

佐岡地区の水文環境調査

岡田 湊佑¹ 高橋 遥¹ 秦 啓¹ 高木 方隆^{2*}

(受領日：2019年2月28日)

¹ 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 高知工科大学システム工学群
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

要約：高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コースでは、「心豊かな社会」の実現をテーマに「里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト（通称：佐岡プロジェクト）」が始動している。本調査では、地域の水資源把握のため、拠点となる古民家周辺の水文環境を調査した。調査内容として、地温測定、新規ボーリング掘削、塩分濃度計を用いた水路の水漏れ調査を実施した。その結果、2017度のデータも含めた3時期分の地温測定結果より、地下水のおおまかな流れを可視化した。また、2017度同班で示されていた地下水位の不自然な下降速度の変化¹⁾について、ボーリング柱状図との関係から、その特徴は地質に依存していると推察した。塩分濃度計を用いる事で、表面水の流下方向を確認する事は可能であったが、水路からの水漏れか否かの判断は困難であり、湧水地箇所の特定にはいたらなかった。今後も、地温測定調査と地下水位観測を継続し、データを蓄積していく必要がある。加えて、水漏れ調査手法の改善を行い、水脈探査を進めていく事で、災害リスクの検討や農業への活用役に役立てることを目指す。

1. はじめに

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻社会システム工学コースでは、「心豊かな社会」の実現をテーマに「里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト（通称：佐岡プロジェクト）」をスタートさせた。香美市土佐山田町佐岡地区を対象地域とし、工学技術を用いて里山再構築のための方法論を体系化することを目標としている。その取り組みの一つとして、農業用水への利用や地すべりなどの災害リスク検討のため、対象地域の水文環境調査がなされている。

2017年度、岡田らは、地下水脈の把握に焦点を当て、佐岡地区内の活動拠点である古民家周辺の約150m四方を調査対象地域とし、現地調査、ボーリング調査、地温測定調査を実施した¹⁾。現地調査にて湧水地を4箇所確認し、水資源の多い地域であることを確認した。しかし、湧水地点の2箇所については、湧水ではなく付近水路からの水漏れによる

水たまりの可能性があるため、今後調査を必要としている。また、地下水脈の流れを把握する手法の一つである「1m深地温探査」を実施し、対象地域全域の地温を測定した。結果から、地温の分布を可視化した「地温マップ」を作成し、水脈の流れの推測を行った。加えて、ボーリング孔内と河川の合計3箇所に水位計測装置を設置し、地下水位、河川水位、雨量の関係を考察した。地下水位の下降速度が不自然に変化する点を観測し、地下水位、雨量、地質との関係性を調べたが、原因を明らかにするにはいたらなかった。

2018度も、継続して地下水位観測、地温測定を実施しデータを蓄積した。また、昨年度課題となっていた湧水地の特定と、地下水位の不自然な降下現象について調査・考察を行なった。

2. 現地調査

水文環境を把握するために、湧水や地表面の水



図1. 表面水マップ



図2. せき止め時の水路状況

の流れ、植物の有無や種類を調査した。対象地域は階段上の土地が広がっており、民家とその前面の畑以外の場所は住宅の痕跡や畑の痕跡が残る平坦な耕作放棄地となっている。湧水地や表面水の分布を図1に示す。湧水地点は、地表面に水が露出している地点の上流部とし、対象地内に4箇所の湧水地と思われる地点を確認した。対象地を北西方向から南東にかけて農業用の水路が通っており、民家より300mほど上流の地点では河川より水路に水を引いている。冬季は夏季に比べ水路の水量が減ることがわかった。また、表面水の水量も減少しており、夏季は表面に水の流れが観測された地点でも、冬季は乾いている地点が存在した。

東屋付近の湧水地では、大きな水のたまり場が形成され、冬季には蛙の卵が大量に観測された。冬季は渇水していないことがわかる。表面水がある地点ではオランダガラシ（クレソン）やツボクサが生えていた。冬季は表面水が減少したことにより多数の地点で植物が枯れ、地面がむき出しになっていた。表面に水がない場所については、背の低い雑草や背の高いススキが場所ごとにまとまって自生している。夏季冬季ともに大きな変化は無かった。

夏季調査の際には、地域住民が台風や大雨による水路の増水を防ぐため水路をせき止めていた（図2）。その際、湧水地や表面水の一部が渇水状



図3. 調査風景



図4. 2018年度夏季地温マップ

態であり、水路からの水漏れによる湧水地点が存在することを示唆した。短期的なせき止めだったため、せき止め時の詳細調査は行えていない。水路からの水漏れの可能性がある湧水地の調査方法として水路のせき止めは今後実施を検討する必要がある。

3. 地温測定調査

地下水脈の流れを把握するため、2017度に引き続き1m深地温探査を実施した。1m深地温探査とは、名前の通り地下1m深さの温度を測定し、周辺と温度が異なる箇所がないかを探るものである²⁾。夏季は、上昇した地温の熱を流動地下水が奪う事で周辺よりも温度が低くなり、冬季では、流動地下水の方が周辺の地温より高くなる。測定温度より流動地下水が存在している可能性がある地点の把握が可能となる。2017年度佐岡プロジェクト地下水脈班が報告した「佐岡地区の水文環境調査」¹⁾を参考に、同様の手法を用いて49測点で実施した（図3）。調査日は、2018年8月24日・25日と2019年1月13日の夏季・冬季の2度実施し、結果を図4、図5

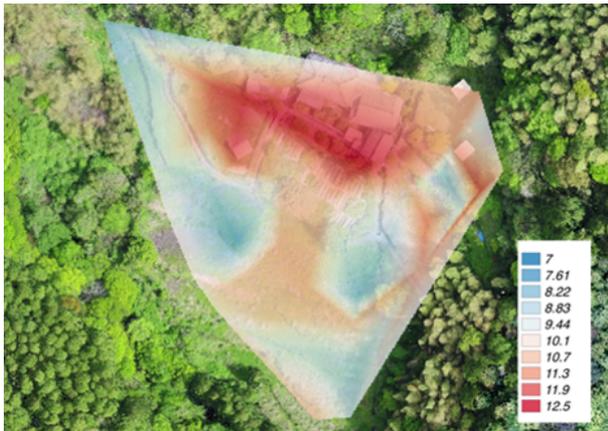


図 5. 2018 年度冬季 地温マップ



図 7. ボーリング地点位置図

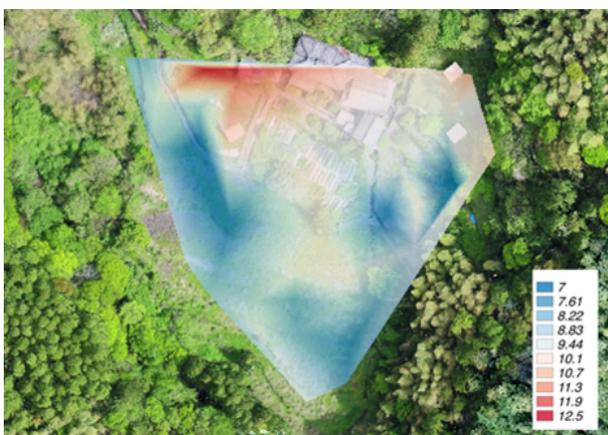


図 6. 2017 年度冬季 地温マップ

に示す。夏季は温度が低い地点を赤く、高い地点を青く示している。反対に、冬季は温度が高い地点を赤く、低い地点を青く示しており、どちらも赤が濃くなるほど水脈があると予想されるゾーンである。2017 年度の結果（図 6）を含めた 3 時期の地温マップを比較すると、中心部に赤色が分布しているという点で類似しており、中心部に水脈が存在する可能性が高い。

4. 地下水位観測

4.1 新規ボーリング掘削に関する事項

今年度の新規ボーリング掘削地点については、前章の地温測定調査の結果から得られた地温マップより地下水が存在すると思われる地点の中から選定した。また昨年度のボーリング地点②と同レベルの標高の地点であることから地下の勾配も把握可能と考えられる（図 7）。

ボーリング掘削作業は地質調査コンサルタント業者に依頼し 12 月上旬から開始された。大型のトラックや機材の搬入が困難な地点の為、掘削は鉄パ



図 8. ボーリング掘削（2018 年 12 月 4 日撮影）

イプで組まれた足場の上にボーリングマシンを設置しケーシングパイプを継ぎ足して地中深くまで掘削する手法で行われた（図 8）。

地質調査の結果、表層近くの地下 0m~1m では粘土質の粘土が確認された。地下 1m~2m では礫や転石等の粒度の大きい土質となっていた。地下 2m~6m 付近の間では粘土質の砂岩、砂礫が確認された。地下 7m 以下からは赤色チャートが確認された。また、掘削時は 2.5m~3m 地点で地下水が確認された。

4.2 地下水位観測に関する事項

2016 年度に設置した地下水位計（ボーリング①）と 2017 年度に設置した地下水位計（ボーリング②）の 2 箇所での水位観測を継続して行った。観測データから、2017 年度から議論されている、水位の不自然な下降速度の変化に関する考察を行った。ま

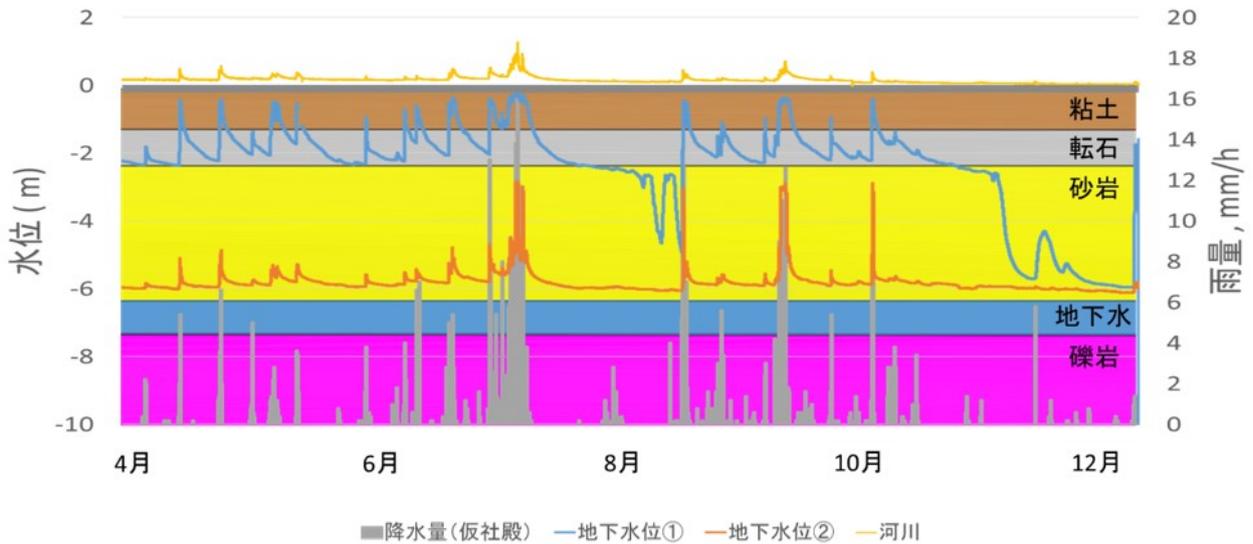


図 9. 地下水水位観測結果と地質の関係

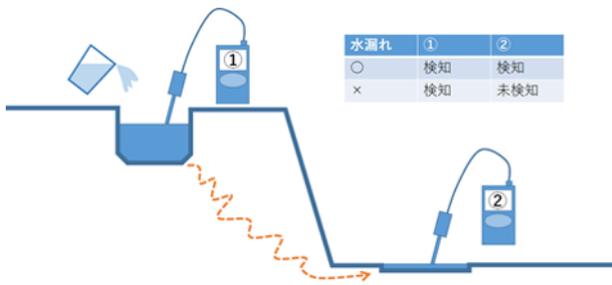


図 10. 水漏れ調査手法

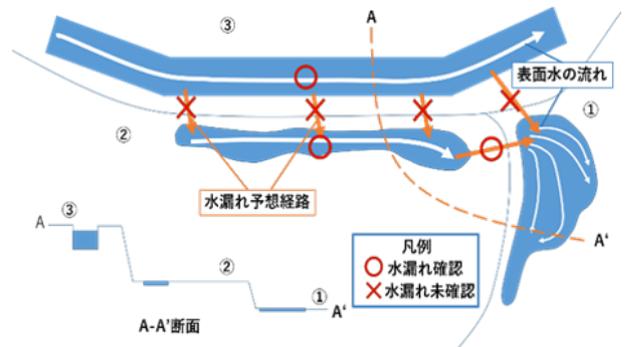


図 11. 調査地点概略図と調査結果

た、2018年度も新規ボーリングを掘削し、合計で3箇所での地下水水位観測が可能となった。

図9は2018年4月～2019年2月に観測したボーリング地点①と②の地下水水位と佐岡地区の上流地点を流れる後入川の河川水位を時間での推移が分かるように折れ線グラフで表したものである。また対応する降水量は右軸に棒グラフで表した。背景には地表0m～10mまでの地層図を重ねて作成した。

ボーリング①での地下水水位を地下水水位①、ボーリング②での地下水水位を地下水水位②と定義する。図9の地下水水位のグラフを見てみると地下水水位①と②について降雨により水位が上昇していることが確認できる。特に地下水水位①は降水量への感度が②に比べて高いことが確認できる。着目すべき点は昨年度の課題でも挙げられていた水位の下降速度の差についてである。

地下水水位②では降水量が低下すると一様に早い速度で水位が下降し、基準の地下水面へ変化している。折れ線グラフで説明すると急こう配で下降していることが分かる。しかし、地下水水位①では水位が一度急こう配で下降した後にある時点まで境に下降

が緩やかになり基準の地下水面へと変化していることがわかる。この現象は地下水水位①では降雨の後に同様の傾向を示している。この地下水水位①の不自然な水位変化の現象について本年度は原因の考察を行った。

ここでなぜ①でのみ不自然な水位変化が起こるのか②と①で異なる点を考慮した結果、②では一様に砂岩や粘土質の砂礫の地質であるのに対し①では地表面近くでは粘土質の粘土、地下1m～2mでは礫や転石等の粒度の大きい土質での地質の間で地下水水位が観測されている点である。図9より地層と重ねて確認してみるとちょうど地下水水位が粘土質層から転石層に代わる地点で下降傾向に変化が起きていることが確認できた。地層の違いが地下水水位の低下の際の水が抜けていく速度に差をもたらしたのではないかと考えられる。

よって、不自然な水位変化の原因は地質による可能性が大きいとした。しかし、明確に地層が原因であるという根拠やその調査方法については考慮

しておらず検討が必要である。

5. 塩分濃度計を用いた湧水池箇所の特定

表面水の水源が水路なのか湧水なのかを把握するために、水路上と湧水地点の繋がりを2019年1月21日に実施した。本手法の妥当性や調査の簡便さもあわせて把握する。

調査方法は塩分濃度計を用い塩分が上流から下流に流れていることを観測することで繋がりを把握する方法である。水路上流にて塩を溶かした水溶液を流し、下流側で塩分濃度計の塩分濃度の値が上昇するのを観測した(図10)。

調査には塩分濃度計(携帯用マルチ水質測定器Multi3420)2本と食塩、紙コップ、攪拌用スプーン、水を用いた。実際の調査では、水漏れ(地下水)の経路をある程度仮定し、該当地点間の繋がりの把握を目指した。調査地点の概略図と調査結果を図11に示す。

すべての地点ではないが今回の調査範囲では、水路上から畑上への繋がりは観測できなかった。畑上から、下の段の畑への繋がりは観測できた。

水路の水漏れと表面水の関係把握は本手法では出来なかったが、水路をせき止めるなど止水させた際に表面水がなくなるのか観測することで、水漏れの把握が可能である。熱湯を流す方法は本調査で使用した機材でそのまま調査可能であり、今後の調査手法として検討が必要である。

6. おわりに

本調査では、地温測定調査を中心に対象地区の水文環境を探ってきた。冬季・夏季の2時期で地温測定調査を実施し、2017年度の冬季地温探査を含めた3時期分の地温データが蓄積された。このデータから、地温の分布を可視化した地温マップを作成したところ、対象地区中心部に水ミチがある可能性が示された。

地下水位観測については、2018年度も新たにボーリングを掘削し、合計で3箇所での地下水位観測が可能となった。地下水位の挙動について、2017年度から議論されている不自然な下降速度の変化については、地質との関係を考察した。地質が変化する地点で、地下水位の下降速度も変化するという傾向が顕著に見られたが、根拠となるに十分な調査は行っていない。

また、確実な湧水地点を特定するため、水路付近の湧水地を対象に、水路からの漏水が流入してい

るか否かの調査を、塩分濃度計を用いて実施した。水路の流速が予想に反し速く、調査は困難であったが、表面水の流下方向の確認は可能であった。これにより、表面水マップを作成したことで、より詳細な佐岡地区の調査データをまとめることが出来た。

次年度以降は、今回の調査で不十分であった、地下水の不自然な挙動や湧水地点の特定について、より詳細な調査・分析を行い、水資源の利活用・災害リスクの検討を進める必要がある。

文献

- 1) 岡田 諒, 狭間 弘菜, 細川 壮司, 高木 方隆, “佐岡地区の水文環境調査”, 高知工科大学大学院, 2018.
- 2) 竹内 篤雄, “地下水調査法—1m 深地温探査”, 古今書院, 2013.

Hydrological Environment Survey in Saoka, Kami-city for Regional Resource Utilization

Keisuke Okada¹ Haruka Takahashi¹ Hiromu Hata¹ Masataka Takagi^{2*}

(Received: February 28th, 2019)

¹ Infrastructure Systems Engineering Course,
The Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

² School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

* E-mail: takagi.masataka@kochi-tech.ac.jp

Abstract: The Kochi University of Technology Graduate School of Engineering’s social systems engineering course has launched the “Satoyama Social Implementation Model Project (Saoka Project)” with the aim of achieving a “heart-rich society”. For this report, a hydrological environment survey was conducted around old houses. We utilized the field survey, the boring survey, measurement of ground temperature, and the salinity meter survey. As a result of the ground temperature measurement, the rough flow of groundwater could be visualized from the three periods of survey. Moreover, from the unnatural change of the groundwater level observed from last year, it was inferred from the relationship with the boring data that this depends on the geology. As for the identification of spring water location, a salinity meter was used, but it was possible to confirm the flow direction of surface water by using this. However, it was difficult to determine if the water was leaking from the waterway. In the future, it is necessary to improve the water leak investigation method. By promoting the water survey, we aim to take measures for disaster risk assessment and the usage of water resources in agriculture.