

熱帯氷河の質量収支に関する基礎的検討

東北大学大学院 朝岡良浩
東北大学大学院 風間 聡
東北大学大学院 田中 仁

1. はじめに

南米アンデス高地では気候変動に伴う氷河の急速な後退が報告されている．特に熱帯氷河は，高緯度帯に存在する冬季涵養型氷河と異なり，雨季に涵養と消耗が同時に発生するため気候変動の影響を受けやすい雨季（夏季）涵養型氷河に分類される．例えばボリビアの Chacaltaya 氷河は最近 20 年間に急速に後退し 2009 年にほぼ消滅した．ボリビアの首都 LaPaz とその隣接都市 ElAlto は周辺部からの人口流入に伴い水需要が高まりつつある一方で，古くから生活用水を氷河からの融解水に依存してきたため氷河の消失が懸念され，水資源の確保と渇水への適応策の立案に迫られている．氷河の長期的な変動をモニタリングすることは重要な課題の 1 つであるが，標高 4500m 以上の山岳域における観測は極めて困難であり，長期的な質量収支の解析には航空写真や衛星画像などのリモートセンシング技術や氷河融解モデルが観測の不足を補う手法として有効といえる．本研究では長期の気象データセットを用いてボリビア Zongo 氷河の質量収支を再現することにより長期的な氷河後退の要因について解明することを目的とする．

2. 対象氷河およびデータセット

本研究は南米アンデス山脈の北東に位置する Zongo 氷河 (68° 10' W, 16° 15' S, 図 1) を対象として長期の質量収支について解析する．全長およそ 3km, 面積 1.8km², 末端の標高 4900m, 最高点の標高は 6000m である．氷河脇のデブリの 5500m 地点で観測されている気象データと 1991 年から 2006 年の質量収支の解析結果 (Sicart et al., 2007) を GLACIOCLIM の web サイトから入手した．また，長期の気象データは，再解析データ，衛星データ，地上観測データを組み合わせた全球長期水循環データセット H08 (Hirabayashi, 2009a, 2009b)を利用した．解像度は 0.5°，期間は 1948 年から 2006 年である．この際，対象とする Zongo データに最も近い格子点のデータを利用し，特に H08 の気温データは Zongo 氷河の気温観測データと一致するように処理した．

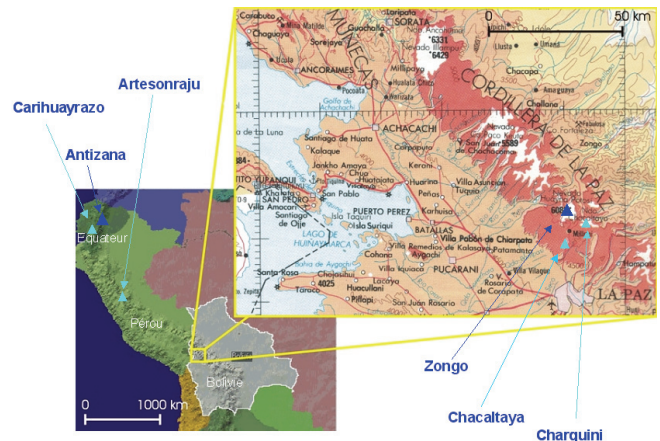


図 1 Zongo 氷河

3. 解析方法

氷河の質量収支に次式を仮定し 1948 から 2006 年の再現計算を行った．

$$\frac{dM}{dt} = ac - ab$$

ここで M:氷河質量 (mm), ac : 氷河涵養量(mm), ab : 氷河消耗量 (mm) である．氷河涵養量は日降雪量，氷河消耗量は融解量に等しいものと仮定した．降水量は H08 の降水データに現地の局所性が反映されていないと考えられるため補正值を用いて修正し，降水形態判別気温を用いて降雨と降雪に分離した．融雪量の推定には次式に示す Degree-day 法を適用した．

$$ab = k \times T$$

ここで，k : degree-day factor (mm/°C/day), T : 日平均気温である．降水形態判別気温および Degree-day factor は 1991～2006 年の質量収支データを用いて最適化した．

4. 結果および考察

年間，雨季 (夏季: 12～2 月)，乾季 (冬季: 7～9 月)

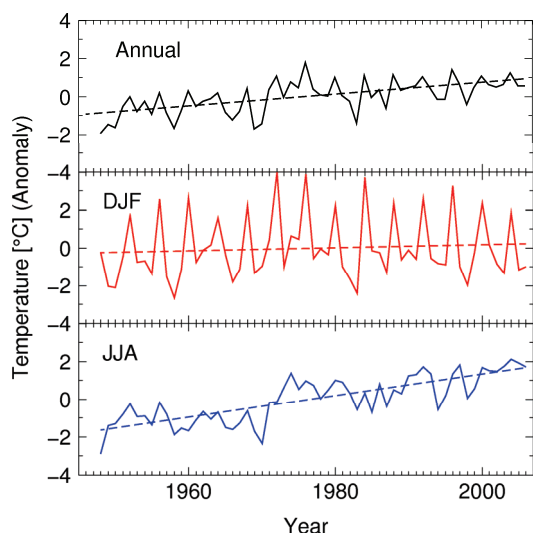


図2 年平均気温，夏季平均気温，冬季平均気温

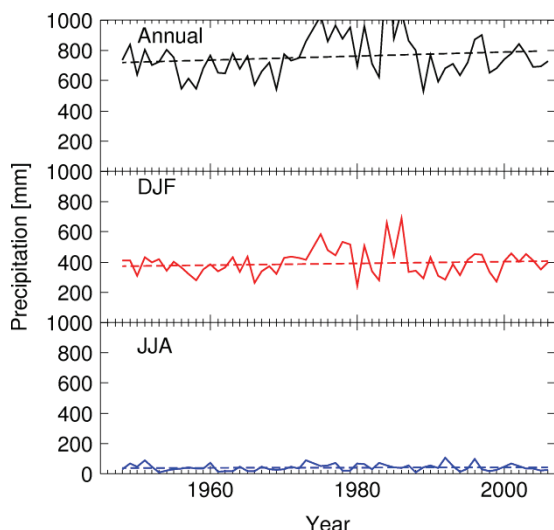
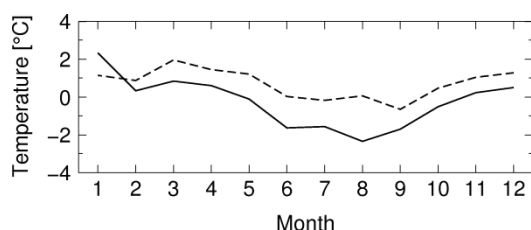


図3 年降水量，夏季降水量，冬季降水量



実線：氷面上，破線：デブリ

図4 Zongo 氷河の気温

の平均気温および降水量の年変動を図2，図3にそれぞれ示す。冬季平均気温に明確な傾向は見られないが，年平均気温は10年で 0.3°C ，冬季平均気温は10年で 0.5°C の昇温傾向が確認された。また降水量に関しては明確なトレンドが確認されなかった。冒頭に述べたとおり熱帯氷河は雨季（夏季）涵養型氷河に分類され，気候変動に伴い雨季の涵養量の減少と消耗量の増加が氷河の後退に影響を及ぼすと奉公されているが，乾季

（冬季）の消耗量の影響についても氷河の後退に大きく影響すると推察され，この点について定量的に評価する必要がある。発表時には1948年から2006年を対象とした氷河の質量収支の計算結果および乾季・雨季の消耗量・涵養量の年変動について示す予定である。図4にZongo氷河の脇のデブリ上と氷面上の気温データの比較を示す。現在の質量収支解析にはデブリ上の観測データをから作成した長期のデータセットを作成しているが，実際に氷面上の観測値はデブリ上よりも 0.5°C から 1.5°C 低いことが確認できる。このような氷河の冷却効果について検討する必要がある。

5. おわりに

本研究では，現地の気象観測データと全球規模の気象データセットを組み合わせ，熱帯アンデスに位置するZongo氷河の質量収支解析を行い，氷河の長期的な後退に関する要因について検討した。東北大学は2010年4月からJST/JICA地球規模課題対応国際科学技術協力事業のボリビア案件「氷河減少に対する水資源管理適応策モデル」（田中・真野，2010）をボリビア国立サンアンドレス大学と共同実施し，氷河後退時における都市計画や総合防災マネジメントによる社会環境変化と気候変動に対する適応策の提案に取り組んでいる。今後は本事業が対象としているTuni-Condoriri氷河とHuaynaPotosi西氷河の質量収支解析に着手する意向である。

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)のボリビア案件「氷河減少に対する水資源管理適応策モデルの開発（研究代表者：田中 仁）」の援助を受けました。ここに記して謝意を示します。

【参考文献】

- Sicart et al., (2007) Glacier mass balance of tropical Zongo glacier, Bolivia, comparing hydrological and glaciological methods, *Global and planetary change*, 59, 27-36.
- Hirabayashi et al. (2008) A 59-year (1948-2006) global near-surface meteorological dataset for land surface models. Part I: Development of daily forcing and assessment of precipitation intensity, *Hydrological Research Letters*, 2, 36-40.
- Hirabayashi et al. (2006) Döll, A 59-year (1948-2006) global near-surface meteorological dataset for land surface models. Part II: Global snowfall estimation, *Hydrological Research Letters*, 2, 65-69.
- 田中 仁・真野明（2010）ボリビアにおける氷河後退同国の水資源問題，東北地域災害化学研究，第46巻，pp.161-166.