

多層通年植栽工法の屋上緑化への適用性と温熱環境緩和効果に関する研究

脇阪拓彰¹・唐木多喜秀²・岡村昇治³・伊藤謙⁴

¹滋賀県・²アメニティプラン・³ナカコー・⁴摂南大学

1. 目的

屋上緑化は、都市部において発生しているヒートアイランド現象などの苛酷な温熱環境の緩和効果が期待されている。

屋上緑化は都市化と両立できる環境改善技術であり、そのひとつに多層通年植栽工法と呼ばれるものがある。これは植物を立体的に考え、宿根草や常緑植物を組み合わせ使用して、季節ごとに順次花が咲くように設計されたものである。この方法は従来の単体植物による緑化に対して、多種の植物による自然な景観効果、表面に安定した被覆を確保することができるので、植物同士の間隙干渉による雑草の繁殖抑制効果や、雨風による土壌の飛散を防ぐ利点がある。

また、景観形成や維持管理が低コストであること等にも優れた工法である。多層通年植栽工法は主に道路緑化に利用されてきたが、近年は屋上緑化での使用が増加している。

本報告は、多層通年植栽工法の屋上緑化への適用性を検討するため散水量などを変化させた長期観測の結果を紹介するものである。

2. 観察方法

2.1 観察条件

本研究の観察は摂南大学 12 号館屋上ヤードで実施した。図-1 に屋上ヤードの全体図を示す。本報告の観察対象は、緑化ヤード No.43、44(2.06m×1.75m、土壌厚 t=5.7cm)、No.61、64(2m×2m、土壌厚 t=6.5cm)の 4 つのヤードである。なお、No.43、44 は 2004 年度に、No.61、64 は 2005 年度に作成された。

表-1 に示すとおり、No.43 と 44、61 と 64 はヤード作成と同時に、それぞれ同じ土壌厚で植物も同じ数を植えた。表-2 にドリップチューブ式散水装置による各ヤードの 1 日あたりの散水量を示す。これら 4 つのヤードを、散水の無いヤード (No.44) と散水の少ないヤード (No.64)、そして散水の多いヤード (No.43、61) とした。

a) 目視観察

各ヤードに植栽した植物の生長の指標として、開花量を観察記録し、気象状況や散水量の違いから屋上環境に適した植物の検討を行った。また、散水の無い条件下でのタイム・ロンギガウリスの株の生長を茎の伸びよりノギスで計測し、1 年間記録した。

b) 温度測定

晴天日の 14 時を基準として対象植物とコンクリートの表面温度を多点放射温度計により測定した。この機器は撮影場所の温度分布とその状態を同時に撮影・記録できるものである。ヤード表面温度は植栽が多く地表面を覆っている地点で測定を行った。

2.2 観察対象

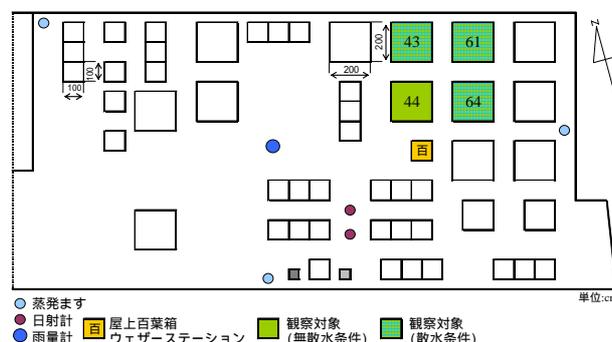


図-1 摂南大学 12 号館屋上全体図

表-1 2004~2005 年度に植栽した植物 (単位:株)

植物名	ユニットNo.	43	44	61	64
オキザリス・オマー		80	80		
オキザリス・ブラジリエンス		36	36		
オキザリス・フラバ		20	20		
タイム・ロンギガウリス		12	12	14	14
ハクリユウ		8	8		
ヒメツルニチニチソウ		12	12		
リシマキア・ヌムラリア		12	12	10	10
アネモネ				25	25
キチジョウソウ				20	20
コモンスピードウェル				6	6
スイセン・テターテート				10	10
ゼフィランサス・カリナタ				10	10
ゼフィランサス・シトリナ				10	10
ネジバナ				3	3
ハナイチゴ				2	2
ポテンチラ・ベルナ				6	6

表-2 各緑化ヤードの 1 日あたりの散水量

a)2006 年度						
期間	4/1~7/31	8/1~8/18	8/19~8/31	9/1~9/30	10/1以降	
ユニット	2日に1回 6時に30分間	毎日 6時と18時に30分間	毎日 6時と18時に30分間	2日に1回 6時と18時に30分間	3日に1回 6時に15分	
No.43	3.2 mm	12.9 mm	6.4 mm	1.1 mm		
No.44	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm		
No.61	2.4 mm	9.5 mm	4.7 mm	0.8 mm		
No.64	0.7 mm	0.0 mm	2.7 mm	1.4 mm	0.2 mm	
b)2007 年度						
期間	4/1~5/22	5/23~7/24	7/25~10/2	10/3~11/27	11/28以降	
ユニット	3日に1回 6時に15分間	2日に1回 6時に30分間	毎日 6時と18時に30分間	2日に1回 6時に15分	3日に1回 6時に10分	
No.43	1.1 mm	3.2 mm	12.9 mm	1.6 mm	0.7 mm	
No.44	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	
No.61	0.8 mm	2.4 mm	9.5 mm	1.2 mm	0.5 mm	
No.64	0.2 mm	0.7 mm	2.7 mm	0.3 mm	0.2 mm	
c)2008 年度						
期間	4/1~5/26	5/27~7/21	7/22~10/25	10/26以降		
ユニット	2日に1回 6時に15分間	毎日 6時に30分間	毎日 6時と18時に30分間	3日に1回 6時に30分間		
No.43	1.6 mm	6.4 mm	12.9 mm	2.1 mm		
No.44	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm		
No.61	1.2 mm	4.7 mm	9.5 mm	1.6 mm		
No.64	0.3 mm	1.4 mm	2.7 mm	0.5 mm		
d)2009 年度						
期間	4/1~6/22	6/23~8/18	8/19~9/18	9/19~10/7	10/8~12/24	12/25以降
ユニット	2日に1回 6時に30分間	毎日 6時に30分間	毎日 6時と18時に30分間	毎日 6時に30分間	2日に1回 6時に30分間	3日に1回 6時に15分間
No.43	3.0 mm	6.0 mm	12.0 mm	6.0 mm	3.0 mm	1.0 mm
No.44	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm
No.61	2.7 mm	5.4 mm	10.8 mm	5.4 mm	2.7 mm	0.9 mm
No.64	1.3 mm	2.6 mm	5.2 mm	2.6 mm	1.3 mm	0.4 mm

Study on the application of the multi-layer vegetation method for roof top vegetation and the effect for thermal environment. Takuaki Wakizaka¹, Takihide Karaki², Shoji Okamura³, Yuzuru Ito⁴ (¹Shiga Prefecture, ²Amenity Plan Corp., ³Nakako Corp., ⁴Setsunan University)

ここで特に報告する観察対象植物は、オキザリス、タイム・ロンギガウリス(以下、「タイム」)、リシマキア・ヌムラリア(以下、「リシマキア」)、コモンスピードウェル(以下、「コモン」)、ポテンチラ・ベルナ(以下、「ベルナ」)の5種類である。図-2に各植物の写真を示し、その特徴を以下に記す。

- a) オキザリスは乾燥に強く、水はけと日当たりの良い場所を好む。ただし、真夏の直射日光などには弱い。
- b) タイムは乾燥を好み、寒さに強いが高温に弱い。真夏は枯れやすいとされる。横に広がるように生長する。
- c) リシマキアは日当たりの良い条件でしか花がつかず、少し湿った場所を好む。ほふく性の植物である。
- d) コモンは日当たりの良い場所を好み生長が早い。寒さに強く茎が地を這うように伸びる。
- e) ベルナはほふく性で密集して育ち、寒暑に強く非常に丈夫である。やや湿った日当たりの良い場所を好む。

3 結果・考察

3.1 屋上気象条件

図-3に2008年度の14時における地上と屋上の最高気温を示す。図-4,5には屋上の1日の日射量、降雨量を示す。

図-3より、いずれも4月から8月上旬にかけて、気温が上昇していき、9月以降になると確実に気温は下降していく。1年間で観測した297日間のうち、地上気温に対して屋上気温が高くなった日数は227日間あり、最高で2.9℃高くなった。屋上は季節に関わらず地上より気温が高くなり、これは屋上がコンクリートで覆われていることと関係があると思われる。

図-4,5より、この1年間で1日に65.0~70.0mmの降雨量を記録した日が3日あったが、いずれも時間にして短期的なものであったため、その一日の日射量にあまり影響はしなかった。しかし、梅雨の期間である(5月28日~7月12日)に日射量は特に日ごとに大きく差が生じているが、梅雨明けから9月中旬にかけては差が小さい。つまり、日射量は降雨量の短期的な変化よりも長期的なものの影響を受けると言える。また、日射量の昇降に合わせて、図-3の気温も同じ様に変化していることから、降雨量と日射量、そして気温には関係性があると言える。

3.2 最高気温日

2008年度で14時の屋上気温が最も高かった日の緑化ヤードとコンクリートの表面温度を比較する。年間で屋上の最高気温は8月5日の37.0℃であり、その日の14時の各緑化ヤードの表面温度を比較検討した。

図-6に8月5日の14時のコンクリート表面と各緑化ヤード表面の温度を示す。この日の同時刻のコンクリートの表面温度は56.7℃であった。緑化ヤードの平均表面温度は、散水の多いNo.43は43.7℃、No.61は40.4℃であり、それぞれコンクリートに対して13.0℃、16.3℃の低下効果を得た。これら2つのヤードは表面全体が植栽で覆われており、土壌の露出部分は無く、散水用のドリップチューブも計測に影響しない状態であった。No.43, 44, 61, 64の4つのヤードで、最も散水量が多いNo.43であるが、No.61に比べて温度低下効



a)オキザリス・ブラジリエンシス b)タイム・ロンギガウリス



c)リシマキア・ヌムラリア d)コモンスピードウェル



e)ポテンチラ・ベルナ

図-2 主な観察対象植物

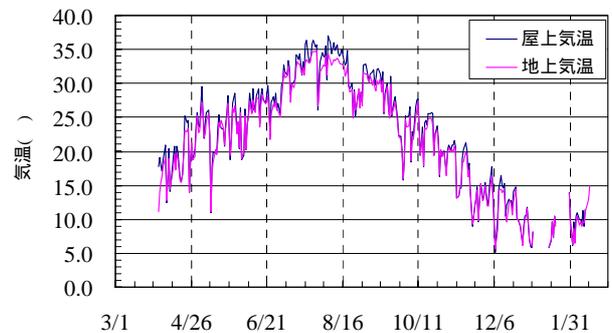


図-3 屋上と地上の最高気温の推移

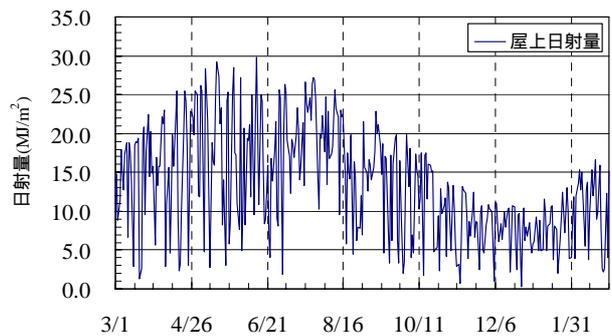


図-4 屋上の気温と日射量

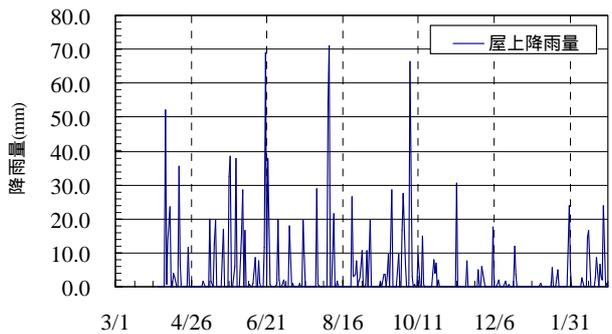


図-5 屋上の降雨量

果が小さい。つまり、散水量が多ければ、それに比例して温度低下効果も大きいとは言い切れない。その要因として No.61 は No.43 とは植物の種類と土壌(基盤)項増が異なり、結果として、植栽同士が密集して繁茂し、また植物の蒸散活動が活発であり、このことが温度低下効果に繋がったのではないかと考えられる。

散水の少ないヤード No.64 の表面平均温度は 43.8 °C、そして、散水を施していない No.44 は 57.0 °C と他のヤードと比較すると高い表面温度を示した。これは、これら2つの緑化ヤードは表面すべてを植栽が覆っておらず、土壌の露出した箇所や植物の枯死した箇所があるためである。特に土壌の露出が多い No.44 では、コンクリートの表面温度の 56.7 °C よりも 0.3 °C 高い 57.0 °C であった。さらに、No.44 の土壌部分では最高で 68.2 °C にまで上昇した箇所もあった。このことから、散水を定期的に施さなければ、乾燥に弱い植栽が消滅してしまい、その結果露出した土壌部分はコンクリート表面よりも高い温度まで上昇してしまうため、温熱環境緩和のためには屋上緑化において適切な散水管理のされていることが必要と思われた。

3.3 季節別表面温度

夏季(6/4~8/25)と冬季(12/2~1/19)に測定したコンクリート表面温度に対する、タイム・ロンギガウリスと土壌の表面温度を散水の有無で比較する。図-7, 9 は散水を施した No.64 ヤード、図-8, 10 は散水の無い No.44 ヤードを示し、図-7, 8 は夏季、図-9, 10 は冬季に測定した値である。これらは、同時刻に測定した植栽とコンクリート表面温度を比較し近似線にして示したものである。

a) 夏季

図-7 より、散水を施した No.64 では、夏季においてコンクリートの表面温度が 40.0 °C まで上昇したとき、タイムは 28.7 °C の温度上昇に留まり、約 12.0 °C の温度低下効果が認められた。さらに、コンクリートが 60.0 °C まで上昇したときは、タイムは 43.3 °C となり約 17.0 °C の温度低下効果が得られ、温度が上昇するに比例して低下効果が顕著に現れた。土壌表面では、コンクリートの表面温度が 40.0 °C まで上昇したときは 30.0 °C、そして 60.0 °C のときは 49.3 °C であった。散水が施されている場合、土壌表面はタイムに対して温度低下効果は小さいが、コンクリート表面温度が上昇してもおよそ 10.0 °C の温度低下を維持していることがわかった。

図-8 より、散水の無い No.44 では、コンクリートの表面温度が 40.0 °C のとき、タイムは 29.8 °C であった。また、コンクリートが 60.0 °C まで上昇したとき、土壌温度も 60 °C 以上に達するがタイムでは 48.9 °C の温度上昇に留まった。タイムは散水の無い状態であっても、表面温度が上昇したコンクリートに対して約 10.0 °C の温度低下を保っていることがわかった。一方、土壌表面はコンクリートの表面温度が 40.0 °C のときは 32.8 °C と 7.6 °C の温度低下効果があったが、コンクリートが 60.0 °C のときは 63.0 °C となり、土壌がコンクリート表面温度を上回った。このように散水の無い場合、土壌では表面温度が上昇するにつれて徐々に温度低下効果は薄れていき、約

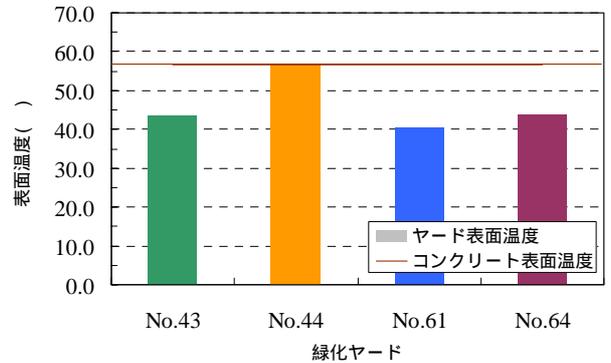


図-6 コンクリートに対する温度低下効果

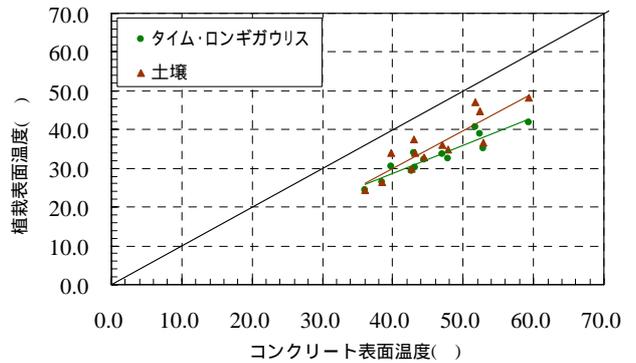


図-7 夏季における表面温度の比較(散水有)

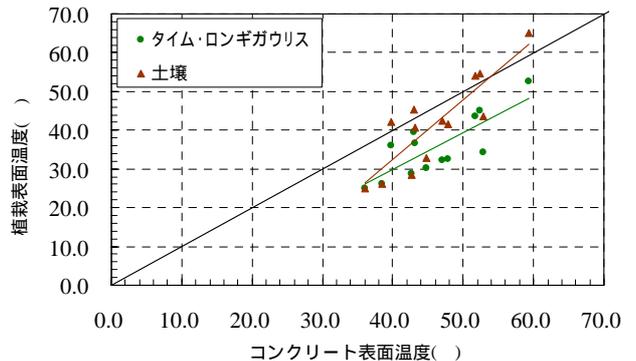


図-8 夏季における表面温度の比較(散水無)

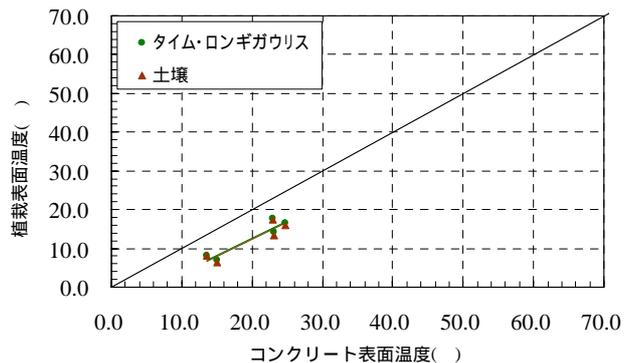


図-9 冬季における表面温度の比較(散水有)

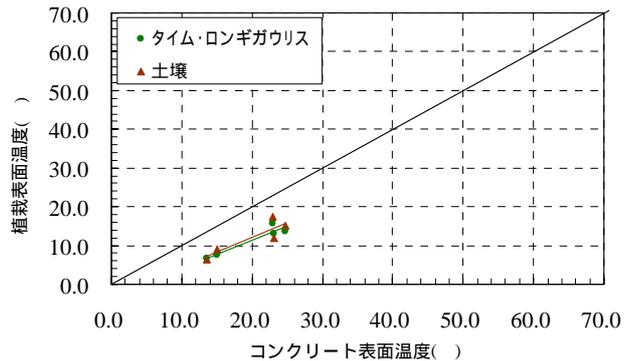


図-10 冬季における表面温度の比較(散水無)

54.4 を境にコンクリートに対して土壌表面温度が高くなっている。夏季において、散水をしていない条件下では土壌部がコンクリート温度以上に高温になることがわかった。

b) 冬季

図-9より、散水を施したNo.64では、コンクリートが10.0のときタイムは3.9、土壌は3.8になり、コンクリートが20.0のときには、タイムは12.8、土壌は12.4となった。タイムと土壌には大きな差はなく、いずれも約7.0程度表面温度は低くなっている。

図-10では、散水を施していないNo.44において、コンクリートが10.0のときに、タイムは4.1、土壌は4.4で約5.7の低下効果であった。また、コンクリートが20.0のときは、タイムが11.5、土壌が12.1で約8.2の低下効果があり、いずれも大差は無いがコンクリートに対して表面温度は低くなる。

冬季では、特にコンクリート表面温度が20.0以下の条件では、コンクリートに対してタイム、土壌は散水の有無に関係しなく、いずれも6~10の表面温度が低かった。これに対して、コンクリート表面が50.0を越えるような夏季においては、コンクリートに対してNo.44のタイムの表面温度は平均で10.6、No.64では14.2の温度低下効果が得られた。散水の有無ではコンクリート表面が50.0以上において、散水の無いNo.44に対し散水を施したNo.64では平均で5.6低く、最高では10.6まで温度低下に差が生じた。

このように、年間を通じてコンクリートに対して緑化されている部分では表面温度が低くなる傾向があり、散水条件下ではさらなる低下効果がある。また、土壌のみでも温度低下効果は得られるが、適切な散水が無い場合には、夏季などの高温時にはコンクリートよりも表面温度が高くなることがわかった。

3.4 植物の生育状況

2006~2009年度に観察した、主な観察対象植物の成長の指標として、開花量から屋上緑化に適した植物を検討した。各植物を以下のように評価した。図-11, 12, 14, 15, 16に4年間のオキザリス、タイム、リシマキア、コモン、ベルナの開花量を示す。また、図-13にNo.44の1年間のタイムの生長過程を示す。

a) オキザリス(オマー、フラバ、ブラジリエンス)

No.43, 44に植栽したオキザリス系の植物のうち、オマーとフラバは2006年度の観察開始時にはすべて消滅してしまい、その後も存在を確認できなかった。また、図-11よりブラジリエンスは散水を施していないNo.44ヤードのみ開花を観察できたが、2007年度を最後に、その後は開花を確認できなかった。

これより、オキザリス(オマー、フラバ、ブラジリエンス)はいずれも散水の有無に関係せず屋上環境にはあまり適さない植物だといえる。

b) タイム・ロンギガウリス

開花量

タイムは図-12に示すように、散水の多いNo.43が散水の無いNo.44に対して開花量が多い。その一方で散水の多少関係では、散水の少ないNo.64が散水の多いNo.61に対して開花量が多く、特に2009年度はNo.61の10倍の開花量を確認した。このように、タイムは乾燥に強い植物ではあるが、無散水状態では開花・生長しにくい。この原因として、無散水条件下では、乾燥に弱い植物が消滅した後、露出した土壌が風により飛散されてしまい、根の浅い植物が育ちにくい環境によってタイムの生長にも悪影響を与えたと考えられる。よって、タイムは微量で定期的な散水を施すことで非常に多くの開花量を期待できる。また、散水の無い条件であるNo.44でタイムのみ2009年度まで生き残り、開花したことから屋上緑化植物に適した植物だと言える。

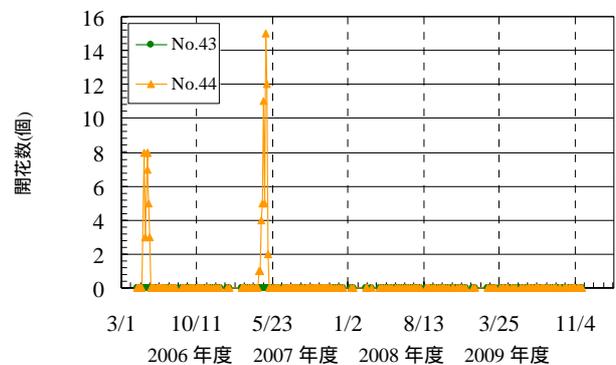


図-11 オキザリス・ブラジリエンスの開花量

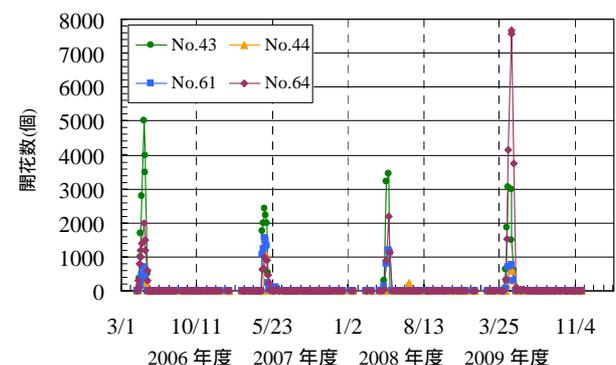


図-12 タイム・ロンギガウリスの開花量

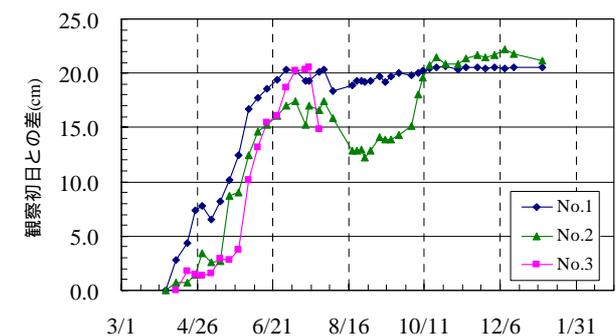


図-13 タイム・ロンギガウリスの生長

茎の生長

定期的な散水条件が施されていない状態でタイムの生育状況を1年間観察した。図-13 にタイムの生長として、観察初日(4月3日)と各観察日の葉の長さの差を示す。観察対象はNo.44ヤードのタイム3株とし、株の大きいものから順にNo.1, 2, 3とした。

図-13 から、どのタイムも5月初旬から6月中旬にかけて生長を続け、10月以降には葉の伸びの変化も少なく安定している。図-4 より、タイムが特に生長した5月~6月は屋上日射量が年間で最も多い時期であった。また、図-3 より、屋上気温が高くなる7月から8月にかけて、タイムの伸びは衰退し、No.2では1ヶ月(7月29日~8月28日)で5.1cm減少している。さらに、株が最も小さいNo.3のタイムは1週間(7月18日~7月25日)で5.7cm減少し、その後枯れて消滅してしまった。さらに、図-5 より、この時期の屋上の降雨は間隔が開き、9, 6, 10日間の連続して雨の降らない日が続いた。

このことから、タイムの生長は日射量、気温、降雨量に大きく影響を受け、特に気温が30.0を超えると生長しにくくなることがわかった。さらに、降雨の無い日が連続すると、株の小さなものは枯死してしまう。しかし、人工的な散水が絶たれた条件でも、タイムは1年間に約20.0cmの生長が可能であった。

c) リシマキア・ヌムラリア

散水の少ないNo.64では2007年度まで1週間程の開花を確認できたが、それ以降枯れてしまい消滅してしまった。さらに、図-14 に示すように、散水の無いNo.44では観察開始時の2006年度ですでに枯死してしまった。その一方で、散水の多いNo.43, 61では2009年度まで開花を確認できた。特にNo.43は2007年度以降、開花期間は1ヶ月以上で、開花量も150を超えた。No.61で2007年度以降、年々開花量が減少していく原因として、同じほふく性の植物であるコモンスピードウェルの強い繁殖力に押されたのではないかと考えられる。

d) コモンスピードウェル

図-15 からNo.61は毎年度、長期にわたり開花しているが、散水の少ないNo.64は2006年度以降開花に乏しく、2008年度は開花を観察することができなかった。しかし、葉や茎の数が開花量に対して非常に多く、地面を這うように成長する植物で、土壌の露出を防止する役割を持つと考えられる。また、冬季において他の植栽が葉を赤銅色への変色や枯れていくのに対し、常に緑を保った植栽であった。

e) ポテンチラ・ベルナ

図-16 から散水の少ないヤードのNo.64に対して、多いNo.61では毎年度の開花量は多く、その差は最大で2007年度の900個であった。No.61の開花量は2007年度以降、減少傾向にあるが、その理由として、No.61の散水は年々増加し、2008, 2009年度の散水は2007年度の1.5~3.0倍の量であった。このことから、散水量を多くし過ぎてしまうと生長しにくいと考えられる。しかし、ベルナは開花時期が他の植物に比べ非常に長く、葉や茎が地面を覆うほふく性の植物で土壌の飛散防止、雑草の抑制効果から緑化に適した植物と言える。

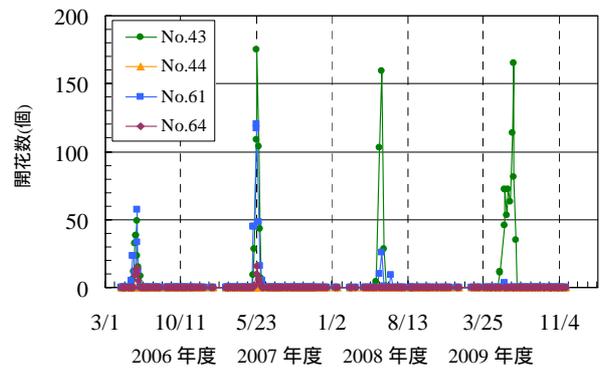


図-14 リシマキア・ヌムラリアの開花量

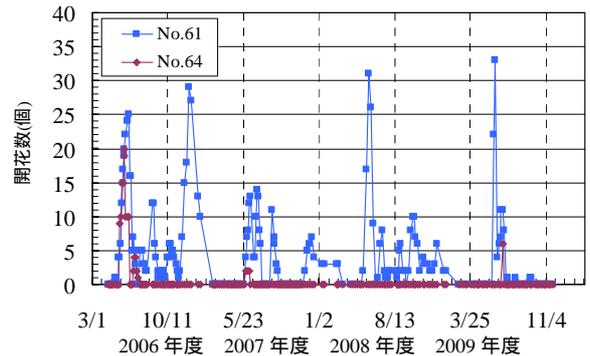


図-15 コモンスピードウェルの開花量

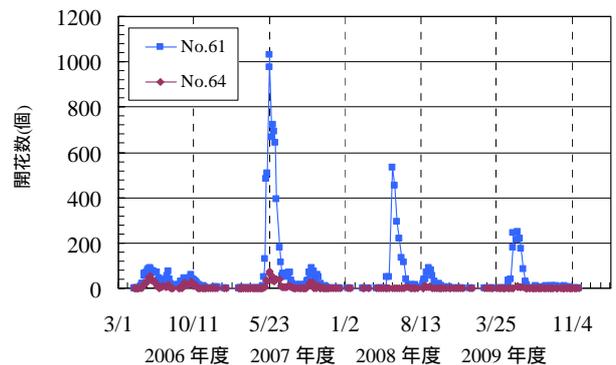


図-16 ポテンチラ・ベルナの開花量

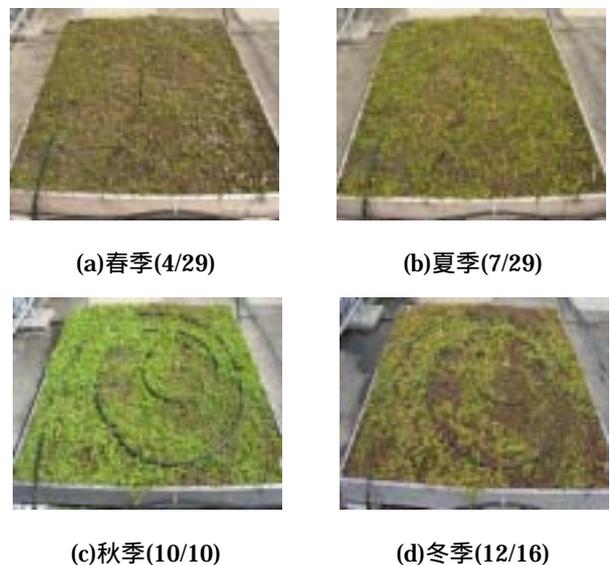


図-17 季節別ヤード写真

タイム・ロンギガウリス、コモンスピードウェル・ハナイチゴ、ポテンチラ・ベルナなどが屋上緑化に適しているのではないかといえる。これらは植物に共通することは、背が低く地面を這うように生長するほふく性の特徴である。一方で、オキザリスやネジバナ、アネモネ、ゼフィランサス、スイセン・テターテートなどは背が高く、長く茎が伸びた先に花を咲かす植物であった。これらから、屋上緑化に適した植物は、背が低くほふく性の特徴を持つものが良いと考えられる。

表-3 屋上緑化への適用性

植物名	ユニットNo.	43	44	61	64	屋上緑化への適用性
オキザリス・オマー		x	x			適さない
オキザリス・ブラジリエンス		x	x			
オキザリス・フラバ		x	x			
タイム・ロンギガウリス						とても適している
ハクリュウ			x			適している
ヒメツルニチニチソウ			x			あまり適さない
リシマキア・ヌムラリア			x			春季の散水量を0.8~1.1mmが好ましい
アネモネ				x	x	適さない
キチジョウソウ						適している
コモンスピードウェル					x	1.2~2.4mmが好ましい
スイセン・テターテート						あまり適さない
ゼフィランサス・カリナタ				x	x	適さない
ゼフィランサス・シトリナ				x	x	
ネジバナ						あまり適さない
ハナイチゴ						適している
ポテンチラ・ベルナ						とても適している

以上から、コンクリートと緑化ヤードの表面温度の比較では、全体的に緑化されていると表面温度が低下することがわかった。しかし、定期的な散水を行わなければ植物の生長に支障を与え、結果として植栽を失うことになる。さらに、散水の無いヤードでは植栽を失ったヤードは土壌が露出して、コンクリート表面よりも温度が高くなることもある。

タイムは乾燥に非常に強い植物であり、人工的な散水条件下でなくとも十分に開花・生長することがわかった。

図-17 に本研究で使用した多層通年植栽ヤードを季節別に撮影したものを示す。図から、(a)の春季ではヤード全体に桃色のタイムが咲き、(b)の夏季になるとタイムに代わって黄色のベルナが咲いている。(c)の秋季になる頃にはベルナやコモン、リシマキアの葉が密に育ち、コモンが開花している。(d)の冬季になると開花しなくなるが、葉が変色し始め、特にベルナの葉は赤銅色に大きく変化した。

4 結論

今回の観察結果を以下の項目にまとめる。

- (1) コンクリート表面に対して、定期的な散水条件下の緑化ヤード表面で 13~16 の温度低下効果を得ることがわかった。また、植物単体では 19.4 ，散水の無い状態でも 8.5 の温度低下効果を得ることがわかった。
- (2) 散水の無い、または少ない条件では、乾燥に弱い植栽が枯れることで露出した土壌において、しばしば表面温度がコンクリートと同様、またはそれ以上に上昇してしまうことがわかった。
- (3) タイム・ロンギガウリスは夏季・冬季ともにコンクリートに対する温度低下効果があり、散水を施すことで夏季においてさらなる温度低下を期待できることがわかった。
- (4) タイム・ロンギガウリスやコモンスピードウェル、ポテンチラ・ベルナなどほふく性の植物が長く生存し屋上緑化に適した植物であると考えられる。
- (5) オキザリスやアネモネなど背の高い植物は、屋上の環境に適応できず枯れてしまうことがわかった。
- (6) タイム・ロンギガウリスは乾燥に強いいため、散水の無い条件下でも生存を確認でき、また、開花・生長を続ける屋上緑化に適した植物であると考えられる。
- (7) 多層通年植栽工法では、季節に応じてその表面の表情が変化し、視覚的に四季を感じやすく、景観面からも優れているものと言える。

参考文献

- 1) 脇阪拓彰, 伊藤謙, 唐木多喜秀: 屋上緑化における多層通年植栽の適用性に関する研究, 第 64 回年次学術講演会概要集, 土木学会, -077, 2009.
- 2) 大石さやか, 大西志生, 奥村賢一: 屋上緑化による温熱環境の緩和効果, 摂南大学工学部, 2006.
- 3) 物部和彦, 向信一郎: ビオガーデンの温熱環境における植物の役割, 摂南大学工学部, 2006.
- 4) 溝畑光二, 荒田敏裕: 屋上緑化植物による温熱環境および景観の改善効果に関する研究, 摂南大学工学部, 2007.
- 5) 脇阪拓彰: 屋上緑化における多層通年植栽の適用性に関する研究, 摂南大学工学部, 2008.
- 6) 野瀬雄市, 松平幸真: 多層通年植栽における生育状況と温熱環境改善効果, 摂南大学工学部, 2009.