

相国寺の枯山水庭園における雨水浸透機能の実測と評価

九州産業大学 学生会員 村上巧真 ・ 九州産業大学 正会員 山下三平
 京都大学名誉教授 森本幸裕 ・ 京都先端科学大学 阿野晃秀
 京都先端科学大学 丹羽英之 ・ 京都大学 深町加津枝
 京都市都市緑化協会 佐藤正吾

1. はじめに

地球規模の気候変動や都市化の進捗が重なって、世界各地で都市型水害のリスクが高まっている。流域治水が注目される中、都市部においては小規模なグリーンインフラが現実的な対策となるだろう。欧米での導入がいち早く進んだグリーンインフラだが、我が国での普及には、その風土に適した要素技術の適用が必要である。

そこで本研究は日本古来の伝統的な枯山水庭園に注目する。その雨水浸透機能を実測評価することによって、都市型グリーンインフラの要素技術としての新しい雨庭のデザインに資する基礎的知見を得ることを目的とする。

2. 方法

(1) 対象施設

臨済宗相国寺派大本山相国寺(京都市)が対象である。相国寺には複数の趣の異なる庭園が存在し、白砂に岩を配し奥は苔と紅葉で覆った開山堂庭園や白砂のシンプルな方丈前庭園、そして京都市指定・登録文化財の名勝に指定されている裏方丈庭園(図-1)がある¹⁾。



図-1 相国寺の裏方丈庭園の様子²⁾

裏方丈庭園は方丈の北面に広がっており、そこに大きな掘り込み状の枯流れがある。流れの底部には小石が敷かれ、その下に砂があり、雨水が地下に浸透しやすい構造である。本研究ではこの裏方丈庭園の雨水の挙動を観測評価する。

(2) 観測方法

相国寺に隣接する同志社大学のキャンパス内に雨量計を設置した。また水位計を枯流れの河床に設置した。表-1に観測の機器、期間および時間間隔を示す。

表-1 観測方法について^{*}

	観測機器	使用期間	観測間隔
雨量計	ECRN-50	2021/5/28～11/10	7/1まで10分、以降5分
	ECRN-100		
水位計	HOB0 U-20	2021/5/21～11/10	7/8まで10分、以降5分

^{*}5/21～28は未測のため雨量を気象庁で参照³⁾

(3) 評価方法

ここでは本研究で扱う用語について説明する。先行雨量から無降雨の時間が1時間以上空き、その後再び降った降雨を「降雨イベント」とする。降雨イベントの始まりから枯流れの貯留がピークに達するまでの雨量に対する、雨量と貯留量の差の比を「浸透率」、貯留ピーク時から、雨が止み貯留がなくなるまでの浸透量を、ピーク貯留時の河床面積と時間経過で除したものを「浸透能」とする。

浸透機能は土壌の状態によって変動すると考えられる。そこで浸透率、浸透能およびそれらの要因と考えられるものとの相関係数と偏相関係数を求める。偏相関係数では先行雨量と無降雨期間を制御変数とする。扱う要因は表-2のとおりである。

表-2 要因の一覧

・平均降雨強度(mm/h)	・降雨継続時間(hr)	・先行雨量(mm)	・降り始めからピーク 終了時までの累加雨量(mm)
・累加雨量(mm)	・貯留ピーク時までの 水位(mm)	・無降雨期間(h)	

3. 結果

(1) 観測結果

各降雨イベントの雨量と浸透率および浸透能を図-2に示す。

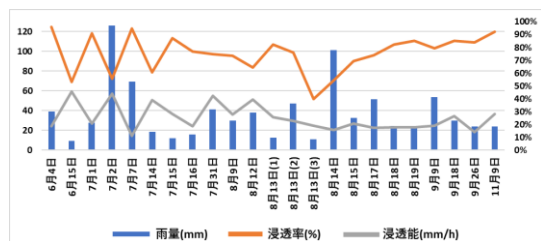


図-2 浸透率及び浸透能

浸透率は39.7%~95.9%、浸透能は14.1mm/h~59.4mm/hの範囲で変動することがわかる。しかし必ずしも降雨イベントの大きさと直接的な関係が見られるわけではない。

浸透率は平均75.3%、浸透能は平均32.7mm/hになり、本庭園は雨水流出抑制効果が高いことがわかる。

(2) 相関係数

浸透に関する2つの指標は単純に雨量と関係があるわけではない。そこで浸透に関すると思われる要因との相関係数を求めると表-3のようになる。

表-3 各要因と浸透機能の相関係数*)

	浸透率	浸透能		浸透率	浸透能
平均降雨強度	相関係数 -0.250	0.607	貯留ピーク時までの水位	相関係数 -0.599	0.314
	P値 0.251	0.002		P値 0.003	0.144
累加雨量	相関係数 -0.196	0.029	無降雨期間	相関係数 0.293	-0.006
	P値 0.370	0.897		P値 0.175	0.979
降り始めてからピーク	相関係数 -0.173	0.104	先行雨量	相関係数 -0.445	-0.309
終了までの累加雨量	P値 0.429	0.635		P値 0.033	0.151
降雨継続時間	相関係数 0.240	-0.509			
	P値 0.269	0.013			

*)黄色は5%水準で有意

浸透率は貯留ピーク時までの水位ならびに先行雨量、浸透能は平均降雨強度ならびに降雨継続時間との間に有意な相関がある。浸透率は貯留ピーク水位と先行雨量の双方に負の相関があり、土中水分が少ないときに初期損失が多くなることがうかがわれる。

一方浸透能は平均降雨強度と正の相関があり、降雨継続時間と負の相関がある。平均降雨強度が強く、貯留が急に増えると、土中水分が比較的少なく、貯留の減少期に浸透する速度が速くなるためと思われる(図-3)。また降雨継続時間の長い降雨イベントでは土中水分が多くなり、浸透速度が遅くなるものと思われる。

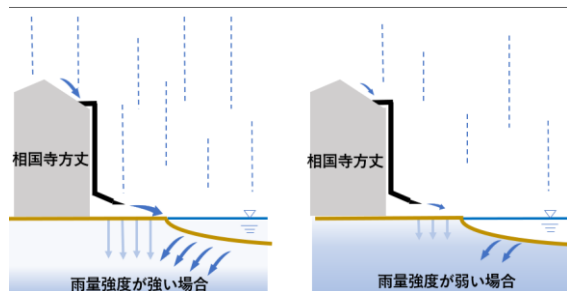


図-3 浸透能の変動のメカニズム

(3) 偏相関係数

相関係数は上記のとおり土中水分の状態と関係が深い。それは先行雨量と無降雨期間によって複雑に影響されていると考えられる。そこで先行雨量と無降雨期間を制御変数として、浸透と要因との偏相関係数を求めると表-4のようになる。

表-4 先行雨量と無降雨期間を除外した偏相関係数*)

		浸透率	浸透能
先行雨量と無降雨期間を制御変数とした偏相関係数	平均降雨強度	相関係数 -0.38	0.606
		P値 0.113	0.002
	累加雨量	相関係数 -0.124	0.071
		P値 0.591	0.758
	降り始めてからピーク	相関係数 -0.132	0.127
	終了までの累加雨量	P値 0.568	0.583
	降雨継続時間	相関係数 0.392	-0.47
		P値 0.079	0.031
貯留ピーク時までの水位	相関係数 -0.531	0.429	
	P値 0.013	0.052	

*)黄色は5%水準で有意

浸透率は平均降雨強度、浸透能は平均降雨強度ならびに降雨継続時間との間に有意な相関が見られる。先行雨量と無降雨期間の影響をこのように平準化しても、前途と同様の結果となることがわかる。このように本庭園枯流れの浸透機能は土中水分量の程度により変動することが確かめられた。

4. おわりに

都市型水害の緩和のため、日本特有の新たなグリーンインフラの開発を目的として、日本古来の庭園の雨水浸透機能について追究した。結果、以下のことが分かった。

- 1) 浸透率は39.7%~95.9%、浸透能は14.1mm/h~59.4mm/hの範囲で変動する。
- 2) 雨水浸透率は平均75.3%。浸透能は平均33.6mm/hであり、本庭園は高い雨水処理能力がある。
- 3) 本庭園枯流れの浸透機能の変動は土中水分量によるものと推定される。

参考文献

- 1) 臨済宗相国寺派 | 相国寺
<https://www.shokoku-ji.jp/>
- 2) 緒方綾乃：枯山水庭園の雨水管理機能に関する研究 九州産業大学論文,2020.
- 3) 国土交通省気象
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>