

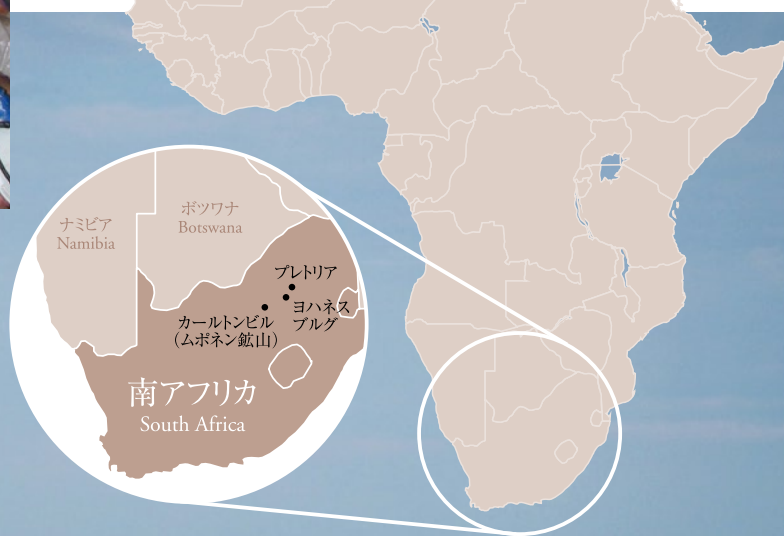
PIUS

地震研究所 ニュースレター

No.4
NEWS LETTER Plus
from Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



地震が起きる現場で、観測をしたい——それは、多くの地震研究者の願いだろう。その夢を実現できる場所が、南アフリカの鉱山である。そこでは、採掘によって地盤にひずみがたまるため地震が頻発しているのだ。地震予知研究推進センターの中谷正生准教授は、ムポネン金鉱山の地下3545mにセンサを設置し観測を続けている。そして、2007年12月27日アコースティック・エミッション(AE)という現象の観測からマグニチュード2.1の地震をとらえることに成功。センサから破壊面までの距離はわずか6mだった。



特集

南アフリカ金鉱山の 地下3545m、 地震の震源へ



南アフリカ 3545

図1 南アフリカのムポネン鉱山で、地下3kmのトンネルから地震計設置のためのボアホールを掘る中谷正生准教授(中央)。「いつ起こるか分からない地震に間に合わせる周波数準備が必要です。そこが実験家の腕の見せどころ。根性もむちゃくちゃ大事です。この鉱山での研究だけで、南アフリカ人15人、日本人10人、ドイツ人3人が継続的に走り回っています」

震源間近で地震の音を聞く

カンッ。ときおり高い音が響く。南アフリカ最大の都市ヨハネスブルグの南西約65km、カールトンビルにあるムポネン金鉱山(表紙)。

「南アフリカの鉱山はとて深いです」と中谷正生准教授は言う。厚さ50cmほどの鉱脈が20度ほどの傾きで数km四方に広がり、それが何層にも重なっている。人々は金を求めてより深くへと掘り進み、ムポネン鉱山の最深部は、まもなく4000mに達する。

「カンッというのは、地震の音です。採掘によって広範囲の岩が取り除かれたことで岩盤にひずみがたまり、耐え切れなくなって壊れたのです。鉱山にいますと、震源までの距離が数百m、時には数mのこともあります。震源の近くでは、ゆれはなく、衝撃を一瞬感じるくらいです」

震源の間近で地震の音を聞く。そんな体験をした人は、地震研究者といえども少数だろう。「最初は面白かったですよ。でも、3日もたつと、どうでもよくなりました」と中谷准教授は笑う。1回1回驚いていられないほど、鉱山では地震が多い。「カナダやオーストラリアの鉱山でも地震の観測が行われていますが、南アフリカの鉱山ほど深くありません。ここは、地震の発生を震源のすぐ近くで観測できる最高の場所です」。小さな地震の波は距離が遠くなると急激に減衰するため、高感度の地震計でも観測は難しい。震源に近づけば近づくほど、今まで見えなかった現象が見えてくるのだ。

日本の研究者が南アフリカの鉱山で地震観測を始めたのは、1992年からだ。鉱山では、地震による落盤で死者が出ることもある。南アフリカでは、地震が起きるメカニズムを調べたり、その成果を防災に役立てる取り組みが、1970年代から行われていた。

しかし、国内情勢の変化などによって衰退。地震研究を再度もり立てようと、日本の地震学会に声が掛かった。

だが、鉱山で起きる地震と自然の地震は同じなのだろうか。鉱山で起きている地震の多くは、長さ200mくらいの断層が動いたもので、マグニチュード(M)は1~3程度だ。一方、南海トラフや日本海溝では100km程度の断層が動き、M8の巨大地震が起きる。「地震とは、力がかかったことで岩盤が壊れ、断層面が急にすべる現象です。その点では、鉱山の小さな地震も自然界で発生する大きな地震も変わりません」

M2.1の地震発生。 破壊面までわずか6m

中谷准教授は2003年から南アフリカでの地震研究を始めた。最初は、断層がすべるときの発熱を測定しようと温度センサを設置。しかし、採掘計画が変わったため近くでは地震が発生せず、涙をのんだ。そして、2006年から取り組んでいるのが、アコースティック・エミッション(AE)の観測である。

岩石が破壊されるとき、数十~数千kHzの超音波があちこちで発生する。その現象を「アコースティック・エミッション」と呼び、発生する超音波をとらえることで、岩石内部のどこで、どのくらいの大きさの破壊が起きたかを知ることができる。「私の専門は、岩石力学です。岩石力学では主に、岩石に圧力を加えて破壊したり摩擦を起こしたりして、地震が起きるときの物性の変化を、実験室で調べています。長さ0.1mmの小さな破壊もリアルタイムでとらえることができるので、実験室ではよく使われています。しかし、自然地震に対して大規模にアコースティック・エミッションを使ったのは、私たちが初めてです」

中谷准教授は、東北大学理学部附属地震・噴火予知研究観測センターの矢部康男助教らと協力し、ムポネン鉱山の地下3545mに200kHzのアコースティック・エミッションのセンサを9台設置している。「200kHzまで観測しようなんて、普通は考えません。せいぜい10kHzまでですね」と中谷准教授。発生する超音波は、破壊される断層が長いほど周波数が低く、短いほど高くなる。200kHzでは長さ数cmの破壊もとらえることができるが、高周波ほど観測が難しくなるのだ。

なぜ難しいことに挑むのか。「誰もやっていないことをやれば、確実に新しいことが見つかります。ほかの人でもできることをやるのは危険です」。では、難題をどう乗り切ったのか。「観測装置は、ボアホールという穴を掘って、その中に設置します。高周波をとらえるには、ボアホールの底を平らにしてセンサを密着させなければいけません。そのために、ドリルの先端に付ける刃を新しく開発しました。穴掘りが一番大事なんです」

中谷准教授が装置を設置したのは、ダイクと呼ばれる地質構造があるところだ。「ダイクとは、岩盤に貫入してきたマグマが冷えて固まったものです。ムポネン鉱山では、ダイクが厚さ30m、長さ数kmにわたって垂直に伸びています。ダイクと周りの岩盤では岩石の種類が異なるため、境界にはひずみがたまりやすく、大きな地震が発生するだろうと考えたのです」

そして、2007年12月27日。観測点からわずか30mのところでは破壊が始まり、長さ100mの断層がすべる地震が発生。マグニチュードは2.1だった。センサからわずか6mのところを破壊面が通過した。

余震の観測にも成功。鉱山の地震では余震はほとんどないといわれていた。今回も

リカ金鉱山の地下 3545m、地震の震源へ

中谷正生 地震予知研究推進センター 准教授

鉱山の地震観測網では、余震は観測されていない。一方、小さな破壊もとらえることができる高周波の超音波センサを擁する中谷准教授らは、本震の発生後150時間で約2万個の余震を観測した(図2)。余震分布を見ると、ダイクを横切って斜め30度の線上に並んでいる。ダイクの端に達すると、向きを変えて堆積岩の境界に沿って続く。「震源はダイクと堆積岩の境界ではなく、ダイクの中でした。これは予想外。一方、断層の角度が斜め30度だったのは、室内実験と同じです。いろいろ考えなければいけないことがあります」

「運が良かった」と中谷准教授。装置の設置を終えて観測を始めたのは2007年6月。しかし、故障などがあり、観測を再開したのが10月。そして12月21日、観測データをモニターしていたドイツのセンサ製作会社から、「データがいきなり静かになったけれど、鉱山は休みか」と連絡が入った。「1月2日まで休みだと答えると、「休みは貴重だ。感度を思い切り上げよう」と言うのです。そうしたら6日後にポンと起きた。採掘していると雑音が入るため、普段は感度を低めに設定しています。今回、感度を上げていたおかげで、ものすごく小さな余震まで観測することができました。地震発生前のデータも取れています。今、解析の真っ最中なんです」

今後、断層までの100mを掘り抜き、岩石を採取することも計画中だ。「実際にすべった震源の岩石を手にしてみたい」

仕掛けを工夫し、ひたすら待つ

「実験室で使える岩石の大きさは10cmほど。実験室と自然の間には大きな隔りがあることは、誰もが分かっています。実験室からスケールアップして鉱山での観測まで進めたことは、大きな進展です。鉱山の地

震観測で得られた成果は、自然の地震の理解へつながります」

中谷准教授は、「地震予知のことは常に考えています」と言う。鉱山ではどこにどれだけの力がかかるかが精密に計算されている。そして、そこで起きる地震が観測されている。「南アフリカの観測データから、かかる力とアコースティック・エミッションの関係が導き出せれば、日本で観測されている小さい地震から、そこに今かかっている力を計算できるかもしれません。それは地震予知に役立つでしょう」

次の観測計画は? 「ひずみ計をたくさん設置したいと思っています。震源に近いのだから、高性能な高価なものではなくいいんです。高密度観測を行うことで、震源核の

形成から破壊の始まり、終わりまで、地震の全過程を明らかにしたい。東北大の矢部さんと観測計画を提案しています」。震源核とは、地震破壊が始まる部分のことだ。理論的・実験的に存在は確認されているが、実際にはまだ観測されていない。

「実は、地球物理にはあまり興味がないんです」と中谷准教授は笑う。「でも実験は面白い。自分の手で触って、そこで何が起きているのかを見極めることができるから。南アフリカの仕事も、ぎりぎり手で触ることができる実験です。地震が起きるだろう場所に行き、装置を仕掛ける。釣りみたいなものかなあ。仕掛けに工夫を凝らして、獲物がかかるまでひたすら待つ。体力はもちろん、頭の良さも必要なんですよ」

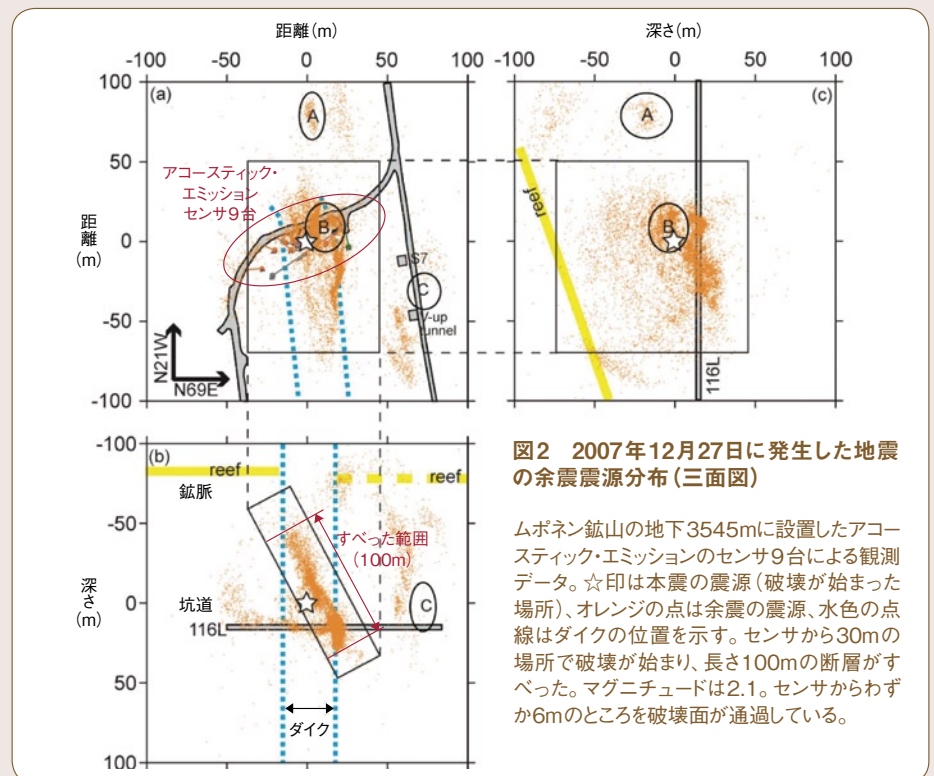
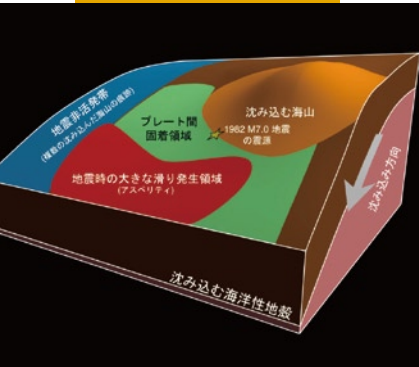


図2 2007年12月27日に発生した地震の余震震源分布(三面図)

ムボネ鉱山の地下3545mに設置したアコースティック・エミッションのセンサ9台による観測データ。☆印は本震の震源(破壊が始まった場所)、オレンジの点は余震の震源、水色の点線はダイクの位置を示す。センサから30mの場所で破壊が始まり、長さ100mの断層がすべった。マグニチュードは2.1。センサからわずか6mのところを破壊面が通過している。

TOPICS



沈み込む海山と地震との関係

8月29日発行の『Science』誌に、望月公廣助教を筆頭著者とする「海山に起因する弱いプレート間カップリングと繰り返し発生するM7級地震」についての論文が掲載されました。茨城県沖では約20年間隔でマグニチュード7級の地震が繰り返し発生しますが、この地域での丹念な地殻構造調査から、深さ約10kmの地下に富士山級の沈み込む海山があることが分かりました。また従来の予想に反し、沈み込む海山自体は震源域にならないことが分かりました。

浅間山・霧島火山の小規模な噴火

今年の夏は浅間山と霧島火山で小規模な活動が相次ぎました。まず8月10日、浅間山でごく小規模な噴火が観測されました。噴出物にはマグマ類似物質が確認されましたが、その組成は2004年の噴火時のものと似ていることが分かりました。今後活動が活発化する可能性があり、注意が必要です。浅間山観測所からのリアルタイム映像や火口東カメラによる画像が、HPからご覧いただけます。(http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/VRC/asama_2008.html)

霧島火山群新燃岳では、8月22日、小規模な噴火が観測されました。火山灰の分析を鹿児島大学理学部と共同で行ったところ、80～90%は古い溶岩片で、新たなマグマが関与した積極的な証拠はないことが分かりました。8月22日の噴火は水蒸気噴火だったと考えられます。

ひずみ集中帯の地殻構造調査始まる

近年、東北地方の日本海側や日本海東縁部の「ひずみ集中帯」と呼ばれる地域で、被害地震が発生しています(新潟県中越地震、新潟県中越沖地震)。地震研究所は、文部科学省の「ひずみ集中帯の重点的観測・研究」の一環として、今年から5年間、人工震源を用いた地殻構造調査などを行います。今年9月には新潟県三条市周辺で、三条地震(1828年、M6.9)の震源断層の解明などに役立つデータを収集しました。

金森博雄先生が特任教授としてご滞在

9月12日からカリフォルニア工科大学(Caltech) 名誉教授で2007年京都賞受賞者の金森博雄先生が、地震研究所に特任教授として滞在されています。金森先生は、1972年に地震研究所からカルテクに移って世界の地震学の発展に貢献され、最近ではリアルタイム地震学による減災にも取り組んでおられます。11月7日までの滞在中、津波の励起など地球物理の重要問題について研究者と議論を深めるほか、大学院の特別講義も担当されます。

地震学夏の学校2008「hyper地震学」

hyper地震学——こんな言葉は、もちろん専門用語にもありません。日本地震学会が毎年行っている「地震学夏の学校」のテーマです。大学の授業とはひと味違う、新しい現象・新しい知見を2泊3日の合宿で学び議論する若手育成の場です。今年は地震研究所若手教員が幹事となり、9月22～24日、神奈川県湘南国際村で開催し、75名が参加しました。

デフパペットシアター・ひとみ「稲むらの火」公演

10月9日、都立大塚ろう学校に通う子どもたちを相手に、人形劇団「デフパペットシアター・ひとみ」が、津波の怖さを伝える昔話「稲むらの火」に基づく防災人形劇を公演しました。今後3年間で全国のろう学校約100校での公演を目指しています。地震研究所も後援しています。

3ヶ月に1度、小粒でピリリと辛いニュースをお届けします。

東京大学地震研究所 ニュースレターPlus 第4号

発行日 2008年10月31日

発行者
東京大学 地震研究所

編集者
地震研究所 広報委員会
(責任者:辻宏道、担当:勝俣啓)

制作協力
フォトンクリエイト
(デザイン:酒井デザイン室)

問い合わせ先
〒113-0032
東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 地震研究所
アウトリーチ推進室
Eメール
outreach@eri.u-tokyo.ac.jp
ホームページ
http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/index-j.html

相次ぐ受賞

- 平成20年度防災功労者内閣総理大臣表彰(9月2日) 阿部勝征 東京大学名誉教授
- 平成20年度防災功労者防災担当大臣表彰(9月5日) 藤井敏嗣 教授
- 2008年度日本火山学会 研究奨励賞(5月27日)
 - ・前野深 助教「南九州鬼界カルデラにおける珪長質マグマ噴火のダイナミクス解明」
 - ・鈴木由希 研究員「噴火のマグマダイナミクスに関する物質科学的研究」
- 2008年度Geochemical Journal論文賞(7月16日) 浜田盛久 元特別研究員・藤井敏嗣 教授
- 国際火山学及び地球内部化学協会 George Walker Award(8月19日) 前野深 助教
- 地球電磁気・地球惑星圏学会 大林奨励賞(10月11日) 馬場聖至 助教
- 第14回世界地震工学会議 Outstanding Paper Award(10月17日) 三宅弘恵 助教

INFORMATION

共同利用 平成21年度公募締切間近!

地震研究所は全国共同利用研究所として、国内の研究者を対象に共同利用・研究集会などの制度を設けています。

- 平成21年度共同利用・客員教員募集 11月10日締切
- 施設・実験装置・観測機器・データ・資料などの利用随時受付(一部を除く)

詳しくは、http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sharing/info.htmlへ。

イベント

- 第7回アジア国際地震学連合(ASC) 総会・2008年日本地震学会秋季大会合同大会(つくば国際会議場) 11月24～27日 ※地震研究所ブース出展
- 第45回自然災害科学総合シンポジウム(京都キャンパスプラザ) 12月11日