

香川大学工学部 正会員 ○長谷川修一
鹿島道路(株) 宮田 和幸
(株)四電技術コンサルタント 田村 栄治

1. はじめに

四国には第四紀の火山が分布しておらず、また新第三紀の火成岩体の分布もわずかなため、熱水変質作用による岩盤劣化が見逃されているようである。しかしながら、四国の中央構造線沿いには、中期中新世火成活動に伴う熱水変質帯が形成されており、地すべりの素因となっている(長谷川ほか,2001; 田村ほか,2001)。また同様の熱水変質作用は、中央構造線付近だけでなく、地質帯を問わず広く四国地方に存在する可能性が高く、岩盤劣化及び地すべりの素因として注目される。

2. 中央構造線沿いの中期中新世熱水変質作用

中央構造線沿いでは、中新世貫入岩に密接に関係してスメクタイトを主要な粘土鉱物とする熱水変質帯が形成されている。

たとえば、中央構造線石鎚断層破碎部の粘土鉱物には、スメクタイトに伴ってトリディマイト、ドロマイトおよびマグネサイトが形成されていることから、これらの粘土鉱物は流紋岩類の貫入に伴う熱水変質作用により生成されたと推定される(長谷川ほか,2001)。これに対して畑野断層および畑野南断層の断層ガウジの粘土鉱物はイライト、クロライトを主体とし、一部スメクタイトを含んでいるが、トリディマイト、ドロマイトおよびマグネサイトはほとんど認められない。この粘土鉱物組成は、基本的には母岩の和泉層群の破碎と風化によって生成され、貫入に伴う熱水変質をほとんど受けていないことを示している。すなわち、スメクタイトを伴う和泉層群起源の断層ガウジは、流紋岩類の貫入に伴う熱水変質によって形成された可能性が高い。また、スメクタイトを伴う泥質片岩起源の断層ガウジも、流紋岩類の貫入に伴う熱水変質によって形成された可能性がある。

また、四国西部から東部にかけての中央構造線活断層系の断層破碎帯および周辺地域には、貫入岩の有無にかかわらずスメクタイトもしくはスメクタイトーイライト混合層鉱物、スメクタイトー緑泥石混合層鉱物を主体とし、ドロマイト、マグネサイトを伴い熱水変質帯が、広く分布している(長谷川ほか,1996; 長谷川・宮田,2001)。スメクタイトおよび混合層を主体とする粘土鉱物組み合わせは、変質分帯ではスメクタイト帯に相当し、100℃前後の熱水変質帯と推定される(吉村,2001)

3. 熱水による岩盤劣化の特徴

熱水変質帯に伴う岩盤劣化には、以下の特徴がある。

(1) 熱水作用による岩盤劣化は、新たな粘土鉱物の生成による変質作用(粘土化)と、熱水の浸透に伴う破碎作用とに区分できる。

(2) 熱水変質作用は、貫入した流紋岩を中心に広がっている。また、貫入岩が分布しない場合にも、顕著な粘土脈にそって粘土化が進行している。また、熱水作用の周辺部には、水酸化鉄による褐色化帯がしばしば形成されている。

(3) 熱水変質帯の岩盤には、不規則な割れ目が形成されている。岩盤すべりによる不規則割れ間が開講しているのに対して、熱水作用による割れ目には粘土脈、白色の充填物、褐色充填物等が形成されている。

(4) 風化作用による岩盤劣化は、地表から進行するのに対して、熱水作用による岩盤劣化は地下から、また岩脈、粘土脈沿いに進行する。このため、地表付近より地下ほど岩盤劣化が進行している場合が多い。

(5) 熱水作用では、ある高度(深度)で著しい岩盤劣化を発生させる。これは、熱水の沸騰による急激な体積膨張による可能性が考えられる。

4. 熱水変質帯と地盤災害の事例

熱水変質帯は、流紋岩体などの貫入岩近傍だけでなく、貫入岩の分布が認められない地域においても普遍的に分布している。また、熱水変質作用は、中央構造線沿いに限定されるのではなく、その北側の和泉層群分布域およびその南側の三波川変成岩類分布域に広く認められる。これらの地域には、鮮新世および第四紀の火成活動ないものの、中期中新世の流紋岩体などが点在するので、広域的な熱水変質作用は中期中新世の火成活動時に形成された可能性が高い。熱水変質と地すべりとは以下の事例のように密接な関係がある。

(1) 讃岐山脈東部の和泉層群

徳島県板野町大坂付近の和泉層群砂岩頁岩互層には、割れ目沿いに白色の粉が形成されている。この粉は、石英、アルバイト、イライト、緑泥石からなり、150℃より高温の熱水変質作用によって形成された可能性が高い。このような切土法面では、小規模な法面崩壊が発生した。

(2) 中央構造線付近

中期中新世珪長質火成活動に伴う熱水変質作用は、スメクタイトもしくはスメクタイト混合層鉱物を含む粘土層（脈）を形成し、しばしば地すべりのすべり面、滑落面となっている。このような粘土脈は、膨潤性粘土鉱物の含有によりせん断抵抗角をもち、また ϕ' から ϕ_r への低下量が大きい（矢田部、1999）。中期中新世熱水変質作用による岩盤劣化は、四国の中央構造線沿いに発生した地すべりの素因として注目される。

(3) 三波川帯

徳島県神山町鬼籠野では、泥質片岩からなる破碎帯の粘土中に10–20%のスメクタイトが形成され、掘削基盤面が隆起した（田村ほか、2001）。また、付近の同じ破碎帯を対象とした国道切土法面は、工事中に法面崩壊を繰り返した。熱水変質帯は規模の大きな断層沿いで顕著に認められる。

(4) 御荷鉾緑色岩類

四国中央部の上八川一池川構造線に沿って、14Maの流紋岩等が東西方向に分布している。その延長線上の御荷鉾緑色岩類分布域は四国有数の地すべり地帯である。母岩の特性とともに、スメクタイトに富む熱水変質帯が、地すべりの素因として、注目される。

(5) 秩父帯

上韮生川断層の破碎帯中には中央構造線沿いの貫入岩に特徴的なドロマイト・マグネサイト脈が形成されている。さらに、秩父帯中においても、粘土化の著しい熱水変質帯が岩盤すべりやトンネル変状の原因になっているところがある。

5. 斜面変動の黒幕としての中期中新世花崗岩体

四国では帯状に地質帯が配列しているが、地下に中新世花崗岩体が伏在していると仮定すると、様々な地質現象が理解しやすくなる。すなわち、外帯の大地形は、地下伏在する軽い花崗岩体が隆起して形成された可能性が高い。中新世火成活動は、隆起による四国山地の原型を構築することにより斜面変動の場（地形的素因）を提供するとともに、熱水変質作用によると岩盤劣化により斜面変動の地質的素因を提供した斜面変動の黒幕と推定される。

6. まとめ

- (1) 四国の中央構造線沿いには、中期中新世火成活動に伴う熱水変質帯が形成されており、地すべりの素因となっている。
- (2) 同様の熱水変質作用は、中央構造線付近だけでなく、地質帯を問わず広く四国地方に存在する可能性が高く、地すべりの素因として注目される。
- (3) 熱水作用による岩盤劣化は、新たな粘土鉱物の生成による変質作用（粘土化）と、熱水の浸透に伴う破碎作用とに区分できる。風化作用による岩盤劣化は、地表から進行するのに対して、熱水作用による岩盤劣化は地下から、また岩脈、粘土脈沿いに進行する。
- (4) 広域的な熱水変質作用は、四国の地下に伏在する中期中新世花崗岩体に由来する可能性がある。