

湖内に発達する河口堆積地形—ボリビア Tuni 湖と猪苗代湖の比較—*

東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

田中 仁

サンアンドレス大学水理研究所

Edson Ramirez

日本大学工学部土木工学科

藤田 豊

1. はじめに

本報告は、南米ボリビア Tuni 湖における土砂堆積現象を扱ったものであり、田中・真野¹⁾、田中・Pillco²⁾の報告の続報と位置づけられるものである。ボリビアでは、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。本研究は、このような氷河の融解が流域での土砂生産・湖内土砂堆積に及ぼす影響評価を行うことを最終的な目的として、まず、現在の状況を再現するための数値モデルの検証に使用する現地データの蓄積を目的として実施されたものである。また、類似した水域として猪苗代湖を取り上げ、そこに見られる土砂堆積の特徴、ならびに Tuni 湖との相違・類似性について検討を行っている。

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、今回の研究プロジェクトの対象は、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⁾。

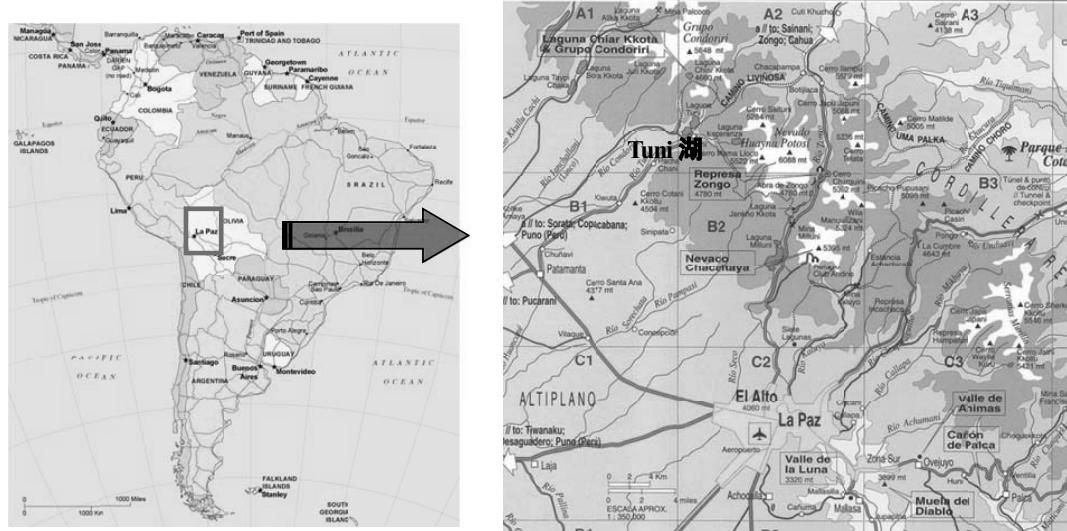


図-1 研究対象地域

* Sediment deposit in a lake –comparative study between Lake Tuni, Bolivia and Inawashiro Lake, Japan

Hitoshi Tanaka, Edson Ramirez and Yutaka Fujita

3. Tuni 湖における堆積地形

研究対象である 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。すでに前報²⁾において報告を行った様に、Tuni 氷河から Tuni 貯水池に流入する河川の最下流部には、二カ所の頗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。いずれにおいても円弧状の土砂堆積地形が明瞭に認められる。

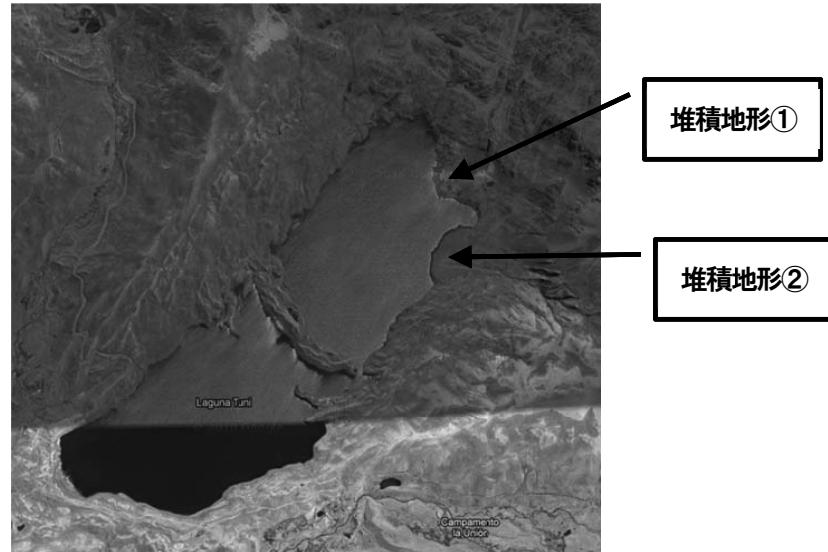
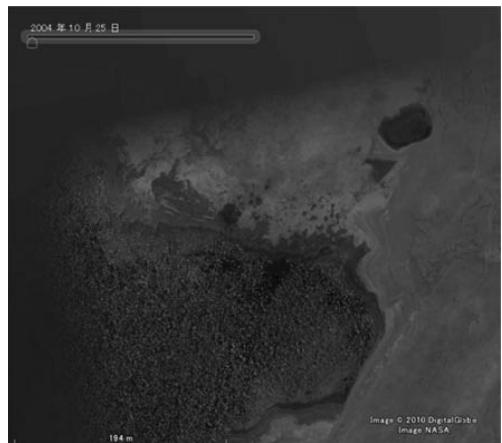


図-2 Tuni 湖の概要

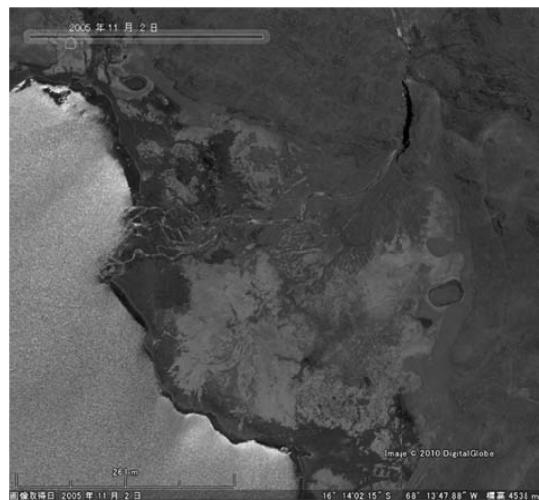
長期的な地形の変化を調べるために、Google Earth から対象地域の画像入手した。図-3は Tuni 川河口部の堆積地形①を示している。これらのうち映像を見ると、堆積地形が変動しているように見えるが、実際に貯水池の水位に応じて画像の水際が変化している。図-3(a)から図-3(c)は乾期に撮影されたものであり、河口部での堆積地形は明瞭に確認できる。一方、雨期の終了直後である5月に撮影された図-3(d)では、依然、高い水位が維持されているために、堆積地形が確認できないが、実際には水面下にそれが存在している。従って、図-3に示されたこれらの映像のみでは過去の地形変動を理解することは困難である。

同様に、堆積地形②の変遷を図-4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。特に、水位が高い図-4(d)においてこれが顕著である。また、図-3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。このことから、堆積地形②においては、現在も新たな土砂の流入により堆積が進んでいる一方で、堆積地形①においては新たな土砂の堆積が抑制されていることが示唆される。これは、Tuni 川の上流において堰・蛇籠の設置などがなされ、土砂流入に対する制御がなされていることによるものと考えられる。また、堆積地形の形状は、Butakov³⁾ ら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している。

図-5は、堆積地形②を対象に、三次元プロファイラーによりなされた測量結果であり、詳細な水路形状などが明瞭に捉えられている。今後、定期的な測量を行うことにより貯水池の堆砂量を定量的に評価する予定である。



(a) 2004年10月



(b) 2005年11月

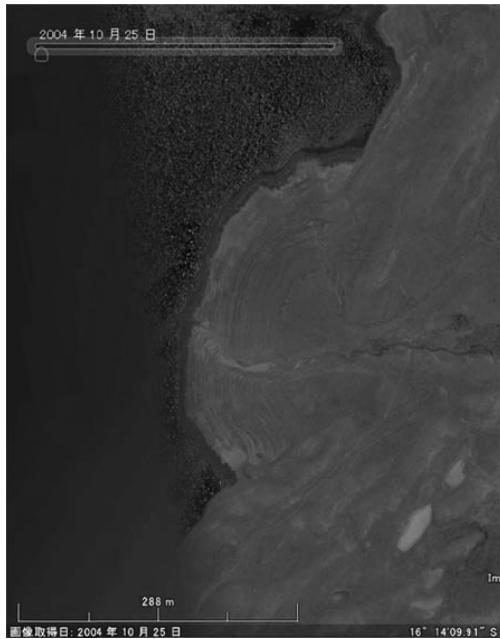


(c) 2009年8月

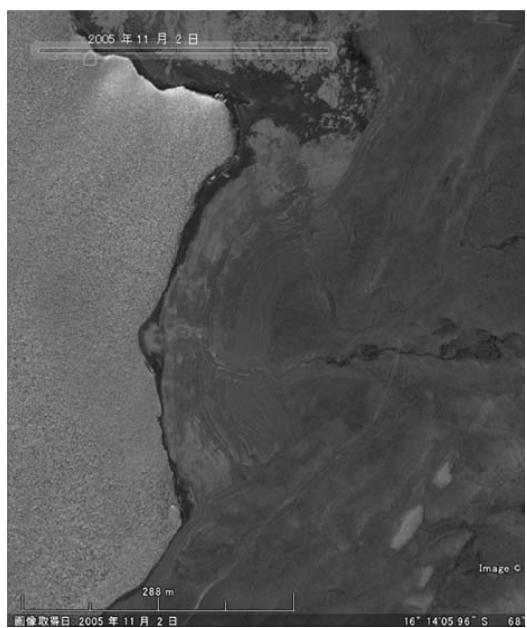


(d) 2011年5月

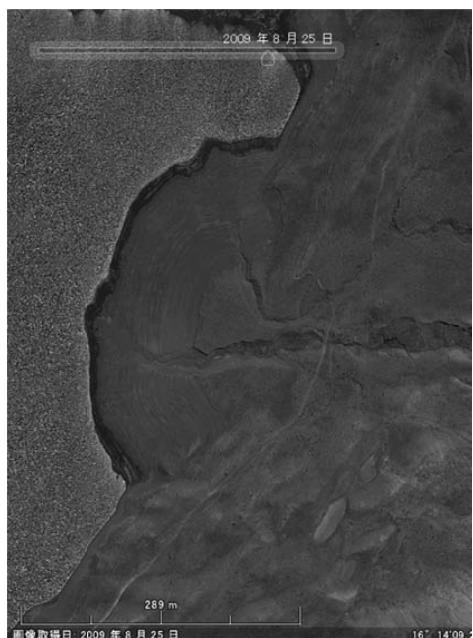
図-3 堆積地形①の変遷



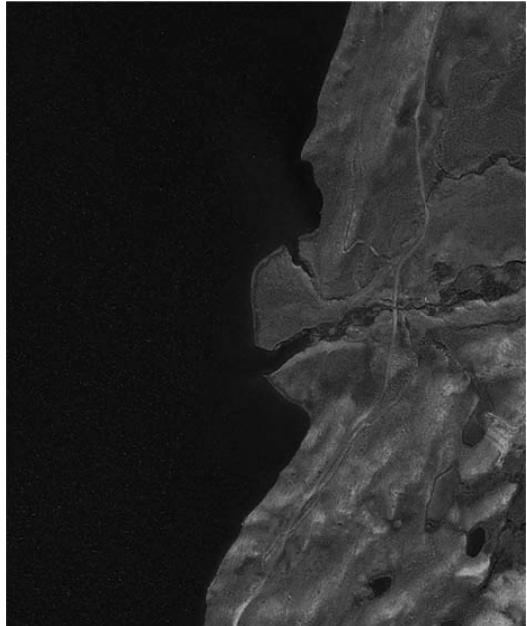
(a) 2004年10月



(b) 2005年11月



(c) 2009年8月



(d) 2011年5月

図-4 堆積地形②の変遷

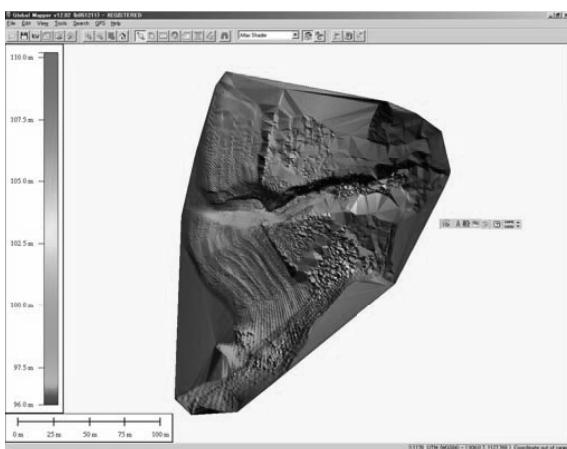


図-5 堆積地形②の変遷

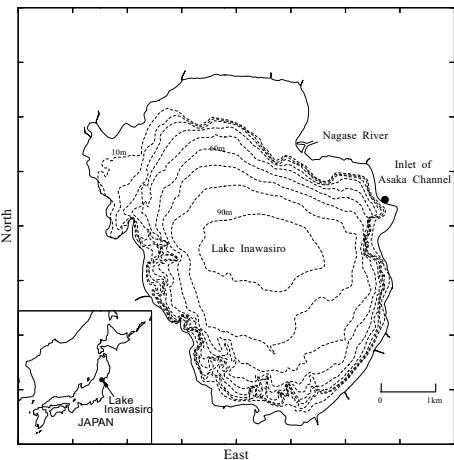


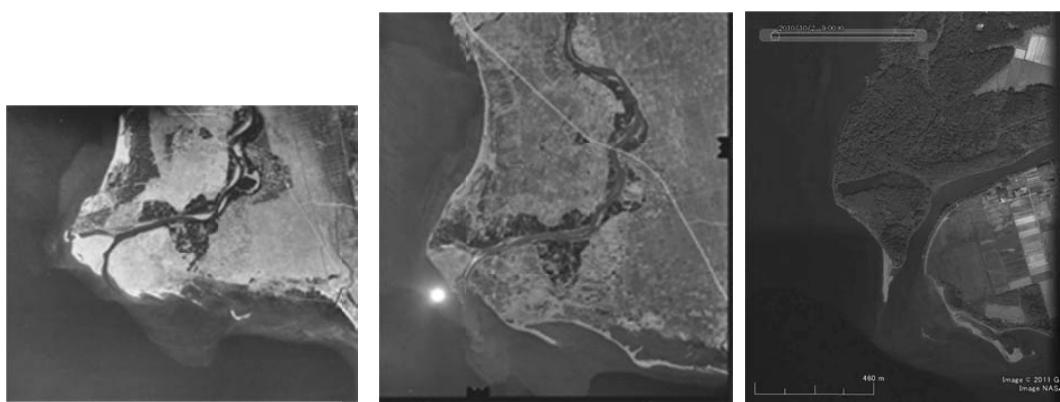
図-6 猪苗代湖の概要

4. 猪苗代湖における堆積地形

Tuni 湖に類似した湖沼として福島県猪苗代湖を選び、湖内に流入する河川河口部における堆積地形の類似点・相違点の検討を行った。この様な比較研究を行うことにより、Tuni 湖が有する特徴や一般性などが明らかになるものと期待される。

福島県中央に位置する猪苗代湖（図-6）は日本で第四の面積 (105km^2) を誇り、強酸性の水質を有する清澄な湖として有名である。しかし、近年、湖北部地域の観光市街化に伴い、水質汚濁の進行が問題となっている⁴⁾。猪苗代湖の水は福島県における重要な水源として多くの人に利用されており、良好な水質の維持は必要不可欠なものである。このため、これまで湖内の流動・水質に関する調査研究が多くなされている。湖内に流入する河川で最大のものは長瀬川である。その河口位置を図-6に示した。長瀬川の流域面積は 438.9km^2 である。上述した湖水の強酸性の水質は、長瀬川流域起源の酸性水の流入による。

図-7は長瀬川河口部における堆積地形の変化を表している。図-7(a)によれば、河口部から東に向けて発



(a) 1947年

(b) 1963年

(c) 2010年

図-7 猪苗代湖における堆積地形の変遷

達する複列の砂州が認められる。同様な地形は図-7(b)においても見られ、より長い砂州の発達を見ることことが出来る。直近の図-7(c)においても同様な複列砂州が観察される。藤田・田中⁵⁾、田中ら⁶⁾によれば、猪苗代湖においては冬季に北西風が卓越し、この風により発達する風波が長瀬川河口に来襲することが知られている。このような波の発達が、図-7に見られる複列砂州の発達に寄与している。

5. 考察

上述の通り、Tuni 湖においては円弧状の砂州地形が発達し、一方、猪苗代湖においては波の進行方向への複列の発達が顕著である。このような河口地形の相違を生んでいる要因としては、①フェッチの大小、②河口前面の湖岸勾配・水深、③底質粒径などが考えられる。今後、これらの要因について定量的な評価を行い、これらの物理過程を反映した数値モデルを開発する予定である。この際、我が国の貯水池堆砂モデルとしては、河道の形状を反映して一次元モデルが多用されるが、本研究で明らかになったように、Tuni 湖や猪苗代湖においては水域・土砂堆積特性の平面特性を考慮する必要がある。そのため、水理モデルとしては水深平均の浅水モデルに基づき、土砂移動についても二次元モデルを用いる必要があることが明らかになった。

6. おわりに

本稿においては、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、河口地形のデータの蓄積を図り、数値モデルの検証および気候変動条件のもとでの将来予測を行う予定である。

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る。

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) 田中 仁・Ramiro Pillco: ボリビア Tuni 湖における土砂の堆積、東北地域災害科学研究、第47巻, pp.107-112, 2011.
- 3) Butakov, A. N.: Study of development and deformation of mouth bar, Proceedings of 14th Congress on IAHR, pp.95-102, 1971.
- 4) 戸塚康則・田中 仁・藤田 豊・山路弘人・多久和 学・愛川 薫・沢本正樹: 猪苗代湖における内部静振観測、水工学論文集、第45巻, pp.1177-1182, 2001.
- 5) 藤田 豊・田中 仁: 猪苗代湖・長瀬川河口周辺における湖浜地形変化、海岸工学論文集、第48巻, pp.616-620, 2001.
- 6) 田中 仁・藤田 豊・岡島直也: 安積疋水取水口の土砂堆積と周辺湖浜漂砂環境との関連、自然災害科学、第22巻, 4号, pp.85-95, 2004.