

清水寺地下水位、湧水の発生状況の実態把握に関する研究

立命館大学理工学研究科
立命館大学理工学部
立命館大学理工学研究科
日特建設株式会社
日特建設株式会社
立命館大学理工学部
立命館大学理工学部

○鹿島翔太
藤本将光
高尾宗志
宇治原雅之
藤田哲
里深好文
深川良一

1.はじめに

近年、日本では集中豪雨が多発している¹⁾。清水寺においてもこの 50 年間でなお、1972 年、1999 年、2013 年、2021 年の 4 件の土砂災害が発生しており、今後も発生する可能性がある。その為、土砂災害発生要因となる雨量、地下水位、斜面からの湧水の実態を把握することで災害対策につながると考えた。

そこで本研究では、雨量と土砂災害の関係を清水寺の雨量・地下水位と湧水発生場所の画像データを基に、湧水の発生条件や地下水位と雨量の関係を明らかにすることを目的とする。

2.研究方法

2.1 調査期間の降雨イベント

調査を行った期間は、2023 年の 7 月 19 日～2023 年 11 月 7 日である。本研究では、無降雨が 4 時間続いた場合に別の降雨イベントとして扱った。この条件に加え、累加雨量が 10mm を超えるものについてのみ分析を行った。これは、土砂災害が発生するにはある程度まとまった雨量が必要であることを考慮したためである。以下の表 1 が対象期間の雨をまとめたものである。雨量情報は京都市防災ポータルサイト²⁾から取得した。

表 1 対象期間の雨

	最大雨量(1h)	最大雨量(10m)	累加雨量(mm)	降雨時間(h)
① (7/26)	31.0	11.5	31.0	0.67
② (8/14~8/16)	29.5	9.0	140.5	32.17
③ (8/24)	33.0	18.0	33.5	2.00
④ (9/6)	11.0	5.0	15.5	2.50
⑤ (9/21)	11.5	3.0	15.0	2.00
⑥ (9/30~10/1)	30.5	9.5	62.5	8.00
⑦ (10/14~10/15)	3.0	1.0	16.5	9.17
⑧ (11/7)	8.5	3.5	10.5	1.67

2.2 雨量と地下水位の関係

本研究においては各種の雨量指標【最大雨量(1h)、最大 10 分間雨量、累加雨量(mm)、降雨継続時間(h)】と地下水位の関係について分析する。地下水位は奥の院の後背斜面の地点 P₁、M、P₂、P₃(図 1)のデータを用いる。なお、解析においては、地下水位につい

ては雨量が記録され始めた時刻の 10 分前の地下水位を基準とした。

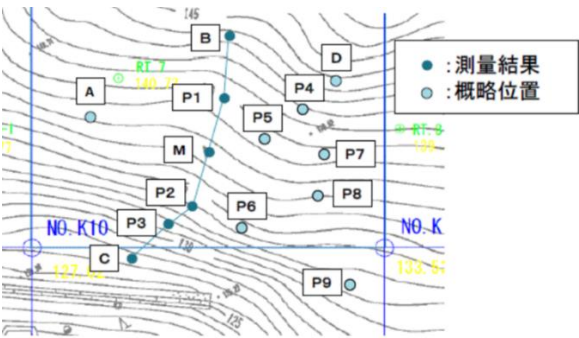


図 1 地下水位の計測地点

2.3 地下水と湧水

表 1 中②(8/14~8/16)と③(8/24)の期間の雨において湧水の発生が生じていると考えられたため、これについても地下水位との関係を比較し分析を行う。本研究で用いたカメラは、昼間はカラーでの写真であるが、暗い時間になると「暗視モード」という白黒に近い写真になる。このカメラで撮影した画像で湧水の発生がどの程度認識できるのかを検討するために、湧水の発生に関して以下の 3 段階(表 2)に区分して考える。以下の写真(図 2)が湧水の発生の判断に用いた例である。

表 2 湧水の判断区分

×	発生なし
○	明確に観察できる
△	判断が微妙

3.結果と考察

表 1 の 8 つの雨におけるそれぞれの地点で、各地下水位孔最大地下水位、降雨前イベントの水位に戻るまでの時間、雨量データを以下にまとめた(表 3、表 4、表 5)。

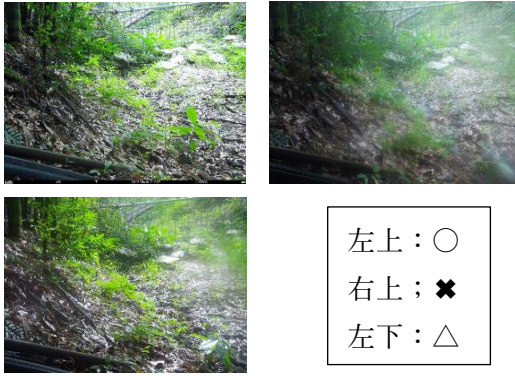


図2 湧水発生判断例

雨量が少なく降雨時間の短い雨でも地下水位の上昇が認められ、降雨前の水位に戻るまでの時間が長い雨があった。表4の結果から、雨が降り終わるまでに降雨前の地下水位に戻っていることが多いが地点によっては長い時間を要するところがあることも考察できた。表5から、降雨イベント②(8/14~8/16)のような長時間に及ぶ雨が降った際には、降雨前イベントの水位に戻るまでの時間がかかることが分かり、土砂災害の危険性がより増すと考えられるため注意が必要であると言える。

湧水発生時における地下水位と雨量の関係を以下の図3に示す。図3の結果から、湧水の生じる過程としては雨が降り始めてからすこし時間が経過してから発生し、雨が降り終えてからある程度の時間が経過してから少しずつ地下水位が低下し、消失していくことが観測できた。しかし、降雨イベント③(8/24)の雨では湧水が発生していると考えられたが本調査で用いたカメラでは発生状況を観察できなかった(図4)。図4の左の画像が夜間(ナイトモード)、右の画像が昼間(カラー)のものであり、雨が夜間に降った場合に湧水の観察が困難であることが分かった。

表3 各地下水位孔最大地下水位

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1	4.666	139.776	37.288	0.179	18.177	26.418	0	11.583
M	1.474	46.375	11.262	3.901	8.882	2.905	29.882	0.576
P2	0	4.191	0	0.004	0	0.004	0.111	0.001
P3	0.64	70.776	11.924	0.006	6.212	3.566	0.004	1.026

表4 降雨前イベント前の水位に戻るまでの時間(降り始めから)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1	6.000	168.000	32.667	168.000	12.833	18.167	-	6.333
M	0.500	72.667	4.167	0.833	2.500	1.333	2.333	1.167
P2	-	83.333	-	0.667	-	0.333	5.833	0.500
P3	0.667	76.167	15.500	2.667	7.333	1.000	5.833	0.833

表5 降雨前イベント前の水位に戻るまでの時間(降り終わりから)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
P1	5.167	168.000	30.677	168.000	10.833	10.167	-	4.667
M	-	40.667	2.167	-	0.500	-	-	-
P2	-	51.333	-	-	-	-	-	-
P3	-	44.000	13.500	0.167	5.333	-	-	-

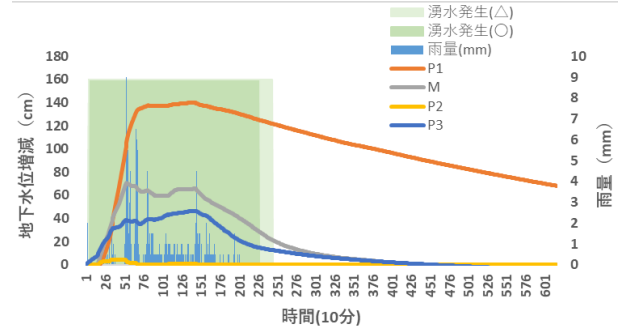


図3 降雨イベント②(8/14~8/16)の湧水発生状況



図4 湧水の昼夜の画像の差

4.おわりに

本調査では、雨量も少なく降雨時間の短い雨でも地下水位の上昇があり、降雨前イベントの水位に戻るまでの時間が長い雨があり、長期間に及ぶ雨が降った際には土砂災害の危険性がより増すと考えられるため注意が必要であると分かった。しかし、1時間あたり50mmを超える雨については考察できなかった為、短時間の雨でどれほど危険性があるのか観察できなかったので引き続き調査を行っていきたいと考える。

また湧水に関する調査では、昼間のカラー撮影では湧水の発生状況を考察できた。その発生状況としては雨が降り始めてからすこし時間が経過してから発生し、雨が降り終えてからある程度の時間が経過してから少しずつ地下水位が低下し、消失していくことが観測できた。しかし、夜間や暗い状況になると白黒の画像になってしまい、湧水の発生状況の判別が困難になることが分かった。ただ、この画像に関しても前述したような1時間あたり50mmを超えるような雨の時に観察できる可能性もあると考えるのでこの湧水発生状況に関しても調査を継続していきたい。夜間に湧水の発生を観察できるように検討を行う予定である。

参考文献

1) 国土交通省 気象庁 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化 参照 2024-4-8

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

2) 京都市防災ポータルサイト 東山 雨量情報 参照 2024-4-8

<https://www.bousai.city.kyoto.lg.jp/weather/rainfall/164>