

別府市明礬地すべり地の地下水性状について

大分工業高等専門学校 学生会員 ○橋本大路 大分工業高等専門学校 正会員 佐野博昭
 大分工業高等専門学校 正会員 一宮一夫 明星大学 正会員 矢島寿一
 大分工業高等専門学校 非会員 加治俊夫 大分工業高等専門学校 学生会員 井上勇志

1. まえがき

別府、鉄輪、明礬、観海寺、亀川、柴石、堀田、浜脇の各温泉郷から構成される別府八湯は、約2,850箇所の源泉数を有した日本有数の温泉観光地である。このうち、別府市明礬地区は酸性泉で有名な温泉地であるとともに、付近一帯が特有の地質条件を有したいわゆる温泉余土から構成されていることより、地すべり活動が見受けられる温泉地すべり地帯でもある。ここで、温泉地すべりとは、火山地帯において、岩盤が亜硫酸ガスや硫化水素、強酸性の熱水作用などの影響を受けて変質（温泉余土化）し、それが素因となって発生する地すべりのことである。温泉地すべりの事例として、秋田県鹿角市の八幡平（はちまんたい）澄川地すべり¹⁾や神奈川県箱根市の早雲山地すべり²⁾などがあるが、全国的にも数が少ない。

明礬地区の主な地すべり履歴としては、1966年、1996年のいずれも9月の台風によるものが報告されており（それぞれ、昭和の地すべり、平成の地すべりと称されている）、その後、対策工が施されたものの、2002年頃から依然として滑動が継続しているところである。先にも述べたように、当該地区は温泉地という特異な環境下にあることから、地下水の性状が通常の地すべり地と大きく異なっており、対策工法を検討するに当たっても注意を要するところである。しかし

ながら、温泉地すべり地の地下水の性状について詳細に調べた例は少ない。

そこで、本研究では、明礬地すべり地において現場計測を行い、温泉地すべり地の地下水性状について検討してみることにした。

2. 現場計測の概要および結果

今回の現場計測は、明礬地すべり地のDブロックを対象とした。当該地域には、縦断主測線にDBV-1, 2, 3, 4孔、主測線に対して垂直な横断測線にDBV-5, 6孔の合計6個のボーリング孔が設置されており、地下水位や地中水平変位の計測が継続的に行われている。また、DBV-5孔付近には2005年7月に集水井が施工されたところである。

調査項目は、地下水位の位置および水温、pH、電気伝導率である。測定に当たっては、触針式地下水位測定器とpH・電気伝導率測定器とを組み合わせた測定器を用いることにした。具体的には、長さ30mのケーブルをともなったpH・電気伝導率測定器（YSI ナノテック社製 YSI Model63; 測定範囲: 温度-5~75°, pH0~14, 電気伝導率0~20S/m, 塩分: 0~80‰）を使用するものとし、これに触針式地下水位測定用のケーブルを固定し、ケーブルに1m間隔で目盛を付した。この測定器のセンサ（直径2.6cm, 長さ15cm）を地すべり斜面に設置されているボーリング孔の中に徐々

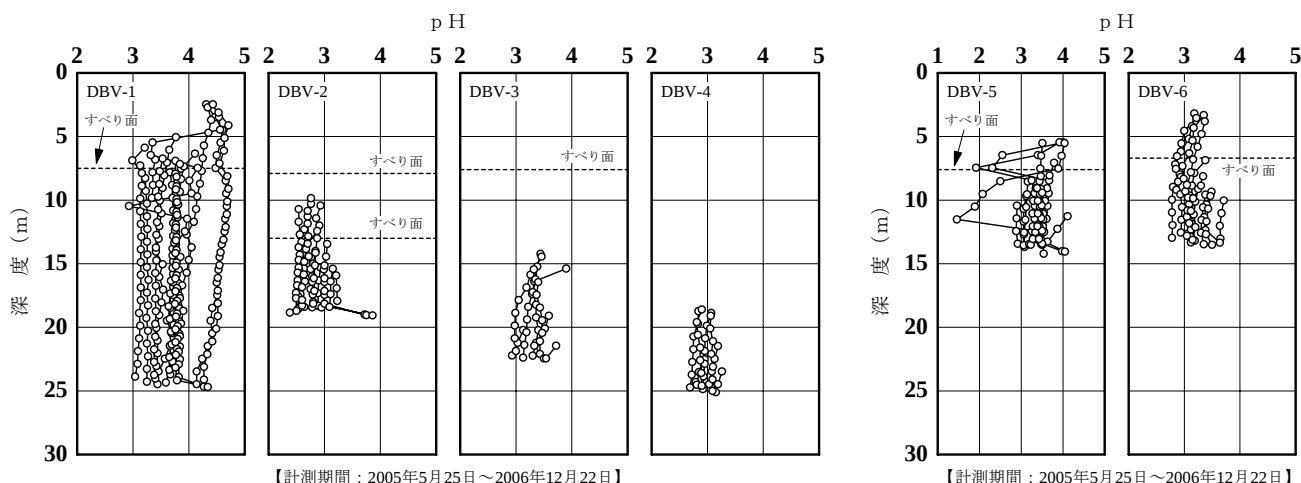


図-1 pHの深度別分布（DBV-1～6孔）

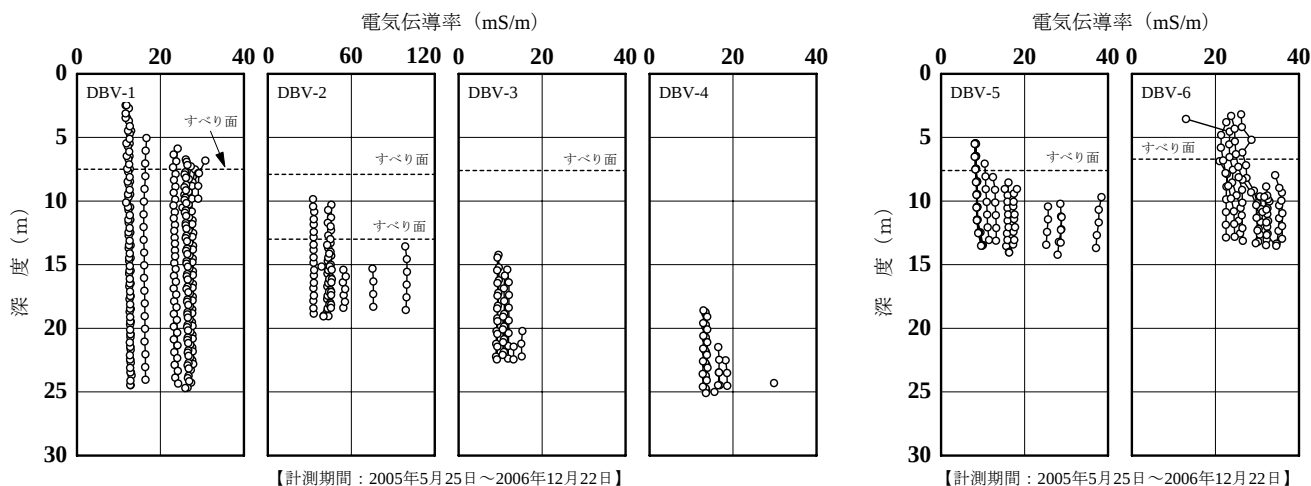


図-2 電気伝導率の深度別分布 (DBV-1～6 孔)

に挿入し、地下水位面との接触をセンサにより確認した後、1m ごとに水温、pH、電気伝導率の測定をボーリング底まで連続して行った。現場計測は、2005 年 5 月 25 日から 2006 年 12 月 22 日にかけて合計 14 回実施した。

図-1 は、DBV-1～6 孔における pH の深度別分布を示す。なお、測定日による記号の区別をすると各種の記号が重畳して個々を判別しにくくなる恐れがあったため、測定日による区別はとくにしないものとした。

図より、地下水の pH は、3 前後の強酸性であることがわかる。とくに、DBV-5 孔では、pH が 2 以下となることもあり、地下水の pH は季節によって変動していることがわかる。温泉腐食環境区分によれば、コンクリートの腐食の程度は、 $\text{pH} \leq 4$ で“非常に大きい”， $\text{pH}=4 \sim 5$ で“大きい”となっており、今回の結果より、明礬地すべり地の pH はほとんどが 4 以下となっていることから、コンクリートの腐食の程度は非常に大きいということが明らかとなった。

図-2 は、電気伝導率の深度別分布を示す。なお、電気伝導率は、併せて測定した水温を基にして、 25°C に補正した数値を用いることにした。

図より、電気伝導率は概ね $10 \sim 30 \text{ mS/m}$ を推移しているが、DBV-2 孔では $30 \sim 100 \text{ mS/m}$ を推移しており、他のボーリング孔と異なった地下水が流入している可能性が高い。なお、深さ方向による電気伝導率の変動はほとんど認められなかった。

地下水温については、DBV-2～6 孔では、 20°C 前後の値を示しており、深さ方向の変動は僅かであるが、DBV-1 孔では 2.5m 付近で 20°C 、25m 付近で 55°C となり、地下増温率が 1.5°C/m であることが示された。

以上の結果より、温泉地すべり地の地下水の性状は、高温、低 pH、高電気伝導率という高腐食環境下にあるということが明らかとなったことから、対策工を行うにあたっては、耐熱・耐酸を考慮に入れた材質を選択することが必要である。

一方、文献 3) によれば、地すべり粘土の残留強度に及ぼす温度の影響の可能性が指摘されているわけであるが、今回の温泉地すべり地における地下水調査の結果より、水温、pH、電気伝導率が変動していることが明らかとなった。このことは、地下水の性状がすべり面のせん断特性にも少なからず影響を及ぼしているものと推察され、これらの性状が温泉地すべり斜面の安定性を検討する上で重要な要因のひとつになるものと思われる。

3. あとがき

別府市明礬地区の温泉地すべり地における地下水の性状が明らかとなった。

謝辞：本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (C) No.17510154 (代表者：佐野博昭) の補助を受けて行われた。ここに、記して謝意を表する。

【参考文献】 1) 梅村 順, 森 芳信：八幡平澄川温泉地すべり粘土の一面せん断試験，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，III-15，pp.316-317，1998.3. 2) 山下 勝：箱根早雲山地すべり対策事業—新素材アンカー工による温泉地すべり対策—，土木施工，第 43 巻，第 6 号，pp.58-63，2002.6. 3) 柴崎達也，由田恵美，山崎孝成：地すべり粘土の残留せん断状態における冷却実験—地温変化がすべり面のせん断強度に影響を及ぼす可能性について—，日本地すべり学会第 45 回研究発表会講演概要集，2-30，pp.221-224，2006.8.