

花崗岩地帯の地質と水質特性に関する一考察 ～盛土からの湧水による赤さび発生メカニズム～

西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 ○沖 咲 良
西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 正会員 佐々木 薫

1. はじめに

地球は図-1 に示す構造¹⁾ となっている。地球の鉱物相の岩石体積比率は、橄欖（かんらん）岩が 82.3%で地中の奥深くマントルを、玄武岩が 1.62%で海洋の地殻を、花崗岩が 0.68%で大陸の地殻を形成しているといわれている²⁾。また、花崗岩類は中国支社管内の高速道路沿線における地質分布面積比率が 25.2%³⁾ と最も多く分布している。この花崗岩地帯では、多くの土石流の発生やたたら製鉄跡など地質的や歴史的にも身の回りの事象に対して興味深いものと考えられる。本報文は、このような花崗岩地帯に特化し地下水などの水質調査や既存資料などを基にして図-2 に示す水路などで時折見受けられる赤水などの発生メカニズムを明らかにすると共に花崗岩の特性について取りまとめ報告するものである。

2. 赤色の水の発生状況

当部署で扱う調査設計業務において現地調査の際、図-2～4 に示す赤色の水と遭遇する 때가多々ある。図-2 は、高速道路の盛土のり尻部の地下排水工の流末付近の赤さび色をした鍾乳洞のような赤色をした化成品がコンクリートの三面張りの水路の側壁に付着しているものである。図-3 は、高速道路の上流側に位置する横断管の呑口付近に発生した赤色をした沢水である。図-4 は、高速道路の外側にある盛土（農地）からの湧水で赤色の水が流出している。これらの赤色の水は、いずれも花崗岩地帯の盛土のり面からの湧水から発生したものである。水自体は透明の普通の水であるが、水路に付着したものや集水ますなどにたまった土砂が赤茶色に染まったものであった。

3. 赤色の水の水質

図-2 に示す赤色の化成品は、指触により鍾乳洞などで見られる石灰岩質とは違い柔らかい泥土で構成されていた。この湧水の pH 値は、5.60～6.98（平均 6.13）とやや酸性の値を示していたことからアルカリ分を含む石灰質のものではないと考えられる。この化成品は、盛土材の細粒分が植物などに付着し、経年変化により鍾乳洞状態に大きくなったものと考えられる。なお、地表から浸透した降水には、大気中に含まれる二酸化炭素が溶存し浅い地層に堆積した主に植物起源の有機物が分解して生成した二酸化炭素が地下水に溶け込むため浅層の地下水では、やや酸性（6 付近）の pH を示す。また、地下水が流動するとともに、二酸化炭素は砂礫と接触してナトリウムイオン等のアルカリ成分を溶かし出し、二酸化炭素は炭酸水素イオンに変化して、アルカリ性を示すようになる。このことから地下水の水質を pH で分析した場合、pH が浅い層の地下水か深い層の地下水かを見ることができる。このことから、この湧水は浅い層からの地下水と考えられる。なお、この沢部上流の源流における pH は 7.0 前後と中性の値であることより花崗岩深層部からの湧水と考えられる。また、鉄分量（図-5 参照）は 4.91～5.50mg/L（平均 5.228mg/L）と飲料水の水質基準 0.3mg/L 以下の 17 倍と比較的多い鉄分が検出された。このことより、この赤色は、盛土材の花崗岩内に含まれる鉄分が地下水により当該箇所へ運ばれて、地表の酸素と反応して赤錆が発生して、赤茶色となったものと考えられる。なお、花崗岩の基岩から直接湧き出る水の鉄分は、0.00～0.02mg/L と少ない値であり、花崗岩を主体とする盛土では粉碎されたことにより高い濃度の検出となったものと考えられる。

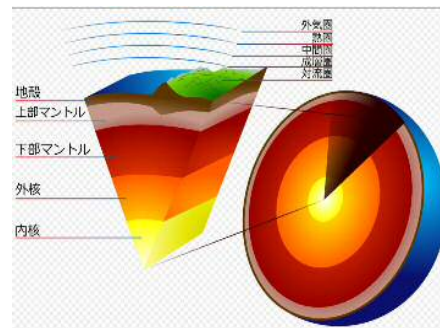


図-1 地球の構造¹⁾



図-2 盛土法尻部の鍾乳洞状態の化成品



図-3 高速道路上流部の呑口付近



図-4 高速道路外盛土部からの湧水

キーワード 花崗岩、赤さび、土石流

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 TEL : 082-532-1411 FAX : 082-532-8058

4. 花崗岩に含まれる鉄分

図-6 に火成岩に含まれる化学成分を表す⁴⁾。これによれば、花崗岩においては5%（質量比率）程度の鉄分が含まれている。

また、花崗岩地帯には鉄分である砂鉄の検出が多く、これを製鉄する多々良跡がこの花崗岩地帯には多く存在している。たたら製鉄は、日本において古代から近世にかけて発展した製鉄法で、炉に空気を送り込むのに使われる鞆（ふいご）が「たたら」と呼ばれていたために付けられた名称で、砂鉄や鉄鉱石を粘土製の炉で木炭を用いて比較的低温で還元し、純度の高い鉄を生産できることを特徴としている。近代の初期まで日本の国内鉄生産のほぼすべてをこの方法により行われていた。

中国地方では、主に花崗岩から砂鉄を取り出して製鉄されていた。図-7 は、鉄穴流し（かんなながし）という製法⁵⁾で風化した花崗岩を水で流し比重選鉱することにより砂鉄を採取する比較的簡単な工程で精製されていた。

深成岩である花崗岩は地中でゆっくり冷えて固まることにより目の粗い大きな粒状になる。この粒の中には大きな結晶が詰まっており、この粒の粗さが花崗岩のもろくて風化しやすいという特徴であると考えられる。この特徴から鉄穴流し製法により容易に砂鉄を抽出できたものと考えられる⁵⁾。なお、安山岩などに含まれる鉄分は10%程度と花崗岩に比べて多くを含有しているにもかかわらず「たたら跡」など砂鉄が製鉄された痕跡や赤さびの発生もほとんど見受けられない。これは、安山岩が地表で急激に冷やされることにより微細な構造が形成されることにより風化しても粘着性のある粘土質の土砂になり鉄分が分離しにくいことから鉄分の溶出も容易にできないものと考えられる。

花崗岩は溶岩がゆっくりと冷やされることで形成された粒子が粗く風化しやすいこと、風化しても粗い粒子自体は風化しないことから真砂土の透水係数は高い値となる。花崗岩が風化しやすく風化した土粒子は鬼真砂などと言われ粗い粒が混在し透水係数が高く他の風化土と比べ飽和しやすいことや風化土の下層部に位置する未風化の基岩は亀裂が発達するも比較的透性が低いことから風化した花崗岩は、吸水性に富み基岩との境界で飽和し斜面に沿って土砂流となりやすい。このことにより花崗岩地帯において豪雨時における土石流災害の発生が多く、この花崗岩特有の風化形態が土石流の発生しやすい要因として考えられる。



1. 採掘された花崗岩

2. 土砂として水路を流下

3. 徐々に比重選鉱される

4. 最終的に砂鉄に

図-7 鉄穴流しによる砂鉄採取⁵⁾

5. まとめ

深成岩である花崗岩は、ゆっくりと冷えて固まることにより粒子が粗く、風化した場合粗い粒子となり透水性の高い土砂と比重の重たい鉄分と分離しやすい性質を有している。このため、図-2 に示す盛土のり尻部に発生した鍾乳洞のような化産物の発生メカニズムは、図-8 に示すよう風化もしくは風化しやすい花崗岩の盛土材が敷均し転圧されることにより細かく粉砕され、粉砕された微細な泥分や鉄分が地下排水工を伝って流末へ運ばれ、流末の植物などにこの泥分が付着して泥土の塊が形成され、かつ、泥分中にある鉄分が空気に触れることにより酸化して赤錆色になったものと考えられる。

最後に、本報文が類似した事象の調査研究の一助になれば幸いです。

参考文献

- 1) フリー百科事典ウィキペディア「地球の構造」（2020.3）オンライン引用（<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%9C%B0%E7%90%83%E3%81%AE%E6%A7%8B%E9%80%A0>）。
- 2) 藤岡貫太郎（2017）三つの石で地球がわかる～岩石がひもとくこの星のなりたち、講談社。
- 3) 下野宗彦「中国地方における高速道路の斜面災害と地盤特性に関する研究」p57.
- 4) 古米弘明，山本晃一，佐藤和明（2012）：ケイ酸その由来と行方，技報堂出版，p27-36.
- 5) 出雲国たたら風土記（2020.3）オンライン引用（<http://tetsunomichi.gr.jp/history-and-tradition/tatara-outline/part-4/>）。



図-5 盛土部湧水の鉄分調査状況

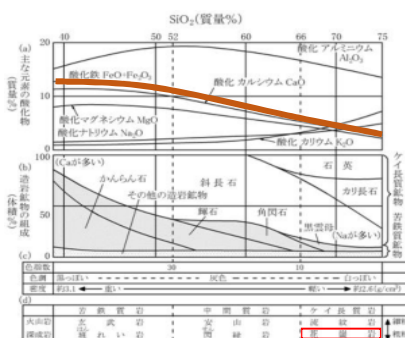


図-6 火成岩の化学組成⁴⁾

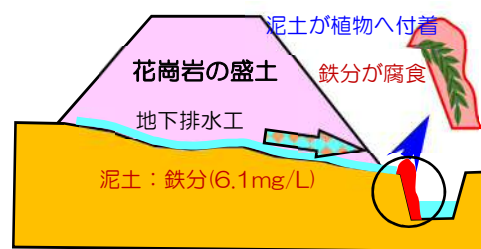


図-8 赤さびと化産物生成メカニズム