

# アンデス高山域の貯水池と流域における水環境の現地調査

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○谷 慧亮  
東北大学大学院工学研究科 正会員 梅田 信  
東北大学大学院工学研究科 正会員 朝岡 良浩

## 1. はじめに

気候変動は、近年の世界中で関心が高まっている問題の一つである。温暖化の影響は、低地よりも高地で受けやすいことが報告されている<sup>1)</sup>。

本研究で対象とするのは、流域に氷河を持つような高山域にある貯水池の水源地環境である。本研究で対象地とする南米中部のボリビアの首都ラパスは、低緯度ながらアンデス高地に位置するため水源地域に氷河を持つようなやや特殊な環境の地域である。ここは、年間降水量が約 600mm の、降水の少ない半乾燥地域であるが、氷河の存在により飲料水や発電、農業用水の安定した供給が可能となっている。しかし気候変動により現在氷河の融解が進んでおり、今後 30 年から 40 年の間に氷河が消失すると予測されている。また、都市部の人口は近年増加傾向にあり、この地域での水需要は増加している。そのため自然環境と社会環境の変化による水不足が将来起こると懸念されている。

本研究では、首都圏に水を供給するトゥニ貯水池および周辺流域における水環境の現状を把握するため、水温や気象・水文条件、水質要素の基礎的な現地観測を実施した。また、3つの流域のうち1つの上流部に濁度計を設置し、氷河環境が流域の水質へもたらす影響について連続的に調査を行った。本稿では、これまでの調査で得られたデータから判明したアンデス高山域の水環境の特徴について報告する。

## 2. 現地観測概要

トゥニ貯水池は、ラパス市から北北西に約 30km に位置する、ラパスへの水道用水の供給を目的に建設されたダム貯水池である。総貯水容量は  $24.7 \times 10^6 \text{m}^3$  であり、常時  $1 \text{m}^3/\text{s}$  の水をエルアルト市内の浄水場へ供給している。貯水池へ直接流入する河川は、北から流れてくるトゥニ川のみであるが、雨季の間に他の河川からの導水で満水にし、乾季の水供給に備える運用をしている。

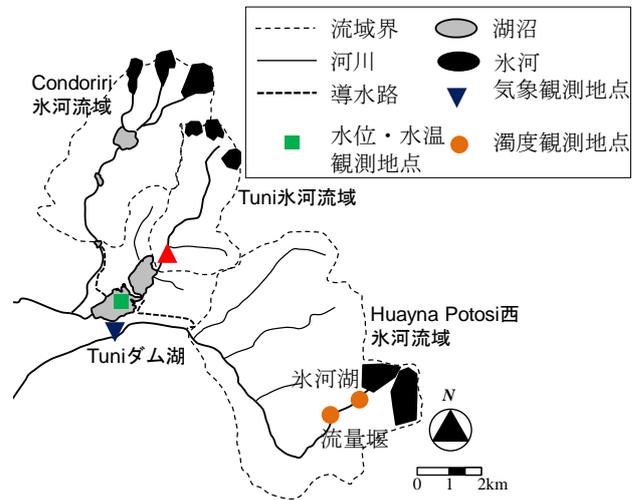


図-1 トゥニ貯水池と流域の概略および計測地点

湖内の連続的な水温の鉛直分布および水位変動を計測するために、自記式水温計と水位計を貯水池の最深部に設置した。2010年9月21日から計測を行っている。水温計は水面から深さ方向に 1m 間隔で設置した。流入河川の水温に関しては、Tuni川が貯水池に流入する付近で2011年6月16日から計測を行っている。気象データに関しては、Tuni貯水池の脇で2011年6月11日から、気温、日射量、風速、湿度、降水量の観測を行っている。本研究で計測を始める前の期間については、ボリビア国立気象水文協会<sup>2)</sup>が貯水池から約 30km 離れたエルアルト国際空港において毎日観測されている気象観測データを参照した。エルアルトの気温を用いる際は、貯水池との標高差が約 350m あるため、気温減率  $0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$  を考慮して補正を行った。

水質要素については、湖内及びコンドリリ氷河流域、ワイナポトシ氷河流域の上流から下流において年数回採水を行い、得られた試料から、栄養塩(窒素・リン)や TOC、主要陽・陰イオンに関する分析結果を得ている。また、ワイナポトシ氷河流域の上流域に濁度計を2012年3月13日に設置した。設置の理由は、流域全体で濁りが目立つこの流域での濁度発生の要因を解明

キーワード：貯水池、アンデス山脈、水温構造、水質

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel & Fax 022-795-4889

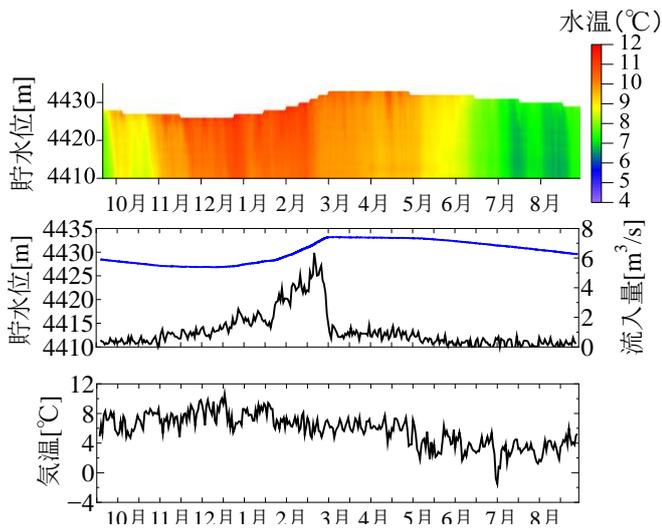


図-2 トゥニ貯水池の鉛直水温分布と貯水位，流入水量，日平均気温（2010年9月-2011年8月）

するためである。設置地点は2か所で，氷河直下に存在する氷河湖と，氷河湖から約2km離れた流量堰で観測を行っている。湖内のクロロフィル a 濃度の鉛直分布については，2010年9月21日に観測した。図-1にトゥニ貯水池と流域の概略および計測地点を示す。

### 3. 観測結果

図-2にトゥニ貯水池の鉛直水温分布と貯水位，流入水量，日平均気温を示す。特徴としては，トゥニ貯水池では，年間を通じて水温成層が形成されないといった特徴が見られる。これは，風や気温の日変動により，湖内で循環流が生じていることによるものと考えられる。気温は一日内で約10°Cの変動が見られる。回転率は，貯水容量と年間流入量の関係から，約1.0回/年となった。日本全国のダムの回転率と比較すると，値が小さい。流入水量は，雨季と乾季で大きく異なり，11月頃から3月頃にかけて流入水量は増加している。これは概ね導水期間と重なるが，雨季は降水イベントだけでなく気温増加による氷河融解の影響による河川流量の増加があるため，乾季と比較して流入水量に大きな違いが生じるものと考えられる。湖内のクロロフィル a 濃度は，データ数は少ないが，2010年の観測では1.0mg/m<sup>3</sup>前後の結果が得られた。OECDの貧栄養湖基準2.5 mg/m<sup>3</sup>以下の条件を満たしている。

図-3に2012年3月から5月のワイナポトシ流域上流域における濁度と流量，トゥニにおける降水量を示す。流量は流量堰で計測されているが，4月初旬に欠測が生じている。氷河湖と流量堰の濁度を比較すると，この期間では似たような値で推移している。流量堰の

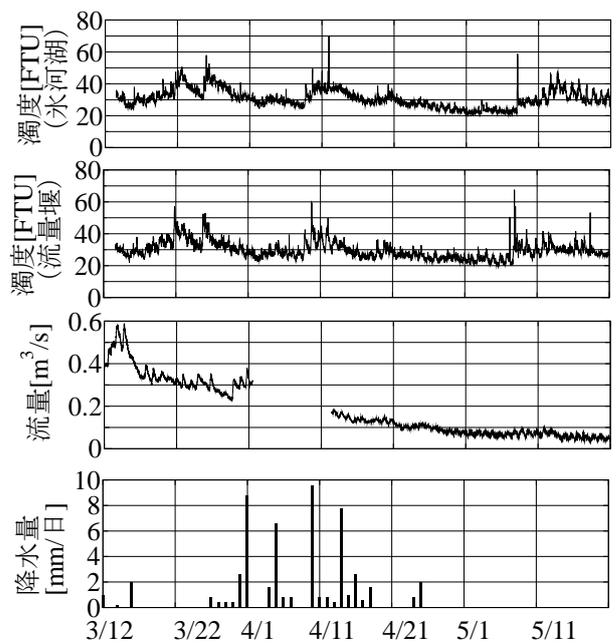


図-3 ワイナポトシ流域上流域における濁度と流量，トゥニにおける降水量（2012年3月-5月）

方が濁度の変動が大きく，値も若干低い。流量や降水量との関係性については，際立った特徴が見られず，濁度上昇の原因の解明が今後の検討課題である。

### 4. おわりに

本研究では，今後気候変動により30年から40年後に氷河消失が予想されるアンデス高山域に位置するトゥニ貯水池および流域における水環境の現地調査を行った。貯水池における鉛直水温分布の計測から，年間を通して成層がほとんど生じないという特徴が見られた。現在のクロロフィル a 濃度は低く，水を利用する上では問題ないと思われる。しかし，ワイナポトシ氷河流域で濁度が目立つなど，流域全体で水が清澄というわけではない。貯水池の水質形成について詳細に検討するためにも濁度発生過程を把握する必要がある。

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」の成果の一部である。またJSPS科研費24404015の助成を受けた。記して謝意を表す。

### 参考文献

- 1) Bradley R. S., Vuille M., Diaz H. F. and Vergara W.: Threats to Water Supplies in the tropical Andes, *Science*, Vol. 312, 1755-1756, 2006.
- 2) SENAMHI BOLIVIA: Información Base de Datos, <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>.