

## 2003年の南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験

### The Semi-controlled Earthquake-generation Experiment in South African Deep gold mines in 2003

# 小笠原 宏[1]; 飯尾 能久[2]; 中谷 正生[3]; Ward Tony[4]; 竹内 淳一[5]; 下田 直之[1]; 石井 紘[6]; 山内 常生[7]; 佐藤 隆司[8]; 川方 裕則[9]; 加藤 愛太郎[10]; Murphy Shaun[11]; McGill Rob[12]; van Aswegen Gerrie[13]; Mendecki Aleksander[13]; 大槻 憲四郎[14]; 山田 卓司[15]; 中尾 茂[16]; 楠瀬 勤一郎[8]; 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[17]

# Hiroshi Ogasawara[1]; Yoshihisa Iio[2]; Masao Nakatani[3]; Tony Ward[4]; Jun'ichi Takeuchi[5]; Naoyuki Shimoda[1]; Hiroshi Ishii[6]; tsuneo yamauchi[7]; Takashi Satoh[8]; Hironori Kawakata[9]; Aitaro Kato[10]; Shaun Murphy[11]; Rob McGill[12]; Gerrie van Aswegen[13]; Aleksander Mendecki[13]; Kenshiro Otsuki[14]; Takuji Yamada[15]; Shigeru Nakao[16]; Kinichiro Kusunose[8]; Sumitomo Norihiko International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine[17]

[1] 立命大・理工; [2] 京大・防災研; [3] 東大地震研; [4] Seismogen; [5] 立命館・理工; [6] 東濃地震科学研究所; [7] 名大・環境・地震火山・防災研究センター; [8] 産総研; [9] 京大・防災研・巨大災害; [10] JAMSTEC 及び 東大・地震研; [11] Tau Tona mine; [12] Mponeng mine; [13] ISSI; [14] 東北大・理・地学; [15] 京大・防災研・地震予知; [16] 東大・地震研; [17] -

[1] RitsumeiUniv.; [2] DPRI; [3] ERI; [4] Seismogen; [5] RitsumeiUniv.

; [6] TRIES; [7] RCSVDM; [8] AIST; [9] DRS, DPRI, Kyoto Univ.; [10] IFREE, JAMSTEC and ERI, Univ. Tokyo; [11] Tau Tona mine; [12] Mponeng mine; [13] ISSI; [14] Earth Sci., Tohoku Univ.; [15] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.; [16] ERI, Univ of Tokyo; [17] -

我々は1992年以来南アフリカ金鉱山で採掘誘発地震の一生の至近距離モニターを試みている(例えば飯尾1995; 本学会は中谷他、山田他、下田他)。2002年以後は、日本人メンバー15名が南アに渡航して5鉱山で震源直接観察を行い(小笠原他2002秋地震)現場監督・救助隊副隊長・Senior Rock Mechanistの経歴を持つWardを研究協力者に雇って3実験サイトを新設した(小笠原他2002合同大会; 飯尾他、川方他、加藤他、2002秋地震)。しかし、2002年は、各渡航者の入坑回数が鉱山の様々な誘発地震対策を学ぶには不十分であった。2003年度は、10名の研究者が鉱山街に比較的長期に滞在し、金鉱山をより深く学びながら2つの新実験サイト整備と震源観察・岩石実験などを行った。なかでも4~5ヶ月間の滞在をした小笠原・竹内・中谷は、耐熱能力試験(高温多湿下の30分間昇降運動)・安全講習等、現地下請業者と同じ手続きで常時入坑許可を取得し、4月からの約8ヶ月間、採掘に伴う岩盤の流動変形と地震発生を目の当たりにした。これらを報告する。

Tau Tona 鉱山の新しいサイト(地下2.9km)では、2つの断層(図の薄灰板)が、数十cm厚の薄板状金鉱脈(傾斜約20度; 図中まだらな茶色)を上下に数十m食い違わせている。採掘済域(黒い薄板)や、その間の坑道(黄)保護の薄板捨堀(赤; 厚さ数十cm幅15m)の周囲は応力集中で地震が多発している(薄緑球は2003年3~8月の $3 > M > 1$ ; 番号は断層観察地点; 小笠原、地質ニュース口絵写真参照)。このサイトでは、高応力下のボーリングの困難さに直面させられた。深さ10~27m、直径75~112mmのボーリングと、新開発の応力解放用8成分ワイヤレス回収型石井式歪計、地震計や連続観測石井式歪計の埋設を計画し、6月24日には60mm孔の14.5m深でコアdiskingもBorehole breakoutも見られなかったため、応力解放用の回収型歪計を埋設した。しかし、7月18日にovercoringが同軸でないことが判明し同軸再掘を開始した。その間の採掘に伴う応力集中が大きくしかも早く、8月12日には、Borehole breakoutが孔全体で確認された。Borehole breakoutによる大小さまざまな岩片がコア詰まりを起こしてドリリングが妨げられ、ビット寿命も10~20cmと極端に短くなった。試錘スペースの天井はこの間に約十数cm非弾性的に降下し、8月21日には震央距離80mでM2.1の地震も発生した。11月までの努力も報われず、二度目のovercoringも同軸でないことが判明し、やむなくovercoringを断念した。しかし、3成分強震計を2点(図1のAとB)連続観測用歪計をA地点に埋設することはできた。ASR観測とDSCA法が、硅岩コアに対して行われた。ASR法は湿度と盗難の問題のために地表で行ったが、環境変化の歪変化より大きなASRは観測されなかった。DSCA法は、産総研で行われたが、disking亀裂の影響が顕著でその評価を検討中である。

Mponeng 鉱山では実験サイト付近の本格採掘が未開始で、サイトへの応力集中は顕著ではない。19本のボーリングも順調に完了し、幅数十mの断層帯の複雑な3次元構造も押えられた(中谷他、次講演)。本年2月末までに、サイト内に2台の3成分石井式歪計(25、15m深)3台の強震計(20、10、5m深)、2台の断層変位計、温度計array(中谷他、次講演参照)の設置が完了し、200m間隔5点の地震計に3次的に囲まれて観測が始まる見込みである。このサイトのコアは、方位が特定され、diskingもなくDSCA法に好条件で、近々日本で実施される予定である。

Tau Tona 鉱山、Mponeng 鉱山、ISS社、Boart Longyear社、Seismogen社には多大なる協力を頂いた。経費は、科研費(代表者: 小笠原・飯尾・中谷)立命大、東大地震研、名大、資源素材学会、産総研などによる

