

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008 年度～2010 年度

課題番号：20254003

研究課題名（和文） 地震後長期に継続する地形変化の科学的調査と復興戦略への反映

研究課題名（英文） Earthquake-induced long-term change of landforms and its implication for rational rehabilitations

研究代表者 小長井 一男（KONAGAI KAZUO）

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：50126471

## 研究成果の概要（和文）：

2005 年 10 月 8 日パキスタン・インド国境近くのカシミール山岳地で M7.6 の地震が発生した。実数は 9 万人を超えると推測され、この地震がパキスタン社会に与えた影響が極めて深刻であることは言うまでもない。しかし同時にこの地震は、その後長期に継続する地形変化の引き金となり、被災地の復興に様々な問題を投げかけている。本年度で実施した研究の実績は主に以下の 2 点に集約される。

(1) Hattian Ballah に出現した巨大な崩落土塊の変形については前年度までにをモンスーンの前後で精密 GPS による計測を行って、この土砂ダムの決壊にいたる懸念があり万が一の決壊時の流出解析を行い、この結果は State Earthquake Reconstruction & Rehabilitation Agency (SERRA) や Muzaffarabad 市、そして JICA にも報告されていた。この決壊は 2010 年 2 月 9 日に現実のものとなり、下流部に最高 17m 程度の洪水が押し寄せ 30 余りの家屋が流された。男子 1 名の犠牲者が報告されたが警戒していた住民の避難があったことが犠牲者を最小限に抑えたものと思われる。決壊に至った詳細を現地計測をもとにとりまとめ現地機関に報告するとともに、International Jopurnal "Landslides" にも 2 編の投稿を行っている（1 篇は登載決定）。

(2) カシミール地方の中心都市 Muzaffarabad 東側に南北に走る断層背面に露出したドロマイト混じりの斜面から流出する土砂はこれまでに谷沿いの家屋の多くを 1 階～2 階レベルまで埋め尽くしていた。今年度はパキスタンが未曾有のモンスーン豪雨被害を受け、対象地域の様相は激変した。砂防堰堤の作られた沢とそうでない沢の被害の様相は大きく異なりこのような状況を調査し更なる対応への提言としてとりまとめている。

## 研究成果の概要（英文）：

A devastating earthquake occurred in Kashmir, Pakistan on October 8<sup>th</sup>, 2005. This earthquake resulted from reactivation of a known active fault later defined as the Balakot-Bagh fault, which caused widespread slope failure throughout its stretch. The quake triggered a huge landslide 3.5 km upstream of Hattian-Bala town in the state of Azad Jammu Kashmir of Pakistan. The debris mass blocked two tributaries of the Karli branch of the Jhelum River, and was breached on 9<sup>th</sup> February 2010. This debris dam provided us with a rare opportunity to keep careful and continuous eyes on its post-earthquake behaviour especially as it was a serious threat to people living along the lower reaches of both the Karli and Jhelum Rivers. The result of this research describes post-formation behaviours of the debris mass, breaching-inflicted changes of not only the debris mass but also both upstream and downstream reaches based upon laser-scanned images of landforms and Differential Geological Positioning System (DGPS) survey results. The quake was also responsible for a number of debris flows particularly around Muzaffarabad, the provincial capital of Azad Jammu and Kashmir. Quake-induced slope failures resulted in a huge amount of debris material which flows in deeply incised creeks during monsoon and hits the inhabitants along the valley in Muzaffarabad. Two GPS measurements were carried out along with channel morphometric parameters and observed changes to investigate the effect of debris flows along these creeks during monsoon. Other than the physical measurements, actual debris flow was simulated using the Depth Average Material Point Method (DAMPM) after carrying out parametric study and calibrating the model for subject topographical

and geological settings. The generalized effect of different input parameters of the model on debris flow runout features was studied and discussed. After ensuring validation of the numerical tool, the contribution of a single closed-type check dam to decrease runout intensity to its downstream reach was also investigated for different locations to obtain optimized selection.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	13,300,000	3,990,000	17,290,000
平成 21 年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
平成 22 年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
年度			
年度			
総 計	24,800,000	7,440,000	32,240,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：地盤工学

キーワード：①土石流②地震災害③復興③地形変動

1. 研究開始当初の背景

2005年10月8日パキスタン・インド国境近くのカシミール山岳地で M7.6 の地震が発生した。実数は9万人を超えると推測され、この地震がパキスタン社会に与えた影響が極めて深刻であることは言うまでもない。しかし同時にこの地震は、その後長期に継続する地形変化の引き金となり、被災地の復興に様々な問題を投げかけた。

2. 研究の目的

2005年10月8日パキスタン・インド国境近くのカシミール山岳地で M7.6 の地震が発生した。実数は9万人を超えると推測されている死者数はパキスタンの過去1世紀にわたる地震の犠牲者総数の7割にも達し、この地震がパキスタン社会に与えた影響が極めて深刻であることは言うまでもない。しかし同時にこの地震は、その後長期に継続する地形変化の引き金となり、被災地の復興に様々な問題を投げかけている。主要な復旧事業の対象地域を流れるジェラム(Jhelum)川上流域では、地震によってその支川を塞ぐように20,000万m<sup>3</sup>の土石が崩落し、その背後におよそ6,200万m<sup>3</sup>の水を湛える湖が出現した。この巨大な土塊は少しずつその透水性を変化させており、地震後1年半が経過した2007年4月に至って溢流が始まって、この変化はさらに加速されるものと思われる。また、地震断層に沿って出現したドロマイトを含む斜面がモンスーン時期の降雨によって下流域に流され河床レベルを大きく変化させている。これらは下流域で展開する復興事業にとって大きな不安材料となっている。本研究

はこれらの地形変動を継続的に監視し、地形変動の顕著な部分の抽出とその原因を探り、今後の復旧戦略へ重要な情報を提供するとともに、同様の地形変形の課題を抱える地域に国際的に共有できるデータベースを提供するものである。

3. 研究の方法

本研究ではモンスーンの時期をはさんで年に2回現地地形を DGPS (2周波の Differential GPS) によって精密に計測する手法をとった。これは cm 程度以下の精度を確保しての地形の変化計測が必要であったことに加えて、スレーキングが進む現地の岩石の状況把握やサンプル採取が必要であったためである。現地ではムザファラバード市、AJK州復興局の全面的な支援をいただき、計測に当たった。またその成果と防災上の課題については現地でセミナー、および担当者会議を開催し情報の共有と必要な対応についての協議を行った。地震から4年4ヵ月後の土砂ダムの決壊時にも1名の犠牲者は出したものの早期の避難がなされた背景にはこうした情報交換があった。

4. 研究成果

(1) Hattian Ballah に出現した巨大な崩落土塊の変形については前年度までにモンスーンの前後で精密 GPS による計測を行って、この土砂ダムの決壊にいたる懸念があり万が一の決壊時の流出解析を行い、この結果は State Earthquake Reconstruction & Rehabilitation Agency (SERRA) や Muzaffarabad 市、そして JICA にも報告され

ていた。この決壊は2010年2月9日に現実のものとなり、下流部に最高17m程度の洪水が押し寄せ30余りの家屋が流された。男子1名の犠牲者が報告されたが警戒していた住民の避難があったことが犠牲者を最小限に抑えたものと思われる。決壊に至った詳細を現地計測をもとにとりまとめ現地機関に報告するとともに、International Jopurnal "Landslides"にも2編の投稿を行っている(1篇は登載決定)。

(2) カシミール地方の中心都市 Muzaffarabad 東側に南北に走る断層背面に露出したドロマイト混じりの斜面から流出する土砂はこれまでに谷沿いの家屋の多くを1階~2階レベルまで埋め尽くしていた。今年度はパキスタンが未曾有のモンスーン豪雨被害を受け、対象地域の様相は激変した。砂防堰堤の作られた沢とそうでない沢の被害の様相は大きく異なりこのような状況を調査し更なる対応への提言としてとりまとめている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

① Ahsan Sattar, Kazuo Konagai, Takashi Kiyota, Takaaki Ikeda and Jorgen Johansson, Measurement of debris mass changes and assessment of the dam-break flood potential of earthquake-triggered Hattian landslide dam, *Landslides*, 査読有、2010, DOI 10.1007/s10346-010-0241-9

② Ahsan SATTAR, Kazuo KONAGAI, Takashi KIYOTA and Takaaki IKEDA, Post Formation Behavior and Flood Damage from Partial Breaching of Hattian Bala Landslide Dam, Proc. Of The 13th Japan Earthquake Engineering, Symposium, 査読無、2010、CD、G017

③ Konagai, K., Huge landslides caused by massive earthquakes and long-lasting geotechnical risks, *Landslides -Special issue: Disaster risk reduction-*, Springer, 査読有、2009、pp159-176

④ Konagai K. et al., Tectonic deformation buildup in folded mountain terrains in the October 23, 2004, Mid-Niigata Earthquake, *Soil dynamics and earthquake engineering*, 査読有、2009、29(2)、pp261-267

⑤ Kazumi A. A., Konagai, K et al., Slope failure induced debris flow Hazards in the October 8, 2005, Kashmir Earthquake, *Bull. Earthquake Resistant Structure Research Center*, 査読無、2009、pp17-32

⑥ K. Konagai, Y. Ishikawa, S. Tsuchiya,

and F. Wang, Debris flows and geotechnical problems, Investigation report of the May 12th 2008, Wenchuan Earthquake, China, Konagai, K. eds., Grant-in-Aid for Special Purposes of 2008, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT)、査読無、2009、No.20900002、pp85-94

⑦ K. Konagai, Y. Ishikawa, S. Tsuchiya and F. Wang, Geotechnical issues caused by the May 12th 2008, Wenchuan Earthquake, *Bulletin of Earthquake Resistant Structure Research Center*, 査読無、2009、No.42、pp35-42

[学会発表] (計3件)

① Zaheer Abbas KAZMI, Kazuo KONAGAI, Takaaki IKEDA and Ahsan SATTAR, Calibrating Debris Flow Numerical Simulation Parameters for Proper Disaster Mitigation Strategy

-Case Study of Debris Flow in Muzaffarabad-, 2010/11/19, Tsukuba, Japan

② Konagai, K., Realities of long-lasting problems caused by recent destructive earthquakes and remedial measures, 第4回中国地震災害軽減全国大会、2009年5月13日、中国福州

③ Konagai, K. et al., Landform changes in an active folding zone induced by the October 23, 2004, Mid Niigata Earthquake, 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008/10/15、北京、中国

[図書] (計0件)

2011年中に出版の

"Earthquake Research and Analysis", InTech Press, ISBN: 978-953-307-656-0. に寄稿の依頼を受け準備中

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等 該当なし

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

小長井 一男 (KONAGAI KAZUO)  
東京大学・生産技術研究所・教授  
研究者番号：50126471

(2) 研究分担者

東畑 郁生 (TOHATA IKUO)  
東京大学・工学系研究科・教授  
研究者番号：20155500

(3)連携研究者

清田 隆 (KIYOTA TAKASHI)  
東京大学・生産技術研究所・准教授  
研究者番号：70431814

池田 隆明 (IKEDA TAKAAKI)  
飛島建設・技術研究所・研究員  
研究者番号：40443650