

# 土砂災害に対する観測技術の最前線

## 世界遺産清水寺における現地観測



水・土砂防災研究部門 特別研究員 檀上 徹

### 観光名所と土砂災害

日本では、梅雨期・台風期の降雨に伴う土砂災害により、多くの人命や財産が失われています。京都市には数多くの神社仏閣があり、国内海外問わず多くの観光客が訪れています。神社仏閣の多くは山地斜面に点在することから、土砂災害の発生に対する潜在的な危険性が高い場合が多く、災害の発生時における観光客の人命や文化的財産への備えは重要です。特に、観光の名所である清水寺境内では、これまでに何度か土砂災害が発生し、被害を受けました。

土砂災害の発生に対して、「どこで発生するのか(場所)」、「いつ発生するのか(時間)」を事前に把握・予測することは重要です。そこで私たちの研究所では、2014年から立命館大学の深川研究室と共同研究を開始し、清水寺境内における重要文化財および観光客の人命を土砂災

害から守ることを目的とした斜面観測をおこなっています。

### 清水寺の土砂災害の履歴

近年の清水寺境内における土砂災害(規模を問わず)の発生は、4度ありました(図1)。1度目は1972年7月に発生し重要文化財の釈迦堂が全壊しました。2度目は1999年6月に発生し音羽の滝横の茶店を押し潰す被害がありました。3度目は2013年9月に発生し境内で5箇所の土砂災害が確認されました。4度目は2015年7月に境内で小規模な崩壊が発生し、隣接する大谷本廟境内では大規模な土砂災害が発生しました。

### 「どこで発生するのか」の観測

土砂災害が「どこで発生するのか(場所)」を

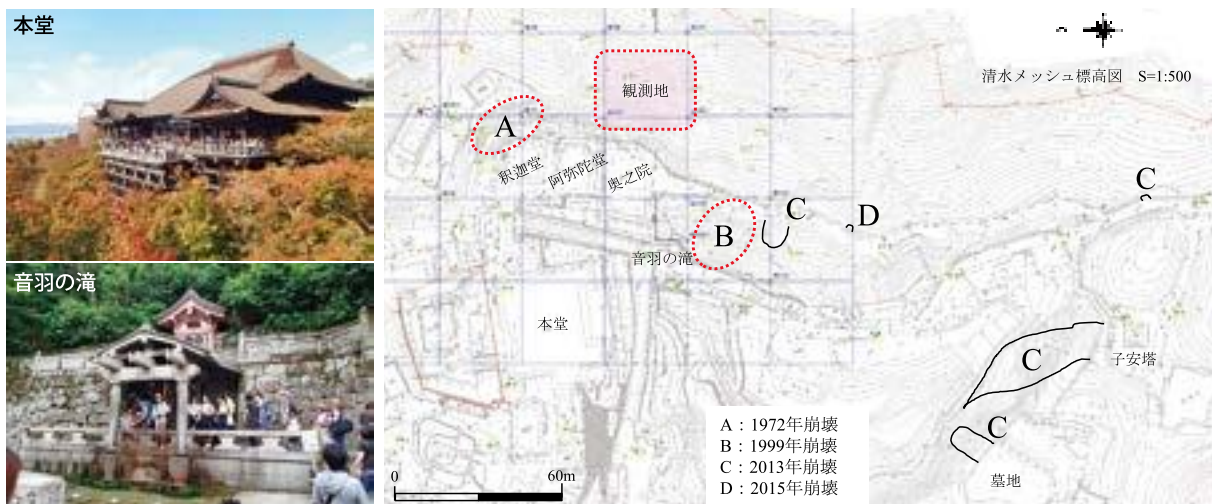


図1 近年の降雨に伴う清水寺境内で発生した土砂災害の場所

把握するに当たり、「水」に着目することは重要です。降雨に伴う土砂災害の発生は「水」に起因することから、水の多い斜面すなわち地下水の豊富な斜面では斜面崩壊が発生する可能性が高くなります。そのため、地下水の豊富な場所（水みち）を探ることが、土砂災害の発生場所を特定する一つの手段となります。

水みちの経路を特定するために、これまで立命館大学により水みち調査（1m深地温探査、地中音探査）が実施されてきました。さらに防災科研により、斜面に電気を流して地下水の場所を特定する手法（比抵抗電気探査）を実施しました。過去の推定結果と重ね合わせることで、地下水が豊富な場所を明確に特定かつ可視化することができました（図2、図3）。

### 「いつ発生するのか」の観測

土砂災害が「いつ発生するのか（時間）」を予測するに当たり、対象斜面内の特性を把握することは重要です。例えば、雨が降った際の斜面内への水の浸透量や浸透速度、雨が止んだ後の斜面内からの水の排水量や排水速度等の水分変化（水圧変化）を把握することが挙げられます。また、雨が降った際に斜面がどれくらい変形したかの特性を観測することも、斜面内の特性を把握するに当たり必要です。

これら特性を把握するため、現在、清水寺境内における奥之院後背斜面の観測地では、雨量を観測するセンサ（転倒ます式雨量計）、斜面内の水圧を観測するセンサ（テンシオメータ）、防災科研が開発した斜面の水分量や傾斜を観測するセンサ（マルチセンサ）を設置しています（図4）。テンシオメータは14箇所、マルチセンサは地下水が豊富な側線に設置することで、現地斜面での面的な水分変化や変形特性の観測をおこなっています。

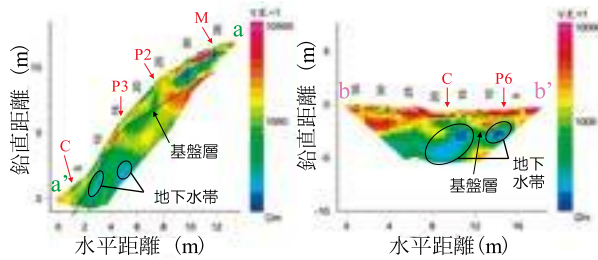


図2 電気探査の結果

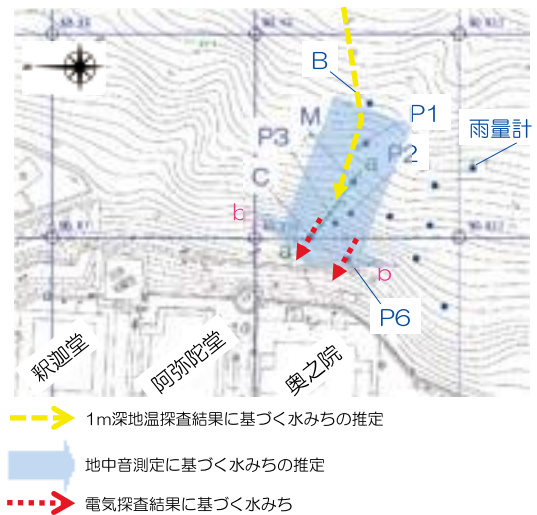


図3 水みちの場所の特定



図4 設置センサ  
 雨を測るセンサ（転倒ます式雨量計）  
 水圧を測るセンサ（テンシオメータ）  
 水分量や斜面傾斜を測るセンサ（マルチセンサ）

図4 設置センサ

### おわりに

観測で得られたデータは、立命館大学とともに清水寺へ情報を提供しております。今後、降雨による土砂災害の危険が差し迫った場合は、早い段階で情報を発信できるよう、土砂災害が発生するメカニズムの解明や予測技術の向上を図るとともに、観測・警戒システムの構築を目指した研究開発を進めてまいります。