

ボリビア Tuni 湖における土砂の堆積*

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻
サンアンドレス大学水理研究所

田中 仁
Ramiro Pilco

1. はじめに

南米ボリビアにおいては、温暖化による氷河の融解水によって水資源が豊富になっている一方で、将来的に氷河の縮退が進み、水資源が枯渇化することが懸念されている。このため、将来への影響予測と水資源の確保ならびに渇水への適応策が重要な課題となっている。昨年度の本論文集においては、著者らのグループにより開始されたボリビアの水資源問題に関わるプロジェクトの紹介を行った（田中・真野¹⁾）。このプロジェクトにおいては、将来予測が可能な数値シミュレーションによって、気候変動による水需要予測を通じた都市計画や総合水資源マネジメントによる社会環境と気候の変化に対する適応策を提案することを目的としている。実際の研究活動は、各要素（雪氷解析、流出解析、ダム堆砂予測、水質評価、地域計画立案）毎に実施されるものである。以下では、2010年9月に実施された現地調査および過去の資料の解析をもとに、貯水池における土砂堆積について検討を行った成果を報告する。

2. 調査の概要

研究対象であるボリビアの氷河地域の位置を図-1に示す。同国の首都ラパスの標高は3,600mであり、今回の調査対象とした Huayna Potosi, Condoriri は、それぞれ6,088m, 5,850mの標高を有し、いずれも山頂部は氷河に覆われている。すでに報告を行ったように、今回の研究の対象は、首都ラパス市と隣接するエルアルト市の水源である、Huayna Potosi 西氷河および Tuni-Condoriri 氷河を対象とすることとしている¹⁾。

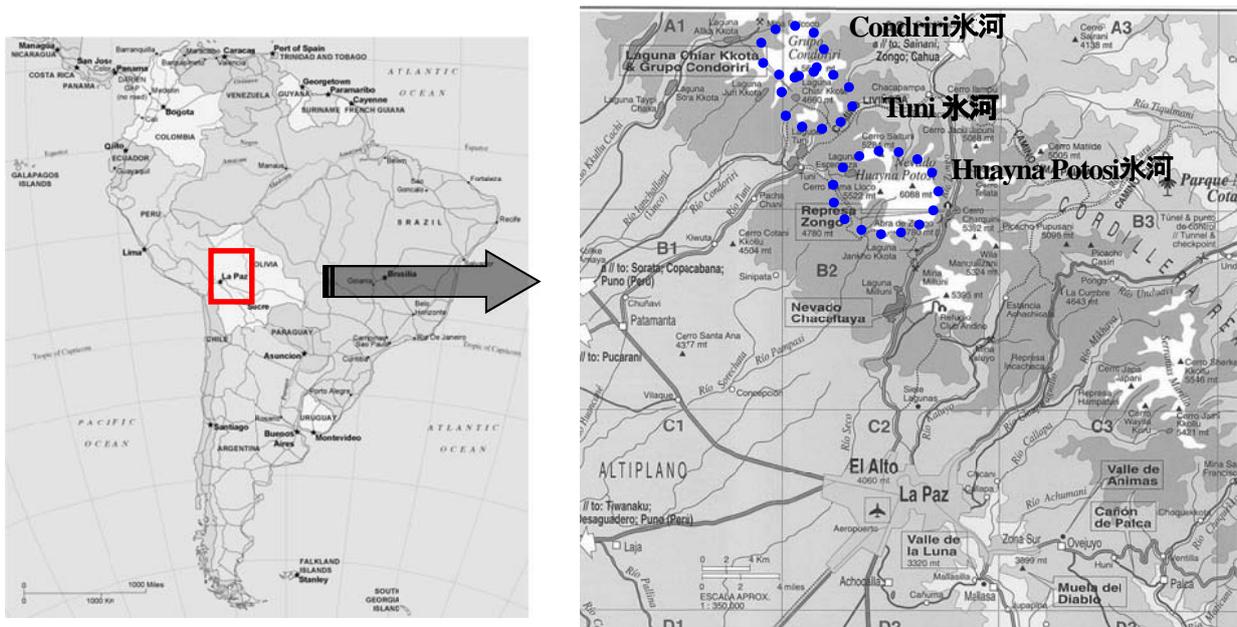


図-1 研究対象地域

* Sediment deposit in Lake Tuni, Bolivia, Hitoshi Tanaka and Ramiro Pilco

現地調査は2010年9月23日から24日にかけて実施され、現地の研究カウンターパートであるサンアンドレアス大学（UMSA）水理研究所（IHH）の研究者とともに実施された。

3. 調査の結果

踏査を行った Tuni 湖の概要を図-2に示す。湖の中心部には西側から半島状の地形が突出して、湖を二分している。

Tuni 氷河から Tuni 貯水池に流入する河川の最下流部には、二カ所の顕著な土砂堆積が認められる。以下では、図-2に示す様に、堆積地形①、堆積地形②と呼ぶこととする。それぞれの堆積地形を、図-3、図-4に示す。現地調査を実施した9月は乾期に当たるため、湖内の水位が低下している。このため、雨期の洪水時に形成された円弧状の土砂堆積地形が明瞭に認められる。

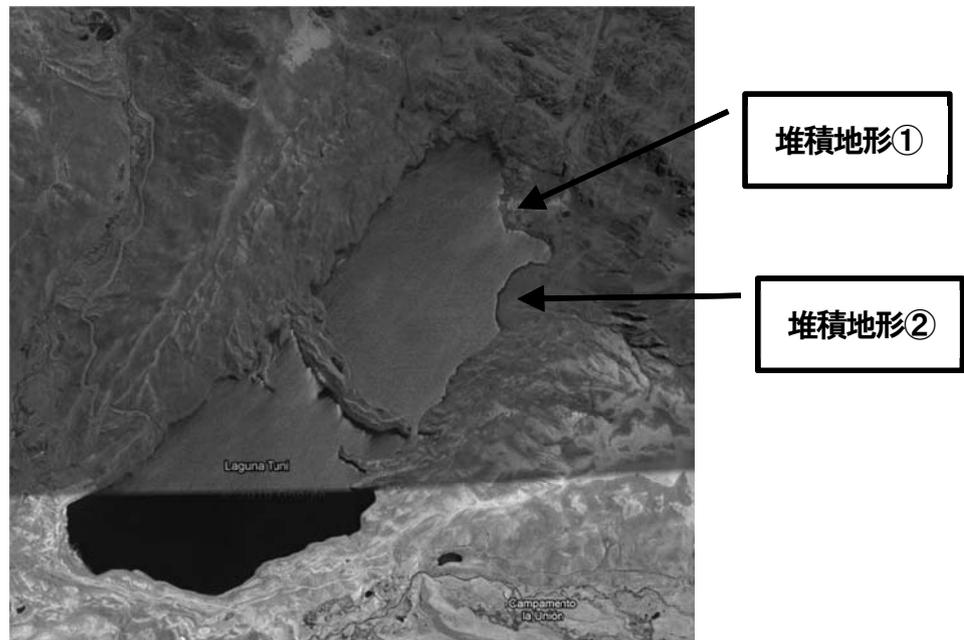


図-2 Tuni 湖の概要



図-3 堆積地形①



図-4 堆積地形②

写真より明らかなように、堆積地形②に比べて堆積地形①はより大規模である。これは、湖北部からは常時 Tuni 川が流入しているのに対して、堆積地形②を作り出した河川は潤川であり、雨期にのみ出現する川であることによる。ただし、Tuni 川沿いには蛇籠を用いた砂防ダムが設置され、粗粒分はその上流に捕捉されている。このため、堆積地形①の近年の発達には以前に比べて鈍化しているものと推測される。

また、二つの地形を比較して明瞭な点は、堆積地形①が平坦な地形を示しているのに対して、堆積地形②がより急峻な勾配を有している点である。実際、堆積地形②の頂部には植生が見られ（図-5）、この高度では比較的安定した地形が維持されているのに対し、堆積地形①ではそのような植生が見られない。

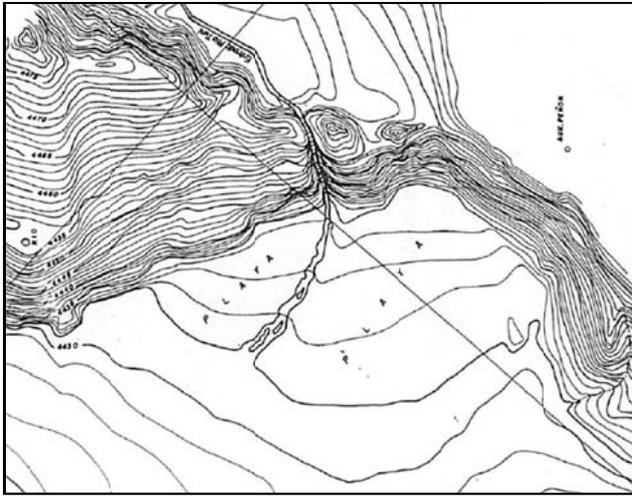
より長期的な地形の変化を調べるために、地形図ならびに Google Earth から対象地域の画像を入手した。図-6は Tuni 川河口部の堆積地形①を示している。これらのうち映像を見ると、堆積地形が変動しているようにも見えるが、実際には貯水池の水位に応じて画像の水際が変化している。従って、この映像のみでは過去の地形変動を理解することは困難である。

同様に、堆積地形②の変遷を図-7に示した。同図によれば、この箇所には二本の河川が流入することが確認される。また、図-6と比較すると、明らかに堆積地形の勾配が急であることが認められる。また、堆積地形の形状は、Tanaka²⁾ や Sieh et al.³⁾ により報告されている水理実験結果ときわめて類似した形状を有することが分かる。

今後、IHH の協力の下、定期的な測量を行うことにより貯水池の堆砂量を評価する予定である。また、数値シミュレーションを用いて堆積地形の再現計算を行う予定である。図-8は河口地形として仙台市七北田川を与え、仮想的な洪水流量に対して実施した数値シミュレーションである⁴⁾。これによれば、図-6、図-7に見られる堆積地形にきわめて類似した計算結果を得ていることが確認される。



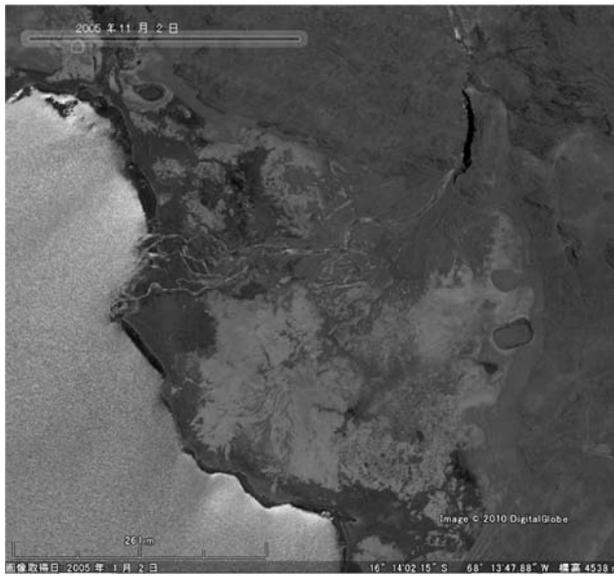
図-5 堆積地形②の上部に繁茂する植生



(a) 1999年12月



(b) 2004年10月

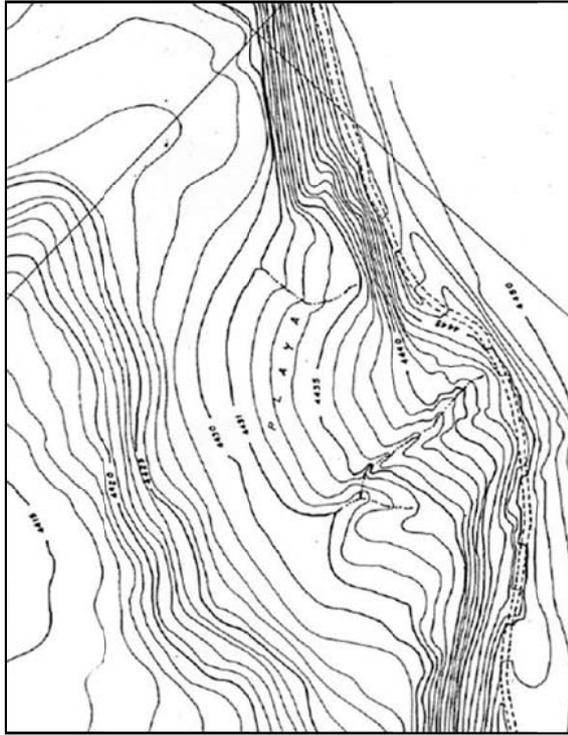


(c) 2005年11月

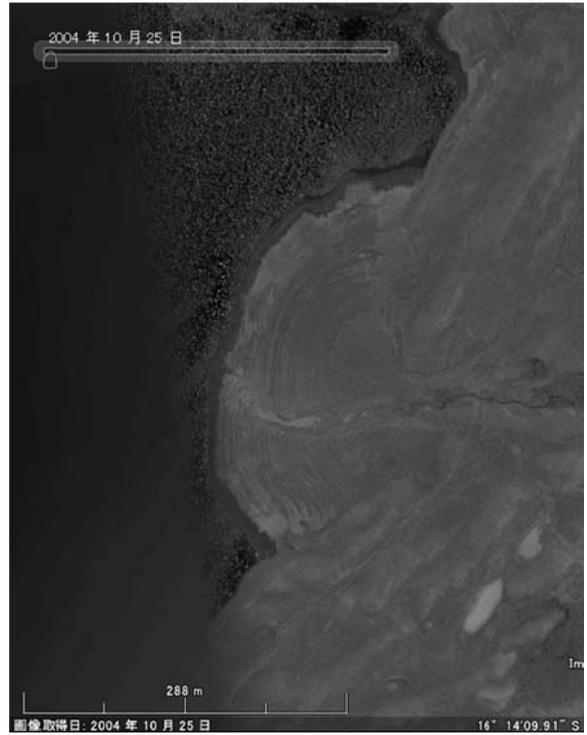


(d) 2009年8月

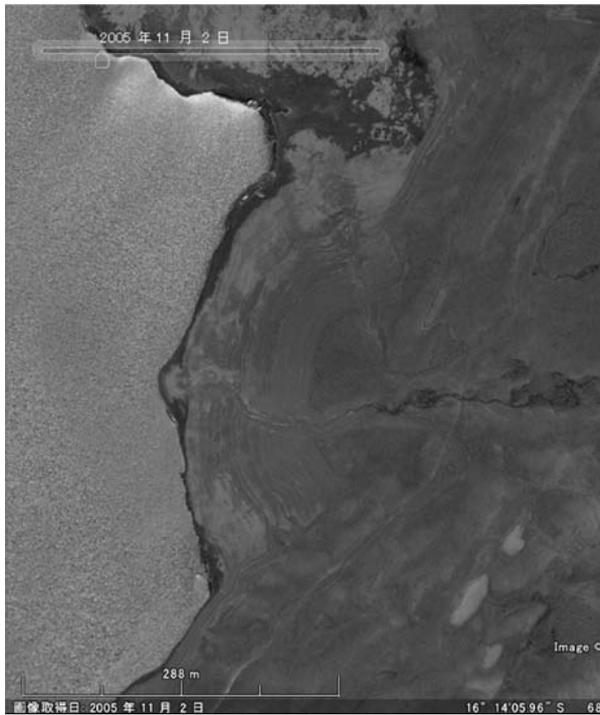
図-6 堆積地形①の変遷



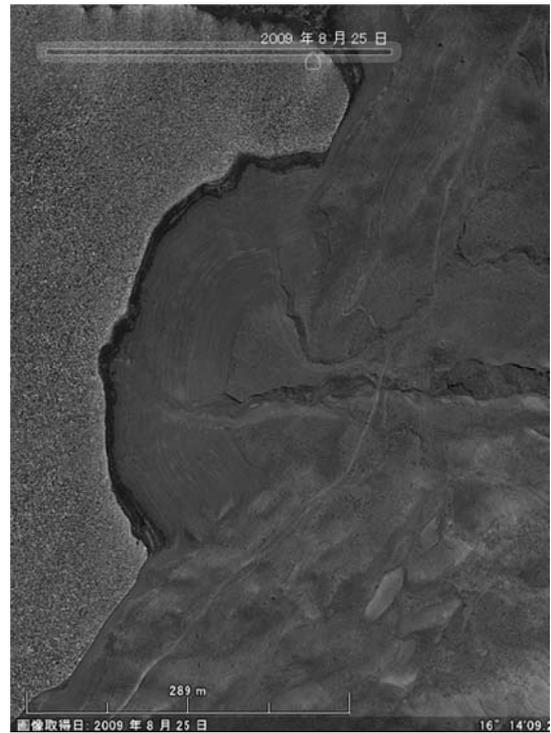
(a) 1999年12月



(b) 2004年10月

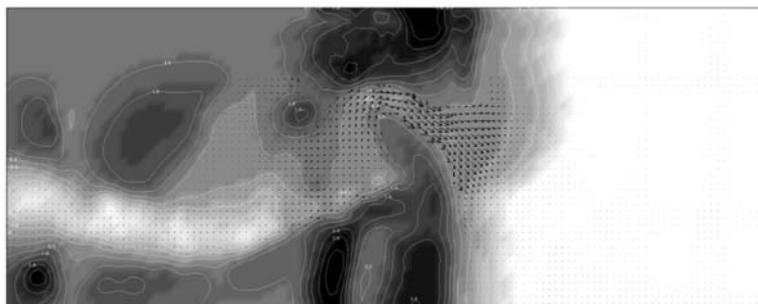


(c) 2005年11月

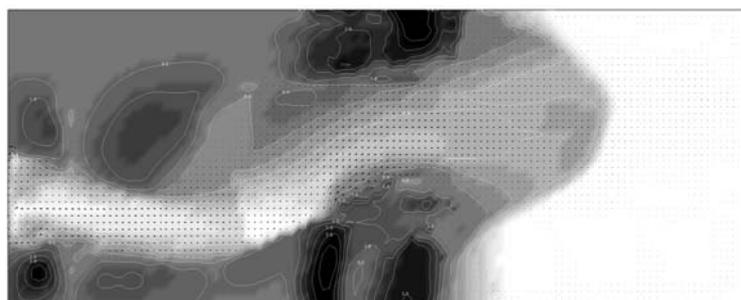


(d) 2009年8月

図一7 堆積地形②の変遷



(a) 初期地形



(b) 洪水後地形

図-8 仮想地形に対する数値シミュレーション⁴⁾

4. おわりに

本稿においては、今年度より着手された、ボリビアにおける氷河後退に関する研究のうち、貯水池内の土砂堆積に関する研究の概要を紹介した。今後、具体的な調査結果について報告を行う予定である。

謝辞：本研究は、JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発」ならびに日本学術振興会科学研究費（基盤研究(B), No.21360230）の補助を受けて実施されたものである。ここに記して関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 田中 仁・真野 明: ボリビアにおける氷河後退と同国の水資源問題, 東北地域災害科学研究, 第46巻, pp.161-166, 2010.
- 2) Hitoshi Tanaka: Sediment deposit in Lake Tuni, Bolivia -experimental study and predictive model-, Advances in Geoscience, 2010. (in press)
- 3) Sieh, C.L., Tseng, C.M., and Hsu, S.M.: Development and geometric similarity of alluvial deltas, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 127, No. 1, pp.17-29, 2001.
- 4) 田中 仁・佐藤達也・鈴木 猛・妹尾泰史・長沼宏一・高水克哉・佐藤功二: 七北田川における河口出發水位推定のための河口砂州フラッシュ機構の数値解析, 水工学論文集, 第55巻, 2011. (印刷中)