い、階段状とし、4段を1系列とした。各ユニットには内径20mmの塩化ビニル管と塩化ビニル継手のソケット（共に三菱樹脂株式会社製）で連結し、接着剤等を使用しないで組み立てることが可能で、簡単に移動できる仕組みとなっている。また、装置内の水を循環して DO を確保する為、小型水中ポンプ（有限会社ブティオ社製）を使用し、下段から上段へ常時水を送る仕組みとなっている。尚、栽培面積は1系列

辺り 1.0m²である。

(2) システムの特性

ユニット内の水を循環させることによる DO の変化の一例として、2010 年 8 月 14 日～8 月 26 日までの DO 変化を図 2 に示す。実験装置には水の流量が異なる 2 系統の装置を用意し、各系統の流量を 60mL/sec (1 系)、30mL/sec (2 系) とした。また、循環の有無による DO の変化を測定する為の実験装置として、循環していない 1 ユニット (3 系) を用意した。測定には、DOMETER DO-24P (東亜ディーケーケー株式会社製) を用いた。

図 2 より、測定期間内における平均値は、1 系で 4.23mg/L、2 系で 3.40mg/L、3 系で 1.97mg/L と水を循環させることで DO に差が生じた。また、水の流量によっても DO の差が現れ、流量を 2 倍にすることによって、DO が平均で 0.8mg/L 上昇することが確認された。このように本装置のユニット内の水を循環させ、水の流量が多い条件で装置を稼働させることによって、高い DO で空芯菜を栽培できることが確認できた。

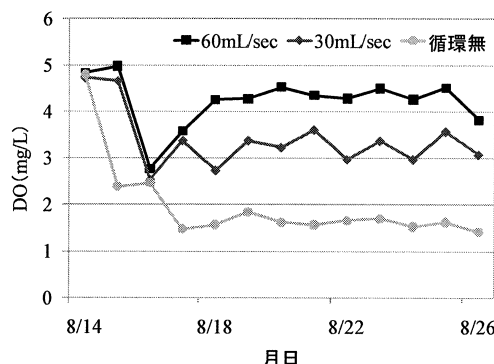


図 2 循環の有無による DO の変化

次に空芯菜を植えることによる養分消費量の一例として、2010 年 8 月 14 日～8 月 26 日の電気伝導率の推移を図 3 に示す。電気伝導率の消費速度は 0.065mS/cm/day となり、測定開始 10 日後辺りから消費速度が遅くなっている。このように水耕栽培では植物が 1 日にどの程度の養分を吸収しているかを簡単に確認することができる。

また、空芯菜からの蒸散量を測定する為、2010 年 8 月 15 日～8 月 26 日までの期間ユニット内の水位を測定したところ、単位面積当たり平均で約 15.4L/m²/day の蒸散量を確認できた。空芯菜の収穫量に関しては、およそ一ヶ月間で単位面積当たり 4.65kg/m² の収穫量を得ることができた。これは食用に出来ない部分も含めた値だが、空芯菜は繰り返し収穫ができる為、空芯菜を定期的に収穫して食用として利用することが可能である。

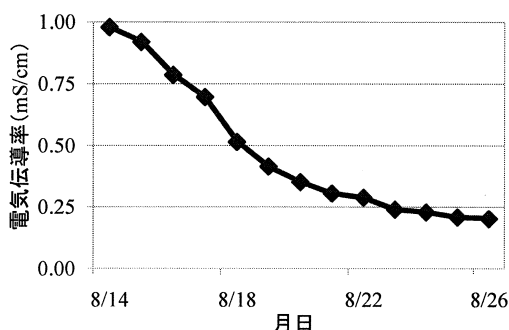


図 3 空芯菜の栽培による電気伝導率の推移

(3) 環境教育の教材としての活用

上記の実験を踏まえ、本研究で平成 21 年度まで行ってきた屋上面温度抑制効果¹⁾以外にも、環境教育の教材として利用できる可能性があり、検討した結果、以下の様なことが考えられた。

a) メンテナンス性の向上 (灌水頻度を減らせる)

土による屋上緑化は、定期的な灌水が必要で最近では自動灌水装置が一般的となっているが、コストが掛かる。しかし水耕栽培では、大容量のタンクを設置することによって灌水の頻度を少なくできる為、長期的な休みがある学校等の公共施設に設置する場合でも植物が枯れにくい。

b) 養分の管理

土で栽培する場合、植物が成長の為に必要な養分を正確に測定することは困難だが、図 3 でも示したように、水耕栽培では電気伝導率によって肥料濃度を管理する為、養分消費量を正確に把握できる。また、小中学生でも簡単に電気伝導率を測定することができる。

c) 蒸散量の管理

土で栽培する場合では、定期的に灌水する水量が決まっても、葉からの蒸散以外に土からの蒸発や地中への浸透がある為、植物自体が消費する水量を正確に測定することは困難である。しかし、水耕栽培では植物と水とが直接触れている為、2. の (2) でも示したように、蒸散量を簡便かつ正確に把握できる。また、ユニットを使用することによって土からの蒸散や浸透を抑制することができる。

d) 根の観察

土で栽培する場合、根の成長を見ることが困難であるが、水耕栽培では、植物の成長段階に応じて根の成長を観察できる。また、蒸散量と根の成長を比較することも可能で、根の成長に従って蒸散量も高くなる等、栽培学習の教材としても活用できる。

e) 工作のテーマ

本システムはインターネットやホームセンター等で簡

単に購入できる部材で装置の作成が可能であり、加えて大学生が指導することで小学生でも装置の制作が可能で、工作の教材となり得る。

これら以外に、設置やコストに関するメリットとして、土を使用した屋上緑化では、土の運搬が困難であるが、本システムでは、水の確保ができる空間の設置面さえあれば、設置に掛かる労力が大幅に低減できる。また、装置を自作する為、コストも抑えることができる。これらのことを踏まえ、環境教育の教材として実用性を検討する為、東京都の中野区立第十中学校に本システムと同様の装置を設置した。

3. 実施への設置

(1) 設置システムの概要

設置したシステムの平面図を図4に示す。上部の給水タンクから下部へ水を流し、小型水中ポンプにより上部のタンクに送ることで常時水を循環させるシステムとした。具体的には、2.で示した実験装置と同じサイズのユニットを使用し、11個を1列とし、3列で1系列、合計12列で4系列製作（計132ユニット）し、各ユニットは内径13mmの塩化ビニル管で連結した。ユニットの設置面積は36.5m²となった。装置上部に給水タンクとして90Lのポリバケツを設置し、下部のタンク内にはユニットを使用した。また、下部タンクの流量を調整する為に、上部タンクには流量調節ダイヤルを設置し、栽培面積や屋上の勾配に応じて循環する水の流量をコントロールできるようにした。

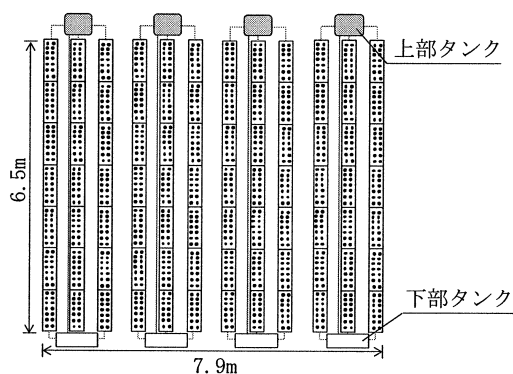


図4 設置システムの平面図

(2) 屋上温度抑制効果

緑化することによる屋上面温度の抑制効果を測定する為、空芯菜を植えた緑化区とは別に空芯菜を植えていないユニットを用意し、無対策区とした。測定機器には、HOBO ペンダント温度/照度データロガー(米国 onset

computer 社製) (以下データロガー) を用いた。緑化区及び無対策区の屋上面温度を図5に示す。測定期間内における平均値は、緑化区で31.5℃、無対策区で36.4℃となり、温度抑制の効果が最も顕著に現れた8月21日には、緑化区で37.2℃、無対策区で59.1℃と21.9℃の抑制効果を確認できた。これらの結果により、空芯菜を栽培することで、植物の被覆及び蒸散効果によって、建物の屋上面温度の抑制効果が示され、日中時間においては非常に高い効果が確認された。

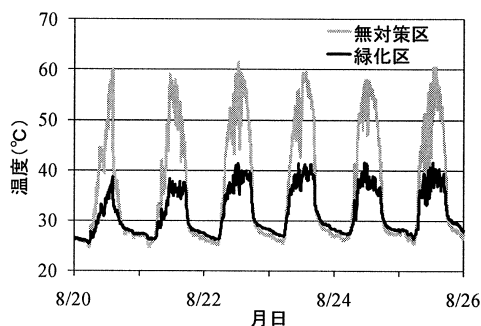


図5 緑化区及び無対策区の温度の推移

(3) これまでの取り組みと今後の予定

今回はシステムの加工を関東学院大学内で行い、組立は中学校の屋上で行った。システムの設置後、2010年5月11日と6月8日に空芯菜の植え付け作業を行った。植え付け作業には中学校近隣の町内会や中学校の教員が参加し、7月12日には空芯菜の収穫を行った。空芯菜は繰り返し収穫が可能であり、今回設置した装置の面積を考えると、定期的に給食の食材として利用することが可能である。

また現段階では、中学生が屋上に出入りし、作業を行うには危険が伴う為、授業内でシステムを見学する程度に留まっている。今後、学校側と具体的な教育プログラムを協議し、安全性が確保できれば、前述した特性を活かし、環境教育の教材としての活用や理科教育として植物を育てる栽培学習、生徒達が収穫した空芯菜を利用した調理実習等も可能であり、新たな参加型の屋上緑化として地産地消の取り組みや様々な分野への活用が可能と考える。

参考文献

- 1) 伊藤良文ら：空芯菜を用いた新しい屋上緑化装置によるヒートアイランド現象抑制効果, 第44回日本水環境学会年會講演集, p205, 2010.