

2 層型レインガーデンの土壤材料の組合せが 水分動態に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○外岡 修典

日本大学 非会員 谷口 崇至

日本大学 正会員 中野 和典

(株)フジタ技術センター 非会員 小林 紀子

(株)フジタ技術センター 非会員 北島 信行

1. 研究背景と目的

地球規模の気候変動が社会における喫緊の課題となっている。気候変動への適応には都市の強靱化と防災対策が必要であり、その緩和には低炭素社会の実現が急務である。また気候変動による局地的豪雨増加に加え、都市コンクリート構造部の増加により、雨水浸透域が過少になっている。そのため、洪水や環境負荷のリスクが大きくなっている。対策として浸透域を増やし、雨水の河川や下水道への直接的流出を抑制する必要がある。しかしながら、現在の日本は少子超高齢社会の進行による税収減少により、限られた財源でのインフラ更新や維持管理が求められている。この問題に対して多機能・低コストな技術として期待されるグリーンインフラの導入が注目されている。レインガーデン(RG)はグリーンインフラの一つで雨水を一時的に貯留し、時間をかけて地下へと浸透させる透水型の植栽スペースである。RGにより、下水道への雨水流入負荷を軽減するだけでなく、水質浄化を図り地下水の涵養が促進される。また、親自然技術として低炭素社会の実現に貢献するとともに、街の景観を自然豊かなものにすることができる。

本研究では、このような多面的な便益が期待されるRGのモデルとして2層構造の装置を作製し、土壤材料の組合せが水分動態に及ぼす影響を4つの組合せにより検証した。

2. 試験方法

RGモデル装置の概要を図-1に、表層と下層の土壤の組合せと重量を表-1に示す。装置に投入した土壤は直径5cm 1.5kgのランマーを20cm高さから15回自由落下させて締固めを行い、RGの浸透層を再現した。透水試験は、水道水をカラム上部より20mL/min(100mm/h)、40mL/min(200mm/h)または給水装置の最大速度の3条件で24時間給水し、浸透層を透過した排水量から実際の透水速度を求めた。保水試験は、透水試験後、排水停止してから(約30min)、室内条件におけるモデル装置の重量変化を6日間10分毎に測定し、それらの値から蒸発速度を求めた。また、表層・下層中央部に水分センサーを挿入し、体積含水率の測定を10分毎に行った。測定したデータは各層体積と掛け合わせ、任意の時点における各層含水量とした。

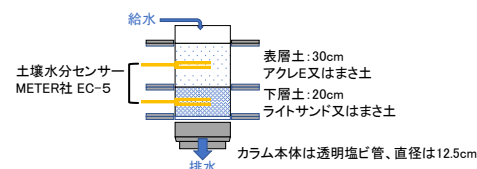


図-1 RGモデル装置概略図

表-1 RGモデル装置の充填土壌と重量

	A	B	C	D
表層	アクレE (3.282g)	まさ土 (6.191g)	アクレE (3.282g)	まさ土 (6.191g)
下層	ライトサンド (3.348g)	ライトサンド (3.348g)	まさ土 (4.071g)	まさ土 (4.071g)

3. 試験結果と考察

3.1 時間経過に伴う蒸発速度の推移

時間経過に伴う蒸発速度の推移の一例を図-2に示す。蒸発速度は第Ⅰ期と第Ⅱ期に分けて評価¹⁾した。第Ⅰ期は蒸発量に対して地表面への水分供給量が十分であり、地表面が常に湿潤状態となるため、蒸発速度が一定となる。これに対して、第Ⅱ期は地表面が乾燥状態に近づき、毛管吸引により水分が豊富な下層土壌から地表面に誘導される作用が蒸発速度を制限し、低下していく期間である。第Ⅰ期と第Ⅱ期の積算蒸発量

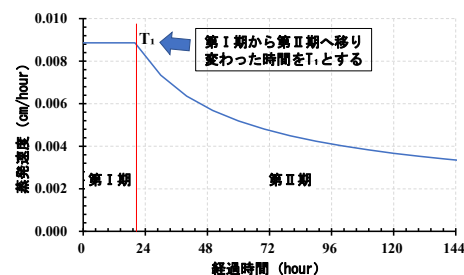


図-2 時間経過に伴う蒸発速度の推移

キーワード: グリーンインフラ、レインガーデン、水分動態

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学 土木工学科 環境生態工学研究室

をそれぞれ以下の式²⁾で近似した。

第Ⅰ期: $\Sigma E = V_{ev} T$

第Ⅱ期: $\Sigma E = V_{ev} T_1 + D_{eo} (T^{1/2} - T_1^{1/2})$

ここで、 ΣE は積算蒸発量(cm)、 V_{ev} は蒸発速度(cm/h)、 T は経過時間(h)、 D_{eo} は毛管脱水能($\text{cm h}^{-1/2}$)、 T_1 は第Ⅰ期から第Ⅱ期に移り変わった時間(h)である。また、第Ⅰ期終了時点での積算蒸発量を $\Sigma E_1 = T_1 \times V_{ev}$ とする。

3.2 土壤材料の組合せが透水性能に及ぼす影響

透水試験と保水試験の結果を表-2 に示す。流入速度 200mm/h で得られた透水速度は、No.2、3、5 及び 8 のそれぞれで 206、199、196 及び 197mm/h であり、同等であった。これらの結果から、本研究で比較した 2 層型 RG の土壤材料の組合せでは、少なくとも流入速度が 200mm/h までは透水性能に差がないことが明らかとなった。

3.3 土壤材料の組合せが保水性能に及ぼす影響

表-2 に示すように、 ΣE_1 は A～D の各グループ内で同程度の値を示した。 ΣE_1 の平均はそれぞれ、0.25、0.18、0.23 及び 0.44cm であり、 $D > A > C > B$ となった。保水試験開始直後 $T=0\text{h}$ の時の含水量が $T=144\text{h}$ でどの程度減少したか、異なる土壤材料の組合せ毎に図-3 に示す。A の表層含水量は $T=0$ で C の 1.2 倍であり、A の表層は C よりも湿潤であったことが、 ΣE_1 を押し上げたと考えられる。同様に B も表層含水量が小さいため A よりも小さな ΣE_1 になったと考えられるが、D の表層含水量は A の 0.46 倍にも関わらず ΣE_1 は 1.8 倍に達していた。表-1 に示すように、同一の締固めエネルギーの下で D の表層まさ土では、A の表層アクレ E の 1.9 倍の重さの土壤が充填されており、含水量が少なくても間隙が小さいために A よりも飽和条件に近くなり、 ΣE_1 が大きくなったと思われる。

D_{eo} の平均は A～D でそれぞれ、0.13、0.06、0.09 及び 0.15 $\text{cm h}^{-1/2}$ であり、 ΣE_1 と同様に $D > A > C > B$ となった。 D_{eo} は乾燥が進んだ地表面が表層から下層に至るまで毛管吸引により水分を引き抜く大きさを意味しており、最も小さくなった D では下層からも活発な水分移動があることが示唆される。A は D よりも低い D_{eo} となったが、これはアクレ E が下層のライトサンドから水を引き抜くのにまさ土同士よりも大きな抵抗を受けていることを意味している。B のライトサンドの減少量が 11.5%であるのに対し、D の下層まさ土の減少量が 13.1%と大きいことも合わせると、ライトサンドの保水力がまさ土よりも大きいことを示唆している。しかしながら、表層がアクレ E の場合、A の下層ライトサンドが 9.8%の水分を引き抜かれているのに対し、B の下層まさ土では 4%と低くなっており、表層から下層の毛管脱水に土壤による選択性があることが示唆された。

4. まとめ

2 層型 RG の土壤材料の組合せが水分動態に及ぼす影響を 4 つの組合せにより検証した結果、本研究で比較した土壤材料の組合せでは、少なくとも流入速度が 200mm/h までは透水性能に差がないことが明らかとなった。

まさ土は全体の保水量は小さいものの飽和条件に近い湿潤条件を保つ機能が強く、表層に用いた場合、下層からの円滑な水の吸引を行うことで表層からの蒸発を促進するといえる。一方でアクレ E は高い保水能力を持っており、RG 全体で保水量を増大させることが期待できる。それに加えて下層からの寄与が必要な第Ⅱ期でも高い毛管脱水能を保持することから、より相性の良いライトサンドと組み合わせることにより層全体での活発な水分移動をもたらす。

参考文献

- 1) 溝口勝ら(1998):土の中の物質移動(その3)-土中の水の蒸発、消費および凍結(上方移動のメカニズム)-、農業土木学会誌、Vol56(9)、pp.75~81
- 2) Wilfried Brutsaert(杉田倫明(訳)(2008)、水文学 Hydrology: An Introduction、共立出版、pp.283~284。

表-2 4つの組合せの2層型 RG モデル装置の透水性能及び保水性能の比較

No.	表層	下層	流入速度(設定値) 【mm/h】	透水速度 【mm/h】	$\Sigma E_1 = T_1 \times V_{ev}$ 【cm】	D_{eo} 【 $\text{cm h}^{-1/2}$ 】
A	1 アクレE	ライトサンド	100	100.6	0.26	0.11
	2 アクレE	ライトサンド	200	206.1	0.23	0.14
B	3 まさ土	ライトサンド	200	198.8	0.16	0.06
	4 まさ土	ライトサンド	216	215.9	0.20	0.06
C	5 アクレE	まさ土	200	196	0.20	0.08
	6 アクレE	まさ土	222.5	223.2	0.26	0.10
D	7 まさ土	まさ土	100	103.9	0.40	0.14
	8 まさ土	まさ土	200	196.5	0.41	0.15
	9 まさ土	まさ土	242	229.5	0.51	0.17

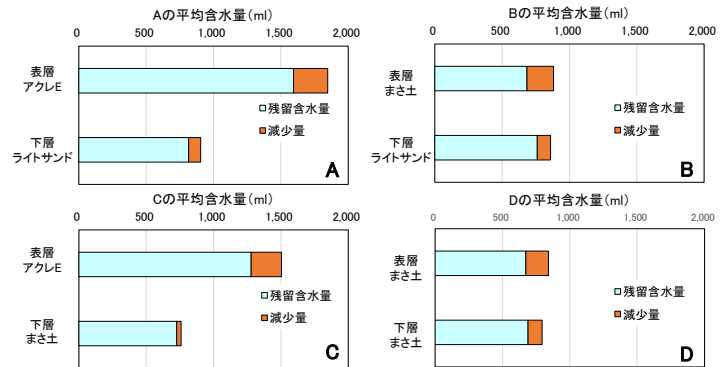


図-3 土壤材料の組合せと含水量分布