

二国間交流事業 共同研究報告書

平成 24 年 3 月 26 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 名古屋大学・年代測定総合研究センター

職・氏名 ^(ふりがな) 教授・中村 俊夫

1. 事業名 相手国 (中国) との共同研究 振興会対応機関 (NSFC)
2. 研究課題名 チベット高原南東部域における過去約2万年間の水循環を中心とした気候環境変動
3. 全採用期間

平成 21 年 4 月 1 日 ~ 平成 23 年 12 月 31 日 (2 年 9 ヶ月)

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 3,720 千円

初年度経費 1,500 千円、 2年度経費 1,500 千円、 3年度経費 720 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 6,500 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
なかむら としお 中村 俊夫	名古屋大学年代測定総合研究センター・教授	1) チベット高原の湖底堆積物の年代決定に関する諸問題の調査・研究
みなみ もとやす 南 基泰	中部大学応用生物学部・教授	1) チベット高原の南部域、南東部域、および北部域における植生分布と土壤環境特性についての調査・研究
わたなべ たかひろ 渡邊 隆広	東北大学大学院理学研究科・日本学術振興会特別研究員	1) プマユムツオ湖から採取した湖底堆積物の年代決定 2) 湖の拡大時期に対応する地層の調査と採取
まつなか てつや 松中 哲也	東海大学海洋学部・研究生	1) 過去2万年に亘るチベット高原南部域の気候・環境変動の解析 2) インド洋からチベット高原南部域への降水の供給ルートについての調査・研究 3) 湖底堆積物中の各種有機物の組成と起源についての研究

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 中国科学院青藏高原研究所・教授・Zhu Liping

(3) 相手国参加者（代表者の氏名の前に○印を付すこと）

氏 名	所属・職名（国名）	研 究 協 力 テ ー マ
○Zhu Liping	中国科学院青蔵高原研究所・ 教授 （中国）	1) 過去2万年に亘るチベット高原南部域の 気候・環境変動の解析 2) 湖底堆積物中の各種有機物の組成と起源 について研究
Wang Junbo	中国科学院青蔵高原研究所・ 准教 授（中国）	1) 過去2万年に亘るチベット高原南部域の 気候・環境変動の解析 2) インド洋からチベット高原南部域への降 水の供給ルートについての調査・研究 3) チベット高原の南部域、南東部域、およ び北部域における植生分布と土壤環境特性 についての調査・研究
Wang Yong	中国科学院青蔵高原研究所・ Ph・D 候補生（中国）	1) 湖の拡大時期に対応する地層の調査と採 取 2) 湖底堆積物中の各種有機物の組成と起源 についての研究

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

本研究は、古環境に関する調査・研究が、ほぼ空白状態にあるチベット高原南部域（北緯28°から29°の間）の、過去2万年前迄遡る南西モンスーンを中心とした気候・環境変動の解明と、その歴史の変動を方向づけているチベット高原南部域の主要、かつ特有な気候要因を、プマユムツオ湖から採取した柱状堆積物（コア）を使って明らかにすることを目的とした。それに際し、調査・研究を計画した主要な項目の達成状況から述べる。

①Old carbon の影響のない正確な年代測定法の確立

チベット高原の湖底堆積物など、様々な試料の年代決定については、高原上の種々の試料（堆積物、土壌、氷河、河川水、各種陸上植物など）を対象に、old carbon の分析や出所、¹⁴C のリザーバー効果の有無等、background データを明確にする研究を重ねた。この様な貴重なデータの取得と共に、最終年度の2011年になってしまったが、PY608WPC コアなどの様に old carbon やリザーバー効果を含む問題をもったチベット高原からのコア試料についても、年代決定に成功した PY104PC のデータを基に、補正を行うことによって信頼できる年代値を得る事ができる一つの手法を確立させた。その結果、計4本の柱状堆積物の詳細で、正確な年代決定に成功した。

②氷期、間氷期、およびその中間期の各層に存在する各陸起源有機物の、主要な供給源（陸上植物、および土壌）の特定

堆積物を対象とした花粉分析の結果、標高5,000m余りのプマユムツオ湖周辺のチベット高原南部域では19,000年前の最終氷期最寒冷期（Last Glacial Maximum; LGM）以降、その植生の60-70%が、Cyperaceae、Artemisia、およびChenopodeceaの3種の草本によって占められ、時代によってその3種の組成が大きく変化していた。従って、主としてこれら組成変化を基に、過去の植生と環境解析ができることが解った。現在の湖の周辺では、3種のうちCyperaceaeがほとんどを占めているが、現在のチベット高原で、これら3種がそれぞれに優先種となっている生育環境を確認するため、南部、東部、および北部域に渡る広大な地域を対象にサーベイを行った。その結果、Chenopodeceaが優先する場所は、氷期に対応する寒冷・乾燥の地域に、Cyperaceaeの植生は、間氷期に対応する湿潤な地域に、Artemisiaは両者の中間域に認められ、上記の19,000年間の気候・環境変動と対応した分布を認めることができた。また、植生分布の調査と同時に多数の陸上植物と土壌試料を採取し、前者を基に、チベット高原における、これまでより詳細な植物分布を明らかにする研究を、一方、後者を対象に、植生の異なった地域における土壌の有機化学的特徴を把握する研究を、それぞれ行った。これらの結果は合わせて、堆積物による古環境解析を多角的に検討する上で、貴重な情報を提供した。

③湖周辺の湖岸段丘から判定される湖水域拡大時期に対応する地層の特定と採取

湖の拡大時には、湖水位が現在よりも10-20mも高い所に在ったと衛星写真から判断されるが、調査では様々な努力にもかかわらず、その水位上昇に伴って発達した湖岸段丘や、堆積層などを確認することはできなかった。一方、湖の大島の北側に、礫層から陸成（土壌）層に変る露頭が見られ、かつて、その層を境に、湖が拡大から縮小をし始めたことが解った。その陸成層の年代測定を行った結果、湖水面の後退開始期は、6,000-5,000年前であることが解った。この年代は、5,000年前頃に起きた寒冷・乾燥の気候逆転期に対応していると判断された。

④インド洋からチベット高原南部域への降水の主要な供給ルートの検討

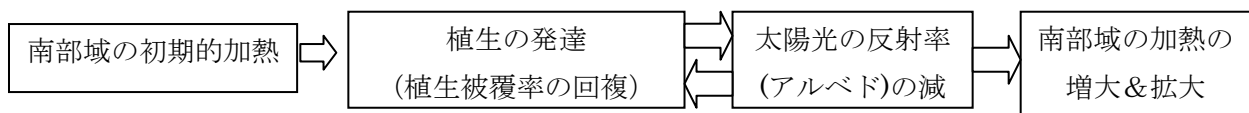
プマユムツォ湖を中心とするチベット高原南部域にもたらされる降水は、インド洋から、主としてブラフマプトラ河沿いに北上し、ヤルツアンボ河の渓谷沿いにチベット高原の南東部域に入ってくる気団によってもたらされると言われている。しかしながら、これ迄の南部域での降雪の分布や、降水の起源に関する情報から判断すると、上記のルートよりも直接ヒマラヤ越えでやって来る可能性が高いと考えられる。そこで、チベット高原南部域から南東部域を中心に、北緯 28° から 30°、東経 89° から 96° の地域におけるモンスーン期間中の降水や天水を 3 年間に亘って約 400 試料採取し、降水の起源に関する情報をもたらず酸素安定同位体比 ($\delta^{18}\text{O}$) と水素安定同位体比 (δD) の分布を明らかにすることによって、両者の可能性を検討した。

⑤PY608WPC コアを対象とした陸水の流入量変化などのプロキシとなる諸物質の分析と各 Flux の算出

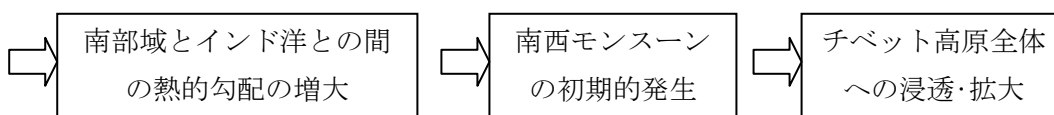
プマユムツォ湖から採取した柱状堆積物のうち、Flux の算出が期待された PY604WPC の年代測定を進める過程で、次の事が明らかになった。このコアは、当初、分析が先行していた PY104PC (凍結で Flux の算出不可) よりも、幾つかの点で優れていたことから、より詳細な古環境解析に適した試料と考えられていたが、このコアには、old carbon が多くかつ、植生の少ないチベット高原上の湖底堆積物の年代測定に極めて有効な $63\ \mu\text{m}$ > の陸上植物微片が、極めて少なく、年代測定が不可能である事が明らかになった。そこで本研究では、改めて PY104PC を対象試料とし、様々なプロキシ (植物化石、高分子脂肪酸、全有機炭素、 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 、花粉、 CaCO_3 、砂粒など) による古環境解析をほぼ完了した。

以上の結果から、1) LGM (19,000 年前)以降から現在に至る、チベット高原南部域の南西モンスーンを中心とする気候・環境変動の特徴とそれに関係する主要因、および 2) インド洋から南部域への降水の主要な運搬ルートについて、それぞれ以下の事が明らかになった。

1) 過去 19,000 年間に亘るチベット高原南部域の気候・環境は、他の南西モンスーン域とは異なった二つの特徴的な変化傾向を示した。まず、一つの傾向は、LGM 後からベーリングアレード期、およびヤングドリラス期から完新世に向かう時の様に、グローバルな気候が乾燥・寒冷から湿潤・温暖な状態へと変化していく場合、南部域は、チベット高原上の他の南西モンスーン域よりも、少なくとも数世紀から 1,000 年余りも早く湿潤化、すなわちモンスーンを引き起こし、強化してくことである。この気候応答を方向づけている基本的な要因は、南部域が、チベット高原上の最も低緯度域にあり、従って、最も強い日射を受けている地域によると考えられる。しかしながら、南部域はそれだけでは南西モンスーン、つまりインド洋の水をチベット高原に最初に迎え入れる玄関口にはなれないであろう。南部域が他の地域に先行して加熱されると共に、それに続く植生の発達 (高山ステップ→高山草原) を中心とした、幾つかの段階的な気候学的プロセスの進行が欠かせない。これまでの結果を基にすると、その主要プロセスの概略を以下の様に示すことが出来ると考えられる。



(正の植生-反射率のフィードバック機構)



この様な植生の発達を中心としたプロセスが進行して行くためには、日射の強さばかりではなく、永久凍土の分布、高い標高、植生の種類など、高原の加熱に関係した南部域に特有な環境要因の存在が、大きく影響していると考えられる。

もう一つの特徴的な気候変化傾向は、上記とは反対に、よく知られた湿潤・温暖から乾燥・寒冷への4つの気候逆転、すなわち Heinrich I イベント、ヤンガードリアス期、8.2kyr イベント、および 5.0-4.0 ka イベントが起きた場合、南部域は他の南西モンスーン域と違って、いずれのイベントによっても、その気候的衝撃をほとんど、あるいは全く受けていないことである。上記のいずれのイベントの期間も南西モンスーンがかなり衰退し、他の地域がかなり乾燥した気候下におかれているが、南部域は変わらず湿潤な気候を保っていた。この事から、南部域は、上で述べた南部特有な気候・環境要因の下で、各イベント時に地域的に限定した活発な大気・水循環が働き、結果的に、それらの気候的衝撃をやわらげる、いわば気候調節機能を有していると考えられる。つまり、この機能は南部域の発達した植生が、南西モンスーンの低下と共に急速に衰退する事を遅らせ、その地域的な気団の熱的対流が保たれうる植生の被覆率を、モンスーン衰退後もある程度維持させる働きをしている可能性が考えられる。

以上の様な主に2種類の気候応答によって、チベット高原南部域は、他の地域とは違って南西モンスーンの発生と発達・維持に大きく寄与していると考えられる。

更に、チベット高原上の南西モンスーン域から、これ迄報告された気候最適期の開始時期、終了時期および継続期間についてのデータの比較と上記の結果から、次の事が強く示唆された。つまり、LGM後の19,000年前以降、氷期から間氷期に移行していく過程で、まず、南部域では、他の地域に先駆けて湿潤・温暖化が進行すると共に、完新世後の南西モンスーンの奔流は、南部域を出発点として、南東部域、東部域、北東部域、北部域、そして中央部&西部域への順序で、約2,000年をかけてチベット高原全体に浸透・拡大して行くと考えられる。このことは、南部域はチベット高原全体に占める割合が1/10以下と大変小さいけれども、上で示した様に、南部域における他の地域に先行した南西モンスーンの発生と発達・維持機能の存在が、チベット高原各地域における南西モンスーンの開始と終息時期、および発達の規模、ひいては高原全体にける南西モンスーンの強度と規模を決める上で、重要な一つの要因となっている可能性、および南西モンスーンの盛衰に関するより詳細な歴史は、チベット高原の中でも、特に南部域に記録されている可能性とが強く示唆された。従って、南西モンスーンの盛衰の歴史と共に、その発生と発達・維持機構を更に掘り下げ、将来の気候予測に役立てる上でも、特にチベット高原南部域に重点を置いた、比較研究が今後重要であると判断された。

2) 採水を行ったいずれの年においても、ヤルツアンボ川沿いの南東部域から南部域の降水や天水の $\delta^{18}O$ 値よりも、プマユムツオ湖を中心とする南部域におけるそれらの値が、3から5‰も軽く、南西モンスーン起源の性質をより強く反映していることが解った。つまり、プマユムツオ湖周辺の南部域の降水の多くは、標高7,000~8,000mのヒマラヤ山脈を直接越えてきた気団に由来することが強く示された。このことは、ヒマラヤ山脈に沿った西側のチベット高原の地域においても広く起きていることを示し、南西モンスーンの分布の理解をある程度改める必要があると考えられる。

欄を拡大して構いません。