

博士(環境科学) 小松哲也

学位論文題名

Late Quaternary lake-glacier interaction  
in the Karakul closed-basin, eastern Pamir

(パミール高原東部, カラクル流域における第四紀後期の  
湖水位・氷河変動とその関係)

学位論文内容の要旨

閉塞湖は排出河川を持たない湖であることから, その水位は流域の降水量と気温の変化を反映するものとして古くから注目されてきた. 一方, 氷河を擁する閉塞湖の湖水位変動とその意味についてはほとんど検討されていない. そこで本研究では, パミール高原東部の閉塞湖であるカラクル湖(3915 m a.s.l.)とその流域を対象に, 湖と氷河の変動について明らかにし, 復元された湖水位変動の古気候学的意味について検討した. パミール高原は, チベット高原の西端部を占め, 偏西風による水蒸気輸送を受ける山域である.

湖水位変動と氷河変動の復元は, 第四紀層序学的・地形学的手法にもとづいた. すなわち, 湖と氷河の変動を示す地形の認定・区分を目的とした衛星画像の立体視判読と野外調査による地形・堆積物の記載, 汀線高度の測量である.

旧汀線地形は, 北岸の扇状地上に比高1~15 mの小崖地形として60段残されている. 扇状地発達との関係に基づいて, この旧汀線地形群は4つのグループ(H・M・L・LL 旧汀線; それぞれ22, 13, 15, 10段)に区分される. 各グループの最高位汀線の現湖面からの比高は, それぞれ205 m(4120 m a.s.l.), 85 m(4000 m a.s.l.), 35 m(3950 m a.s.l.), 10 m(3925 m a.s.l.)である. また, 北岸と南岸での観察結果から, H 旧汀線には7段, M・L・LL 旧汀線にはそれぞれ2段の明瞭な旧汀線地形が含まれることを確認した.

南西部の谷中分水界(3950 m a.s.l.)付近の谷埋め地形とその発達過程は, M・L・LL 旧汀線に示される湖水位変動が, 閉塞流域内の水收支を反映したものであることを示す. 一方, H 旧汀線については, 氷河地形の分布から, その最高湖水位は氷河塞き止めに起因すると考えられる. しかし, この氷河拡大に伴う谷埋めの証拠は4080~70 m a.s.l.までしか残されていないため, 4120 m a.s.l.から4080~70 m a.s.l.までの湖水位低下は, 排出河川の形成によって生じた可能性も考えられる.

湖成地形と氷河地形の分布とそれらの発達史に基づき, 湖と氷河の関係は次のようにまとめられる. (1) 4回の高湖水位期は流域内の4回の氷河前進期に対応する. (2) L・H 旧汀線の最高位に対応する高さでターミナルモレーンが湖成段丘と接する. この点から, カラクル流域の氷河前進と湖水位上昇のピークは同期していたと考えられる. (3) H・M 旧汀線の最高位に対応する高湖水位期には, 山麓線を越えて発達した氷河のほとんどが, 当時の湖面に直接流出していた. すなわち, カービング型氷河であった. 一方, L・LL 旧汀線の最高位に対応する高湖水位期には, カービング型氷河は認められない.

4回の高湖水位期とそれに対応する氷河前進期がどの程度の時間間隔を持ったイベントなのかを判断するため, 氷河地形上の礫の風化度合いの違いを評価した. 着目したのは塩

類風化によると考えられる穿孔型の風化現象である。結果、L・M・H 旧汀線に対応する氷河地形上の礫の風化指標に有意な差が見られた。また、X 線回析から塩類風化物にはジプサムとハライトが含まれることがわかった。この地域と同様に塩類風化の卓越する南極では、氷河地形上の礫の風化度合い、その絶対年代、そして風化に関わる塩の種類が明らかにされている。こうした南極での既往研究を参考すると、L・M・H 旧汀線に対応する氷河地形上でみられた礫の風化程度の違いは、数万年程度の露出年代の差を示したものだと考えられる。

湖成・氷河地形発達の特徴、礫の風化度合いの差、パミール高原内外の氷河地形の絶対年代研究から、4回の高湖水位期の時代はそれぞれ MIS 8, 6, 4, 2 に対比される可能性が高い。これにより多段旧汀線地形は、二つ前の氷期以降の各氷河最大拡大期から間氷期に向かう流域の水収支の変化を一段一段に記録したものとして解釈できる。こうした湖水位変動が、D-O サイクルのような急激かつ短期的な気候変化も反映している可能性もあり、今後の詳細な検討が望まれる。また、復元されたカラクリ流域の湖と氷河の変動は、両者の最大拡大規模が顕著に縮小していくパターンをみせる。このことから、パミール高原内への水蒸気流入量は、少なくとも MIS 8 以降、氷期を経るごとに著しく減少していったと結論づけられる。

# 学位論文審査の要旨

主査 準教授 渡邊悌二  
副査 教授 平川一臣  
副査 教授 杉本敦子  
副査 助教 澤柿教伸  
副査 教授 岩田修二（立教大学観光学部）

## 学位論文題名

### Late Quaternary lake-glacier interaction in the Karakul closed-basin, eastern Pamir

（パミール高原東部、カラクル流域における第四紀後期の  
湖水位・氷河変動とその関係）

申請者は、パミール高原東部に位置する閉塞湖であるカラクル湖（3915 m a.s.l.）とその流域を対象に、湖と氷河の変動、および両者の関係について明らかにした。パミール高原は、チベット高原の西端部を占め、偏西風による水蒸気輸送を受ける山域である。

湖水位変動と氷河変動の復元は、第四紀層序学的・地形学的手法にもとづいて行われた。すなわち、湖と氷河の変動を示す地形の認定・区分を目的とした衛星資料の立体視判読と野外調査による地形・堆積物の記載、汀線高度の測量である。

湖水位変動については、過去の湖水位を示す地形（旧汀線地形）の全てが、北岸に分布する扇状地上に比高1~15 mの小崖地形として60段残されていることが見出された。この60段の旧汀線地形は、扇状地発達との関係にもとづいて4つのグループ（H・M・L・LL旧汀線；それぞれ22, 13, 15, 10段）に区分された。各グループの最高位汀線の現湖面からの比高は、それぞれ205 m (4120 m a.s.l.), 85 m (4000 m a.s.l.), 35 m (3950 m a.s.l.), 10 m (3925 m a.s.l.) である。また、南西部の谷中分水界 (3950 m a.s.l.) 付近の谷埋め地形とその発達過程の検討から、H旧汀線の最高水位から40~50 mの水位低下分を除く全ての湖水位変動が閉塞条件下での水收支を反映して生じたものであることが示された。

氷河・融氷河流・湖成地形の分布、およびそれらの発達史に基づき、湖と氷河の関係は次のように示された。（1）旧汀線グループが示す4回の高湖水位期は、流域内の4回の氷河前進期に対応する。（2）湖水位上昇と氷河拡大のピークは同期する。（3）H・M旧汀線の最高位に対応する高湖水位期には、山麓線を越えて発達した氷河のほとんどが、当時の湖面に直接流出していた。すなわち、カービング型氷河であった。一方、L・LL旧汀線の最高

位に対応する高湖水位期には、カービング型氷河は発達していなかった。

高湖水位期に対応した4回の氷河前進期がどの程度の時間間隔を持ったイベントなのかを判断するために、氷河地形上の礫の風化度合いが調べられた。その結果、塩類風化に起因する穿孔型の風化度合いが、L・M・H旧汀線に対応する氷河地形上で有意に異なることが示された。また、この地域の塩類風化に関わる塩がジプサムとハライトであることが、風化物のX線回析から示された。この地域と同様に塩類風化の卓越する南極では、氷河地形上の礫の風化度合い、その絶対年代、そして風化に関わる塩の種類が明らかにされている。そうした既往研究との比較から、L・M・H旧汀線に対応する氷河地形上でみられた礫の風化の差は、数万年程度の露出年代の差を反映したものだと考えられた。

4回の高湖水位期の時代は、地形発達の特徴、氷河地形上の礫の風化度合い、パミール高原とその隣接地域における氷河地形の絶対年代研究から、それぞれ、MIS 8, 6, 4, 2に対比された。これにより多段旧汀線地形は、二つ前の氷期以降の各氷河最大拡大期から間氷期に向かう流域の水收支の変化を一段一段に記録したものとして解釈された。また、復元されたカラクリ閉塞流域の湖と氷河の変動は、両者の最大拡大規模が顕著に縮小していくパターンをみせることから、パミール高原内への水蒸気流入量は、少なくともMIS 8以降、氷期を経るごとに著しく減少していったと結論づけられた。

以上のとおり、申請者はパミール高原での古環境変化に関する新知見を得たものであり、中央アジアにおける第四紀研究に対して貢献するところ大なるものがある。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。