

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)
研究課題別中間評価報告書

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

2. 1. 日本側研究代表者：小笠原 宏 (立命館大学理工学部教授)

2. 2. 相手側研究代表者：Raymond J Durrheim

(Fellow, Council for Scientific and Industrial Research)

3. 研究概要

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る。本研究では、南アフリカの地下1～3 km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 (AE: Acoustic Emission)、歪、傾斜、およ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、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内の地震リスク管理スキームを高度化することである。プロジェクト実施期間の後半では、得られる知見に基づき「予測モデル」の高度化をめざす。また、鉱山地域の地表の南ア国立地震観測網を根本的に増強する。これらに基づき、地震発生と被害の予測を高度化する。

4. 評価結果

総合評価 (A+：初期の計画をやや上回る取り組みが行われており、大きな成果が期待できる。)

地震発生過程の研究への貢献について、現時点ではまだブレークスルーに至る展望にはやや欠けるところがあるものの、日本国内では不可能ともいえる地下深部での観測データの取得が進み、貴重なデータが得られつつあることは高く評価できる。今後の鉱山掘削の進展につれて、これまでに構築された観測網の中で比較的規模の大きい地震の発生も予想されていることから、新たな発見の可能性は持続している。

一方、当初は少し不安視された研究活動を通じた鉱山安全面への貢献については、研究成果の活用という面も含めて、応力測定法の改良により鉱山活動の安全評価の高度化に貢献しつつある。それに地表における地震観測網の整備なども含め、安全面への貢献は当初の期待以上である。

研究面でさらなる進展があれば、最終的にはS評価も十分に望める。

4-1. 国際共同研究目標の達成状況について

相手国側の事情による遅れが一部に認められる程度であり、全体として順調に進捗している。観測面では、地震はすでに約3ヶ月間に10個以上のセンサーで約40万回記録されており、詳細な震源分布が把握できる状況になっている。応力やひずみ等の観測データと合わせた今後の詳細な解析が進展する見込みである。また、地表における地震観測網の整備も進み、相手国から高く評価されつつある。研究成果の活用という面では、応力測定法の改良により、鉱山活動の安全評価の高度化に貢献しつつある。この点については、相手国の民間企業が興味を示し始めており、今後の普及が期待される。

国際共同研究という観点では、とくに途上国で行われる研究の場合、わが国で行われてきた研究の現地版あるいは補足的データの取得となりがちであるが、本プロジェクトでは国内では不可能ともいえる地下深部での観測データの取得が主になっており、SATREPSの趣旨をよく活かしたものとなっている。この意味では、地震発生過程の研究に資する貴重なデータが得られつつあることは高く評価できる。しかし、現時点では、実験室レベルの成果と類似の成果であり、当初期待していた自然地震の発生域で出現する現象を把握するという大きな成果が得られるかどうかは、今後どのようなデータが取得できるかにかかっている。

4-2. 研究実施体制について

研究代表者のリーダーシップは適切で、長年の研究チームと相手国側との信頼関係の上に立った各種協議も円滑に行われている。観測面では、本プロジェクト経費に加えて独自の科学研究費をも投入するなど、全体として経費が有効に活用されている。一方、若手研究者養成には不十分なところが見受けられる。様々な状況から制約はあるものの、もう少し若手研究者を現地に長期滞在させて、単に測定等研究に関するだけでなく、観測計画の交渉等を含むSATREPSならではの人材養成を図るなど、工夫があるとよい。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

現段階では、このまま研究を進めていくことでよい。研究面ではデータ収集を続けつつも、取得したデータの解析に主体が移ることになるであろう。したがって、今後は研究成果が顕在化するものと思われる。とくに、自然地震発生過程の解明に資する大きな成果を期待したいが、研究に適した地震が発生するかどうかにもかかっており、具体的に予想することは難しいが、実験室レベルの高度な成果は期待できるであろう。

本プロジェクトでは調査対象が危険な鉱山内ということもあって、多くの学生や若手研究者を現地投入することが困難であり、中堅クラスの研究者が主体となって現地観測が行われていることは理解できる。この意味では、現場観測活動を通しての若手研究者の育成は期待できそうにない。しかし、取得データの解析あるいは日本国内の室内実験の部分で

さらなる若手を活用し、若手研究者の研究能力の向上を図ることは期待できるはずである。また、グローバルに活躍できる人材を養成するという観点からは、単に海外プロジェクトに参加させるだけでは十分でなく、相手側との様々な交渉、相手国のマスメディアへの対応等にも積極的に参加させるなどの工夫があってもよいのではないか。

研究成果の活用による社会実装に関しては、鉱山安全面での標準的モニタリングの手法の高度化を通して、鉱山作業への安全確保の面での貢献も徐々に進むことが期待できる。しかし、鉱山労働者の被害軽減に至るまでの過程は本プロジェクトに関連する鉱山会社に委ねられている現状のままでよいのかという点については検討の余地がある。さらに広範な鉱山での被害軽減に向けた研究や、地上データを利用した地震被害の軽減といった研究への波及を、社会実装の一環として考えることも必要であろう。その際には、本プロジェクトで取得された膨大なデータの有効活用も考えられる。

アフリカに対する産業、経済支援という視点は非常に重要であるが、相手国や近隣のアフリカ諸国での一般向け宣伝が不足している感がある。わが国の貢献として、マスメディア等を利用するなど、強くアピールしていくことが求められる。その際、地上データを利用した一般的な地震災害軽減に向けた社会実装への工夫、地震現象の解明に関する基礎的な素養に視点をあてたストーリーの作成など、より広い層に発信することも重要である。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

本プロジェクトで得られた成果が学術論文として公表されたのちに、鉱山会社の安全管理規則の改定に活用されることが想定されており、今後の政府機関等による政策等への反映が期待できる。そのためにも、本プロジェクトで改良した応力測定技術の現場での活用を含め、被害軽減に向けたシステム作りなど社会実装への筋道をつけておくことが必要である。

日本側は地震発生過程の解明に資する研究を主たる目的としているのに対し、相手国側は鉱山労働安全確保に資する各種データモニタリング手法の開発が主たる目的であることから、直接的な研究交流としては相手国側のモニタリング技術の向上に資するような交流が中心となる。この面では期待できるが、日本側が目指す基礎的研究観測をプロジェクト終了後も継続することは難しいものと思われる。

研究者交流としては、現状では相手側研究者の来日の機会が少ないように見える。研究者交流を継続的に行うには、我国への博士留学生の増加、国内で開催される学会講演（例えば、岩盤力学シンポジウム）の国際化などが必要であろう。

4-5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

AE に関して膨大なデータが取得されているが、現状では従来の地震学分野での一般的なデータ処理に終わっている感がする。貴重なデータであるがゆえに、もう少しきめ細かい解析を望みたい。例えば、データマイニングの手法などを導入して、AE の時間発展と破壊現象との関係などに踏み込んではどうだろうか。そうすれば新たな発見があるかもしれない。

本プロジェクトからの情報発信として以下の事項が望まれる。

- (1) 一般の鉱山関係者に向けた分かりやすいプレゼンテーション実施の努力。
- (2) マスメディアを通じた、相手国や周辺諸国への地震現象の解明、研究成果の活用に関する情報発信。

研究交流としては以下の事項が望まれる。

- (1) 相手側の研究者を様々な形で我国に招へいするとともに、国内の関連学会等での英語セッションなど、受け入れ態勢の工夫。
- (2) 若手研究者のプロジェクト参加を促し、国際的リーダーとして育つ際に必要となる多くの経験を積む場の形成。

以上

研究実施体制の模式図 南アフリカ「鉱山での地震被害低減のための観測研究」

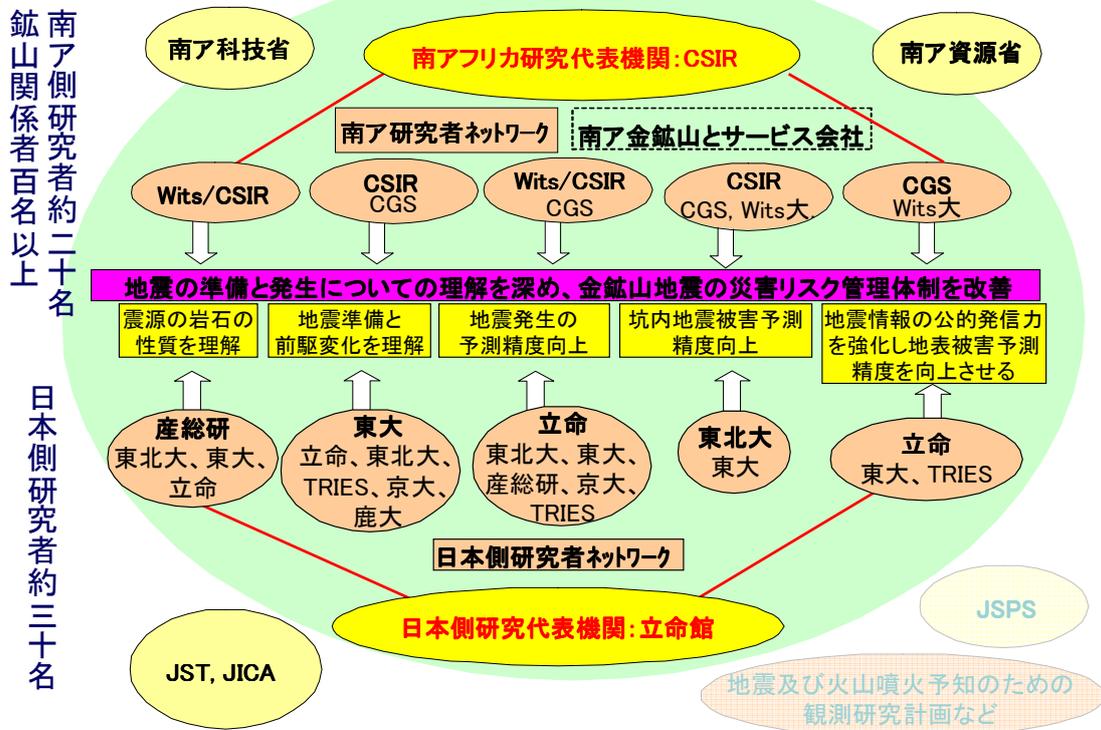


図1 プロジェクト概要

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MoU 本契約H22年4月からH27年3月31日まで
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 (CISR)

付随的成果	
希少データ(*)へのアクセス	地下1~3kmの地震至近距離観測網と地上観測網による総合観測データの入手方法の確立 同データの持ち帰り
地震研究における日本のプレゼンス向上	希少データを元にした招待講演 関連学会等での運営委員・座長
希少データを元にした査読付論文掲載	震源の岩石、準備過程に関する論文
	地震活動予測・制御に関する論文
	動的破壊過程に関する論文
	強震動予測に関する論文
アウトリーチ	希少データ獲得に関する新聞報道
人材育成	希少データ観測のノウハウを有する若手研究者の育成

(*) 至近距離でとらえられた地震の準備と発生のデータおよび、比較・議論できる地下と地上の強震動データ等

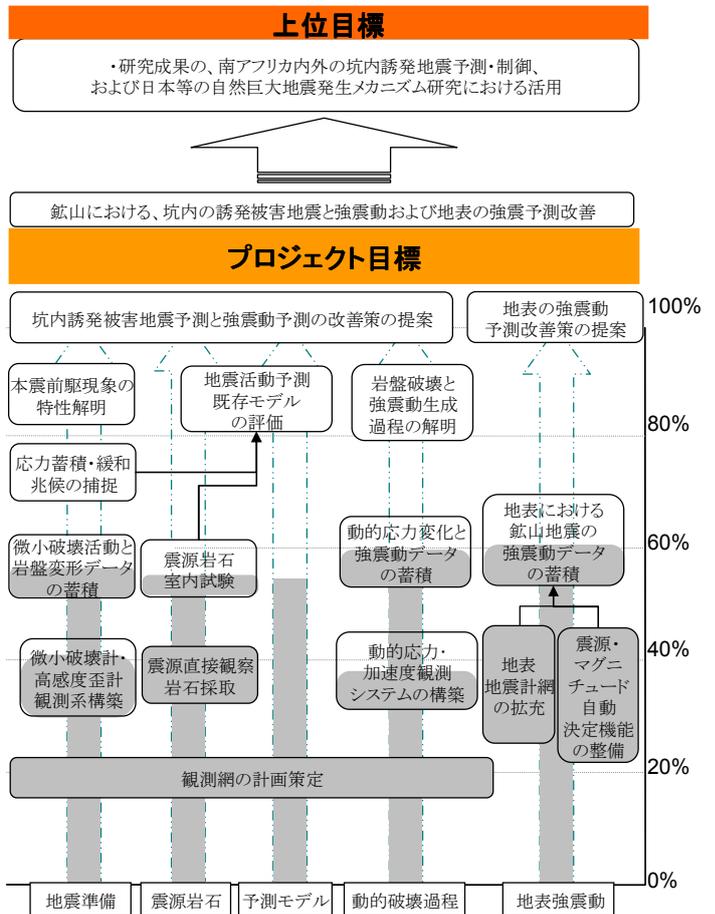


図2 成果目標シートと達成状況 (2013年1月時点)