

砂防・治山の国際的な貢献に向けて－ニュージーランドとの学術交流・共同研究－

北海道大学大学院農学研究院 ○丸谷知己
 北海道大学大学院農学研究院 笠井美青
 三重大学大学院生物資源学研究所 山田 孝

1.なぜニュージーランドなのか？

ニュージーランドは、2億6000万年前、南極付近にあった Gondwana 大陸がプレートテクトニクスにより分裂してできた島嶼列島である。日本と同様に、プレート境界に位置し、国土の大部分は隆起山地と火山で占められている。隆起速度は、北島東海岸で 4mm/年と大きく、未固結の三紀層である砂岩・頁岩・泥岩が山地を形成している。火山は、北島に多く、ルアペフ火山を中心とするトンガリロ国立公園は世界自然遺産となっている。

気候はわが国の北海道に類似しており、年降水量 1800 mm で、数年ごとにサイクロンに見舞われる。国土面積は、北島・南島を合わせて日本の約 80%、人口は 450 万人である。19 世紀はじめに、多くのヨーロッパ人が入植し、羊や牛の放牧のため、森林を伐採し、谷や湿地を埋め、なだらかな牧草地を造成した。そのため、山腹斜面での崩壊や地すべりの痕跡が明瞭に残っており、河道沿いには防災・減災用ダムがないため土砂流出の痕跡がそのまま段丘として残っている。

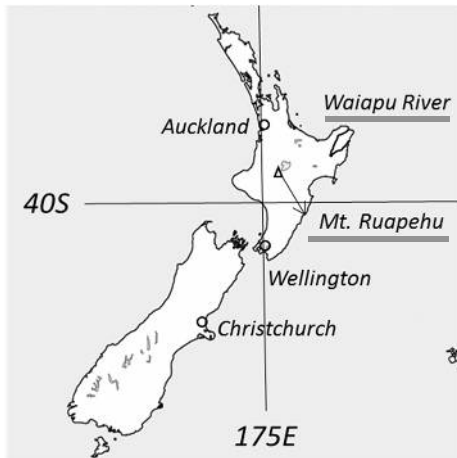


図-1 ニュージーランドの主な研究対象地

2.どんな研究ができるのか？

ニュージーランドの地理的特徴を活かして行った研究は 2 つある。一つは、土砂流出によって出来た段丘地形を上流から下流まで把握できることを利用して、土砂流出速度 (Sediment Delivery Ratio; SDR) の研究を行った。研究対象地は、北島東海岸北部の Waipaoa River 流域と、隣り合う Waiapu River 流域である (図-1)。

もう一つは、火口湖が決壊するまで継続された長期モニタリングを利用して、決壊型火山泥流の研究を行った。研

究対象地は、北島中央部に位置するトンガリロ国立公園内の Ruapehu 火山(2797m)である (図-1)。

これらはいずれも、①土砂移動の規模が大きく、痕跡が明瞭なこと、②空中写真や様々な計測機器が設置されており、詳細な記録が得られること、③崩壊や土砂移動発生後に直ちに復旧工事が入らず、ほぼそのままの状態が保存されていること、④現地と共同研究のネットワークができていて、などの条件の下に実施できたものである。

3.どんな研究成果が出ているのか？

(1) 堆積岩地域における土砂流出速度の研究

一般に土砂流出速度 (以下, SDR) は、流域内への生産土砂量と流域外への流出土砂量の比と定義される (Richards, 1993)。流出土砂量は、わからないので、生産土砂量と流域内の滞留土砂量の差分として現地で計測する (図-2)。

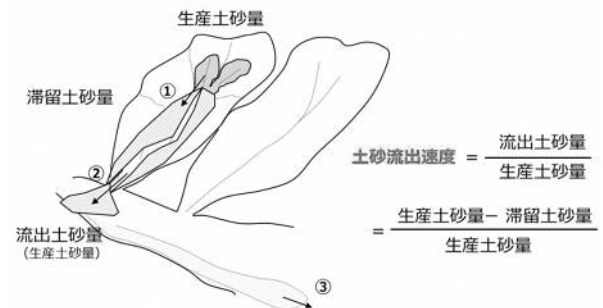


図-2 土砂流出速度 (SDR) の求め方

生産土砂量は、崩壊地の面積を空中写真で時間を追って調べればわかる。一方滞留土砂量は、河道内の段丘堆積物の量を、侵入木本の輪生枝を用いて、時間を追って現地調査した (Marutani et al. 1999)。

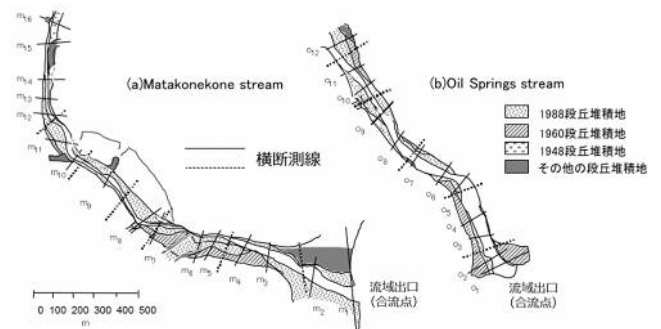


図-3 段丘区分による滞留土砂量の計測

その結果、流域面積×河床勾配すなわちストリームパワーに対して SDR は図-4 のように減少することが分かった。これにより、次数の大きな下流部の流域ほど SDR が小さく、流域面積と平均勾配がわかれば、流出土砂量が予測できることになる (kasai et al. 2003)。

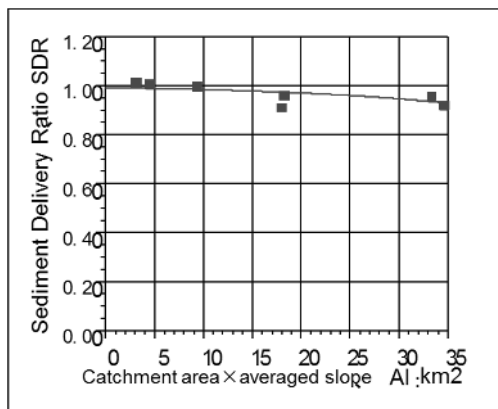


図-4 ストリームパワーと SDR の関係

また、Waiapu River 流域では、点在する原生林と人工林において、発生したガリー（日本の深層崩壊に相当）の形態や規模の違いについて、精度の高い空中写真を用いて解析した (Parkner, 2006) .その結果、単独ガリー、複合ガリー、草地のガリー、原生林および人工林のガリーが、それぞれ異なる勾配と集水面積の下で発生していることが解明された。

(2)火口湖決壊型火山泥流の研究

火山泥流には、発生原因により火口湖決壊型、融雪型、降雨型に分けることができるが、ここでは火口湖決壊型泥流を GNS（ニュージーランド地質・核研究所）との共同研究として実施した。Ruapehu 火山は、多くの火山と同様に頂上に火口湖を持ち、湖内の水位が一定値より上昇した際に、火口壁が崩れ、泥流を発生する。1953 年には、同様の泥流で 151 名の死者・行方不明者を出した。これからおよそ 50 年後の 2004 年頃から火口水位が危険水位に達したため、様々な計測機器を設置して、世界初の火口湖決壊型泥流のモニタリングに臨んだ。

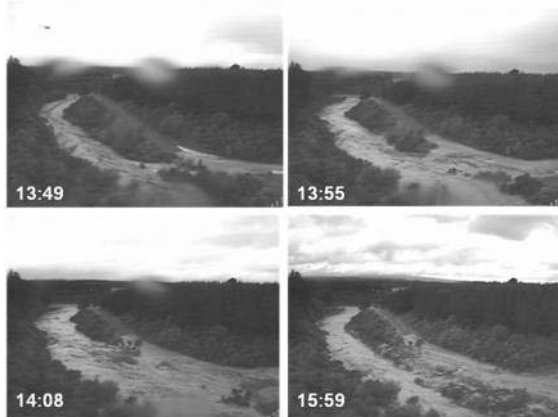


図-5 自動カメラによる火山泥流の観測写真

その結果、①上流では、火山泥流が、巨礫を多く含んだ流れになったり、泥水ばかりの流れになったりと、流下しながら変化すること、②また、石礫からなる流れが、流下中に前後で速度が異なるため分離し、下流で 3 波の流れに変わったこと、③発生源から 75 km 下流でも、段波状の流れを形成し、最大 4.5m の水深に達していたことが分かった (丸谷ら, 2007) 。また、火口からの距離(d; km) と泥流のピーク流量(Qp; m³/sec) との関係が、 $Q_p = 1765 \exp(-0.015d)$ となり、指数関数的に減少することが分かった (山田ら, 2009) 。これらのことから、火口湖の決壊タイミングがわかれば、流量の初期条件がわかり、それにより下流部でも泥流水位の変化が予測できると考えられた。

4.今後の課題は何か？

このフィールドでは、土砂災害の調査研究のゴールは、やはり予測である。初期条件が現場でわかれば、いつでも、どれくらいの規模の土砂流出が起こるか、かなりの精度で予測できそうである。しかし、堆積岩地域にしろ、火山にしろ、現場で初期条件（崩壊規模とタイミング）を決定することが最も難しい。この課題を解決するために、近年では LP データを用いた広域細部の測量や地上レーザースキャナーを用いた斜面モニタリングが行われているようである。

また、このようなダム等のない条件でこそ、上流から下流までの土砂動態を把握できるのであって、我が国のように河川に沿って人工物を含む攪乱条件の多い流域では、このような手法が使えるのか、という問題もある。

引用文献

- K. Richards, Sediment Delivery and Drainage Network, in "Channel Network Hydrology", 221-254, 1993
- T. Marutani et al., Influence of storm-related sediment storage on the sediment delivery from tributary catchments in the upper Waipaoa River, New Zealand. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24, 881-896, 1999
- M. Kasai et al., Estimation of temporally averaged sediment delivery ratio using aggradational terraces in headwater catchments of the Waipaoa River, North Island, New Zealand. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26, 1-16, 2001
- T. Parkner et al., Development and controlling factors of gullies and gully complexes, East Coast, New Zealand, *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 187-199, 2006
- 丸谷知己ほか、ニュージーランド北島ルアペフ火山の火口湖決壊によって発生したラハール、砂防学会誌, 60, 59-65, 2007
- 山田 孝ほか、2007 年 3 月 18 日にルアペフ火山（ニュージーランド）の火口湖決壊によって発生した泥流の土砂水理特性変化、砂防学会誌, 62, 3-10, 2009