

気候変動による熱帯氷河地域の流域環境変化に関する考察

福島大学大学院共生システム理工学研究科
 東北大学大学院工学研究科土木専攻

正会員 ○川越 清樹
 正会員 朝岡 良浩

1. はじめに

人為起源の温室効果ガス排出量増加に伴う気候システムの温暖化により、水資源、水災害に関わるリスクの増大が指摘されている¹⁾。本研究の対象となる Bolivia 共和国は世界でも希少な熱帯氷河を有し、Andes 山脈東麓に面する La Paz では、少雨という気候的条件から Cinfriri 氷河と Huayna potosih 氷河に由来する融解水に水資源を依存することで生活の営みを形成している(以上 図-1 参照)。しかしながら、1980 年代以降の氷河後退の加速が観測されており²⁾、気候システムの温暖化により「水資源貯蔵領域の減衰化」が危惧されている。これに対し、温室効果ガス排出量安定化に示される緩和策と同時に、安定的な水資源供給を得るための気候変動に適応できる流域管理マネージメント(適応策)の構築が必要とされている。La Paz では、各氷河の融解水の貯水される Tuni 湖から浄水場を介して生活、農業、および工業用水を設けることで水資源を供給している。そのため、氷河後退現象のみを捉えるだけでなく、Tuni 湖も含めた流域に関わる気候変動の影響も考慮して、流域管理マネージメントに取り組まなければならない。氷河融解加速に伴う流域管理問題の具体的例として、地下水上昇による流域内斜面の垂直応力の低下に起因した土砂生産の活発化が挙げられる。土砂生産の活発化は、河道閉塞、堆砂による有効貯水量の低下、水質汚濁負荷量の増加等の水資源安定供給を阻害させる問題の要因となる。

本研究では、気候変動に対する熱帯氷河地域に対する流域管理マネージメントを構築させることを目的に、Tuni 湖も含めた流域環境の気象条件、土地被覆の現状を可視化することに取り組んだ。現状として、2000 年から 2009 年までの気象データ(気象条件)、衛星画像(土地被覆条件)を取得し、流域環境に資することのできる基礎情報を整理、および解析した。

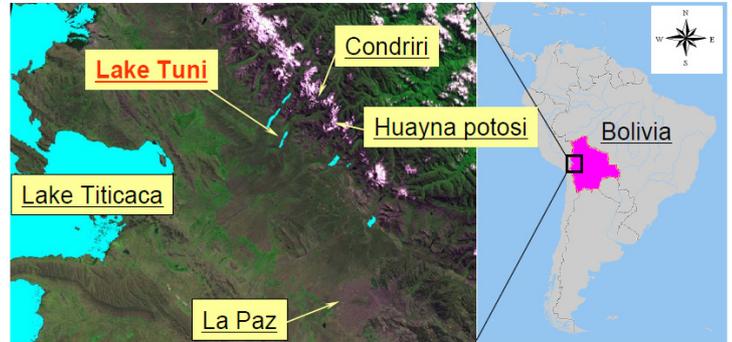
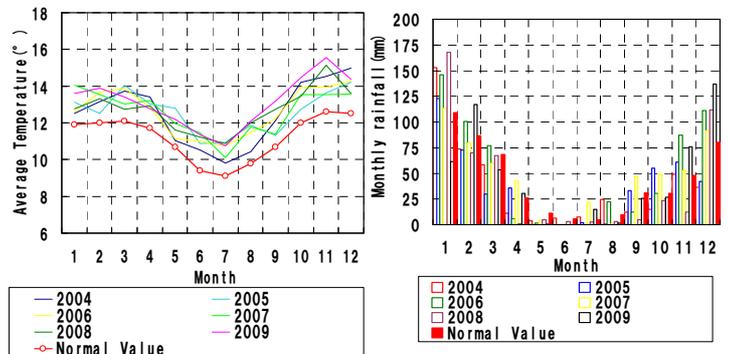


図-1 研究対象地域



(平均月気温)

(月平均降水量)

図-2 La paz 気象状況

2. 気象条件の現状

気象条件を解析するため、Instituto Nacional de Estadística³⁾において 1960 年から 1990 年平年値と、2004 年から 2009 年の La Paz における日毎の降水量、気温データを取得した。図-2 は、La Paz の月平均気温と月平均降水量を整理したものである。

Bolivia 共和国の西部に位置する Andes 山脈付近の海拔標高 3,000m 以上の地域は、乾季と雨季が明瞭に区別される気候帯を呈する。5 月から 8 月までは少雨かつ低温の乾季、それ以外は比較的に多雨かつ高温の雨季と区別される。気温状況から年間の各月を通じて 1960 年から 1990 年平年値より約 1°C から 2°C の平均気温上昇の傾向が認められる。また、降水状況から、雨季に関して降雨量が増加していることが見てとれる。2004 年から 2009 年の平均月降水量と 1960 年から 1990 年平年値の降水量を比較すると、11 月、12 月、1 月の降水量増加が著しく増加している。11

キーワード ボリビア, 流域管理, 土砂生産, NDVI

連絡先 〒960-1296 福島県福島市金谷川1番地 TEL 024-548-5261

月と12月は約10mm, 1月は約20mmの降水量増加を示す。これらから以下の①, ②に示す現況の *La Paz* の気象的特徴が明らかにされた。

- ① 年間を通じて平均気温が上昇している。
- ② 雨季の著しい降水量増加が認められる。

特徴①は、氷河後退に直接関与する気象現象であり、気候システムの温暖化により更に氷河後退は加速する可能性を示唆している。また、特徴②に関して、降雨量の増加が指摘される。降雨量増加は、短期的な反応による地下水上昇を促し、氷河に対しても融解を促進させる要素になりうる。そのため、特徴②は、流域内の地下水上昇と、それに伴う流域斜面の間隙水圧上昇、垂直応力低下の進行による斜面崩壊等の土砂生産活動の活発化を示唆するものである。この現象が生じた場合、安定的水資源供給が阻害される危険性が高くなる。特徴②より、効果的な流域管理マネジメントを行うためにも、土地被覆や地形、地質の情報を取得し、土砂生産について検討する必要性が明らかにされた。

3. 土地被覆条件の現状

土砂生産の現状を把握するため衛星画像から取得し解析を試みた。衛星画像として Landsat ETM(空間解像度 30m × 30m)を用い、正規化植生指数 Normalized Difference Vegetation Index(以下 NDVI)を評価判定材料に土地被覆条件の可視化を行った。対象地域を可視化できるものは2000年5月25日, 2005年8月25日の乾季に取得された2時期の画像であり、これらを比較検証することにより解析に取り組んだ。NDVIの演算式は以下の式(1)に示すとおりである。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (1)$$

ここで IR:近赤外波長(Landsat ETM Band4), R:可視域の赤波長(Landsat ETM Band3)である。解析結果は **図-3** に示すとおりである。

乾季であることもあり、双方ともに NDVI 値 0.4 を上限とした植生活性が認められている。全体傾向として、2000年よりも2005年は NDVI 値が低下している。ただし、この植生は年々の気温状況の影響も寄与するため一概に植生が減少しているとは判定で

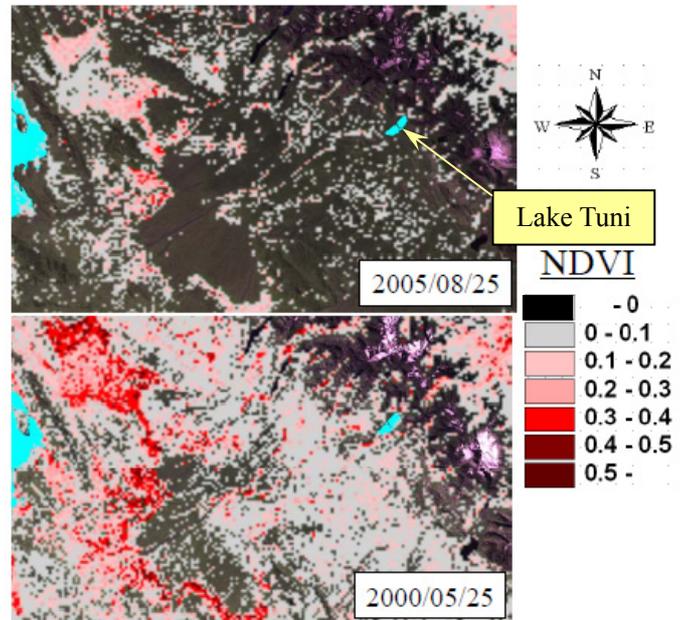


図-3 Tuni 湖周辺の NDVI 分布

きない。空間的には同調した植生分布を示しており、空間的に特異を示す結果は得られていない。なお、*Tuni* 湖の上流域は、概ね NDVI 値 0 以下の地域が広がり、植生は概ね分布していないことが予測される。雨水浸透を防ぐ、もしくは蒸発散を促す植生不在はし、例えば、氷河融解と他降雨の条件が重複により土砂生産の活発化のしやすさを示唆する。そのため、土砂生産のポテンシャルは高いと推測される。

4. おわりに

気候変動に対する熱帯氷河地域に対する流域管理マネジメントを構築させることを目的に、*Tuni* 湖も含めた流域環境の気象条件、土地被覆の現状を可視化することに取り組んだ。結果として、現状の情報からも土砂生産を促す要素は多く含まれていることが明らかにされた。今後、氷河の傾向以外に地下水分布、地形地質情報の取得を意識して現地調査に取り組む意向である。

謝辞：本研究の遂行において JICA/JST 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モデルの開発」の支援を受けた。ここに謝意を示す。

参考文献：

- 1) 経済産業省, 気象庁, 環境省: IPCC 第4次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約, pp.1-24, 2007.
- 2) A.Soruco et al: Mass balance of Glacier Zongo, Bolivia, between 1956 and 2006, using glaciological, hydrological and geodetic method, *annals of Glaciology*, Vol.50, 2009.
- 3) Instituto Nacional de Estadística: <http://www.senamhi.gov.bo/>, Cited view 2010/04/01.