

貯留雨水給水型緑化システム（テラポンド工法）の 貯留水位の挙動

田辺 恭子* 遠藤 修* 椿 雅俊**

要 約： 都市におけるヒートアイランド防止対策としての緑化および、都市洪水対策としての流出抑制のニーズが高まっており、大容量の雨水貯留空間を有し、毛細管現象を活用して自動的に最適水分量で給水を行う「貯留雨水給水型緑化システム（テラポンド工法）」を開発した。本システムの雨水貯留給水性能を検証するために、技術研究所一般実験棟屋上に実証実験施設を設置し 2000 年 8 月～2003 年 10 月現在まで継続的にシステム上面の降雨のみで、植栽維持している。今回は、2001 年 12 月～2003 年 10 月現在まで継続している、貯留水位自動計測データを活用して、本システムの雨水貯留維持性能について、温度や湿度などの気象データと比較した結果、気温と水位変化に相関がみられ、本実験に用いた条件では、満水状態から 71 日間の渇水があっても、植栽を維持できることがわかった。

キーワード： ヒートアイランド、緑化、雨水利用、雨水流出抑制、貯留水位の自動計測、毛細管現象

目 次： 1. はじめに
2. 貯留雨水給水型緑化システムの概要
3. 貯留雨水吸水型緑化システム継続実験ヤード概要

4. 貯留水位と気象データによる詳細検討
5. 季節変化による雨水貯留性能の評価
6. おわりに

1. はじめに

都市のヒートアイランド化対策としての緑化、特に屋上や高架橋の上下、壁面などの構造物が注目されており、そのなかでも積極的な灌水を必要としないセダム緑化や軽量の薄層緑化などが注目されている。しかし、都市化により自然物が減少したことが、ヒートアイランド化を引き起こしたという原因に立ち返れば、むしろ灌水を行い土壌や植物の葉面からの水位変化を活発に行わせるような緑化が有効であると考えられる。また、平成 16 年度の国土交通省予算請求項目のなかには、建物屋上や人工地盤上を積極的に公園として活用するという項目も挙げられるなど、応急措置的な簡易型緑化ではなく、人々の憩いの場所となるべき、楽しめる構造物緑化への要求が高まるものと考えている。そして、その際、灌水対策とその維持費をいかに低減していくかが問題となるであろう。

一方で、近年大都市での集中豪雨被害が多発しているおり、平成 15 年 6 月には、『特定都市河川浸水被害防止法』が成立し、既に下水道や河川の整備が進んでいる大都市圏の集中豪雨被害を低減する対策として雨水一時流出抑制施設の設置を進める枠組が整いつつある。

「貯留雨水吸水型緑化システム」は給水機能を有するプラスチック製土壌支持部材を用いて、植栽部下部に雨水貯留空間構築し、貯留～給水までトータルにシステム化した、維持管理費低減型緑化システムであり、

雨水一時流出抑制にも効果がある、近年の社会動向に合致した、緑化システムである。

本報告では、本システムにおける給水および水位変化機能に関する研究の続報として、自動水位計を用いた結果について述べる。

2. 貯留雨水給水型緑化システムの概要

本システムは、下部雨水貯留部から上部植栽部へ、給水部材を用い毛細管現象を利用して適度な水分量で給水するシステムである。図 1 に人工地盤上に設置する場合の概略図を示す。

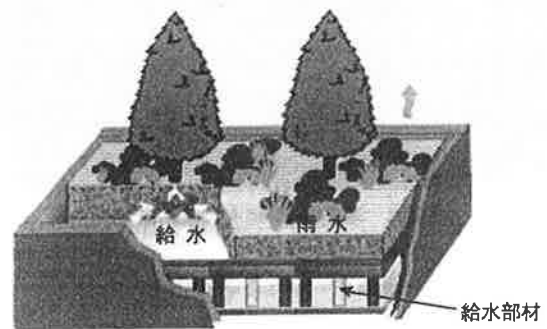


図1 貯留雨水給水型緑化システムの概要図
(テラポンド工法)

貯留部高は最大 29 センチあるため、常時水位と降雨時水位をオフィスで制御することにより、雨水流出抑制機能を有する。

3. 貯留雨水吸水型緑化システム実験ヤード 概要

当社技術研究所（神奈川県相模原市）の一般実験棟屋上において 2000 年 8 月～2003 年 10 月現在に至るまで、実証実験を行っている。配置図を図 2 に、実験状況を写真 1 に示す。3 年間以上に渡る継続観察の結果、システム上部の降雨のみで植栽を維持しつづけている。¹⁾

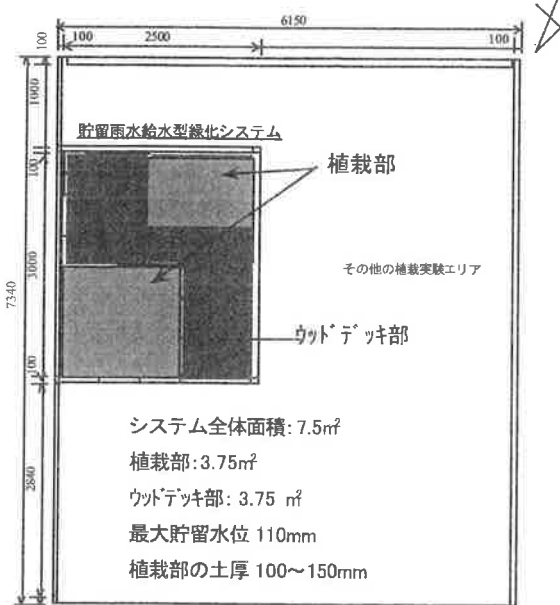


図2 実証実験の条件

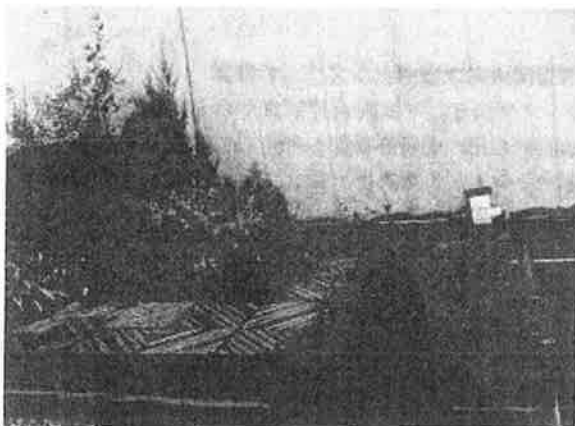


写真1 実証実験状況(2003年9月)

4. 貯留水位と気象データによる詳細検討

貯留水位の自動計測を行い、降雨データと比較することで、システム上部の降雨を集水する、本システムの貯留水の水位変化を自動計測した。

4.1 貯留水位の自動計測方法

貯留水位の自動計測は、超音波式水位計（キーエンス社製、UD310）を用い、データロガーにて記録した。

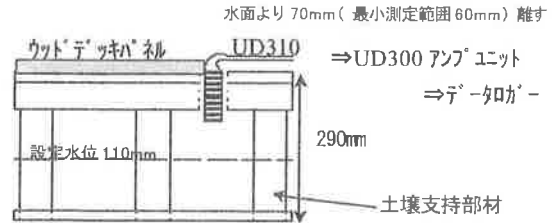


図3 水位計測用超音波センサ設置状況

4.2 気象データ

毎日の気象データ（降雨量、気温、地温、日射量、湿度等）は、技術研究所から 1km 程度の場所にある神奈川県内水面試験所（相模原市大島）の公開データを活用した。²⁾

4.3 結果

図 4 に 2001 年 12 月から 2002 年 12 月までと、2003 年 1 月から 2003 年 10 月までの貯留水の変化と降雨、気温データを示す。兩年とも降雨が比較的多く、一年を通じて満水時の約 7 割以上の貯留水位を保持していた。

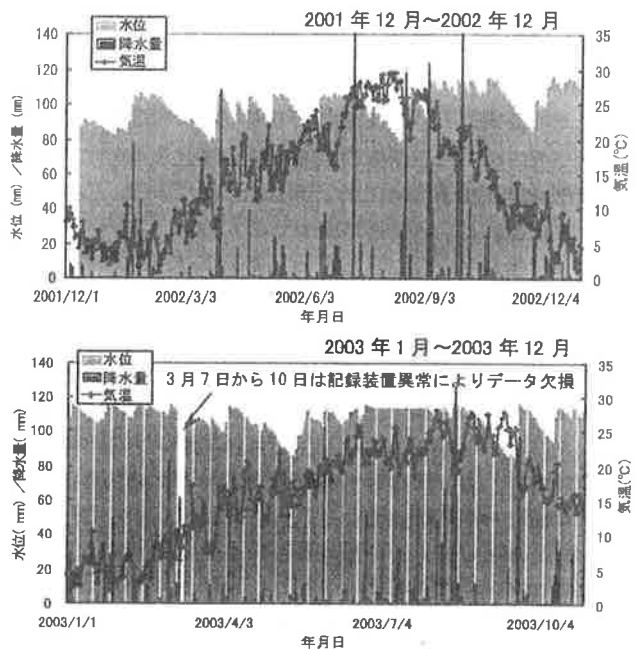


図4 貯留水の水位変化と降水量、気温
(2003年1月～10月)

図 4 において比較的長期にわたり降雨がなかった時期をピックアップし、そのときの貯留水位の変化と気温、湿度、積算日射量と水位変化量について図 5～図 19 にまとめる。なお、各グラフ中の日平均水位低下量は近似式の傾きを表記した。

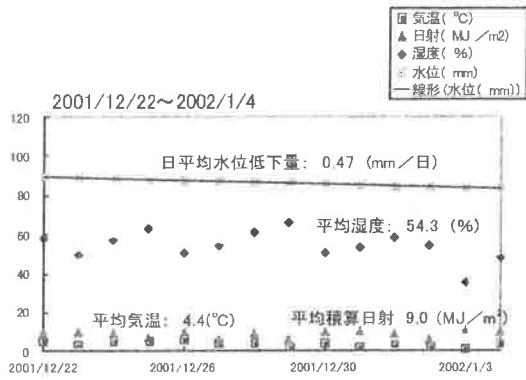


図5 降雨がない期間のデータ抜粋①

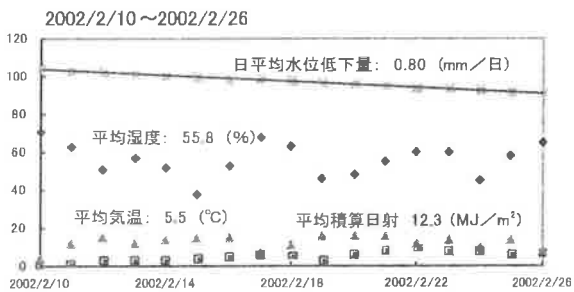


図6 降雨がない期間のデータ抜粋②

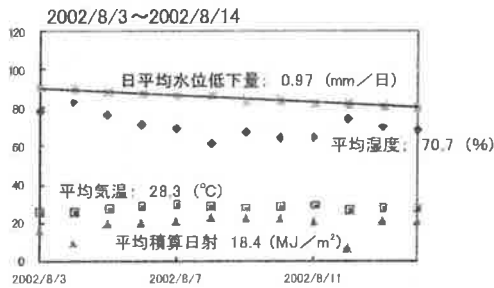


図7 降雨がない期間のデータ抜粋③

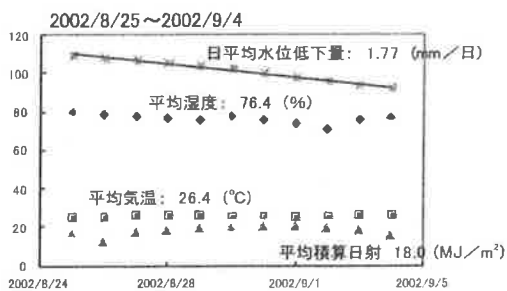


図8 降雨がない期間のデータ抜粋④

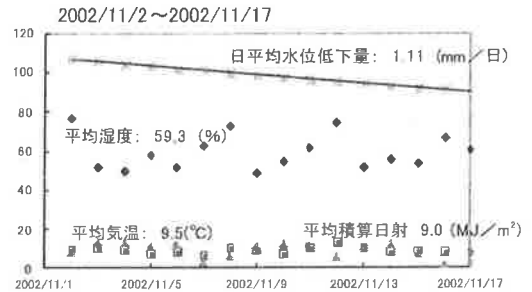


図9 降雨がない期間のデータ抜粋⑤

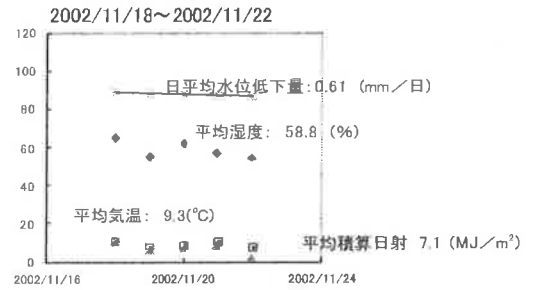


図10 降雨がない期間のデータ抜粋⑥

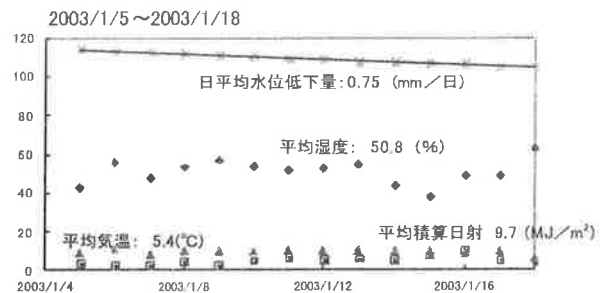


図11 降雨がない期間のデータ抜粋⑦

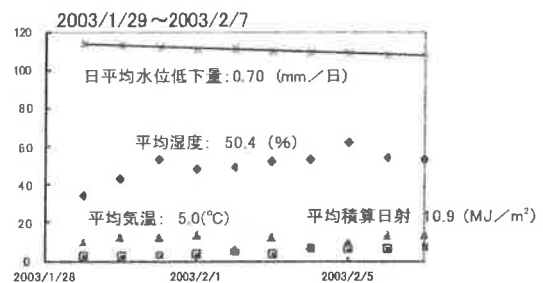


図12 降雨がない期間のデータ抜粋⑧

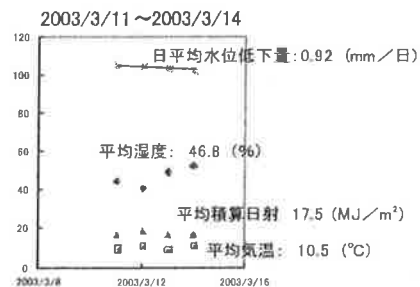


図13 降雨がない期間のデータ抜粋⑨

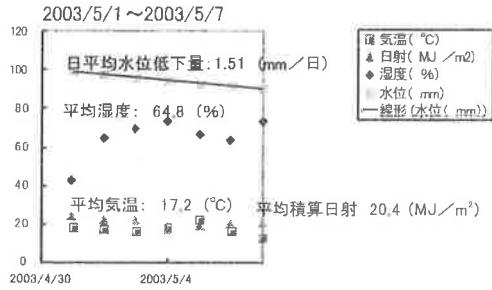


図 14 降雨がない期間のデータ抜粋⑩

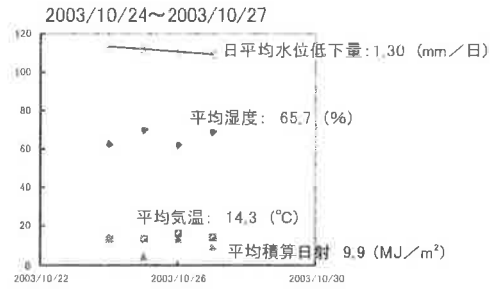


図 19 降雨がない期間のデータ抜粋⑮

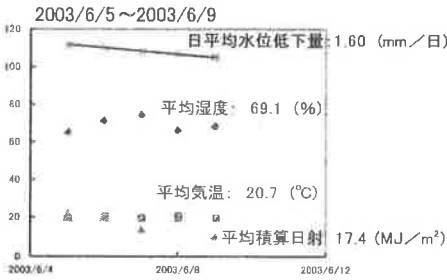


図 15 降雨がない期間のデータ抜粋⑪

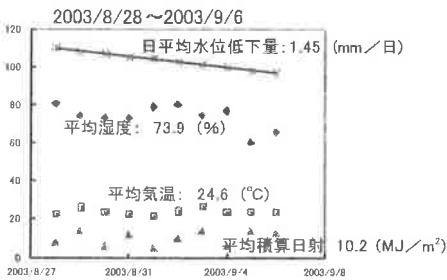


図 16 降雨がない期間のデータ抜粋⑫

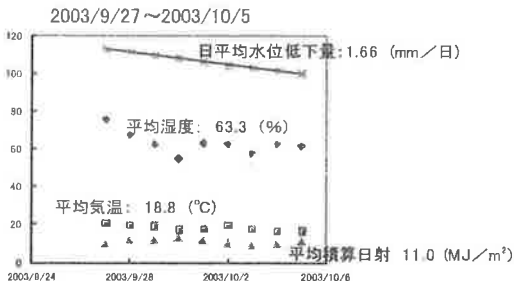


図 17 降雨がない期間のデータ抜粋⑬

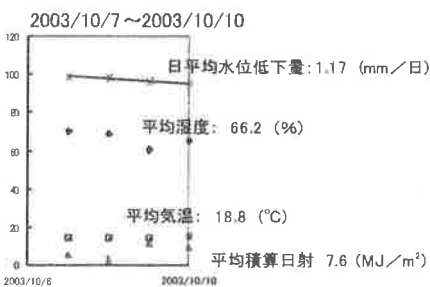


図 18 降雨がない期間のデータ抜粋⑭

5. 気温、湿度、積算日射量と水位変化量について

各期間における気温、湿度、積算日射量とそれ以外の気象要素をあわせて、晴天時水位変化量の日平均値を表 1 にまとめる。

水位変化量と気温、湿度、積算日射量の関係を図 20、図 21、図 22 に示す。

表 1 各期間における期間平均値の抜粋

期間	°C 平均 気温	% 平均 湿度	Hour 日照 時間	MJ/m² 積算 日射	mm 降水量	hPa 平均 気圧	mm 水位 変化	mm/日 水位変化量 近似式の傾き	
①	2001年12月~1月	4.4	54.3	6.2	9.0	0.0	1003.9	6.5	0.47
②	2002年2月	5.5	55.8	6.1	12.3	0.0	1008.1	13.2	0.81
③	2002年6月	28.3	70.7	7.7	18.4	0.0	1002.1	10.7	0.97
④	2002年8月~9月	26.4	76.4	7.8	18.0	0.0	1005.8	17.1	1.77
⑤	2002年11月	9.5	59.3	4.8	9.0	0.0	1004.3	16.6	1.11
⑥	2002年11月	9.3	58.8	3.6	7.1	0.0	1014.2	2.4	0.61
⑦	2003年1月	6.5	51.5	6.8	10.1	0.0	1004.0	9.8	0.75
⑧	2003年2月	5.0	50.4	5.6	10.9	0.0	1008.0	6.4	0.70
⑨	2003年3月	10.5	46.8	7.8	17.5	0.0	1018.0	2.7	0.92
⑩	2003年5月	17.2	64.8	7.0	20.4	0.0	1007.1	8.9	1.51
⑪	2003年6月	20.7	69.1	4.9	17.4	0.0	1004.4	6.4	1.60
⑫	2003年8月~9月	24.6	73.9	2.9	10.2	0.0	1004.9	13.4	1.45
⑬	2003年9月~10月	18.8	63.3	5.0	11.0	0.0	1004.6	13.0	1.66
⑭	2003年10月	15.3	66.2	2.2	7.6	0.0	1018.3	3.3	1.17
⑮	2003年10月	14.3	65.7	4.3	9.9	0.0	1007.0	3.9	1.30
平均	14.42	61.80	5.51	12.58	0.00	1007.50			

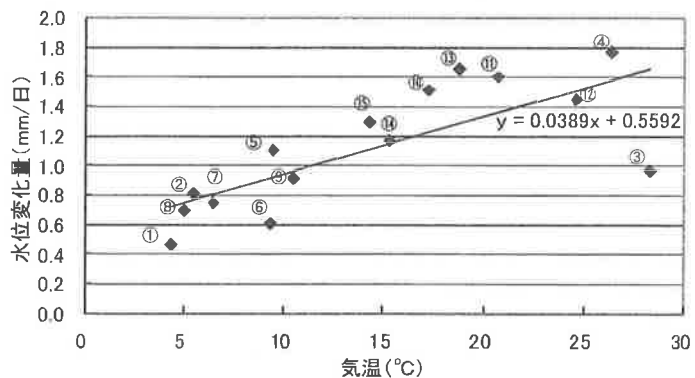


図 20 期間平均気温と水位変化量の関係

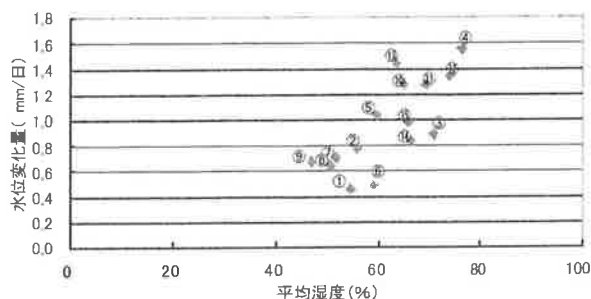


図 21 期間平均湿度と水位変化量の関係

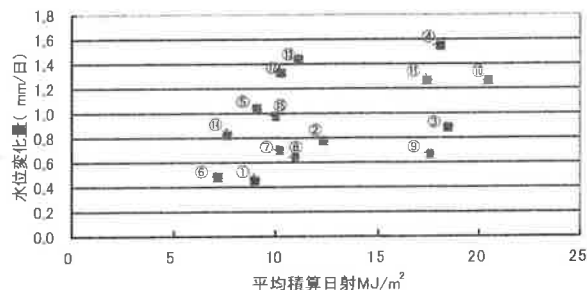


図 22 期間平均積算日射量と水位変化量の関係

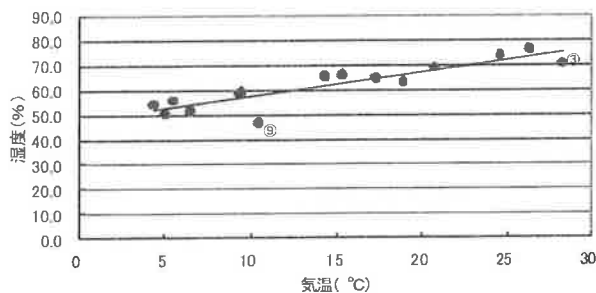


図 23 気温と湿度の関係

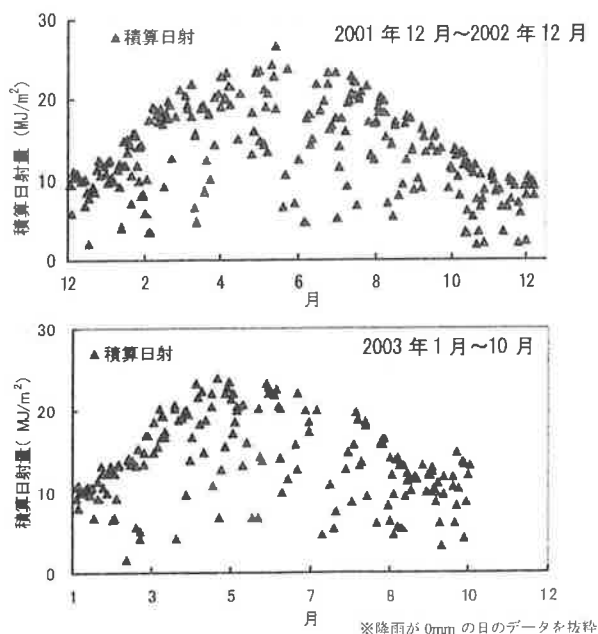


図 24 日射量の年間推移

(1) 気温と水位変化量

図 20 より、気温と水位変化量に相関性がみられた。
(ただし気温 4℃～28℃)

水位変化量は、そのほかに風速や地表面の植物の種類や被覆状況にも影響を受けるため、明確な数値を出すことは困難であるが、図 20 のグラフの近似式より、

$$y = 0.0389x + 0.5592$$

y : 晴天時水位変化量 (mm/日)

x : 気温 (°C)

という相関関係を得た。

ここで夏期の平均的な気温を 25℃として、上記の式に当てはめると、日水位変化量は 1.53mm/日となり、貯留水の満水水位が 110mm の実験に用いたシステムでは 71 日間、また土壌支持部材の高さを最大限に活用したとき (貯留水位を 250mm) では 163 日間、湯水が続いても貯留水が保持できると推定される。

(2) 湿度と水位変化量

図 21 で、湿度が高いほど水位変化量が増加していた。湿度が高いほど水位の低下量 (すなわち貯留槽からの蒸発量と植物による蒸散量) が高くなるということは、通常考え難い。そこで図 23 の気温と湿度の関係をみると、気温が高くなるほど湿度が上昇していることがわかる。したがって、水位変化量は気温の影響を大きく受けているものと推定する。

(3) 積算日射量と水位変化量

日射は植物の光合成を活発化し、蒸散量を増やすことから、積算日射量は水位変化に影響を与えるものと予想したが、図 22 では、積算日射量と水位変化量に明確な傾向はなかった。

そこで、図 24 で積算日射量の 2001 年 12 月から 2003 年 10 月の積算日射量の年間推移グラフ (降雨が 0mm の日のデータを抜粋したもの) をみると、最大積算日射量は 5 月をピークに山型のカーブを描くが、晴天時と曇天時のデータの差が激しかった。図 4 における気温の年間推移はある一定の幅を持って年間の変化をしており、水位変化量との相関関係も認められたことを考えると、積算日射量は、水位変化量に大きな影響を与えるものではないと考える。

また、積算日射量が水位変化量の変化に影響しないもうひとつの要因としては、植物の生育活性そのものが秋から冬にかけて低下する季節変化により、植物の蒸散量が日射量だけに単純に依存しない面があると考えられる。

6. おわりに

約 2 年間にわたる貯留水位の自動計測の結果から、晴天時における本システム (集水面積と植栽面積の比が 2 : 1、気温 4℃～28℃) の貯留水の水位変化 (減少)

量は、気温が高いほど大きくなる関係があることがわかった。

システム全面に植栽する場合や、植栽の密度、植物の種類などによっても、貯留水の水位変化に違いがあると考えられる。その関係を用いて 25℃における貯留槽の水位低下量から概算したところ、最大貯留水位が 110 mm であるとき、71 日間渇水が続いても貯留水を保持可能であると推定される。本システムでは常時水位と降雨時水位をオリフィス等により制御することにより、流出

抑制を行うことが出来るので、土壌支持部材の高さ(290 mm)を最大限に活用したシステムでは、上記条件では 180 mm を流出抑制高として活用することができる。

今後は、本結果を、集水面積、植栽の種類や量、気象条件が異なる、様々な設計に対応できるように、更なる研究を行っていきたい。

なお、本研究は (株) クレアテラ、(株) 明治ゴム化成との共同研究である。

謝 辞

本研究は (株) クレアテラ、(株) 明治ゴム化成との共同研究である。

参考文献

- 1) 植木恭子、伊沢輝、中村聡、福田淳：東急建設技術研究所報 「毛細管現象を活用した貯留雨水給水型緑化システムの給水および蒸発散機能に関する研究 (2001 年)
- 2) 神奈川県農林水産情報センター神奈川県気象情報データベース (<http://web05.agri.pref.kanagawa.jp/kisyo/index.asp>)

Study on TERRAPOND system —The action of the reservoir water level in two years—

Y.Tanabe ,O.Endo and M.Tsubaki

In the system which supply the stored rain water from lower tank to upper plants by capillary action, as a result of the automatic measurement of a water level, it shows out the correlation between the evaporation amount and the temperature.

This experiment suggested the possibility of this system maintaining planting, even if it did not rain for 71 days.