

南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験(2006-2007)

The Semi-controlled Earthquake-generation Experiments in South African deep gold mines (SeeSA; 2006-2007)

小笠原 宏 [1]; 中谷 正生 [2]; 飯尾 能久 [3]; 矢部 康男 [4]; 南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同グループ 住友則彦 [5]

Hiroshi Ogasawara[1]; Masao Nakatani[2]; Yoshihisa Iio[3]; Yasuo Yabe[4]; Sumitomo Norihiko International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine[5]

[1] 立命大・理工; [2] 東大地震研; [3] 京大・防災研; [4] 東北大・院理; [5] -

[1] RitsumeiUniv.; [2] ERI; [3] DPRI, Kyoto Univ.; [4] RCPEV,Tohoku Univ.; [5] -

本講演では、前駆を伴う Slow event など進展のあった 2006 年の我々の活動を概観し、AE 帯域や間隙水下の観測を目指す 2007 年の計画の概要を報告する。

我々の研究は、 $M=2-3$ の地震の準備過程から終息までの震源の挙動の一部始終を一断層長以内で 2-3 年間仔細に観察し、室内岩石破壊実験や自然巨大地震の知見のスケールギャップを埋めることを目指す。94 年以来 7 つの実験場で観測が行われ [例、飯尾 95, Ogasawara et al.02, 05, Nakatani et al. 06], 例えば 200m の範囲の 9 つの 3 成分加速度計の 15kHz 記録からは、破壊の速度・複雑さ・応力降下量・見かけ応力において、 $M=0-1$ の地震でも自然の大規模地震と比べ大差がないことがわかった [Yamada et al.05, 07 JGR]。99 年以降は、Event trigger による $M > -1$ の地震観測だけでなく、石井式歪計の観測を 25Hz24bit の連続収録に変え、より詳細な観察をしてきた。

Bambanani 鉱山の地下 2.4km のサイトでは、薄板状金鉱脈を 100m 転移させている断層から 10m 以内に石井他 (00 地震学会) によって歪計が埋設され約 3 年間の記録が得られた。その断層に $M < 3$ の地震活動が発生し、2000 例を超える大小様々な歪ステップや余効変動などが観測された [山本他 05 地震学会; Naoi et al.06GRL]。少数の地震では前震が発生し、それらの余効変動に続いて本震を迎えた。しかし、滑らかに加速する前駆変化は観測されなかった。前震を伴わなかった地震は、 100μ strain に近い歪ステップの場合も、他の数百例の、より小さな歪ステップの場合も、滑らかに加速する前駆変化は観測されなかった [竹内 05 修論; Ogasawara et al.05RaSim6]。しかし、変化の大きさが 0.1μ strain を超える数十例のイベントのうち、地震に比してゆっくりした歪ステップ (以下 LDR イベント) が約 2 割を占め、また、そのうちの最もゆっくりしたもの (以下 Slow step) の一部には明瞭な前駆が見られた [Naoi et al.06]。また、LDR イベントは、 $M 2$ 級の地震による最大級の歪ステップ後に多発し [Naoi et al.06]、その時期には本震・余震域に、相似地震も集中して発生していることも明らかになった [山本他 06 地震学会]。2001 年の slow step については、歪計から 20-30m 以内の断層上の異なる場所での滑りが原因であることが示唆された [直井他 06 地震学会]。2003 年の $M2$ 後の LDR イベントの規模は $M_w < 1.5$ と推定され、日本のプレート境界などで発見されている slow event に比べて桁違いに小さいことが確認できた。さらに小さい可能性もあるが、一点での歪観測であったため、 M_w の上限をそれ以上精度よく推定することは困難であった [直井 07 修論]。

Mponeng 鉱山の地下 2.9km の実験サイトでは、Bambanani 鉱山が一点観測であった問題を解決するために、指でも崩せる断層破砕帯から 10-20m の距離の堅固な岩盤に、14m 間隔で 2 台の石井式歪計が埋設され 25Hz24bit 連続観測されている [Ogasawara et al.05]。2006 年度にも震源距離 $< 200-300m$ で発生した $M > 2$ の地震に伴う 10μ strain 以上の歪ステップの事例が新たに見出されたが、前駆は確認できなかった。より小さな地震の歪ステップについても同様であった [森下他 06 連合大会; 安武他 06 地震学会]。しかし、精査の結果 Mponeng 鉱山においても前駆的な歪変化を伴う Slow step が発見された [安武他 06 地震学会; 本学会ポスター]。このとき鉱山の観測で地震は検知されていない。それらの中の 1 つの歪変化の大きさは 2μ strain を超え、Bambanani 鉱山で観測されたものより一桁大きな変化であった。そして、Bambanani では不明瞭であった前駆部分が克明に観察できた。さらに、余効変動が減衰し始める時期には、連続した小さなステップも明瞭に観察できた [安武他, 本学会]。この 2 台の石井式歪計の地球潮汐応答は対応がよく [Morishita et al.06 AGU; 森下 07 修論]、また、比較的遠方 (距離 $> 200-300m$) の採掘発破や地震の応答も対応がよい [安武他 06 地震学会; 本学会]。これらのことは、2 台の歪計が良好に埋設され、良好に動作していることを示している。しかし、一部の Slow step は 2 台で異なる応答が記録され、歪計からの距離が 20-30m 以内において、 M_w がマイナス 1 程度のイベントが異なる場所で発生していることが示唆された [安武他; 本学会]。

Mponeng 鉱山の地下約 3.2-3.5 km の新サイトでは、地震性イベントの観測対象を A E まで拡張し、AE・地震・歪を同時に観測する準備を進めている [中谷他 06 連合大会]。また、間隙水存在下での岩盤挙動を観測するため、閉山し水没している鉱山と隣接鉱山の境界部分の岩盤挙動を観測する準備を進めた [小笠原他 06 地震学会]。本講演では 2007 年度初頭にかけての進捗状況も報告する。

当計画は日・独・南ア等の約 70 名によって行われている。