

台湾車龍埔断層を貫くボウリングコア解析：1999年集集地震のすべり挙動との対応

Fault rocks from from boreholes penetrating Shalung-pu fault, Taiwan; Suggestions to slip behaviors during 1999 Chu-Chu earthquake

大槻 憲四郎[1], 卯月 貴之[2], 門澤 伸昭[3]

Kenshiro Otsuki[1], Takayuki Uduki[2], Nobuaki Monzawa[3]

[1] 東北大・理・地球科学, [2] 東北大・理・地圏, [3] ジャパンエナジー

[1] Earth Sci., Tohoku Univ., [2] Geoenvironmental Sci., Tohoku Univ., [3] Japan Energy

1999年9月21日、車龍埔断層で台湾集集地震（ML 7.3）が起こった。断層は北部では高速かつスムーズに大きくすべったのに対し、南部ではギクシャクしながら比較的ゆっくりとすべり、変位もあまり大きくなかった。地震後に、車龍埔断層の北部（Fengyuan）で約450m深度の、南部（Nantou）で約210mのパイロットボーリングが実施された。この報告は、この掘削によって得られたコアを解析し、その結果から車龍埔断層の北部と南部での対象的な地震性すべりを説明するものである。

[Fengyuan site の断層岩の特徴]

このサイトの深度150mから420mには、鮮新世の砂岩・泥岩中に多数の断層ガウジ層が発達する。厚さは1cm前後から3m前後まで多様である。これらに共通する特徴は以下の通りである。

1. 高含水で軟質の粘土が基質を占めている。
2. 断層ガウジ層中には、厚さ1-3cmの粘土層からなるすべり集中帯がある。
3. 断層ガウジ層の大部分を占めるのは断層角れき帯である。基質は軟質粘土で、直径1mmから数10cmの角れきがしばしばモザイク状に配置している。
4. 特筆すべきことは、ほとんどの断層ガウジ層中に粘土注入脈が発達することである。この脈は主すべり面に端を発し、モザイク状角れき部や断層壁岩に向かって注入している。この中の岩れきはmatrix supportであり、やや円摩されており、小さい。

[粘土注入脈が示唆する断層すべり挙動]

粘土脈中のれきは細粒化している。れきの圧裂強度を適当に仮定したとき、れき同士の衝突で破壊されるために必要なれき同士の相対速度は、数cm/secから数10m以上でなければならない。このことは、注入脈が高速変形に伴ってできたことを示唆する。注入脈の形成に必要な圧力勾配を作るメカニズムとしては、粘土を潤滑剤としたelastohydrodynamic lubricant model（Brodsky and Kanamori, 2001）が適当である。集集地震のすべり面の候補（田中秀美, C. Y. Wang）は、いずれも上記の粘土注入脈発達深度域内にある。したがって、この時にも上記のメカニズムが有効に作動し、スムーズ、高速、かつ大変位量のすべりが起こったものと考えられる。

[Nantou site の断層岩の特徴]

Nantou site では、深度175m付近で車龍埔断層を貫いた。断層帯には厚さ約2mの粉碎されてしまった古いシュードタキライト（以下、PTと略）の層がある。PTの破片を分析した結果は、以下のようなものである。

1. 含まれている粘土鉱物は、粉碎後に100前後の温度で変質を受けたことを示す。
2. PTの破片中には、厚さ1mmほどの薄層が発達している。これらの薄層は隣接する薄層とscraping/scrapedの関係にあり、野島断層のPTの場合と同様（Otsuki et al., 2003）個々の薄層が個々の地震イベントに対応している。
3. 多数のPT破片をEPMAのBEI像で観察した。未溶融粒子の体積分率を基準に、MD0（未溶融）、MD1（未溶融粒子体積分率が44%以上）、MD2（同約31%）、MD3（同約22%）、MD4（同約14%）、MD5（同約10%）の6段階に分けた。MD0からMD2までの頻度の合計は80%に達し、MD4とMD5の合計は5%程度に過ぎない。
4. PT中には、溶融せずに残った古いPTの破片、カリ長石、石英の粒子が含まれている。これらの粒子縁辺部は高温のために軟化・流動している。これらがメルトの有効な温度指標となる（Otsuki et al., 2003）。この指標に基づけば、MD1からMD2のメルトの温度は750から900、MD3が1,150、MD5が1,750にほぼ対応する。
5. PT中の古いPTの破片の溶融度は、基質となっているより新しいPTの溶融度よりも常に高い。

[低溶融度シュードタキライトが示唆する断層すべり挙動]

Nantou siteのPTは、度重なる地震性すべりによってすでに形成されていて、地震の度毎に上昇し、現在の採取深度に到達したものである。過去の地震の際に摩擦溶融しないか溶融度がMD2までに留まる確率が80%程度であったので、集集地震の際もそうであった可能性が高い。MD2の900というのは重要な値であって、これより高温のメルトは高速すべりを促進するが、より低温ではすべりが抑制される（Otsuki et al., 2003）。集集地震の際も、地表に向かって進行してきたrupture frontが低溶融に留まる深度に達したとき、このメカニカルなバリエーションに遭遇したに相違ない。断層面はパッチ状に溶融するであろうから、すべりは全体的には抑制されつつ、高周

波を放出しながらギクシャクと進行したのであろう。