

31. 急勾配斜面地盤での温度計測による表層地下水探査

Survey of Subsurface Groundwater on Steep Slope by Measuring Underground Temperature

○仲矢順子, 深川良一, 酒匂一成 (立命館大学)

Junko Nakaya, Ryoichi Fukagawa and Kazunari Sako

1. はじめに

急傾斜地で発生する表層崩壊において, 斜面地盤への降雨浸透が大きな要因の一つと考えられている. 斜面に浸透した降雨の流動経路を把握し, 流動地下水が斜面崩壊発生の要因となるメカニズムを解明することにより, 現地状況に即した効率的な対策が可能になると考えられる. 本報告では, 重要文化財の後背斜面において実施した 1m 深地温探査の結果と, 探査結果より想定された地下水流動経路と変状地形等の関係についての考察を述べる.

2. 調査地の概要

本調査は, 京都盆地東縁に位置する清水寺境内の釈迦堂等重要文化財建造物に近接する比高約 20m (標高 130~150m), 平均勾配約 40° の斜面にて, 幅約 100m に渡る範囲で実施した.

清水山の基盤は丹波層群の中・古生層からなり, 調査地付近には主にチャートや泥岩が分布しているが, 調査対象斜面は全体が崩積土に覆われており, 岩盤の露頭は認められなかった. 既往の調査により, 基盤岩上に分布する崩積土の厚さは 1~2m 程度であることがわかっている¹⁾. 対象斜面はその外観等の違いから, 大きく 3 つのブロック (北, 中, 南) に区分できる (図-1 (a)). 北ブロックは北西向き斜面で, サクラが植栽されている (2000 年一斉植栽). 中ブロックは, 北ブロックに続く北西向き斜面であるが, 北・南ブロックを連絡する 1 本の遊歩道付近を除き, 斜面の大半が常緑の中低木に覆われている. 南ブロックは北・中ブロックと斜面方向が異なり, 西向き斜面である. 南ブロック斜面では北ブロックと同時期にサクラが植栽されている.

斜面の湧水について, 2004 年の地表踏査時に, 北ブロック南側のガリ地形頭部にて湧水が確認されていた²⁾が, 2009 年 8 月以降の調査期間中, 対象斜面上では顕著な湧水は確認できなかった. 斜面下部では, 釈迦堂背面および奥之院背面に湧水箇所がある (図-1 (c)). 奥之院背面の湧水は寺内用水に利用され, 常時豊富な湧出量を有している (具体的な湧出量情報は得られていない) が, 釈迦堂背面の石積擁壁水抜き穴からの湧水は, 2010 年 1 月以降, 2010 年 3 月初旬までの間は湧出がほとんど確認できず, しかし 3 月中旬以降 8 月中旬までの期間は, 1~2 週間毎の観測の都度湧出を確認した.

3. 調査方法

対象斜面において, 1m 深地温探査を実施した. 1m 深地温探査は, 季節によって変動する GL-1.0m 付近の地中温度と, 温度の季節変動が比較的少ない流動地下水との温度差を利用して, 地盤浅層 (おおむね GL-10m 以浅) の地下

水流動経路の平面分布を探査する手法である³⁾.

1m 深地温を測定するため, 対象斜面において南北方向 (おおむね等高線に沿う方向) 3m 間隔, 東西方向 (斜面傾斜方向) 5m 間隔で地盤に直径約 2cm, 深度 1m の測定孔を掘った. 同じ箇所でも地温測定を繰り返すことができるよう, 測定孔には塩ビ管 (VP16) を挿入して保孔, 塩ビ管頭部には雨水等侵入防止のためにフタを設置した.

1m 深地温測定はこれまでに, 2009 年 10 月 1 日, 2010 年 1 月 22 日, 2010 年 8 月 4 日の 3 回実施した. 測定は, 先端にサーミスタ式温度センサのついた測温体を測定孔に挿入して行った. 測定箇所数は表-1 に示すとおりであり, 測定毎に孔数を追加 (測定範囲を拡大) している.

4. 調査結果と考察

3 回の計測結果のうち, 2010 年 1 月と 8 月に実施した計測結果を図-1 (a),(b) に等温線図で示す.

1m 深地温の平均値と計測当日の湧水温を比較すると (表-1), 1 月は平均地温より湧水温が高く, 8 月は平均地温より湧水温が低かったことから, 1 月は周囲より地温の高い部分に, 8 月は周囲より地温の低い部分に地下水流動経路があると想定できた. 以下, これら周囲と地温の異なる部分を温度異常部と称する.

1 月計測結果, 8 月計測結果ともに, 北ブロック南東端部から斜面下方へ向かう帯状の温度異常部 (図-1 中の破線で囲んだ範囲 A. 以下, B~D も破線で囲んだ範囲を指す) が認められた. また, 中ブロックの中程に 1 本 (B), 南ブロックの北西端部に 1 本 (C) の帯状温度異常部が認められた. これら帯状温度異常部のうち, A, C は斜面のガリ状谷地形とほぼ一致, B についてもガリ状谷地形の末端と

表-1 測定結果一覧

計測日		'10年1月22日	'10年8月4日	8月と1月の差
湧水温	奥之院背面	12.3 °C	15.3 °C	3.0 °C
	釈迦堂背面	(湧出なし)	16.2 °C	—
平均地温 (差の平均)	全体	7.7 °C	21.2 °C	13.7 °C
	北ブロック	7.2 °C	21.4 °C	14.1 °C
	中ブロック	8.5 °C	20.9 °C	12.6 °C
	南ブロック	7.8 °C	21.7 °C	13.8 °C
最高地温 (差の最大値)	全体	10.0 °C	23.1 °C	17.5 °C
	北ブロック	9.3 °C	23.1 °C	17.5 °C
	中ブロック	9.7 °C	22.9 °C	16.1 °C
	南ブロック	10.0 °C	23.1 °C	16.6 °C
最低地温 (差の最小値)	全体	5.6 °C	18.9 °C	10.0 °C
	北ブロック	5.6 °C	19.4 °C	10.1 °C
	中ブロック	6.5 °C	18.9 °C	10.3 °C
	南ブロック	6.5 °C	20.0 °C	10.0 °C
測定孔数 (サンプル数)	全体	128	152	128
	北ブロック	51	51	51
	中ブロック	31	55	31
	南ブロック	46	46	46

※ 北ブロックのさらに北側の範囲については割愛している.

一致した。これらのことから、帯状温度異常部と変状地形の分布には何らかの関連性があるのではないかと考えられた。すなわち、帯状温度異常部が地下水流動経路の平面投影であるなら、地下水流動経路と変状地形との間に何らかの関係があるのではないかと考えられた。

ここで、帯状温度異常部 A の延長線上には湧水箇所があり、A と一致したガリ状谷地形の頭部では、過去の踏査で湧水が確認されていたことから、帯状温度異常部 A が地下水流動経路を示している可能性は非常に高いと考えられた。一方、帯状温度異常部 B および C については、これまでの踏査で湧水等、直接的な地下水流動経路との関連性は確認できていない。また範囲 D について、1 月計測では D が帯状温度異常部として奥之院背面の湧水につながるような形で認められたが、8 月計測では範囲 D の上半分に周辺地盤と同程度に温度の高い部分が現れ、温度異常部は 1 月計測のような帯状とは言えない形状となった。

1 月計測結果のみに帯状温度異常部が現れた範囲 D について、本調査範囲の大半が樹木やシダ植物などで覆われた中で、この D 上半部付近は高木層、下層植生とも欠いており、地表面が長時間直射日光にさらされていた。その影響で 1m 深地温が年間を通じて周辺より高くなりやすいのではないかと考えられた。そこで、各測点について 8 月計測値と 1 月計測値の差を求め、等温度差線図を作成したところ(図-1 (c))、範囲 D において周辺よりも温度差の小さい範囲が 1 月計測の帯状温度異常部 D と類似した形状で現れた。また、A~C の範囲にも帯状の小温度差範囲が 1 月計測、8 月計測の帯状温度異常部と同様な形状で現れた。このことは、異なる季節の計測結果の差を用いることが、温度の年間変動が周辺地温より比較的小さい地下水流動経路の探索に有効であるとともに、流動地下水以外の要素による 1m 深地温への影響をある程度排除できることを示唆している。

5. まとめ

調査対象である急勾配斜面における 1m 深地温探査の結果、地下水流動経路の平面投影と考えられる帯状温度異常部が複数確認された。また、これら帯状温度異常部の多くは変状地形と一致し、したがって地下水流動経路が変状地形の分布と何らかの関連性を持つ可能性が考えられた。一方で、1m 深地温は流動地下水以外の要素にも影響を受けることから、計測結果の解釈においては、現地の状況に対応した判断や工夫が必要であると考えられた。

今後、現地調査・計測の継続と得られたデータの詳細な検証、模型実験などによって対象斜面の地下水流動経路探査の確度向上を計るとともに、地下水流動経路と変状地形の関連性を検証することにより、斜面安定化のための対策提案につなげていきたいと考えている。

謝辞

本研究は、立命館大学 G-COE 文化遺産防災学推進拠点における研究プロジェクトの一貫として、推進拠点から支援を受けている。現地調査・計測においては、清水寺関係

者の皆様の全面的なご協力を得ている。また 1m 深地温探査においては、本手法の開発者である竹内篤雄氏のご指導とご協力を賜った。皆様に心より感謝を申し上げる。

文献

- 1) 酒匂一成・深川良一・岩崎賢一・里見知昭・安川郁夫 (2006): 降雨時の斜面災害防止のための重要文化財周辺斜面における現地モニタリング, 地盤工学ジャーナル, Vol.1, No.3, pp.57-69.
- 2) 岩崎賢一・藤井康弘・酒匂一成・仲矢順子・安川郁夫・深川良一 (2005): 降雨時斜面崩壊予測のための現地モニタリングシステム, 第 40 回地盤工学研究発表会講演集, pp.2383-2384.
- 3) 竹内篤雄(1996): 温度測定による流動地下水調査法, 古今書院.

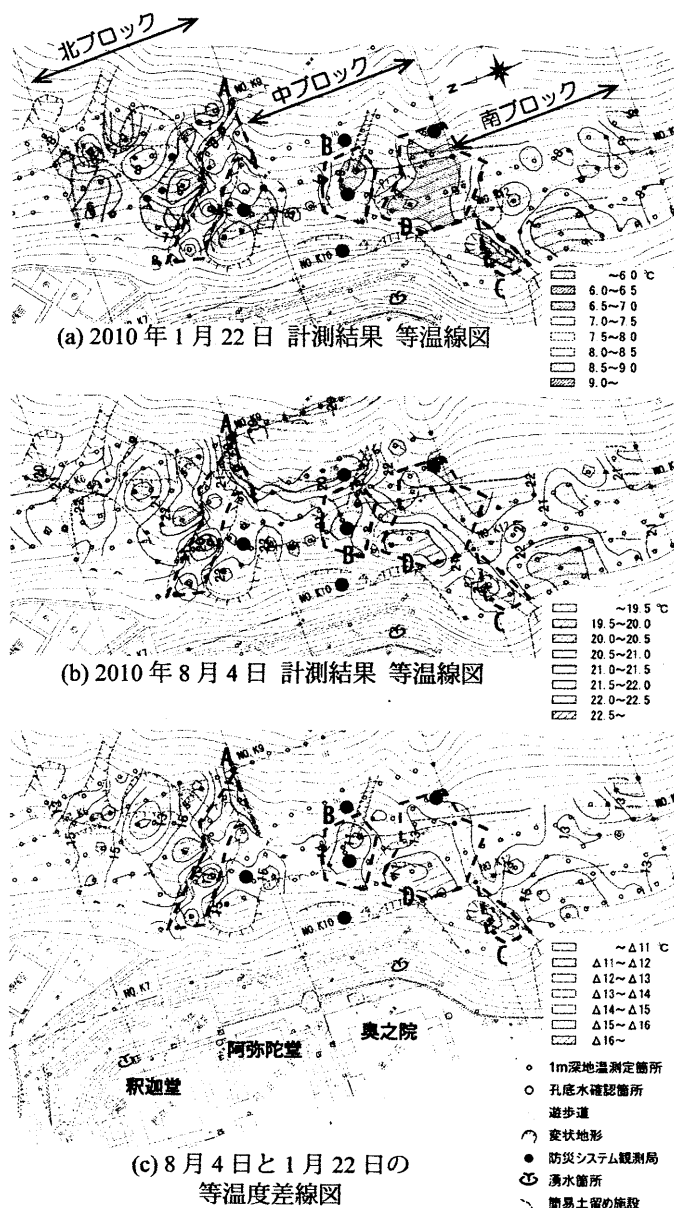


図-1 1m 深地温測定結果 平面図