

特集 「快適な都市環境をめざして」

底面灌水方式による屋上緑化システムの開発（その2）

— ポット栽培における共生微生物資材の効果 —



杉本 英夫



小宮 英孝



佐藤 久美子



久保 章
(本社建築本部
エンジニアリング企画部)



今井 達浩
(本社建築本部
エンジニアリング技術部)

Development of Rooftop Gardening System by Underground Irrigation with Textiles (Part 2)

— Effect of Symbiotic Microorganisms on Pot Cultivation in Low Fertility Soils —

Hideo Sugimoto Hidetaka Komiya Kumiko Sato Akira Kubo Tatsuhiro Imai

Abstract

This report describes the effect of symbiotic microorganisms for improving artificial soils for pot cultivation. The experimental artificial soils are light and have low nutrition value. Irrigation by an underground irrigation system with textiles has two schedules: 2 hours a day, and 24 hours a day in the dry season. The distribution distances from the irrigation pipe are 1.5m and 12m, and the tested periods are 3 months and 4 months, and one year and 3 years from 2002. The growth of examination plants with microorganisms was better than that without microorganisms for two watering schedules. It is suggested that symbiotic microorganisms can reduce the amount of chemical fertilizer for vegetation using artificial soils with underground irrigation systems with textiles.

概要

底面給水方式の灌水装置とポット植物による薄層緑化システムにて、肥料が少ない軽量土に共生微生物を利用する栽培を試みた。試験では、2002年から2004年までの3年間に3回の調査期間を設け、24時間連続の灌水を3ヶ月間と12ヶ月間、毎日2時間の灌水を4ヶ月間とした。いずれの灌水条件も、7月～9月の高気温の季節を含めた。共生微生物を接種した植物は、24時間連続の灌水および毎日2時間の灌水条件で、未接種の植物より良い生長を示した。共生微生物は、植物の生育に適した土壌水分状態にすると、効果が明瞭となった。その影響は、花や葉の数や大きさが増える、蔓が早く伸びる、葉緑が維持される、生長の個体差が減るなど、具体的な変化が確認された。よって、共生微生物を含む資材は、ポット栽培で、生育条件の改善に役立つことが示唆された。

1. はじめに

最近、限られた都市空間をより快適に利用するため、屋上緑化に関わる市民が増えつつある。緑地は、人工的な都市にあって、人間に安らぎと癒しを提供する貴重な空間である。行政では、屋上の高度利用が都市機能を高める一つの要素と位置づけ、屋上緑化を義務付ける条例や助成策を設け、都市緑地の増加を支援している。

屋上では、床面の荷重条件が制限されるため、緑化材料には軽量な土壌（以下 軽量土）が好まれる。一般的な軽量土は、自然土壌とは異なり、軽石や発泡焼成物などに少量の有機質や化学肥料などが配合された人工土壌である。緑化基盤は、軽量土でも薄層にするため、自然の

地面に比べると根群域が狭く、土の乾燥・湿潤が激しい劣悪な条件である。植物は、劣悪条件下で栽培されるため、一般的に生長が遅く、枯れにくい種類が好まれる。このように、様々な制約条件があるため、一般的な技術では多様化する市民のニーズへの対応に限界がある。

都市の緑化は、市民の間に多様な価値観を共有しつつ、常に成長している。屋上緑化は、緑地を眺めて楽しむことに加えて、菜園やガーデニングのように、自らが利用するケースが増えている。そこには、専門家がデザインした「静物」としての緑地から、自らデザインして「道具」として利用する緑地という嗜好の変化がある。多様な植物を栽培し、緑地の管理を趣味として緑化を楽しむ場合、誰もが緑地を楽しむことができ、かつ容易に維持

管理できる多機能な技術が必要とされると考える。

一方、最近の緑化技術には、劣悪な土壤条件の乾燥地の緑化¹⁾や斜面の緑化²⁾で、共生微生物を利用する技術が開発されている。共生微生物は、植物の根に根粒や菌根を形成して植物と共生関係をむすぶ微生物であり、その効果は、少ない水量、少ない肥料で、植物の生長を促進させることが期待される。また、前報³⁾の屋上緑化システム(以下 薄層緑化システム)は、導水シートを利用により、薄層の土壤条件でも灌水管理が容易なため、新しい緑化技術として注目を浴びている⁴⁾。ポット栽培が容易のため、ガーディニング感覚の緑化手法に使えるので、多様なニーズに応える。しかし、ポット栽培は、土の量が制限されるので、「灌水」や「施肥」など維持管理に手間がかかり、省力管理に課題がある。

そこで、共生微生物の資材をポット栽培に利用すれば管理を省力化できると考えた。本報告では、土の肥料分が少ない土壤条件で、共生微生物資材を利用した栽培試験の結果を述べる。

2. 共生微生物の薄層緑化システムへの適用性

2.1 目的

ここでは、共生微生物が人工軽量土で植物との共生関係を維持し、根粒・菌根が発達できることを検証するため、24時間連続灌水条件で試験した。

2.2 方法

2.2.1 試験に使用した人工土壌と試験植物 試験では、一般の微生物と粘土類の混入を極力減らした。使用した土壌は、パーライトと目土砂を容積比1:1で混合した人工土壌(軽量土A)である。パーライトは、真珠岩系で、直径5mm以下のもの。目土砂は、焼き砂(ゴルフ場サンドグリーン用)で、粒子が整い、粘土と有機質がほとんど無いもの。栽培ポットは、素焼鉢(5号)とワグネルポット(1/10000)を用い、軽量土Aの量は1鉢当たり約1Lとした。ポット断面をFig. 1に示す。鉢の底には土の流出防止のため赤玉土(中粒/直径10~20mm)を層厚2cmとし、表面には土の飛散防止のためレンガチップ(直径10~30mm)を層厚2cmに敷いた。水は、揚水布(幅2cm×長さ15cm)を通して、供給される。試験植物は、新しい緑化を目標に、屋上緑化で一般的でない種類を選んだ。Table 1に示す、ヒラドツツジ、サツキツツジ、ヤマモモ、マテバシイ、マツバギク、ガザニアとし、苗には事前に共生微生物を接種して、直径10cmのポット(約0.5L)で育てたものを供した。なお、苗に付着した培土は、移植の影響を軽減するため、そのまま利用した。

2.2.2 水分条件と観察 試験は、大林組技術研究所(東京都清瀬市)の屋上実験テラスに設けた、長さ15m×幅1.5mの薄層緑化システムを使用した。Photo 1に試験状況、Fig. 2にポットへの給水イメージを示す。試験開始から3ヶ月間は給水パイプαから、以降は給水パイプβ

から24時間連続的に給水した。導水シートの配水距離は、給水パイプαでは1.5m、給水パイプβでは12mとなる。観察は、2002年8月9日から2003年11月5日まで行った。植物

Table 1 試験植物と共生微生物
Tested Plants and Symbiotic Microorganisms

種類	属名	科名	共生微生物
木本	マテバシイ	<i>Pasania</i>	ブナ科
	ヤマモモ	<i>Myrica</i>	ヤマモモ科
	ヒラドツツジ	<i>Rhododendron</i>	ツツジ科
	サツキツツジ	<i>Rhododendron</i>	ツツジ科
草本	マツバギク	<i>Lampranthus</i>	ツルナ科
	ガザニア	<i>Gazania</i>	キク科
			外生菌根菌
			放線菌類(フランキア)
			エリコイド菌根菌
			エリコイド菌根菌
			VAM菌類
			VAM菌類

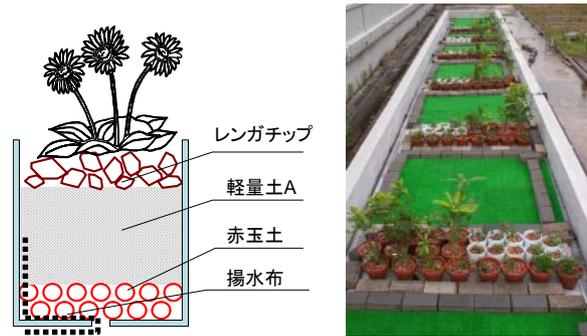


Fig. 1 ポット断面
Cross Section of the Pots

Photo 1 試験状況
Experimental Site

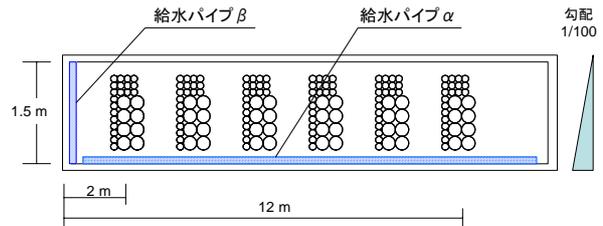


Fig. 2 試験区とポットへの給水イメージ
Irrigation Images of Examination Site

Table 2 試験植物の配置
Pots of Setting Distance from Irrigation Pipe α

属名	給水パイプβからの距離 (m)						合計
	2	4	6	8	10	12	
マテバシイ	2	2	2	2	2	2	12
ヤマモモ	2	2	2	2	2	2	12
ヒラドツツジ	2	2	2	2	2	2	12
サツキツツジ	2	2	2	2	2	2	12
マツバギク	10	10	10	10	10	10	60
ガザニア	10	10	10	10	10	10	60

※共生微生物の「有り」と「無し」条件は、各場所で、半数の個体数である。

Table 3 灌水スケジュール
Irrigation Schedule for Examination Periods, 2002-2003

試験開始から (2002年8月9日)	灌水期間	給水条件			
		頻度	給水	給水パイ	配水距離
~2002年11月11日	3ヶ月	毎日	24時間	α	1.5m
	~12月	毎日	24時間	β	12m
~2003年2月	2ヶ月	----- 断水 -----			
	2月~5月2日	毎日	24時間	β	12m
5月3日~5月6日	4日	----- 断水 -----			
5月7日~11月5日	6ヶ月	毎日	24時間	β	12m

は、葉色を1~5段階で記録し、高さと枝張幅を測った。気象は、気温、湿度、風速、日射を5分毎に記録した。土壌水分は、給水パイプβから8m地点のポットにテンシオメータを深さ7cmに埋め、pF値を30分毎に記録した。

2.3 結果及び考察

2.3.1 給水パイプαから3ヶ月間の灌水 Fig. 3に気温と土壌水分の記録を示す。2002年8月下旬~9月中旬は、最高気温が連日30℃以上を示した。日射量が多かった8月末、土壌水分はpF0.5~0.9の範囲で安定し、過湿状態^{5,6)}であった。植物は順調に生育し、一部に共生微生物の影響が表れた。マテバシイやヤマモモは、土壌水分が過多では共生微生物は十分に共生しないとされるが、いずれも共生を確認した。Fig. 4に、根粒が発達したヤマモモの生育記録を示す。初期値から観察時のデータを差引いて生長量を比較すると、共生微生物「有り」の条件では、高さや枝張幅の標準偏差が「なし」に比べて小さくなった。葉色は「有り」で黄化はないが、「なし」では黄化が確認された。これより、共生微生物が共生した植物は、肥料に乏しい軽量土で過湿な水分条件でも、生育が健全化することが分かった。

2.3.2 給水パイプβから12ヶ月間の灌水 給水パイプからの距離で、植物の生育差が見られた。Fig. 5に、ヤマモモの生育記録を示す。「有り」では「なし」に比べて、幹の伸びがよく、葉の数も多くなった。これより、共生微生物の効果が、1年以上継続することが分かった。

3. 共生微生物資材の添加による生育への影響

3.1 目的

ここでは、養分補給を期待する、共生微生物資材を使用してポット栽培試験を行い、その影響を調べた。

3.2 方法

3.2.1 試験に使用した人工土壌と試験植物 人工土壌は、多孔質の軽石に有機質が配合された市販の軽量土B(ピバソイル)を使用した。Fig. 6にポット断面を示す。Table 4に試験植物を示す。植物は、草本9種と木本5種の計14種類である。栽培ポットは、プラスチック製の鉢(7号)を用い、苗の土は落とさず移植し、軽量土Bは1鉢当たり約3L使用した。生長の個体差の影響を減らすため、共生微生物資材の「有り」で10個体、対照の「なし」で各10個体とし、植物種毎に合計20個体とした。微生物資材は、市販のVAM菌類(テクノキンコン)を、1鉢当たり40g使用し、苗を鉢に移植するときの軽量土に入れた。

3.2.2 水分条件と観察 Table 5に灌水条件を示す。試験は2004年6月8日から開始し、ポット設置後の1ヶ月間は、養生期間として、24時間連続灌水した。開始1ヶ月後(2004年7月9日)からの灌水は、定時方式に切り替え、毎日2時間で約10L/m²の灌水を実施した。ポットの土壌水分は、テンシオメータを深さ10cmに埋め、試験区中央部

のポット4ヶ所で、pF値を30分毎に記録した。観察は、2004年7月1日から10月14日まで毎週1回、以降2005年3月まで2週間毎に1回実施した。観察時の記録は、定性的な花・葉の数や色、蔓の長さを計った。花を鑑賞するサフィニアとガザニアは、観察時に花柄を切り、萼を含む花卉部分を全量収穫して、重さ(生重)を計った。

3.3 結果と考察

3.3.1 給水パイプαから定時灌水 2004年7月下旬~8月中旬は、最高気温32~34℃、日照時間が8時間以上の

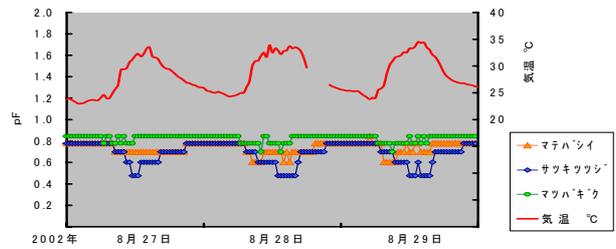


Fig. 3 2002年夏季、気温とポット内のpF値 Temp. & Soil Moisture Condition on Dry Season, 2002

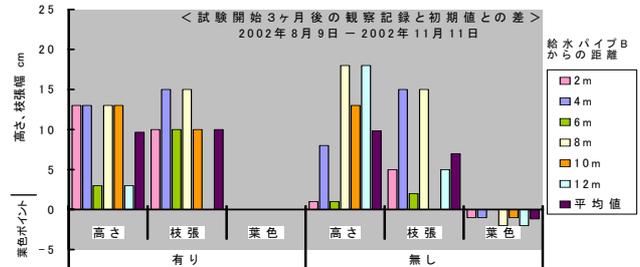


Fig. 4 ヤマモモの生育/試験開始3ヶ月後 Growth of *Myrica rubra* after 3 months

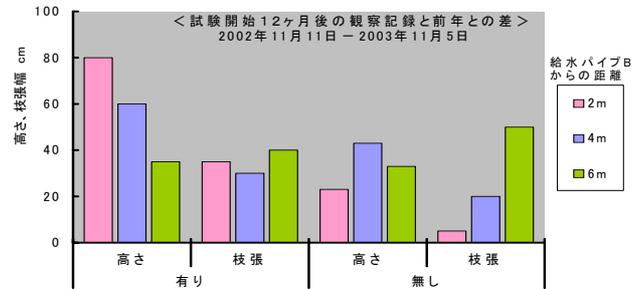


Fig. 5 ヤマモモの生育/試験開始12ヶ月後 Growth of *Myrica rubra* after 12 months

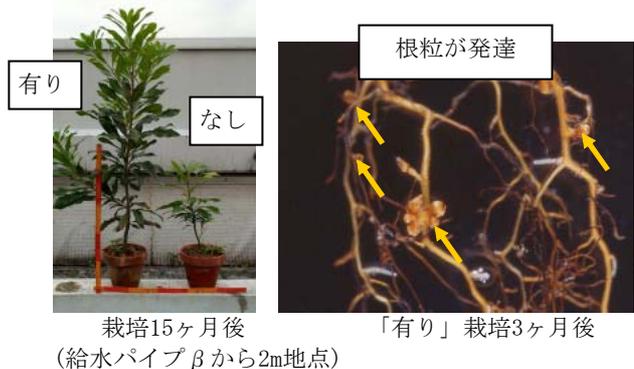


Photo 2 ヤマモモと共生微生物 *Myrica rubra* of Distance 2 m from Irrigation Pipe β

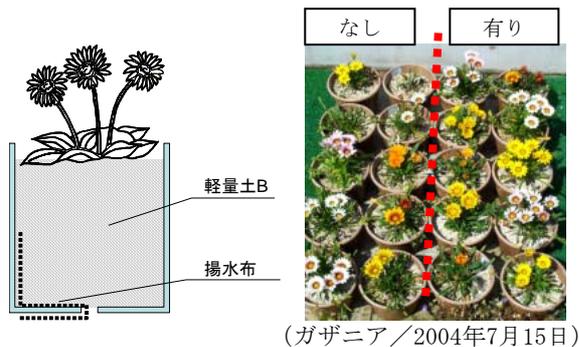


Fig. 6 ポット断面 Photo 3 設置状況
Cross Section of the Pot Examination Image

Table 4 試験植物の種類
Tested Plants

種類	属名	科名	苗鉢サイズ cm	合計
草本	アスチルベ	ユキノシタ科	10	20
	アルテミシア	キク科	10	20
	ガザニア	キク科	10	20
	クレマチス	キンボウゲ科	10	20
	サフィニア	ナス科	10	20
	ツツブキ	キク科	10	20
	バーベナ	クマツヅラ科	10	20
	ピオラ	スマシ科	5	20
	テイカカズラ	キョウチクトウ科	10	20
	ピンガミノール	キョウチクトウ科	10	20
木本	ブルーベリー	ツツジ科	15	20
	ヘデラ・ヘリックス	ウコギ科	10	20
	ラベンダー	シソ科	15	20
	ローズマリー	シソ科	10	20

Table 5 灌水条件
Irrigation Schedule for Examination Periods, 2004

試験開始から (2004年6月8日)	灌水期間	給水条件			
		頻度	給水	給水パイプ	配水距離
~7月9日	1ヶ月	毎日	24時間	α	1.5m
~12月11日	5ヶ月	毎日	2時間	α	1.5m

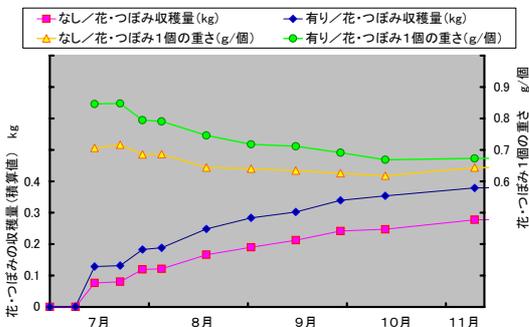


Fig. 7 ガザニア/花・つぼみの収穫量と1個の重さ
Amount & Weight of Calyxes of *Gazania*, 2004

酷暑条件であった。土壌水分の日変動は、pF2以下を維持し、夏季の温室におけるポット栽培の適正值⁷⁾の範囲であった。これより、給水パイプ0.3~1.5mの範囲で距離によらず適正な水管理がなされていたことが分かった。

3.3.2 共生微生物の植物への影響 植物は順調に生育し、大半の植物に共生微生物の接種効果が表れた。Fig. 7に、ガザニアの花の収穫量を例示する。共生微生物「なし」の条件に比べ、花の数が増えてサイズも大型となる状況が、栽培開始1ヶ月後の7月に顕著になり、その影響は開花しない11月までの約3ヶ月間持続した。サフィニアでも同様に花の数に差が出た。しかし、ツツブキでは開

花前の葉色や葉数に差が出て、開花が始まる11月からはその差が小さく、花芽も明瞭な差が見られなかった。共生微生物の効果を整理すると、「なし」の条件より、花や葉が増える、蔓が早く伸びる、葉緑が維持されるなど、植物の種類により目立つ点は様々であるが、生理現象を大幅に変える影響がないことも分かった。

4. まとめ

今回の結果より、薄層緑化システムでは、人工軽量土を用いたポット栽培で、夏季の高気温条件でも植物栽培に適正な灌水管理を行えることを確認できた。共生微生物が植物に共生した条件では、生育が促進されることも分かった。しかし、このシステムで植物を栽培した場合、今回利用した共生微生物資材では、水が少ない条件下では影響が明確でないこと、効果の持続性や耐久性などの課題も明らかになった。

今後は、培土や植物の種類を変えた栽培試験など、実用時の課題を明らかにする。そして、様々な種類と効果があるとされる共生微生物の特性を見極めつつ、肥料や散水管理が少ない省力栽培技術を開発し、美しい緑地を簡単に造れるシステムの実現に努力していきたい。

謝辞

この成果は、平成14年度~平成16年度までの3年間、関西電力株式会社と大阪ガス株式会社との共同研究「共生微生物を利用した屋上緑化技術」の一部である。関西電力株式会社 研究開発室電力技術研究所環境技術研究センター、並びに、大阪ガス株式会社 エネルギー技術研究所環境技術TBU、株式会社環境総合テクノス 環境共生部 創造統括グループ と 生物環境研究所、株式会社テクノグリーン環境資材部の方々に、この場を借りて深くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) Kawamoto, Kurusu, et. : Effect of Symbiotic Microorganisms and Partial Hydroponics on the Growth of Tree Seedlings under Arid Conditions, 沙漠研究 Vol.12 No. 4, p. 195~201, (2003)
- 2) 久保, 河島: 微生物を利用した化学肥料削減緑化工法, 日緑工誌 第28巻 第4号, p. 497~500, (2003)
- 3) 杉本, 赤川, 他: 底面灌水方式による屋上緑化システムの開発, 大林組技報 No. 65, p. 1~6, (2002)
- 4) 環境技術情報ネットワーク: 都市の緑化-屋上緑化, 壁面緑化等の技術-, 環境技術ライブラリー No. 23, http://e-tech.eic.or.jp/libra/lib_23/lib23.html, (2005)
- 5) 農業土木学会: 農業土木ハンドブック, (1990)
- 6) 松口, 他: 土壌構造と微生物の生育, 土壌の物理性 第28号 p. 9~14, (1973)
- 7) 塚本: 花卉園芸大辞典, 養賢堂, p. 120~127, (1984)