

氷河下流域における土砂流出特徴に関わる研究

福島大学共生システム理工学類 非会員 今泉 直也
学生会員 fabiana mercado
正会員 川越 清樹

1. はじめに

本研究の対象地域となるアンデス山脈山麓亜熱帯氷河下に分布するボリビアの Tuni 湖は、標高約 4,500m に位置する 1977 年に建設された総貯水量 $24.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ のロックフィルダムにより貯水されている湖沼である。Condoriri, Tuni, huyna potosi と呼称される 3 つの流域からの出水を水源とし、各々の流域最上部には氷河が分布する。近年の気温上昇によりアンデス山脈氷河の急速な減衰が報告されており¹⁾、将来的な水資源量の切迫が危惧されている。そのため、気候システムの温暖化に伴う水資源の影響を見積もることが必要とされている。ただし、気候システムの温暖化としての影響は水資源量にとどまらず、貯水池の土砂堆砂の影響を考慮しなければならない。温暖化により氷河融解が進行した場合、植生の乏しい地表面に裸地が広がることとなる。特に氷河下の土砂浸食量は火山地帯の次いで多いことが指摘されている²⁾が、植生繁茂するまで降水衝撃吸収効果がないため裸地面で降水による浸食の進む過程が想定される。そのために土地被覆、斜面地形に関連した土砂評価が必要である。以上を背景に、氷河下領域の湖沼である Tuni 湖流域を対象に土砂動態の解明を目的に研究を試みている。本論文では、流域内の地形、土地被覆、斜面構成土壌の解析の経過について取りまとめた。

2. 研究方法

Tuni 湖に流入する 3 流域(Condoriri, Tuni, huyna potosi)のこれらの情報を統括し、土砂生産しうる領域、土砂堆積する領域の特定を試みた。以下に各研究の方法を説明する。

① 土地被覆解析

衛星画像 Landsat TM(グリッドセル解像度 $30\text{m} \times 30\text{m}$)を利用し、氷河、裸地地域、植生被覆地域の特定を試みた。判読画像は 1986 年から 2011 年までの各月のデータ(2011 年のみ 5 月)である。本解析では、各月の 1986 年から 2011 年平均値を求め、季節的な変化傾向を求めることに取り組んでいる。以下に植生、裸地の特定判別指標の式を示す。

(植生) NDVI[Normalize difference vegetation index]

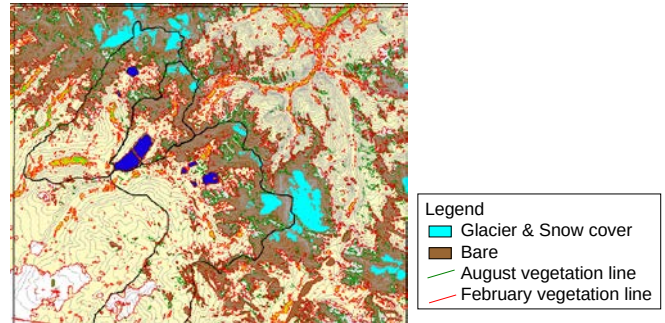


図 1 土地被覆解析結果図(雨季・2 月, 乾季・8 月)

$$([NIR - VIS] / [NIR + VIS]) \text{-----}(1)$$

(裸地) NDSI[Normalize difference soil index]

$$([MIR - NIR] / [MIR + NIR]) \text{-----}(2)$$

ここで NIR: $0.76\text{--}0.90 \mu\text{m}$ (近赤外 Band4), VIS: $0.63\text{--}0.69 \mu\text{m}$ (可視 Band3), MIR: $1.55\text{--}1.75 \mu\text{m}$ (中間赤外 Band5) である。

② 地形情報整備

緻密な地形、微細地形情報(基礎データ衛星画像 ALOS グリッドセル解像度 $7\text{m} \times 7\text{m}$)を利用し、Tuni 湖に流入する流域の河床勾配と河道に接する周辺斜面のデータ整備(同一方向の斜面長、傾斜度)を実施した。

③ 斜面構成土壌分析

現地調査より各流域の土壌試料をサンプリングし、粒度試験を行うことで流域各エリアの土壌粒径の分布状況の把握を試みた。

これら①から③の解析結果を流域ごとに整理し、土砂生産しうる領域と堆積しうる領域を整理した。

3. 土地被覆結果

図 1 に土地被覆解析結果を示す。植生の活性度は異なるものの各月で植生分布領域に大きな変化がないことが明らかにされた。なお、既往研究から植生被覆範囲が徐々に増加することも踏まえると、気候変動により枯渇しにくいため、今後も温暖化により植生被覆領域は増加する可能性を有する。また、標高との比較によれば、標高 4,500m 以上で裸地の占拠率が著しく広がることが明らかにされた。現行の植生繁茂限界高度は概ね 4,500m と推定される。

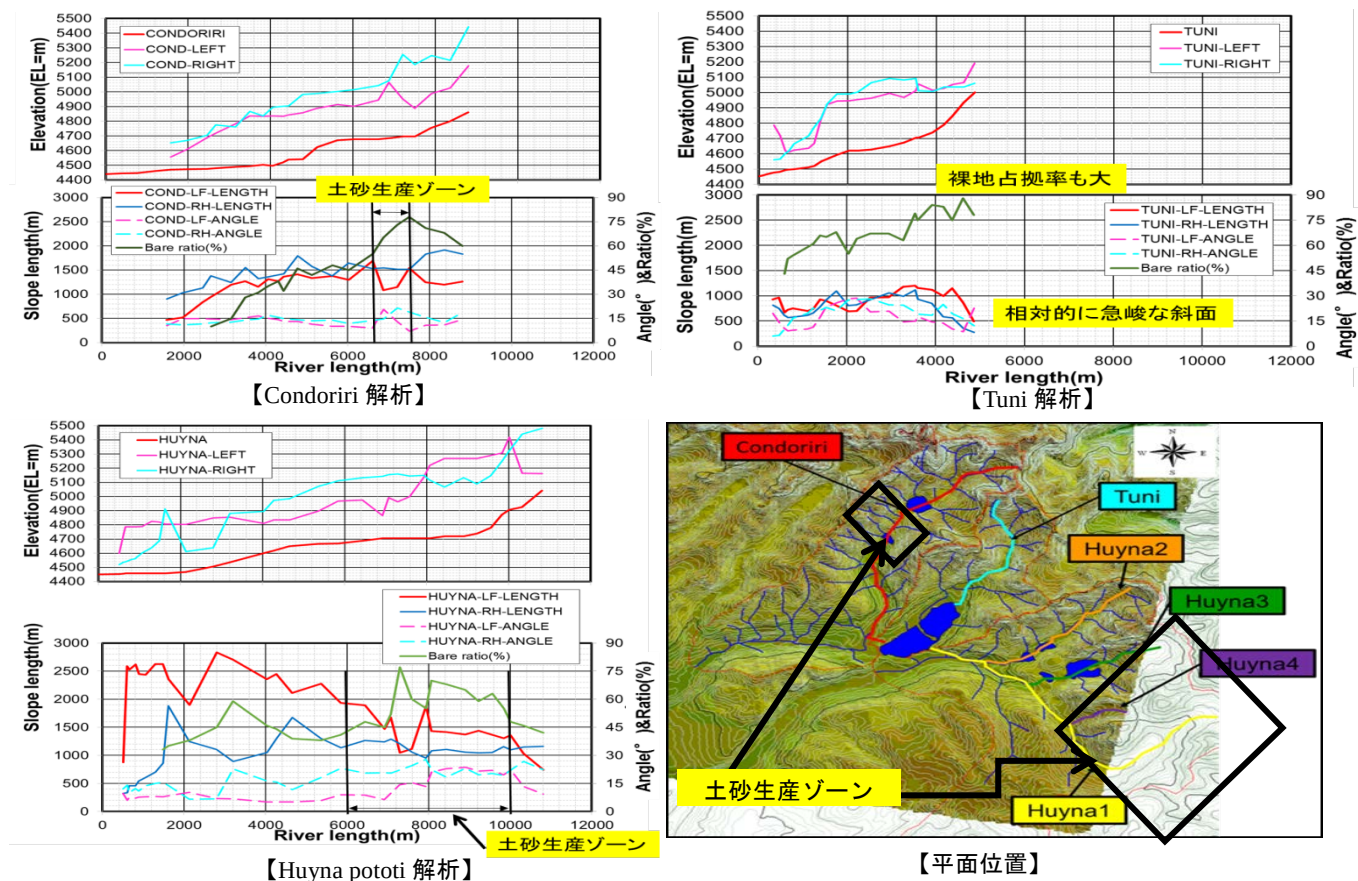


図2 地形判読統括図

4. 地形情報整備

図2に流域毎の河床勾配，斜面長，斜面傾斜度を縦断方向に示した結果を示す。なお，この図中には土砂生産しやすい領域を把握するため，裸斜面占拠率も記載している。

Condoriri 流域では，裸地が広がり，斜面傾斜度が大きな(左岸，右岸とも最大 20° 程度)領域は $L=6,500$ から $7,000\text{m}$ 地点で土砂生産が活発に生じうる可能性が示唆される。なお，この直下流の河床勾配は急変して緩くなる。そのため，規模の大きな生産でない限り，直下に土砂堆積ゾーンも確保され，粒径の細かな浮遊土砂が貯水池に波及していく過程が推測できる。

Tuni 流域では，他流域と比較して裸地斜面の占拠率が大部分を占めている。斜面傾斜度も急峻であり，地形的には土砂生産ポテンシャルが高いと推測される。ただし，流末側で河床幅が広がっており，テラス形成より，貯水池に土砂が流入しにくい形状を成している。

Huyna potosi 流域では，裸地が広がり，斜面傾斜度が大きな(左岸，右岸とも最大 20° 以上)領域は $L=6,500\text{m}$ 以降で認められている。この状況は， $L=6500$ より上流側のエリアが土砂生産しやすい形状をなしていると推測される。

5. 斜面構成土壌分析

図3に各流域の斜面構成土壌分析結果を示す。粒度の傾向より粒径 2mm 以下の砂を対象にすれば Tuni 流域，Huyna potosi 上流域で多く分布すること，

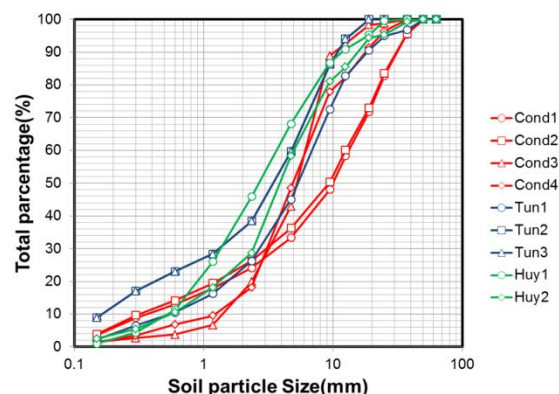


図3 土壌粒度分布図

概ねの流域で粒径 $200\mu\text{m}$ 以下の細砂から粘土は概ね 3%から 10%の分布する一方で，Tuni 流域は 20%以上と多い結果が明らかにされた。

6. おわりに

今後，浮遊砂も含めた土砂化学組成，および細粒粒度構成も含めた緻密な解析を加え最終的な土砂動態過程を誘導する結論を導き，氷河下流域の土砂特性を明らかにする。

謝辞: 本研究は，地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS)の援助による GRANDEによって実施されました。ここに記して謝意を示す次第である。

参考文献:

- 1) Bernard Francou, Edson Ramirez, Bolivar Caceres, and Javier Mendoza : Glacier Evolution in the Tropical Andes during the the Last Decades of the 20th Century, A Journal of the Human Environment Vol.29, Issue.7, pp.416-422, 2000.
- 2) Koppes, M. and Montgomery, D.R., The relative efficacy of fluvial and glacial erosion over modern to orogenic timescales, Nature Geoscience ,2 ,pp.644-647,2009.