

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別追跡評価報告書

1. 研究課題名

鉱山での地震被害低減のための観測研究 (2010年8月～2015年8月)

2. 研究代表者 ※所属はプロジェクト終了時

2. 1. 日本側研究代表者：小笠原 宏 (立命館大学 教授)

2. 2. 相手側研究代表者：Raymond J Durrheim

(Fellow, Council for Scientific and Industrial Research)

3. プロジェクトの概要

自然大地震や、鉱山採掘などに誘発されて発生する被害地震について、地震発生や強震動被害の予測の高度化が世界で強く望まれていたことを受け、本プロジェクトでは、南アフリカの地下1～3kmの大深度金鉱山において、震源の至近距離における高感度・高精度の微小地震、歪、傾斜、及び強震観測などに基づいて、地震の準備と発生の様子を詳しく観察し、理解を深める。特に、2～3年の間にM2級の地震(100mサイズの断層破壊)が発生する場所を特定し、その至近距離に観測網を展開することにより、既存の南アフリカ金鉱山の地震リスク管理スキームを高度化することを目指した。プロジェクト実施期間の後半では、得られた知見に基づき「予測モデル」を高度化するとともに、鉱山地域の地表の南ア国立地震観測網を根本的に増強し、これらに基づき、地震発生と被害の予測を高度化した。

4. 評価結果

本プロジェクトは、地球内部で発生する自然地震の発生メカニズムの解明に向け、室内実験(岩石サンプルのスケール)から数十メートルスケールに拡張しつつ、鉱山における岩石破壊による地震をターゲットとした研究を目指したものである。このようなユニークな研究は、自然巨大地震の発生準備過程メカニズムの解明にとって極めて重要であることから、世界的にもその成果に期待が寄せられており、研究代表者の卓越した国際的リーダーシップと相俟って、この研究が国際陸上科学掘削プログラム(ICDP)へと繋がるなど、その科学的な側面での成果は極めて大きく、国際的にも注目される取組みとして高く評価できる。

研究成果の社会実装としては、金鉱山の掘削坑内における地震被害対策に貢献すべく、

地震・応力モニタリング及び人材育成などが行われた。主に鉱山の落盤事故の防止という観点で本プロジェクトが実施されていたこともあり、その成果は、南アフリカの主要産業である金のみならず他の鉱物資源の採掘現場における落盤事故の軽減には大きく貢献している。今後、自然発生地震の被害軽減といった面でもさらなる成果が得られていくことを期待したい。

4-1. 研究の継続・発展について

研究開発面では、本プロジェクト終了後も、科研費基盤研究 A (2014-2017)、科研費基盤研究 B (2016-2018)、日本学術振興会の研究拠点形成事業 (2017-2019) において継続され、さらなる成果に繋がった。国際的にも、日本学術振興会の南アフリカとの共同研究 (NRF) (2018-2019)、国際陸上科学掘削プログラム (ICDP ; UNESCO がリエゾンメンバー) の南ア金鉱山地震発生場掘削計画 (DSeis 計画 2016-2019) などのプロジェクトのほか、アメリカ国立科学財団 (NSF) 計画、ドイツ研究振興協会 (DFG) 計画にも本プロジェクトの研究者が参加するなど活発な活動を継続し、国際的ネットワークへと広がりを見せた。とりわけ ICDP DSeis 計画において、本 SATREPS 研究代表者が代表者としてプロジェクトをリードしたことは特筆すべきである。

また、本プロジェクトの成果が 2015 年度には岩の力学連合会フロンティア賞、2017 年度には日本地震学会若手学術奨励賞の受賞につながった。さらには、2018 年に Mandela Mining Precinct (MMP) の設立に際し、共同研究者らの手により、コア整理作業が日・南ア共同作業へと発展するとともに、2020 年度には南ア最大の金鉱山会社の安全管理諮問委員会に参加して本プロジェクトの成果が実装へと向かった。

以上のことから、本プロジェクトの終了後も着実に継続・発展していると言える。

4-2. 地球規模課題の解決に向けた科学技術の進展への貢献について

本プロジェクトで得られた高感度微小破壊スポット観測データの解析から、これまで実験室スケールでしか示されていなかった破壊の準備過程が数十メートルスケールで示され、自然巨大地震発生メカニズム研究において非常に重要な知見が得られた。また、この成果を発信した論文に対し 2015 年度岩の力学連合会フロンティア賞が授与された。さらには、鉱山誘発地震の観測は上部地殻的岩石の室内岩石破壊実験の大型判として注目され、その成果は、ICDP の掘削調査対象であった M5.5 地震 (2014 年発生) の余震発生帯とマントル・プルーム活動との関連に関する研究へと繋がり、我が国における沈み込みプレート境界上の巨大地震発生域下縁部、ひずみ集中帯における下部地殻域などでの岩石・破壊・水の相

相互作用と地震発生との関係の解明に向けた重要な知見が得られるものと期待される。

本プロジェクトは、主として鉱山の落盤被害の防止の観点で進められてきたものの、ここで用いられた掘削して応力の測定等を行うといった新たな手法が自然地震発生メカニズムの解明などにおいて盛んに行われるようになったきっかけとなったものであり、その意味での科学技術的な貢献は極めて大きい。

4-3. 地球規模課題の解決、及び社会実装に向けての発展について

南ア金鉱山地区において、本プロジェクトで増強された国立地表強震観測網により、地表にも被害を起こしうる規模の地震の定量的ハザード評価ができるようになった。また、南ア金鉱山の地震発生場で使用した岩盤応力測定技術は、南ア国内の他の金・プラチナ・銅・ダイヤモンド鉱山でも使われ始めた。

また、国際 Workshop (ダボスおよびポハン)、国際岩石学会 Specialized Symposium、Africa Array Workshop を通して本プロジェクトの成果が公開された。さらには、南ア研究者により第三国での学会・研究集会でも成果が発信されるとともに、国際学術誌や鉱山関係国際学会での論文公開も行われた。

4-4. 日本と相手国の人材育成や開発途上国の自立的な研究開発能力の向上について

日本側若手研究者2名が、本プロジェクトやその後の国際的な研究活動の成果に対して、日本地震学会若手学術奨励賞を受賞した。このうちの1名を含む微小破壊研究グループが、その成果に対し、岩の力学連合フロンティア賞を受賞した。また、本プロジェクト期間中、PD および大学院生であった参加者が、現在、助教及び特任助教として活躍中である。

本事業に継続して行われた ICDP DSeis 計画は、欧米の多くの大学等と連携して行われており、参加した若手研究者は、各国の研究者との交流を通じて国際性を高めていることから、将来、学会活動等を含む、様々な国際組織の中でリーダーとなって活躍することが期待される。

南ア側では、プロジェクトに参画した相手国研究機関や育成された若手研究者が、プロジェクト後も主体的に活動し、本プロジェクト終了後に参画し始めた Witwatersrand 大学の2人のPDは、それぞれ、准教授と講師に昇任した。そのうち准教授は2017年に相手国科学研究連盟(NRF) Early Career / Emerging Researcher Awards を受賞した。また、博士課程院生2名が博士論文を執筆中である。このうち1名は、ICDPD Seis 計画で、本プロジェクトサイトから掘削回収した試料を用いて日本で室内岩石摩擦実験を行い、国際学術誌に論文

を発表した。

4－5. 日本と開発途上国との国際科学技術協力の強化、科学技術外交への貢献等について

南アフリカにおける金鉱山の開発は、地下資源の掘削を重要な産業とする同国にとって非常に重要であり、日本の技術力によって採掘の安全と持続性を向上させた功績は大いに評価できる。

本プロジェクトの成果を受けた ICDP DSeis 計画は、日本主導の計画として 4 例目であり、日本と南アの国際プレゼンス向上に貢献した。

以上

研究課題名	鉱山での地震被害低減のための観測研究
研究代表者名 (所属機関)	小笠原 宏 (立命館大学 理工学部 教授)
研究期間	H21 条件付採択 H22 年2月M&J 本契約H22年4月からH27年3月31日まで(5年間)
相手国名	南アフリカ共和国
主要相手国研究機関	科学産業技術協議会(OSIR)

JST従たる評価項目	
日本政府、社会、産業への貢献	地震発生子測高度化のための重要な知見、自国産の安定供給。
科学技術の発展	微小破壊観測、地震発生場レベルの応力測定技術の確立、地震発生場レベルの応力モデリングの高度化。
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	世界最長の南アフリカ金鉱山における未着手の深度や応力レベルでの探測の安全性向上に貢献する安全管理スキーム構築に貢献。欧米を含む他国への波及も期待される。
世界で活躍できる日本人材の育成	若手については助教採用1、中堅層は教授昇進1、准教授昇進3。
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	南ア関係組織への提言書(作成予定)、論文(別紙参照)、南ア金鉱山でしか得られない貴重な震源至近距離観測データ、M5.5関係については、ICDP計画が認められれば欧米とも成果やデータを共有できると期待される。

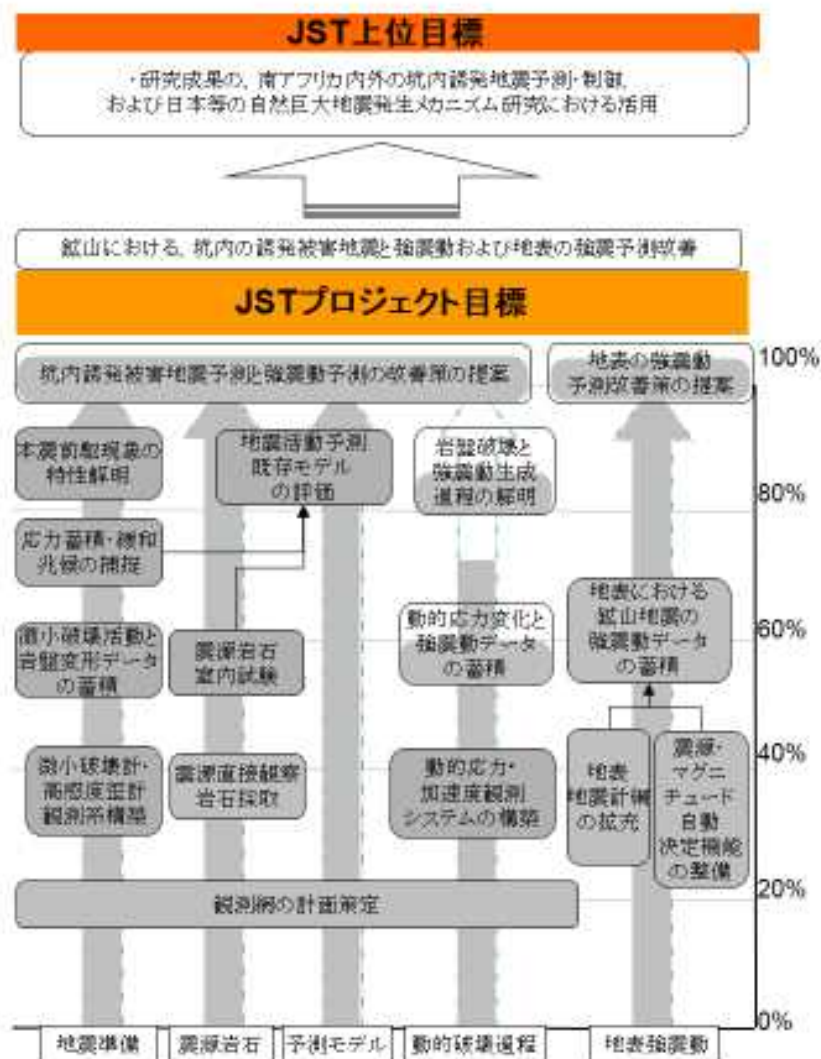


図1 プロジェクト終了時における成果目標シートと達成状況