

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20403014

研究課題名(和文)

チベット高原の湖テクトニクス：湖岸線の隆起と下部地殻の粘性

研究課題名(英文) Lake tectonics in Tibet: uplift of lake shorelines and estimates of lower crustal viscosity

研究代表者：

WALLIS R・Simon (WALLIS, Simon)

名古屋大学・環境学研究科・准教授

研究者番号：30263065

研究成果の概要(和文)：

チベット高地の地形の形成及び高地の成長・拡大のプロセスを説明するために、中部地殻に低粘性層の存在が推定されている。但し、定量的な検証は行われていない。検証するために、GPSを用いたNam Co湖の周囲に分布する湖段丘の標高を決定した。また、¹⁴Cの年代測定結果を加味し、1万年で湖の水位は約20m下がったことが分かった。予想される低粘性層は実際に存在すれば、水位低下に応じた段丘の隆起はあるはずであるが、有意な隆起は認められなかった。チベット地殻の低粘性層の分布と存在そのものを再検討する必要がある。

研究成果の概要(英文)：

Models that try to account for the overall morphology and the growth of the Tibetan Plateau commonly assume the presence of a low viscosity layer in the mid crust. To test this model, GPS measurements were made around Lake Nam Co to determine the heights of lake shorelines. In combination with the results of ¹⁴C dating, we show that the water level in L. Nam Co has fallen 20 m in the past 10,000 years. If the proposed low viscosity layer does in deed exist, there should be a corresponding uplift of the shorelines as the water level decreases. However, such uplift was not recognized implying that the distribution and presence of any low viscosity layer beneath Tibet needs to be reexamined.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2009年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010年度	2,600,000	780,000	3,380,000
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：構造地質学・テクトニクス

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地質学

キーワード：チベット・テクトニクス・地殻の粘性・湖段丘

1. 研究開始当初の背景

チベット高原は巨視的に平らな高地を持ち、その縁辺部は急傾斜の山脈地帯からなっている。この地形の特徴を説明するためにチベット中部地殻に流動的、低粘性層 (< 10¹⁹Pa s) の存在が推定されている。この低粘性層の存在は地形のみならず、高地の

拡大などのプロセスに重要な約割を担っていると考えられてきた。しかし、モデルを検証するために必要な定量的な粘性見積もりはまだない。

チベットにおける湖はかつて現在より広く分布していた。湖の縮小とともに、湖の周囲に当時の水位を示す湖岸線が段丘と

して記録される。水位が下がると古い段丘を押し上げる力が生じる。中部地殻に低粘性層が存在するならば、岩石の流動によって段丘は隆起するはずである。その場合、隆起量は時間と流動する岩石の粘性で決まる。この現象を用いて、チベット高原の地殻に低粘性層が実際に存在するかどうかを検証できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は第一に、チベット地域において最大級の湖である Nam Co の周辺に分布する段丘を衛星画像と測量によって特定する事であった。第二に、年代測定によりこれらの段丘の形成年代決定することである。また、この基本データをもとに、湖周辺の同時期面を作成し、形成からの隆起を推定する。そして、段丘の隆起量と隆起するのにかかった時間から地殻の物性を推定することは最終目的である。さらに、これらの成果に基づいてチベット高原形成モデルについて再検討することを目標としている。

3. 研究の方法

本研究には、主として3つの作業が必要であった。(1) Nam Co 湖周囲の段丘の標高と分布の決定 (2) 段丘の形成年代の決定 (3) 段丘の傾斜と隆起量及び年代から Nam Co 周辺の地殻物性の推定。

(1) 段丘を特定するために、まず衛星画像を用いた。空間分解能の高い PRISM 画像を中心に用いたが、複数の波長データを記録する LANDSAT 及び ASTER 画像の併用によってより正確な場所特定に成功した。

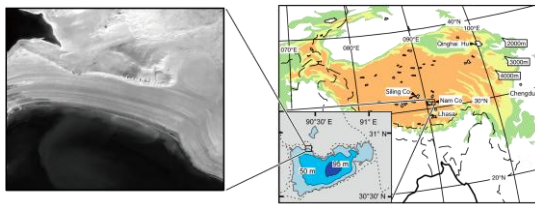


図1. PRISM 衛星画像が示す Nam Co 周辺の湖岸線。Nam Co 湖は比較的に深いので大きな水位変化を記録している可能性がある。また、他の湖の盆地から離れているので、それらの影響を受けないと予想され、単独で解析してよいという特徴がある。

野外におけるキネマティック GPS を用いた測量で Nam Co 地域で見られる古い湖段丘の標高と分布を決定した。また、計 40 箇所湖の湖岸線からほぼ垂直に地形のプロフィールを測定した。水平精度は数 mm であり、高さ制度は数 cm と推定した。測定した結果、段丘は複雑な形を示し、多くのものは湖周

囲を連続的に追跡する事は困難であることは明らかになった。但し、大きなものに着目するとかなり広範囲で追跡は可能である。段丘対比のために湖の水面から約 20m の高さにある大きな浸食段丘を目印にした(図2)。また、段丘対比のために2種類の段丘を区別した。波の作用で線状の堆積段丘および波の浸食作用によって形成した浸食台である。他の段丘の特徴は後の浸食によって標高は変わりやすい事が分かったので、対比の際に用いなかった。

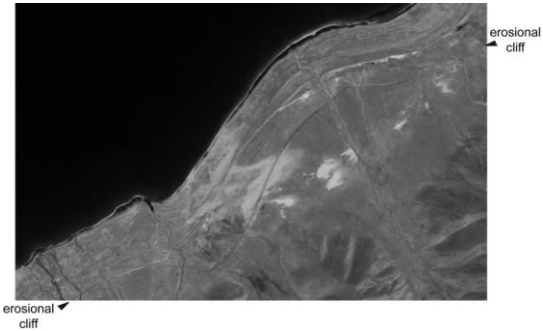


図2 Nam Co 湖南岸に存在する大きな浸食崖。

(2) 段丘の形成年代を決定するために、まず既存の年代データを用いた。目印にした大きな浸食崖は氷河堆積物を切っているので、氷河期よりあとに形成したことは明らかである。チベットなどの地域では、一般的に氷河期の間、降水量は少なかったために湖の水位は低く、その後、氷河などの溶融により水位が上がったということはチベットの湖で見られる共通した履歴とされている。氷河期が終わったのは 12,000-10,000 年前なので、浸食崖はそれより若い。また、崖を覆うように黄砂の層が堆積した。この黄砂層の OSL 年代は約 10,000 年なので、20m の高さにある段丘は約 10,000 年前に形成したことが分かった(図3)。他の段丘の年代を決定するため、湖の水面近くで沈殿したトーファの ^{14}C 年代測定を行った。年代推定の際に、湖水の C 同位対比で補正しなければならない。そのためのもも採取した。分析した結果、堆積段丘の裏側に貯蔵した水ではなく、湖本体と直接繋がっているところから採取する必要があることが分かった。

(3) 段丘の隆起量と形成年代を用いて、地殻の物性を推定するために、粘弾性のモデリングが必要である。本研究では隆起量は小さく、水位変化の履歴は比較的に単純ということが分かったので、数値計算を行う必要はなく、解析解で十分対応できた。

4. 研究成果

本研究の成果についてまず「年代決定」と

いうところを説明する。既存の研究により湖の水面から約 20m の高さにある段丘は >10,000 年前にできたことが明らかになったが、他の段丘の年代と湖の水位変化を制約するために、¹⁴C 年代測定を行った。実際に測定に選んだ試料は湖から沈殿したトーファであるが、他の年代指標と矛盾が無い信頼度の高い年代を示すものは砂利や転石ではなく、固い基盤岩に付着したものである。また、水の reservoir 効果を補正するため湖の水も採取し、測定した。¹⁴C 年代測定の結果、約 15m の高さにある段丘は 5,000~3,000 年前にできたことがあきらかになった。この結果は 20m の高さの段丘の形成年代推定と調和的である (図 3)。

本研究の年代測定と今まで公表されたものを総合的に考えると氷河期の間、Nam Co 湖の水位は低く、完全に干上がった可能性もある。その後、氷河の氷はとけ、湖の水位が上がり、約 10,000 年前現在の水位より約 20m 高いレベルに達した。その後、水位は現在の高さまで下がり、5,000~3,000 年前の間、その水位は現在より 15m 高かった (図 3)。

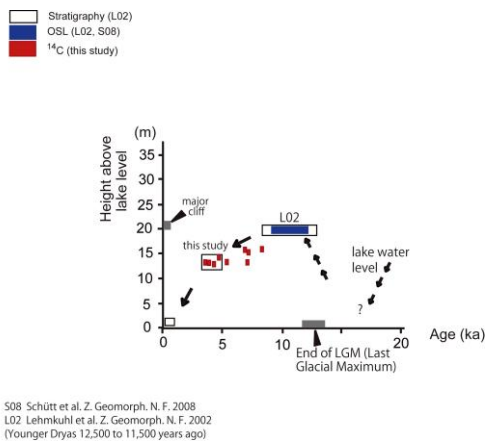


図 3. 段丘の高さと形成年代に対する年代制約。黒い矢印は推定した湖の水位変化。

段丘の形成年代を決定した後、次の課題は段丘の対比である。対比作業を簡略化するため、まずすべての湖に対して垂直に測量したプロフィールを規格化した。その結果プロフィールの平均的な傾斜はほぼ一定になる (図 4)。また、目印となっている約 20m の高さにある崖とそれより低いところに着目した。また、同じ段丘は同時にできたと仮定できるが、場所によって湖の中心からの距離は異なる。中心に近い方はより大きく隆起すると予想される。湖の中心からの距離と隆起量の関係を明らかにするために、

プロフィールを湖の中心からの距離の順番で並べる必要がある。

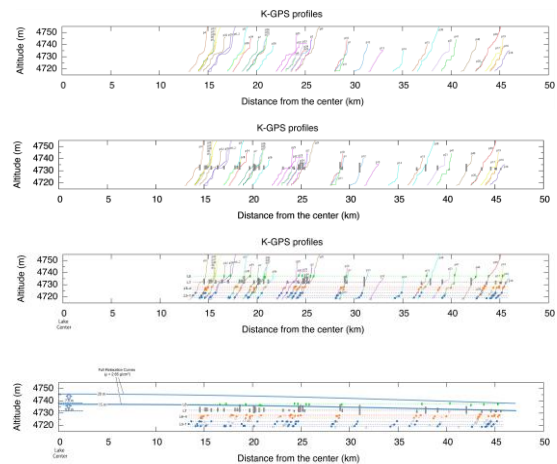


図 4. 上からの説明。

- (a) GPS による地形のプロフィール。水平長さは規格化され、湖中の中心からの距離の順番で並べてある。
- (b) 20m の高さにある大きな崖の位置を箱で示したもの。
- (c) 20m 崖の上下にある段丘に印をつけて、殆どすべての段丘を 8 つの異なる高さの段丘で説明可能。
- (d) 完全に緩和したときの予想隆起量は青線で示してある。明らかに段丘の高さの推定誤差を遙かに超えた隆起量は可能であるが、認められない。

湖の水位が下がると段丘を隆起させる力が働く。段丘の隆起量は時間と地殻の粘性で決まる。但し、本研究において行われた測定の結果、10,000 年前形成した、現在 20m の高さにある段丘でも有意な隆起は認められない (図 4)。完全な緩和の場合この段丘は 7m 程度隆起するはずである (図 4)。隆起は認められないということは段丘を押し上げる力は働いているのに、湖の直下にある中部地殻を構成する岩石は 1 万年で流動できる程十分低粘性ではないことを意味する。チベットの予想された地殻構造は数 km の薄い弾性層の下方に $\nu < 10^{19}$ Pa s の低粘性層からなっているが、本研究の成果はこのモデルと合致しない。本研究で明らかになった年代と隆起の関係により、Nam Co 湖周辺の地殻に低粘性層があるとしたらその粘性は 10^{21} Pa s 以上であるか、弾性層の幅は通常のリソスフェアの層圧と同程度のものであるかということを示す。チベット高原の地殻構造モデルを再検討する必要が浮上してきたといえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

Wallis, S. R., Nakamura, T., Mori, H., Ozawa, K., Mitsuishi, M., Shirakawa, C. & Hayashi, S. 14C dating of Tufa deposits around lake Nam Co, Tibet. 2011. Summaries of Researches at Nagoya University Using AMS, v. XXII, p. 174-179. (査読なし)

Lee, J., Hager, C., Wallis, S. R., Stockli, D. F., Whitehouse, M. J., Aoya, M. & Wang. Middle to late Miocene extremely rapid exhumation and thermal equilibrium in the Kung Co Rift, southern Tibet. Tectonics 30, TC2007 doi:10.1029/2010TC002745 (査読有り)

Wallis, S. R., Mori, H., Ozawa, K., Mitsuishi, M. & Shirakawa, C. 2010. Lake shoreline deformation in Tibet and mid-crustal flow. Island Arc 19, 313-335. (査読有り)

[学会発表] (計 4 件)

Wallis S. R., Ozawa, K., Mori, H., Sagiya, T. etc. Deformation of Lake Shorelines and Mid Crustal Flow in Tibet. Japan Geophysical Union 2011年05月27日 幕張市

Wallis, S. R., Nakamura, T., Mori, H., Ozawa, K. など. チベット Nam Co(ナムツォ)地域における湖段丘の年代測定. 名古屋大学総合年代測定センターシンポジウム、2011年01月14日 名古屋大学

Mitsuishi, M., Wallis, S. R., Aoya, M., Lee, J. & Whitehouse, M. 19 Ma ductile extension associated with normal faulting in the Kung Co area, southern Tibet. HKT (Himalaya Karakorum Tibet) 25, 2010年06月09日 San Francisco

Shirakawa, C., Wallis, S. R., Kitajima, K. & Sano, Y. Cenozoic emplacement age of the Kangmar granite in south Tibet. HKT (Himalaya Karakorum Tibet) 25, 2010年06月09日 San Francisco

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

WALLIS, R. Simon (ウォリス・サイモン)
名古屋大学・環境学研究科・准教授
研究者番号：30263065

(2) 研究分担者

鷺谷威 (サギヤ タケシ)
名古屋大学・環境学研究科・准教授
研究者番号：50362299

中村俊夫 (ナカムラ トシオ)
名古屋大学・
年代測定総合研究センター・教授
研究者番号：10135387

(3) 連携研究者： なし