

論文・報告

高温多湿環境下での「みどりちゃん」システム機能検証

～香港における施工およびモニタリング～

Midori-chan's Functional Verification - Hong Kong-based Monitoring of Midori-chan's Effectiveness

川田 太郎 *1
Taro KAWADA

シヨーン ジョンストン *2
Sean JOHNSTONE

杉本 要二 *3
Yoji SUGIMOTO

日本における通常の気象条件下では水やり不要の雨水循環型緑化システム「みどりちゃん」（以下「みどりちゃん」システム）は、国内での実績が150件を超え、最近では海外においても注目を集めている。特に、屋上緑化による建蔽率優遇政策が導入されている香港からの引き合いが多く、2011年には香港最大の鉄道会社であるMTR社から工事を受注し、1年間に渡り「みどりちゃん」システムが同地域においても機能するかどうかの確認のためモニタリングを行った。植物の生育状況、在来工法との比較のための灌水量についてモニタリングを行ったところ、香港においても「みどりちゃん」システムが機能し、ほぼ無灌水の中でも植物が良好に生育することが確認できた。

キーワード：環境，屋上緑化，無灌水，みどりちゃん，香港

1. はじめに

「みどりちゃん」システムは、日本国内での実績が150件を超え、最近では海外においても非常に注目を集めている。

無灌水型（日本における一般的な気象条件下では、水やりが不要）であるためランニングコストが低減できるという点、雨水を利用し環境に優しい点、他にはない空気層・炭袋を使用したシステムという点が注目され、水を他国から購入している香港やシンガポール、慢性的な水不足に陥っている中東諸国や南アフリカといった国々からの問い合わせが多い。当社は、それらの国の中でも香港に着目し営業活動を行ってきたが、香港をまず最初に選んだ主な理由は以下の通りである。

- ① 香港では2012年4月より屋上緑化を導入する建築物において建蔽率を優遇する法律が施行され、今後、屋上緑化工事が急速に増加していく可能性が高い。
- ② 香港は全体の80%の水を中国本土から購入しているが、中国から香港への優先供給契約が2014年に期限切れになり、中国本土の水不足も深刻化していることからすると、今後は中国からの購入代金が5倍以上になる可能性もあるとされている¹⁾。
- ③ 浄水場の建設スピードが人口増加に追いつかず、今後はさらに水不足が深刻化する可能性が高い¹⁾。
- ④ 日本よりも環境に対する意識が高く、環境に良いも

のであれば多少高額でも積極的に取り入れたいという風土がある。

2011年6月に香港において初の海外案件を受注し、1年間に渡り、香港の気候でも「みどりちゃん」システムが機能するかどうかの確認のためモニタリングを行った。

香港と東京の降水量、気温（図-1）を比較すると、香港の方が降水量も多く気温も高いので「みどりちゃん」システムを導入する必要があるかという議論もあったが、1年間のモニタリングで、システムのコンセプトであるランニングコストの低減など有用な知見が得られたため、以下に概説する。

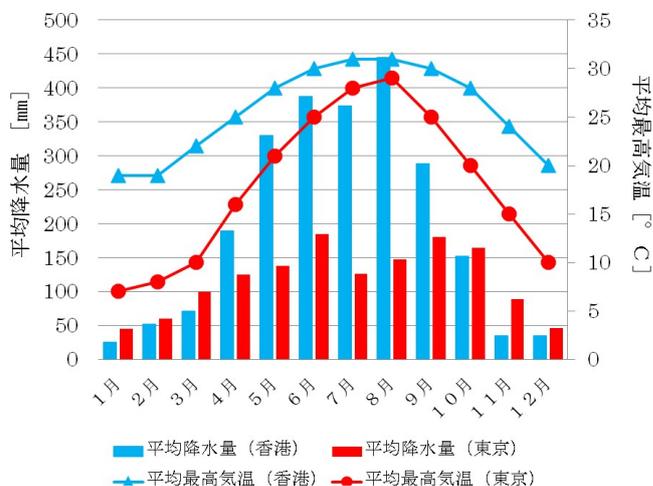


図1 香港と東京の気候²⁾

*1 川田工業株式会社海外事業開発部 課長

*2 川田工業株式会社海外事業開発部 室長

*3 川田工業株式会社技術研究所 主幹

2. 「みどりちゃん」システムの特徴

「みどりちゃん」システムの特徴は以下の通りである。

- ① 貯留水と土壌の間に「空気層」を設けることにより、植物が必要とする水分を蒸発作用により供給する。
- ② 土壌が湿潤な状態でも常に水分を供給し続ける毛細管現象等を利用したシステムに比べて、圧倒的に水やりが少なくて済み、基本的に水やりが不要になっている。
- ③ 水やりに係る水道代・労務費、灌水装置による電気代を大幅にカットし、管理費の低減を実現している。
- ④ 主要材料はリサイクル材を使用していて、時代にマッチしたエコシステムである。
- ⑤ ユニットシステムを採用することにより、簡単施工、工期短縮、部分取替えが可能である。

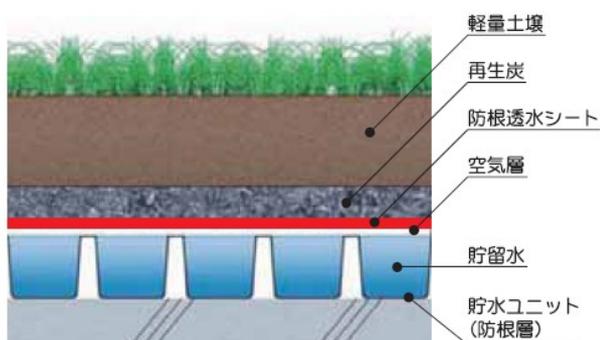


図2 システム概略図

3. 工事概要

発注者：MTR Corporation Limited

工事名：Hong Kong MTR, Fo Tan Railway House (Pilot Project)

工期：2011年6月20日～23日

(※施工ステップについては、川田技報Vol. 31参照)



写真1 MTR社が入っているビル



写真2 施工前の屋上



写真3 施工中の写真



写真4 完成写真

3. モニタリング

(1) モニタリング概要

<目的>

- ・ 水やりをしなくても香港の気候で、植物が育つかどうかの確認。(株の大きさや葉の長さを計測)
- ・ 土壌・植栽は現地調達のため、水の上がり具合などシステムとの相性を調査。
- ・ ランニングコストの把握。(必要最低限の水やり、雑草取り、施肥等)

<試験期間>

- ・ 2011年7月～2012年6月までの12ヵ月間

<試験内容>

- ・ 「みどりちゃん」システムで24個の花壇(1.5m×2.0m)を製作。3m²×24個=72m²
- ・ 現地調達2種類の土壌を使用。(12個ずつ設置)
 土壌1 真砂土：有機物=2：1
 土壌2 真砂土：有機物：パーライト=2：1：1
- ・ 11種類の植物を2種類の土壌それぞれに植栽。
 土壌厚は植栽により100mmと150mm
 芝のみ土壌厚を50mmと100mm

(2) 花壇の配置

各花壇の配置を以下に示す。図3は全体図、図4は屋上西側、図5は屋上東側の図面となる。

図4、図5の番号は後述する植栽の番号に対応している。

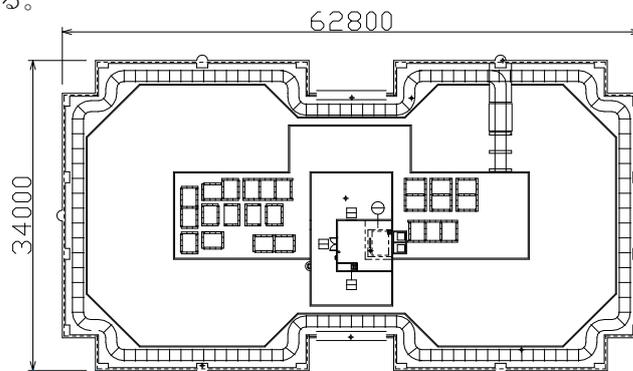


図3 屋上全体図

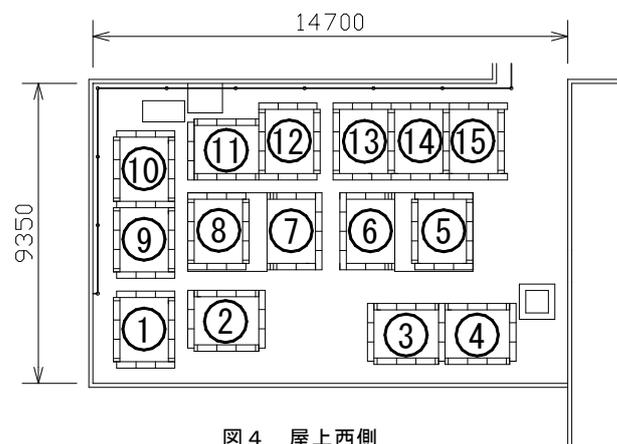


図4 屋上西側

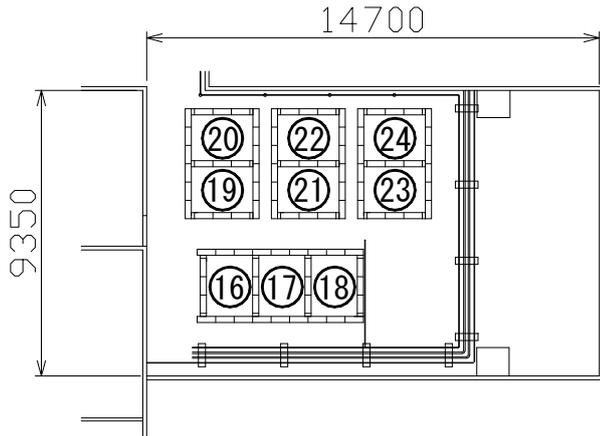


図5 屋上東側

(3) 「みどりちゃん」システムの機能検証

現地施工会社の協力の元、毎月末に写真撮影による生育確認、造園会社の判断による最低限の水やり・雑草取り・施肥を記録した。

各植物の半年ごとの生育状況を以下に示す。植物の番号は上記図4、図5に対応し、土壌種類は<試験内容>に示した土壌1、土壌2を意味する。

下記植物はMTR社の指定で、土壌厚については過去の実績より決定した。

表1 半年ごとの生育状況

花壇NO	2011年7月	2011年12月	2012年6月
1 ゴールドデン グローリー			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
2 ゴールドデン グローリー			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
3 マツバボタン			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
4 マツバボタン			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
5 タマリユウ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
6 タマリユウ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
7 セダムメキシカン			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		

花壇NO	2011年7月	2011年12月	2012年6月
8 セダムメキシカン			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
9 ランタナ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
10 ランタナ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
11 カーペットセダム			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
12 カーペットセダム			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
13 サンセベリア・ シルバーハニー			
土壌厚	150mm		
土壌種類	1		
14 サンセベリア・ シルバーハニー			
土壌厚	150mm		
土壌種類	2		
15 ムラサキオモト			
土壌厚	150mm		
土壌種類	1		
16 ムラサキオモト			
土壌厚	150mm		
土壌種類	2		
17 ヤブラン			
土壌厚	150mm		
土壌種類	1		
18 ヤブラン			
土壌厚	150mm		
土壌種類	2		
19 アメリカハマグルマ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		
20 アメリカハマグルマ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
21 コウライシバ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	1		

花壇NO	2011年7月	2011年12月	2012年6月
22 コウライシバ			
土壌厚	100mm		
土壌種類	2		
23 コウライシバ			
土壌厚	50mm		
土壌種類	1		
24 コウライシバ			
土壌厚	50mm		
土壌種類	2		

(4) 灌水量について

在来工法との比較で、灌水量にどの程度の差が出るかについてもモニタリングを行った。

香港の在来工法は、排水層を兼ねた保水マットを土壌の下に設置するもので、日本にも同タイプの工法が見られる。土壌厚は植栽によって様々だが、基本的には灌水装置を設置し、定期的に水やりを行うことが一般的である。

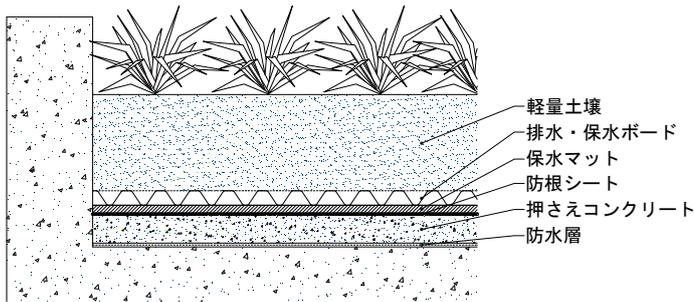


図6 香港の在来システム³⁾

実際にMTR社が香港の在来システムを導入しているTai Po Station (以下、TAP) と「みどりちゃん」システムを導入したFo Tan Railway House (以下、FTRH) において、MTR社が独自に灌水量の計測を行い、在来システムに比べて「みどりちゃん」システムがどの程度灌水量を低減することができるか調査を行った。



写真5 Tai Po Station屋上緑化

緑化面積はTAPが1,332m²、FTRHが72m²と大きく違うため、各現場における月間水道使用量を面積で割り戻した数字により、単位面積あたりの水道使用量を計測した。

なお、2012年5月、6月におけるTAPの灌水量について、水道メーターの故障により計測できなかったため、2011年6月～2012年4月までの計測となっている(5月、6月の表示はN/A)。また、TAPの植物は主にマツバボタンとアメリカハマグルマの2種類で、土壌厚は100mm～150mmである。

表2 灌水量の比較⁴⁾

		単位:リットル			
		FTRH(みどりちゃん) 72m ²		TAP(在来) 1,332m ²	
		灌水量合計	灌水量/m ² /月	灌水量合計	灌水量/m ² /月
2011年	7月	86	1.19	93,653	70.31
	8月	96	1.33	231,830	174.05
	9月	0	0.00	271,971	204.18
	10月	0	0.00	272,850	204.84
	11月	47	0.65	175,451	131.72
	12月	24	0.33	322,926	242.44
2012年	1月	0	0.00	221,758	166.48
	2月	0	0.00	257,860	193.59
	3月	0	0.00	208,424	156.47
	4月	0	0.00	45,524	34.18
	5月	20	0.28	N/A	N/A
	6月	0	0.00	N/A	N/A
合計/平均		273	0.32	2,102,247	157.83

4. 考察

(1) 生育状況について

葉の長さ、株の大きさについても毎月計測を行った。植物によって成長スピードに差はあるものの、全ての植物が施工直後に比べて成長している。全体的に生育状況は良好で「みどりちゃん」システムが機能していると言える。

年間を通じて生育状況が特に良好だった植物はマツバボタン(花壇3, 4)、サンセベリア・シルバーハニー(花壇13, 14)、ムラサキオモト(花壇15, 16)、ヤブラン(花壇17, 18)、アメリカハマグルマ(花壇19, 20)、コウライシバ(花壇21, 22, 23, 24)が挙げられる。ア

アメリカハマグルマについては、成長しすぎたため途中で1度剪定を行っている。

逆に成長が良くなかった植物としては、ゴールドエンローリー（花壇1, 2）、ランタナ（花壇9, 10）、タマリユウ（花壇5, 6）が挙げられる。ゴールドエンローリーのそばにエアコンの室外機があって、そこから送り出される風が当たるため、エアコン使用がピークとなる夏場の生育状況は良くなかった。ランタナは途中でアブラムシが発生してしまい枯れかかったため、1度剪定及び消毒作業を行っている。タマリユウに関しては部分的に枯れた株が見られたが、まとまって枯れているわけではないので、施工時に植えた株の中に状態の悪いものがあつたと考えられる。

日本に比べて気温が高いため（図1）、冬枯れしないことも考えられたが、11月～1月の3ヵ月間においては日本と同様に冬枯れする植物もあることが分かった。冬場の最低気温が5度以下になることがあることから、冬枯れするものと考えられる。冬枯れした植物も2月頃から新芽が生え出し、6月頃には冬枯れ前の状態に戻っていて特に問題はなかった。

(2) 土壌との相性について

「みどりちゃん」システムの重要な要素のひとつとして土壌が上げられる。貯水ユニットに水を貯留する必要があるため土壌にはある程度の透水性が必要になる。他方で蒸発作用のみで水分供給を行うので、土壌自体に保水性がなければならない。

前述の通り、香港の土壌は真砂土が主要な構成要素となっている。真砂土は透水性には優れるが、保水性はない。そのため、有機物を混ぜた「土壌1」だけでなく、保水性に優れるパーライトも混ぜた「土壌2」も用意した。植物によっては「土壌2」の方が生育状況が良好なものもあるが、土壌別による生育状況に屋上緑化として問題となるほどの大きな差は無かった。

いずれの土壌でも植物の生育状況が良好と判断できたことから、香港の土壌と「みどりちゃん」システムの相性に問題はない。

(3) メンテナンスについて

メンテナンスは現地造園会社が月に1度様子を見に行き、植物の状態を見ながら造園会社の判断で灌水、雑草取り、剪定、施肥を行った。

水やりについては後述する。

雑草取りは概ね2ヵ月に1度行っている。表面を全て覆ってしまう地被類はそれほど雑草の発生はなかったが、植栽間隔が空いている植物については雑草が多く発生した。

剪定はアメリカハマグルマで1回、ランタナで1回行った。ランタナはアブラムシの影響があつたため剪定を行

ったので、実質的に伸びすぎによる剪定はアメリカハマグルマのみ行ったといえる。

施肥は2012年3月に全ての植物に1度行った。

(4) 灌水量について

降水量の多い香港においても、在来システムでは月当たり平均157.83リットル/m²の灌水を行っていることがわかった。日本と同じもしくは日本より降水量が少なくなる秋～春に掛けては200リットル/m²以上の灌水を行っている月もある。

「みどりちゃん」システムにおいては月当たり平均0.32リットル/m²でほとんど水やりをしていない。各植物ごとの灌水量を見ても平均0.18リットル～0.56リットル/m²で、いずれの植物もほぼ無灌水で育つことが証明された。

50mmの土壌厚で施工したコウライシバ（花壇23, 24）については、土壌の薄さから土壌の渴きが早く、ユニットからの水分供給が間に合わずうまく育たないのではという懸念があつた。しかし、50mmの土壌厚においてもほぼ水やりゼロの中、生育状況が良好だったことは「みどりちゃん」システムが香港において適していることの証明であり、懸念を振り払う結果となつた。

なお、多少の水やりが生じたが灌水量を見れば土壌表面を多少濡らした程度であることから、MTR社内では実質的にゼロと解釈しているとのことであつた。

(5) その他

香港の在来システムは排水層としての保水マットがとでも柔らかくて歩くと表面が凸凹のなる上、灌水量が多く土壌表面が常に湿っているため、靴が汚れやすいことから、屋上緑化の上を歩きたくない、との意見がMTRの社員からも聞かれた。

これに対して、「みどりちゃん」システムは、この1年間でMTRの方々に向けて4回の現場見学会を行ったが、コウライシバの上に乗って飛んだり跳ねたりしても凸凹にならず、靴も汚れないことに、毎回、驚きの声が上がつた。屋上緑化は単に緑化面積や建蔽率を稼ぐ手段に見られることが多いが、「人々への憩いの場の提供」という屋上緑化の本来的な目的に鑑みれば、人が植物に直接触れ合える「みどりちゃん」システムは、大変意味深いものである。

5. まとめ

今回のモニタリング結果から植物の成長・灌水量の大幅低減が証明され、「みどりちゃん」システムが香港においても十分機能することが分かった。

香港ではセダム類が屋上緑化の植栽に採用されることが多い。セダム類はすぐに変色してしまうという欠点を持っているが、他の植物に比べて金額が安いこと、また、灌水量が少なくすむことから今まで多く採用されてきた。「みどりちゃん」システムではセダム以外の植物に

についても灌水量の大幅低減が可能になり、施主やデザイナーの多様な植栽採用への要望にも応えることが出来ると期待している。

今回のモニタリング結果を受け、MTR社では「みどりちゃん」システムを「Next Generation Green Roof（次世代の屋上緑化システム）」と位置づけ、第2期モニタリングを行うことが決定した。第2期モニタリング（2012年9月～2013年8月）においては一部植栽を入れ替え、「みどりちゃん」システムに適した植栽をさらに探求する。また、メンテナンスの負担が最も大きいのが除草（雑草取り）であるため、雑草防止用のマルチ材としてウッドチップを一部花壇に導入し、除草作業の低減を実現できるかどうかを検討する。第2期モニタリングからメンテナンス費を最も抑えることができ、かつ、最も生育状況の良い植物を選定し、「みどりちゃん」システムとその植物をMTR社の屋上緑化システムとして基本スペックにした意向がある。

また、既存建物の屋上緑化案件もMTR社は数多く抱えている。これらの案件については、モニタリング中の高さ70mmの貯水ユニットでは荷重制限により使うことができない。そこで、軽量型である40mmユニットについても現地造園業者の敷地内において実験施工をし、灌水量がどの程度低減できるかを検討し予定である。

6. 香港における新しい実績

2012年度の川田技報 Vol. 31 において、香港における2件の実績を紹介したが、新たに2件の実績が追加されたためここに紹介する。

①工事名：Shouson Hill Project

発注者：オリエンタル・ランドスケープ

施主：個人住宅

工期：2011年12月完工



写真6 施工10ヵ月後

香港高級住宅街における個人住宅で採用された。完工後10ヵ月が経過しているが、無灌水で問題なく成長

している。高級個人住宅に採用されたことで、今後の宣伝効果に期待している。

②工事名：Hong Kong MTR, Fo Tan Railway House 2期工事

発注者：MTR Corporation Limited

工期：2012年9月完工



写真7 施工1ヵ月後

1期工事とは異なる植物を植栽し、雑草防止のマルチ材を導入することでメンテナンスコストが抑えられる組み合わせを模索する。

最後に、本件モニタリングに際し、MTR社のRobert Seddon氏（Architectural Manager - Strategies）、Charlie Tsang氏（Architect）を始め多くの関係者の皆様にご指導ご協力頂きましたこと心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) China Water Risk: 8 Things You Should Know About Hong Kong Water
- 2) 旅行.info: 世界の気温と降水量
- 3) MTR Corporation Limited: Shatin to Central Link
- 4) MTR Corporation Limited: Next Generation Green Roof - FTRH Green Roof Trial Phase 1