

# 白山における甚の助谷巨大地すべり 突発災害の前兆現象および運動予測

平成15年度～17年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))  
(研究課題番号:15310127)

研究成果報告書

京都大学図書

平成18年3月



1060665521

附属図書館

研究代表者 汪 発武

(京都大学防災研究所 助手)

# 白山における甚の助谷巨大地すべり 突発災害の前兆現象および運動予測

平成15年度～17年度科学研究費補助金(基盤研究(B)(2))

(研究課題番号:15310127)

研究成果報告書

平成18年3月

研究代表者 汪 発武

(京都大学防災研究所)

## 平成15年度～17年度科学研究費補助金（基盤研究（B）（2））研究成果報告書

1. 研究課題番号 (15310127)
2. 研究課題 白山における甚の助谷巨大地すべり突発災害の前兆現象および運動予測
3. 研究代表者 汪 発武（京都大学防災研究所・助手）
4. 研究分担者 松本樹典（金沢大学大学院自然科学研究科・教授）  
宮島昌克（金沢大学大学院自然科学研究科・教授）  
榎谷 浩（金沢大学大学院自然科学研究科・教授）  
蔡 飛（群馬大学工学部・助手）  
王 功輝（京都大学防災研究所・助手）  
佐々恭二（京都大学防災研究所・教授）
5. 研究協力者 奥野岳志（金沢大学大学院自然科学研究科・大学院生）  
（現在：新潟県上越地域振興局新井砂防事務所・砂防担当）  
Ogbonnaya IGWE（京都大学大学院理学研究科・大学院生）  
Jozef JURKO（京都大学大学院理学研究科・大学院生）  
齊藤龍太（京都大学大学院理学研究科・大学院生）  
南谷太一（京都大学大学院理学研究科・大学院生）
6. 交付決定額（配分額）

平成15年度	5,900千円
平成16年度	4,100千円
平成17年度	2,400千円
総計	12,400千円
7. 研究発表

### (1) 論文発表

Wang, F.W., K. Sassa (2006): Initiation and traveling mechanisms of the May 2004 landslide-debris flow at Bettou-dani of the Jinnosuke-dani landslide, Haku-san Mountain, Japan. *Soils and Foundations* (in press).

Wang, F.W., T. Okuno, T. Matsumoto (2006): Deformation characteristics and influential factors for the giant Jinnosuke-dani landslide in the Haku-san Mountain area, Japan. *Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides* (in revising).

Boldini D., F.W. Wang, K. Sassa, P. Tommasi (2006): Application of large-scale ring-shear tests to

- the analysis of December 2002 tsunamogenic landslides at Stromboli volcano (Italy). Geotechnique (submitted).
- Igwe, G., K. Sassa, F.W. Wang (2006): The influence of grading on the shear behavior of loose sands in stress-controlled ring shear tests. Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides (in press) .
- Igwe, G., K. Sassa, H. Fukuoka, F.W. Wang (2006): The undrained response of sands with different gradations in a stress-controlled ring shear tests. Canadian Geotechnical Journal (submitted).
- 宮島昌克, 奥野洋平, 北浦 勝 (2006): 白山における地震時の斜面崩壊危険性の評価. 日本海域研究, 37, 15-21.
- Wang, F.W., T. Matsumoto, Y. Tanaka (2005): Two recent flowslides in Yamashina area, Kanazawa City, Japan. Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides. 2(3):229-234.
- Wang, F.W. (2005): Fluidization mechanisms and motion simulation on flowslides triggered by earthquake and rainfall. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 24(10)1654-1661.
- Sassa, K., H. Fukuoka, F.W. Wang, G. Wang (2005): Dynamic properties of earthquake-induced large-scale rapid landslides within past landslide masses. Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides, 2(2): 125-134.
- 田中康博, 汪发武, 中村佳代, 松本樹典 (2005): 金沢市山科町における長雨を誘因とする流動性地すべりの特徴と運動機構. 日本地すべり学会誌, 42(2) 34-43.
- Wang, F.W., Y. Tanaka, K. Nakamura. 2005. Fluidization mechanisms of the Tsukidate flowslide triggered by earthquake and the Yamashina flowslides induced by rainfall. Proc. 16th ICSMGE, Osaka, 2607-2610.
- Boldini, D., F.W. Wang, K. Sassa, P. Tommasi (2005): Mechanism of landslide causing the December 2002 tsunami at Stromboli volcano (Italy). In Landslides: Risk Analysis and Sustainable Disaster Management (K. Sassa, H. Fukuoka, F.W. Wang, G. Wang Eds.), Springer, 173-180.
- Sassa, K., H. Fukuoka, F.W. Wang, G. Wang (2005): Dynamic properties of earthquake-induced large-scale rapid landslides within past landslide masses. Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides, 2(2): 125-134.
- Wang, F.W., Wang, G., Sassa, K., Takeuchi, A., Araiba, K., Zhang, Y., Peng, X (2005): Displacement monitoring and physical exploration on the Shuping Landslide reactivated by impoundment of the Three Gorge Reservoir, China. In: Landslides - Risk Analysis and Sustainable Disaster Management (ed. Sassa K, Fukuoka H, Wang G, Wang F), Springer Verlag, pp.313-319, 2005.
- Igwe, O., Sassa, K., Fukuoka, H. and Wang, F.W. (2005): Threshold pore pressure: a new perspective on the mechanisms of flowslides. Proc. of 11<sup>th</sup> International Conference and Field Trips on Landslides, Norway, September, 2005, pp.165-171.
- 汪 發武, 佐々恭二, 松本樹典, 奥野岳志(2004): 粒子破碎を考慮した地すべりの流動化メ

- カニズムと運動範囲予測. 地すべり学会誌, 40 (5), pp. 17-28.
- Fukuoka, H., Wang, G., Sassa, K., Wang, F.W., and Matsumoto, T. (2004): Earthquake-induced rapid long-traveling flow phenomenon: May 2003 Tsukidate landslide in Japan. *Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides*. 1(2):151-155.
- Sassa, K., Wang, G., Fukuoka, H., Wang, F.W., Ochiai, T., Sugiyama, M., and Sekiguchi, T. (2004): Landslide risk evaluation and hazard zoning for rapid and long-travel landslides in urban development areas. *Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides*, Vol. 1, No. 3, pp. 221-235.
- Wang, F.W., T. Matsumoto and K. Sassa (2004): Deforming mechanism and influential factors of giant Jinnosuke-dani landslide, Japan. 京都大学防災研究所年報, 47-B, 883-891.
- 汪 発武, 奥野岳志, 松本樹典. 2004. 地盤材料の破碎性と高速土砂流動 — 実験結果に基づいた運動予測 — 都市域斜面防災の世紀〜地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明(APERIF)公開シンポジウム論文集, Vol.1, 273-290.
- Okuno, T., F.W. Wang, T. Matsumoto. 2004. The deforming characters of the giant Jinnosuke-dani landslide in Haku-san mountainous area, Japan, *Proceedings of the 9th International Symposium on Landslides, Landslides: Evaluation and Stabilization*, June 28 to July 2, 2004, Rio de Janeiro, Vol.2, 1279-1295.
- Wang, F.W., T. Okuno, T. Matsumoto. 2004. Deformation style and influential factors of the giant Jinnosuke-dani landslide in Japan. 15th Southeast Asian Geotechnical Society Conference, 22 -26 November 2004, Bangkok, Thailand, Vol.1, 399-404.
- Wang, F.W., K. Nakamura, T. Matsumoto, Y. Tanaka. 2004. Fluidization and motion mechanisms of the Tsukidate flowslide triggered by Sanriku-Minami earthquake in Japan. *Proceedings of 15th Southeast Asian Geotechnical Society Conference*, 22 -26 November 2004, Bangkok, Thailand, Vol.1, 899-904.
- Tanaka, Y., F.W. Wang, K. Nakamura, T. Matsumoto. 2004. Sliding mechanism of the Yamashina flowslide triggered by continual rainfall in Kanazawa City, Japan. *Proceedings of 15th Southeast Asian Geotechnical Society Conference*, 22 -26 November 2004, Bangkok, Thailand, Vol.1, 331-336.
- 奥野岳志・汪 発武・松本樹典 (2004): 白山における巨大甚之助谷地すべりの運動様式及び影響素因. 地すべり学会誌 (地すべりの運動機構特集), Vol.41, No.1, pp.57-64.
- Wang, F.W., Y.M. Zhang, Z.T. Huo, T. Matsumoto, B.L. Huang (2004): The July 14, 2003 Qianjiangping Landslide, Three Gorges Reservoir, China. *Landslides: Journal of the International Consortium on Landslides*, Vo.1, No.2, pp.157-162.
- F.W. Wang, T. Okuno (2004): Deforming mechanism of the giant Jinnosuke-dani landslide in Haku-san mountainous area, Japan. *Chinese Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, Vol.15, No.3, pp.48-54.
- F.W. Wang, K. Sassa, H. Fukuoka, G. Wang (2004): Prediction of Landslides: Occurrence Time and Passing Area, *Proc. of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Mitigation of Geo-hazards in*

Areas around Japan Sea. Kanazawa, Japan. 13pp.

- 汪 発武・佐々恭二 (2004): 地すべり運動シミュレーションとハザードマップ. 日本地すべり学会関西支部シンポジウム「GIS と地すべりハザードマップ」論文集, pp.61-79.
- Zhang, Y.M., X.M. Peng, F.W. Wang, Z.T. Huo, B.L. Huang (2004): Current status and challenge of landslide monitoring in Three-gorge reservoir area, China. リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム論文集, 土木学会, pp.165-170.
- Wang, F.W., K. Sassa (2003): A general mechanism of long-runout landslides induced by earthquake and rainfall in crushable soils. Proceedings of International Symposium on Fast Slope Movements: Prediction and Prevention for Risk Mitigation, 11-13 May 2003, Naples, Italy. 531-536.
- Wang, F.W., T. Matsumoto, K. Sassa (2003): Effects of grain crushing properties on rapid landslides, -from experimental study to motion simulation. Proc. Int'l Conf. Fast slope movements: Prediction and prevention for risk mitigation, pp.523-530.
- Wang, F.W., K. Sassa (2003): A general mechanism of long-runout landslides induced by earthquake and rainfall in crushable soils. Proc. Int'l Conf. Fast slope movements: Prediction and prevention for risk mitigation, pp.531-536.

## (2) 口頭発表

- 汪 発武, 高田 渉, 松本樹典 (2004): 崩壊誘起土石流の数値実験及び別当崩れを対象とした事例研究. 第 39 回地盤工学会研究発表会平成 16 年度発表講演集, pp.2127-2128.
- 田中康博, 汪 発武, 中村佳代, 松本樹典(2004) : 第三紀泥岩層で発生した金沢市山科地すべりの長距離運動機構. 第 39 回地盤工学会研究発表会平成 16 年度発表講演集, pp.2147-2148.
- 中村佳代, 汪 発武, 松本樹典, 田中康博 (2004): 三軸圧密非排水せん断試験結果に基づく築館地すべりの流動化機構の考察. 第 39 回地盤工学会研究発表会平成 16 年度発表講演集, pp. 2083-2084.
- 上月真人, 汪 発武, 松本樹典 (2004): 数値解析による斜面アンカー工の最適設計法の検討と山科地すべりへの事例解析. 第 39 回地盤工学会研究発表会平成 16 年度発表講演集, pp.2191-2192.
- 奥野岳志, 汪 発武, 松本樹典 (2004): 白山甚之助谷地すべりの変形メカニズム及び運動範囲の予測. 第 39 回地盤工学会研究発表会平成 16 年度発表講演集, pp.2131-2132.
- 田中康博, 汪 発武, 松本樹典, 水道信二, 縄 大輔(2004): 金沢市山科町における第三紀泥岩層中で発生した流動化地すべりの特徴及び長距離運動機構. 第 43 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.65-68.
- Wang, F.W., T. Matsumoto, T. Okuno (2004): Influential factors of the giant Jinnosuke-dani landslide. 第 43 回日本地すべり学会研究発表会講演集, Vol.1, 329-332.
- 汪 発武, 松本樹典, 田中康博, 藤森 学, 佐々恭二. 2003. 三陸南地震による築館地すべりの運動シミュレーション. 第 42 回日本地すべり学会研究発表会講演集, Vol.1,

Wang, F.W., T. Matsumoto, K. Sassa (2003): Effects of permeability o rainfall-induced flowslides in laboratory flume tests. 第 42 回日本地すべり学会研究発表会講演集, Vol.1, 257-260.

## 8. 研究実績の概要

白山は標高 2,000 メートルを超える急峻な活火山である。山頂周辺は溶岩・火砕流などの火山噴出物に覆われ、なだらかな斜面となっている。山頂周辺では、冬季の積雪量は 10m にまで達する。そのため、融雪期には、甚の助谷及び別当谷においては、白山から流下する融雪水が深く山体を刻み、斜面崩壊、及びその崩積物による土石流災害がしばしば発生している。明治時代から砂防工事が始まり、これまでに 100 基を超える砂防ダムが建設されている。甚の助谷と別当谷に挟まれている「甚の助谷巨大地すべり」は、これらの砂防ダムを乗せたまま、年間 10-40cm の速度で移動していることが、国土交通省の GPS 観測データから明らかになっている。甚の助谷を起源とする手取川の中流部では、貯水量が 1 億トンを超す手取川ダムが 1980 年に完成し、広大なダム湖を形成している。手取川の下流域では、金沢市、松任市、小松市の人口密集地が分布しているため、豪雨・地震による甚の助谷地すべりの大崩壊をきっかけにした大規模土石流がダム湖を直撃した時の被害予測が重大な問題になっている。

しかし、今のところ、甚の助谷地すべりの破壊運動メカニズムは解明されていないため、甚の助谷及び別当谷での砂防工事手法は明治時代以来経験的なものにとどまっている。甚の助谷地すべりの上部ブロックにおいて集水井、排水トンネルが施工されているが、これらの構造物は施工後に地すべり運動によって、かなり破壊されている。すなわち、排水工のみでは、地すべり運動を抑止できないことが明らかである。したがって、有効な地すべり防災対策を施すには、まず地すべりの発生・運動機構を明かにすることが、不可欠である。

本研究の目的は、地形学、地質学、岩盤力学、地盤工学の多角的な視点から、甚の助谷巨大地すべりの発生・運動メカニズムを解明するとともに、甚の助谷地すべりの豪雨・地震による突発災害の前兆現象を把握し、地すべりによる土石流の運動範囲予測を行うことである。具体的に、下記のことを目的とした。

- (1) 地質調査及び地形測量によって、上部ブロックと下部ブロックの異なる移動挙動を解明する；
- (2) 地すべりの安定性に影響する地下水、地震、すべり層の強度低下などの素因を定量的に評価し、巨大地すべりの前兆現象を把握する；
- (3) 岩盤力学、土質力学及び地すべり運動学の解析に基づいて、地すべりの運動範囲を予測し、ハザードマップを作成する。

平成 15 年度から 17 年度までの各年度に得た成果は以下の通りである。

(平成 15 年度)

- (1) 甚之助谷地すべりは中生代ジュラ紀から白亜紀前期で堆積した手取層群の砂岩・頁岩の互層において発生している。当地すべりは上部ブロックと下部ブロックに分けられ、上

部ブロックは年間 80 mm ~ 170 mm の速度で活発に変位しているのに対して、下部ブロックはほとんど安定している。また、上部ブロック全体の動きの方向は手取層群の傾斜方向と一致しており、谷側の斜面部分では谷向きの変位成分も観測されている。孔内傾斜計の観測結果より、場所によって、風化の進行の差が大きいことが分かった。

- (2) 地すべりの運動誘因に関しては、孔内伸縮計観測結果と孔内水位変化の比較より、斜面変位はある臨界水位を超える地下水位の上昇量とほぼ比例関係にあることが分かった。この結果は当地すべり対策工の設計に重要な情報を与える。
- (3) 別当谷では、砂岩層が節理によって極度に破碎され、頁岩層は粘土化された上、常に飽和状態であることが観察された。そこで採取した頁岩試料の物理特性及びせん断抵抗などのパラメータを求めた。今後、されにリングせん断試験機を用いて、クリープ試験及び長距離せん断試験を予定している。
- (4) 現地調査、変形観測データ、及び土質試験結果に基づいて、当地すべりの運動様式を解明するための数値解析を行った。風化による砂岩・頁岩の変形特性の劣化を想定して解析を行った結果、観測データとほぼ一致している変形傾向が見られた。今後、さらに地下水位の影響も考慮して、突発災害の前兆現象を抽出する予定である。

#### (平成 16 年度)

- (1) 甚の助谷地すべりの中央尾根ブロックの地下水位変動による変形挙動を再現するためのリングせん断試験を行なって、地下水変動による斜面変位の再現試験を行なった。
- (2) 大規模地すべりが発生した場合を想定した運動予測に関して、まず基礎となる地すべり運動範囲予測プログラムの開発・改良を行ない、その妥当性を検証した。
- (3) 1934 年に発生した別当崩れ及び平成 16 年度に発生した土石流災害に対する逆算から求めた運動中の力学パラメータを甚之助谷地すべりに適用し、運動範囲予測を行った結果、地すべり土塊は下流に建設された手取川ダム貯水池に突入することとなり、十分な警戒が必要であることを示唆した。

#### (平成 17 年度)

今年度は 2004 年 5 月に別当谷で発生した地すべり—土石流を中心に、調査・研究を実施し、以下の結論を得た。

- (1) 別当谷の溪流堆積物は、上流から下流にかけて粒子破碎し易さが減少する傾向が見られ、これは溪床堆積物の非排水挙動に影響を及ぼした；
- (2) 発生域の調査からは、集中的に流出していた地下水は斜面崩壊を誘起し、さらにその後の流動化にも影響を及ぼした；
- (3) リングせん断試験機を用いた地下水の上昇による斜面崩壊の再現試験では、源頭部土試料は自然排水状態でも、せん断抵抗の急激な低下が見られ、地すべり発生後の高速運動の原因となっていることが認識される；
- (4) 源頭部の崩壊土砂が溪床堆積物に衝撃载荷によって、ほぼ液状化している試験結果から、地すべり土塊が別当谷の中に滑り込んだ直後、土石流を誘起したと推定される；



- (5) 液状化して土石流になった崩壊土砂が別当谷の中に運動している時に、溪床堆積物に衝撃を与えながら、進行している流下過程の再現試験は、土石流進行中の斜面勾配の変化（緩くなること）によって、流動過程における見かけの摩擦係数の増大傾向が見られた；
- (6) 土石流運動の最終段階の再現試験では、せん断中に発揮している見かけの摩擦角度は斜面勾配とほぼ等しくなり、土石流の停止過程を示唆した。また、溪床堆積物に実施した残留せん断強度は減少傾向が見られ、粒度分級の変化によるものと認められる。
- また、平成 17 年度では、イタリアのストロムボリ火山地すべり、及び中国三峡貯水池地域の地すべりに対する調査研究も実施した。