

P1 阿武単成火山群伊良尾山の地質と水質の関係性

Relationship between Geology and Water Quality of Mt. Irao in the Abu Monogenetic Volcano Group

○小井戸一浩（復建調査設計（株）,山口大学）・太田岳洋（山口大学）

1. はじめに

建設事業では、工事中に地下水が影響する事象として、切土やトンネル掘削に伴う周辺水源の枯渇、地質構造と地下水位上昇に伴うのり面の不安定化、自然由来重金属の溶出や酸性水の発生など、多様な影響が生じている。一般的には、地質調査と水文調査により水理地質構造を推定し、上記の問題解決を図っているが、事後対応が多い現状がある。

設計、施工前の調査段階から、可能な限りリスクを抽出して対応策を検討していくことが、工事中の安全確保、事後対応減少による工期短縮、コスト縮減につながると考えられる。

2. 目的

調査段階にて、精度よくリスクを抽出するためには、地質構造や水理地質構造の推定精度を向上する必要がある。

本研究では、帯水層を成している地層内の鉱物と、地下水水質の関係に着目する。地下水は、地表に降った雨などが地下へ浸透し、帯水層に涵養することで形成される。この浸透過程で、地層内に存在する鉱物と水が反応し、地下水水質が形成されると考えられる。本研究の最終目標は、様々な現場の鉱物と地下水の反応を整理し、地下水水質から地質構造を推定する手法を構築することを目的とする。

地下水と鉱物の反応を検討する代表地として、阿武単成火山群の伊良尾山を設定した。

3. 阿武火山群 伊良尾山の概要

阿武単成火山群の伊良尾山は、山口県阿武郡阿武町と萩市の境界付近に位置する。伊良尾山は、先行研究により山体全体がスコリア丘と推定されている（イラオ火山灰層保存施設展示より※1）。周辺には伊良尾山から噴出した溶岩が分布する。この溶岩は、伊良尾山の山体を成すスコリア丘より後の活動とされるが、溶岩はスコリアよりも比重が重いため、スコリア丘の下から流れたと推定されている。このため、上位にスコリア丘、下位に溶岩が分布し、比較的シンプルな地質構造を成す。

また、伊良尾山の麓（スコリア丘の下端付近）には、戦前に掘られたとされる横坑が存在し、湧水が湧出している。



写真-1 戦前に掘られた横坑

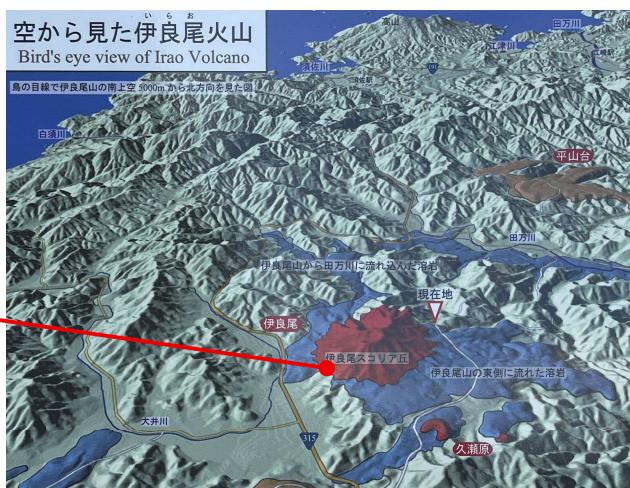


図-1 伊良尾山周辺の火山地質分布状況
（イラオ火山灰層保存施設展示※1）

4. 調査方法

代表地の伊良尾山にて、①地質踏査、②鏡下観察による岩石記載、③全岩化学組成分析、④山頂での雨量観測、⑤横坑での湧水流量観測、⑥湧水の主成分イオン分析を行った。

5. 調査結果

(1) 地質踏査結果

イラオ火山灰層保存施設展示を参考に地質踏査を行った。踏査の結果、山頂から麓にかけてスコリア層が分布し、麓付近に溶岩が確認された。

山頂付近のスコリア層は、火山弾を包有するスコリア層であり、赤褐色を呈す。伊良尾山から噴出した本質的なマグマが、空気中の酸素と反応して酸化したと推定される。山頂から麓にかけての林道では、火山灰が混じるスコリア層となり、部分的に溶岩片や火山弾を包有する。

麓付近には溶岩が確認され、塊状部、板状部、クリンカー部が確認される。下位と上位に火山灰が混じるスコリア層が存在し、両者とも溶岩との境界付近に反応相が確認される。溶岩は地表を流下した特徴を示すため、スコリア層の間を貫入した状況ではなく、下位のスコリア層が堆積した後に流下したものと推定される。上位のスコリア層にも反応相が存在することから、溶岩流下後間もなく、上位のスコリア層が堆積したと考えられる。

以上から、先行研究のとおり、伊良尾山の山体はスコリア層からなり、麓のみに溶岩が分布する。推定地層断面図を図-3 に示し、横坑の位置を示す。横坑の位置はスコリア丘の末端付近となり、横坑からの湧水は主としてスコリア丘内を浸透した地下水であることが推定される。

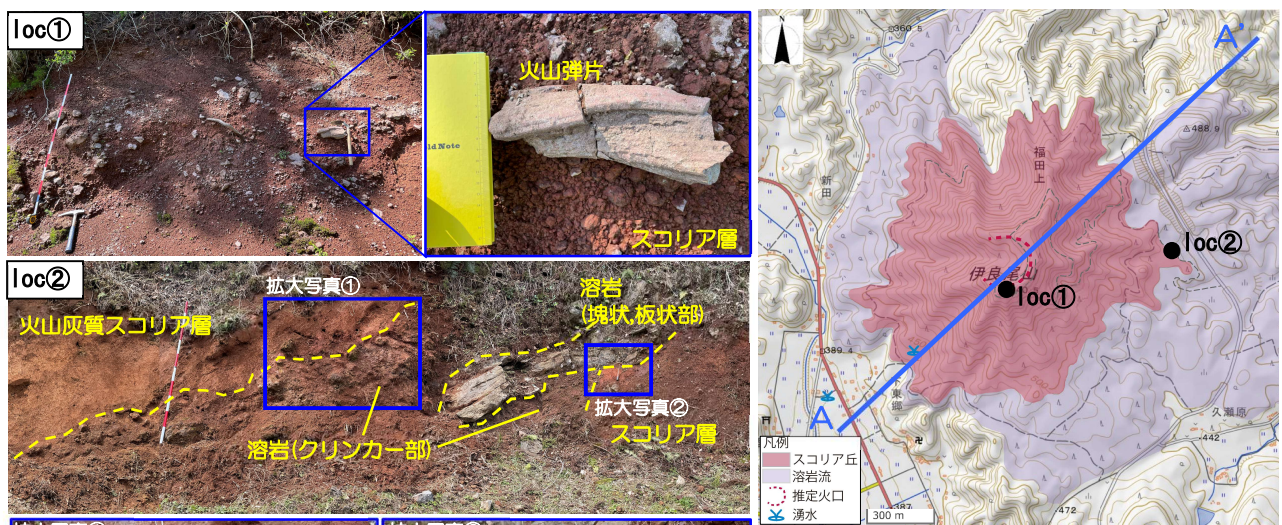


図-2 伊良尾山周辺の地質図
背景地図 2万5千分の1地形図※2

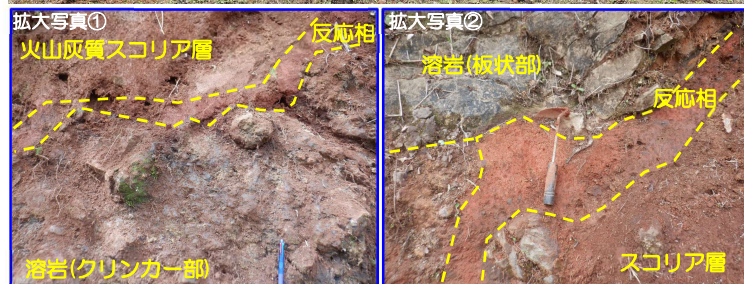


写真-2 現地の露頭状況

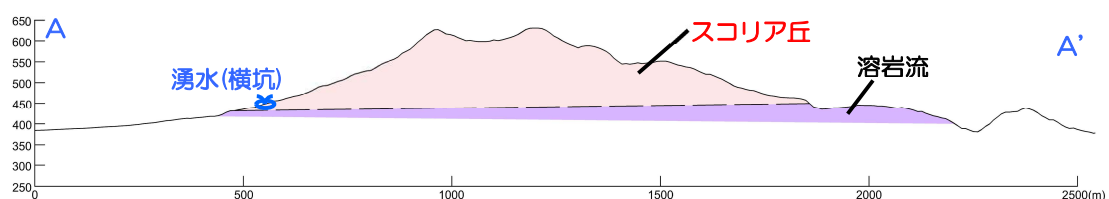
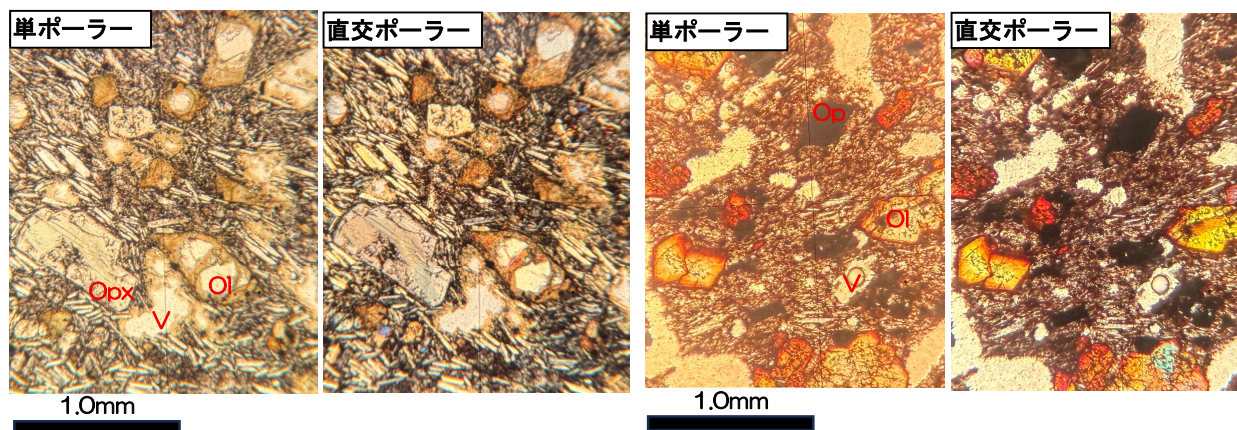


図-3 地質踏査結果を基に作成した伊良尾山の推定地層断面図

(2) 鏡下観察と全岩化学組成分析結果

伊良尾山に地下水が浸透する過程で接触が予想されるスコリア、火山弾、溶岩片の鏡下観察を行った。比較のため、麓に分布する溶岩についても観察を行った。全岩化学組成は、山頂付近の溶岩片と、麓に分布する溶岩の分析を行った。

鏡下観察の結果、いずれの試料においても、斑晶としてかんらん石、斜方輝石、単斜輝石（一部金雲母の微斑晶）が存在する。石基は、斑晶鉱物のほか、針状の斜長石、不透明鉱物、非晶質部が存在する。斜長石の一部が定向配列する流理構造が見られ、ハイアロピリティック組織を呈す。スコリアに非晶質部が多く見られ、小さいものほど効率的に冷却されたと推定される。溶岩片とスコリアの鏡下写真を写真-3 に示す。



Ol: かんらん石, Opx: 斜方輝石, V: 孔隙
写真-3 鏡下写真（左：溶岩片, 右：スコリア）

全岩化学組成分析の結果、山頂部の溶岩片の組成は、 SiO_2 :49.4wt.%, MgO :6.9wt.%, CaO :8.6 wt.%, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=4.7$ であり、麓の溶岩の組成は、 SiO_2 :49.4wt.%, MgO :7.1wt.%, CaO :8.3wt.%, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=4.6$ であった。両者の試料とも、TAS（Total Alkali Silica）図による火成岩の分類では、玄武岩に分類される。山頂と麓で分布が異なるが、マグマの組成はほとんど変化がないことがわかった。

また、参考として全岩化学組成を基に C.I.P.W. ノルム計算を行った。計算の結果、磷灰石、イルメナイト、オルソクレス、アルバイト、アノーサイト、磁鉄鉱、透輝石、紫蘇輝石、かんらん石が算出され、鏡下観察で確認した鉱物とある程度一致する結果が得られた。

(3) 雨量・湧水量観測結果と主成分イオン分析結果

雨量、湧水量観測の結果、雨量が少ない時期の基底湧水量は 80~100L/分であることが分かった。降雨と湧水量は連動し、降雨があった際に湧水量は増加する。観測期間中、令和 6 年 11 月に連続雨量 200.5mm、令和 7 年 8 月に 178mm を記録し、この時の湧水量は 1000L/分を超える結果であった。

湧水の主成分イオン分析の結果、各季節の水質にあまり変化はなく、全て Ca- HCO_3 型であった。鏡下観察の結果、確認された鉱物と関連する元素として Ca, Mg, Na, K が挙げられる。これらの元素を湧水量と比較すると、流量が多い時期に濃度が高い傾向が得られた。

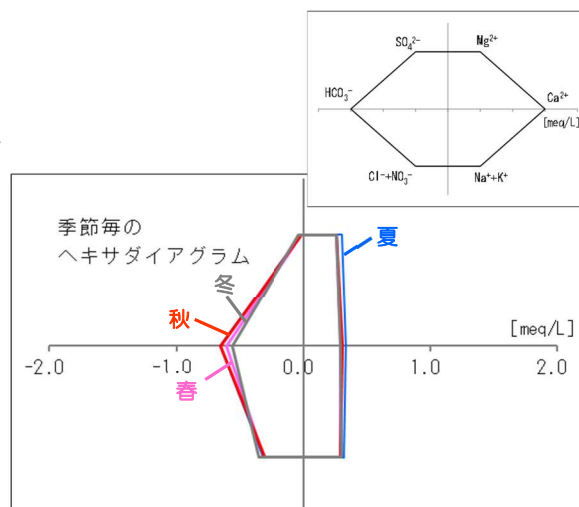


図-4 季節毎に採水した湧水のヘキサダイアグラム

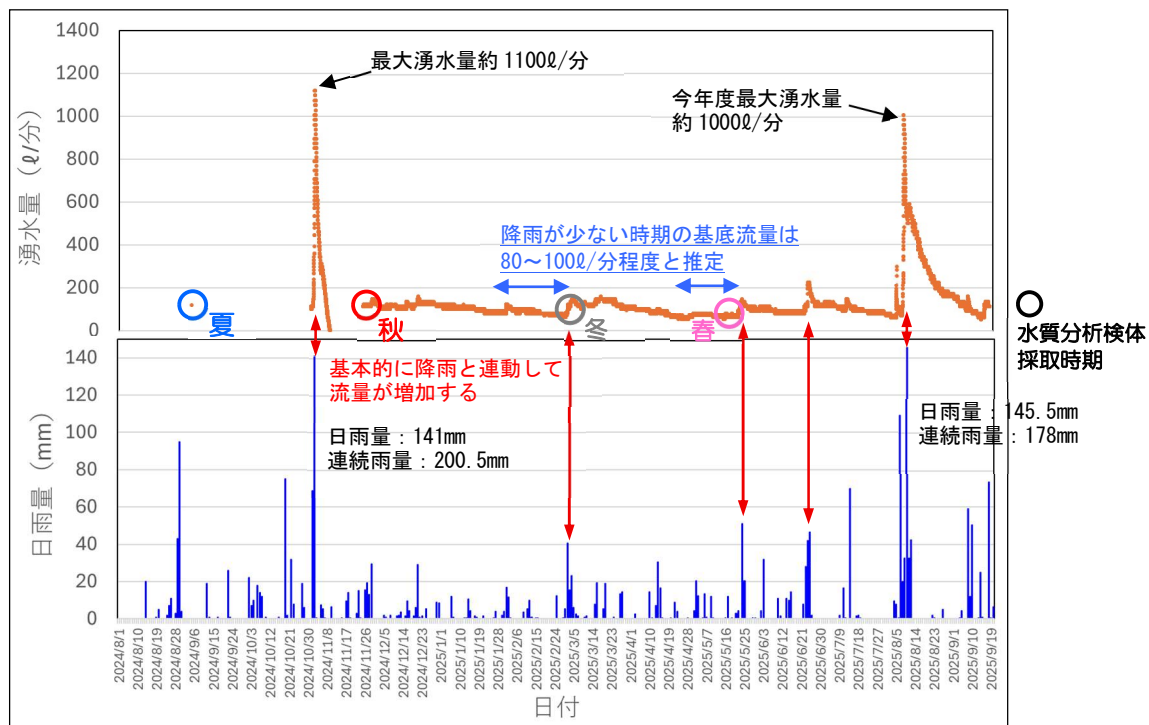


図-5 横坑の湧水量と雨量の観測結果

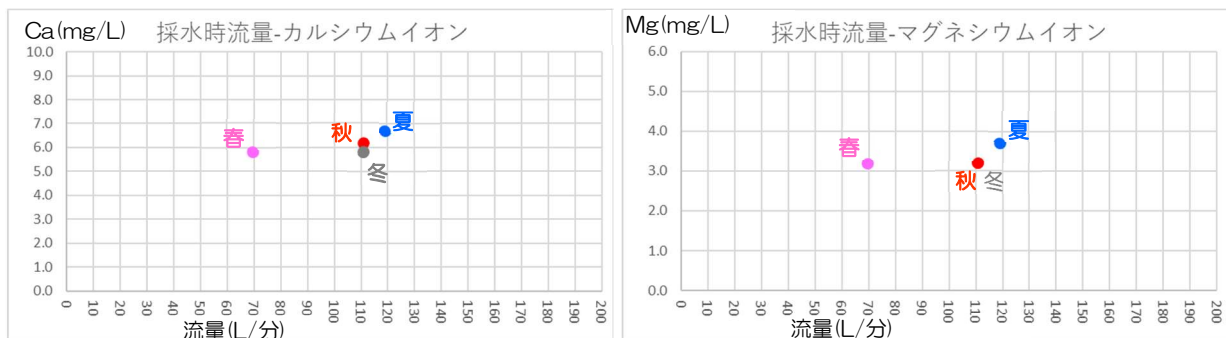


図-6 横坑の湧水量とイオン濃度の比較結果

6. まとめと今後の展望

山頂付近と麓の溶岩の化学組成が同程度であったため、両者の活動はほぼ同時期であることが推定される。火道に沿って山頂付近に噴出したものと、火口まで到達できずにスコリア丘の下部から溶岩として流出したものが存在すると考えられる。伊良尾山の中腹付近には、火山灰が混じり、やや様相の異なるスコリア層が確認される。中腹付近のスコリア層は、活動時期や化学組成が少し異なることも予想されるため、このことに留意してさらに検討を進める。

湧水流量と雨水の増加に合わせて、濃度が濃くなるイオンが存在する。伊良尾山の地層に含まれる鉱物と一致する元素があり、地下水と鉱物が反応している可能性がある。

今後は、横坑の湧水と合わせて雨水の主成分イオン分析を行い、インプット（雨水）とアウトプット（湧水）を明確に把握して検討する。また、雨水と湧水の酸素同位体、水素同位体を測定し、高度効果により、横坑の湧水の起源となる雨水の位置を推定する。

上記をパラメーターとし、液相反応解析を行う。

引用文献

- 1) 萩市観光協会：イラオ火山灰層保存施設（山口大学 永尾隆志，堀川義之，清杉孝司監修）
- 2) 国土地理院：地理院地図 電子国土 WEB <https://maps.gsi.go.jp/>