

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26740002

研究課題名(和文)大陸内部における気候変動周期の発見とその変動要因の特定

研究課題名(英文)Reconstruction of the hydrological variability in the southern Siberia

研究代表者

奈良 郁子(Fumiko, Nara)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・研究機関研究員

研究者番号：70414381

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ロシア・バイカル湖の湖底堆積物中の粒度分布、および無機元素比を用いて、過去3万年にわたる南シベリア地域における水文環境変動を復元し、かつそれを引き起こす要因の解明を試みた。堆積物中の粒度分布、および無機元素比は、共に非常に良い相関を持ち、これら二つの指標から、堆積当時の河川水量変動が正確に復元することができた。粒度分布、および無機元素比の数値解析結果より、バイカル湖に流入する河川水量変動が、約1000年の周期を持って変動していることが明らかとなった。この周期は太陽活動変動周期と近く、大陸内部地域における水文変動が、太陽活動に影響し変動することを強く示唆する結果を得た。

研究成果の概要(英文)：Millennial-scale climate variability and its biological response during the early to the mid last glacial period is well documented from marine and continental records. Here we reconstruct hydrological variability (river input and the chemical weathering intensity) using two independent sedimentological and geochemical proxies at Lake Baikal in southern Siberia. We find that the millennial-scale hydrological variability during the late last glacial period (31-11.5 cal ka BP) is associated with solar activity changes, with wet (dry) climate conditions in the Siberian region corresponding to solar maxima (minima). Millennial-scale biological response to hydrological change resulting from solar activity during the last glacial period is also observed. Our results indicate that the solar-induced millennial-scale hydroclimate variability appears to control Eurasian biological change during the late last glacial period.

研究分野：地球化学

キーワード：気候変動復元 水文環境変動 気候変動周期 南シベリア地域 太陽活動影響

1. 研究開始当初の背景

(1)地球がその気候変動に周期性を持つことは、1970年代後半にミランコビッチ理論を証明した海洋堆積物を用いた研究をきっかけとして、広く認識されている。これは、地球がその惑星軌道に数万年のスケールで周期的な変化を持つことにより、太陽から受ける地球への日射量に周期性が生まれることで起こる。また、太陽活動そのものにも、たとえば黒点の11年周期に代表される周期性があることがわかっている。太陽活動変動に起因した、環境変動の可能性が議論されている。

(2)一方、気候周期性が地球化学的手法(氷床の酸素安定同位体測定)で確認されているが、その要因がいまだに十分に理解されていない気候サイクル(ダンシュガード・オシユガ-サイクル;D0サイクル)が存在する。D0サイクルはミレニアムスケール(千年単位)の気候サイクルであり、氷床が拡大した最終氷期(約7万年から1万年前)において、特に北半球に特徴的に見出されている。D0サイクルに関連した研究の多くは、主に極域氷床コアや海洋堆積物が用いられてきたが、近年、陸域で採取された石筍の酸素同位体比変動や日本海堆積物試料中の風送塵分析を用いた研究によって、アジアモンスーンや偏西風変動とD0サイクルとの関連が指摘され始めている。しかしながら、大陸内部の試料を用いた研究例は非常に少なく、大陸域の変動とD0サイクルとの因果関係は未解決の部分が多いのが現状であった。

2. 研究の目的

(1)そこで本研究では、バイカル湖堆積物試料の粒度測定および無機元素測定を行い、最終氷期から現在にかけての水循環変動の復元を試み、ひいてはその変動を引き起こす要因を明らかにすることを研究目的とした。

(2)高時間解像度(1点ごとのデータ間隔が約70年以内)のバイカル湖・湖底堆積物コア試料を用いて、気候変動プロキシから大陸内部における気候変動周期を発見し、その発生メカニズムを明らかにするために、湖底堆積物の物理量(堆積物中の粒度分析)及び化学分析を行い、スペクトル解析を用いた数値解析を併せ、ユーラシア大陸内部における最終氷期から現在までの気候周期性を正確に明らかにし、気候周期を引き起こす要因の特定を試みた。

3. 研究の方法

(1)1999年にバイカル湖にて採取された湖底堆積物(VER99G12、コア長約460cm)を用いて、研究を進めた。本堆積物試料の年代は放射性炭素年代測定により、最深部で約3万年前の年代値を持つことがわかっている。堆積速度は約13cm/kyrであり、試料は約1cmにサブ

サンプリングされたため、約70年の高い時間解像度を持つ。

(2)湖底堆積物中の粒度(構成粒子の粗さ)は、主に湖内に運搬される河川流入量の増減に依存している。河川流入量が多ければ堆積粒子は大きくなり(粒度が粗い)、一方河川流入量が少なくなると、堆積粒子は小さく(細かく)変化する。河川流入量の変化は集水域の降水量によって決まるため、湖沼堆積物の粒度分布から、堆積当時の降水量の復元が可能となる。また、土壌中の無機元素は、化学風化を受けることで、水に溶けやすい金属(たとえばナトリウムやカリウム)から優先的に溶出する。化学風化の強度は土壌中の水分量に強く依存するため、粒度分布同様に、堆積物の無機元素組成分布から集水域における降水量の復元を行うことが可能となる。無機元素の分析は、蛍光X線分析(EDXRF, Epsilon, PANalytical)を用いた。

(3)得られた粒度分布および無機元素組成分布を数値解析(スペクトル分析)に供与し、降水量変化の周期を求めた。バイカル湖が位置する南シベリア地域は太陽日射量の影響を非常に鋭敏に受ける地域であるため、バイカル湖は太陽活動変動の影響を敏感に受けている。本研究では、粒度分布および無機元素組成から得られた周期解析結果と、太陽活動変動の指標である年輪中の放射性炭素同位体比、および氷床コア中のベリリウム同位体の含有量および降水量との比較を行う。南シベリア地域の水循環変動周期と、

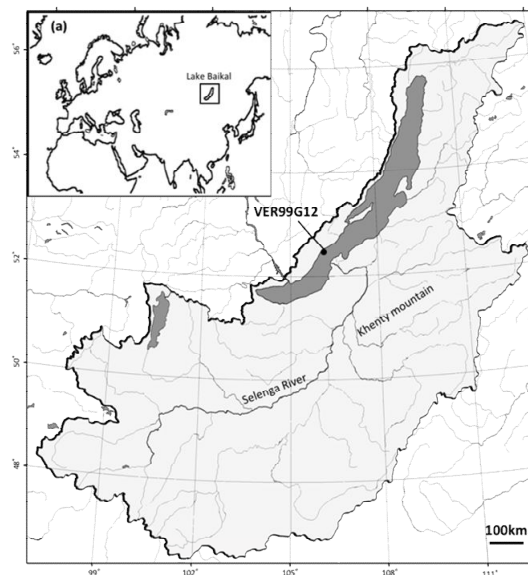


図1. (a) ユーラシア大陸図. (b) バイカル湖およびVER99G12堆積物試料採取地点.

太陽活動周期との関連性を明らかにする。

4. 研究成果

(1)バイカル湖湖底堆積物試料の粒度組成及び無機元素比の分布は、特に、海洋同位体ステージ3(Marine isotope stage: MIS)の後期において、非常に良い対応を示した。粒度分

布及び無機元素分布の High-pass filter 解析結果は、それぞれの分布の振幅強度及び位相がほぼ同等であった。これは、粒度が増加する河川流入量増加期に、化学風化強度が増大することを示している。それぞれ独立した、異なる気候プロキシが同一の変動を示したことは、これらの指標からバイカル湖における過去の水文変動（河川流入量変動）が正確に復元されたことを意味している。これら分布のスペクトル解析結果から、バイカル湖の河川水流入量は、約 1000 年の周期を持って

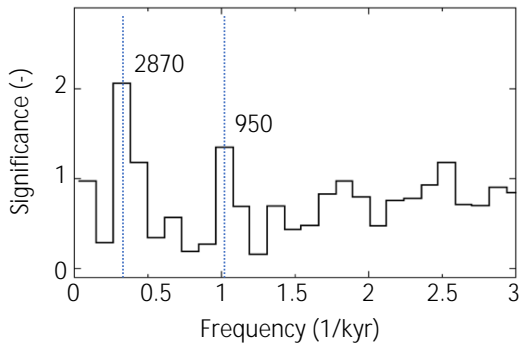


図 2. 平均粒径のスペクトル解析結果

変動していることがわかった。

(2) 全有機態炭素 (Total organic carbon: TOC) の分布は、約 3 万年前から 2 万年前かけて低下を示し、この時期のバイカル湖内は、非常に低い生物生産環境であることがわかった。しかしながら、TOC は周期的な変動を示しており、この時期におけるバイカル湖の河川流入量変動プロキシである粒度分布と TOC は、約 1000 年周期の変動において非常によく対応していた。バイカル湖の河川流入量が高い時期において、比較的高い生物活動期であることが分かった。これは、バイカル湖内の生物活動が最終氷期に非常に低下しつつも、その生物活動変動が 1000 年周期を持って増減する河川由来の栄養塩供給によっ

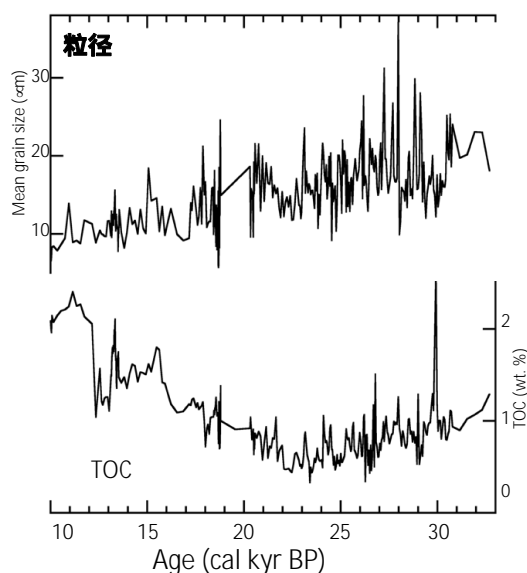


図 3. 平均粒径および全有機態炭素含有量の変化

て維持されてきたことを示している。

(3) さらに、太陽活動変動指標 (^{14}C 及び ^{10}Be) と粒度組成との数値解析結果の比較より、バイカル湖流入河川変動と太陽活動変動との高い相関性が示された。これは、太陽活動増加期に対応して、バイカル湖河川水量が増加していたことを示す。太陽活動の増加によって、バイカル湖集水域に存在していた永久凍土の融解が促され、1000 年周期の河川水量変動が発生したことが強く示唆される。これらの結果より、最終氷期におけるバイカル湖の生物活動変動が、太陽活動変動によってもたらされる約 1000 年周期河川流入変動に強く影響を受けていることが強く示唆される。

(4) 本研究は、南シベリア地域における水文変動の周期性を明らかにするとともに、その変動要因の可能性として太陽活動を考慮できること、さらには水文変動が引き起こす、南シベリア地域の湖環境における生態系変動を明らかにした。

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 2 件)

(1) 奈良郁子、渡邊隆広、宮原ひろ子、加藤文典、掛川 武、山崎慎一、土屋範芳
湖底堆積物中の Rb/Sr 比は気候変動の指標となるか、名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 XXVII、査読無、2016、126-128

(2) 奈良郁子、渡邊隆広、掛川 武、中村俊夫、堆積速度変化が示す海水準上昇期に対応した大陸内部における水循環変動、第 17 回 AMS シンポジウム報告集、査読無、2015、125-128

〔学会発表〕(計 9 件)

(1) 奈良郁子、最終氷期におけるシベリア地域の生物活動維持機構：気候変動がもたらす生物学的多様性、パレオアジア文化史学第 4 回研究大会、2017、東京大学 (東京都)

(2) Nara, W. F., Yamasaki, S., Watanabe, T., Tsuchiya, N., Miyahara, H., Kato, T., Minoura, K., Kakegawa, T.: Rb/Sr ratio in Lake Baikal sediment core: the new geochemical proxy for East Asian winter monsoon during cool climate period, Goldschmidt 2016, June, 2016. Yokohama (Japan)

(3) 奈良郁子、渡邊隆広、宮原ひろ子、加藤文典、掛川武、山崎慎一、土屋範芳、堆積物中の Rb/Sr 比は気候変動の指標となるか？」第 28 回名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究シンポジウム、2016、名古屋大学 (愛知県)

(4) Nara, W. F., Watanabe, T., Kakegawa, T., Yamasaki, S., Tsuchiya, N., Nakamura, T., Kawai, T.: Bromine, iodine and uranium as the proxies of past biological activity in the lacustrine sediment core Goldschmidt 2015, August, 2015. Plague (Czech Republic)

(5) Nara, W. F., Watanabe, T., Kakegawa, T., Nakamura, T., Kawai, T.: Rapid change of sedimentation rate from Lake Baikal sediment core corresponding with the global climate warming (MWP-19Ka) INQUA, June, 2015, Nagoya (Japan)

(6) Nara, W. F., Watanabe, T., Miyahara, H., Obroctha, S., Kakegawa, T., Horiuchi, K., Yamasaki, S., Tsuchiya, N., Nakamura, T.: Solar induced millennial-scale climate variability in central Asia during the last glacial period. ISEE symposium, November, 2015, Nagoya (Japan)

(7) 奈良郁子、渡邊隆広、掛川武、中村俊夫、河合崇欣、堆積速度変化が示す海水準上昇期に対応した大陸内部における水循環変動、第16回AMSシンポジウム、2015、筑波大学(茨城県)

(8) 奈良郁子、渡邊隆広、掛川武、中村俊夫、河合崇欣、海水準増加期に対応したバイカル湖堆積物(VER99G12)の急激な堆積速度変化、名古屋大学年代測定研究センター第27回シンポジウム、2015、名古屋大学(愛知県)

(9) 奈良郁子、渡邊隆広、掛川武、箕浦幸治、堀内一穂、宮原ひろ子、オブラクタステープン、山崎慎一、土屋範芳、中村俊夫、志知幸治、河合崇欣、大陸内部湖沼堆積物に記録された最終氷期最盛期における1000年周期降水量変動、第四紀学会、2014、東京大学(千葉県)

〔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 0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

奈良 郁子 (NARA, Fumiko)

名古屋大学・宇宙地球環境研究所・研究機関研究員

研究者番号：70414381

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：

(4) 研究協力者

なし ()